



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ДИЗАЈН И ТЕХНОЛОГИИ НА МЕБЕЛ
И ЕНТЕРИЕР-СКОПЈЕ



ПРОФ. Д-Р ВИОЛЕТА ЈАКИМОВСКА ПОПОВСКА
ПРОФ. Д-Р БОРЧЕ ИЛИЕВ

ФУРНИРИ И ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Скопје, 2024



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ДИЗАЈН И ТЕХНОЛОГИИ НА МЕБЕЛ И
ЕНТЕРИЕР-СКОПЈЕ



проф. д-р Виолета Јакимовска Поповска

проф. д-р Борче Илиев

ФУРНИРИ И ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Скопје, 2024

Издавач:

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
Бул. „Гоце Делчев“ бр. 9, 1000 Скопје
www.ukim@ukim.edu.mk

Уредник за издавачка дејност на УКИМ:

проф. д-р Биљана Ангелова, ректор

Уредник на публикацијата:

проф. д-р Виолета Јакимовска Поповска, Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер-Скопје

проф. д-р Борче Илиев, Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер-Скопје

Рецензенти:

1. проф. д-р Јосиф Димески, Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер-Скопје
2. проф. д-р Митко Нацевски, Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер-Скопје

Техничка обработка:

проф. д-р Виолета Јакимовска Поповска

Лектура на македонски јазик:

Дијана Ристова

Илустратор:

проф. д-р Виолета Јакимовска Поповска

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

674-416(075.8)

ЈАКИМОВСКА Поповска, Виолета

Фурнири и фурнирски плочи [Електронски извор] / Виолета Јакимовска Поповска,
Борче Илиев. - Скопје : Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Факултет за дизајн и
технологии на мебел и ентериер, 2024

Начин на пристапување (URL):

https://ukim.edu.mk/e-izdaniya/FDTME/Furniri_i_furnirski_plochi.pdf. - Текст во PDF формат,
содржи 288 стр., илустр. - Наслов преземен од екранот. - Опис на изворот на ден
23.01.2024. - Библиографија: стр. 271-275. - Содржи и: Прилози

ISBN 978-9989-43-503-4

1. Гл. ств. насл. 2. Илиев, Борче [автор]

а) Фурнири и фурнирски плочи -- Високошколски учебници

COBISS.MK-ID 62818821

ПРЕДГОВОР

Учебникот „Фурнири и фурнирски плочи“ е приспособен на содржината на предметната програма Фурнири и фурнирски плочи на студиската програма Инженерство на мебел и дрво од прв циклус студии на Факултетот за дизајн и технологии на мебел и ентериер во Скопје. Предметната програма Фурнири и фурнирски плочи се изучува како задолжителна во V-ти семестар со фонд на часови 3 + 2.

Содржината на учебникот „Фурнири и фурнирски плочи“ е поделена во поглавја, кои ја обработуваат материјата која ги опфаќа технологиите на производство на сечен (благороден) и лупен (конструктивен) фурнир, потоа, технологијата на производство на фурнирски плочи и панел (столарски) плочи.

Учебникот е напишан стручно и разбирливо за студентите. Преку совладување на материјата обработена во учебникот, студентите ќе се запознаат со теоретските основи и постапки во производството на фурнири, фурнирски плочи, специјални видови фурнирски плочи, панел-плочи, нивните својства, како и со методите за испитување на физичко-механичките својства на фурнирските и панел-плочите.

Имајќи предвид дека во учебникот темелно е обработена технологијата на производство на фурнири и фурнирски плочи, истиот може да се користи за продлабочување на знаењата на студентите од прв циклус студии на студиската програма Дизајн на мебел и ентериер, како и од страна на студентите од втор и трет циклус студии на Факултетот. Истовремено, учебникот може да послужи и како стручна литература во стопанството.

Скопје, 2024

Авторите

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
1.1. ПРЕГЛЕД НА ИСТОРИСКИОТ РАЗВОЈ НА ФУРНИРИТЕ И ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ.....	1
2. ФУРНИРИ	4
2.1. ПОИМ И ПОДЕЛБА НА ФУРНИРИТЕ.....	4
2.2. СУРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ФУРНИР	4
2.2.1. Суровина за производство на сечен фурнир.....	5
2.2.1.1. Својства на дрвото значајни за изработка на сечен фурнир	6
2.2.1.2. Димензии и квалитет на суровината за производство на сечен фурнир	11
2.2.2. Суровина за производство на лупен (конструктивен) фурнир	13
2.2.2.1. Димензии и квалитет на суровината за производство на лупен фурнир	15
2.3. СКЛАДИРАЊЕ НА СУРОВИНАТА	16
2.4. ЗАШТИТА НА СУРОВИНАТА	19
2.4.1. Премачкување на трупците.....	19
2.4.2. Прскање на трупците со вода	20
2.4.3. Потопување на трупците во вода	21
2.5. МЕХАНИЧКА ПОДГОТОВКА НА СУРОВИНАТА	21
2.5.1. Кратење на трупците	21
2.5.2. Окорување на трупците	23
2.5.3. Надолжно разбичување на трупците	27
2.6. ХИДРОТЕРМИЧКА ПОДГОТОВКА НА СУРОВИНАТА	31
2.6.1. Базени за хидротермичка подготовка	37
2.6.2. Пресметка на потребен број топли базени	39
3. ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ФУРНИРИ	40
3.1. ТЕХНОЛОГИЈА НА СЕЧЕН ФУРНИР	40
3.1.1. Хоризонтален фурнирски нож	41
3.1.1.1. Работна маса.....	42
3.1.1.2. Безбедносен уред.....	43
3.1.1.3. Супорт.....	43
3.1.1.4. Нож.....	44
3.1.1.5. Притисна греда.....	44
3.1.1.6. Уред за регулирање на дебелината на сечењето.....	45
3.1.1.7. Дебелина на сечените (благородни) фурнири.....	45
3.1.2. Хоризонтален фурнирски нож со сечење по должина на влакната (јапонски нож)	46
3.1.3. Вертикален фурнирски нож.....	47
3.1.4. Кос (инклинациски) нож	50
3.1.5. Производство на сечен фурнир со ексцентрично лупење	51
3.1.6. Основни техничко-технолошки параметри на производството на сечен фурнир..	54
3.1.7. Грешки при сечењето на фурнирите	59
3.1.8. Производност на фурнирскиот нож	59
3.1.9. Сушење на сечениот фурнир	61
3.1.10. Кроење (завршна обработка) на сечените фурнири	61
3.1.10.1. Производност на пакетните ножици	63
3.1.11. Складирање на сечениот фурнир	64
3.1.12. Процент на искористување на суровината при производство на сечен фурнир.	65
3.2. ТЕХНОЛОГИЈА НА ЛУПЕН ФУРНИР.....	66
3.2.1. Центрирање на трупците и зони на искористување на трупецот	67
3.2.1.1. Оптичко центрирање	71
3.2.1.2. Геометриско центрирање	72
3.2.1.3. Фотоќелиско центрирање	75
3.2.1.4. Центрирање со телекамери	75

3.2.1.5. Електронско центрирање	75
3.2.2. Лупење на фурнирот	77
3.2.3. Машини за лупење на фурнир – лупилки	78
3.2.3.1. Вретена за прицврстување на трупецот за лупење	79
3.2.3.2. Ротационо движење на вретената со шепите за прицврстување	82
3.2.3.3. Брзина на лупење	82
3.2.3.4. Периферно дополнително вртење на трупецот на машината за лупење	83
3.2.3.5. Машина за лупење на фурнир без вретена за прицврстување	84
3.2.3.6. Супорт на машината за лупење - нож и притисна греда	85
3.2.3.7. Регулација на дебелината на фурнирот	87
3.2.3.8. Ножеви за крајчење на фурнирот.....	88
3.2.3.9. Притискувач на трупецот	89
3.2.4. Основни техничко-технолошки параметри на лупење на фурнирот.....	90
3.2.4.1. Степен на притисок на притисната греда	96
3.2.4.2. Прилагодување и контрола на основните технолошки параметри на лупилката	104
3.2.5. Грешки при лупење на фурнирот	106
3.2.6. Производност на машините за лупење	107
3.2.7. Прифаќање и водење на фурнирското платно (складирање на фурнирското платно по лупењето)	108
3.2.7.1. Намотување на фурнирското платно.....	109
3.2.7.2. Проточно прифаќање на мокрото фурнирско платно - систем на јазли.....	111
3.2.7.3. „Треј“ систем за трансфер на фурнирско платно	112
3.2.8. Обработка на фурнирското платно на мокри ножици	113
3.2.8.1. Трансфер на фурнирските листови по обработката на мокри ножици	118
3.2.8.2. Грешки при обработка на ножиците	119
3.2.8.3. Производност на ножиците за обработка на фурнир	119
3.3. СУШЕЊЕ НА ЛУПЕНИТЕ И НА СЕЧЕНИТЕ ФУРНИРИ.....	120
3.3.1. Методи за сушење на фурнирот	121
3.3.2. Динамика на процесот на сушење на фурнирот	121
3.3.3. Фактори кои влијаат врз времето на сушење на фурнирот.....	122
3.3.3.1. Температура на агенсот за сушење	122
3.3.3.2. Брзина и насока на воздушниот проток	123
3.3.3.3. Релативна влажност на воздухот.....	125
3.3.3.4. Дрвен вид	125
3.3.3.5. Дебелина на фурнирот	126
3.3.4. Видови сушилници за фурнир	126
3.3.4.1. Проточни сушилници со валјаци	127
3.3.4.2. Проточни сушилници со бесконечна мрежеста лента (лентовидни сушилници)	129
3.3.4.3. Проточни сушилници со дизни	131
3.3.4.4. Сушилници со грејни плочи и валјаци	133
3.3.4.5. Сушење на непрекинато фурнирско платно	134
3.3.5. Грешки при сушење на фурнирите.....	134
3.3.6. Потрошувачка на пара за сушење на фурнирите	135
3.3.7. Пресметка на производноста на сушилниците и бројот на потребни сушилници.	135
3.4. ДРУГИ ВИДОВИ ФУРНИРИ	136
3.4.1. Микрофурнири	136
3.4.2. Авионски фурнири	137
3.4.3. Фурнири „фина линија“ – (fine-line).....	137
3.4.4. Фурнири за акумулатори	139
4. ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ.....	140
4.1. ПОИМ И ПОДЕЛБА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ	141
4.2. КЛАСИФИКАЦИЈА И КВАЛИТЕТ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ СОГЛАСНО СО МКС EN-	

СТАНДАРДИТЕ.....	143
4.3. ПРЕДНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ – КАРАКТЕРИСТИКИ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ	145
4.4. ОСНОВНИ ПРАВИЛА НА КОНСТРУИРАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ	146
5. ТЕХНОЛОШКИ ФАЗИ НА ПРОЦЕСОТ НА ПРОИЗВОДСТВО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ	153
5.1. СОРТИРАЊЕ НА ФУРНИРОТ.....	153
5.2. ПОДГОТОВКА НА ФУРНИРОТ ЗА СОСТАВУВАЊЕ	154
5.2.1. Крпење на фурнирите	154
5.2.2. Механичка обработка на контактните површини	155
5.2.2.1. Механичка обработка на пакетни ножици	155
5.2.2.2. Поединечна обработка на суви фурнирски парчиња на ножици	158
5.2.2.3. Механичка обработка на контактните површини со глодање	158
5.2.2.4. Производност на машините за обработка на кантови	160
5.3. ИЗРАБОТКА НА ФОРМАТИ - СОСТАВУВАЊЕ НА ФУРНИРОТ ПО ШИРИНА	161
5.4. ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА ФУРНИРИТЕ	167
5.4.1. Внатрешни (слепа) продолжени фурнири	167
5.4.2. Надворешни (видливи) продолжени фурнири	168
5.5. ТЕОРЕТСКИ ОСНОВИ НА ЛЕПЕЊЕ НА ДРВОТО	169
5.5.1. Делување на сили во процесот на лепење	169
5.5.2. Основни теории на атхеизијата	172
5.5.3. Критериуми за оцена на квалитетот на лепење на фурнирите и јакост на слепавање	174
5.6. НАЧИНИ НА СЛЕПУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ	176
5.7. КЛАСИФИКАЦИЈА, СОСТАВ И УСЛОВИ КОИ ТРЕБА ДА ГИ ИСПОЛНАТ ЛЕПИЛАТА ВО ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ	177
5.7.1. Карбамидформалдехидни лепила	178
5.7.2. Фенолформалдехидни лепила	180
5.7.3. Меламинформалдехидни лепила	181
5.7.4. Резорцинформалдехидни лепила	181
5.8. ПОДГОТОВКА НА ЛЕПИЛОТО	182
5.9. НАНЕСУВАЊЕ ЛЕПИЛО ВРЗ ФУРНИРСКИТЕ ЛИСТОВИ	183
5.9.1. Контактен начин на нанесување лепило	184
5.9.2. Нанесување лепило со налевање	185
5.9.3. Нанесување лепило со екструзија	186
5.9.4. Нанесување лепило со распрскување	186
5.9.5. Грешки при нанесување на лепилото	187
5.9.6. Производност на уредите за нанесување лепило	187
5.10. СЛОЖУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПАКЕТИ (ФОРМИРАЊЕ НА КОМПОЗИЦИЈА НА ФУРНИРСКА ПЛОЧА)	188
5.11. СТУДЕНО ПРЕТПРЕСУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПАКЕТИ	191
5.12. ПРЕСУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ ВО ЖЕШКИ ПРЕСИ	193
5.13. РЕЖИМ НА СЛЕПУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ И НЕГОВО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА ЛЕПИЛНИОТ СОСТАВ.....	197
5.13.1. Состојба на фурнирот.....	197
5.13.2. Состојба на употребеното лепило	199
5.13.3. Услови при кои се извршува пресувањето - режим на пресување	199
5.13.3.1. Цел и функција на притисокот во процесот на слепавање	200
5.13.3.2. Температура на пресување	204
5.13.3.3. Времетраење на процесот на лепење по сувата жешка постапка (време на пресување)	206
5.13.4. Впресување на фурнирските плочи	208
5.13.5. Време на кондиционирање на плочите.....	208
5.13.6. Грешки при слепавање на фурнирските плочи	209

5.14. ЗАВРШНИ ОПЕРАЦИИ ВО ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ	209
5.14.1. Форматизирање на фурнирските плочи	210
5.14.2. Поправка на фурнирските плочи	212
5.14.3. Мазнење на фурнирските плочи	213
5.14.3.1. Брусење на фурнирските плочи	213
5.14.3.2. Површинска обработка - мазнење на фурнирските плочи со „циклинг“ машина.....	215
5.14.3.3. Грешки при мазнењето на фурнирските плочи	215
5.14.3.4. Производност на машините за мазнење	216
5.14.4. Сортирање на фурнирските плочи	216
5.14.5. Пакување, обележување и складирање на фурнирските плочи	217
5.15. ИСКОРИСТУВАЊЕ НА СУРОВИНАТА ВО ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ	218
5.16. ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ	219
5.16.1. Физички својства.....	219
5.16.1.1. Зафатнинска маса	219
5.16.1.2. Хигроскопност	220
5.16.1.3. Топлински својства	222
5.16.1.4. Акустични својства	223
5.16.1.5. Електрични својства	224
5.16.2. Механички својства	224
5.17. ИСПИТУВАЊЕ НА ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИТЕ СВОЈСТВА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ.....	227
5.17.1. Изработка на пробни тела за испитување на својствата на плочите.....	227
5.17.2. Испитување на физичките својства.....	228
5.17.2.1. Определување на зафатнинската маса	228
5.17.2.2. Определување на влажноста	229
5.17.2.3. Определување на отпорноста на влага и вода (постојаност на влага)	230
5.17.2.4. Определување на впивањето вода и дебелинското бабрење.....	230
5.17.3. Испитување на механичките својства.....	231
5.17.3.1. Определување на јакоста на свиткување и модулот на еластичност при свиткување	231
5.17.3.2. Определување на јакоста на затегнување	233
5.17.3.3. Определување на јакоста на притисок	234
5.17.3.4. Определување на јакоста на смолкнување	235
5.17.3.5. Степен на слепеност.....	237
5.18. СПЕЦИЈАЛНИ ВИДОВИ ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ	238
5.18.1. Фурнирски плочи со специјална конструкција	238
5.18.2. Фурнирски плочи со специјална обработка на надворешната површина	239
5.18.2.1. Механички обработени фурнирски плочи	239
5.18.2.2. Литографски обработени фурнирски плочи.....	240
5.18.2.3. Фурнирски плочи обложени со други материјали	240
5.18.3. Хемиски обработени фурнирски плочи	241
5.18.4. Фурнирски плочи со специјални физичко-механички својства	242
5.18.5. Продолжени фурнирски плочи (ламелирано фурнирско дрво)	243
5.19. ПРИМЕНА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ	245
5.19.1. Примена на фурнирските плочи во мебелното производство.....	245
5.19.2. Примена на фурнирските плочи во градежната индустрија	246
5.19.3. Примена на фурнирските плочи во транспортната индустрија.....	249
5.19.4. Примена на фурнирските плочи за изработка на амбалажа	250
6. ПАНЕЛ (СТОЛАРСКИ) ПЛОЧИ	252
6.1. ОПШТИ СОЗНАНИЈА ЗА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ	252
6.2. КЛАСИФИКАЦИЈА И ДИМЕНЗИИ НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ	253
6.3. ВИДОВИ СРЕДНИЦИ КАЈ ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ	254

6.3.1. Средница од штици	254
6.3.2. Средница од зарезани штици	256
6.3.3. Средница од летви – блок-метода	256
6.3.4. Средница од летви	257
6.3.5. Средница од неслепени летви	259
6.3.6. Средница од лупени фурнири	259
6.3.7. Останати начини на изработка на средница за панел-плочи	261
6.4. ЛЕПЕЊЕ И ЗАВРШНА ОБРАБОТКА НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ	261
6.4.1. Тек на технолошкиот процес	262
6.4.1.1. Континуиран тек на технолошкиот процес (континуирана постапка „ANRA“) ...	262
6.5. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ	264
6.6. ИСПИТУВАЊЕ НА СВОЈСТВАТА НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ.....	267
6.7. ПРИМЕНА НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ	269
7. ЛИТЕРАТУРА.....	271
8. ПРИЛОЗИ.....	276

1. ВОВЕД

Производството на фурнири, фурнирски и панел-плочи, како полуфинални производи во дрвната индустрија, претставува економско-технолошки оправдан начин на користење на шумските ресурси.

Фурнирот е уникатен производ кој потекнува од природата, а на кој се видливи сите карактеристики кои ги поседува дрвото од кое е изработен, како годовите, глуждовите, природната боја и текстурата.

Фурнирот е дрво во својата најатрактивна форма. Фурнирите се најекономичен начин на искористување на дрвото и со тоа му даваат најголема вредност на овој природен материјал.

Дрвото како најстар, органски хетероген и анизотропен материјал се користи во многу области, почнувајќи од мебелната индустрија, градежништвото, бродоградбата, авиоиндустријата, автомобилската индустрија итн. Неговата широка примена е резултат на неговите извонредни естетски и конструктивни својства.

Човечката желба за убавина, а во недостаток на соодветно дрво, го инспирирала човекот да изработува тенки листови од дрво - фурнири кои се применувале во вид на интарзија. Некои дрвни видови нудат оригинални естетски ефекти, па како такви во тенки слоеви биле лепени на определени делови од мебелот. Ваквиот начин на изработка и примена на фурнирите бил ограничено застапен и претставувал поединечна уметничка работа.

Дрвото како природен материјал има и свои недостатоци: анизотропност, грешки во структурата, хигроскопност, чувствителност на габи и инсекти, неизедначен квалитет итн., кои имаат негативно влијание на стабилноста, формата и димензиите на елементите изработени од дрво. За да се избегнат овие својства на дрвото, а во што поголема мера да се искористат неговите добри својства, дошло до производство на фурнири кое имало за цел рационално користење на дрвото со ценети естетски карактеристики и намалување на анизотропноста на масивното дрво преку производството на фурнирски плочи.

Производството на фурнирски плочи овозможува создавање на похомогени материјали, отстранување на грешките од дрвото, создавање на материјали со поголеми јакостни карактеристики од масивното дрво и можност за изработка на материјали во различни формати.

Покрај примената во мебелното производство, како најстара традиционална област на примена, фурнирските плочи денес широко се применуваат во градежништвото, бродоградбата, автомобилската индустрија, контејнерското производство и во други области.

1.1. ПРЕГЛЕД НА ИСТОРИСКИОТ РАЗВОЈ НА ФУРНИРИТЕ И ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Изработката на првите фурнири датира уште од Древниот Египет, околу 3000 год. пр. н. е. Раните форми на фурнир се пронајдени во гробниците на фараоните. Артефактите пронајдени во гробницата на кралот Тутанкамон покажуваат дека, иако техниките за обработка на дрво од тоа време сè уште биле прилично неразвиени, луѓето од оваа доба веќе знаеле како да ја откријат внатрешната природна убавина на дрвото.

Фурнирите претставувале релативно мали парчиња од ценети дрвни видови избрани за изработка на скап мебел за кралевите. Потребата од фурнири настанала поради малата застапеност на дрвото во пустинските предели, така што со изработката на фурнирот се овозможило максимално искористување на дрвото. Фурнирите се изработувале рачно со пилење, потоа биле мазнети со соодветни брусни материјали и последователно комбинирани со тенки парчиња метал или слонова коска со цел да се добијат естетски

вредни делови за изработка на мебел. Видот на лепилото кое се користело во тоа време не е познат, но се претпоставува дека се применувало албуминско лепило.

Древните Египќани исто така ги создале и првите примитивни верзии на фурнирски плочи слепувајќи ги фурнирите вкрстено еден со друг.

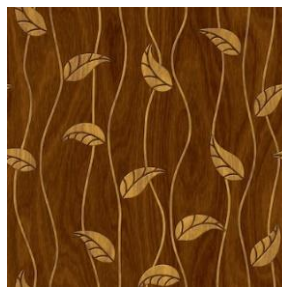
Употребата и изработката на фурнири била позната и во времето на Римската Империја. Римјаните биле првите луѓе кои користеле напредни техники на сечење за поефикасно производство. Тие создале столови, маси и клупи украсени со фурнир изработен од различни дрвни видови, вклучително: брест, бука, јавор, јасен и маслинка.



Слика 1. Церемонијален трон на кралот Тутанкамон во чија изработка се применети фурнири од абонос [35]

Постојат малку записи за користење на фурнирите во поголемиот дел од средниот век. Производната практика изумрела многу векови, сè додека не се појавила во Европа за време на ренесансата - од 15-ти до 17-ти век. Во тоа време, производството сè уште било рачно и одземало многу време, така што фурнирот се користел првенствено за украсни цели на мебелот во сопственост на богатите. Сложените детали и интарзијата биле типични за овој период.

Употребата на фурнирот продолжила и во периодот на просветителството (крајот на 17-ти век и почетокот на 18-ти век) кога голем број производители на мебел користеле фурнир. Еден од најпознатите дизајнери на мебел во тоа време бил Томас Чипендејл кој ја искористил естетиката, континуитетот на текстурата и бојата на фурнирот.



Слика 2. Фурнир од времето на ренесансата [14]



Слика 3. Елемент од мебел изработен од Томас Чипендејл со примена на фурнири [117]

Во почетокот на 19-тиот век, во време на индустриската револуција, методите за производство на фурнир биле успешно механизирани. Првата машина за производство на фурнир била патентирана од страна на Марк Исамбард Брунел во 1806 год.

Првиот патент на пила за изработка на фурнир во Европа датира од 1812 год. во Франција. Ваквата пила не била користена во индустриски услови сè до 1825 год. Последователно, овие машини со пили биле усовршувани и произведувани во Германија. Правата фабрика за производство на пилен фурнир во Германија е основана во 1843 година во Фрајбург.

Развојот на првата машина за сечен фурнир доаѓа од Франција, каде Шарл Пико ја патентира во 1834 год. Примената на оваа машина во индустриски услови започнува во 1860 год. Таа била основа за конструирање на денешните современи фурнирски ножеви.

Поголем прогрес во производството на фурнири, како основа за производство на фурнирски плочи, е направен со конструирањето на машините за лупен фурнир. Производството на лупен фурнир, а со самото тоа и можноста за развој на производството на фурнирски плочи започнува во 1844 год., кога од страна на Гаран во Франција е конструирана првата машина за лупење. Приближно во исто време се јавуваат и првите машини за лупење во САД.

Првото комерцијално производство на фурнирски плочи се јавува во Германија, потоа во други европски земји и во САД. Фурнирските плочи биле наменети за потребите на производството на пијана (1860), корпуси на машини за шиее (1867), перфорирани седла и наслони за столови (1875), плотни и фронтони за мебел (од 1885 до 1900). Сепак, предностите на фурнирските плочи не биле доволно ценети сè до 1890-тите години. Во последната деценија на 19-тиот век квалитетот на фурнирските плочи бил подобрен, со што тие полка го заземаат своето место на пазарот. Наизменичното вкрстување на фурнирите се покажало како ефективен начин за намалување на димензионалните промени, витоперењето и појавата на пукнатини.

За поширока употреба на фурнирските плочи голема улога одиграло производството на мебелот. Со развојот на производството на фурнирските плочи извршено е големо влијание врз вредноста на буковото дрво, кое до тогаш се користело претежно само како огревно дрво.

Појавата на висококвалитетни синтетички лепила отпорни на вода во 20-тиот век е една од најважните иновации во историјата на фурнирските плочи. Дотогаш единствените лепила достапни за употреба биле од растително и од животинско потекло.

Во текот на Втората светка војна производството на фурнирските плочи се проширува и во авиоиндустријата. Всушност, фурнирските плочи биле главниот материјал што се користел во изградбата на познатиот авион „Комарец“ на Џефри де Хавиланд. Овој авион наречен и „дрвено чудо“, бил авионот на своето време.



Слика 4. Авион „Комарец“ на Џефри де Хавиланд изработен од фурнирски плочи [106]

2. ФУРНИРИ

2.1. ПОИМ И ПОДЕЛБА НА ФУРНИРИТЕ

Фурнирите претставуваат тенки листови од дрво добиени со техника на режење, сечење или лупење. Дебелината на фурнирите се движи од 0,2 до 10 mm, но најчесто се изработуваат со дебелини од 0,5 до 3,5 mm.

Класификацијата на фурнирите се прави според повеќе критериуми. Според начинот на добивање, фурнирот се дели на режен (бичен), сечен (благороден) и лупен (конструктивен) фурнир.

Технологијата на режење веќе е наупштена и не се применува. Благородните фурнири се произведуваат со технологија на сечење и тие служат за обложување, каде до израз доаѓаат нивните естетски својства. Овие фурнири најчесто се изработуваат со дебелини од 0,5 до 1,0 mm.

Лупените фурнири се конструктивни или слепи фурнири кои се применуваат како подлоги за благородните фурнири и во производството на фурнирски и панел-плочи. Ваквите фурнири наоѓаат примена и во производството на подни облоги, како што се панел-паркетите.

Според начинот на одлагање и редување на фурнирите по изработката, тие се делат на: булови (кладарки) со сложување на снопчињата на фурнири по редослед како што излегуваат од трупецот, со тоа што и листовите фурнири во самото снопче се подредени по ред како што се сечат на фурнирскиот нож, и поврзана роба - е поим за снопчиња кои не се подредени по ред како што се изработуваат од трупецот, но фурнирите во самото снопче и тука се подредени по редослед по кој излегуваат од машината за сечење - фурнирскиот нож.

Според начинот за обработката, сечените фурнири може да бидат окрајчени (пакетите од фурнири се осторорбно обработени по должина и ширина) и неокрајчени.

Според дебелината, фурнирите се делат на микрофурнири – од 0,09 до 0,19 mm, тенки фурнири – од 0,21 до 1,0 mm, фурнири со средна дебелина – од 1,1 до 3,5 mm и дебели фурнири – од 3,6 до 10 mm.

Според должината се делат на: куси – од 0,1 до 0,98 m, средни – од 1 до 1,78 m и долги – над 1,8 m. Минималната должина на фурнирите е 400 mm.

Од аспект на економичноста во примената во нормални услови на користење, минималната ширина на фурнирите треба да биде 10 cm.

2.2. СУРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ФУРНИР

Успешното производство на фурнир зависи од три главни критериуми: набавка на соодветни трупци, употреба на соодветни техники за обработка и производство и ефективна програма за продажба и маркетинг.

Факторите кои влијаат на квалитетот на трупците за изработка на фурнир се однесуваат на дрвниот вид, генетиката, условите на растење и состојбата на дрвјата. Тие вклучуваат: возраст, стапка на раст, форма на стебло, глуждови и грешки, распаѓање и оштетување од инсекти.

Трите главни критериуми што се користат за определување на вредноста на трупците наменети за производство на фурнири се дрвниот вид, достапниот волумен на суровина и класата.

Некои видови се поценети од другите поради нивната реткост, соодветноста за одредена крајна употреба или репутацијата на пазарот. Достапниот волумен го зема предвид не само количеството фурнир што ќе се произведе од трупецот, туку и обемот и долгорочниот потенцијал за снабдување на соодветни трупци од шумата.

Суровината за производство на лупени и сечени фурнири ги опфаќа сите дрвни видови кои обезбедуваат определени својства на фурнирот и профитабилно производство.

Во зависност од тоа дали треба да се произведе благороден фурнир со определени естетски својства и погодности за површинска обработка или конструктивен (слеп) фурнир, суровината за изработка на фурнир се дели на:

- суровина за производство на благородни (сечени) фурнири и
- суровина за производство на конструктивни (слепи), односно лупени фурнири.

2.2.1. Суровина за производство на сечен фурнир

Подрачјето на примена на благородните фурнири е условено од определени својства на суровината:

- физички својства (зафатнинска маса, содржина на влага, пропустливост, собирање);
- механички својства (јакост, тврдост);
- естетски својства (боја, текстура, сјај, финост, мирис);
- хемиски својства (pH-вредност и хемиски состав).

Со оглед на широката примена на благородните фурнири, почнувајќи од едноставен мебел со евтини фурнири до скапоцен и луксузен ентериер, изборот на дрвни видови за производство на благородни фурнири е далеку поширок во однос на суровината наменета за лупен (конструктивен) фурнир.

Од повеќето дрвни видови може успешно да се произведе сечен фурнир, но сепак, некои полесно се обработуваат од други. Лисјарските дрвни видови полесно се обработуваат во сечени фурнири во споредба со иглолисните. Ова се должи, најверојатно, на полесното свиткување на лисјарите во споредба со иглолисните [101]. Сите фурнири се изложени на свиткување како резултат на продирањето на ножот во трупецот, односно фличот. Лисјарите имаат подобри својства на свиткување, односно се свиткуваат со помалку оштетување во вид на внатрешни (иницијални) пукнатини во споредба со иглолисните.

Причината за подобрите својства на свиткување кај лисјарите не е точно утврдена. Две можни објаснувања се дека лисјарите содржат помалку лигнин во однос на иглолисните, а лигнинот во лисјарите е повеќе термопластичен во однос на лигнинот во иглолисните видови [101].

При оценувањето на одделни дрвни видови во поглед на нивната погодност за преработка во сечени фурнири, односно со цел да се пронајде рамнината на сечење која ќе даде специфичен или оптимален естетски ефект, потребно е да се познава градбата на дрвото.

Најпрегледна слика на градбата на дрвото се гледа на напречниот пресек, односно на челото на трупецот.

Под услов дрвото да е со правилна градба, радијалниот и тангенцијалниот пресек на трупецот се одраз на елементите на градбата, видливи на челото на трупецот. Челната текстура на трупецот е низ од концентрични кругови – години.

Годовите се разликуваат по начинот на распоредот на порите, степенот на маркантност, текот на граничната линија, широчината, начинот на нанижување и бојата. Границата на годот, како и деловите на годот – рано и доцно дрво, нижењето на трахеите кај лисјарите, смолните канали кај некои иглолисни видови и други карактеристики се основните носители на текстурата на дрвото како естетска особина.

Границата на годот е поизразена кај иглолисните видови во споредба со лисјарските, а во рамките на лисјарите поизразен преод имаат оние видови чии трахеи од раното дрво се прстенесто распоредени: даб, јасен, брест, багрем, костен. Останатите лисјарски видови имаат дифузен распоред на трахеите, единствено оревот и црешата се наоѓаат на преод помеѓу прстенесто-порозните и дифузно-порозните видови.

Повоочлива граница помеѓу раното и доцното дрво имаат иглолисните видови: ела, бор, ариш и дуглазија, додека постепен преод има кај смрчата, вајмуотвиот бор и кај сите лисјари.

Појавата некои видови да имаат внатрешен (постар) дел со потемна боја, додека периферен посветол дел, ги дели дрвните видови на јадричави со изразена срцевина и бакуљави.

Во бакуљавите видови кај кои нема промена на бојата во внатрешниот дел на дрвото се вбројуваат: смрча и ела кај иглолисните; бреза, бука, јасика, габер, евла, јавор, див костен, круша, липа кај лисјарите, а кај егзотите: абахи, балза, окуме итн.

Определен број бакуљави дрвни видови (бука, габер, бреза, јавор, липа и јаболка) формираат неправилна срцевина.

На напречен пресек на трупецот посебно се маркантни срцевинските зраци. Дрвните видови кои имаат дебели срцевински зраци на радијален пресек имаат карактеристична текстура. Кај дабот, срцевинските зраци на радијален пресек се воочливи и нееднолични, што ја прават текстурата маркантна. Кај платанот, тие се со нешто помала ширина и едноличен изглед, што дава специфична и ефектна текстура. Сапели махагони има срцевински зраци карактеристични по правилните низови во катови.

Со сечење на трупците по должина во радијална или тангенцијална рамнина се добива препознатлива надолжна текстура. На изгледот на надолжниот пресек значително влијаат надолжните срцевински зраци (надолжен паренхим). Кај брестот во зоната на доцно дрво, надолжните срцевински зраци прават низови кои се паралелни со граничната линија на годот. Ако надолжниот паренхим е еднолично распореден, макроскопски не е видлив, односно не е маркантен.

Кај некои тропски видови, на изгледот на надолжниот пресек влијае отстапувањето на правецот на влакната од оската на трупецот во тангенцијална насока, наизменично лево – десно. Во случај на радијално сечење на ваквите трупци се добиваат глатки и сјајни паралелни пруги.

Сите претходно наведени фактори на естетскиот изглед се однесуваат на правилна градба на дрвото.

Неправилната градба на дрвото е последица на невообичаен тек на влакната, односно влијание на сопствената тежина, притисокот на кората, дејството на пожар, замрзнување, механички повреди, напад на габи и инсекти.

Неправилната текстура се јавува во вид на различен изглед на текстурата на дрвото: напречни ребра, бранови, глуждови, пламени јазици, пирамиди, мезереста текстура и сл. Неправилната текстура почесто се јавува кај лисјарите и тоа кај: јаворот, јасенот, брестот, оревот, дабот, црниот габер, питомиот костен и др.

2.2.1.1. Својства на дрвото значајни за изработка на сечен фурнир

Физичките својства на дрвото кои се од посебен интерес за изработка на сечен фурнир се: зафатнинската маса, содржината на влага, пропустливоста и собирањето.

Зафатнинска маса

Зафатнинската маса, односно густината е својство кое дава основна насока при селекција на дрвните видови погодни за изработка на фурнир.

Податоците за зафатнинската маса на дрвните видови може да бидат комерцијално значајни. На пр., податоците за зафатнинската маса на различни видови бор застапени во југоисточните делови на САД се покажале како значајни при подигнувањето на преработувачките капацитети за производство на фурнирски плочи во САД. Кога започнала оваа индустрија се поставило прашањето дали сите видови на бор од овие делови на САД се соодветни за изработка на фурнирски плочи кои ќе бидат во иста класа на конструктивни плочи како оние изработени од дуглазија. Врз основа на податоците за зафатнинската маса и јакостните карактеристики кои зависат од неа, било дозволено повеќе видови на бор да бидат категоризирани во иста класа како и дуглазијата, која се користела во производството на конструктивни фурнирски плочи.

Иако зафатнинската маса не може да се користи како целосен критериум за избор на дрвни видови за изработка на фурнир, сепак може да послужи за брза проценка за воведување на нови дрвни видови во фурнирското производство.

Повеќето дрвни видови може да се исечат во фурнири со претходна соодветна подготовка на суровината. Сепак, многу е тешко да се исечат фурнири од дрвни видови кои имаат екстремно висока или екстремно ниска зафатнинска маса. При сечење на многу лесни дрвни видови се добива нејасна површина. Видовите со висока зафатнинска маса бараат поголема моќност при сечењето и имаат тенденција да развијат длабоки пукнатини во фурнирот при навлегување на сечилото од ножот во дрвото во процесот на сечење. Номиналната зафатнинска маса од $0,32 \text{ g/cm}^3$ на Американската липа (*Tilia americana*) претставува долна граница за зафатнинска маса на дрвните видови од кои успешно може да се изработува сечен фурнир. Видовите од фамилијата Juglandaceae со зафатнинска маса од приближно $0,65 \text{ g/cm}^3$ се приближно на горната граница за успешно производство на фурнир. Сепак, ценетите дрвни видови, како ружиното дрво, со зафатнинска маса од $0,75 \text{ g/cm}^3$ успешно се преработуваат во сечен благороден фурнир, секако со претходна соодветна хидротермичка подготовка и ограничување на минималната дебелина на фурнирот.

Содржина на влага во сурова состојба

Фурнирите често се сечат од трупци набрзо после нивната сеча. Ваквите трупци или фличеве ја содржат првенствено влагата која била присутна во живото дрво. Оваа содржина на влага во дрвото има значајно влијание врз сечењето. Генерално, дрвото со содржина на влага над точката на сатурација е најсоодветно за сечење во фурнир. Ова го прави дрвото погодно во споредба со сувото дрво. Бројни студии покажале дека дрвните видови со природна содржина на влага во граници од 50 до 60 % добро се сечат во фурнири.

Пропустливост (пермеабилност)

Пропустливоста има изразен ефект врз сечењето, сушењето и лепењето на фурнирите. Беловината често е попропустлива од срцевината од истиот дрвен вид. Нападот од бактерии при складирање на суровината може да ја зголеми пропустливоста на дрвото, а со тоа да ги промени неговите карактеристики при сечењето. Дрвото кое е пропустливо полесно се сече бидејќи водата лесно се исфрла од него, а силите кои би можеле да создадат пукнатини во дрвото не се развиваат. Понатаму, фурнирската плоча изработена од фурнир кој е природно пропустлив, како што е жолтата топола, е помалку подложна на дефекти од ослободување на водната пара во жешката преса, отколку плочата изработена од релативно непропустлив фурнир, како смрчата. Во случај на употреба на екстремно пропустлив фурнир, како што е беловината од бор која била нападната од бактерии, потребно е поголемо количество на лепило или промена во техниката на лепење за да се добие задоволително слепување.

Собирање

Мал степен на собирање е пожелен за сите дрвни видови од кои треба да се произведе сечен фурнир. Генерално, ниското собирање е поврзано со малата зафатнинска маса. Ниското собирање на тиковото дрво и махагони е една од причините поради кои тие се најпосакувани дрвни видови за изработка на благородни фурнири за лице. Сепак, дури и кај видовите со иста зафатнинска маса, постои значителен опсег на собирање. Високото собирање е непожелно бидејќи создава поголеми напрегања во лепилните слоеви при промена на содржината на влага, може да предизвика пукнатини во фурнирот за лице при експлоатација на фурнирската плоча и предизвикува искривување, освен ако плочата не е совршено избалансирана.

Собирањето на дрвото во радијална насока е помало во споредба со собирањето во тангенцијална насока. Следствено, фурнирите кои се сечени во радијална насока ќе бидат подобри како фурнири за лице во споредба со оние кои се сечени во тангенцијална насока и ексцентрично лупени од истиот дрвен вид.

Надолжното собирање, исто така, може да биде фактор во употребата на фурнирите. При изработка на тенки декоративни фурнирски плочи може да дојде до значително свиткување на плочата поради различното надолжно собирање на фурнирот за лице и фурнирот за опачина на плочата. Прекумерното надолжно собирање може да се должи на насоката на текстурата, на компресиското дрво кај иглолисните дрвни видови или на тензиското дрво кај лисјарите.

Собирањето на дрвото е фактор кој влијае врз примената на фурнирите, но можеби е најважен за фурнирите кои се употребуваат како напречни средници во фурнирските плочи. Условите на сушење може да влијаат на вкупното собирање на дрвото.

Екстрактивни материји и некои ефекти

Целулозата, хемицелулозата и лигнинот се примарните структурни елементи на клеточниот ѕид. Бидејќи се полимерни по природа, тие во основа се нерастворливи во вода и неутрални органски растворувачи.

Во дрвото може да има и многу други материји. Тие не се дел од структурата на дрвото, но придонесуваат во определени својства на дрвото, како: боја, мирис и отпорност на распаѓање. Дел од овие материји се смоли, восоци, тврди наслаги и слично. Проблемите со лепењето понекогаш се препишуваат на смолести и восочни наслаги во дрвото. Екстрактивните материји, генерално, може да се отстранат од дрвото со неутрални растворувачи, како што се: вода, алкохол, ацетон, бензен и етер.

Опсегот и мешавината на екстрактивните соединенија пронајдени во дрвото е многу голем. Многу од нив не се целосно идентификувани. Понатаму, количината на екстрактивни материји варира од дрво до дрво и често во рамките на исто дрво.

Честопати, високата концентрација на екстрактивни материји кои предизвикуваат тешкотии во обработката на фурнирот е резултат на реакцијата на дрвото на повреда. Главно се смета дека смолните џебови се предизвикани од повреда на камбиумот на дрвјата што лачат олеосмола. Дрвото содржи џебови од олеосмола, која лесно тече кога ќе се отвори дефектот.

Кај некои дрвни видови е забележано дека пожарите го стимулираат производството на гума. Нападот од инсекти се смета за главна причина за појава на дамки од гума кај црната цреша [101]. Повредите од инсекти кои го дупчат камбиумот кај американскиот орев често резултираат со наслаги на калциум карбонат или на магнезиум карбонат.

Овие примери сугерираат дека процентот на фурнирски трупци без непожелни екстрактивни материји може да се зголеми на два начина: со избор на соодветна суровина која е отпорна на напади од инсекти и со шумски практики кои ја минимизираат повредата на дрвјата.

Гумата е повеќе или помалку растворлива во вода и нерастворлива во неполарни органски растворувачи. Арабиногалактанот е гума, која може да биде присутна во количини доволни за да го попречат лепењето на фурнирот исечен од трупци на западниот ариш. Дамките од гума кај црната цреша веројатно се состојат од вистинска гума и полифеноли, а полифенолите ја предизвикуваат нивната темнокафеава боја. Додека мала количина на гума е дозволена кај фурнирот за лице од цреша, умерените или големи концентрации на гума ја намалуваат класата на фурнирот [101].

За разлика од гумата, смолата означува материји кои се нерастворливи во вода, но растворливи во неутрални органски растворувачи. Смолите се појавуваат во паренхимските клетки на дрвните зраци кај лисјарските и кај иглолисните дрвни видови. Олеосмолата е мешавина од смола и есенцијални масла. Таа е нерастворлива во вода, но растворлива во алкохол, алкалии и во повеќе органски растворувачи. Олеосмолата се лачи од вертикални и од хоризонтални смолни канали кај иглолисните видови како што се: бор, смрча,

дуглазија. Кај елата и секвојата, вообичаено нема смолни канали, но може да се создадат со повреда на дрвото.

При сечење на фурнир, смолата е непожелна. Таа може да се наталожи на притисната греда на машината за сечен фурнир и да предизвика заглавување на парчиња фурнир помеѓу притисната греда и трупецот, предизвикувајќи вдлабнатини во фурнирот. Замрзнатата или стврдната смола во глуждовите е многу тврда и ќе предизвика брзо затапување на фурнирскиот нож. Кај многу американски лисјарски дрвни видови во мало количество се јавува смола растворлива во етер, но генерално таа има мал ефект врз нивната употреба за изработка на фурнир. Релативно големите количества на компоненти растворливи во етер кои се пронајдени во липата може да објаснат зошто овој вид потешко се слепува отколку што би се очекувало со оглед на неговата зафатнинска маса [101]. Смолата во видовите фурнир за лице, како што е белиот бор, може да ја попречи завршната обработка на површините од мебелот.

Полифеноли

Полифенолите општо може да се групираат на танини и нетанини. Повеќето танини генерално се растворливи во вода. Полифенолите кои не се растворливи во вода, од дрвото може да се отстранат со поларни органски растворувачи, како што се алкохолот и алокохол-бензенот. Полифенолите се јавуваат во повеќето дрвни видови и повеќе се застапени во срцевината во споредба со беловината.

Боја

Една од причините зошто полифенолите се важни е затоа што на дрвото му даваат типична боја. Обоената срцевина кај декоративниот фурнир за лице од видови како ружиното дрво е многу поценета од светлообоената беловина. Речиси целата беловина е бела. Светлата боја е пожелна за некои фурнири за лице од дрвни видови како јаворот. Бојата на дрвото е од мало значење за фурнирските плочи наменети за градежништвото или за внатрешните фурнири во плочите.

Многу од полифенолите при реакција со железото и челикот во присуство на вода формираат сино-црни дамки. Ова е очигледно кај фурнирот за лице од дрвни видови како дабот. Топлото влажно дрво полесно се обојува од ладното влажно дрво.

Цврсти материи

Содржината на пепел во дрвото обично е помала од 1 %. Главните неоргански депозити содржат калциум, магнезиум или силициум диоксид. Концентрираните минерали имаат изразен ефект на затапување на остриите алати. Сепак, расфрланите поединечни кристали на калциум оксалат, кои се вообичаени во надолжниот паренхим и во клетките на дрвните зраци на многу лисјарски видови, не влијаат на сечењето на фурнирот.

Мирис

Повеќето дрвни видови имаат малку мирис кога се суви. Некои видови, како што се кедрите, имаат пријатен мирис кој се користи за промовирање на употребата на дрвото. Некои видови имаат кисел или непријатен мирис, особено ако станат влажни. Трупците складирани во топла клима може да развијат непријатни мириси поради дејството на бактериите. Проблемот ќе се појави кај видовите чија беловина содржи големо количество на скроб. Таквите мириси се особено несоодветни за фурнирот што треба да се користи за производи за складирање на храна или за сидни облоги во домовите.

Табела 1. Економско-технолошки испитани и погодни видови за изработка на сечен фурнир од Европа и Африка [105]

Народни и трговски називи	Латински називи
Европа	
Иглолисни видови	
Тиса	<i>Taxus baccata</i>
Смрча	<i>Picea abies</i>
Бор	<i>Pinus silvestris</i>
Ариш	<i>Larix decidua</i>
Туја-Мезер	<i>Tetraclinis articulata</i>
Вавона-Мезер	<i>Sequoia sempervirens</i>
Сребрен бор	<i>Pinus cembra</i>
Ела	<i>Abies pectinata</i>
Лисјарски видови	
Јавор	<i>Acer spp.</i>
Бреза	<i>Betula pendula</i>
Круша	<i>Pyrus communis</i>
Зеленика	<i>Buxus sempervirens</i>
Костен	<i>Castanea sativa</i>
Даб	<i>Quercus spp.</i>
Јасен	<i>Fraxinus excelsior</i>
Цреша	<i>Prunus cerasus</i>
Орев	<i>Juglans regia</i>
Платан	<i>Platanus acerifolia</i>
Брест	<i>Ulmus spp.</i>
Бука	<i>Fagus sylvatica</i>
Африка	
Агба, Тола бранка	<i>Gossweilerodendron balsamiferum</i>
Аводире	<i>Turraeanthus africanus</i>
Бете	<i>Mansonia altissima</i>
Билинга	<i>Nauclea trillesii</i>
Босе	<i>Guarea cedrata</i>
Бубинга	<i>Guibourtia tessamannii</i>
Дибету	<i>Lovoa trichilioides</i>
Дука	<i>Dumboria africana</i>
Ебијара	<i>Macroberlina bracteosa</i>
Евино	<i>Vitex pachyphylla</i>
Фрамире	<i>Terminalia ivorensis</i>
Камбала, Ироко	<i>Chlorophora excelsa</i>
Каја-махагони	<i>Khaya ivorensis</i>
Кирунду	<i>Antiaris africana</i>
Кокродуа	<i>Afromosia elata</i>
Косипо	<i>Entandrophragma candollei</i>
Лимба	<i>Terminallia superba</i>
Макоре	<i>Dumoria heckelii</i>
Моамби	<i>Baillonella toxisperma</i>
Мовинги	<i>Distemonanthus benthamianus</i>
Мукулунгу	<i>Autranella congolensis</i>
Мутенија	<i>Guibourtia arnoldiana</i>
Окуме	<i>Aucoumea klaineana</i>
Овога	<i>Poga oleosa</i>
Сапели	<i>Entandrophragma cylindricum</i>
Сипо	<i>Entandrophragma angolense</i>
Венге	<i>Millettia laurentii</i>
Зебрано, Зингана	<i>Microberlinia brazzavillensis</i>

Табела 2. Економско-технолошки испитани и погодни видови за изработка на сечен фурнир од Тропска Америка, Северна Америка, Азија и Австралија [105]

Народни и трговски називи	Латински називи
Тропска Америка	
Амарилјо, Арариба	<i>Centrolobium ochroxylon</i>
Андироба	<i>Carapa quianensis</i>
Кедар	<i>Cedrela odorata</i>
Кокос	<i>Brya ebenus</i>
Коурбарил	<i>Hymenaea courbaril</i>
Фреихо	<i>Cordia goeldiana</i>
Имбуха	<i>Phoebe porosa</i>
Махагонија	<i>Swietenia macrophylla</i>
Палисандер	<i>Dalbergia nigra</i>
Раули	<i>Nonthofagus procera oerst</i>
Ружино дрво, Бахија	<i>Dalbergia variabilis</i>
Сатен дрво	<i>Zanthoxylum flavum</i>
Запатеро	<i>Gossypiospermum praecox</i>
Северна Америка	
Мадрона-Мазер	<i>Arbutus menziesii</i>
Мирта-Мазер	<i>Umbellularia californica</i>
Црн орев	<i>Juglans nigra</i>
Сатенест орев	<i>Liquidambar styraciflua</i>
Азија	
Ебано	<i>Diospyros spec.</i>
Падук	<i>Pterocarpus spp.</i>
Индиски палисандер	<i>Dalbergia latifolia</i>
Сијамски палисандер	<i>Dalbergia cochinchinesis</i>
Сен	<i>Acanthopanax ricinofolius</i>
Тамо	<i>Fraxinus spp.</i>
Тик	<i>Tectona grandis</i>
Австралија	
Евкалиптус	<i>Eucaliptus spp.</i>
Австралиски орев	<i>Endiandra palmerstoni</i>

2.2.1.2. Димензии и квалитет на суровината за производство на сечен фурнир

Системите за оцена на трупците се разликуваат на меѓународно ниво, иако принципите во суштина се исти. Процесот на оцена на трупците има за цел:

- да ги идентификува недостатоците (грешките) кои го намалуваат квалитетот на трупецот;
- да се измерат, односно проценат тие недостатоци (грешки);
- да се определат други важни аспекти, како што се барањата во поглед на димензиите и видот;
- да се определи квалитетот на трупецот.

Оценувањето на трупците наменети за производство на фурнири подразбира процена на квалитетот на трупците, а со самото тоа и на квалитетот на фурнирот кој може да се очекува од тие трупци.

Оцената се заснова на процена на специфичните карактеристики на трупецот кои се дефинирани согласно со стандардите. Факторите кои се земаат предвид при оценувањето на трупците се: димензиите на трупците (должина и дијаметар), формата на трупецот (степенот на отстапување од форма на прав цилиндар) вклучително коничност, елипсовидност и закривеност, присуство на недостатоци на трупецот (внатрешни и надворешни).

Димензиите и квалитетот на трупците за изработка на фурнир се дефинирани со националните МКС-стандарди [138]. Согласно со стандардите, фурнирските трупци за изработка на сечен фурнир носат ознака F.

Општите и посебни услови за трупците за изработка на сечен фурнир од лисјарски дрвни видови се регулирани со стандардот МКС Д.Б4.020. Посебни услови се пропишани за оревот (МКС Д.Б4.030) и за дабот (МКС Д.Б4.031).

Според овие стандарди трупците се изработуваат со минимална должина од 2 m, со пораст на должината од 10 cm. Средниот дијаметар на трупците треба да изнесува min 40 cm за буката, а за другите тврди и меки лисјари, како и за овошките, min 35 cm.

Во поглед на квалитетот, трупците за изработка на сечен фурнир се групирани во една квалитетна класа, при што треба да ги задоволат општите услови согласно со стандардот, односно трупците треба да бидат здрави, прави, полнодрвни, со прави влакна и срцевина приближно во средината, јадри, со правилни годови, природна боја, без глуждови, окружливост, нагореност, зимотреност и грешки од инсекти.

Дозволените грешки кои може да се јават на трупецот се следните:

- здрави мали сраснати глуждови, неограничено;
- мали глуждови со дијаметар до 20 mm, по еден на метар должен;
- здрава лажна срцевина до 1/5 од средниот дијаметар;
- внатрешна нагниеност до 1/10 од средниот дијаметар;
- еднострана закривеност со висина на лакот до 2 % од должината на трупецот;
- повреди, сраснати гранки, нагниена и обоена беловина до длабочина од 1/20 од средниот дијаметар;
- елипсоидност до 20 % од средниот дијаметар;
- коничност до 3 % од дијаметарот на подебелиот крај;
- окружливост и нагореност до 1/10 од средниот дијаметар;
- жлебовитост со длабочина до 5 % од дијаметарот на трупецот на потенкиот крај;
- пукнатина на едното чело на трупецот со должина до 10 cm.

На еден трупец се дозволени најмногу четири од наведените грешки.

Сечата на лисјарските трупци се врши во зима, со исклучок на буката и тополата кои по договор може да се сечат и во лето. Дрвото сечено во зима се испорачува најдоцна до крајот на април, а по спогодба и до крајот на мај. Дрвото од летната сеча се испорачува по договор, но најдоцна 30 дена по сечата. Трупците се испорачуваат неокорени, а глуждовите треба да бидат добро изделкани во рамнина на површината на трупецот.

Општите и посебни услови за трупците за изработка на сечен фурнир од иглолисни дрвни видови се дефинирани со стандардот МКС Д.Б4.021. Овој стандард се однесува на сите иглолисни видови кои треба да се одликуваат со убава боја и текстура. Трупците се испорачуваат со должина од min 2 m, со пораст на должината од 10 cm. Средниот дијаметар на трупците треба да изнесува min 35 cm.

Трупците треба да бидат здрави, прави, со прави дрвни влакна и срцевина приближно во средината, јадри, со правилни годови, природна боја, без глуждови, окружливост, зимотреност и грешки од инсекти. Ширината на годовите мора да биде таква да на 1 cm има најмалку три года.

Дозволените грешки кои може да се јават на иглолисните трупци се следните:

- глуждови и други грешки ако се распоредени во венец, така што останатите делови од трупецот може да се користат за фурнир;
- најмали сраснати глуждови - неограничено, а здрав глужд со дијаметар до 20 mm по еден на метар должен;
- рамна пукнатина на едниот крај на трупецот која оди низ срцето со должина до 1/2 од средниот дијаметар;
- еднострана закривеност со висина на лакот до 2 % од должината на трупецот;
- коничност до 3 % од поголемиот дијаметар.

На еден трупец се дозволени најмногу три од наведените грешки.

Трупците се сечат во зима, а се испорачуваат без кора во точно определен рок според договор.

2.2.2. Суровина за производство на лупен (конструктивен) фурнир

Лупените, односно конструктивните фурнири учествуваат со околу 95 % во вкупното производство на фурнир и претставуваат основна суровина во производството на фурнирски плочи.

Тие се карактеризираат со еднолична боја и текстура, хомогена градба и соодветни физичко-механички својства. Производството на лупен фурнир овозможува изработка на цели фурнирски листови кои ќе се вградуваат во плочата без претходно спојување по ширина.

Суровината која се користи за производство на лупен фурнир покажува големо влијание врз физичко-механичките својства на фурнирските плочи и економските показатели на нивното производство. Затоа, производството на фурнирски плочи треба да биде насочено кон оние дрвни видови, кои при останати исти услови, ќе обезбедат висок квалитет на плочите и добри економски показатели на производството.

Со оглед на основните карактеристики на конструктивните фурнири, суровината, т.е. трупците за изработка на лупен фурнир треба да ги имаат следните карактеристики:

- минимален дијаметар од 35 cm;
- да бидат прави, јадри, полнодрвни и чисти, со соодветна должина;
- економски да е оправдан односот помеѓу дијаметарот на трупците и остатокот од лупењето (отпадната ролна).

Производството на фурнирски плочи низ различни делови од светот се заснова на дрвна суровина од над 100 дрвни видови, од кои 85 % се иглолисни. На појасот со тропска клима отпаѓаат околу 75 % од дрвните видови, а на појасот со умерена клима – 25 %.

За производство на лупен фурнир се користат лисјарски и иглолисни видови од Европа, Азија, Африка и од Тропска Америка.

Средната зафатнинска маса на дрвните видови кои се користат во производството на лупен фурнир се движи во граници од 450 до 700 kg/m³. Понекогаш се користат лесни дрвни видови со зафатнинска маса од 150 до 350 kg/m³ и тешки дрвни видови со зафатнинска маса од 850 до 1 000 kg/m³.

Иглолисните видови се одликуваат со едноставна градба (трахеиди, многу тенки срцевински зраци и паренхимски клетки). Кај нив се јавуваат разлики во зафатнинската маса и јакоста на дрвото во зоната на рано и доцно дрво. Во зоната на рано дрво трахеидите имаат големи лумени и тенки сидови, додека во зоната на доцно дрво лумените се значително помали, а сидовите се подебели. Граничната линија е изразена со брз преод од зона на доцно дрво со збиени сидови на трахеиди кои го прават дрвото потврдо, во зона на рано дрво кое е значително помалку тврдо. Овој брз преод бара специфичен режим на лупење. Пукнатините кои се создаваат при лупењето се поголеми во зоната на раното дрво и кон зоната на доцното дрво се намалуваат. Високото учество на смола кај некои видови може да го отежне нормалното лупење. Фурнирот кој се добива од иглолисни дрвни видови има висока рапавост на површината, нерамномерна дебелина и намалена јакост.

Лисјарските дрвни видови се карактеризираат со посложена анатомска градба (трахеи, трахеиди, влакна и паренхим). За лупење посебно се погодни лисјарите со еднолично распоредени ситни пори, како што се: буката, евлата, липата, брезата, окуме или прилично крупни, како на пр. тополата. Важна улога имаат влакната како исклучително механички елемент на градбата, застапен во зоната на рано и доцно дрво.

Лисјарите со ситни, но бројни групи на кратки влакна кои се правилно распоредени имаат хомогена градба и се погодни за лупење.

За обработување, сушење и слепување, суровината од тропските дрвни видови (махагони, окуме, сапели) е подобра во споредба со дрвните видови од појасот со умерена клима. Дрвните видови од појасот со умерена клима се карактеризираат со пониска биопостојаност и постојаност на атмосферски влијанија во однос на тропските дрвни видови кои се постојани на различни влијанија.

Табела 3. Погодни видови за изработка на лупен фурнир по континенти [105]

Народни и трговски називи	Латински називи
Европа	
Иглолисни видови	
Ариш	<i>Larix decidua</i>
Бор	<i>Pinus silvestris</i>
Ела	<i>Abies pectinata</i>
Смрча	<i>Picea abies</i>
Лисјарски видови	
Бреза	<i>Betula pendula</i>
Бука	<i>Fagus sylvatica</i>
Евла	<i>Alnus glutinosa</i>
Липа	<i>Tilia grandifolia</i>
Топола	<i>Populus alba</i>
Африка	
Абахи (Вава, Самба)	<i>Triplochiton sleroxylon</i>
Абура	<i>Mitragyne ciliata</i>
Агба (Тола бранка)	<i>Gosswielerodendron balsamiferum</i>
Ајеле	<i>Canarium schwieninifurthii</i>
Бомбакс	<i>Bombax buonopozense</i>
Босе	<i>Guarea cedrata</i>
Цеиба	<i>Ceiba pentandra</i>
Дабема	<i>Pitadeniastrum africanum</i>
Дибету	<i>Lovoa trichilioides</i>
Емиен	<i>Alstonia congensis</i>
Еримадо	<i>Ricinodendron heudelotii</i>
Фаро	<i>Daniellia thurifera</i>
Фрамире	<i>Terminalia ivorensis</i>
Иломба	<i>Pycnanthus angolensis</i>
Каја-махагони	<i>Khaya ivorensis</i>
Кирунду	<i>Antiaris africana</i>
Кумби	<i>Lannea welwitschii</i>
Лимба	<i>Terminalia superba</i>
Окуме	<i>Aucoumea klaineana</i>
Огеа	<i>Daniellia ogea</i>
Олон	<i>Fagara heitzii</i>
Тијама	<i>Entandrophragma angolense</i>
Тропска Америка	
Абарко	<i>Cariniana pyriformis</i>
Андироба	<i>Carapa guianensis</i>
Асаку	<i>Hura crepitans</i>
Бабоен	<i>Virola surinamensis</i>
Кедар	<i>Cedrela spp.</i>
Цеиба	<i>Ceiba pendandra</i>
Еспавел	<i>Anacardium excelsum</i>
Јекутиба	<i>Cariniana legalis</i>
Марупа	<i>Simaruba amara</i>
Кваруба	<i>Vochysia spp.</i>
Саман	<i>Samanea saman</i>
Тепа	<i>Laurelia serrata</i>
Азија	
Јелутонг	<i>Dyera consolate</i>
Рамин	<i>Gonystylus bancanus</i>
Лауан, бел	<i>Pentacme contorta</i>
Лауан, црвен	<i>Shorea spp.</i>
Сераја, бела	<i>Parashorea spp.</i>
Каунгун	<i>Anisoptera spp.</i>

2.2.2.1. Димензии и квалитет на суровината за производство на лупен фурнир

Согласно со стандардите, фурнирските трупци за изработка на лупен фурнир носат ознака L.

Општите услови за трупците за изработка на лупен фурнир од лисјарски дрвни видови се дефинирани со стандардот МКС Д.Б4.022 кој се однесува на сите тврди и меки дрвни видови за изработка на лупен фурнир. Според МКС-стандардите [138], како и суровината за сечен фурнир и суровината за лупење од лисјарски дрвни видови се класира во една квалитетна класа, при што трупците треба да бидат здрави, прави, полнодрвни, со прави влакна, со срце приближно во средината, јадри, со правилни годови, природна боја, без глуждови, окружливост, зимотреност и грешки од инсекти. Трупците се изработуваат со должина од min 2 m со пораст на должината од по 10 cm. Средниот дијаметар на трупецот за лупење изнесува најмалку 35 cm, а за јаворот и меките лисјари најмалку 30 cm.

Дозволените се следните грешки:

- здрави глуждови со дијаметар до 20 mm неограничено, а со дијаметар до 40 mm по еден на метар должен;
- здрава неправилна срцевина до 70 % од средниот дијаметар;
- грешки во срцето кои не влијаат на квалитетот на прицврстување на трупецот на машината за лупење;
- челни пукнатитни со вкупна должина од 10 cm;
- еднострана закривеност на трупецот со висината на лакот до 2 % од должината на трупецот;
- коничност до 3 % од дијаметарот на подебелиот крај;
- делумни повреди на кората при манипулација и транспорт;
- средна всуканост;
- ексцентрично срце.

На еден трупец може да се јават најмногу пет од неведените грешки.

Трупците се испорачуваат неокорени во зима. Трупците се сечат во зима, а оние од бука, топола, јасика и врба по договор и во лето. Дрвото сечено во зима се испорачува најдоцна до крајот на април, а по договор и до крајот на мај, додека трупците сечени во лето се испорачуваат по договор.

Трупците за лупење од иглолисни видови се обработени со стандардот МКС Д.Б4.023. Согласно со стандардот, должината на трупците изнесува најмалку 2 m со пораст на должината од по 10 cm, а средниот дијаметар на трупците изнесува најмалку 30 cm.

Трупците мора да бидат здрави, прави, со права жица, јадри, со срце приближно во средината, со правилен распоред на годовите, природна боја, без гранки, глуждови, нагниеност и мушичавост.

Дозволените грешки се следните:

- здрави мали глуждови со дијаметар до 20 mm, по еден на метар должен;
- мала всуканост;
- синило кај борот до 10 % од обвивката на трупецот во длабочина до 1 cm;
- коничност до 2 % од дијаметарот на подебелиот крај.

Во вкупното производство на фурнири во светот, големо значење имаат и трупците од тропските региони.

Од анатомска гледна точка повеќето егзоти се со еднолична градба, како последица на отсуството на изразени зони на прираст (зони на рано и доцно дрво). Со оглед на големината на порите, погодни се видовите со големи пори (од 0,01 до 0,3 mm): абахи, окуме, каја-махагони, сапели, иломба, ироко, лимба, озиго и др.

Имајќи го предвид распоредот на елементите на градбата, дрвото на егзотите се вбројува во дифузно-порозни видови. Егзотите со воочливи годови се склони кон поголемо распукување.

Врз погодноста на определни видови за производство на фурнир, влијание има и хемискиот состав кој влијае на бојата, сјајот и на физичко-механичките својства.

Климатските услови во тропските региони предизвикуваат создавање на поголеми количества лигнин, до 40 % (окуме 26,7 %, лимба 31,3 %). Домашните видови кои се користат за лупење, на пр. буката, содржат околу 39,1 % лигнин.

Другите материји, како што се восоците, го намалуваат собирањето и бабрењето, што влијае поволно врз готовите производи. Егзотичните видови кои се средно тешки (од 0,56 до 0,70 g/cm³) се посебно погодни за производство на лупен фурнир, односно за производство на фурнирски плочи.

Со оглед на тоа што на развојот на дрвото влијаат низа фактори, одделни видови помалку или повеќе се погодни за лупење. Условите под кои се развиваат лисјарите, на пр. во Европа и видовите во тропските делови на Африка, специфично се рефлектираат на степенот на погодност за лупење. Додека на пр. трупците од бука за лупење се со релативно мал дијаметар (просечно околу 42 cm) и должина до 7 m, со голем број на грешки на бојата и градбата (Европа), дрвниот вид окуме, како типичен претставник на тропските видови за лупење, има просечен дијаметар од 70 cm, должина на чисто дебло до 40 m, полнодрвност, јадрост, без грешки на бојата и градбата.

Поради големите димензии и правилната форма, егзотичните видови во однос на домашните, обезбедуваат поголемо квантитативно и квалитативно искористување на суровината.

Фурнирските трупци од егзотичните видови во принцип имаат должина од 4 m па нагоре, но се испорачуваат главно во должини од 6 до 12 m.

Дијаметарот на овие трупци главно е над 70 cm со толеранција од 10 до 15 % (од 60 до 69 cm). По договор може да се испорачуваат и трупци со дијаметар над 50 cm.

2.3. СКЛАДИРАЊЕ НА СУРОВИНАТА

Складирањето на суровината е неопходно сè до моментот на нејзино вклучување во технолошкиот процес за преработка. Со оглед на ограниченоста на сечата на некои дрвни видови во текот на годината, несигурноста во снабдувањето поради временските услови, несигурните рокови на испорака кај тропските видови, нестабилни цени и одржување на континуитетот на производството, неопходно е фабриката за производство на фурнир да располага со определен складишен простор за залиха на трупците во траење од еден до три месеци. Количеството на складираната суровина (како мртов капитал) претставува значаен фактор во користењето на обртните средства.

Довозот на трупците до складот може да се врши по сувоземен пат (камионски транспорт), железнички транспорт и по водни текови.

На складот за трупци се вршат следните операции:

- истовар на трупците;
- квантитативно и квалитативно преземање;
- евидентирање;
- складирање;
- сортирање по квалитет и должински групи;
- заштита на обловината.

Операциите на складот се вршат со помош на портални кранови со приземни и надземни крански патеки, подвижни кранови, автокранови, автовиљушкарни, синцирести и напречни транспортери и уреди за промена на насоката на движење.

Изборот и техничко-технолошките карактеристики на средствата за работа зависат од видот и основните карактеристики на суровината (дијаметар и должина), физичкиот обем на суровината, начинот на довоз на суровината, истоварот и преземањето, начинот на заштита на суровината, расположливиот простор, инфраструктурата, технолошката концепција и перспективниот развој на фабриката за производство на фурнир.

Во добро организирани производни системи при преземањето на суровината, трупците поединечно се означуваат со фабрички влезен број кој е втиснат на лимена плочка. Под тој број, трупците се заведуваат во складишна книга со важни податоци за

идентификација на трупците, заштита, задолжување и раздолжување на суровината, следење на искористувањето на суровината и движењето низ производниот процес.

Паралелно со преземањето на суровината, на складот се врши сортирање според: дрвниот вид, квалитетот, по должински групи и приближни дијаметри.

Сортирањето по дрвен вид опфаќа одлагање на одделни дрвни видови на парцели на складот, кои се означени на соодветен начин и наменети само за определен дрвен вид.

Сортирањето по квалитет има за цел да овозможи максимално квалитетно искористување на определени специфичности на одделни дрвни видови, односно трупци, да обезбеди максимални финансиски ефекти и основни услови за организирање подготовка на работата. Од аспект на сортирањето според квалитетот, може да се врши посебно одлагање на трупците според маркантноста на бојата или пак според финоста на градбата.

Согласно со стандардите, должината на F и L-трупците започнува од 2 m со пораст од по 10 cm, што може да резултира со појава на голем број различни должини на трупците на складот, а тоа го отежнува економичното кретење на должини кои се предвидени во производната програма. Ова ја наметнува потребата од формирање на должински групи. Под должинска група се подразбира определен број различни должини на трупците, при чие кретење се обезбедува максимална искористеност на суровината и се овозможува добивање на зададена должина на трупците која одговара на производната програма.

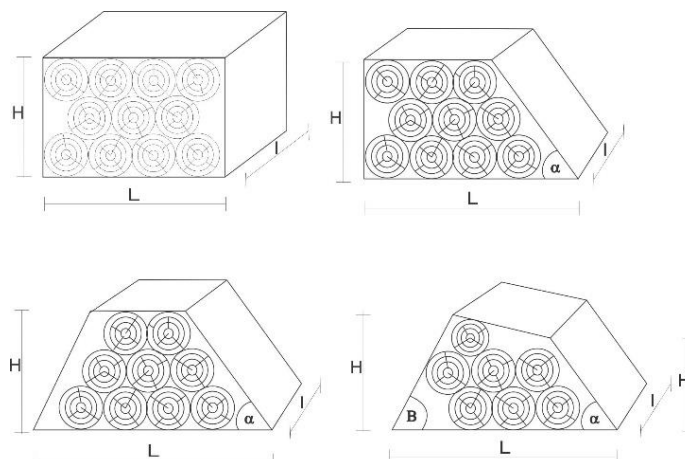
Бројот на должински групи зависи од ширината на производната програма и од начинот на кроење во шума. Најефикасна операција на кретење на трупците од аспект на максимално искористување на суровината и брзината на изведување се овозможува со кроење на трупците во шума на определени повеќекратни должини.

Со формирање на должински групи е овозможено во определен момент лансирање на трупци во должини кои ќе ја обезбедат зададената должина на фурнирот во услови на стандардизирано производство и максимална искористеност на суровината.

Одлагањето на трупците според горенаведените критериуми се врши во сложаи - камари (сл. 5). Формата на камарите зависи од расположливиот простор, диспозицијата и техничко-технолошките карактеристики на средствата за работа. Порамнувањето на челата на трупците од една фронтална страна на камарата се врши со отстапување до 10 cm, со цел да се обезбеди „затвореност“ на камарата и да се намали влијанието на надворешните фактори.

Табела 4. Подготовка за производство на лупен фурнир во должини: 2,6 m, 2,3 m, 1,6 m и 1,3 m [105]

Должинска група бр.	Должина на трупците пред кретење						Должина на скратени трупци			
I	2,7	3,0	3,4	3,5	3,7	4,0	2,65	2,35	1,65	1,35
	4,1	4,2	4,3	4,7	5,0	5,3				
II	3,1	3,2	4,1	4,2	5,3		2,05	1,05		
III	3,0	3,6	4,1	4,9			2,05	0,75		



Слика 5. Форми на камари [130]



Слика 6. Сложени трупци во камари [77]

Димензиите на камарите се следните:

- максимален нагиб на камарата 35° ;
- висината на камарата (H) зависи од условите на одлагање. Кај рачното сложување висината се движи околу 2 m, при употреба на автокран и виљушкари изнесува од 3 до 4 m. Со кранови се врши најчесто сложување на трупци во камари со висина од 5 до 7 m, а поретко до 12 m.
- должината на камарата (l) е еднаква на просечната должина на трупците;
- ширината на камарата (L) при рачното сложување изнесува од 50 до 80 m, а најмногу до 150 m. Ширината на камарата при употреба на мостни кранови изнесува до 250 m.

Просторот за складирање треба да биде наменет исклучиво за складирање и манипулација со обловината, без отпадоци и останато. Просторот треба да биде рамен, асфалтиран, бетониран или посипан со чакал и со изведени системи за дренажа. Трупците се одлагаат врз леѓи, изработени од чамови облици или од бетонски елементи. Растојанието помеѓу трупците сложени во камара, чело кон чело изнесува од 0,5 до 0,7 m. Растојанието помеѓу камарите изнесува околу 3 m. Коефициентот на наполнетост (k) на камарите зависи од правоста на трупците, начинот и правилноста на сложувањето, должината на трупците во должински групи и дијаметарот. За трупци со дијаметар над 35 cm, $k = 0,6 \div 0,7$ %.

Волуменот на камарите без нагиб (V_1) изнесува:

$$V_1 = (H \times L \times l) \times k \text{ (m}^3\text{)}.$$

Волуменот на камарите со едностран нагиб (V_2) изнесува:

$$V_2 = H \times l \times \left(L - \frac{H}{2 \tan \alpha} \right) \times k \text{ (m}^3\text{)}.$$

Волуменот на камарите со двостран нагиб (V_3) изнесува:

$$V_3 = H \times l \times \left(L - \frac{H}{\tan \alpha} - \frac{H}{\tan \beta} \right) \times k \text{ (m}^3\text{)}.$$

Бројот на камарите (n) изнесува:

$$n = \frac{Q}{q} \text{ (бр.)},$$

каде што:

- Q - вкупно количество на обловина на складот (m^3);
- q - волумен на една камара (m^3).

Површината на складот за трупци (F) според наменската поделба изнесува:

$$F = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7 + f_8 \text{ (m}^2\text{)},$$

каде што:

- f_1 - површина под сообраќајници;
- f_2 - површина под истоварна рампа;
- f_3 - површина под природни патишта;
- f_4 - површина под средства за манипулација со трупците (кранови, надолжни и напречни транспортери);
- f_5 - површина под камари со трупци;
- f_6 - површина под базени за хидротермичка подготовка;
- f_7 - површина под уреди за механичка подготовка;
- f_8 - површина под објекти за заштита на трупците со потопување во вода.

2.4. ЗАШТИТА НА СУРОВИНАТА

Искористувањето на суровината зависи од правилното складирање и од правовремената заштита на трупците.

Во складот на фабриката е неопходно одржување на определени залихи на трупци, кои во периодот од мај до септември се изложени на инсолација, ветрови, промена на температурата и останати надворешни фактори. Изложувањето на овие влијанија резултира со оштетување на трупците преку појава на челни и надолжни пукнатини, промена на бојата, гниење и сл. Сето ова придонесува за намалување на вредноста на трупците. Основен услов за оштетување на трупците е загубата на влага која се одвива под кората преку челните страни на трупецот. Затоа, погодни се трупците со поголема должина и со зачувана кора.

Со задржување на влагата во трупецот на определено ниво ќе се спречи оштетување на дрвото од дејство на микроорганизми, габи, инсекти и појава на пукнатини.

Начинот на заштита зависи од дрвниот вид, климатските услови и времетраењето на изложување на трупците на надворешните фактори.

За развој на микроорганизмите, како причинители за промена на бојата, прозуклост и гниење кај буката, потребни се два основни фактора: температура и влажност, односно заедничко дејство на овие два фактора. Со елиминирање на еден од наведените фактори, развојот на микроорганизми се оневозможува.

Оптимални услови за развој на микроорганизмите се температура од 10 до 25 °C и влажност од 30 до 55 %.

Заштитата на трупците се врши преку:

- премачкување на трупците;
- прскање на трупците со вода;
- потопување на трупците во вода;
- смрзнување на трупците, односно затрупување со снег или со мраз.

Најчесто, заштитата на трупците се врши на складовите за трупци со премачкување, прскање и потпопување во вода.

2.4.1. Премачкување на трупците

Загубите на влага во трупецот, односно сушењето на трупецот започнува на челото, на места каде недостасува кора или каде се исечени гранки, отворени глуждови и сл.

Загубите на влага се намалуваат со премачкување на овие места со антисептички и антирефлексни средства. Средствата за премачкување треба да бидат со пастозна конзистенција, за да може да се нанесат во дебел и едноличен слој, како и да имаат светла боја заради помало влијание на инсолацијата.

Премачкувањето се врши со средства на основа на асфалтни, восочни, парафински и поливинилни емулзии, фенолформалдехидни средства, масла, масни глини, варни раствори, казеин, раствори на соли итн.

При примена на премазите за заштита на суровината, основно и пресудно значење има времето од извршената сеча на трупецот до премачкувањето. Истото треба да се изврши најдоцна девет седмици при сеча во јануари, шест седмици при сеча во март и три седмици при сеча во мај. После овие рокови, примената на премазите нема основа. Во зимскиот период, на замрзнатите површини од трупецот не треба да се врши премачкување.

Со примена на антисептички средства кај буката, може да се намалат оштетувањата настанати од микроорганизми за 30 до 60 %, а појавата на микропукнатини да се намали до 75 %.

Во практика, често се применуваат премази на основа на битумен, смоли и катрански смеси.

Катранско-смолната смеса се состои од смола (30÷70 %) и катран (70÷30 %) кои се загреваат на температура од 120 до 140 °C до целосно топење на катранот. Потрошувачката на врелите премази изнесува од 2 до 2,5 kg/m².

Битуменската емулзија се состои од битумен (од 50 до 60 %), емулгатор (од 1 до 2 %), калиум карбонат и вода. Челата и оштетените места се премачкуваат со два наноса.

Кај студените премази нормативот на потрошувачка изнесува 3,5 kg/m².

Без оглед на видот на премазот, премачкувањето овозможува заштита на суровината во времетраење од најмногу шест месеци.



Слика 7. Премачкување на челата на трупците со восочна емулзија [98]

2.4.2. Прскање на трупците со вода

Овој метод на заштита се заснова на интензивно влажење на трупците со доволно количество вода во текот на денот и ноќта во период од април до крајот на септември. Целта на интензивното третирање на трупците со прскање е создавање на микроклима на складот во која трупците се наоѓаат под дејство на фини капки вода. Повременото прскање или прскањето со недоволно количество вода може да доведе до спротивен ефект, односно да го забрза процесот на оштетување на дрвото.

Прскањето на трупците се врши со различни типови на млазници.

Интензитетот на прскањето е приближно ист во месеците април и октомври, мај и септември со траење од 3,5 часа во текот на денот. Најинтензивно прскање во времетраење од 10 часа дневно се врши во летниот период (јуни, јули и август).

Во медитеранските климатски услови, режимот на заштита со прскање е значително поостар и во најтоплиот период се врши интензивно прскање во текот на денот и ноќта.



Слика 8. Заштита на трупците со прскање со вода [98]

2.4.3. Потопување на трупците во вода

Потопувањето на трупците во вода претставува најстар и најсигурен начин на заштита на суровината од дејството на надворешните фактори. Зависно од локацијата на фабриката, трупците се потопуваат во мориња, езера, реки или вештачки хидрообјекти.

Во морската вода трупците се изложени на делување на морски штетници, при што може да дојде до оштетување во вид на ситни дупчиња по површината на трупецот.

Потопувањето во вода се врши во период од почетокот на април до октомври. Трупците од зимската сеча се потопуваат во вода најдоцна до 15 мај. Заштитата на трупците ќе биде соодветна само доколку тие се целосно потопени во вода.

Во фабриките, потопувањето на трупците се врши во армиранобетонски базени со длабочина од 3 до 5 м.

При потопување на трупците во базени, во водата се зголемува концентрацијата на хемиски состојки (мравја, оцетна киселина и сл.). Со цел заштита на околината од отпадните води, потребно е да се одржува определен ритам на промена на водата во базените. При потопување на букови трупци потребно е да се врши замена на водата на секои 20 до 30 дена.

2.5. МЕХАНИЧКА ПОДГОТОВКА НА СУРОВИНАТА

Механичката подготовка на суровината во производството на лупен фурнир ги опфаќа операциите кретење и окорување на трупците, додека во производството на сечен фурнир: кретење, окорување и надолжно разбичување на трупците – призирање.

2.5.1. Кретење на трупците

Во фабриките за производство на фурнири трупците може да се испорачуваат во должини според стандардот или по договор, максимални должини, повеќекратни должини кои се условени од производната програма, во должини кои одговараат на техничко-технолошките карактеристики на опремата (работна должина на фурнирскиот нож или лупилката) или пак во должински групи.

Во фазата на кретење, трупците кои се доставени од шума во разни должини, се кратат на должина која е условена од производната програма. Операцијата кретење може да се изврши со:

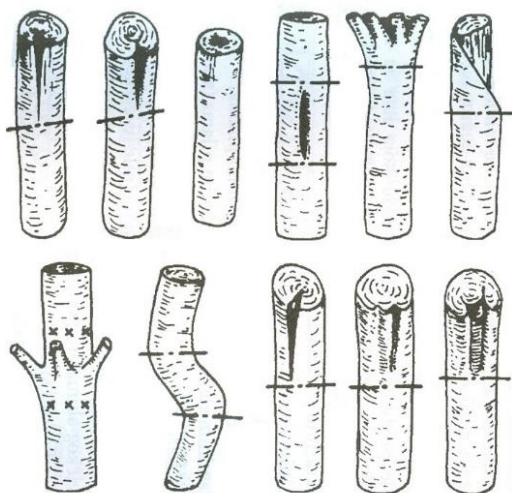
- рачни моторни синџирести пили;
- рачни електромоторни синџирести пили;
- подвижни електромоторни пили;
- стабилни електромоторни пили (станица за кретење);
- стабилни кружни пили (кратилки);
- стабилни пили со рамен лист (пили лисичарки).

Изборот на машината за кретење зависи од физичкиот обем на производството, специфичноста на суровината и концептот на поставената технологија.

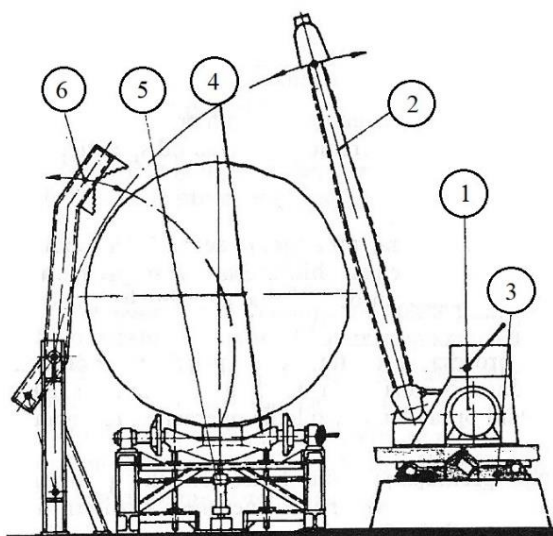
При кретење на суровина со дијаметри од 25 до 40 cm (бреза, бор, бука) со голем број на прережувања на трупецот се користат кружни пили кратилки.

Во современото производство, за прережување на трупци со дијаметри над 40 cm се користат стабилни електромоторни пили - станици за кретење (сл. 10). Манипулацијата на трупецот пред кретењето треба да обезбеди соодветен увид во карактеристиките на трупецот и кретењето да се врши прво на страната со поголем дијаметар.

Со кретењето на трупците се дефинира определена, зададена должина на трупецот со толеранција од $\pm 1 \div 2$ cm, при што мора да се обезбеди вертикален и рамен рез во однос на оската на трупецот. Истовремено се врши и отстранување на грешките што влијаат на квалитетот и на текот на производството (жилиштето на буковината со испреплетени, всукани и упредени влакна, гнилеж, прстенест распоред на грешки, кривини во две рамнини и сл.) (сл. 9). Кретењето на трупците обезбедува вклопување на одредени делови на трупецот во основната и дополнителната производна програма, како и максимално искористување на суровината во квантитативен и квалитативен поглед.



Слика 9. Кретење на трупците за отстранување на грешките [105]



Слика 10. Станица за кретење на трупци [105]

1-погонски агрегат; 2-лист на пилата; 3-водилка на листот на пилата;
4-ребрести конични валјаци; 5-уред за подигање на трупецот; 6-уред за прицврстување на трупецот

Со оглед на редоследот во технолошкиот систем, операцијата кретење може да се изврши пред или по хидротермичката подготовка, што зависи од специфичноста на дрвниот вид.

Во производството на букови лупени фурнири, кретењето најчесто се врши по хидротермичката подготовка. Кретењето пред хидротермичката подготовка има одредени предности, но е можно под услов да се обезбедени оптимални услови за водење на хидротермичката подготовка. При водење на процесот на хидротермичката подготовка со помош на компјутеризиран систем, економско-технолошки е оправдано изведување на операцијата на кретење пред хидротермичката подготовка. Основната предност на операцијата на кретење пред хидротермичката подготовка се огледува во поекономичното користење на топлинската енергија, во квалитетното изведување на хидротермичката подготовка (еднолична боја и температура) и подоброто користење на објектите за хидротермичка подготовка.

При преработка на тополата, брезата, борот, елата, аришот и тропските видови, кретењето се врши најчесто пред хидротермичката подготовка.

Во производството на сечен фурнир, кретењето се врши пред призирањето и пред хидротермичката подготовка, што значително влијае на квалитетот и на економичноста.

Грешки кои се јавуваат при кретењето на трупците се: неправилна должина и невертикалност на челата во однос на оската на трупецот.

Производноста на машините за кретење на трупците се пресметува според следната формула:

$$E = \frac{T \times k \times k_1}{t} \times q \text{ (m}^3\text{/смена)},$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- q - просечна зафатнина на необработен трупец (m^3);
- t - време потребно за кретење на еден просечен трупец (min).

$$t = t_1 \times n + t_2 + t_3 \text{ (min)},$$

каде што:

- t_1 - просечно времетраење на еден прорез (min);
- n - просечен број на прорези;
- t_2 - времетраење на означување на трупецот (min);
- t_3 - времетраење на поместот на трупецот (min).

При кретење на трупците надмерот во однос на должината на лупење се движи од 3 до 5 cm. Во производството на сечен фурнир надмерот за кретење е непотребен.

2.5.2. Окорување на трупците

Отстранувањето на кората (окорување) на трупците наменети за производство на фурнир може да се врши пред или по хидротермичката обработка. Окорувањето пред хидротермичката обработка води до намалување на времето потребно за хидротермичка подготовка, но од друга страна, отстранувањето на кората на хидротермички необработени трупци се одвива потешко.

Операцијата на окорување и чистење на трупецот опфаќа отстранување на кората, ликото и другите туѓи тела. Пред окорувањето, со посебен детектор се открива и се обележува евентуалното присуство на метални остатоци во трупецот. Операцијата на

окорување на трупецот се врши за заштита на алатот од оштетувања што резултираат со гребнатини и други оштетувања на фурнирот.

Окорувањето може да се врши рачно, полумашински и машински, при што во современата технологија, рачното отстранување на кората не се применува.

Кај полумашинското окорување, непосредното делување на човекот се олеснува и забрзува со примена на разни алати (еластична осовина со држач со нож, двокрака рамка со прицврстен закривен нож, отстранување на кората со помош на глава со вградени ножеви кои вршат кружно движење).

Механизираното окорување може да се врши на машини за лупен фурнир или пак на специјализирани машини за отстранување на кората.

Основните тешкотии кај машинското окорување произлегуваат од следното: нееднолична форма на трупецот, голем распон во дијаметрите и должината, пад на дијаметарот, отстапување од цилиндричната форма, присуство на грешки во структурата, можност за губење на највредниот дел од дрвото - беловината кај некои дрвни видови, замрзнување и формирање на ледена покривка во зимскиот период.

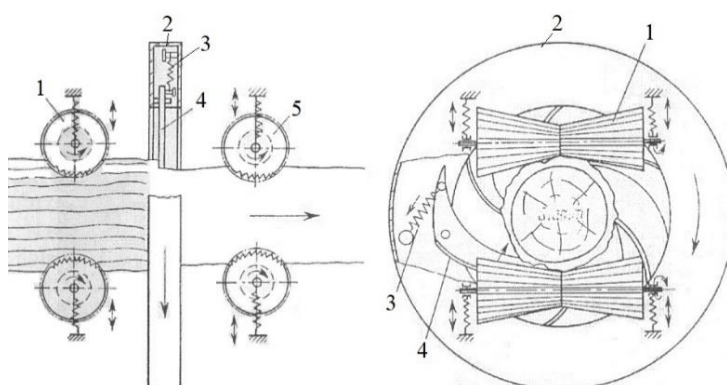
Уредите за машинско окорување треба да обезбедат окорување на трупци со широк распон на дијаметарот (од 0,2 до 2 m), со пад на дијаметарот и различна форма, без посебно сортирање на трупците, застој и приспособување на уредот во зависност од специфичноста на трупецот. Тие треба да овозможат потполно отстранување на кората и ликото, без посегање по вредниот дел, при што ќе се обезбеди мазна и чиста површина, отстранување на глуждовите, гранките и останатите некорисни делови на трупецот, кои ја намалуваат рамноста и цилиндричноста.

Од аспект на начинот на отстранување на кората, машините за окорување може да се поделат на:

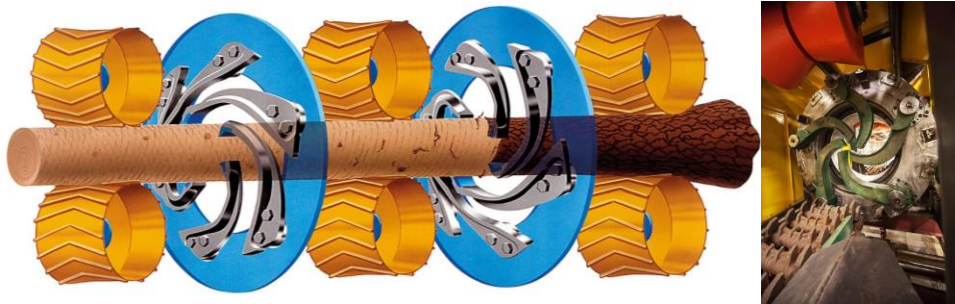
- машини кои користат нож како алат;
- механичко триење;
- делување на водни млазеви под висок притисок.

Во современото производство на фурнир во европски услови се користат машини за окорување, главно, на принцип на користење на нож како алат. За окорување на трупци со должина од 3 до 7 m, со помали дијаметри (од 0,2 до 0,4 m), со рамна и цилиндрична форма (бреза, иглолисни видови) со успех се користат проточни окорувачи на принцип на ротирачки обрач (сл. 11 и 12).

Трупецот поминува низ роторот со вградени српести ножеви, кои се вртат околу него. Пред поминување низ роторот со алатите (2), трупецот поминува помеѓу ребрести конусни валјаци (1), кои со поместување во вертикална рамнина се прилагодуваат на дијаметарот на трупецот, диктирајќи ја истовремено позицијата на обрачот што ротира околу трупецот и положбата на српесто и фокусно распоредените ножеви (4). Овој тип на машина за окорување нема можност за отстранување на испакнатини, гранки и перца. Површината на окорениот трупец не е потполно чиста од кора и испакнатини.



Слика 11. Уред за машинско окорување на трупец со фокусно распоредени српести ножеви [105]



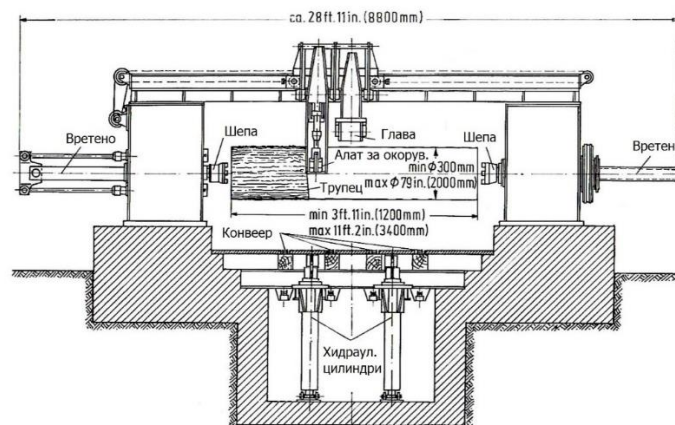
Слика 12. Уред за машинско окорување на трупец со фокусно распоредени српести ножеви [46] и [31]



Слика 13. Уред за машинско окорување на трупец со нож како алат за окорување [51]

Во производството на лупен фурнир, операцијата на окорување и чистење се извршува и на специјални машини за лупење, кои покрај супортот, кој ја извршува функцијата во процесот на лупење, имаат и вграден посебен супорт со нож за окорување. Супортот со вграден нож за окорување е лоциран под вретеното на машината за лупење. За време на вртењето на трупецот, супортот со ножот за окорување се движи од долу кон горе, вршејќи окорување на трупецот што ротира базиран меѓу вретената. По завршеното окорување, супортот со ножот се спушта, а процесот на лупење започнува.

Окорување на трупците може да се врши и на посебна машина (сл. 14) која содржи алат за окорување - кинење на кората и глава за чистење на површината на трупецот. На овие машини може да се окоруваат трупци од сите дрвни видови, како и трупци кои имаат неправилна форма. Трупецот е базиран помеѓу две вретена со шепи што вршат аксијално и ротационо движење. За време на ротационото движење на трупецот, на издигнати водилки над трупецот се движи супорт со вграден алат за окорување и вградена глава за чистење на површината на трупецот. Со движењето на главите по должината на трупецот се врши отстранување на кората и чистење на површината. Испораката на трупецот во зоната на клештите се врши со помош на напречен транспортер, а подигнувањето на трупецот во висина на шепите за прицврстување се врши со помош на хидраулични цилиндри.



Слика 14. Машина за окорување на трупци [89]

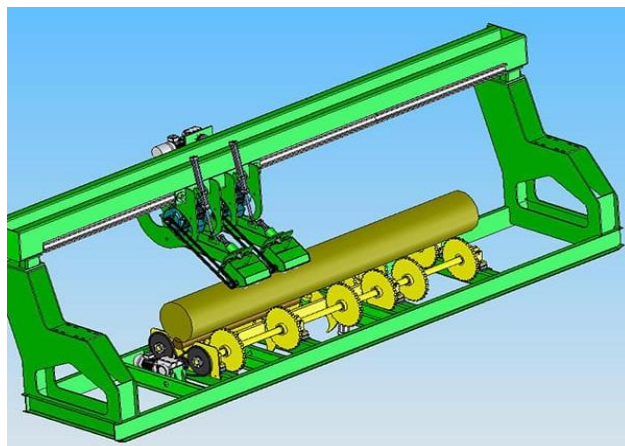
Во современата технологија, во зависност од специфичноста на дрвото, физичкиот обем на производство и просторната диспозиција, се користат различно конципирани технолошки линии:

- линии со подвижен супорт и глава (сл. 15 и 16);
- линии со неподвижен супорт, а подвижни колички за вртење на трупецот.

Овој тип на машина за окорување е посебно погоден за окорување на буковите трупци и овозможува чисто отстранување на кората, гранките и глуждовите. Самиот процес на окорување може да се врши пред кратењето и по кратењето на трупецот, односно пред и по хидротермичката подготовка. Од аспект на економичноста и ефикасноста, оправдано е окорување на трупците пред хидротермичката подготовка (заштеда на топлинска енергија преку пократок циклус на хидротермичка обработка, едноличност на температурата и бојата, одржување на чистотата на топлиите базени).



Слика 15. Линија за окорување со подвижен супорт [63]



Слика 16. Линија за окорување со подвижен супорт со две глави [76]

Производноста на уредите за окорување (E) се пресметува според формулата:

$$E = \frac{T \times k \times k_1}{t} \times q \text{ (m}^3\text{/смена),}$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- k - коефициент на искористувње на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- q - просечна зафатнина на трупецот (m³);
- t - времетраење на циклусот на окорување (min).

Бројот на потребни машини за окорување се пресметува според формулата:

$$N = \frac{M}{E \times n \times s} \text{ (бр. на маш.),}$$

каде што:

- N - број на потребни машини за окорување;
- M - вкупно количество на обловина која треба да се окори во текот на годината (m^3);
- E - капацитет (производност) изразена во една смена (m^3);
- n - број на работни денови во годината;
- s - број на смени во текот на работниот ден.

2.5.3. Надолжно разбичување на трупците

Во производството на сечен фурнир, механичката подготовка на суровината опфаќа и операција на надолжно разбичување на трупците за изработка на фличеве. Основната цел на должинското разбичување на трупците (призмирањето), наменети за изработка на сечен фурнир се состои од:

- обезбедување на рамна површина на фличот заради сигурно базирање на работната маса на машината за изработка на фурнир;
- производство на фурнир со специфична текстура којашто е карактеристична за одделни рамнини на сечење и дрвен вид;
- изработка на фурнир во минимална широчина, зависно од рамнината на сечење;
- максимално искористување на суровината, што се остварува со постепено „отворање“ на трупците;
- рационално користење на топлинската енергија во процесот на хидротермичка подготовка.

Призмирањето се врши на хоризонтални гатери (кај мал физички обем на производство), лентовидни пили трупчарки (кај голем распон на дијаметарот на трупецот од 40 до 200 cm), специјални кружни пили (трупци со дијаметар до 100 cm) и специјални синцирести пили (трупци со големи дијаметри, тропски видови со дијаметар до 200 cm).

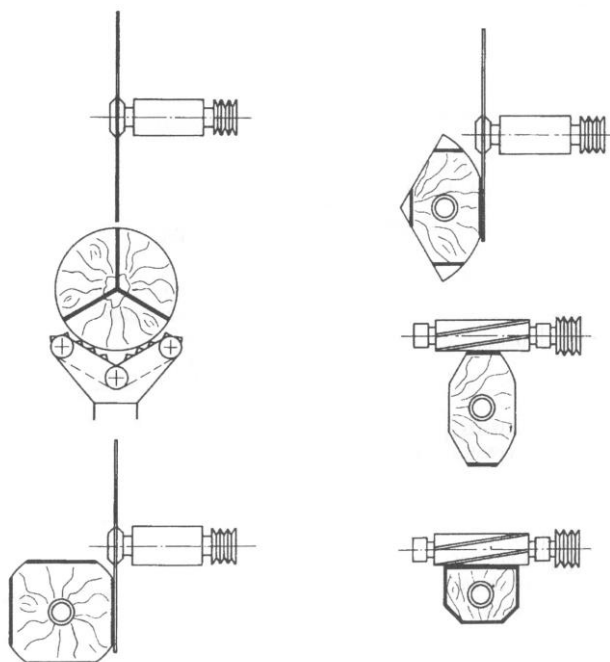
Во современата технологија на производство на сечен фурнир, призмирањето се врши со лентовидни пили трупчарки (сл. 17) и посебни кружни пили (сл. 18).



Слика 17. Лентовидна пила за надолжно разбичување [65]

Уредот со специјална кружна пила има лист на пилата со дијаметар од 1 500 mm, која врши комбинирано движење во вертикална рамнина при позиционирањето на положбата на пилата во однос на челото на трупецот и праволиниско движење по должина на трупецот што се обработува. Хидрауличните виљушки се движат во вертикална рамнина и истите се користат при разбичување на трупецот на третини и при базирање на трупецот помеѓу вретената. Уредот е снабден и со вретена за базирање на трупците и вртење, како и со глава со ножеви за површинска механичка обработка, односно рамнење на фличот. Обработката на базните површини со овие машини обезбедува сигурно прицврстување на фличот за работната маса, што позитивно влијае на финоста на сечењето, едноличноста на дебелината и искористувањето на суровината.

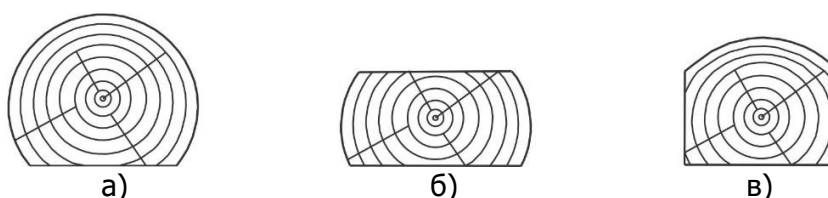
Начинот на механичката подготовка со надолжно разбичување зависи од дијаметарот на трупецот, специфичноста на дрвниот вид и рамнината на сечење на фурнирскиот нож.



Слика 18. Уред со специјална кружна пила за надолжно разбичување и глава со ножеви за рамнење на фличот [105]

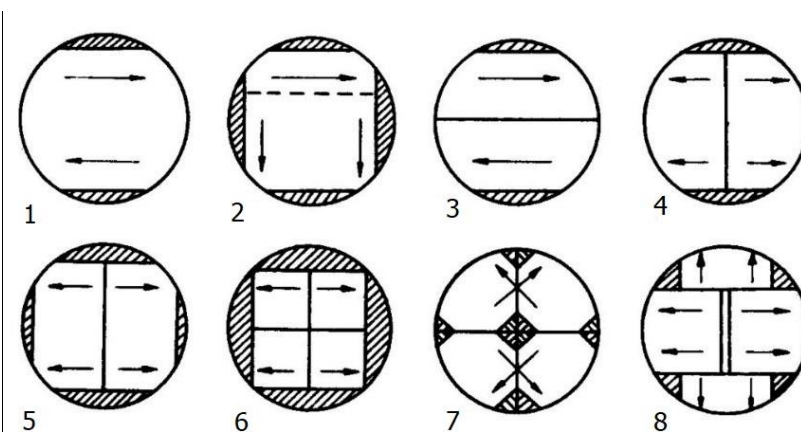
Согласно со стандардот МКС Д.Ц5.041/III-72 е усвоен терминот за формата на механички подготвен трупец за преработка на сечен фурнир (сл. 19).

Постојат различни шеми на разбичување на трупците за изработка на фличеве за сечен фурнир во зависност од дијаметарот на трупецот и потребната рамнина на сечење за добивање на соодветна текстура на фурнирот (сл. 20).



Слика 19. Форми на механички подготвен трупец

а-флич (едностранна обработка); б-плансон (двострана обработка); в-тристран ванчез



Слика 20. Шеми на надолжно разбичување на трупци во зависност од нивниот дијаметар [140]

Првиот начин на призирање се применува за разбичување на трупци со мал дијаметар, до 35 см. Од двете страни се отстрануваат капаците со што се формира базна површина за фиксирање на фличот на работната маса на машината за сечен фурнир. Сечењето на фурнирот се одвива последователно од двете страни, со што во средината останува централна штица која го опфаќа срцето на трупецот. Фурнирските листови кои се добиени на овој начин имаат тангенцијална текстура.

Вториот начин на призирање е поефективен и се препорачува за дијаметар на трупец до 40 см. Тоа е т.н. тристрано призирање со кое се добива поголемо искористување и повисок квалитет на фурнирот. Фурнирот прво се сече од едната страна до околу 1/3 од дебелината на призмата, а потоа призмата се врти за 90°. Сечењето, потоа, продолжува од другите две страни, така што остатокот го опфаќа централниот дел од срцето кој има најмала вредност. При овој начин на сечење, фурнирот има најпрво тангенцијална, а потоа полурадијална и радијална текстура. На работната маса од фурнирскиот нож можат да се постават повеќе фlicheви заедно, прицврстени еден до друг во иста рамнина.

Третиот начин на разбичување се применува кај трупци со дијаметар од 40 до 50 см. Трупецот се разбичува на две половини од кои поединечно се сече фурнир. Притоа се јавуваат две штици - остаток, со што се јавува помало искористување на суровината. Добиениот фурнир има тангенцијална текстура.

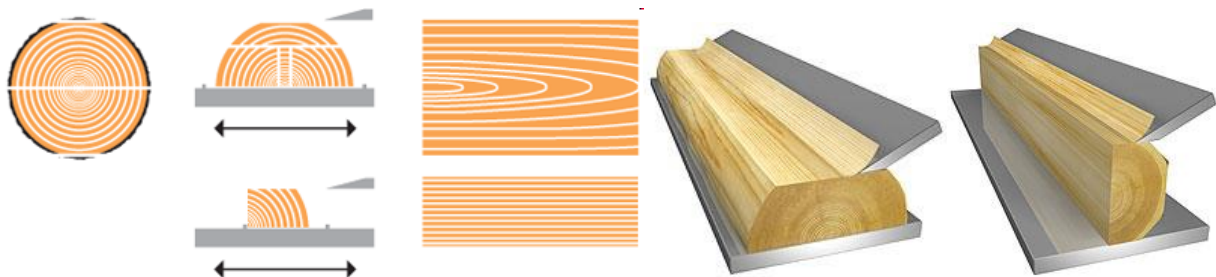
Четвртиот начин на призирање се препорачува за трупци со дијаметар од 50 до 60 см, но и поголеми. Оваа форма на разбичување претставува тристран ванчез. Фурнирот кој се добива од оваа форма има различна текстура, која на почетокот на сечењето е тангенцијална, а потоа полурадијална и радијална.

Со петтиот начин на призирање се добива форма на четиристран ванчез кој е наменет за трупци со дијаметар од 60 до 80 см. Прво се отстранува кората на трупецот, а потоа тој се дели на два дела. Со сечење на одделните ванчези се добиваат фурнири кои најпрво имаат тангенцијална текстура, потоа полурадијална и понатаму чисто радијална текстура. Оваа форма дава помало искористување на дрвната маса во однос на тристранниот ванчез.

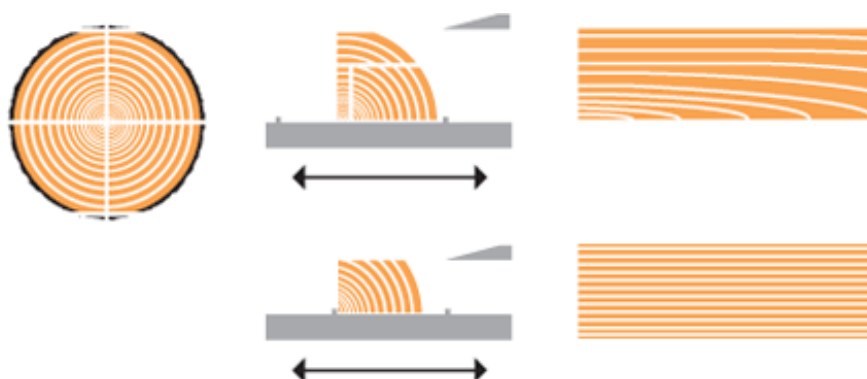
Шестиот начин на призирање овозможува сечење на фурнир со полурадијална и радијална текстура. Овој начин се применува за трупци со дијаметар над 60 см, од кои се добиваат четири греди. Поради симнување на грубите окорци, искористувањето на суровината при овој начин на разбичување е намалено.

Седмиот начин на разбичување се користи за дрвни видови кои имаат изразени срцевински зраци со максимално искористување на радијалниот рез. Овој секторски начин на подготовка на трупците е наменет за трупци со дијаметар над 60 см. Најмногу се применува кај дабот за добивање на блескави фурнири, кои се многу ценети на пазарот.

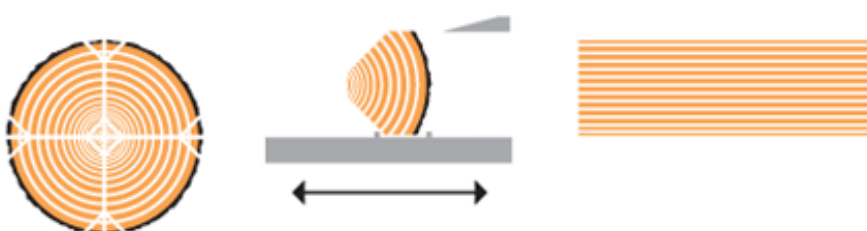
Осмиот начин на призирање е наменет за трупци со дијаметар над 70 см. Со овој начин на разбичување на трупецот се добиваат четири форми на ванчез, каде со потенка штица се опфаќа срцето. Фурнирот кој се добива од оваа форма има полурадијална и радијална текстура. Ваквата подготовка бара поголемо внимание.



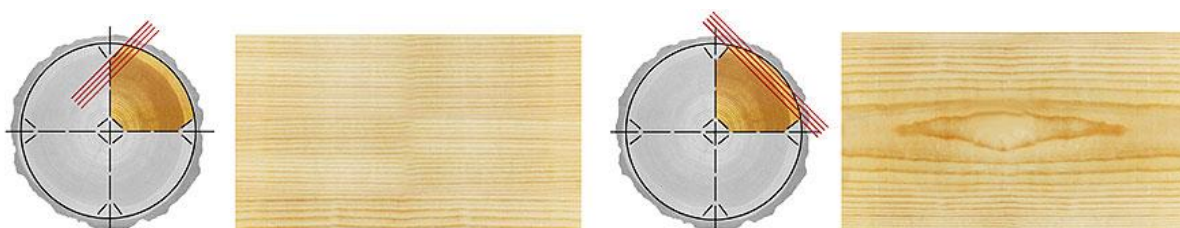
Слика 21. Разбичување на трупецот на две половини за добивање на тангенцијални и радијални фурнири [45]



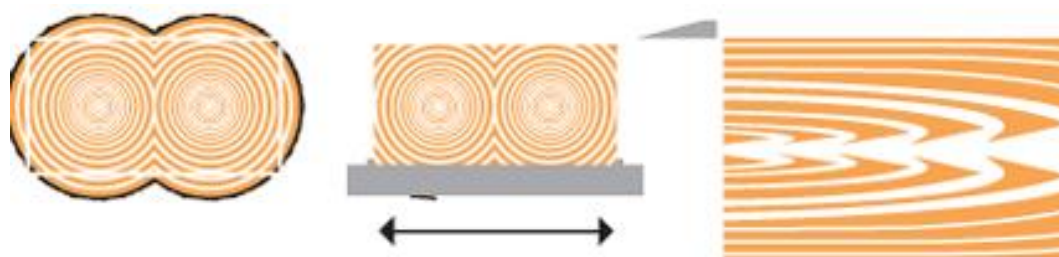
Слика 22. Разбичување на трупецот на четвртини за добивање на полурадијални и радијални фурнири [60, 73]



Слика 23. Разбичување на трупецот на сегментни форми за добивање на радијални фурнири [60, 73]



Слика 24. Разбичување на трупецот на сегментни форми за добивање на радијални и тангенцијални фурнири [60 и 73]



Слика 25. Изработка на специфична текстура на фурнир од сраснати стебла [60 и 73]

Загубите на суровина во операцијата на механичка подготовка со надолжно разбичување, зависно од дрвниот вид, се движат во граници од 14 % кај буката до 37,3 % кај дабот (таб. 5).

Табела 5. Загуби на суровина при механичка подготовка со надолжно разбичување [105]

Дрвен вид	Даб	Јасен	Ела	Бор	Касипо	Орев	Бука
Загуби (%)	37,3	18,5	29	28	21	17,9	14

Во табела 6 е прикажано влијанието на начинот на обработка на фличот, искористувањето на суровината и процентуалното учество на радијални, полурадијални и тангенцијални текстури на фурнир.

Табела 6. Влијание на начинот на обработка на фличот, искористување на суровината и процентуално учество на радијални, полурадијални и тангенцијални фурнири [105]

Дијаметар (cm)	Начин на разбичување	Искористување на трупецот (%)	Радијална текстура (%)	Полу-радијална текстура (%)	Тангенцијална текстура (%)
36÷40	тапорабна греда	31,3	23,7	6,5	1,1
42÷50	тапорабна половина	40,9	30,9	6,8	3,2
52÷60	флич со сечење на централна талпа	37,4	35,4	1	0,8
62 и повеќе	со четири флича и тенка штица	42,5	41,4	1	-

Производноста на машините за изработка на фличеве (E) се пресметува според следната формула:

$$E = \frac{T \times k \times k_1}{t} \times q \text{ (m}^3\text{/смена)},$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k₁ - коефициент на искористување на машинското време;
- q - просечна зафатнина на еден трупец (m³);
- t - време потребно за обработка на еден трупец (min).

Потребниот број на работни машини за разбичување на трупците (N) се пресметува по формулата:

$$N = \frac{M}{E \times n} \times k_1 \text{ (бр.)},$$

додека количеството преработени трупци во текот на работниот ден се пресметува според формулата:

$$M = \frac{\sum M}{b} \text{ (m}^3\text{)},$$

каде што:

- M - количество на преработени трупци во текот на работниот ден (m³);
- E - производност на машината (m³/смена);
- k₁ - коефициент на сигурност кој изнесува 1,2;
- n - број на смени во денот;
- b - број на работни денови во годината.

2.6. ХИДРОТЕРМИЧКА ПОДГОТОВКА НА СУРОВИНАТА

Изработката на фурнири со еднаква дебелина, соодветна мазност и цврстина, бара соодветна хидротермичка подготовка на дрвото пред извршување на фазата на сечење. Хидротермичката подготовка овозможува омекнување на дрвото, односно зголемување на пластичноста и содржината на влага, што се постигнува со третирање на суровината со варење, парење, загревање со топли гасови или со електрична енергија.

Пластичноста на дрвото зависи од повеќе фактори, односно од порозноста на дрвото, анатомската градба, влажноста и температурата на дрвото. Поголемата порозност на дрвото, доведува до негова поголема пластичност. Младото дрво е попорозно, а беловината е попластична од срцевината. Со зголемување на влажноста и температурата на дрвото се зголемуваат неговите пластични својства.

Во процесот на хидротермичка подготовка, суровината наменета за производство на фурнир доаѓа во контакт со заситена водна пара при парењето на трупците, со топла вода кај варењето на трупците, односно со соодветен носител на топлинска енергија во зависност од начинот на загревање на трупците. За време на овој контакт дрвото има пониска температура, така што помеѓу дрвото и парата или загреаната вода доаѓа до размена на топлина. Брзината на промена и распределбата на температурата зависат од температурата на парата или на топлата вода, спроводливоста на топлина на дрвото, специфичната топлина на дрвото и неговата зафатнинска маса. Суровото дрво има поголем коефициент на спроводливост на топлина, при што најдобри резултати при лупењето на фурнирот се постигнуваат со трупци коишто пред хидротермичката подготовка се наоѓале во сурова состојба (две недели по сечењето) или кои навремено се конзервирани со потопување во вода, со прскање или со премачкување. Текот на температурните промени зависи од температурната спроводливост на дрвото (a), која се пресметува според формулата:

$$a = \frac{\lambda}{c \times \gamma},$$

каде што:

- λ - коефициент на спроводливост на топлина (W/mK);
- c - специфична топлина на дрвото (kJ/kgK);
- γ - зафатнинска маса на дрвото (g/cm³).

Температурата на парата во процесот на хидротермичката обработка изнесува максимално од 100 °C до 120 °C. На поголеми температури, доаѓа до хемиско разградување на дрвото, особено при подолго траење на процесот.

Во процесот на парење од дрвото се екстрахираат дрвните полиози, при што се создаваат моносахариди (пентози и хексози) и нискомолекуларни органски киселини (мравја, оцетна и др.). Под влијание на високи температури, во присуство на вода, во дрвото се одвиваат хемиски промени на лесно хидролизираниите состојки на дрвото, под влијание на настанатите органски киселини што делуваат како катализатори, што резултира со промени во еластичноста, хигроскопноста и намалување на јакостите на дрвото.

Процесот на хидротермичка подготовка се одвива во три фази:

- загревање;
- парење или варење;
- изедначување на температурата.

Првата фаза го опфаќа времето од почетокот на парењето и трае сè додека дрвото не ја постигне температурата на површината. Фазата на загревање зависи од почетната температура, дијаметарот на трупецот, надворешните услови, и трае од 3 до 6 часа, со цел постепено да се постигне посакуваната температура. Температурата на загревање кај поблагите режими изнесува од 30 до 50 °C, а кај поострите и во зимскиот период од 70 до 90 °C. Во првата фаза не доаѓа до промена на бојата на дрвото.

Во зависност од климатските услови, годишната доба, дрвниот вид, дијаметарот на трупецот, температурата на парата и подрачјето на примена на фурнирот, фазата на парење или варење трае најдолго.

Фазата на изедначување на температурата трае од моментот на исклучување на топлинската енергија до отворањето на базенот, што мора да се одвива постепено заради избегнување појава на пукнатини на трупците.

Во процесот на хидротермичка обработка на суровината којашто е наменета за производство на фурнир, се случуваат промени на влажноста, јакоста, пластичноста и бојата кај некои видови, што директно влијае на текот на производството на фурнирот.

Со процесот на хидротермичка обработка, се намалува јакоста на притисок на дрвото.

Содржина на вода

Содржината на вода во дрвото се менува со процесот на хидротермичката обработка. Дрвото коешто на почетокот на парењето има содржина на вода поголема од точката на заситеност, со парењето губи дел од водата, додека суровината со пониска содржина на вода од точката на заситеност ја зголемува содржината на вода во текот на процесот на парење.

Количеството на вода во дрвото влијае на режимот на сушење на фурнирот, при што режимите на сушење на фурнирот што е произведен од обловина што е парена или варена, значително се разликуваат. Времето на сушење на фурнирот што е произведен од варена обловина трае подолго од времето на сушење на фурнирот произведен од обловина што е претходно парена.

Според испитувањата на В. Г. Захржевски, кои ги изнесува Мешиќ [105], дрвото губи повеќе вода во текот на хидротермичката обработка ако притисокот на парата е поголем, а тие загуби траат сè додека не се постигне рамнотежа. При парењето на атмосферски притисок, содржината на вода во дрвото, според Захржевски, изнесува од 45 до 55 %.

Со варењето на обловината, содржината на вода се зголемува над точката на заситеност и надминува 100 %.

Пластичност на дрвото

При топлинската обработка на дрвото доаѓа до омекнување на лигнинот, со што се намалува отпорот при продирање на сечилото во дрвото и се зголемуваат неговите пластични својства. Пластичноста, како механичко својство на дрвото, специфично за секој дрвен вид, во сурова состојба не е висока и зависи од порозноста, влажноста, зафатнинската маса и температурата на дрвото, односно при деформациите, цврстите влакна од либроформот можат да се лоцираат во соседните порозни простори без деструкција. Колку е помало внатрешното триење кај деформацијата, толку е поголема пластичноста. Во спротивен случај, колку е поголемо триењето, толку е помала пластичноста, а еластичноста е поголема. Намалувањето на внатрешното триење се постигнува со зголемување на температурата и влагата на дрвото.

Според испитувањата на Е. Г. Кротов [96], со потопување на просушен трупец во студена вода, дрвото прима помало количество вода, од 2 до 3 % во текот на 2 до 4 часа и тоа нееднолично распоредено, почнувајќи од челото на трупецот. Со оглед на тоа, зголемувањето на влажноста во дрвото со потопување, со цел да се зголеми пластичноста, е неекономично и ограничено само на некои дрвни видови, како што се: тополата, брезата и јаворот.

Промена на бојата

При хидротермичка обработка на буката при ниски притисоци, настанува промена на бојата како последица на растворање на хидролизирани и кондензирани танини. Некои автори [105] сметаат дека во претхидролизатот на буката при низок притисок доаѓа до екстракција на кондензирани танини (пирокателински танини) кои го бојат дрвото.

При поголем притисок во хидролизатот настануваат и фенолни супстанции со многу сложен состав. На почетокот на парењето, буката добива розикава боја и во понатамошниот тек на парење поминува во црвена и кафеаво-црвена боја на тула.

При иста температура, доколку процесот на парење е подолг, дотолку е поинтензивна промената на бојата и парењето трае сè додека не се постигне бараната боја. На добивањето боја влијаат: температурата, траењето на процесот, почетната содржина на влага и квалитетот на трупецот. Промената на бојата почнува кога релативната влага на воздухот се приближува кон 100 %, а температурата е околу 100 °C.

Хроматографските испитувања на кондензатот што настанува за време на парењето на дрвото, покажуваат дека за време на хидротермичката обработка, пектините и некои делови од лингинот преминуваат во водорастворливи материји. Со растворањето и размекнувањето на овие лепливи супстанции, се омекнува поврзаноста на структурата на дрвото, односно се зголемува пластичноста, што овозможува квалитетен тек на процесот на лупење на фурнирот.

При продирање на ножот во дрвото, на внатрешната страна на фурнирот, која е свртена кон ножот, делува сила на истегнување, а на надворешната страна, сила на свиткување и притисок. Од трупецот што се лупи, одвоениот фурнир настојува да се врати во својата првобитна положба, односно положбата што ја заземал во трупецот. Под влијание на наведените сили и појавувањето на својствата на еластичност, од внатрешната страна на фурнирот се појавуваат пукнатини. Пукнатините се поголеми доколку е помал дијаметарот на трупецот што се лупи, дебелината на фурнирот е поголема, пластичноста на дрвото помала и доколку хидротермичката подготовка е недоволна.

При лупење на трупците кои се хидротермички необработени или недоволно обработени, произведениот фурнир е лушпест, крт, се витка во ролна, што ја отежнува манипулацијата, потрошувачката на енергија е поголема, а оптоварувањето на ножот и машината е големо.

Односот помеѓу висината на температурата и времетраењето на хидротермичката обработка, како основни фактори на овој процес, зависи од дрвниот вид и од дијаметарот на трупецот. Превисоките температури и прекумерното третирање на дрвото, доведуваат до прекумерно омекнување на влакната, поради што произведениот фурнир има нееднолична боја и неточна дебелина, рапав рез, растресит е и со незадоволителна цврстина. Кртоста на фурнирот, лушпестата форма и свиткувањето во ролна се карактеристични последици на хидротермичка подготовка со ниски температури и кратко траење.

Оптималната температура во слојот на дрвото до кој се допира при лупењето (рест-ролна) или сечењето на фурнирот (штица остаток) зависи од дрвниот вид: топола од 20 до 30 °C; бреза од 30 до 40 °C; бука од 40 до 50 °C; бор од 50 до 70 °C; даб од 55 до 60 °C; орев од 75 до 80 °C.

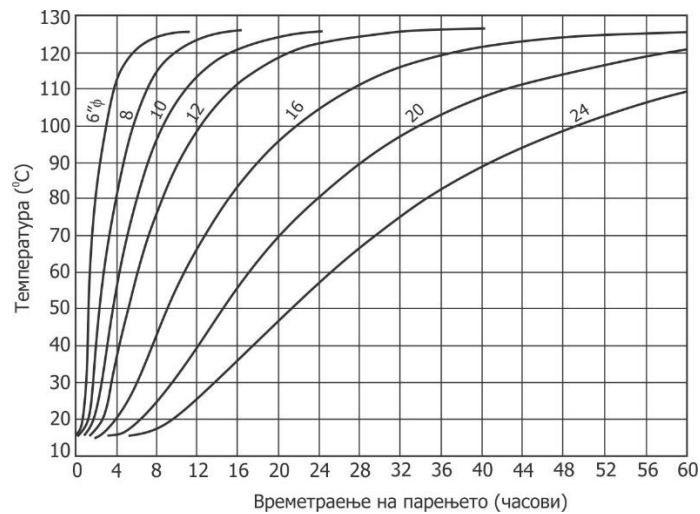
Овие температури овозможуваат доволна пластичност на дрвото.

При хидротермичката подготовка на суровината важно е да се познава должината на времето потребно за загревање на дрвото до определена температура, за да се постигне потребната температура на површината на остатокот од лупењето или од сечењето. Регулирањето на хидротермичката подготовка најчесто се врши според режимите што се засновани на лабораториски истражувања и се потврдени во производството. Текот на продирањето на температурата за време на парењето може да се види во дијаграмот на Мек Ленен (сл. 26) прикажан од страна на Мешик [105].

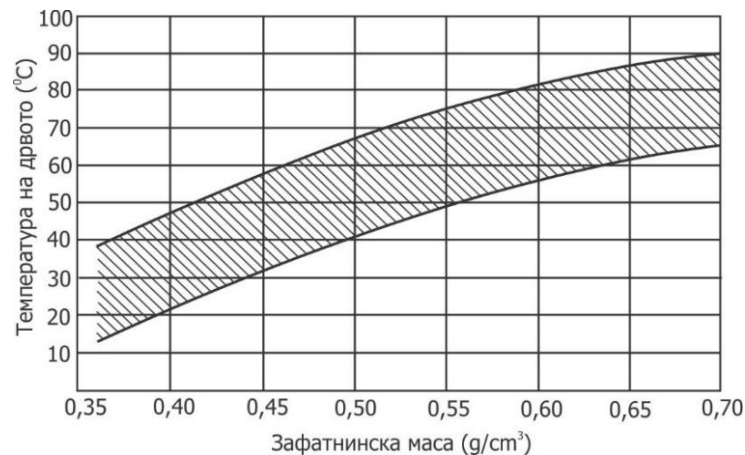
Испитувањата што ги вршел Морат [105], докажале дека температурата на парење расте со зголемување на зафатнинската маса на сувото дрво (сл. 27). На овој графикон (сл. 27) се прикажани најповолните температури на трупците и фличевите во зависност од зафатнинската маса.

Ако за време на парењето на суровината се применат пониски температури под шрафираното подрачје во дијаграмот, режимот на хидротермичка обработка нема да одговара, така што сечениот, односно лупениот фурнир ќе биде крт и кршлив. Со примена на температури над шрафираното подрачје, произведениот фурнир ќе покаже нееднаква дебелина, рапавост и недоволна цврстина.

На дијаграмот според Х. О. Флајшер [89] (сл. 28), прикажана е зависноста на времетраењето на парењето од дијаметарот на трупецот и зафатнинската маса на дрвото. Од дијаграмот се гледа дека времето на парење расте со зголемување на дијаметарот на трупецот и зафатнинската маса на дрвото, така што кај трупците со помал дијаметар траењето на парењето е значително пократко.



Слика 26. Тек на температурата во внатрешноста на трупецот од бор при парење на температура од 16 до 127 °C [105]



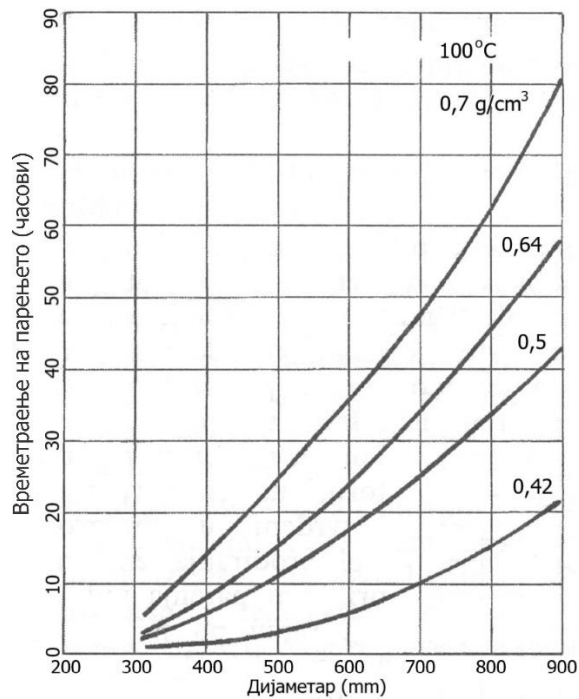
Слика 27. Најповолни температури на трупците и фличевите во зависност од зафатнинската маса [105]

Со цел да се обезбеди еднолична и квалитетна хидротермичка обработка, како и економичност при трошењето на топлинска енергија, неопходно е сортирање на трупците по одредени класи на складот за трупци, односно при полнење на топлиите базени, во истите да се ставаат трупци со приближна должина и приближно ист дијаметар.

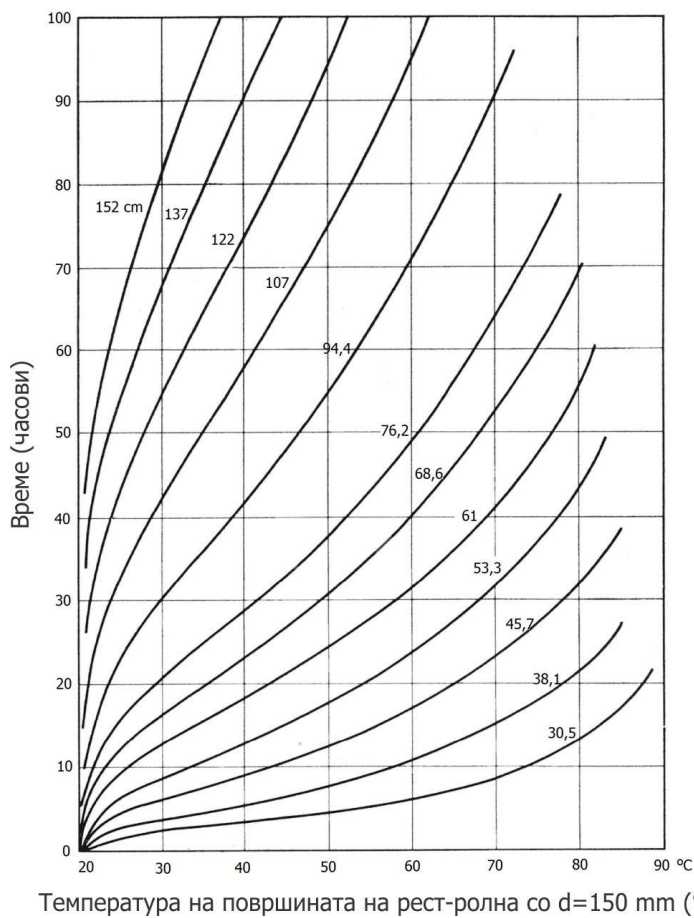
Важен фактор на парењето е времето што е потребно при определена температура и почетна влага на трупецот, да се постигне определена температура во подрачјето до кое ќе се врши лупењето, односно сечењето на фурнирот. Ова подрачје го претставуваат: минималната дебелина на остатокот од сечените фурнири и минималниот дијаметар на остатокот од лупењето. Во практика, со успех можат да се применат дијаграмите што ги изработил Х. О. Флајшер [89] (сл. 29 и 30).

Дијаграмот на сликата 29 го определува времето кое е потребно за да се постигне посакуваната температура на рест-ролна со дијаметар од 150 mm, при варење на трупец во вода, со номинална зафатнинска маса од 0,5 g/cm³ за различни дијаметри на трупецот. На пр., за дабов трупец со зафатнинска маса од 0,5 g/cm³ и дијаметар од 61 cm, потребно е загревање во вода во траење од 16 часа за да се постигне температура од 40 °C во подрачјето на рест-ролната со дијаметар од 150 mm, колку што е оптимално за обработка

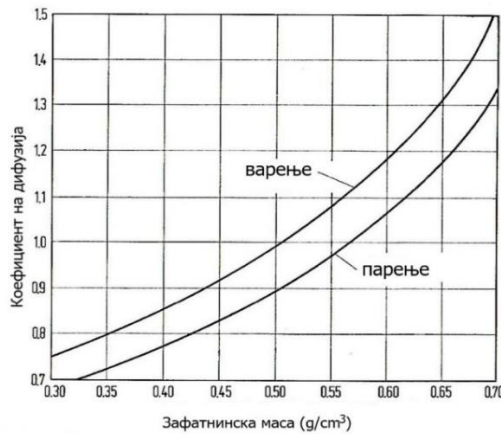
на дабот. За останатите дрвни видови, кои се обработуваат со парење или варење, може да се примени истиот дијаграм со корекциони фактори (сл. 30).



Слика 28. Влијание на дијаметарот и на зафатнинската маса на трупецот врз времетраењето на парењето [89]



Слика 29. Време на постигнување на сакана температура на рест-ролна со дијаметар од 150 mm (според Флајшер) [89]



Слика 30. Корекционен фактор за отстапување од зафатнинската маса и траењето на хидротермичката обработка (според Флајшер) [89]

Според податоците на обединетите производители на машини за производство на фурнир и фурнирски плочи на СР Германија, траењето на парењето на некои дрвни видови е дадено во табелата 7.

Табела 7. Времетраење на парењето по дрвни видови [105]

Дрвен вид	Траење на парењето (часови)
Бреза, евла	10÷12
Ела, смрча, бор	12÷15
Абахи	12÷15
Бука (парење без промена на бојата)	15÷30
Бука (парење со промена на бојата во зависност од нејзиниот интензитет)	65÷90
Окуме	30÷35
Даб	30÷40

Ориентациона оценка на траењето на хидротермичката подготовка може да се даде според методот на Г. Крилмаер [105, 108].

$$t_h = \frac{d}{2} \times \alpha \text{ (часови)},$$

каде што:

- t_h - траење на хидротермичката обработка (часови);
- d - дијаметар на трупецот (cm);
- α - коефициент во зависност од дрвниот вид (траење на парењето по 1 cm од дијаметарот), кој изнесува: за бука 1,1 час, за даб 1,0 час, за бор и смрча 0,9 часа, за бреза и евла 0,8 часа.

2.6.1. Базени за хидротермичка подготовка

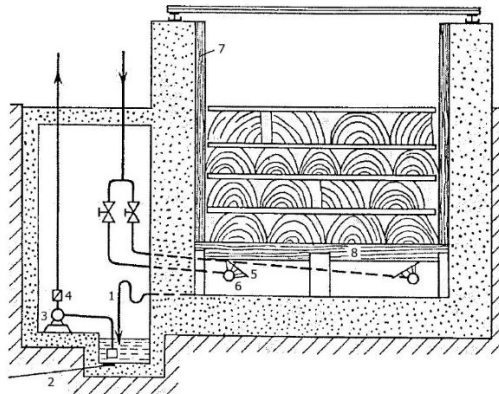
Хидротермичката подготовка на суровината се врши во парни јами, односно базени. Базените се изработуваат со должина од 8 до 10 m, ширина од 3 до 4 m и длабочина од 2,5 до 3 m. Висината на круната на базенот изнесува од 1 до 1,1 m.

Базените најчесто се изработуваат од армиран бетон со термичка изолација и хидроизолација на надворешната страна. Од внатрешната страна, сидовите се обложуваат со котелски лим, што најчесто се применува кај базените во кои се врши варење на фличевите. За заштеда на топлинска енергија, базените се лоцираат во линии, еден до друг. Во состав на базенот од надворешната страна се изработуваат шахти за сместување на инсталацијата и мерни инструменти.

Во современата технологија, процесот на хидротермичка подготовка е автоматизиран (отворање и затворање на вентилот, траење на процесот на загревање и изедначување на температурата) и овозможува заштита од челни и должински пукнатини кај дрвото, остварување на потребната боја и економичност на користењето на топлинската енергија.

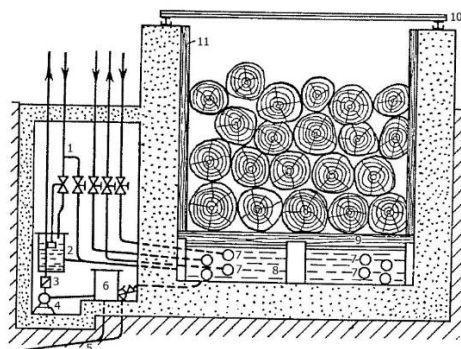
Процесот на хидротермичка подготовка може да се врши во базени:

- за директно парење на фличевите (сл. 31);
- за индиректно парење на трупците (сл. 32).



Слика 31. Базен за директно парење на фличевите [105]

1-одводен канал за кондензат; 2-одвод за кондензат; 3-повратен вентил; 4-пумпа за кондензат, 5-перфорирани цевки за довод на пара; 6-заштитна гредичка; 7-дрвена греда



Слика 32. Базен за индиректно парење на трупци [105]

1-доводни и одводни цевки за пара; 2-резервоар за вода со пловка; 3-повратен вентил; 4-пумпа за кондензат; 5-одвод на вода од базенот; 6-резервоар за кондензат; 7-цевки со пара потопени во вода; 8-вода; 9-дрвена греда; 10-поклопец за базенот; 11-заштитна гредичка

Истражувањата покажале дека интензитетот на температурни промени на дрвото не зависи од начинот на греење (индиректно или индиректно-директно), туку од температурата на греење на средината.

Интензитетот на температурните промени во дрвото е многу сличен лете и зиме. Без оглед на длабочината, може да се земе дека кај индиректниот начин на греење, интензитетот на промена изнесува $1,66\text{ }^{\circ}\text{C/h}$, а кај индиректно-директното $2,05\text{ }^{\circ}\text{C/h}$.

Разликата во интензитетот на температурните промени во длабочина е последица на промената на коефициентот на спроводливост на топлина, температурата, влагата во дрвото, специфичната топлина и зафатнинската маса по длабочина. Во текот на ладењето на трупецот, во отворениот базен доаѓа до понатамошни температурни промени. Набљудувано по должина на трупецот, во пресеци: $A = 0,3\text{ m}$, $B = 1,35\text{ m}$ и $C = 2,4\text{ m}$ од челото на трупецот во длабочини од 5 cm , 10 cm , 15 cm , 20 cm , 25 cm , со испитување е утврдено дека кај пресекот A во близина на челото дрвото се лади, кај пресекот B и C само на длабочина од 5 cm , додека кај длабочини од 15 , 20 и 25 cm , доаѓа до понатамошен

пораст на температурата во износ од 4 до 6 °C. Оптималното изедначување на температурата по должина на трупецот се постигнува по 4 до 6 часа.

Директното и индиректното парење на суровината имаат свои предности и недостатоци.

Предноста на директното парење се согледува во едноставното поставување на цевните водови и користење на испусната пара со мал притисок (од 1,08 до $1,1 \times 10^5$ N/m²). Од друга страна, пак, недостатоците кај директното парење се следните: поголемо оштетување на дрвото, неможност за користење на кондензатот, неекономичност, парата мора да биде потполно чиста од масло.

Индиректното парење се карактеризира со следното: благ режим на обработка на дрвото, оштетувањата се сведени на минимум, можност за користење на кондензатот, економичност во трошењето на топлинската енергија, нема тешкотии кај доводот на кондензатот, парата не мора да биде чиста од масло, можност за користење врела вода со висок притисок, висока економичност. Поголемиот притисок на парата (од 1,3 до $1,4 \times 10^5$ N/m²) и поголемото вложување во разведувањето на цевководот се сметаат за недостатоци на индиректното парење.

Голема улога за економичен и постојан режим за парење на суровината во топлиите базени играат капаците на топлиите базени. Постојат различни решенија за капацити кои се применуваат во практика и истите треба да овозможат добро заптивање и изолација од надворешни влијанија.

2.6.2. Пресметка на потребен број топли базени

Последователноста на операциите во процесот на хидротермичката подготовка (полнење → загревање → парење → изедначување → празнење) условува користење на најмалку три базени:

$$N = \frac{M}{b \times Q_b} \times k_n \text{ (бр.)},$$

$$Q_b = V_{vk} \times \frac{T \times 1000}{a_1 \times \tau_1 + a_2 \times \tau_2 \dots \dots + a_n \times \tau_n} \text{ (m}^3\text{)},$$

$$V_{vk} = L \times B \times H \times k \text{ (m}^3\text{)},$$

каде што:

- N - потребен број базени;
- M - годишно количество на обловина или фличеве механички подготвени за парење (m³);
- b - број на работни денови во годината;
- Q_b - производност на базенот во m³ за 24 часа;
- k_n - коефициент на неистодобност (од 1,2 до 2);
- V_{vk} - корисна зафатнина на базенот (m³);
- T - траење на работата на базенот (часови);
- $a_1, a_2 \dots a_n$ - процентуално учество на зафатнината на трупецот од одделни дијаметри $\Sigma = 100$;
- $\tau_1, \tau_2 \dots \tau_n$ - траење на парењето на трупци од одредени видови, односно дијаметри (часови);
- L - должина на базенот (m);
- B - широчина на базенот (m);
- H - длабочина на базенот (m);
- k - коефициент на наполнетост на базенот (од 0,5 до 0,7).

3. ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ФУРНИРИ

Фурнирите се произведуваат со техника на пилење, сечење и лупење.

Изработката на фурнири со пилење претставува најстар начин на изработка на фурнири, кој поради ниското искористување на суровината и малата производност денес е напуштен. Во индустриски услови, за изработка на фурнири со пилење се користеле специјални гатери и кружни сегментни пили. Максималната дебелина на фурнирите произведени со пилење изнесува 3 mm, а минималната 0,9 mm.

Основната предност на изработката на фурнири со пилење е отсуство на фазата на хидротермичка подготовка.

Методот за производство на фурнирите зависи од нивната примена. Благородните, декоративни, фурнири наменети за мебелното производство и облагородување на површините се произведуваат со технологија на сечење. Фурнирите наменети за изработка на фурнирски плочи се произведуваат со технологија на лупење.

Барањата за квалитетот на фурнирите зависат од методите на производство и имаат влијание врз конструкцијата на машините. Во основа овие барања се следните:

- изедначена дебелина по целата површина на фурнирот;
- отсуство на пукнатини на двете површини на фурнирот;
- мазна површина на фурнирот од двете страни.

Производството на квалитетни фурнири бара исполнување на повеќе услови:

- соодветен дрвен вид;
- соодветен квалитет на трупците за производство на фурнири, правилна градба на дрвото и годишен прираст;
- соодветна хидротермичка подготовка на суровината;
- адекватна брзина на сечење/лупење;
- отсуство на вибрации на машините за производство на фурнир;
- правилна геометрија на резниот алат, правилна положба помеѓу ножот и притисната греда;
- навремена замена на алатот;
- заштита на металните делови на машините од корозија, која може да предизвика појава на дамки на површината на фурнирите.

3.1. ТЕХНОЛОГИЈА НА СЕЧЕН ФУРНИР

Во технологијата на сечен фурнир, главно се произведуваат благородни фурнири што поседуваат соодветни естетски својства, додека учеството на останатите фурнири е незначително. Според оваа технологија, производството на сечен фурнир се врши со техника на сечење на дрвните влакна со нож, специјално конструиран за таа намена. Притоа се добиваат фурнири со рамни површини, погодни за фурнирање, односно обложување на дрвни видови и други површини кои имаат неугледна текстура.

Со техниката на сечење се овозможува фурнирите да се изработуваат во рамнина којашто, зависно од дрвниот вид, обезбедува одредени, специфични естетски ефекти (радијална, полурадијална, тангенцијална рамнина на сечење). Истовремено, сечењето се врши во хоризонтална рамнина, што ги намалува деформациите и обезбедува поголема финост на површината.

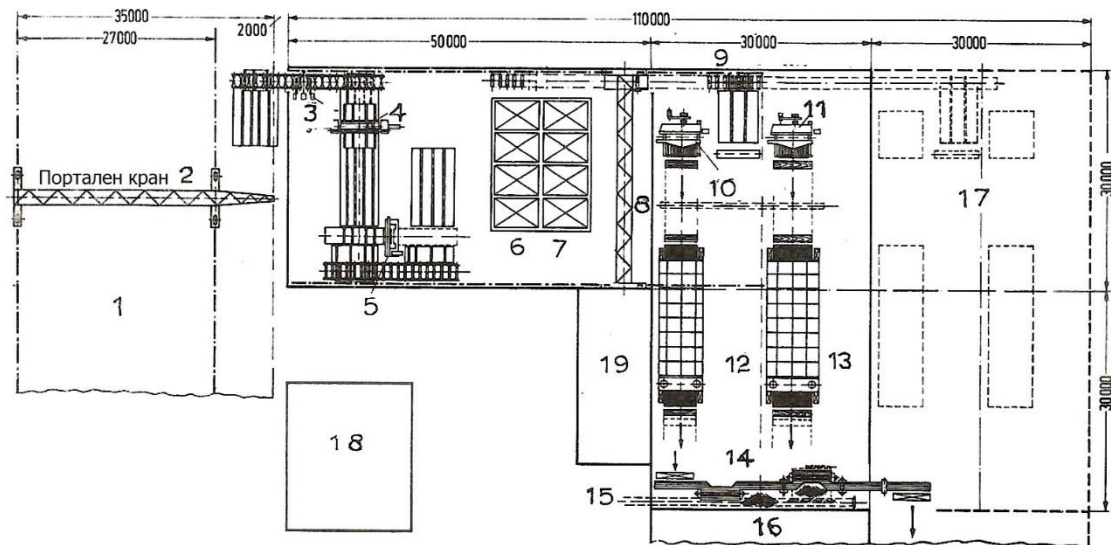
Имајќи предвид дека дрвото на различен пресек има различна текстура, при сечењето се одбира онаа рамнина која ќе даде најубава текстура, односно најдобар естетски изглед. Во зависност од рамнината на сечење (радијална, полурадијална и тангенцијална) се добиваат фурнири кои се блескави, полублескави и бочни. Кај дрвните видови кои имаат неправилна градба, сечењето треба да се изведе во онаа рамнина која ќе даде најубава текстура. Кај определени дрвни видови кои имаат изразени срцевински зраци се препорачува сечење во радијална рамнина при што се добиваат ценети блескави фурнири.

Производството на фурнири со сечење се врши на работни машини – фурнирски ножеви. Сите типови на фурнирски ножеви, без оглед на конструкцијата, се развиени на општ принцип. За да се добие сечен фурнир неопходни се две работни движења. Едното – основно е праволиниско движење кое е напречно на дрвните влакна. Другото движење е споредното движење – помест, кое е напречно на рамнината на сечење.

Во зависност од положбата на рамнината на сечење, фурнирските ножеви се поделени на два основни вида: хоризонтални и вертикални фурнирски ножеви. Покрај нив, постои и конструкција на кос (инклинациски) фурнирски нож кој претставува модификација на хоризонталниот фурнирски нож.

Покрај техниката на сечење, за производство на благородни фурнири се користи и техника на ексцентрично лупење.

На сликата 33 е претставена технолошка шема на фабрика за производство на сечен фурнир.



Слика 33. Технолошка шема на фабрика за производство на сечен фурнир
 1-склад за сировина; 2-кран; 3-кратење на трупците; 4-окорување;
 5-хоризонтална лентовидна пила - трупчарка; 6 и 7-јама за парење; 8-мостна дигалка;
 9-рамналка за фличеви; 10 и 11-фурнирски нож; 12 и 13-сушилница за фурнир; 14-линија на пакетни ножици; 15-транспорт на отпадоци; 16-магацин за фурнир; 17-простор за идни проширувања на фабриката за сечен фурнир; 18-котларница; 19-администрација

3.1.1. Хоризонтален фурнирски нож

Принципот на работа на хоризонталниот фурнирски нож се состои во следното:

- фличот е поставен и прицврстен на работна маса која за време на повратниот од на супортот се подигнува во вертикална рамнина за дебелината на фурнирот;
- супортот (гредата на ножот и гредата на притисната греда) се движи над фличот по водилки, коишто се вградени на главните носачи на фурнирскиот нож и во работниот од врши сечење на фурнирот.

Основните технички карактеристики на хоризонталниот фурнирски нож се следните:

- работни должини: 3 000, 3 500, 4 000, 4 600, 5 000 mm;
- максимална ширина на призмата: 1 100 mm;
- максимална висина на призмата: 1 200 mm;
- дебелина на сечењето: од 0,05 до 3 mm, од 0,1 до 6 mm;
- број на сечења: од 45 до 57 во минута;
- моќност на главниот мотор: 55 kW, 60 kW;
- моќност на помошниот мотор: 13,1 kW; 14,1 kW; 16,5 kW.

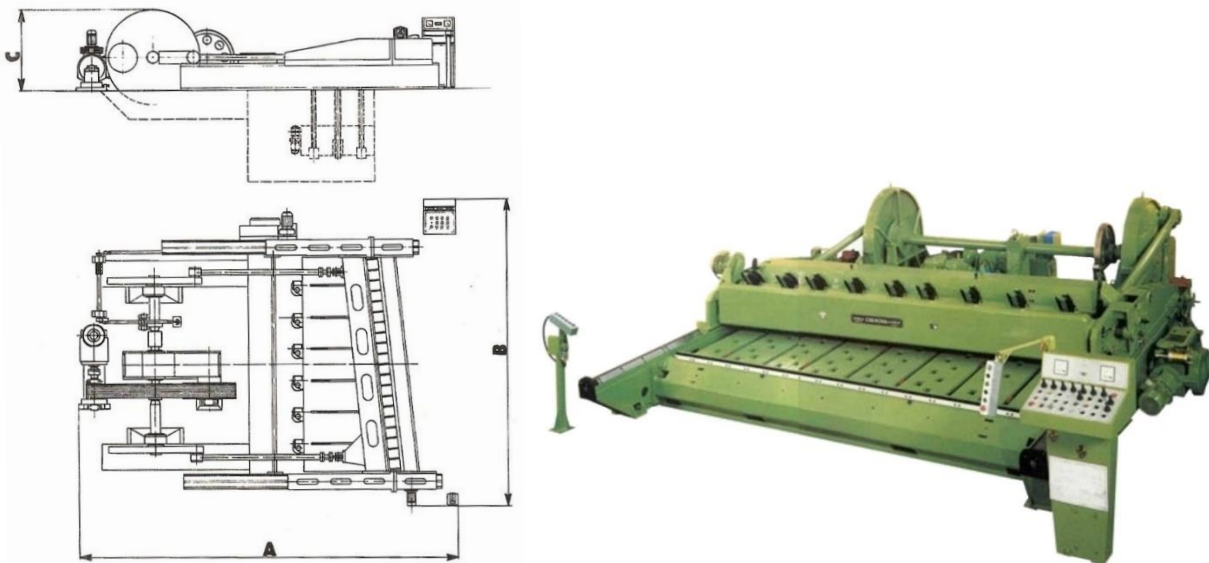
Физичкиот обем на производство изразен преку бројот на исечени листови во минута, условен е, меѓу другото, и од можноста за прифаќање и одлагање на фурнирските листови. Отсечените фурнирски листови се одложуваат на палета што е поставена паралелно со фурнирскиот нож. Работата на прифаќањето и одлагањето на фурнирските листови може да се олесни и забрза со користење на подигнувачка платформа на која се поставува палета.

Кај застарените типови хоризонтални фурнирски ножеви, прифаќањето на отсечениот лист се врши рачно, преку српесто изведени водилки, кои се вградени на гредата на ножот и гредата на притисната греда, или преку подвижен прифатен механизам врз основа на долни и горни бесконечни ленти со вртење на секој лист за 180°.

Прифаќањето на листовите и одлагањето кај повеќе европски произведувачи на класични хоризонтални ножеви не е автоматизирано, што претставува недостаток од аспект на користењето на капацитетот. Автоматското прифаќање и одлагање на листовите без вртење за 180° се врши на специјални изведби со хоризонтални современи ножеви, со користење електронска опрема.

Основните склопови на хоризонталниот фурнирски нож се следните:

- работна маса со стегачи на фличот;
- безбедносен уред;
- супорт и главни носачи со лизгачки површини;
- уред за прифаќање на фурнирските листови;
- уред за регулирање на дебелината на сечењето;
- погон на супортот.



Слика 34. Хоризонтален фурнирски нож [108, 44]

3.1.1.1. Работна маса

Производството на фурнири со изедначена дебелина и определена финост на површината е условено од рамни базни површини на фличот и негово сигурно базирање на работната маса. На работната маса се наоѓаат отвори на растојание од 400 до 600 mm, во кои се сместени стегачи за прицврстување на фличот, кои имаат можност да се движат во вертикална и во хоризонтална рамнина, во зависност од ширината и од висината на фличот.

Притисокот за стегање се обезбедува:

- рачно (со шрафење), што веќе се смета за надминато;
- со електромотори (секој стегач има погон со посебен електромотор);
- хидраулично.

Дебелината на остатокот од сечењето зависи од работната висина на стегачите, која изнесува од 14 до 18 mm. Кај современите фурнирски ножеви, со цел што поголемо искористување на суровината, кога фличот добива дебелина на штица од 20 до 50 mm се исклучува механичкиот систем, а се вклучува вакуум-систем што овозможува остатокот од сечењето да се сведе на дебелина од 5 до 10 mm.

Работната маса лежи на четири вертикално поставени вретена со конусни запченици преку кои се врши подигање и спуштање на работната маса. Брзината на подигање на масата (V_m) кај забрзаното движење (во неработно движење) изнесува:

$$V_m = n \times t \times i \text{ (m/min)},$$

каде што:

- n - број на вртежи на моторот со кој се изведува дигањето на масата;
- t - од на завојницата на вретеното;
- i - преносен број од моторот до вретеното на масата.

Компензирањето на тежината на масата наместо со противтегови, кај современите ножеви е заменето со хидраулика.

3.1.1.2. Безбедносен уред

Пред почетокот на сечењето, фличот се наоѓа под нивото на делување на ножот и притисната греда (супортот). Ако за време на работата дојде до отскокнување на фличот (поради неправилно базирање, неправилно стегање итн.), се активира заштитниот систем со цел да се намали опасноста од повреди на работникот и оштетувањето на машината. Кај застарените машини се користи механички систем на основа на заштитни шрафови (шрафот што го поврзува лизгачот на супортот со водилката на главниот носач), а кај современите ножеви доаѓа до автоматско исклучување на погонот и кочење.

3.1.1.3. Супорт

Супортот се состои од:

- греда (носач) на ножот со нож;
- греда (носач) на притисната греда со греда.

Острицата на ножот кон насоката на движење на супортот е положена под агол од 75 до 80°. Масата на супортот изнесува од 5 до 7 t, при што кај современите фурнирски ножеви се наоѓа на долната вредност.

Времето на промена на ножот има влијание врз максималното искористување на расположливиот фонд на работни часови. Кај застарените типови, времето за промена трае од 10 до 30 min, додека кај современите фурнирски ножеви, ова време е сведено на максимални од 1,5 до 2 минути, благодарение на автоматското отворање на гредата на ножот и гредата на притисната греда и користењето на посебен рам (сет), кој се состои од држач и притискувач на ножот. Ова решение овозможува мesteње и регулација на ножот во острилница.

Лизгачките површини на супортот се изведени од специфична легура од бронза и месинг, со максимална финост на обработените површини. Со лизгачките површини супортот лежи на водилката на главниот носач.

Средната брзина на движење на супортот (V_s) изнесува:

$$V_s = 2 \times l \times n \text{ (m/min)},$$

каде што:

- l - должина на движење на супортот (m);
- n - број на сечења во минута.

Кај современите ножеви должината на движење на супортот изнесува 2,5 m, а просечната брзина 180 m/min.

3.1.1.4. Нож

Ножот како елементарно сечило за сечење на фурнирот се изработува од легиран челик (од 2,9 до 3 % волфрам, 1,2 % хром, 0,25 % ванадиум). Тврдоста на ножот за сечење на меки и средно тврди дрвни видови измерена според методот на Роквел изнесува од 55 до 58 Роквелови единици, а за тврдите видови од 58 до 60 Роквелови единици.

Дебелината на ножот зависи од начинот на изведба, квалитетот на челикот и видот на дрвото.

Ножевите се изработуваат во следните дебелини:

- 2,5 mm; 3,5 mm; 4 mm (тенки ножеви);
- 15 mm и 19 mm (дебели ножеви).

Тенките ножеви по целиот пресек се изработуваат од легиран челик, додека кај дебелиите само острицата на ножот се изработува од легиран челик.

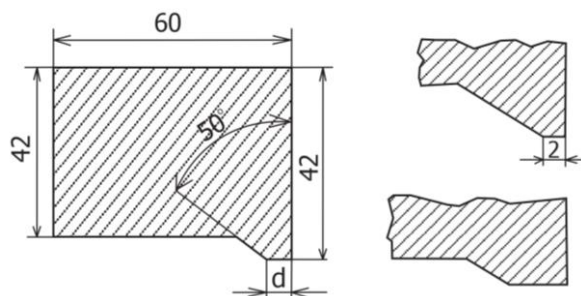
Аголот на острење на ножот зависи од квалитетот на челикот и од дрвниот вид, а се движи од 15 до 20°. Во многу погони, на растојание од 10 mm од врвот на острицата на ножот се користи поостар агол или острицата на ножот се обработува конкавно со висина на лакот од 0,05 до 0,1 mm, што поволно влијае на условите на сечење, односно финоста на резот и трајноста на ножот. Малиот агол резултира со намалување на потрошувачката на енергија за режење. Доколку аголот на острење е голем, доаѓа до вибрации на ножот, а со тоа и до полош квалитет при режењето.



Слика 35. Изглед на ножот како алат [42]

3.1.1.5. Притисна греда

Притисната греда се изработува од легиран челик отпорен на киселини или од калена бронза, со тврдост од 28 до 48 Роквелови единици. Активната површина „d“ најчесто има широчина од 2 mm, а со абеење може да достигне и до 8 mm во хоризонтална рамна изведба. Заоблената острица на притисната греда има радиус од 0,5 mm, испустен агол од 15 до 50° во хоризонтална рамна изведба. По должината на гредата се наоѓаат шрафови за поместување во хоризонтална и во вертикална рамнина, со цел да се воспостави определен однос помеѓу ножот, притисната греда и фличот.



Слика 36. Напречен пресек на притисна греда [105]

3.1.1.6. Уред за регулирање на дебелината на сечењето

Дебелината на фурнирот се регулира со вертикално поместување на работната маса на која е базиран фличот за време на неработното движење на супортот. Механизмот се состои од запирлив запченик, разводни кутии за поместување, преносни вретена со конусни запченици и четири завртки со навртки.

Запирливиот запченик се управува со лост што се поместува и се наоѓа на десната страна од супортот. Големината на поместувањата на лостот, односно дебелината на фурнирот се регулира со бројот на запци што се зафатени од запирливиот запченик. Бројот на запци на запирливиот запченик и положбата на рачката во Нортоновата кутија за одредена дебелина се чита од табела што е прицврстена на самиот фурнирски нож. Кај застарените типови фурнирски ножеви, дебелината на фурнирот „S“ се пресметува врз основа на познатите елементи од кинематичката шема.

$$S = z_1 \times i_u \times t / z_2 \text{ (mm)},$$

каде што:

- z_1 - број на запци за одредена дебелина на фурнир;
- i_u - вкупен преносен број за вертикално поместување на масата;
- t - од на завојницата на вретеното на кое лежи масата (mm);
- z_2 - вкупен број запци на запченикот.

$$I_u = I_s \times I_p,$$

каде што:

- I_s - постојан преносен број;
- I_p - променлив преносен број.

3.1.1.7. Дебелина на сечените (благородни) фурнири

Дебелината на фурнирот зависи од дрвниот вид и од рамнината на сечење. Дебелината на радијалните и полурадијалните фурнири најчесто изнесува: 0,4; 0,6; 0,8; 1 mm, а на тангенцијалните: 0,6; 0,8 mm.

Со оглед на карактеристиките и подрачјето на примена на сечените (благородни) фурнири во зависност од дрвниот вид, истите се произведуваат во следните дебелини:

Табела 8. Дебелина на сечен фурнир по дрвни видови [105]

Вид на дрво	Дебелина (mm)		
Бреза	0,55		
Бука	0,55	0,60	
Даб лужник и китник	0,65	0,80	0,95
Брест	0,80		
Јасен	0,60		
Јавор	0,60		
Круша	0,55		
Орев	0,50		
Ела	1,00		
Смрека	0,90	1,00	
Бор	0,80		
Тик	0,50		
Махагони	0,50		
Палисандер	0,50		
Тијама	0,60		
Афрормозија	0,55		

Толеранцијата на дебелината изнесува $\pm 0,05$ mm.

3.1.2. Хоризонтален фурнирски нож со сечење по должина на влакната (јапонски нож)

Хоризонталниот фурнирски нож со сечење по должина на влакната е конструкција на нож која за прв пат е изработена во Јапонија. Со овој фурнирски нож, сечењето за прв пат се изведува по должина на влакната и практично се сече без штица остаток. Фличевите се поставуваат сосема слободно на транспортна маса, при што истите се транспортираат еден по друг над ножот, а листовите фурнир со едноставен транспортен пренос се воведуваат во сушилница. Изгледот на ваков фурнирски нож, како и шематски приказ на сечењето се прикажани на сликите 37 и 38.

Од гледна точка на техничките можности, квалитетот на производот, енергетиката, ангажирањето на работна сила, просторот, флексибилноста и инвестициското вложување, посебно се истакнува хоризонталниот нож на јапонската фабрика „Марунака“.

Благодарение на сечењето во насока паралелна на оската на трупецот, конструкцијата на овие типови машини во основа овозможува неограничена должина на обработка и сечење на фурнир со поголема дебелина. Покрај ова, ваквата конструкција овозможува непрекинато и континуирано полнење на машината без подесување.

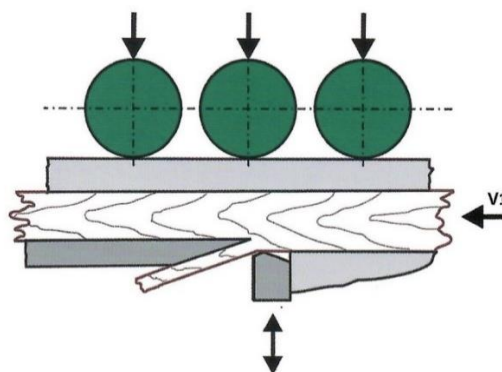
Ножот и притисната греда се фиксно поставени во работната маса на машината. Поместот се врши со валјаци или со бесконечна лента поставени над фличот, кои го потиснуваат фличот кон ножот, кој е поставен под агол од 72 до 85° во однос на насоката на движење на фличот (сл. 38).

Кај сите типови машини, уредот за помест може да се регулира по висина, а валјациите или бесконечната лента во подрачјето над ножот да одржуваат константен притисок врз фличот. Брзината на помест изнесува од 40 до 100 m/min, а најчесто 60 m/min.

Работната ширина на фличот изнесува: 125, 200, 250, 300, 600 mm; додека работната висина: 200, 250, 330 mm. Аголот на острење на ножот изнесува 18°.



Слика 37. Јапонски нож со сечење по должина на влакната [41]



Слика 38. Шематски приказ на начинот на работа на хоризонтален фурнирски нож со сечење по должина на влакната [124]

Постојат конструкции на уреди за помест кај коишто фличот автоматски се враќа во почетната положба и конструкции за континуирано полнење на машината кај кои фличевите поминуваат низ машината еден по еден, а со надолжни и напречни транспортери се враќаат во почетната положба. Овој систем на кружење на фличевите се нарекува „Merry-Go-Round“ и истиот го зголемува капацитетот на машината за 3 до 4 пати.



Слика 39. Линија за надолжно сечење на фурнири со систем на повратни транспортери („Merry-Go-Round“ систем) [41, 47]

3.1.3. Вертикален фурнирски нож

Кај вертикалниот фурнирски нож, фличот кој е прицврстен на работната маса се движи во вертикална рамнина, додека супортот за време на неработното движење се поместува по хоризонтални носачи за дебелината на фурнирот.

Кај постарите типови фурнирски ножеви, сечењето се врши за време на симнувачкото движење на фличот (сечење кон долу). Отсечените листови слободно паѓаат на транспортната лента од која рачно се прифаќаат и се одложуваат на палета со превртување на секој лист за 180°.

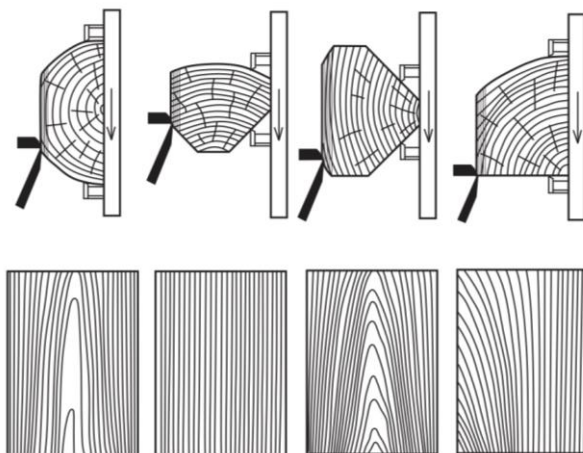
Во однос на хоризонталниот фурнирски нож, кај вертикалниот фурнирски нож е олеснето прифаќањето и одлагањето на листовите, што резултира со поголем број сечења во минута, односно поголем капацитет на машината. Од друга страна, основниот недостаток на вертикалниот нож во однос на хоризонталниот се гледа во нешто послабата прегледност на фличот, како и во намалувањето на можноста за интервенција. Во споредба со вертикалниот нож, поставувањето и обработката на фличот се полесни и побрзи на хоризонталниот и кај косиот фурнирски нож.

Кај современите вертикални ножеви, сечењето се врши за време на нагорното движење на фличот и тоа ја исклучува потребата за превртување на секој лист за 180°, односно овозможува автоматско одлагање на листовите и континуиран тек на производството.

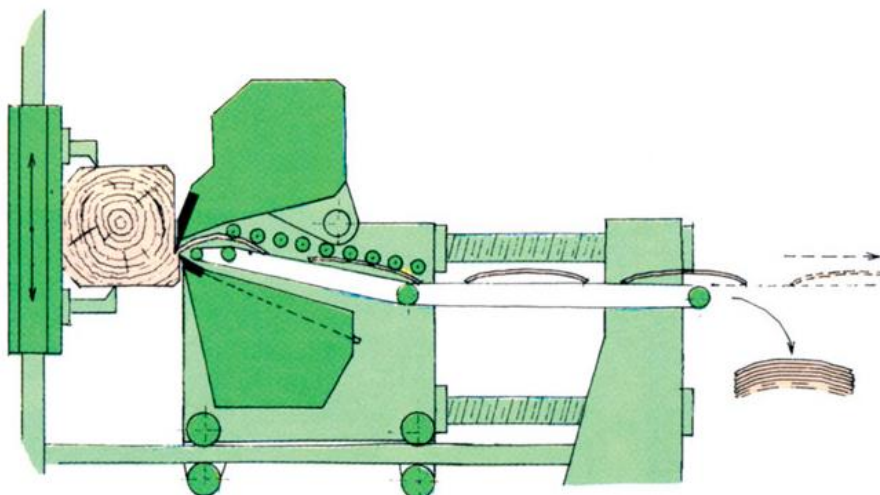
Вертикалните фурнирски ножеви заземаат помалку простор од хоризонталните. Порано, главниот недостаток на вертикалните фурнирски ножеви била неможноста да се прифатат различни форми на фличеве освен призматични, но денес не само што е проширена можноста за прифаќање на различни форми, туку постои усовршен систем за далечинско управување на стегачите на фличот.

Стегачите на фличот чија работна висина изнесува 10, 14, 50 и 180 mm имаат хидрауличен погон (централен систем) со автоматска регулација на притисокот. Распоредот на можностите за позиционирање и височината на стегачите овозможуваат обработка на фличевите во разни форми (призма, четвртина, третина, половина), како и истовремено сечење на два флича, прицврстени еден до друг.

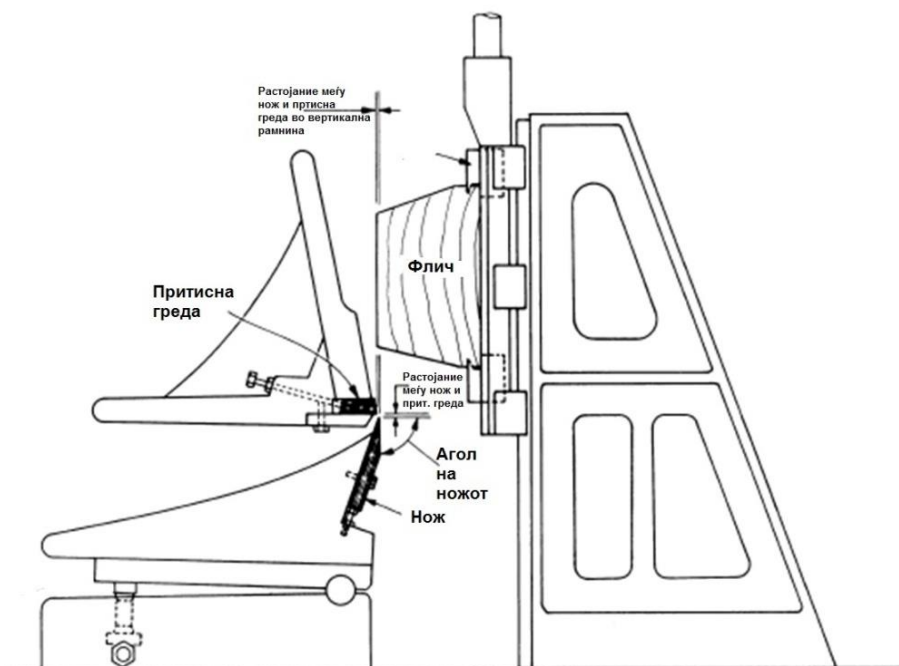
На сликата 40 се претставени различни форми на фличеве кои може да се постават на вертикалниот фурнирски нож.



Слика 40. Форми на фличеви поставени на вертикален фурнирски нож [21]



Слика 41. Принципиелна шема на сечење и одлагање на листови на вертикален фурнирски нож „А. Кремона“ [51]



Слика 42. Шема на вертикален фурнирски нож [89]

Основните техничко-технолошки карактеристики на современиот вертикален фурнирски нож се следните:

- работна ширина (максимална должина на фличот): 3 400, 4 000, 4 600, 5 200 mm;
- максимална ширина на фличот: од 800 до 1 000 mm;
- висина на фличот: 800 mm;
- должина на ножот и притисната греда: 3 750, 4 350, 4 950, 5 550 mm;
- работната маса со фличот во однос на позицијата на ножот се движи под агол од околу 20°;
- обезбедено е автоматско кочење и застанување на погонскиот систем при отскокнување на фличот;
- поседува систем за загревање на ножот и притисната греда и вдувување на топол воздух во зоната на прифатните и транспортните линии со цел отстранување на појавата на кондензати и дамки на фурнирот;
- систем за автоматско позиционирање на држачот на ножот;
- систем со подвижни ленти за рачно прифаќање и одлагање на листовите на подигнувачката платформа или автоматско прифаќање и водење на фурнирот до сушилницата;
- електронски систем за далечинска регулација на дебелината на фурнирот, односот помеѓу ножот и притисната греда и аголот на сечење;
- автоматско позиционирање на фличот на работната маса;
- број на одови во минута: од 25 до 90;
- дебелина на сечење: од 0,1 до 3,3 mm ± 0,01÷0,001 mm.



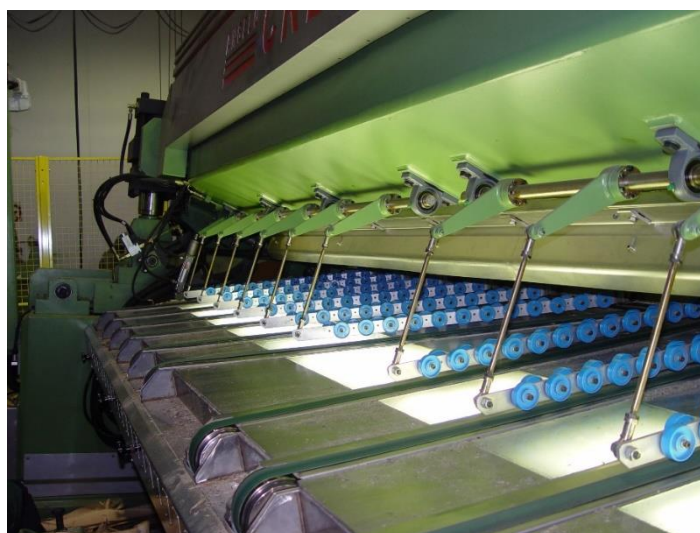
Слика 43. Вертикален фурнирски нож „Cremona“ [51]



Слика 44. Супорт на нож и притисна греда кај вертикален фурнирски нож „Cremona“ [51]



Слика 45. Работна маса со стеги за прицврстување на фличот кај вертикален фурнирски нож „Cremona“ [51]



Слика 46. Транспортни ленти за одлагање на сечените фурнири кај вертикален фурнирски нож „Cremona“ [51]

3.1.4. Кос (инклинациски) нож

Кај овој тип фурнирски нож, носачот на ножот и притисната греда се движат по коса рамнина. Супортот во работното и повратно движење се движи по лизгавите водилки на главните носачи, кои во однос на хоризонталната рамнина се наклонети под агол од 28 до 30°. Во однос на движењето и положбата на фличот кон супортот за време на неработното и работното движење, се разликуваат два типа коси ножеви:

- со нормално движење на супортот и работната маса (носачот на ножот и притисната греда лизгаат по коса рамнина);
- со сложено движење на масата на фличот: во повратното движење на супортот, масата се подигнува за дебелината на фурнирот и врши движење по косите носачи во пресрет на супортот, што резултира со скратување на циклусот на сечење на фурнирот.

Косите ножеви се изработуваат со работни должини од 4 000, 4 600 и 5 200 mm. Бројот на сечења изнесува од 70 до 80 во минута.

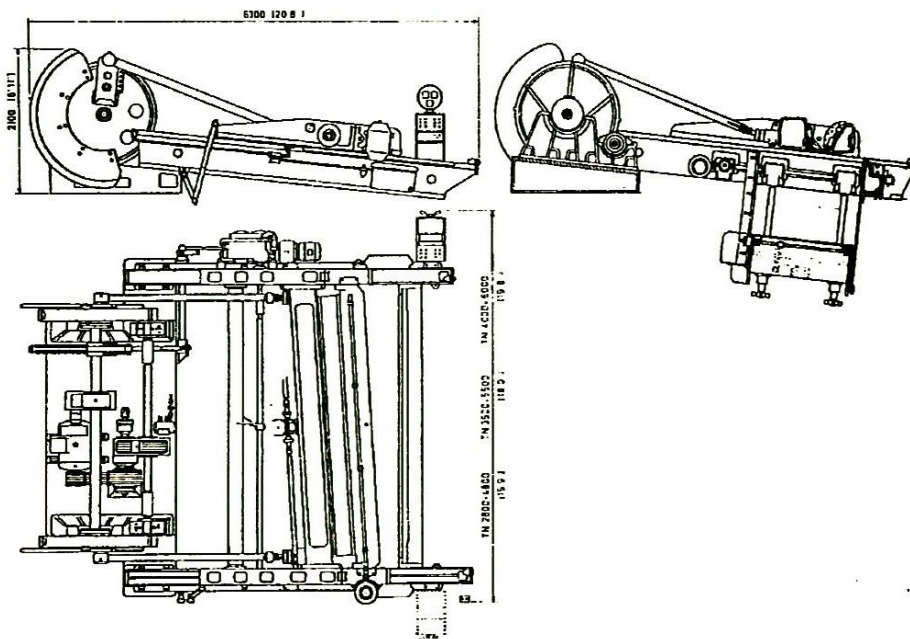
Предноста на косиот нож во однос на класичниот хоризонтален нож се состои во:

- подобра прегледност во однос на површината на фличот што се обработува;
- поголема производност;
- автоматизирано прифаќање на листовите со помош на вакуум-транспортни ленти без вртење за 180°;
- можност за континуиран процес на линијата фурнирски нож-сушилница;
- ниска потрошувачка на енергија.

Во континуираните линии со кос фурнирски нож отсечените листови на фурнирот се прифаќаат од перфорирани вакуум-транспортни ленти кои ги водат фурнирите и ги одлагаат на врзна транспортна лента што го поврзува фурнирскиот нож со сушилницата. Врзната транспортна лента се состои од неколку секции со различни брзини на поместување со помош на кои се врши подредување на фурнирските листови пред влегувањето во сушилницата.

Линиите се снабдени со уред за прифаќање на исушените листови и автоматско формирање пакети со одреден број листови, кои се одлагаат на подигнувачка платформа.

Со цел да се постигне максимално искористување на капацитетот на фурнирскиот нож, во континуираната линија е важно усогласувањето на ширината на листовите, бројот на сечењата, брзината на поместувањето и времето на сушење.



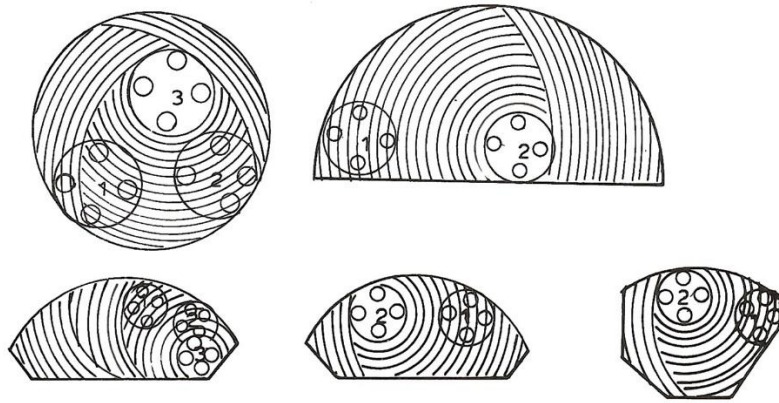
Слика 47. Кос фурнирски нож [105]

3.1.5. Производство на сечен фурнир со ексцентрично лупење

При нормалниот процес на лупење со центрично поставени вретена во однос на челото на трупецот се произведува фурнирско платно со спирална текстура.

Со ексцентрично поставување на вретената, во процесот на лупење се изработуваат фурнири со специфична, маркантна текстура која е слична на текстурата на сечениот фурнир.

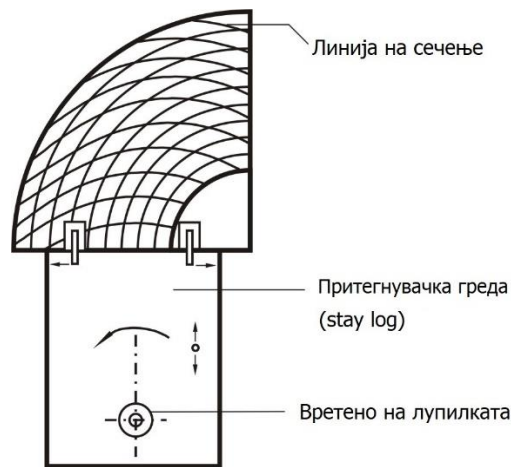
Производството на фурнир со ексцентрично лупење може да се врши со менување на положбата на притегнувачките алати во текот на лупењето. На сликата 48 се прикажани различни позиции на поставување на стегачите на машината при ексцентрично лупење на трупец, половник и четвртина (флич).



Слика 48. Екцентрично лупење на трупци и фlicheви [108]

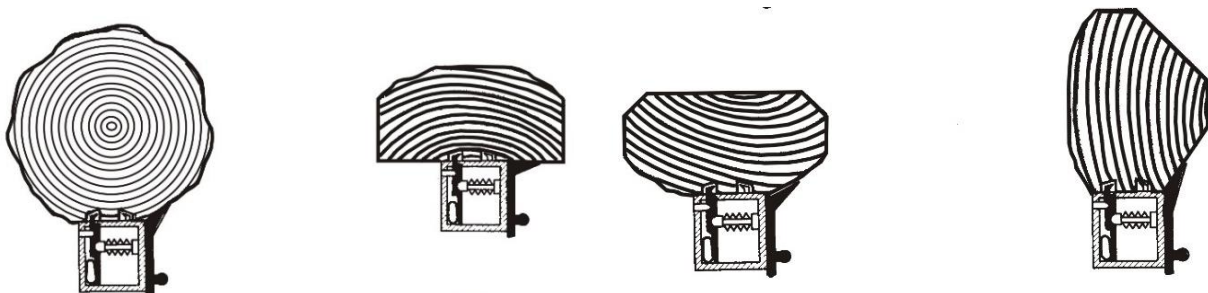
Екцентричното лупење се изведува и со помош на посебна направа во вид на притегнувачка греда (stay-log) која се поставува помеѓу вретената на машината за лупење (сл. 49). Стегањето на фличот се врши со помош на специјални стегачи. За да се оствари врската помеѓу фличот и притегнувачката греда, фличот механички се обработува со жлебови во кои навлегуваат стегачите кои се распоредени по должина на притегнувачката греда. Прицврстувањето се врши со поместување на стегачите на фличот со помош на компримиран воздух. Додавањето на компримиран воздух се врши преку едно од вретената на машината за лупење.

Линиите на сечењето треба да бидат насочени кон што потап агол во однос на годишните прстени на дрвото.



Слика 49. Екцентрично лупење со притегнувачка греда [108]

Кај stay-log системите се користат и притегнувачки греди за поврзување на фличот преку жлебови со помош на пружини, а ослободувањето на фличот е со помош на компримиран воздух (сл. 50).



Слика 50. Прицврстување на фlicheви и трупци за притегнувачка греда (stay-log) [108]

Минималниот дијаметар на трупците наменети за ексцентрично лупење изнесува 35 см. Дебелината на фурнирот се движи во граници од 0,5 до 3,0 mm, максимално 5,5 mm. Бројот на вртежи на вретеното при ексцентричното лупење изнесува до 60 во минута.

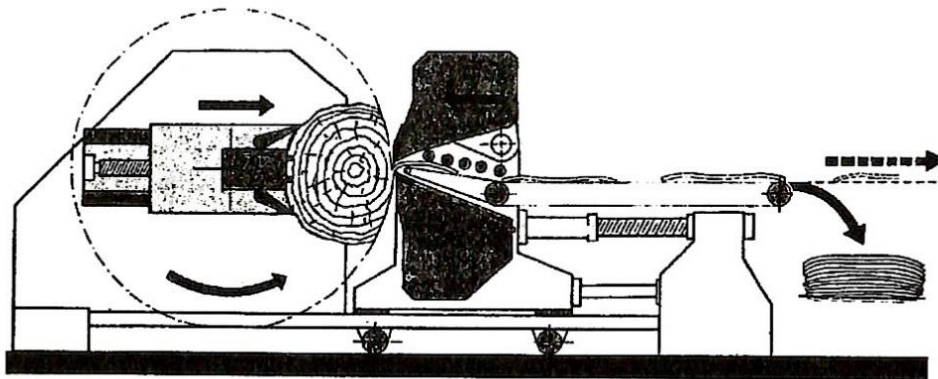
За ексцентричното лупење е карактеристична постојаната промена на радиусот на вртење на трупецот или на фличот, што резултира со постојана промена на аголот на пресекување на годовите, а тоа предизвикува добивање на фурнир со нееднолична текстура, но од друга страна обезбедува специфични естетски ефекти и маркантност на текстурата на фурнирот.

Во современите технологии се применуваат и специјални машини за ексцентрично лупење, т.н. ротациони фурнирски ножеви. Кај овие ножеви за време на едно вртење на трупецот, супортот по хоризонтални лизгачки површини се поместува за дебелината на фурнирот.

Процесот на изработка на фурнирите може да се одвива во следните услови:

- поместување на фличот кон ножот со одржување на константен радиус на движење;
- поместување на супортот кон фличот;
- истовремено поместување на фличот и на супортот.

На сликата 51 е прикажана принципиелна шема на ротационен фурнирски нож.



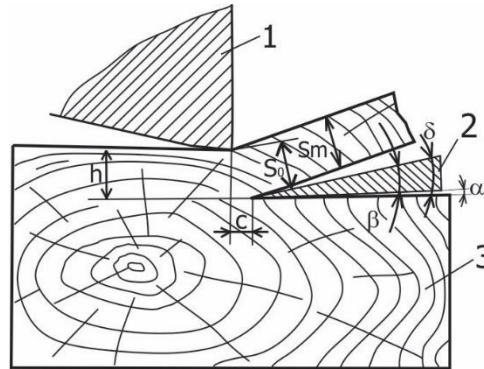
Слика 51. Ротационен фурнирски нож [105]



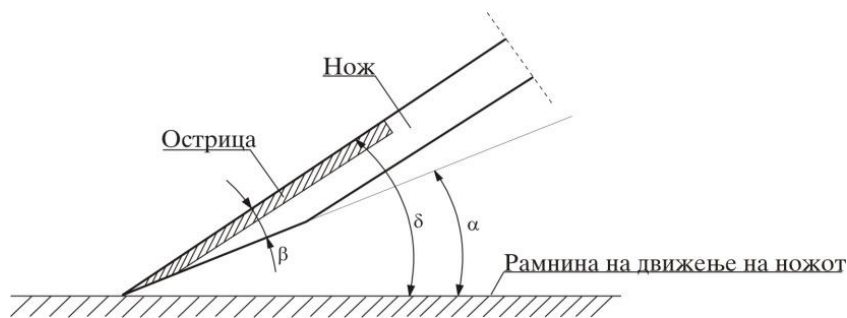
Слика 52. Ротационен фурнирски нож „Cremona“ [51]

3.1.6. Основни техничко-технолошки параметри на производството на сечен фурнир

Ножот како елементарно сечиво, т.е. острицата на ножот е изработена од висококвалитетен легиран челик. Во однос на рамнината на сечење, ножот зафаќа определен агол, односно агол на сечење (δ) кој претставува збир од задниот агол (α) и аголот на острење (β), односно $\delta = \alpha + \beta$ (сл. 54).



Слика 53. Однос помеѓу нож, притисна греда и флич [105]
1-притисна греда; 2-нож; 3-флич



Слика 54. Нож за сечење [108]

Со односот помеѓу ножот и притисната греда во хоризонтална и вертикална рамнина се формира тесен отвор низ кој поминува фурнирот за време на сечењето, а тоа резултира со појава на сили на триење и смолкнување напречно на насоката на протегање на дрвните влакна.

Со оглед на тоа дека јакоста на затегнување на дрвото напречно на влакната е ниска, при сечењето треба да се обезбедат оптимални услови за поминување на фурнирот, без притоа да дојде до негово кршење и кинење. Со цел да се обезбедат услови за изработка на квалитетен фурнир со определена дебелина, финост на површината, цврстина и еластичност, потребно е да се воспостави определен правилен однос помеѓу ножот и притисната греда.

Под услов правилно да е извршена хидротермичката обработка, како и изборот и подготовката на работниот алат, основните параметри на регулирање на односот помеѓу фличот, ножот и притисната греда се следните:

- агол на сечење (δ);
- агол на острење (β);
- заден агол (α);
- најкусо растојание помеѓу острицата на ножот и врвот на притисната греда (S_0);
- растојание помеѓу ножот и притисната греда во хоризонтална рамнина (c);
- растојание помеѓу ножот и притисната греда во вертикална рамнина (h);
- дебелина на фурнирот (S);
- степен на притисок (Δ).

Меѓусебниот однос на ножот и притисната греда изразен преку овие параметри го дефинира квалитетот на сечењето.

Задниот агол (α) има функција на водење на ножот при сечењето и неговата големина изнесува од 1 до 2°. Овој агол има важна улога во процесот на сечење. Премногу мал заден агол условува пораст на силите на притисок врз фурнирот, а со тоа и поголема потрошувачка на енергија за сечење. При примена на голем заден агол се јавуваат вибрации на ножот што доведува до неквалитетен рез.

Големината на аголот на острење (β) зависи од видот на дрвото и од квалитетот на челикот, од што зависи и дебелината на ножот (од 4 до 22 mm, најчесто 15 mm). Аголот на острење на ножот при кој се добива чиста, мазна површина без пукнатини на фурнирот изнесува од 17 до 18°.

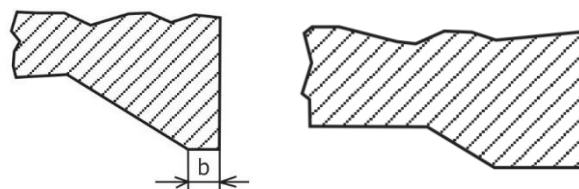
Аголот на сечење (δ) се движи во граници од 15° до 22°. Аголот на сечење за потврдите дрвни видови е помал во споредба со помеките (таб. 9).

Табела 9. Агол на сечење во зависност од дрвниот вид [108]

Дрвен вид	Агол на сечење (δ)
орев	15÷17°
даб	17°
бука	20÷21°
окуме	22°

За да се постигне висококвалитетно сечење важна улога презема притисната греда. Нејзината функција е да изврши определен притисок врз фурнирот од горната страна со што ќе се елиминираат напрегањата кои може да предизвикаат кршење или цепење на фурнирот, најчесто во насока на дрвните влакна.

Притисната греда може цела да се изработи од челик или само острицата, која се остри и одржува, да е изработена од тврд челик или од не'ргосувачки материјал (хромиран челик или калена бронза). Работ на притисната греда се изработува со хоризонтална и паралелна површина во однос на рамнината на сечење. Работ на притисната греда „b“ (сл. 55) се изработува со ширина од 2 до 8 mm и тој најчесто се обновува по работење од три месеци или пак се заменува целата притисна греда.



Слика 55. Притисна греда [105]

Степенот на притисок (Δ) го дефинира квалитетот на површината на фурнирот и истиот се пресметува со формулата:

$$\Delta = \frac{S - S_0}{S} \times 100 (\%),$$

каде што:

- S_0 - најкусо растојание помеѓу врвот на острицата на ножот и врвот на притисната греда (mm);
- S - номинална дебелина на фурнирот (mm).

Степенот на притисок зависи од дрвниот вид и од дебелината на фурнирот. Според Е. Г. Кротов [96], степенот на притисок се движи во граници од 10 до 30 %.

Зависноста на степенот на притисок од дрвниот вид и дебелината на фурнирот е дадена во табелата 10, според податоците на Плахов, кои ги наведува Мешкиќ [105].

Табела 10. Степен на притисок во зависност од дрвниот вид и дебелината на фурнирот [105]

Дрвен вид	Степен на притисок Δ (%)		
	дебелина на фурнирот (mm)		
	0,6	0,8	1,0
даб	5÷8	8÷12	12÷15
бука	5÷10	10÷15	15÷20
бреза	7÷12	11÷16	15÷20
јасика	5÷8	8÷12	11÷16
бор	5÷8	8÷12	10÷15
ариш	5÷8	8÷12	10÷15

Мешиќ [105], наведува вредности за степенот на притисок при сечење на дабов фурнир при различни дебелини на фурнирот според А. В. Смирнов (таб. 11).

Табела 11. Степен на притисок за даб во зависност од дебелината на фурнирот [105]

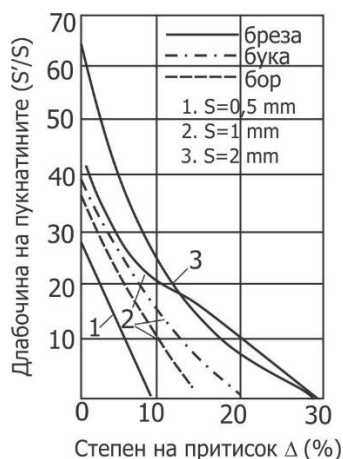
Дебелина на фурнирот (mm)	0,4	0,5	0,8	1,2	1,5
Степен на притисок Δ (%)	7÷8	10÷12	16÷18	20÷24	26÷28

За стандардна дебелина на дабов фурнир, оптималниот степен на притисок изнесува околу 18 %.

Степенот на притисок битно влијае врз финоста на површината и јакоста на фурнирот. Со зголемување на степенот на притисок до 20 % се намалуваат нерамнините на фурнирот. Најмала висина на нерамнините се јавува при радијална насока на сечење. Преголемиот степен на притисок ќе придонесе за добивање на некавалитетни фурнири како во случај кога сечењето се врши без притисна греда. Влијанието на степенот на притисок врз рапавоста на површината на фурнирот од ариш може да се види од податоците наведени во табелата 12.

Со испитувања е докажано дека една од причините за намалување на јакоста на затегнување на фурнирот напречно на влакната е појавата на внатрешни пукнатини кои настануваат при сечењето.

На графиконот (сл. 56) е прикажана зависноста на длабочината на настанатите пукнатини од степенот на притисок (Δ) за бука, бреза и бор. На ординатата се нанесени вредности на длабочината на пукнатините (S') во однос на дебелината на фурнирот (S). Длабочината на пукнатините оди и до 70 % од вкупната дебелина на фурнирот. Со пораст на дебелината на фурнирот се зголемува и влијанието на степенот на притисок, а со намалување на длабочината на внатрешните пукнатини се зголемува јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна.

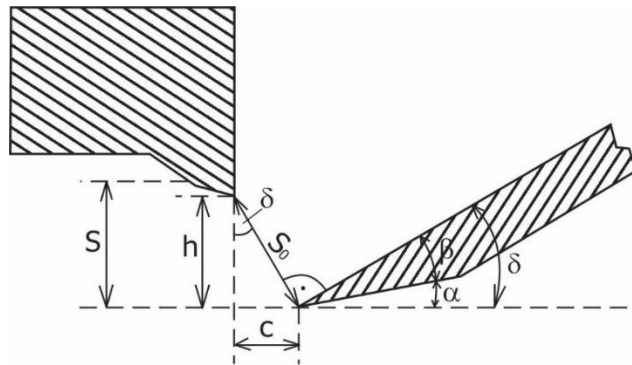


Слика 56. Зависност на длабочината на пукнатините на фурнирот од степенот на притисок [108]

Табела 12. Зависност на рапавоста на површината на фурнир од ариш од степенот на притисок при температура на фличот од 40 ± 3 °C [108]

Степен на притисок Δ (%)	Висина на нерамнините на површината на фурнирот по годот во раното дрво (μm)		
	радијален рез	полурадијален рез	тангенцијален рез
0	183,7	198,5	213,1
10	138,7	148,0	182,8
15	119,4	128,0	179,1
20	106,8	109,3	175,6
25	162,9	173,9	193,1

Меѓусебниот однос на ножот и притисната греда е претставен на сликата 57.



Слика 57. Меѓусебен однос на ножот и притисната греда со големини h и c во однос на S_0 кај хоризонтален фурнирски нож [140]

Најкуското растојание помеѓу ножот и притисната греда (S_0) може да се пресмета по формулата:

$$S_0 = S \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) \text{ (mm)}.$$

Хоризонталното растојание помеѓу врвот на острицата на ножот и притисната греда (c) и вертикалното растојание (h), на основа на правилото за еднаквост на агли со нормални краци се пресметуваат според формулите:

$$c = S_0 \times \sin \delta, \quad c = S \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) \times \sin \delta,$$

$$h = S_0 \times \cos \delta, \quad h = S \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) \times \cos \delta,$$

$$\text{tg} \delta = \frac{\sin \delta}{\cos \delta} = \frac{\frac{c}{S_0}}{\frac{h}{S_0}} = \frac{c}{h} \rightarrow c = h \times \text{tg} \delta.$$

Меѓусебниот однос на наведените величини е во функционална зависност (таб. 13).

Квалитетот на површината на резот зависи и од начинот на механичката подготовка на суровината. Ова треба да се има предвид кога се знае дека најквалитетен рез се добива кога фурнирот се сече така што срцевинските зраци се сечат под тап агол, а годишните прстени под остар агол.

Друг фактор кој влијае врз квалитетот на резот е брзината на сечење на фурнирскиот нож. Во табелата 14 е наведена брзината на сечење во зависност од големината на одот и бројот на резови во минута, според Колман [108].

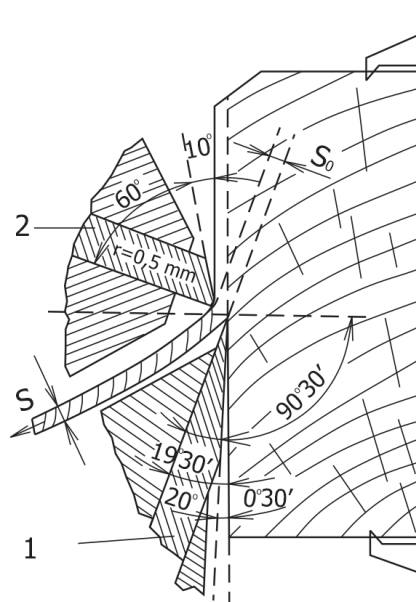
Табела 13. Функционална зависност на параметрите кои го дефинираат меѓусебниот однос на ножот и притисната греда [108]

S (mm)	δ	Δ = 15 %		Δ = 18 %		Δ = 20 %		Δ = 22 %	
		h	c	h	c	h	c	h	c
0,6	16	0,51	0,146	0,492	0,141	0,48	0,138	0,468	0,134
	18	0,51	0,166	0,492	0,160	0,48	0,156	0,468	0,152
	20	0,51	0,186	0,492	0,179	0,48	0,175	0,468	0,170
0,8	16	0,68	0,196	0,656	0,188	0,64	0,183	0,624	0,179
	18	0,68	0,221	0,656	0,213	0,64	0,208	0,624	0,202
	20	0,68	0,248	0,656	0,239	0,64	0,233	0,624	0,227
1,0	16	0,85	0,244	0,820	0,236	0,80	0,229	0,780	0,224
	18	0,85	0,276	0,820	0,266	0,80	0,260	0,780	0,252
	20	0,85	0,310	0,820	0,298	0,80	0,292	0,780	0,284
1,2	16	1,02	0,292	0,984	0,282	0,96	0,276	0,936	0,269
	18	1,02	0,330	0,984	0,319	0,96	0,312	0,936	0,304
	20	1,02	0,370	0,984	0,362	0,96	0,350	0,936	0,340

Табела 14. Зависност на брзината на сечење од големината на одот и бројот на резови во минута [108]

		Големина на одот	2,0 m	2,5 m
Резови во min	6 реза/min		24 m/min	30 m/min
	10 реза/min		40 m/min	50 m/min
	12 реза/min		48 m/min	60 m/min
	18 реза/min		72 m/min	90 m/min
	24 реза/min		96 m/min	120 m/min
	36 реза/min		144 m/min	180 m/min

На сликата 58 се прикажани големините на аглите и меѓусебниот однос на ножот и притисната греда во супортот на вертикален фурнирски нож.



Слика 58. Меѓусебен однос на ножот и притисната греда во супортот на вертикален фурнирски нож [140]

3.1.7. Грешки при сечењето на фурнирите

При сечењето на суровината во фурнирски лист, се јавуваат и грешки кои се резултат на несоодветна механичка и хидротермичка подготовка, неправилен избор на елементите на сечењето (однос помеѓу ножот и притисната греда, степен на притисок), неквалитетна подготовка на алатот, неисправност на машината, нестручна работа со технолошката опрема итн.

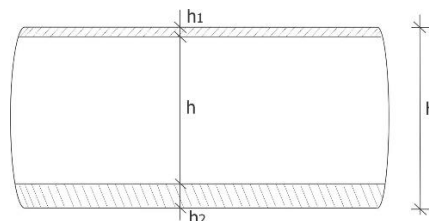
Најчести грешки кои се јавуваат во производството на сечен фурнир се следните:

- нееднаква дебелина на фурнирот како резултат на: нерамномерен степен на притисок по должина на фличот, недоволно прицврстен флич, неисправност на механизмот за регулирање на дебелината на фурнирот;
- згмечен фурнир како резултат на: препарен флич, преголем степен на притисок, неправилно поставена притисна греда;
- разvlakната површина на фурнирот како резултат на препарен флич;
- брановидна површина на фурнирот како резултат на нерамномерен притисок на краевите и средината на фличот;
- гребнатини на фурнирскиот лист како резултат на запци од ножот или притисната греда, отпадоци заглавени помеѓу ножот и притисната греда, ненавремено прифаќање на фурнирските листови;
- браздовидна површина на фурнирот поради ладење и незагреан флич;
- пукнатини на површината како резултат на ладен флич, неправилен однос помеѓу ножот и притисната греда, превисок степен на притисок;
- отворени и затворени пукнатини на челата на фурнирите како резултат на пукнатини на фличот.

3.1.8. Производност на фурнирскиот нож

Производноста на машините за сечен фурнир се изразува во број на исечени фурнирски листови, во m^2 и m^3 фурнир и во m^3 механички подготвена обловина. Најчесто се изразува во m^2 и m^3 фурнир и број на исечени фурнирски листови.

За да се пресмета производноста на машината потребно е да се определи волуменот на секој флич поодделно, како и загубите при сечење на фурнирите за секој флич поодделно.



Слика 59. Елементи на флич

Кај машините со современи вакуум-уреди за прицврстување на фличот, висината на остатокот од фличот (h_2) изнесува од 5 до 10 mm, додека кај постарите машини остатокот од фличот е со дебелина од 20 до 30 mm.

$$V = [H - (h_1 + h_2)] \times l_{sr} \times b_{sr} \text{ (m}^3\text{)},$$

каде што:

- V - зафатнина на фличот од кој се добиваат фурнири (m^3);
- H - висина на фличот со зони на отпадоци (m);
- h - висина на фличот за изработка на фурнири (m);
- h_1, h_2 - зони на отпадоци (m);
- h_1 - висина на порамнување на фличот (m);
- h_2 - висина на остатокот од фличот (m);

- l_{sr} - средна должина на фличот (m);
- b_{sr} - средна ширина на фличот (m).

Вкупниот број на фурнирски листови од еден флич (N') се пресметува според формулата:

$$N' = \frac{H - (h_1 + h_2)}{s} \text{ (фурнирски листови/флич),}$$

каде што:

- s - дебелина на фурнирски лист (mm).

Вкупниот број на фурнирски листови произведени во една смена (N) се пресметува според формулата:

$$N = N' \times \frac{T_k}{t} \text{ (фурнирски листови/смена),}$$

$$T_k = T - T_g,$$

каде што:

- T_k - корисно работно време во смена (min);
- t - време за преработка на еден флич (min);
- T_g - губитоци на работно и машинско време (min);
- T - вкупно работно време во смена (480 min).

Производноста на фурнирскиот нож изразена во m^2 (E_{m^2}) се пресметува според формулата:

$$E_{m^2} = N \times l_{sr} \times b_{sr} \text{ (m}^2\text{/смена).}$$

Производноста на фурнирскиот нож изразена во m^3 (E_{m^3}) се пресметува според формулата:

$$E_{m^3} = E_{m^2} \times s = N \times l_{sr} \times b_{sr} \times s \text{ (m}^3\text{/смена).}$$

Доколку времето потребно за преработка на еден флич (t) не е добиено по експериментален пат, истото може математички да се пресмета според формулата:

$$t = \frac{H - h_2}{s \times n} \text{ (min),}$$

каде што:

- H - висина на фличот (m);
- h_2 - отпадок (m);
- s - дебелина на фурнирот (m);
- n - број на одови на ножот во минута (од 30 до 35 за постари машини).

За определување на потребниот број на работни машини во една фабрика за сечен фурнир, претходно треба да се дефинира вкупното количество на фличеве кои ќе се преработуваат, производноста во m^3 , бројот на работни денови во годината и бројот на смени.

Бројот на машини за сечен фурнир се определува врз основа на формулата:

$$N_n = \frac{M}{E_{m^3} \times b \times c} \text{ (бр. на раб. машини),}$$

каде што:

- N_n - број на работни машини изразен како цел број;
- M - вкупно годишно производство на фlicheви (m^3);
- E_{m^3} - производност на машината (m^3);
- b - работни денови во годината;
- c - работни смени во еден ден.

3.1.9. Сушење на сечениот фурнир

Високата влажност на дрвото придонесува за добивање на цврст и рамен фурнир, но веднаш по сечењето, таа станува непогоден фактор. При температура од 20 до 40 °C каква што има сечениот фурнир и изложеноста на воздух, се создаваат погодни услови за брз развој на габи и микроорганизми. На фурнирот се јавува мувла, промена на бојата и фурнирот станува непогоден за употреба. Ова наложува фурнирските листови по сечењето да се сушат во краток временски период. Во текот на летните месеци, овој период не треба да биде подолг од 8 до 10 часа.

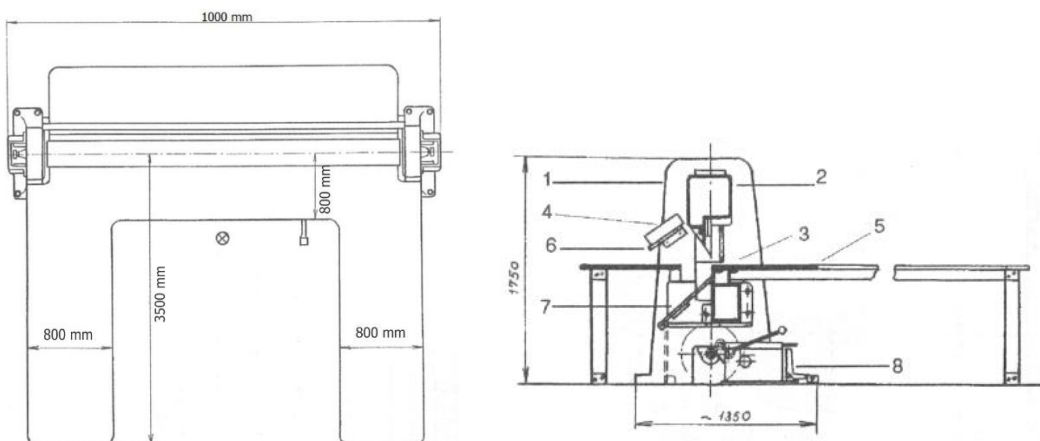
Производната влажност на фурнирот треба да биде $10 \pm 2\%$.

За сушење на сечен фурнир, кој вообичаено е со дебелина од 0,5 до 0,8 mm, најпогодни се лентовидните сушилници.

Подетални податоци и сознанија за сушењето на фурнирите и видовите сушилници кои се користат ќе бидат наведени во поглавјето за сушење на лупените и сечените фурнири.

3.1.10. Кроење (завршна обработка) на сечените фурнири

По сушењето и кондиционирањето, фурнирите се сложуваат во пакети, за да потоа се изврши завршна обработка на посебни машини т.н. пакетни ножици. На овие машини се врши надолжно и напречно сечење на фурнирските листови под строго вертикална рамнина за да се добијат споеви на два фурнирски листа кои во фазата на фурнирање нема да покажуваат фуга. Со оваа операција се дефинираат и димензиите на фурнирските листови согласно со стандардите.



Слика 60. Основа и пресек на пакетни ножици со работна маса
 1-главен носач; 2-грета на ножот со нож; 3-контранож; 4-светлосен уред за порамнување; 5-работна маса; 6-заштитна мрежа; 7-подигнувачка плоча за насочување на отпадоците; 8-ножна команда

Работната должина на пакетните ножици изнесува од 1 200 до 6 000 mm.

Пред обработката на фурнирот на ножиците се врши формирање на пакети со определен број листови и обележување на грешките со креда (прецртување). Бројот на листови во еден пакет се движи од 6 до 32.

Обработката на пакетите на пакетните ножици се врши по должина и напречно на дрвните влакна, со отстранување на грешките според договорениот режим. Режимот на обработка зависи од специфичностите на одделни дрвни видови, подрачјето на примена, стандардите, како и од посебните услови на пазарот или на купецот. Со режимот на обработка на ножиците се дефинираат грешките кои се толерираат или не се толерираат.

Висината на пакетот при надолжната обработка изнесува до 80 mm, додека при кроење напречно на дрвните влакна висината на пакетот не надминува 50 mm. Овие параметри важат за дебелина на фурнирските листови до 1,5 mm. При поголеми дебелини на фурнирот, вкупната висина на пакетот треба да се намали за да се избегне оштетување на машината.

По обработката, пакетите рачно или автоматски се врзуваат со каноп или со синтетски конец. Пакетите со должина од 2,5 m се врзуваат на две места, а на три места од должината се врши мерење на фурнирите, односно должина (заокружена на парни cm) и ширина (заокружена на цели cm).

Површината на фурнирот во пакетот се пресметува на основа на бројот на листовите, должината и ширината, и истата се обележува на пакетот. На етикетата на пакетот се запишува производителот, бројот на пакетот, дрвниот вид, бројот на листови, должина, ширина, дебелина и површина на фурнирот.

Завршната обработка на фурнирот се изведува во дисконтинуиран или континуиран процес, зависно од обемот на производство и од технолошкиот концепт. Во дисконтинуираниот процес, сите операции на завршната обработка се вршат на едни пакетни ножици со работна маса на која се врши броење на листовите и формирање пакет, прецртување, мерење, врзување и обележување. Овој начин на обработка се користи кај капацитети до 1 000 m³ фурнир годишно.

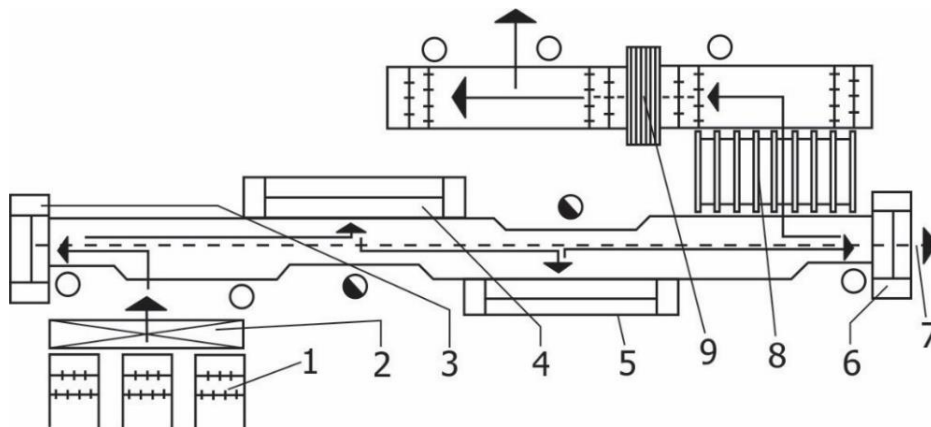
Кај големите капацитети се користи континуиран процес на завршна обработка на фурнирите со линија која содржи од 3 до 4 пакетни ножици, уред за автоматско поврзување на пакетите, мерење и пресметка на површината, обележување и испишување на етикети со податоци за фурнирот.

Автоматското мерење се врши со помош на електронски мерен уред (на пр. тип „Mesooscan“ или „Xyloplan“) кој се состои од влезен транспортер, мерна глава со фотоќелиски и светлосни мостови помеѓу кои поминува фурнирскиот пакет, команден пулт со електронски уреди, далечински испишувач на етикети со сите потребни податоци за фурнирот и уред за автоматско етикетирање на секој пакет.

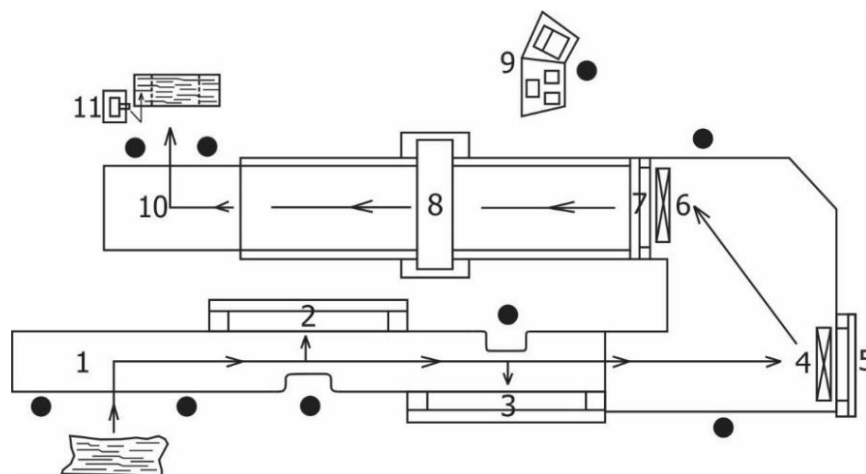
Пакетот се поставува на транспортната лента и поминува под мерната глава. Во текот на поминувањето, мерниот уред ја регистрира должината и ширината на пакетот, праќа информација до компјутерот кој површината на пакетот ја множи со бројот на листови, врши заокружување на димензиите и податоците ги доставува до далечинскиот испишувач, кој на етикета испишува податоци за дрвниот вид, бројот на трупецот од кој се изработени фурнирите, дебелината и бројот на фурнири во пакетот. Овие податоци се внесуваат преку командниот пулт. Покрај овие податоци се испишуваат и податоците кои се добиени од уредот за автоматско мерење (реден број на пакетот, должина заокружена на парни cm, ширина заокружена на цел cm и вкупна површина на фурнир во пакетот).



Слика 61. Мерен уред во линијата за завршна обработка на сечен фурнир



Слика 62. Класична технолошка поставеност на уреди за кроење на фурнирот [89]
 1-транспортер за фурнирски листови; 2-хидраулична маса за подигање; 3-први напречни ножици; 4-први надолжни ножици; 5-втори надолжни ножици; 6-втори напречни ножици; 7-отпадок од кроење; 8-напречен транспортер; 9-проточен уред за врзување на пакети



Слика 63. Ксилоплан (Xyloplan) систем за обработка на фурнири [108]
 1-влезна работна маса; 2 и 3-ножици за надолжно сечење; 4 и 6-работни маси;
 5 и 7-ножици за напречно сечење; 8-електронски мерен уред „Ксилоплан“;
 9-командно место; 10-транспортер за обработени фурнири; 11-автоматски уред за поставување етикети со податоци за фурнирот

3.1.10.1. Производност на пакетните ножици

Производноста на пакетните ножици за една смена (E_{m^3}) може да се определи според формулата:

$$E_{m^3} = \frac{T \times k \times k_1 \times q}{t} \quad (m^3/\text{смена}),$$

каде што:

- t - време на преработка на еден пакет (min);
- T - работно време во една смена (480 min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- q - средна зафатнина (волумен) на еден пакет (m^3).

За определување на бројот на пакетни ножици (N) се користи следната формула:

$$N = \frac{M}{E \times b \times c} \text{ (бр. на пакетни ножици),}$$

каде што:

- M - вкупно годишно количество на исушен фурнир ($\text{m}^3/\text{год.}$);
- b - број на работни денови во годината;
- c - број на смени.

3.1.11. Складирање на сечениот фурнир

Со оглед на специфичноста на фурнирот како производ и барањата на пазарот, складишниот простор треба да задоволи складирање на двомесечно до четиримесечно производство.

Складишниот простор за сечен фурнир има повеќе намени, согласно кои треба да биде и уреден. Во складот за сечен фурнир се извршуваат следните операции:

- сортирање по дрвен вид, квалитет и должина;
- складирање;
- климатизација;
- квантитативно и квалитативно преземање;
- подготовка за испорака;
- пакување;
- испорака на фурнирот.

Со стандардниот МКС Д.Ц5.020 се пропишани минималните дебелини на фурнирот, начинот на мерење, влажноста, начинот на пакување и кратенките за секој дрвен вид. Издвоено се дадени посебни услови за класирање според квалитет за дабот, брестот, јаворот, јасенот, буката и оревот.

Влажноста на фурнирот во моментот на испорака се движи од 8 до 11 %. Класирањето на фурнирот во складот се врши на простор со доволно дневна светлина. Складирањето се врши според дрвниот вид со сортирање според квалитетот и должината на пакетите.

Складишниот простор е поделен на полиња за одлагање на фурнирските пакети. Одлагањето се врши на рамна, дрвена подлога. Висината на камарите со пакети се движи до 3 m, а останатите димензии се во зависност од работната должина на ножот, видот на дрвото и начинот на класирање. Растојанието помеѓу камарите изнесува 1 m, а од сидот 0,5 m.

Ширината на главната сообраќајница низ складот зависи од средствата за внатрешен транспорт и најчесто изнесува од 2,5 до 3,5 m. Пакетите треба да бидат уредно сложени со вертикални страни и рамно порамнети чела со отстапување до 1 cm.

За време на складирањето се врши кондиционирање и изедначување на влагата во фурнирите. Затоа микроклиматските услови на складишниот простор мора секојдневно да се контролираат со поставување на термометри и психрометри.

Просторот на кој се врши класирање, подготовка за испорака и пакување треба да се загрева, додека останатиот простор не се загрева. Камарите се покриваат со платнени прекривки, а прозорците од магацинот се засенуваат за да се заштити фурнирот од влијанието на сончевата светлина која може да предизвика промена на бојата на фурнирот. Големиот број прозорци овозможува светлосни услови за работа во магацинот, бидејќи во поголемиот број случаи, работата во магацинот се одвива во една (прва) смена.

Начинот на пакување зависи од потребите на купувачот, начинот и условите на транспортот. Во континенталниот транспорт, фурнирите се врзуваат со дрвени рамки и челични ленти во пакети, а во прекуокеанскиот транспорт се врши и обложување со некавалитетни суви фурнири, картон или со пластични фолии.

Во складот за фурнир може да се користи и „Xyloplan“ уред кој многу ефикасно може да се користи за автоматско евидентирање на производството (влез), состојбата во магацинот и продажбата (излез), како и постојано следење на квантитативната и

квалитативната структура на производството. На овој начин комерцијалната служба може да има секојдневен увид на состојбата во магацинот.

3.1.12. Процент на искористување на суровината при производство на сечен фурнир

Процентот на искористување на суровината при производството на сечен фурнир е во директна зависност од квалитетот на суровината, дрвниот вид, дијаметарот на трупецот, начинот на механичка подготовка на суровината и од специфичноста на технолошката опрема.

Овој податок го определува и економското работење на претпријатието. Поголемиот процент на искористување на суровината значи и поголем економски ефект.

Процентот на искористување на суровината (p) претставува однос помеѓу количеството на произведен фурнир и количеството на преработени трупци за фурнир. Истиот се пресметува според следната формула:

$$p = \frac{M}{M_0} \times 100 (\%),$$

каде што:

- M - количество на произведен фурнир (m^3);
- M_0 - количество на преработени трупци (m^3).

Доколку е познат процентот на искористување, може да се определи количеството на добиен фурнир (A) во m^2 од $1 m^3$ обло дрво (трупци):

$$A = \frac{1000}{s} \times p \text{ (} m^2 \text{ фурнир/} 1m^3 \text{ трупци)}$$

каде што:

- p - процент на искористување;
- s - дебелина на фурнирот (mm).

Во табелата 15 е даден процентот на искористување на суровината на некои позначајни дрвни видови.

Табела 15. Процент на искористување на суровината на некои позначајни дрвни видови [108]

Дрвен вид	Процент на искористување на суровината (%)
Даб	39
Јасен	45
Јавор	41
Бука	≈ 50
Окуме	55
Макоре	55
Сапели	58
Афрормозија	45

Во табелата 16 е прикажано искористувањето на суровината по технолошки операции при производство на фурнир од бука, брест, јасен, јавор, даб, орев, бор и ела/срча.

Табела 16. Искористување на суровината по фази од технолошкиот процес и по дрвен вид при производство на сечен фурнир [105]

Р. бр.	Дрвен вид	Единица мерка	Фази на технолошкиот процес			
			Кратење и призирање	Сечење на призмите	Сушење на фурнирот	Обработка на фурнирот на ножици
1	Бука	Фазна загуба	28	8	9,3	25
		Загуба во однос на суровината	28	5,8	6,2	15
		Искористување на суровината	72	6,3	60	45
2	Брест	Фазна загуба	32	8	8	32
		Загуба во однос на суровината	32	5,4	5	18,4
		Искористување на суровината	68	62,6	57,6	39,2
3	Јасен	Фазна загуба	32	8	9,8	32
		Загуба во однос на суровината	32	5,4	6,1	18
		Искористување на суровината	68	62,6	56,5	38,5
4	Јавор	Фазна загуба	32	8	8	32
		Загуба во однос на суровината	32	5,4	6,1	18
		Искористување на суровината	68	62,6	56,5	38,5
5	Даб	Фазна загуба	32	8	8	37
		Загуба во однос на суровината	32	5,4	5	21,3
		Искористување на суровината	68	62,6	57,6	36,3
6	Орев	Фазна загуба	34	8	8	37
		Загуба во однос на суровината	34	5,3	5,4	20,5
		Искористување на суровината	66	60,7	55,3	34,8
7	Бор	Фазна загуба	33	8,5	6,5	33
		Загуба во однос на суровината	33	5,6	4	18,9
		Искористување на суровината	67	61,4	57,4	38,5
8	Ела/смрча	Фазна загуба	28,7	6	6,5	33
		Загуба во однос на суровината	28,7	4,3	4,3	20,7
		Искористување на суровината	71,3	67,0	62,7	42

3.2. ТЕХНОЛОГИЈА НА ЛУПЕН ФУРНИР

Основните операции на технолошкиот систем за производство на лупен фурнир се следните:

- влезна контрола и евидентирање на дијаметарот, должината и квалитетот на трупците;
- сортирање и складирање на трупците;
- окорување и чистење;
- хидротермичка подготовка;
- кратење на трупците на потребна должина;

- центрирање на трупците;
- лупење;
- контрола на дебелината на фурнирот;
- складирање на фурнирот по машината за лупење;
- обработка на фурнирот на мокри ножици;
- сортирање според квалитет и одлагање.

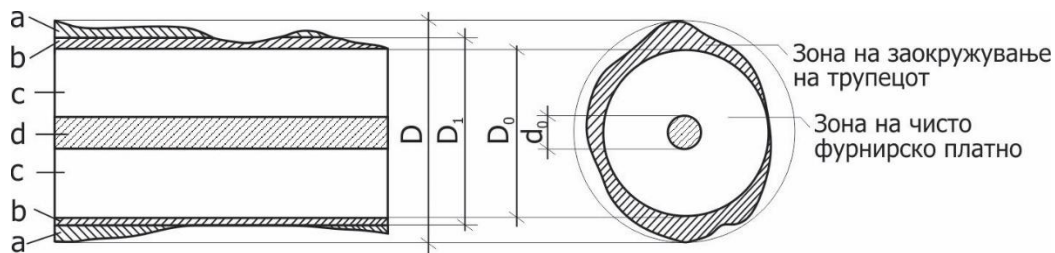
3.2.1. Центрирање на трупците и зони на искористување на трупецот

Без оглед на видот на дрвото, трупците кои се подготвени за лупење немаат секогаш форма на правилен цилиндар. Кај нив се јавуваат помали или поголеми отстапувања на челата од правилен круг, пад на дијаметарот, елипсоидност и закривеност.

Со операцијата на центрирање се пронаоѓа и означува оската на вртење на трупецот, која овозможува најбрзо доведување на трупецот во форма на правилен цилиндар. Целта на центрирањето е да се добие што поголема зона на трупецот од која ќе се добие чисто фурнирско платно - основна зона.

На напречен и надолжен пресек на трупецот за лупење, може да се дефинираат следните зони (сл. 64):

- а-зона на отпадок со волумен V_1 ;
- b-зона на фурнирски крпи со волумен V_2 ;
- c-зона на чисто фурнирско платно - основна зона со волумен V_3 ;
- d-зона на отпадна ролна (рест-ролна) со волумен V_4 .



Слика 64. Зони на искористување на трупецот за лупење

Секоја од зоните на трупецот опфаќа определен волумен, чиј збир е еднаков на вкупниот волумен на трупецот (V):

$$V = \frac{D_{sr}^2 \times \pi}{4} \times L = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Со опаѓање на учеството на зоната на заокружување (a и b), квалитативното и квантитативното искористување на трупецот се зголемува. Односот помеѓу зоната на заокружување и зоната на чисто фурнирско платно зависи од должината, дијаметарот, степенот на цилиндричност, остатокот од лупењето и правилноста на центрирањето.

Кај трупци со приближно цилиндрична и цилиндрична форма, од зоната на заокружување се добиваат фурнирски парчиња (крпи) со различни должини и ширини. Учеството на основната зона на чисто фурнирско платно зависи од дијаметарот на трупецот и од остатокот од лупењето и се пресметува по формулата:

$$p = \frac{R^2 \pi l - r^2 \pi l}{R^2 \pi l} \times 100 = \frac{R^2 - r^2}{R^2} \times 100 \text{ (\%)},$$

каде што:

- p - учество на основната зона (%);
- R - радиус на трупецот (cm);

- r - радиус на отпадната ролна (cm);
- l - должина на трупецот (cm).

Волуменот на фурнирското платно (V) кое се добива од основната зона се пресметува според формулата:

$$V = \frac{(D_0^2 - d^2)\pi l}{4} (\text{m}^3).$$

Површината на фурнирското платно (F) се пресметува според формулата:

$$F = \frac{(D_0^2 - d^2)\pi l}{4s} (\text{m}^2).$$

Должината на добиеното фурнирско платно (L) се пресметува според формулата:

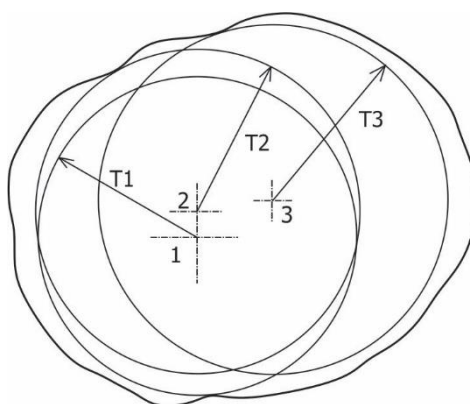
$$L = \frac{(D_0^2 - d^2)\pi}{4s} (\text{m}).$$

Со зголемување на дијаметарот на трупецот се зголемува процентуалното учество на зоната на чисто фурнирско платно во вкупниот волумен на трупецот, а се намалува процентот на учество на отпадната ролна (таб. 17).

Табела 17. Процентуално учество на одделни зони во вкупниот волумен на трупец од бреза со дијаметар од 20 cm и 40 cm [109]

Волумен	Зона од трупецот	Процентуално учество во трупецот	
		Дијаметар 20 cm	Дијаметар 40 cm
V	Трупец	100	100
V_1	Зона на отпадок	12,6	8
V_2	Зона на фурнирски крпи	7	9,2
V_3	Зона на чисто фурнирско платно	38,4	72,3
V_4	Зона на отпадна ролна	42	10,5

Кај трупеците со елипсовиден напречен пресек, точката на оската на вртење треба да биде поместена од геометрискиот центар на страната на центарот на годовите на трупецот, така што сечењето на фурнирските крпи ќе биде сконцентрирано на едната страна на трупецот и со тоа фурнирските крпи ќе имаат поголема ширина (сл. 65).



Слика 65. Центрирање на трупец со елипсовиден напречен пресек [105]

Кај трупеците со елипсовиден напречен пресек без пад на дијаметарот (сл. 66), учеството на фурнири од основната зона процентуално изнесува:

$$p = \frac{b^2 \pi l - r^2 \pi l}{\pi a b l} \times 100 = \frac{b^2 - r^2}{ab} \times 100 (\%),$$

каде што:

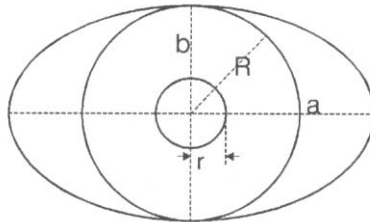
- b - мала полуоска (cm);
- a - голема полуоска (cm);
- r - радиус на отпадната ролна (cm);
- l - должина на трупецот (cm).

$$D = \frac{2a + 2b}{2},$$

$$m = \frac{b}{a},$$

каде што:

- D - среден дијаметар на трупецот (cm);
- m - елипсоидност на трупецот.



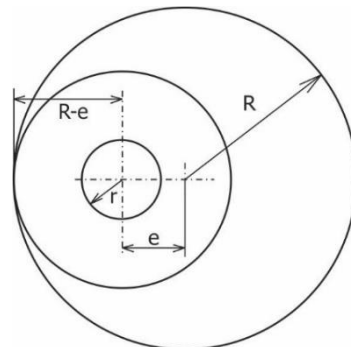
Слика 66. Центрирање на трупец со елипсовидна форма [105]

Со цел нормално искористување на трупецот во класа L, елипсоидноста на трупецот не треба да биде под $m = 0,9$.

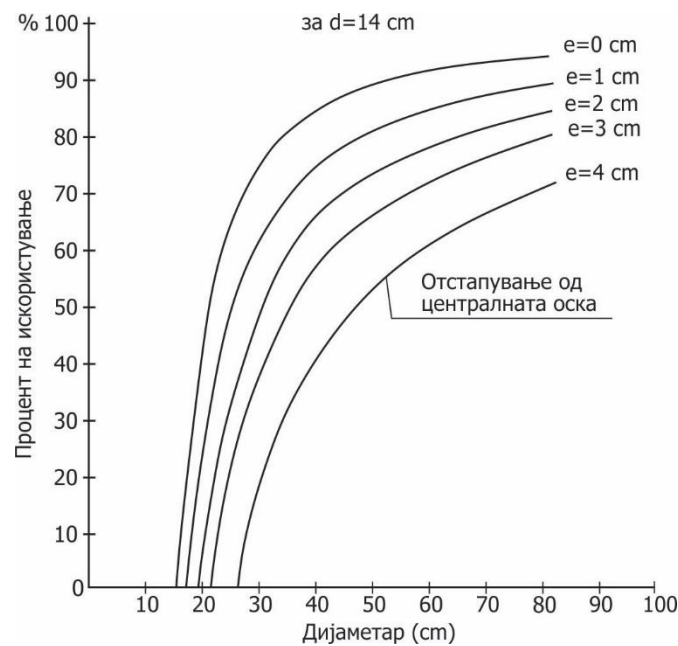
Ексцентричното поставување на стегачите на вретеното на лупилката може да има значајно влијание врз процентуалното учество на основната зона во трупецот, што ја нагласува важноста на центрирањето. Влијанието на ексцентричното поставување на стегачите врз искористувањето на суровината е прикажано на сликите 67 и 68.

Процентуалното учество на основната зона на трупецот при ексцентрично поставување на стегачите изнесува:

$$p = \frac{(R - e)^2 \pi l - r^2 \pi l}{R^2 \pi l} \times 100 = \frac{(R - e)^2 - r^2}{R^2} \times 100 (\%).$$

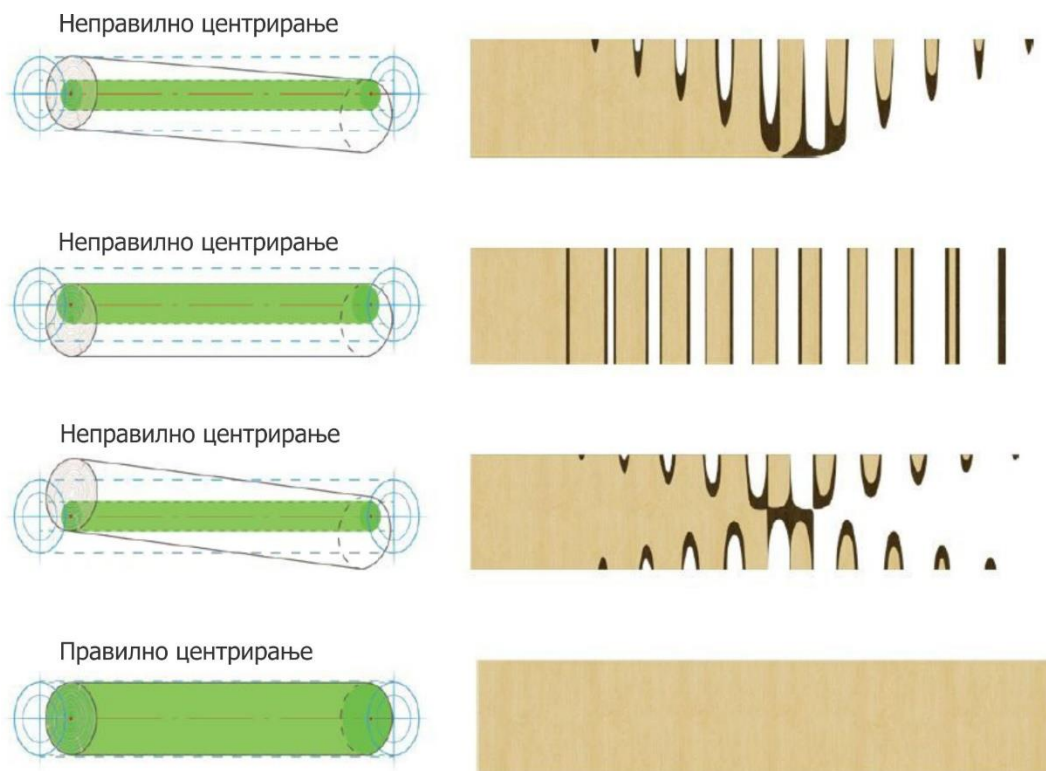


Слика 67. Влијание на ексцентричното поставување на стегачите врз искористувањето на суровината [105]



Слика 68. Влијание на ексцентричното поставување на стегачите врз искористувањето на суровината [105]

Правилното центрирање на трупците влијае врз големината на зоната на заокружување, димензиите и количеството на фурнирските крпи, односно врз големината на зоната на чисто фурнирско платно. Отстапувањето на оската на вртење на трупецот од неговата геометриска оска, значително може да го намали процентот на чисто фурнирско платно и употребливи фурнирски крпи (сл. 69).



Слика 69. Влијание на центрирањето на трупецот врз процентот на добивање на чисто фурнирско платно (Raute) [30]

Центрирањето на трупците може да се изведе на два начина:

- рачно или окуларно;
- автоматски.

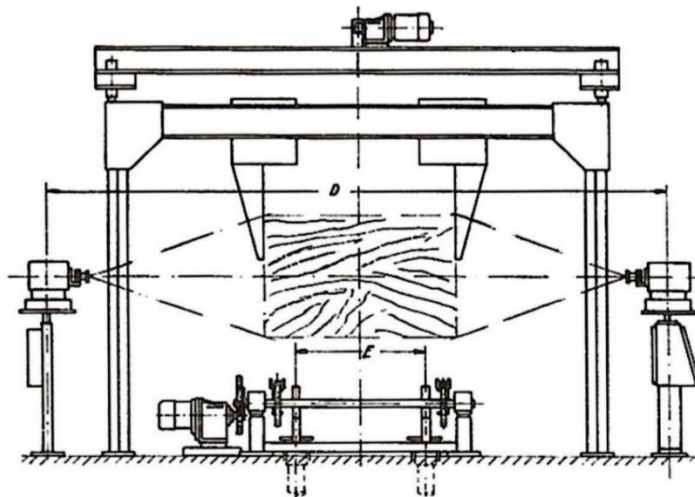
Во современите технологии се користат исклучиво автоматски системи на центрирање на трупецот помеѓу вретената на машината за лупење. Од аспект на техничкото решение, автоматското центрирање може да биде:

- оптичко;
- геометриско (со три и со четири потпорни точки);
- фотоќелиско;
- центрирање со телекамери;
- електронско центрирање.

3.2.1.1. Оптичко центрирање

Оптичкото центрирање се врши со помош на проектори кои проектираат кружен прстен на челата на трупецот. Левата и десната страна на трупецот се подигнуваат сè до моментот на поклопување на проектираниот прстен со челото на трупецот, односно со неговите годови. Овој метод треба да се применува при лупење на трупци со приближно кружен напречен пресек и трупци кои не се искривени по должина. Главен недостаток на оптичкиот метод е што при центрирањето се земаат предвид само челата на трупецот, а не и неговата форма по должина.

Времето на центрирање на трупецот треба да биде пократко од циклусот на лупење на фурнирот. Затоа оптичкото центрирање се применува при лупење на трупци со дијаметар над 600 mm.



Слика 70. Оптичко центрирање на трупци [108]

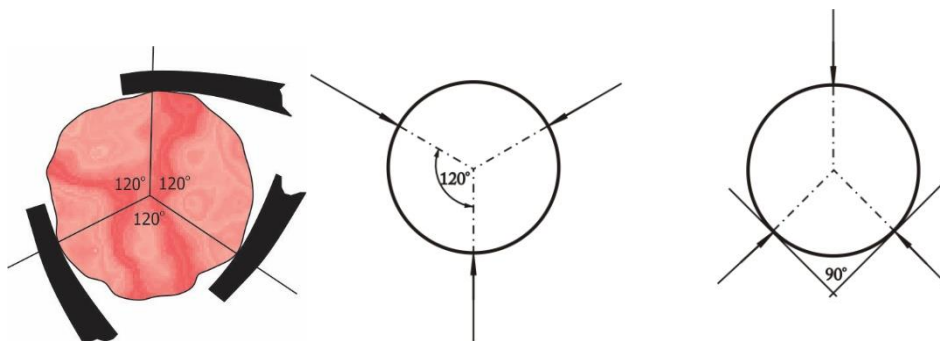


Слика 71. Проектирани светлосни прстени на челото на трупецот при оптичко центрирање на трупци [98]

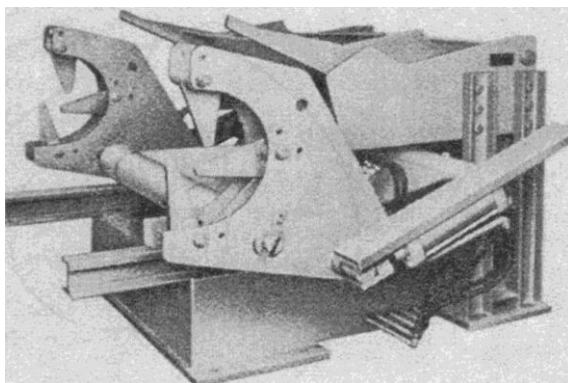
3.2.1.2. Геометриско центрирање

Геометриското центрирање може да се изведе со уреди со три и со четири потпорни точки.

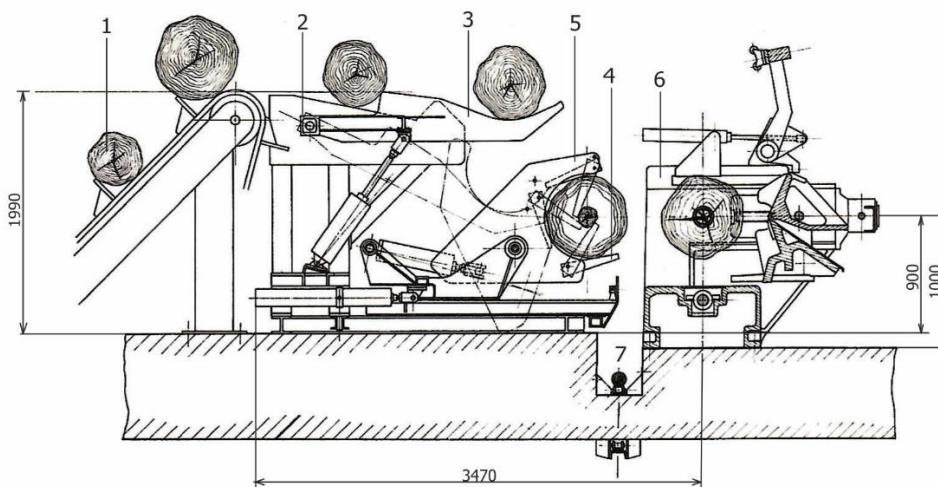
Суштината на еден уред за центрирање со три потпорни точки се состои во потпори кои синхронизирано се приближуваат под агол од 120° во однос на оската на вртење (сл. 72, 73 и 74). Трупецот се стега помеѓу потпорите. При центрирање на трупци со елипсовиден или неправилен пресек, точноста на центрирањето зависи од положбата на трупецот во однос на потпорите, што претставува недостаток на уредите за геометриско центрирање со три потпорни точки.



Слика 72. Принципиелна шема на геометриско центрирање со три потпорни точки [105, 108]

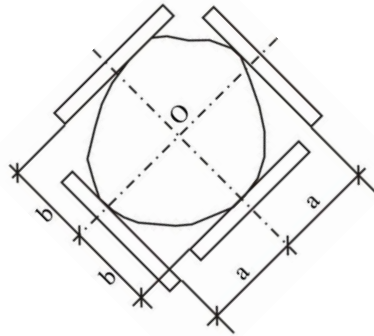


Слика 73. Машина за центрирање со три потпорни точки [105]



Слика 74. Дозатор на трупци со машина за центрирање со три потпорни точки
 1-кос елеватор; 2-депо за трупци; 3-дозирна виљушка; 4-потпори за центрирање;
 5-супорт за носење на центрираните трупци во лупилката; 6-лупилка;
 7-транспортер за отпадните ролни [108]

Негативното влијание на формата на трупецот и неточноста на центрирањето кај уредите со три потпорни точки, значително е намалено со уредите за центрирање со четири потпорни точки (сл. 75). Овие уреди се состојат од две горни и две долни виљушки кои истовремено се прилагодуваат во однос на формата на трупецот во вертикална и хоризонтална рамнина. Геометрискиот пресек на двете горни и двете долни потпори (виљушки) ја претставува оската на вртење на трупецот. При центрирање на елипсоидни трупци, закривени и со неправилна форма се врши корекција на оската на вртење со помош на проектори кои проектираат концентрични кругови на челата на трупецот. Центрирањето се врши со поместување на горните и на долните виљушки во вертикална и во хоризонтална рамнина кон позицијата на концентричните кругови.



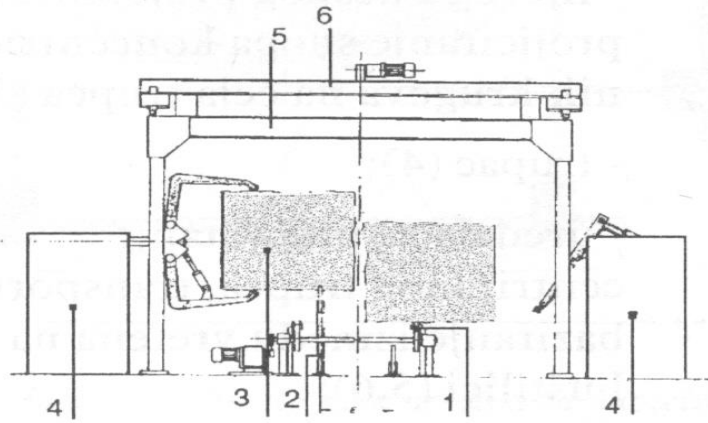
Слика 75. Принципиелна шема на геометриско центрирање со четири потпорни точки [108]



Слика 76. Геометриско центрирање со четири потпорни точки [53]

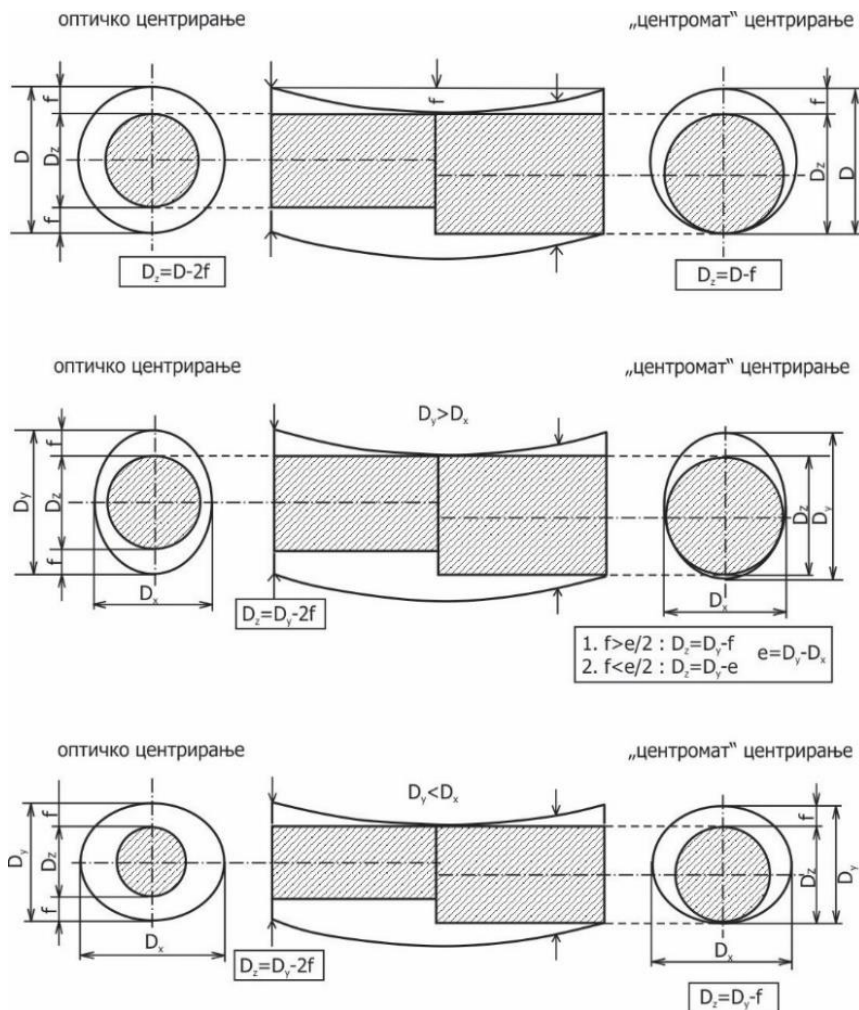
Висока точност со четири потпорни точки, без корекција со употреба на проектори се постигнува со т.н. „центромат“ уреди за центрирање со четири потпорни точки (сл. 77). Трупеците со напречен транспортер доаѓаат во зоната на зафаќање од горните и од долните виљушки кои независно се движат во вертикална и во хоризонтална рамнина. Преку прекинувач се активира автоматот за центрирање кој им праќа импулси на виљушките за поместување во хоризонтална и во вертикална рамнина, доведувајќи го трупецот во оската на вртење. Ако трупецот е закривен, истиот се завртува на испупчената страна. Центрираниот трупец го зафаќаат стегачи и го транспортираат помеѓу вретената на машината.

Формата и положбата на трупецот немаат влијание врз точноста на центрирањето, што претставува предност во однос на останатите методи на геометриско центрирање. Минималниот дијаметар на трупецот изнесува 250 mm, а максималниот 900 mm. Времетраењето на центрирањето на еден трупец изнесува од 1,0 до 1,5 минути.



Слика 77. „Центромат“ уред за центрирање на трупци со четири потпорни точки [108]
 1-напречен синџирест транспортер; 2-подигнувачка виљушка; 3-трупец;
 4-автомат за центрирање со виљушки; 5-рамовска конструкција; 6-количка за транспорт
 на центрираниот трупец до лупилката и базирање помеѓу вретената

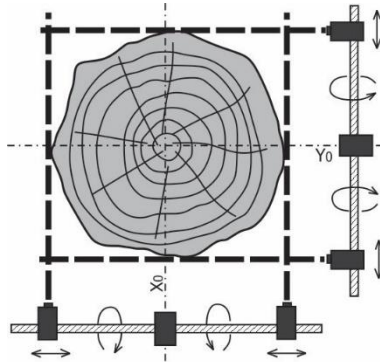
На сликата 78 е даден споредбен графички приказ на учеството на основната зона на трупецот од која се добива чисто фурнирско платно при центрирање со „центромат“ уред со четири потпорни точки и при оптичкиот начин на центрирање (лево - оптички начин, десно - „центромат“ центрирање).



Слика 78. Споредбен графички приказ на учество на основната зона на трупецот кај „центромат“ и оптичко центрирање [105, 108]

3.2.1.3. Фотоќелиско центрирање

Фотоќелиското центрирање на трупците е развиено врз основа на „центромат“ уредите за центрирање со четири потпорни точки, со тоа што автоматите со потпори се заменети со механизми кои во хоризонтална и во вертикална рамнина ги движат фотоќелиите од периферијата кон центарот, додека трупецот не се доведе во положба на оската на вртење (сл. 79).



Слика 79. Принцип на работа на уредот за фотоќелиско центрирање на трупци [105]

3.2.1.4. Центрирање со телекамери

Центрирањето со телекамери се одвива со предцентрирање со механички уреди и снимање на дијаметарот, должината и формата на трупецот со камери. Податоците се внесуваат во компјутер кој со примена на определена програма ги определува координатите на оската на вртење на трупецот и издава наредба за реализација на пресметаните вредности. Целокупната постапка се одвива автоматски и трае неколку секунди.

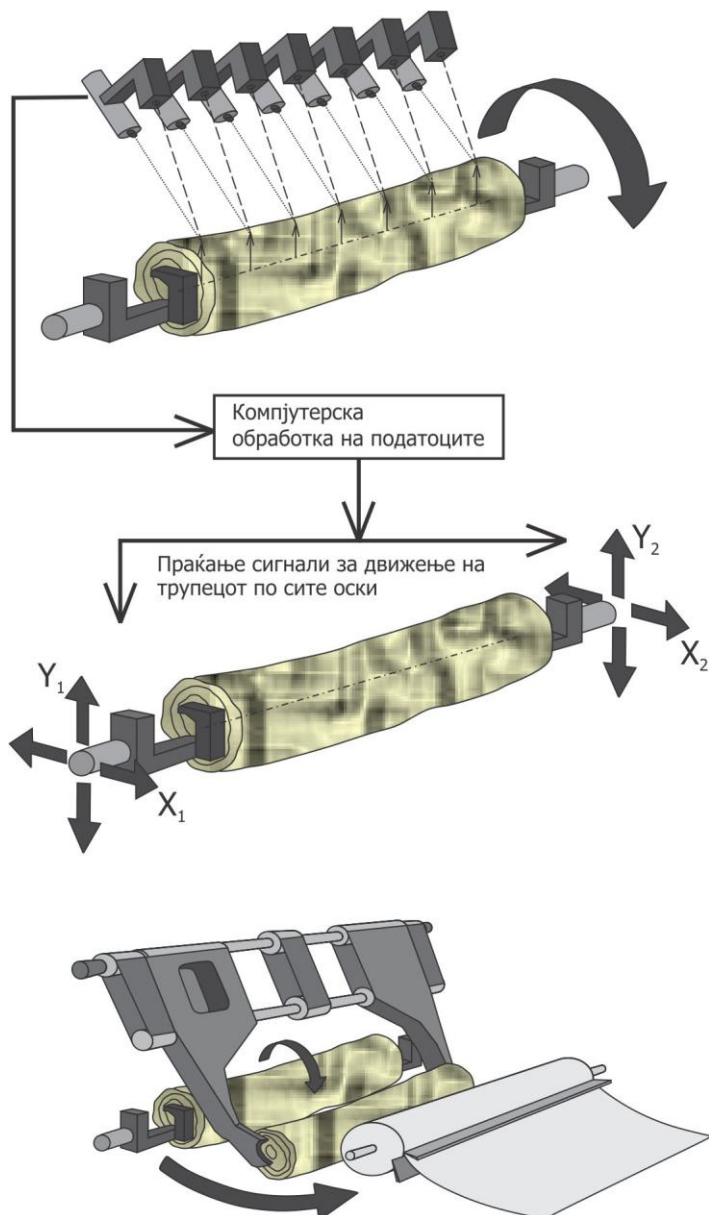
3.2.1.5. Електронско центрирање

Во најсовремените технологии на лупење, центрирањето се врши електронски, со помош на ласери (калиум арсен ласер диоди). На сликата 80 се прикажани фазите на електронското центрирање на трупците.

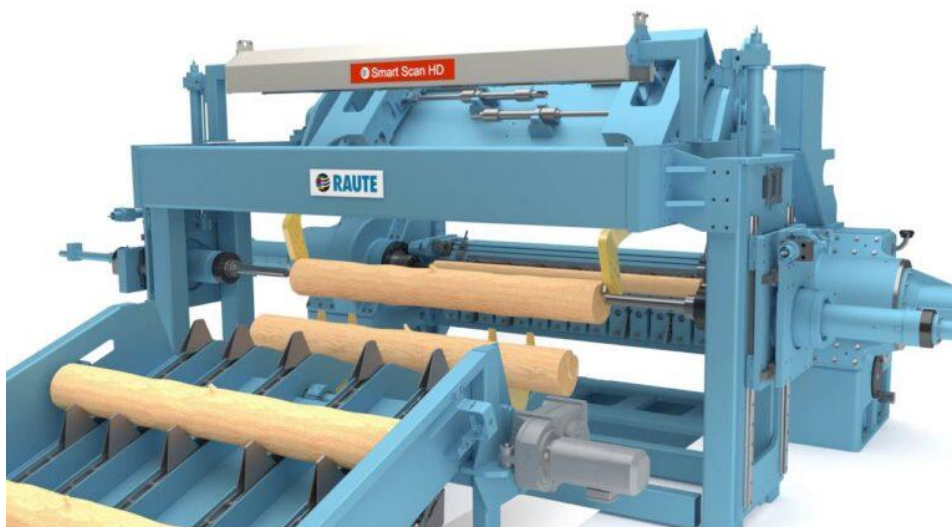
Во операцијата на електронско центрирање прво се врши автоматско предцентрирање.

Во текот на ротирањето на трупецот за 360° кој е базиран помеѓу дополнителни стегачи со специјална изведба, се врши автоматско снимање на формата и на дијаметарот на трупецот по должина. Ласерските диоди (од 3 до 10 на број) се поставени над трупецот по неговата должина и за време на вртењето на трупецот со брзина од 450 m/min вршат снимање во 3 до 10 позиции по должината на трупецот со 16 000 снимки во секунда. Снимените податоци компјутерски се обработуваат и се праќаат сигнали за движење на трупецот по сите оски, со што се врши центрирањето на трупецот.

Центрирањето на трупецот и базирањето помеѓу вретената на лупилката трае една до две секунди, што во однос на останатите методи на центрирање претставува голема предност во поглед на користењето на капацитетот на лупилката, континуираното производство и искористувањето на суровината. Кај трупци со дијаметар од 180 до 350 mm, овој начин на центрирање резултира со зголемување на искористувањето на суровината за 5 до 10 %.



Слика 80. Електронско центрирање на трупци и базирање помеѓу вретената на машината [105]



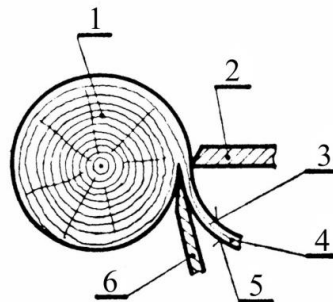
Слика 81. Уред за центрирање на трупци и базирање помеѓу вретената на машината [78]



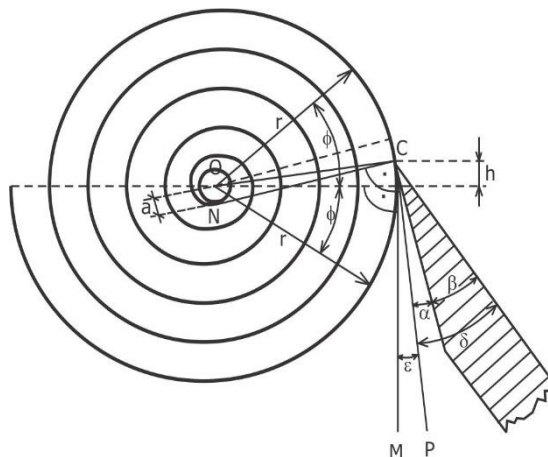
Слика 82. Електронско центрирање на трупци [75]

3.2.2. Лупење на фурнирот

Под лупење на фурнирот се подразбира машинска обработка која се состои од сечење на трупецот со нож по траекторија на Архимедова спирала (сл. 84), а настанува како последица на сложено движење: вртење на трупецот околу својата оска и праволиниско движење на ножот.



Слика 83. Шематски приказ на лупење на фурнирот [108]
 1-трупец; 2-притисна греда; 3-притисната страна на фурнирот;
 4-фурнирски лист; 5-отпуштена страна на фурнирот; 6-нож



Слика 84. Положба на ножот при лупење [108]

Формулата на Архимедовата спирала во поларен координатен систем гласи:

$$r = a \times \varphi,$$

$$a = \frac{S}{2\pi},$$

каде што:

- r - радиус на трупецот (mm);
- a - радиус на основниот круг чиј обем е еднаков на дебелината на фурнирот (mm);
- φ - поларен агол;
- S - дебелина на фурнирот (mm).

3.2.3. Машини за лупење на фурнир - лупилки

Основните конструктивни елементи на машините за лупење се:

- делови за прифаќање, притискање и вртење на трупецот;
- нож и притисна греда со свои носачи;
- направи за приближување на ножот и притисната греда во почетна положба по лупењето.

Основната поделба на машините за лупење се врши врз основа на работната должина и дијаметарот на трупците.

Работните должини на лупилките се движат од: 1 000, 1 350, 1 650, 2 000, 2 350, 2 700, 3 300 и 3 750 mm.

Дијаметарот на трупците се движи од: 600, 800, 1 000, 1 100, 1 400, 1 500 и 2 000 mm.

Лупилките со работна должина под 1 000 mm и над 2 700 mm и лупилките со максимален дијаметар на трупецот под 600 mm и над 1 500 mm имаат третман на специјални типови лупилки.

Основните техничко-технолошки карактеристики на лупилките се следните:

- максимална работна должина;
- минимално и максимално растојание помеѓу шепите на вретената за прицврстување;
- максимален дијаметар на трупецот;
- надворешен и внатрешен дијаметар на вретеното;
- начин на аксијално поместување на вретеното;
- максимален дијаметар на надворешните шепи-стегачи на вретеното;
- минимален дијаметар на внатрешните алати за стегање на трупецот;
- притискувач на трупецот;
- максимален број на вртежи на вретеното;
- минимална и максимална дебелина на лупење;
- преглед на расположливите дебелини на лупење;
- начин на регулирање на основните параметри на лупењето;
- моќност на главниот мотор;
- начин на регулирање на брзината на лупење и
- вкупна инсталирана моќност.

Од технолошки аспект, посебно се значајни специфичноста на вретеното, системот за стегање и вртење на трупецот, супортот со ножот и притисната греда, притискувачот на трупецот, регулацијата на дебелината и брзината на лупење.

На основа на некои параметри, лупилките се делат на три групи – лесни, средни и тешки. Во групата на лесни лупилки спаѓаат оние на кои се лупат трупци со должина до 800 mm и дијаметар до 700 mm. На лупилките од среден тип се лупат трупци со должина до 2 000 mm и дијаметар до 800 mm. Тешки лупилки се оние на кои се лупат трупци со должина над 2 000 mm и дијаметар до 4 000 mm.

Растојанието помеѓу оската на вретената и телото на машината (H) го определува максималниот дијаметар на трупецот (D_{max}), кој може да се лупи на лупилката:

$$H = \frac{D_{max}}{2} + (100 \div 130) \text{ (mm)}.$$

Од дијаметарот на вретеното зависи технички можниот минимален дијаметар на отпадната ролна.

Должината на ножот на лупилката ја определува максималната должина на трупците за лупење.

Дијапазонот и бројот на дебелини на фурнирот ги карактеризираат можностите на лупилките со цел да се задоволат најразлични потреби од лупен фурнир. Максималната дебелина на фурнирот е 12 mm, но таков фурнир се користи многу ретко. Лупилките од среден тип понекогаш се снабдени со додатоци за производство на фурнир со минимална дебелина од 0,05 mm.

Брзината на вртење на вретеното е параметар кој има најголемо влијание врз производноста на машината за лупење, бидејќи од неа зависи брзината на лупење на фурнирското платно.

Производноста на лупилката зависи и од брзината на супортот во забрзан од и брзината на аксијалното придвижување на вретената. Овие два параметра го определуваат времето потребно за доведување на супортот во непосредна близина на трупецот и времето за зафаќање на трупецот помеѓу шепите на вретената за прицврстување.

Во табелата 18 се наведени основните техничко-технолошки карактеристики на лупилките.

Табела 18. Основни техничко-технолошки карактеристики на машините за лупење [108]

Параметри	Вредности				
Максимална должина на трупецот (mm)	1 350	2 000	2 350	2 700	3 300
Максимален дијаметар на трупецот (mm)	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Максимално растојание помеѓу вретената (mm)	1 540	2 190	2 540	2 890	3 490
Дијаметар на вретеното (mm)	125	125	125	125	125
Број на дебелини на фурнирот	40	40	40	40	40
Граници на дебелина на фурнирот	од 0,27 до 10 mm				
Максимална брзина на вретеното (врт./min)	180	180	180	180	180
Брзина на лупење со 8-степенест погон (m/min)	18; 24; 32; 42; 60; 80; 104; 140				
Брзина на лупење со 4-степенест погон (m/min)	18; 32; 60; 104				
Моќност на главниот погонски мотор (kW)	24,74	33,1	36,77	44,12	58,8
Моќност на моторот за хидраулика (kW)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Моќност на моторот за брзо враќање на ножот (kW)	2,21	2,21	2,94	2,94	2,94
Моќност на моторот за враќање на вретеното (kW)	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21



Слика 85. Машина за лупење „Raute“ [30]

3.2.3.1. Вретена за прицврстување на трупецот за лупење

Улогата на вретената се состои во стабилно базирање на трупецот помеѓу шепите и ротационо и аксијално движење на трупецот во процесот на лупење. Склопот на вретеното за прицврстување се состои од лево и десно вратило со шепа за прицврстување и уред за регулирање на ротационото движење на трупецот, како и механички или хидрауличен систем за аксијално поместување на левото или на десното вретено.

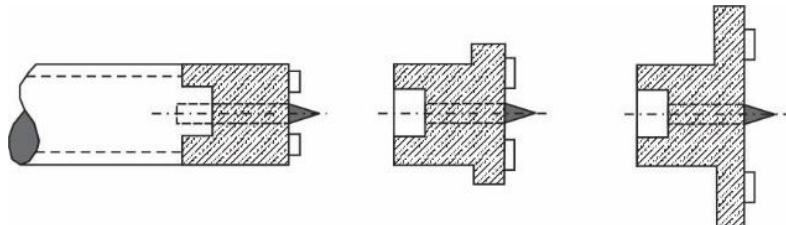
Со оглед на функцијата, вретената може да се поделат на:

- монолитни вретена со механички систем за прицврстување на трупецот и
- телескопски вретена со хидрауличен систем за прицврстување на трупецот.

Кај монолитната изведба, стегачкото вретено го сочинува само еден склоп преку кој се врши аксијално и ротационо движење. Кај монолитните вретена и механичкиот систем за прицврстување, притисокот на стегање во текот на лупењето не е константен. Со намалување на дијаметарот на трупецот во текот на лупењето, притисокот опаѓа, бидејќи на контактната површина помеѓу шепите за стегање и челото на трупецот дрвото се впресува како резултат на делување на притисокот на стегачкиот алат. Доколку при лупењето на трупци со голем дијаметар се користат шепа на вретеното со мал дијаметар (со цел поголемо искористување на суровината), поради големата сила на обртниот момент и малата вредност на дијаметарот на шепите, доаѓа до големи напрегања на смолкнување. Ако напрегањето на смолкнување е поголемо од дозволеното за дрвниот вид кој се лупи, доаѓа до пролизгување на трупецот во шепите за прицврстување и престанок на вртењето. Бидејќи со користење на шепа со мал дијаметар не се обезбедува стабилно базирање на трупци со голем дијаметар, при лупење на такви трупци се користат шепа со поголем дијаметар што негативно се рефлектира на искористувањето на суровината.

Поради неповолното влијание врз искористувањето на суровината, производноста и квалитетот на работата, монолитните вретена во современите технологии не се користат.

На сликата 86 е прикажана шема на монолитни вретена за прицврстување.



Слика 86. Шематски приказ на шепа за прицврстување кај лупилка со монолитни вретена [105]

Денес, речиси сите типови на машини за лупење имаат телескопски вретена за прицврстување на трупецот. Телескопските вретена се состојат од внатрешни и надворешни вретена, кои во аксијална насока ги поместува систем на линиски и паралелни цилиндри.

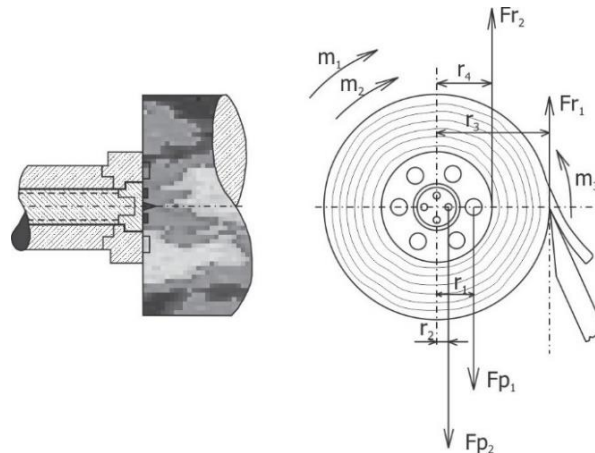
На сликата 87 шематски е прикажано телескопско вретено со шепа за прицврстување, изгледот на алатот за стегање и насоката на делување на силите.

Врз променливиот момент на лупење $m_3 = Fr_1 \times r_3$ прво се спротивставува обртниот момент на надворешните вретена за прицврстување $m_1 = Fr_1 \times r_1$ и внатрешните вретена за прицврстување $m_2 = Fr_2 \times r_2$, а потоа обртниот момент на внатрешните вретена $m_2 = Fr_2 \times r_4$.

Кај лупилките со телескопски вретена и хидрауличен систем на стегање, обезбеден е константен притисок кај внатрешните вретена од 0 до 18 000 N, а кај надворешните од 0 до 38 000 N.

Имајќи предвид дека кај сите дрвни видови јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна во тангенцијална насока е многу мала (од 1,5 до 3 N/mm²) и дека постојат внатрешни напрегања во трупецот, произлегува дека и мали сили на алатот во

тангенцијална насока може да предизвикаат распукување на трупецот во текот на лупењето. Затоа, алати со такви карактеристики треба да се избегнуваат.

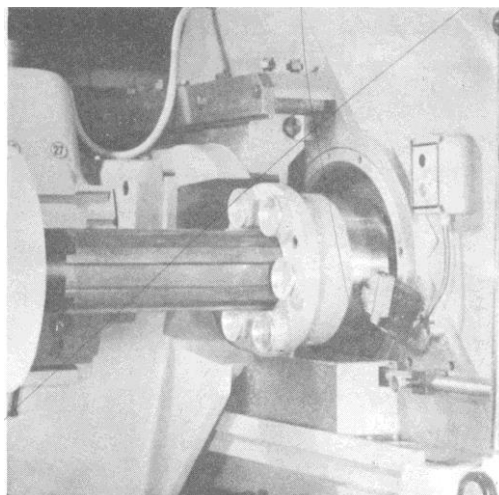


Слика 87. Телескопско вретено [105]

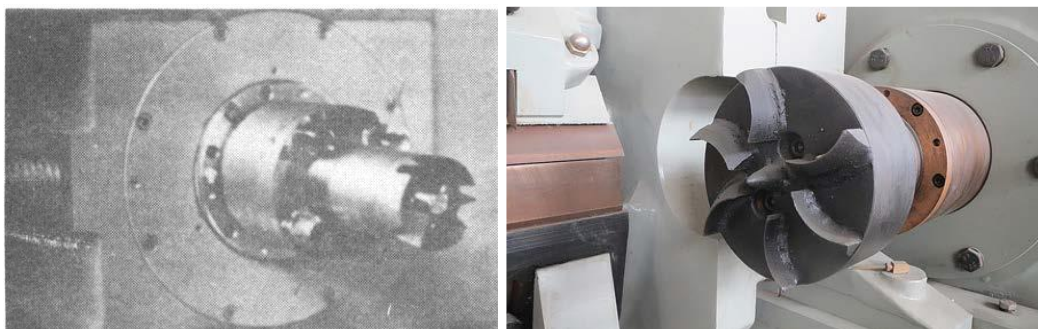


Слика 88. Телескопски вретена на машина за лупење [32]

Шепите од вретената за прицврстување на трупецот може да имаат различна форма. За лупење на тврди дрвни видови и при поголеми дијаметри се користат шепи со кружно распоредени цилиндри (сл. 89). При лупење на меки видови со мали дијаметри се користат шепи со ѕвездовидно распоредени алати во вид на еднонасочни или на двонасочни клинови со централен шилец (сл. 90).



Слика 89. Шепи на вретено во вид на цилиндри [108]



Слика 90. Шепи со клинови [108, 98]

При лупење на трупци кои имаат должина под дозволената (во однос на минималната работна должина на лупилката) се користат помошни носачи за продолжување на вретеното (сл. 91). Екстремно кратките трупци во однос на минимално дозволената должина се лупат со помош на два помошни држачи кои се движат на водилки.



Слика 91. Машина за лупење со помошен носач на вретеното [37]

3.2.3.2. Ротационо движење на вретената со шепите за прицврстување

Во процесот на лупење, преносот на ротационото движење од главниот електромотор на вретеното со базириот трупец се врши преку главен запченик и преносни запченици. Односот помеѓу бројот на вртежи на главниот и меѓупреносниот запченик се движи од 1 : 5 до 1 : 10 кај современите машини, а 1 : 4 кај постарите типови машини.

3.2.3.3. Брзина на лупење

Брзината на лупење (v) зависи од дијаметарот на трупецот и од бројот на вртежи на вретеното. Брзината на лупење се пресметува според формулата:

$$v = D\pi n \text{ (m/min),}$$

каде што:

- D - дијаметар на трупецот (m);
- n - број на вртежи на вретеното (врт./min).

При константен број на вртежи на моторот, со намалување на дијаметарот на трупецот, брзината на лупење се намалува.

На почетокот на лупењето брзината е релативно голема, што го отежнува прифаќањето на фурнирот, а на крајот мала, што негативно влијае на капацитетот и финоста на површината на фурнирот. Со цел да се обезбеди континуирано производство и квалитетен фурнир, во текот на процесот на лупење, паралелно со намалувањето на дијаметарот на трупецот е неопходно да се зголемува брзината на лупење.

Континуираната брзина на лупење се обезбедува со односот:

$$\frac{n_{min}}{n_{max}} = \frac{D_{min}}{D_{max}}$$

Подрачјето во кое се изведува бесстепенно регулирање на бројот на вртежи изнесува:

$$\frac{n_{min}}{n_{max}} = 5 : 1 \text{ до } 10 : 1,$$

$$v = \frac{D_{max}\pi n_{min}}{60} = \frac{D_{min}\pi n_{max}}{60}$$

Кај современите машини за лупење, бројот на вртежи изнесува од 250 до 300 во минута, а максималниот број кај специјалните лупилки до 1 000 врт./min. Брзината на лупење под 30 m/min негативно влијае на финоста на површината на фурнирот.

Регулацијата на брзината на лупење, односно бројот на вртежи, може да се изврши на два начина: степенесто и бесстепенесто. Во современите технологии најчесто се користат лупилки со степенест електричен начин на регулирање (електромотор со 4 до 8 брзини) и бесстепенест електросистем со истонасочен мотор.

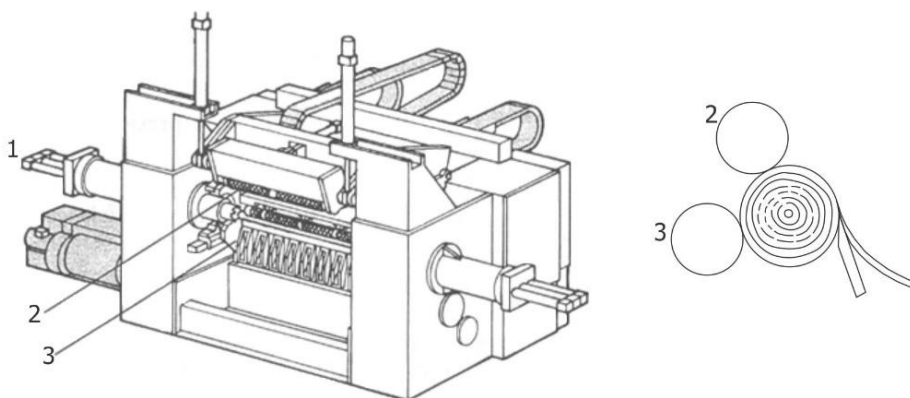
3.2.3.4. Периферно дополнително вртење на трупецот на машината за лупење

Во актуелните технологии на лупен фурнир се користат машини за лупење со дополнителен периферен погон на заоблениот трупец, што се постигнува со систем на погонети валјаци кои се вградени на лупилката по должина на базираниот трупец.

Валјациите за периферно вртење имаат мазна или фино нарежана површина. Со валјациите кои се површински обработени со зарези, со оглед на значително намаленото лизгање, се овозможува голем спепен на моќност на вртењето, бидејќи силите на погонот и отпорот на трупецот се спротивни и меѓусебно се неутрализираат, со што го елиминираат пролизгувањето и исфрлањето на трупецот од шепите за прицврстување.

Зарезите на валјациите поволно влијаат на намалување на внатрешните напрегања во фурнирот, што поволно влијае на рамноста на фурнирот.

Погонот на дополнителните валјаци е хидрауличен.



Слика 92. Машина за лупење со периферно дополнително вртење на трупецот [105]
1-хидрауличен погон; 2 и 3-дополнителни валјаци

Машините со дополнителен периферен погон се користат во процесот на лупење на фурнир со поголема дебелина, со нагласена разлика на својствата во зоната на рано и доцно дрво и сл.

3.2.3.5. Машина за лупење на фурнир без вретена за прицврстување

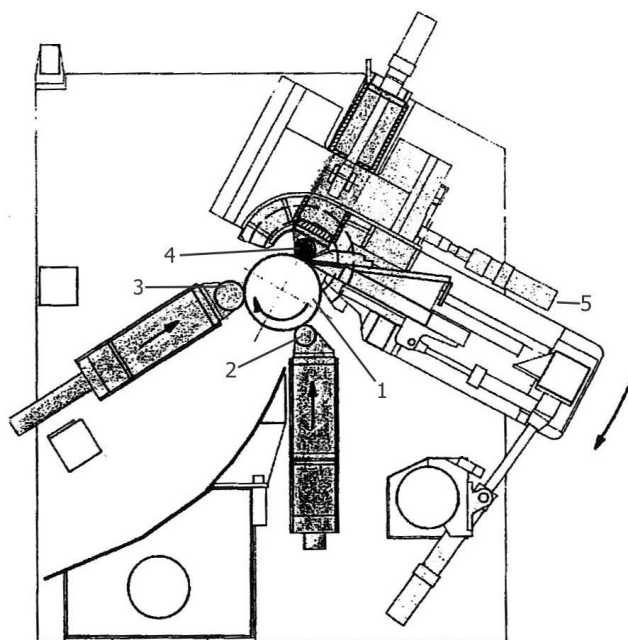
Во современите технологии на лупење се користат лупилки без вретена и шепа за прицврстување.

Машините за лупење без вретена и шепа за прицврстување првенствено биле развиени за понатамошна обработка на отпадните ролни од трупците кои се лупат на конвенционалните машини со вретена за прицврстување. Иако овој пристап бил присутен со децении, комерцијалното прифаќање останало ниско поради нивната репутација за производство на фурнир со низок квалитет, главно поради варијациите во дебелината на фурнирот.

Но, во последните децении технологијата на лупење на машини без вретена за прицврстување се разви многу брзо, пред сè како резултат на достапните шумски ресурси, особено на дрво со мал дијаметар од млади брзорастечки насади. Денес, многу од овие машини се користат за директна обработка на трупци со мал дијаметар, без претходно заокружување на трупецот на конвенционалните лупилки.

Лупилките без вретена се доста ефикасни во обработката на дрвни видови кои се подложни на распукување на краевите на трупецот. Овие трупци може да се лупат со намален ризик од понатамошно распукување во текот на лупењето, за разлика од лупењето на машините со вретена, каде притисокот од вретената предизвикува понатамошно зголемување на пукнатините.

Принципиелната шема на системот за лупење без вретена за прицврстување е прикажана на сликата 93.

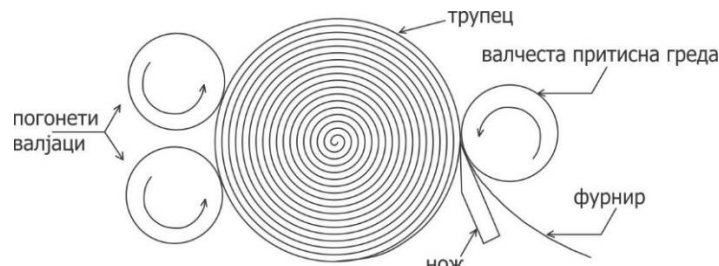


Слика 93. Машина за лупење без вретена за прицврстување [105]

- 1-претходно обработен трупец во форма на валјак, базиран помеѓу погонети валјаци;
- 2 и 3-погонет валјак за вртење на претходно заокружен трупец;
- 4-погонет валјак за вртење на претходно заокружен трупец кој има функција на валчеста притисна греда;
- 5-супорт со нож, хидрауличен притискувач на ротациона притисна греда и хидраулично движење на супортот во насока на стрелките на часовникот

Вртењето на претходно заокружениот трупец (1) се врши со помош на три погонети валјаци со должина која е соодветна на должината на трупецот. Наместо базирање на трупецот помеѓу вретена кои вршат ротационо движење, трупецот се поставува помеѓу три валјаци со индивидуален погон. Горниот валјак има функција и на валчеста притисна греда (4), а другите два погонети валјаци (2 и 3) го одржуваат трупецот во оптимална позиција во однос на ножот и горниот валјак. Позицијата на валјакот, дебелината на фурнирот,

аголот на лупење, степенот на притисок и други аспекти на режимот на лупење и контрола на процесот, автоматски се регулираат со помош на микропроцесор.



Слика 94. Шематски приказ на лупење без вретена за прицврстување



Слика 95. Машина за лупење без вретена за прицврстување [98]

На овие машини се лупат трупци со должина од 1 700 и од 2 800 mm. Максималниот дијаметар на трупците изнесува 400 mm, при максимална брзина на лупење од 200 m/min. Дијаметарот на отпадната ролна изнесува 50 mm. Добиените фурнири се со дебелина од 1 до 4,5 mm.

Машините без вретена за прицврстување нудат лупење на фурнир со висок квалитет, кусо помошно време на обработка и мал дијаметар на отпадната ролна. Од друга страна, на овие машини пред лупењето потребно е трупецот да се доведе во форма на валјак и на истите е лимитиран максималниот дијаметар на трупецот.

3.2.3.6. Супорт на машината за лупење - нож и притисна греда

Супортот се состои од:

- греда на ножот со нож и
- греда на притисната греда со притисна греда.

Во процесот на лупење, супортот врши сложено движење, односно се поместува кон оската на вртење на трупецот со истовремено завртување околу оската која поминува низ врвот на острицата на ножот.

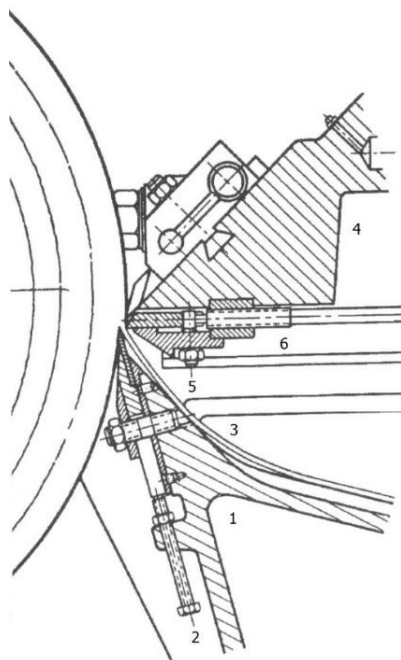
Ножот како алат е непосредно врзан за гредата на ножот со завртки (кај постари типови машини) или се поставува со помош на држач на нож, што има предност, бидејќи се скратува времето на промена и местење на ножот.

Кај најновите типови лупилки, ножот без отвори за завртки хидраулично се поставува на држачот на ножот, со што времетраењето на промената на ножот се сведува на една до две минути.

Ножот како алат за лупење на фурнир се изработува од легиран челик. Тврдоста на ножевите за лупење на меки и средно тврди дрвни видови изнесува од 50 до 55 Роквелови единици, а за тврди видови од 58 до 60 Роквелови единици. Дебелината на ножот зависи од изведбата и од видот на челикот. За меки дрвни видови со густе години и тврди глуждови, аголот на острење (β) е од 20 до 23°, додека за тврди видови без нагласени разлики во тврдоста на раното и доцното дрво, аголот на острење изнесува од 16 до 20°.

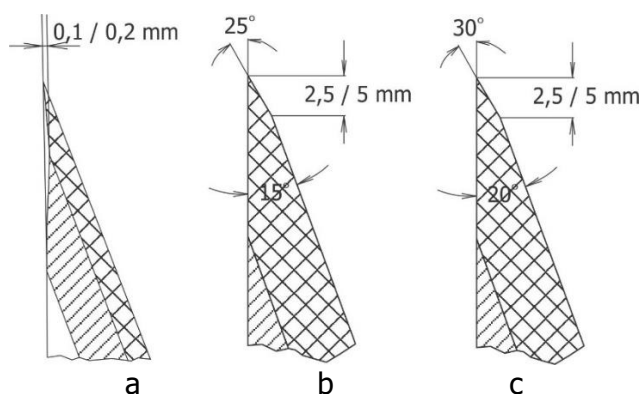
Шематскиот приказ на типовите и формата на остриците на ножот за лупење е даден на сликата 97.

Острењето на ножот се изведува со рамна фаза (острица) или со модификација во вид на два агла на острење (сл. 97 b, c) или со конкавна изведба (сл. 97 a).



Слика 96. Вертикален пресек на супорт на лупилка [105]

1-греда на ножот со нож, држач и притискувач на ножот; 2-завртка за регулација на положбата на ножот во вертикална рамнина; 3-завртка за регулација на положбата на ножот во хоризонтална рамнина; 4-греда на притиснатата греда со притисна греда и држач на притисна греда; 5-завртка за регулација на положбата на притиснатата греда во вертикална рамнина; 6-завртка за регулација на положбата на притиснатата греда во хоризонтална рамнина



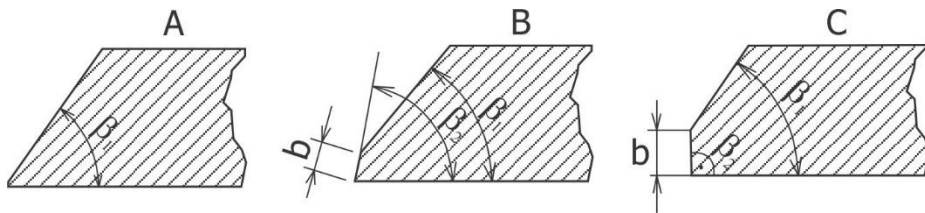
Слика 97. Нож на лупилка, форма и типови на острица [105]

Во табелата 19 е прикажана зависноста на аголот на острење од дрвниот вид и дебелината на фурнирот.

Табела 19. Зависност на аголот на острење од дрвниот вид и дебелината на фурнирот

Дрвен вид	Агол на острење за дебелина на фурнир	
	до 2,5 mm	над 2,5 mm
бука, бор, ариш	20÷22°	22÷24°
ела	25°	25°
липа, бреза, евла	18÷21°	20÷22°

Притисната греда се изработува од легиран челик со тврдост од 24 до 48 Роквелови единици. Во практика, притисните греди се изработуваат со различни пресеци (сл. 98).



Слика 98. Типови на притисни греди [105]

Формата на притисната греда зависи од дрвниот вид и од дебелината на фурнирот. Дебелината на притисната греда се движи од 12 до 18 mm, а ширината од 50 до 80 mm. Аголот на острење (β), зависно од типот на притисната греда, се движи од 45 до 80°.

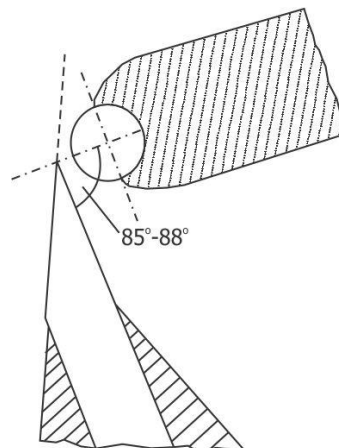
За лупење на тенки фурнири се користи притисна греда тип A (сл. 98) со агол на острење $\beta_1 = 45 \div 60^\circ$ и радиус на заоблување на острицата од 0,1 до 0,2 mm.

За лупење на подебели фурнири се користат притисни греди тип B и C (сл. 98). Аголот на острење кај тип B изнесува $\beta_1 = 45 \div 60^\circ$, $\beta_2 = 60 \div 80^\circ$, додека кај тип C, $\beta_1 = 50 \div 60^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$.

Во актуелните технологии на производство на лупен фурнир се користат и притисни греди во форма на валјак (сл. 99) со дијаметар од 15 до 20 mm. Овие притисни греди се посебно погодни за лупење на подебели фурнири и фурнири кај кои постои голема разлика во тврдоста на раното и доцното дрво (иглолисни видови). На овој начин се избегнува појавата на зацепени иверки кои остануваат помеѓу ножот и притисната греда, се намалуваат оштетувањата на фурнирот, опаѓа отпорот на триење на дрвото и притисната греда и силите на лупење. Може да се користат погонети и непогонети притисни греди.

Аголот кој го затвора задната страна на ножот со резултатната на притисокот на валјакот која поминува низ врвот на острицата на ножот, изнесува од 85 до 88°.

Покрај ваквите типови на притисни греди, постојат и притисни греди во форма на насочена воздушна струја, но тие немаат голема практична примена.



Слика 99. Притисна греда во форма на валјак [105]

3.2.3.7. Регулирање на дебелината на фурнирот

За едно завртување на трупецот, ножот се поместува за дебелината на фурнирот. Во зависност од преносниот механизам на машината за лупење, дебелината на фурнирот (S) може да се пресмета според следните формули:

- кај менувачка кутија со брегасти спојници и кутија со променливи запченици:

$$S = t i_0 i_m i_n \text{ (mm)},$$

- кај Нортонова кутија со водечки запченици и комплет на преносни запченици:

$$S = ti_0 i_m z_n \text{ (mm)},$$

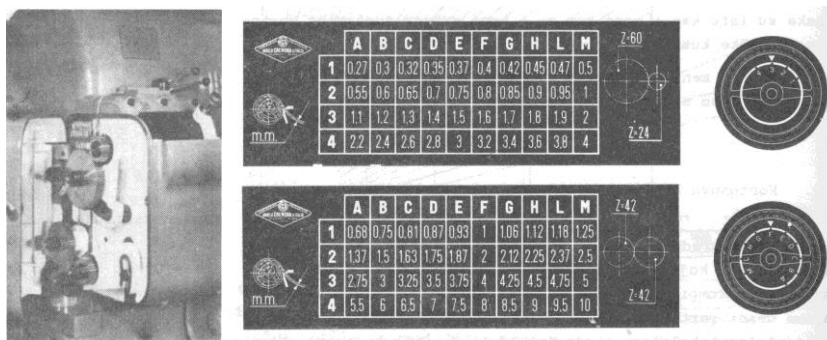
- кај менувачка кутија со водени запченици и менувачка кутија со променливи запченици:

$$S = ti_0 \frac{i_m}{z_n} \text{ (mm)},$$

каде што:

- t - од на завојницата;
- i_0 - постојан преносен број на непроменливите кинематски прстени;
- i_m - променлив преносен број на запчениците и на преносните запченици;
- i_n - променлив преносен број на запчениците на менувачката кутија со брегаста спојница;
- z_n - број на запци на запченикот од Нортоновата менувачка кутија.

На лупилката во непосредна близина на Нортоновата кутија се наоѓаат метални плочки на кои се прикажани можностите за избор на дебелина на фурнирот со определена комбинација на запчениците. Кај современите лупилки регулирањето на дебелината е автоматизирано со микропроцесор со користење на дигитален систем.



Слика 100. Нортонова кутија со табели за регулација на дебелината на фурнирот [108]

3.2.3.8. Ножеви за крајчење на фурнирот

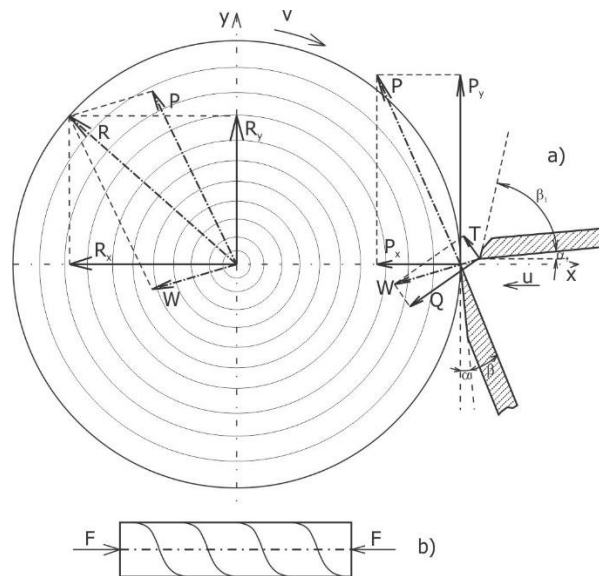
Дефинирањето на ширината на фурнирското платно на машината за лупење се врши со ножеви за крајчење кои се поставени на машината за лупење од двете страни. Меѓусебното растојание на ножевите ја определува ширината на фурнирското платно. Минималниот број на ножеви е два, на левиот и на десниот крај на базираниот трупец. Надмерот за крајчење на фурнирот изнесува 50 mm (2×25 mm). Бројот на ножеви за крајчење најчесто е до три и тоа: два за дефинирање на ширината на платното, кои се неподвижни (се поместуваат само при промена на должината на трупецот) и еден подвижен нож кој се користи во операцијата на заокружување на трупецот и дефинирање на ширината на фурнирските крпи. Повеќе ножеви за крајчење може да се користат во операцијата на лупење на кратки должини фурнир, наменети, на пр., за производство на отпесоци за седишта, наслони и сл.



Слика 101. Ножеви за крајчење на фурнирот [105]

3.2.3.9. Притискувач на трупецот

Во процесот на лупење врз трупецот делува систем на сили во чии рамки може да се разграничат: потсистем на напречни сили (а) и потсистем на аксијални сили (б) (сл. 102).



Слика 102. Систем на сили кои делуваат на трупецот во процесот на лупење [105]

Потсистемот на напречни сили (сл. 102а) го сочинуваат:

- P_x - сила на притисок на ножот;
- Q - сила на притисок на притисната греда;
- P_y - сила на продирање на ножот во трупецот;
- T - сила на триење помеѓу притисната греда и фурнирот;
- f - коефициент на триење помеѓу притисната греда и дрвото.

Потсистемот на аксијални сили (сл. 102б) го сочинуваат силите кои го прицврстуваат трупецот на челата ($F - F$).

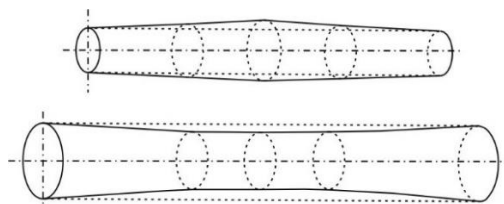
Силата на лупење (P) претставува резултанта од хоризонталната сила P_x и вертикалната сила P_y .

Силата на притисок W претставува резултанта на активната сила на притисок Q и силата на триење T .

R претставува сила која под определен агол, со падот на дијаметарот на трупецот сè поинтензивно предизвикува извиткување на трупецот. Потсистемот на аксијални сили исто така значително влијае на порастот на угибот на трупецот.

Делувањето на сите овие сили резултира со појава на пораст или пад на димензиите на отпадната ролна од едниот или од другиот крај кон средината од должината на трупецот. Ова доведува до добивање на фурнир со зголемена или со намалена дебелина во средина од фурнирското платно.

Деформациите на отпадната ролна при лупењето се прикажани на сликата 103.

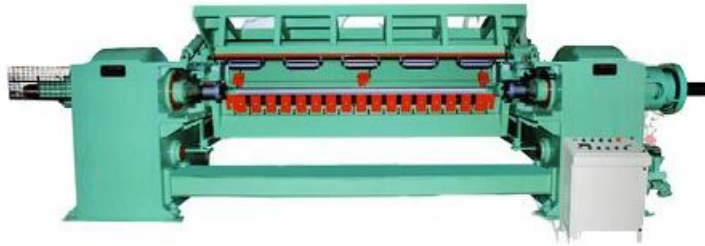


Слика 103. Деформации на отпадна ролна [105]

Деформациите на отпадната ролна во текот на лупењето може да се спречат со вградување на притискувач на трупецот на машината за лупење. Притискувачот врши

притисок врз трупецот во текот на лупењето во иста рамнина со резултантата R , но во спротивна насока.

Машина за лупење со вграден притискувач е прикажана на сликата 104.



Слика 104. Машина за лупење со вграден притискувач [39]

3.2.4. Основни техничко-технолошки параметри на лупење на фурнирот

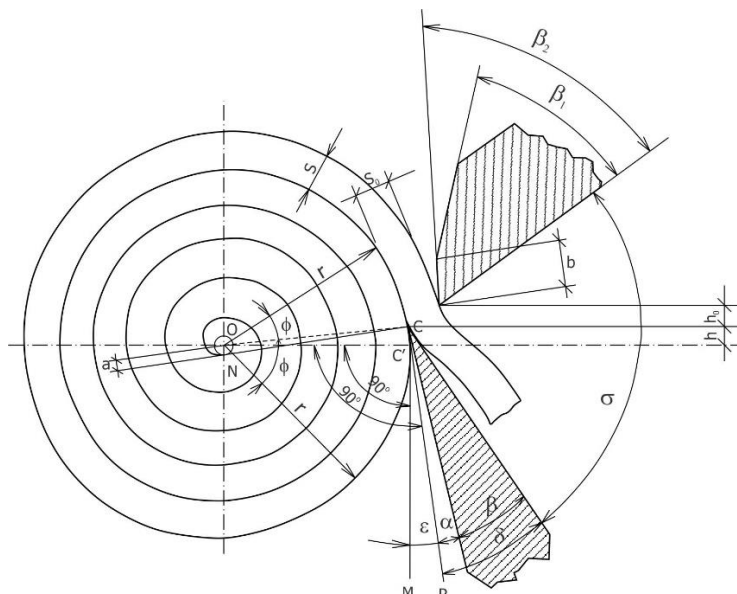
Квалитетот на фурнирот се огледува во точната и изедначена дебелина, присуството и големината на пукнатините од внатрешната страна на фурнирот, финоста на површината и механичките својства (јакост на свиткување и јакост на затегнување).

Со цел производство на квалитетен фурнир, потребно е елементите на лупењето, алатот и режимот на работа да се постават во определен меѓусебен однос.

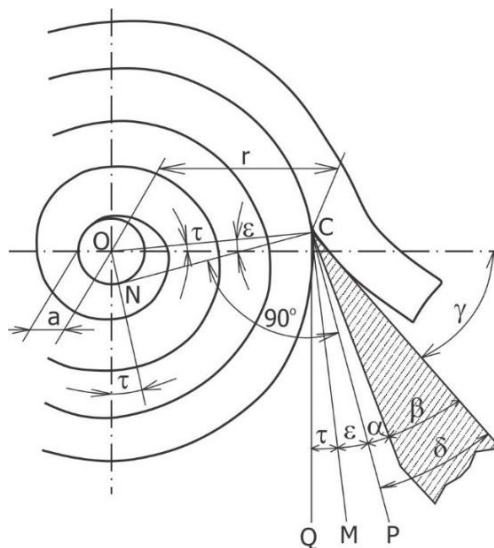
Основните параметри на меѓусебниот однос се следните:

- агол на острење на ножот (β);
- преден агол на ножот (γ);
- заден агол на ножот (α);
- агол на лупење (δ);
- дополнителен агол (ϵ);
- агол на прво острење на притисната греда (β_1);
- агол на второ острење на притисната греда (β_2);
- затापеност на острицата на притисната греда (b);
- агол помеѓу ножот и притисната греда (σ);
- дебелина на фурнирот (S);
- отвор на ножот - најкусо растојание помеѓу ножот и притисната греда (S_0);
- вертикална положба на острицата на ножот во однос на оската на вртење (h);
- вертикално растојание помеѓу ножот и притисната греда (h_0).

Елементите на лупењето се прикажани на сликата 105.



Слика 105. Елементи на лупењето [105]



Слика 106. Агли на ножот во процесот на лупење [105]

Аголот на лупење (δ) е агол кој го затвора предната страна на ножот со правецот PC, нормално на правецот CN, а го сочинуваат аголот на острење (β) и задниот агол (α) (сл. 106). Аголот на острење на ножот (β), не земајќи го предвид абењето, останува константен во текот на целиот процес на лупење. Големината на овој агол зависи од дрвниот вид и од квалитетот на челикот од кој е изработен. Задниот агол (α), во текот на процесот на лупење се менува, така што од односот $\delta = \alpha + \beta$ произлегува дека вредноста на аголот на лупење (δ) во процесот на лупење се менува онолку колку што се променила вредноста на задниот агол (α). Задниот агол (α) спаѓа во параметрите кои имаат големо влијание врз квалитетот на фурнирот добиен со лупење.

Во табелата 20 се дадени најповолните агли на лупење во зависност од дрвниот вид, според Колман [89].

Табела 20. Агли на лупење за различни дрвни видови [89]

Дрвен вид	Агол на лупење- δ
Орев	$15 \div 17^\circ$
Даб	17°
Бреза	$18 \div 20^\circ$
Бука	$20 \div 21^\circ$
Окуме	22°
Топола	$22 \div 23^\circ$
Смрча	$20 \div 21^\circ$

Задниот агол на ножот (α) е мал агол. Големината на задниот агол се одбира врз основа на дијаметарот на трупецот кој се лупи. При дијаметар на трупецот до 300 mm, задниот агол треба да биде во граници од $0^\circ 30'$ до $1^\circ 30'$, додека при дијаметри од 300 до 800 mm, задниот агол се движи од 2 до 3° .

Во процесот на лупење, задниот агол не останува константен, туку се менува во граници од 0 до 3° , но и покрај тоа неговото влијание на процесот и квалитетот на лупењето е доста голем. Ако вредноста на овој агол е на долната граница, задната страна на ножот врши преголем притисок на трупецот и како резултат на тоа доаѓа до недозволено триење, извиткување на трупецот и интензивно абење на виталните делови на машината. Во спротивен случај, ако вредноста на овој агол е над горната граница, ножот премногу навлегува во трупецот, што предизвикува вибрации на ножот и неправилен и рапав рез.

Карактерот и големината на промените на задниот агол на ножот се резултат на кинематиката на процесот на лупење, конструктивните карактеристики на машината и режимот на работата и подесеноста на машината.

Промените на задниот агол на ножот (α), кои настануваат како последица на кинематиката на процесот на лупење, се резултат на движењето на ножот по траекторијата на Архимедовата спирала. На почетокот од лупењето, кога дијаметарот на трупецот е голем, лакот на спиралата е благо закривен, а потоа, со опаѓањето на дијаметарот на трупецот, лакот на спиралата станува сè позакривен. Како резултат на тоа, при константен агол на острење на ножот (β) и константен преден агол (γ), задниот агол на ножот (α) се зголемува, ножот сè повеќе навлегува во дрвото, вибрациите се зголемуваат и квалитетот на фурнирот опаѓа. Менувањето на задниот агол во граници од $1^{\circ}30'$ до 3° не покажува негативно влијание врз дебелината и квалитетот на фурнирот. Од изнесеното следува дека при лупењето треба да се примени таков режим кој овозможува намалување на задниот агол во процесот на лупење.

Во случај кога врвот на острицата на ножот е во висина на оската на вртење ($h = 0$) или за $0,5 \text{ mm}$ над оската на вртење на трупецот ($h = 0,5$), вредноста на задниот агол на ножот се менува во граници од $3,3$ до $0,5^{\circ}$.

Во практика, задниот агол (α) не се мери помеѓу задната страна на ножот и линијата CP, туку помеѓу задната страна на ножот и вертикалата CM. Затоа се определува вредноста на дополнителниот агол (ε), затворен помеѓу линиите CM и CP, и се проценува дали може да биде занемарлив.

Од правоаголниот триаголник ONC (сл. 107) следува:

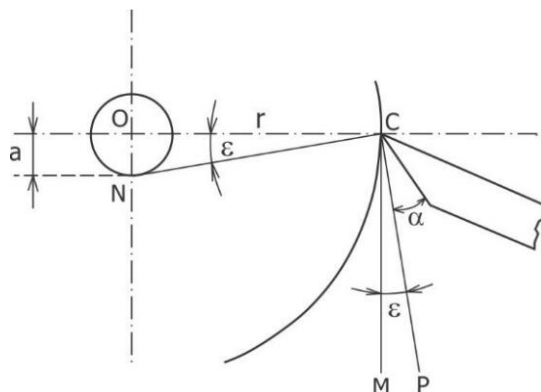
$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{a}{r} = \frac{S}{2r\pi},$$

каде што:

- ε - дополнителен агол;
- a - радиус на основниот круг на спиралата (mm);
- r - радиус на трупецот (mm).

Очигледно е дека со намалување на радиусот на трупецот, при постојана дебелина на фурнирот, дополнителниот агол (ε) се зголемува.

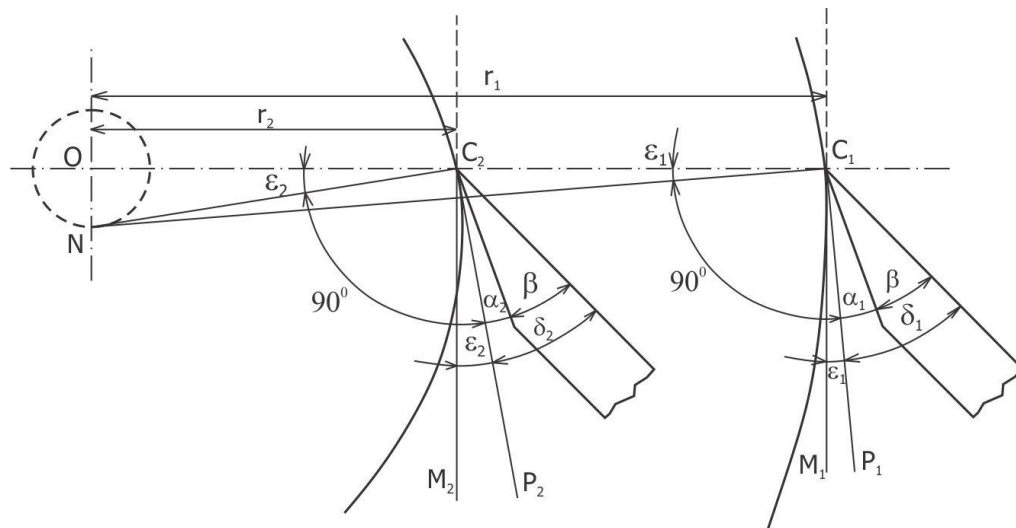
Бидејќи вредноста на „ a “ е мала, а вредноста на радиусот (r) е релативно голема, дополнителниот агол (ε) е мал. Затоа се смета дека задниот агол (α) може да се мери до вертикалата CM.



Слика 107. Мерење на задниот агол (α) [140]

Промените на задниот агол во зависност од промената на дополнителните агли се карактеристични во следните три случаи:

- кога врвот на острицата на ножот се наоѓа во висина на оската на вртење на трупецот (сл. 108);
- кога врвот на острицата на ножот се наоѓа над оската на вртење на трупецот (сл. 109);
- кога врвот на острицата на ножот се наоѓа под оската на вртење на трупецот (сл. 110).



Слика 108. Промена на задниот агол во зависност од дијаметарот на трупецот (случај I)

Случај I: Врвот на острицата на ножот се наоѓа во висина на оската на вртење на трупецот (сл. 108)

Точката С од врвот на острицата на ножот се движи по хоризонталната линија ОС, а наклонот на ножот кон вертикалата СМ не се менува.

Во првата положба, аголот затворен помеѓу предната страна на ножот и вертикалата C_1M_1 изнесува:

$$\delta_1 + \epsilon_1.$$

Во втората положба, аголот затворен помеѓу предната страна на ножот и вертикалата C_2M_2 изнесува:

$$\delta_2 + \epsilon_2.$$

Од условот дека овие агли не се менуваат во процесот на лупење, следува:

$$\delta_1 + \epsilon_1 = \delta_2 + \epsilon_2 = \text{const.},$$

или

$$\delta_2 = \delta_1 - (\epsilon_2 - \epsilon_1) = \delta_1 - \Delta\epsilon.$$

Во процесот на лупење, со намалување на дијаметарот на трупецот, дополнителниот агол (ϵ) расте ($\epsilon_2 > \epsilon_1$). Следствено $\Delta\epsilon > 0$.

Бидејќи во процесот на лупење, аголот на остриење на ножот (β) останува константен, односно:

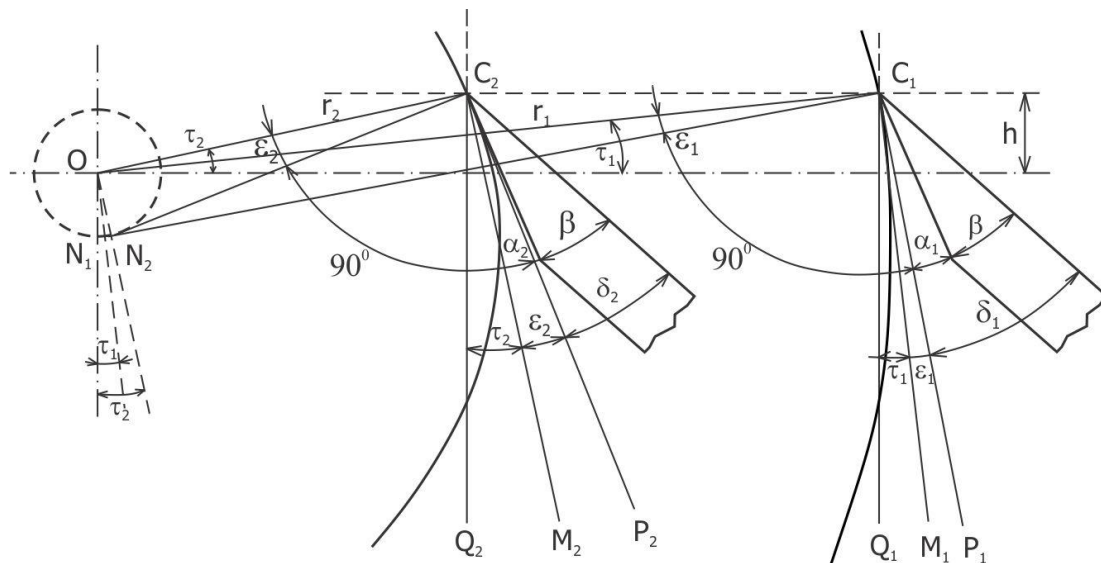
$$\beta_1 = \beta_2 = \text{const.},$$

ќе следува:

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \Delta\epsilon,$$

односно, при лупење на фурнир во случај кога врвот на острицата на ножот се наоѓа во висина на оската на вртење на трупецот, со намалување на дијаметарот на трупецот, задниот агол (α) се намалува за разликата на дополнителните агли.

Случај II: Врвот на острицата на ножот се наоѓа на растојание „h“ над оската на вртење на трупецот (сл. 109)



Слика 109. Промена на задниот агол во зависност од дијаметарот на трупецот (случај II)

Во случајот II постои следната поставеност:

$$\begin{aligned} CM &\perp r; \\ NC &\perp CP; \\ CQ &\text{ - вертикала.} \end{aligned}$$

Аголот τ , затворен помеѓу CM и CQ е променлив како што $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ е секогаш позитивен број.

Точката C од врвот на острицата на ножот се движи по хоризонталата C_1C_2 , а аголот затворен помеѓу предната страна на ножот и вертикалата CQ станува константен.

Следствено на тоа:

$$\begin{aligned} \delta_1 + \varepsilon_1 + \tau_1 &= \delta_2 + \varepsilon_2 + \tau_2 = \text{const.}, \\ &\text{или} \\ \delta_2 &= \delta_1 - (\Delta\tau + \Delta\varepsilon). \end{aligned}$$

Бидејќи

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \alpha_1 + \beta_1, \\ \delta_2 &= \alpha_2 + \beta_2, \\ \beta_1 &= \beta_2 = \text{const.}, \\ \Delta\tau &> 0, \\ \Delta\varepsilon &> 0, \end{aligned}$$

ќе следува:

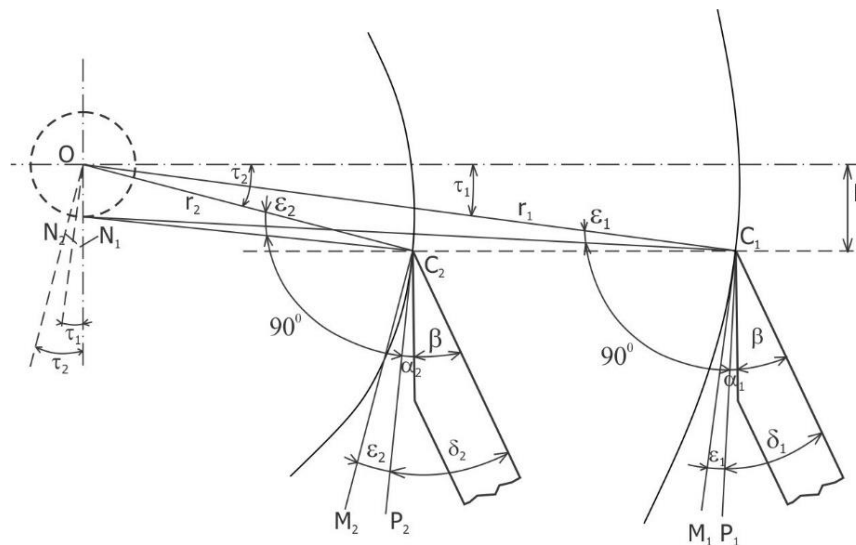
$$\alpha_2 = \alpha_1 - (\Delta\tau + \Delta\varepsilon),$$

односно, при лупење на фурнир во случај кога врвот на острицата на ножот се наоѓа на висина „h“ над оската на вртење на трупецот, со намалување на дијаметарот на трупецот, задниот агол (α) се намалува за сумата на промената на дополнителните агли.

Кога $\Delta\tau + \Delta\varepsilon = \alpha_1$, задниот агол $\alpha_2 = 0$.

Кога $\Delta\tau + \Delta\varepsilon > \alpha_1$, задниот агол α_2 добива негативна вредност.

Случај III: Врвот на острицата на ножот се наоѓа на растојание „h“ под оската на вртење на трупецот (сл. 110). Лупењето се врши по траекторија на еволвента.



Слика 110. Промена на задниот агол во зависност од дијаметарот на трупецот (случај III)

Во случајот III постои следната поставеност:

$$\begin{aligned} CM &\perp r; \\ NC &\perp CP. \end{aligned}$$

Точката С од врвот на острицата на ножот се движи по хоризонталата C_1C_2 , а наклонот на ножот кон вертикалата останува константен.

Следствено на тоа:

$$\begin{aligned} (\delta_2 + \epsilon_2) - (\delta_1 + \epsilon_1) &= \tau_2 - \tau_1, \\ \text{или} \\ \delta_2 &= \delta_1 + (\Delta\tau - \Delta\epsilon). \end{aligned}$$

Бидејќи

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \alpha_1 + \beta_1, \\ \delta_2 &= \alpha_2 + \beta_2, \\ \beta_1 &= \beta_2 = \text{const.}, \end{aligned}$$

ќе следува:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + (\Delta\tau - \Delta\epsilon),$$

односно, при лупење на фурнир во случај кога врвот на острицата на ножот се наоѓа на растојание „h“ под оската на вртење на трупецот, со намалување на дијаметарот на трупецот, задниот агол (α) се зголемува за разликата на промената на дополнителните агли ($\Delta\tau - \Delta\epsilon$).

При овој режим на лупење (случај III) можни се три случаи на промена на задниот агол:

1. Кога $h = a$:

Од сликата 110 се гледа дека:

$$\sin \tau = \frac{h}{r}.$$

Од условот $h = a$, следува:

$$\sin \tau = \frac{a}{r}.$$

Бидејќи

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{a}{r},$$

следува дека:

$$\sin \tau = \operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\sin \varepsilon}{\cos \varepsilon}.$$

Бидејќи аголот ε е многу мал, може да се примени следното: $\cos \varepsilon = 1$. Во тој случај: $\sin \tau = \sin \varepsilon$.

Од ова равенство следува дека: $\tau = \varepsilon$, односно: $\Delta \tau = \Delta \varepsilon$, а од формулата $\alpha_2 = \alpha_1 + (\Delta \tau - \Delta \varepsilon)$ ќе следува дека $\alpha_2 = \alpha_1$, односно, кога $h = a$, задниот агол останува непроменет.

2. Кога $h > a$:

$\Delta \tau > \Delta \varepsilon$, односно: $\Delta \tau - \Delta \varepsilon > 0$, односно задниот агол се зголемува за разликата $\Delta \tau - \Delta \varepsilon$.

3. Кога $h < a$:

$\Delta \tau < \Delta \varepsilon$, односно: $\Delta \tau - \Delta \varepsilon < 0$, а од формулата $\alpha_2 = \alpha_1 + (\Delta \tau - \Delta \varepsilon)$ ќе следува дека задниот агол се намалува за разликата $\Delta \tau - \Delta \varepsilon$.

Влијанието на положбата на ножот, како елемент на подесување на машината, математички е дефинирано. Кога ќе се споредат можните три варијанти ($h=+$; $h=0$; $h=-$) произлегува дека положбата на врвот на острицата на ножот $h=+$ и $h=0$ обезбедуваат намалување на задниот агол на ножот (α) со намалување на дијаметарот на трупецот, што повеќе или помалку е добро под услов да не се надмине границата под која доаѓа до појава на зголемен притисок од задната страна на ножот врз трупецот и тенденција на ножот да излезе од трупецот. Наспроти ова, во случај кога острицата на ножот е под оската на вртење на трупецот (случај III, $h=-$), со намалување на дијаметарот на трупецот доаѓа до зголемување на задниот агол, што не е добро, бидејќи како резултат на тоа доаѓа до преголемо навлегување на ножот во трупецот, големи вибрации, лош квалитет на фурнирот и интензивно абеење на деловите од машината.

3.2.4.1. Степен на притисок на притисната греда

При слободно лупење (без впресување на дрвото - лупење без притисна греда), под дејство на силата на режење дрвото се сече и се формира фурнирско платно со едновремена појава на пукнатини на внатрешната страна на фурнирот. Затоа, при изработка на фурнирот основното внимание треба да биде насочено кон добивање на рамна, мазна површина на фурнирското платно со изедначена дебелина.

Лупењето без притисна греда доведува до намалување на квалитетот на фурнирското платно што се огледува преку следното:

- распукување на фурнирското платно на сегменти со должина од две до три дебелини на фурнирот;
- по лупењето дебелината на фурнирот се зголемува за 3 до 8 %;
- изразена рапавост.

Зголемувањето на дебелината на фурнирското платно во однос на номиналната дебелина како резултат на лупењето без притисна греда е поврзано со појавата на големо количество на пукнатини од внатрешната страна на фурнирот, кои се под агол во однос на дебелината на фурнирот што резултира со зголемување на неговата дебелина (сл. 111).

Пукнатините на внатрешната страна на фурнирот водат и до намалување на неговата јакост, што може да се види и од податоците дадени во табелата 21.

Појавата на пукнатини на внатрешната страна на фурнирското платно се должи на напрегањата на затегнување напречно на влакната, кои се создаваат од деформацијата на дрвото во процесот на лупење на фурнирот.

Деформацијата на дрвото при добивање на лупен фурнир е двојна. Во основа, дрвениот слој (фурнирот) е принуден да добие рамна форма. Потоа, лизгајќи се по предната страна на ножот тој добива свиена форма, спротивна на формата на дрвениот слој во трупецот.

Напрегањата коишто се создаваат во фурнирот како резултат на добивање на рамна и свиена форма се соодветно:

$$\sigma_1 = \frac{E \times S}{2 \times \rho_1} \text{ и}$$

$$\sigma_2 = \frac{E \times S}{2 \times \rho_2},$$

каде што:

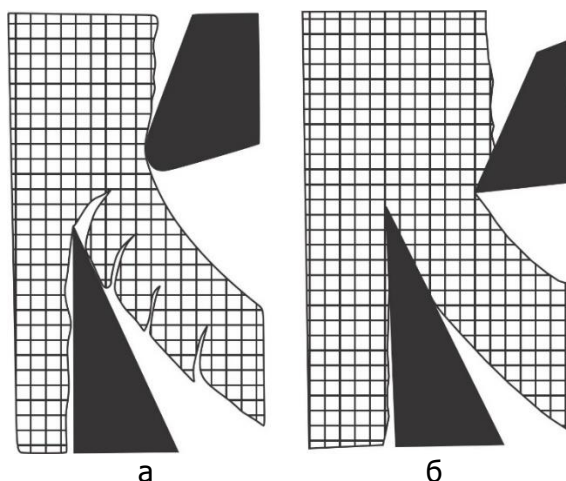
- E - модул на линеарна деформација на дрвото;
- S - дебелина на фурнирот (mm);
- ρ_1 - радиус на кривината на дрвениот слој во трупецот, кој е еднаков на радиусот на трупецот во моментот на лупењето;
- ρ_2 - радиус на кривината на фурнирот во новата свиена форма.

Карактерот на деформацијата на фурнирот е таков, што напрегањата σ_1 и σ_2 се сумираат и општите напрегања на фурнирот ќе бидат:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2.$$

Познавањето на овие појави, поврзани со лупењето на фурнирот има големо значење при изборот на параметрите на аглите при лупењето и при центрирањето на ножот на машината за лупење, бидејќи преку нив е можно регулирање на напрегањата σ_2 .

Зависноста помеѓу аголот на сечење δ и радиусот на кривината ρ_2 е обратнопропорционална, односно колку е поголем аголот на сечење δ , до толку ќе биде помала вредноста на радиусот ρ_2 , а последователно на тоа, поголеми ќе бидат напрегањата σ_2 . Од оваа гледна точка, логичен ќе биде стремезот за намалување на аголот на сечење δ . Ако се има предвид дека $\delta = \alpha + \beta$ и дека α е мал агол при што неговото намалување е ограничено, тогаш станува јасно дека намалувањето на аголот на сечење δ ќе биде на сметка на аголот на острење на ножот β . Но, од друга страна, намалувањето на аголот на острење на ножот β води до поголема нестабилност на острицата на ножот, што може да предизвика негово оштетување, посебно при лупење на тврди дрвни видови или на трупци со тврди глуждови. Оттука, станува јасно дека можностите за намалување на аголот на острење β се ограничени.



Слика 111. Лупење на фурнир [140]
а-без впресување на дрвото; б-со впресување на дрвото

Табела 21. Јакост на затегнување на брезови примероци со влажност од 10 % добиени со бичење и лупење на дрвото

Насока на силата на затегнување	Јакост на затегнување (МПа)	
	Примероци добиени со бичење	Лупен фурнир
Паралелно на дрвните влакна	150÷160	110÷130
Напречно на дрвните влакна	10÷11	2,5÷4

Денес не постојат машини со „слободно лупење“, односно кај сите е задолжително лупење со користење на притисна греда. Појавите кои настануваат во моментот на одвојување на фурнирот од трупецот се поврзани со создавање на „иницијални“ пукнатини. Ова е востановен термин за пукнатини кои настануваат при лупење без дејство на притисна греда пред врвот на острицата на ножот која делува како клин.

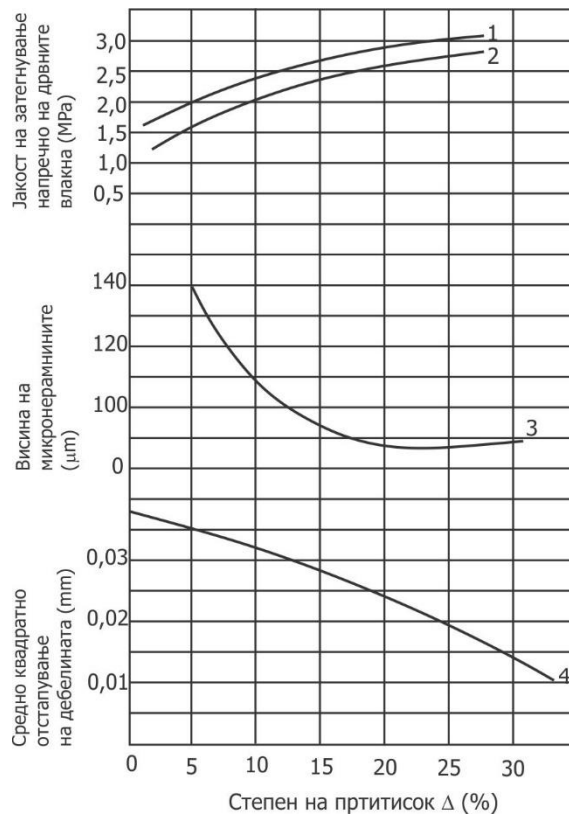
Под дејство на притисната греда дрвните влакна пред ножот немаат можност да се раздвојат пред да почне на нив да делува ножот. Во тој случај, дејството на ножот како клин е елиминирано, влакната не се цепат, туку се пресекуваат, а ножот може доследно да ја следи својата траекторија, со што добиениот фурнир има изедначена дебелина и фина површина.

Основната улога на притисната греда е да изврши правилен распоред на притисокот насочен нормално на дрвните влакна, со што ќе се намалат деформациите и напрегањата во фурнирот чии дрвни влакна настојуваат да се вратат во првобитната форма и положба што ја имале пред лупењето.

Притисната греда создава значителна зона на притисок која се простира во длабочина по радиус на трупецот. Впресувањето - згуснувањето на дрвото кое е во непосредна близина до острицата на притисната греда достигнува од 30 до 40 %.

При сечењето на дрвниот слој со ножот и неговото минување помеѓу предната страна на ножот и притисната греда, доаѓа до згуснување на слојот во радијална насока. Силите на триење помеѓу фурнирот, ножот и притисната греда се причина, пак, за згуснување на фурнирот во тангенцијална насока. Поради ова, напрегањата по напречниот пресек на фурнирот се прераспределуваат, така што напрегањата на притисок по притиснатата страна на фурнирот се зголемуваат, а напрегањата на затегнување по отпуштената (внатрешната) страна на фурнирот се намалуваат.

Со зголемување на степенот на притисок до определена вредност, квалитетот на фурнирот се подобрува. Јакоста на затегнување напречно на влакната се зголемува, а рапавоста на површината и отстапувањата на дебелината на фурнирот се намалуваат (сл. 112).



Слика 112. Влијание на степенот на притисок „ Δ “ врз квалитетните показатели на брезов фурнир [140]

1-при $S = 1,5 \text{ mm}$ и $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; 2-при $S = 2 \text{ mm}$ и $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; 3-при $S = 1,55 \text{ mm}$, $h = 0$, $\alpha = 1^\circ 30'$ и $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; 4-при $S = 1,55 \text{ mm}$, $h = 0$, $h_0 = 0,4$, $\alpha = 1^\circ 30'$ и $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Фактичката дебелина на фурнирот на излезот од зоната на притискање се разликува од номиналната дебелина на фурнирот „ S “ која е еднаква на поместот на супортот за едно завртување на вретената на машината за лупење.

Податоците од испитувањата на Г. М. Шварцман, кои ги наведува Шишков [140] (таб. 22) покажуваат дека фактичката дебелина на влажниот фурнир е поголема од номиналната дебелина на фурнирот. Авторот забележува дека и при највисокиот степен на притисок, во процесот на лупење добиениот фурнир има макар и мали пукнатини кои водат до зголемување на дебелината на фурнирот. Тоа се потврдува со фактот дека јакоста на затегнување на фурнирот е помала во споредба со масивното дрво.

Податоците дадени во табелата 22 покажуваат дека впресувањето на дрвото во процесот на лупење не доведува до значително зголемување на густината на фурнирот.

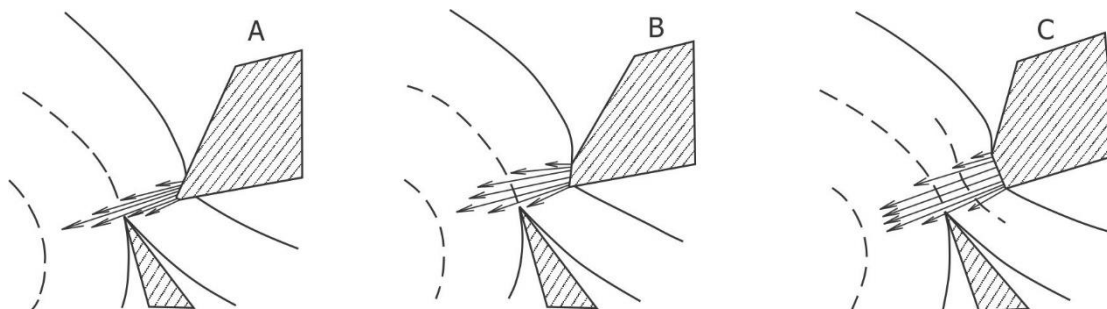
Табела 22. Фактичка дебелина на фурнирот (според Шварцман) [140]

Температура на трупците ($^\circ\text{C}$)	Степен на притисок (Δ) (%)	Фактичка дебелина на влажен фурир (mm)	Фактичка дебелина на сув фурнир со $W=6\div 7 \%$ (mm)
30	0	1,628	1,526
30	10	1,608	1,515
30	20	1,564	1,458
30	30	1,534	1,428
18	20	1,575	1,472
30	20	1,564	1,458
45	20	1,562	1,451

Распоредот на притисокот зависи од формата на острицата на притисната греда и брзината на лупењето. Во зависност од типот на гредата, распоредот на притисокот е прикажан на сликата 114.



Слика 113. Пукнатини на буков фурнир со дебелина од 3 mm [111]



Слика 114. Распоред на притисокот во зависност од типот на притисната греда [105]

Кај притисната греда тип А, притисокот со голем интензитет е сконцентриран на мало подрачје, од што произлегува дека оваа форма на острица се користи за тенки фурнири со дебелина до 1 mm.

Во табелата 23 се дадени вредностите за ширината „b“ на острицата на притисната греда тип А во зависност од дебелината на фурнирот и од степенот на притисок.

Табела 23. Вредности за ширината „b“ на острицата на притисната греда тип А (според А. В. Андерсен) [105]

S (mm)	1	1,5	2	3
Δ	15	20	25	25
b (mm)	1,5	2,5	4	6

Основната разлика помеѓу остриците на притисните греди тип В и С е во тоа што на подрачјето на затапениот дел на острицата, кај притисната греда тип В, притисокот постепено опаѓа, додека на истото подрачје кај притисната греда тип С, притисокот останува константен.

Е. Г. Кротов [105] дава податоци за вредноста „b“ кај притисната греда со форма на острица тип С, во зависност од дебелината на фурнирот и од тврдоста на дрвото (таб. 24).

Табела 24. Вредности за ширината „b“ на острицата на притисната греда тип С [105]

Степен на тврдост на дрвото	Дебелина на фурнирот „S“ (mm)	Ширина b (mm)
меко	до 2,0 mm	1,3÷2,0
средно тврдо и тврдо	до 3,0 mm	3,0
меко	до 3,0 mm	3,0
средно тврдо и тврдо	до 6,0 mm	4,0÷5,0
меко	до 6,0 mm	4,0÷5,0

Со пораст на аголот на острење на притисната греда, растат силите на триење и лупењето е со негативни последици, поголема потрошувачка на енергија и поголемо оптоварување на ножот.

Големината на степенот на притисок (Δ) во процесот на лупење се пресметува според формулата:

$$\Delta = \frac{S - S_0}{S} \times 100 (\%),$$

$$S_0 = S \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) (\text{mm}),$$

каде што:

- S - дебелина на фурнирот (mm);
- S_0 - најкусо растојание помеѓу ножот и притисната греда (mm).

Степенот на притисок зависи од дрвниот вид, дебелината на фурнирот, влажноста и температурата на трупецот. За тврди дрвни видови, поголема дебелина, пониска влажност и пониска температура се применува повисок степен на притисок.

Степенот на притисок (Δ) просечно изнесува од 10 до 30 %.

Табела 25. Оптимален степен на притисок при лупење [105]

Дебелина на фурнир (mm)	Температура на трупците при лупење (евла и бреза) (°C)	Температура на трупците при лупење (бор) (°C)	Степен на притисок (Δ) (%)
до 0,6	20÷25	30÷40	5÷15
0,6÷0,8	20÷25	30÷40	10÷20
0,8÷1,5	25÷35	40÷50	15÷25
1,5÷2,5	25÷35	40÷50	20÷30
над 2,5	35÷45	45÷55	25÷35

Во зависност од дрвниот вид и од дебелината на фурнирот, оптималниот степен на притисок може да се пресмета според следните формули:

- при лупење на фурнир од бреза, бука, смрча, бор и ариш:

$$\Delta = 7S + 9 (\%),$$

- при лупење на фурнир од евла, топола и липа:

$$\Delta = 7S + 14 (\%),$$

каде што:

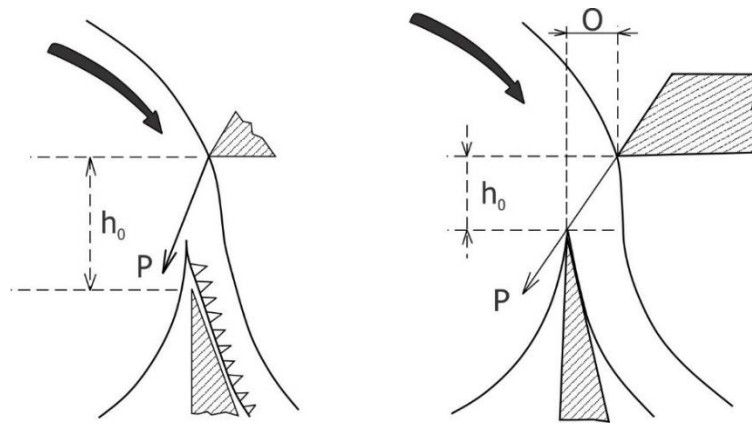
- S - дебелина на фурнирот (mm).

Овие зависности покажуваат дека постои правопрпорционална зависност помеѓу дебелината на фурнирот и степенот на притисок, односно со зголемување на дебелината на фурнирот се зголемува и степенот на притисок.

Николиќ [108] и Мешиќ [105] ги наведуваат следните зависности во однос на степенот на притисок, според Иршиќ:

- за меко дрво: $S_0 = 0,755S$;
- за тврдо дрво: $S_0 = 0,855S$.

Правилната положба на притисната греда во однос на острицата на ножот има значајно влијание врз квалитетот на фурнирот и појавата на пукнатини од отпуштената страна на фурнирот. Насоката на нападната сила која ја создава притисната греда на местото на допир со фурнирот треба да поминува низ врвот на острицата на ножот. Неправилно поставената притисна греда доведува до лош рез, поголема потрошувачка на енергија при лупењето, појава на големи напрегања и оштетување на острицата на ножот. Доколку притисокот е насочен над острицата на ножот, лупењето се одвива како слободно лупење и улогата на притисната греда целосно се губи (сл. 115).



Слика 115. Правилна и неправилна положба на притисната греда [97]

На сликата 117 се дадени параметрите на аглите и линеарните параметри кои ја дефинираат положбата на притисната греда во однос на ножот на машината за лупење. Овие параметри се следните:

- заден агол на притисната греда (α_1);
- агол на острење на притисната греда (β_1);
- агол на поставување на притисната греда (δ_1);
- преден агол на притисната греда или агол на пресување (γ_1);
- најкусо растојание помеѓу ножот и притисната греда (S_0) (светол отвор);
- вертикално растојание помеѓу ножот и притисната греда (h_0);
- агол помеѓу предната страна на ножот и задната страна на притисната греда (σ).

Аголот на острење на притисната греда најчесто се движи во граници од 45 до 50 °. Профилот на притисната греда се определува од ширината „b“ на острицата на притисната греда и од аголот на острење β_2 . Ширината на острицата на притисната греда се пресметува по формулата:

$$b = \sqrt{r^2 \sin^2 \gamma_1 + \frac{2rs\Delta}{100}} - r \sin \gamma_1 \text{ (mm)},$$

каде што:

- r - радиус на трупецот (mm);
- γ_1 - преден агол на притисната греда (се препорачува $\gamma_1 = 5 \div 7^\circ$);
- Δ - степен на притисок (%).

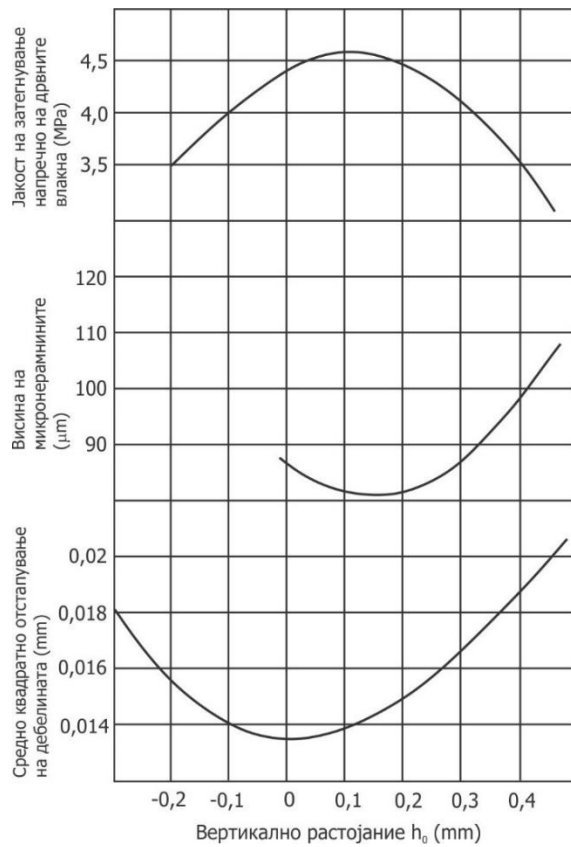
Аголот помеѓу предната страна на ножот и задната страна на притисната греда (σ), претставува константна величина и за определен тип на лупилки се движи од 75 до 85°.

Големо влијание врз квалитетот на фурнирот покажува положбата на притисната греда во однос на ножот, која се определува од линеарните параметри S_0 и h_0 . Растојанието (h_0) помеѓу врвот на ножот (A) и врвот на притисната греда (B) во вертикална рамнина претставува променлива величина која зависи од дебелината на фурнирот и за дебелини од 0,25 до 3 mm изнесува од 0,1 до 0,8 mm.

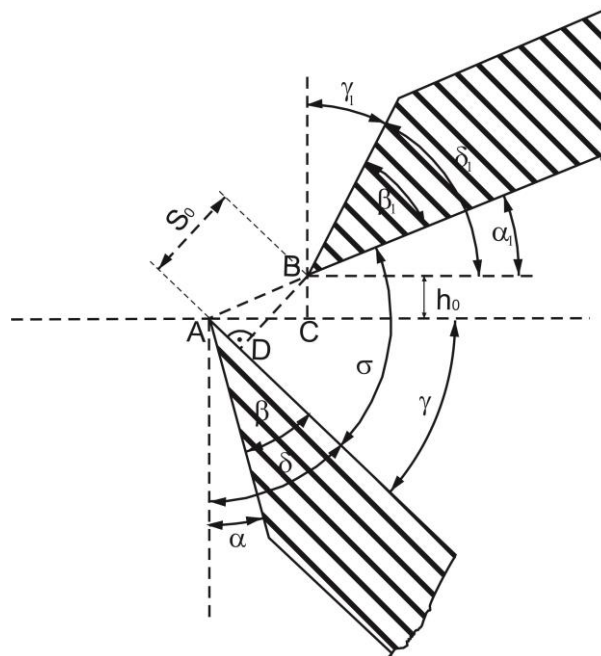
Експериментално е утврдено дека најдобар квалитет на фурнирот при користење на притисна греда со остар профил се постигнува при определување на вертикалното растојание (h_0) по формулата:

$$h_0 = (0,1 \div 0,125) \times S \text{ (mm)}.$$

Оптималноста на вака добиените вредности се потврдува од прикажаните зависности на графиконот прикажан на сл. 116.



Слика 116. Влијание на вертикалното растојание (h_0) меѓу ножот и притиснатата греда врз квалитетните показатели на брезов фурнир при $S = 1,5 \text{ mm}$, $\Delta = 20 \%$, $\alpha = 1^\circ 30'$ и $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ [140]



Слика 117. Положба на притиснатата греда во однос на ножот [108]

Од поставеноста на притиснатата греда во однос на ножот прикажана на сликата 117, вертикалното растојание (h_0) може да се прикаже преку следните зависимости:

– од триаголникот ABC следува:

$$h_0 = AB \times \sin(\sigma - \gamma) = \frac{S_0}{\sin \sigma} \times \sin[\sigma - (90 - \delta)] \text{ (mm)},$$

- од триаголникот ABD следува:

$$AB = \frac{S_0}{\sin \sigma} \text{ (mm)},$$

- бидејќи:

$$S_0 = S \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) \text{ (mm)},$$

- следува:

$$h_0 = \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) \times \left(\sin \delta - \frac{\cos \delta}{\tan \sigma}\right) \text{ (mm)}.$$

Во процесот на лупење под дејство на притисната греда дрвото испушта дел од влагата и добиената вода ја облива притисната греда. Колку е поголемо впресувањето, толку е поширок водениот слој над притисната греда. Ширината и рамномерноста на водениот слој во практиката се користи за оцена на големината и рамномерноста на притисокот што го остварува притисната греда.

Според податоците на А. В. Андерсен коишто ги наведува Шишков [140], при лупење на брезови трупци, количеството на одделената вода во проценти за секој процент на степен на притисок изнесува: при влажност на дрвото од 80 до 100 % - од 0,4 до 0,7 %; при влажност на дрвото над 100 % - од 0,5 до 0,8 %. Последователно, ова значи дека при влажност на трупците од 80 % и степен на притисок од 20 %, влажноста на фурнирот ќе се намали за 8 до 14 %. Ова ќе влијае на зголемување на производноста на сушилниците и намалување на потрошувачката на водна пара при сушење на фурнирот.

3.2.4.2. Прилагодување и контрола на основните технолошки параметри на лупилката

Ножот на машината за лупење е правилно поставен кога:

- линијата на врвот на острицата на ножот по висина и по растојание е паралелно поставена во однос на оската на вртење на трупецот;
- задниот агол (α) на почетокот и крајот на лупењето на трупецот е правилно поставен;
- кога е обезбедена правилна промена на задниот агол во текот на лупењето.

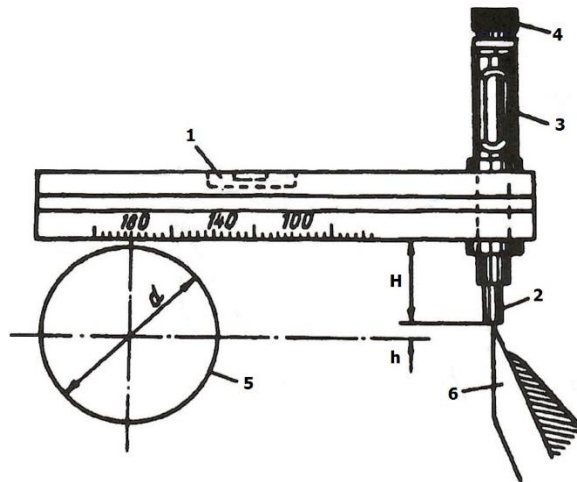
За правилно поставување на линијата на врвот на острицата на ножот се користи висиномер, конструиран од страна на А. Андерсен (сл. 118).

Висиномерот со мерната скала се потпира на вретеното, а со подвижната мерна ножица на врвот на острицата на ножот. Со скалата се контролира оддалеченоста на врвот на острицата на ножот од оската на вртење, а со мерната ножица и либелата, висината на врвот на острицата во однос на хоризонталната рамнина која поминува низ оската на вртење на трупецот. Правата линија на острицата на ножот се проверува со лесен и прецизно поставен челичен линијар на врвот на острицата на ножот и окуларно се проценува рамноста.

Од сликата 118 се гледа дека меѓу h , H и дијаметарот на вретеното d постои следната зависност:

$$h = \frac{d}{2} - H.$$

Од дадената зависност, при дадени h и d се пресметува H . Завртката 4 се завртува и се задава определна вредност за H , која се отчитува на скалата.

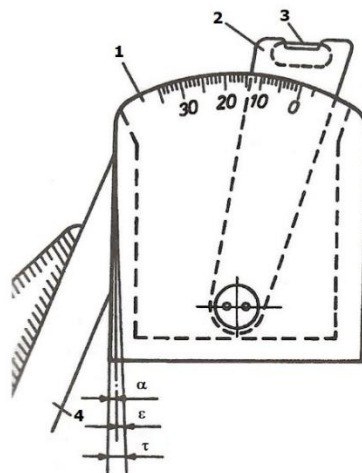


Слика 118. Висиномер по Андерсен [140]
 1-либела; 2-испуст на микрометарот; 3-микрометар; 4-завртка;
 5-вретено на машината за лупење; 6-нож

За правилно прилагодување на задниот агол (α) и проверка на правилноста на неговата промена во текот на лупењето, може да се користи машински агломер со вообичаена конструкција или може да се примени значително попрецизен инструмент кој го конструирал В. П. Банко (сл. 119).

Со агломерот по В. П. Банко, задниот агол (α) се пронаоѓа така што телото на инструментот (1) се потпира на острицата на ножот, а потоа лостот (3) се дотерува во однос на либелата. Од овој агол, кој е добиен со мерењето треба да се одземе или додаде дополнителниот агол ϵ , во зависност од конструкцијата на машината.

$$\alpha = \tau - (\mp \epsilon)$$

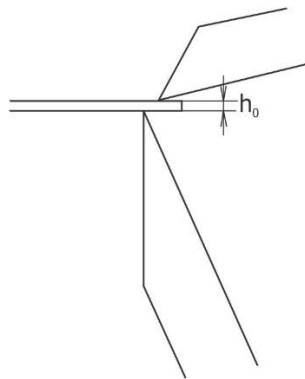


Слика 119. Агломер по В. П. Банко [140]
 1-тело на инструментот; 2-рамо со либела; 3-либела

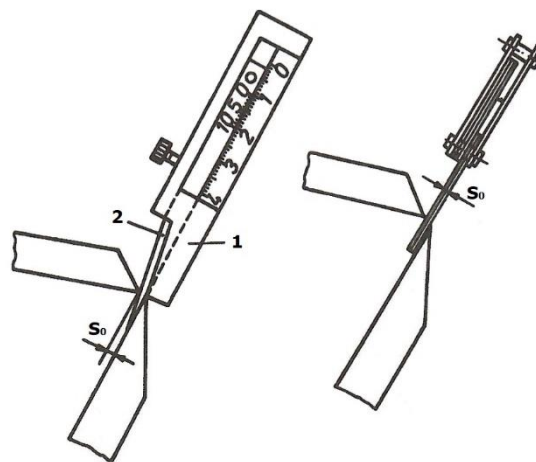
При прилагодување на притисната греда, за мерење на светлиот отвор (S_0) и на вертикалното растојание (h_0) може да се применат уредите прикажани на сликите 120 и 121.

Пред прилагодувањето на притисната греда важно е прво да се провери правоста на линијата на острицата на ножот, а потоа со помош на соодветна калибрирана плоча да се прилагоди растојанието (h_0) и да се порамни врвот на острицата на притисната греда со задната страна на ножот (сл. 120).

Поставувањето на растојанието S_0 исто така може да се изврши со помош на калибрирани плочи (сл. 121).



Слика 120. Прилагодување на растојанието h_0 со калибрирани плочи [140]



Слика 121. Прилагодување на растојанието S_0 [140]

3.2.5. Грешки при лупење на фурнирот

Доколку не се обезбедени сите услови со кои се дефинира режимот на лупење во производството на фурнир, доаѓа до појава на определени грешки.

1. Несоодветна ширина на фурнирското платно која може да биде резултат на:
 - несоодветна должина на трупецот;
 - неправилно поставени ножеви за крајчење на платното;
 - неправилен рез (не е вертикален) при кретењето на трупците во механичката подготовка.
2. Неизедначена дебелина на фурнирот по должина на платното:
 - неисправен помест на супортот;
 - истрошеност на навојот на осовината;
 - неправилно дејство на притискувачот на трупецот;
 - нерамност на лизгачките површини на супортот;
 - деформација на вратилата;
 - големи зјаеви во споевите на вратилата со носачот на ножот.
3. Неизедначена дебелина на фурнирот по ширина на фурнирското платно:
 - нерамномерен степен на притисок;
 - врвот на острицата на ножот нема права линија;
 - неизедначена истрошеност на притисната греда.
4. Почетниот дел на фурнирското платно е со неизедначена дебелина:
 - мал заден агол;
 - големи зјаеви во споевите на подвижните делови на вратилото;
 - високо поставена притисна греда во однос на ножот;

- неправилен однос на ножот и притисната греда во вертикална рамнина.
- 5. Рапавост на фурнирот:
 - недоволен степен на притисок;
 - голем заден агол;
 - тап нож;
 - ладен трупец;
 - извиткување на трупецот под дејство на сложени сили.
- 6. Избразден рез:
 - голем заден агол;
 - ладен трупец.
- 7. Бушав рез:
 - прегреан трупец.
- 8. Гребнатини и втиснати линии на фурнирот:
 - оштетен нож или притисна греда;
 - неблагоприятно чистење на отворот помеѓу ножот и притисната греда.
- 9. Пошироки траги на фурнирот:
 - неправилно рачно острење на врвот на острицата на ножот;
 - заглавено парче фурнир во отворот помеѓу ножот и притисната греда.
- 10. Вибрации во текот на лупењето:
 - преголем заден агол;
 - премал заден агол;
 - преголем притисок на челата на трупецот од шепите за прицврстување;
 - брзина на лупење под 30 m/min;
 - тап нож;
 - неправилно дејство на притискувачот на трупецот.
- 11. Пукнатитни на слободната страна на фурнирот:
 - високо поставена притисна греда;
 - несоодветен дополнителен агол ϵ ;
 - преголем заден агол α .
- 12. Згужван фурнир:
 - ниско поставена притисна греда;
 - прегреан трупец;
 - преголем степен на притисок.
- 13. Краевите на фурнирот не се рамни:
 - тапи ножеви за крајчење;
 - нестабилно поставени ножеви за крајчење.
- 14. Надолжни пукнатини на фурнирот:
 - тап нож или притисна греда;
 - голем отвор помеѓу ножот и притисната греда S_0 .

3.2.6. Производност на машините за лупење

Производноста на машините за лупење фурнир зависи од повеќе параметри, како:

- дијаметарот и формата на трупецот;
- дебелината на фурнирот;
- должината на фурнирот;
- дијаметарот на отпадната ролна;
- техничките карактеристики на машината;
- организацијата на работното место.

Производноста на машините за лупење може да се изрази во број на преработени трупци во една смена, во m^3 преработена суровина во една смена, но најчесто во m^2 или m^3 произведен фурнир во текот на една смена.

Производноста на машината за лупење изразена во број на преработени трупци за една смена се пресметува според формулата:

$$E = \frac{T \times k}{t} \text{ (трупци/смена).}$$

Производноста на машината за лупење изразена во m^3 преработена суровина за една смена изнесува:

$$E = \frac{T \times k}{t} \times q \text{ (} m^3 \text{ преработени трупци/смена).}$$

Производноста на машината за лупење (E_{m^2}) изразена во m^2 произведен фурнир за една смена се пресметува според формулата:

$$E_{m^2} = \frac{T \times k \times (D_0^2 - d^2) \times \pi}{4 \times S \times t} \times l_{sr} \text{ (} m^2 \text{ фурнирско платно/смена).}$$

Производноста на машината за лупење (E_{m^3}) изразена во m^3 произведен фурнир за една смена се пресметува според формулата:

$$E_{m^3} = \frac{T \times k \times (D_0^2 - d^2) \times \pi}{4 \times t} \times l_{sr} \text{ (} m^3 \text{ фурнирско платно/смена),}$$

каде што:

- T - работно време во една смена (480 минути);
- k - општ коефициент на искористување на работното време;
- t - време потребно за преработка на еден трупец (min);
- q - средна зафатнина на еден трупец (m^3);
- D_0 - дијаметар на заокружен трупец (m);
- d - дијаметар на отпадната ролна (m);
- l_{sr} - средна должина на трупец (m);
- S - дебелина на фурнирски лист (m).

3.2.7. Прифаќање и водење на фурнирското платно (складирање на фурнирското платно по лупењето)

Во проточните линии за лупење и кроење на фурнирот, важно место зазема транспортот на фурнирското платно од машината за лупење до ножицата за кроење на платното. На линијата лупилка-ножици, за обработка на фурнирот се применуваат различни системи за прифаќање и водење на фурнирското платно во зависност од видот и квалитетот на суровината, дијаметарот на трупците за лупење, дебелината на фурнирот и режимот на обработка на ножиците.

За складирање на фурнирското платно се применуваат следните системи:

- намотување на фурнирското платно во ролна;
- треј систем (отворен или затворен);
- проточно прифаќање на мокрото фурнирско платно – систем на јазли.

Со примената на соодветен систем на транспорт на фурнирот од машината за лупење до ножицата се настојува да се намали или замени човечкиот труд, да се создадат услови за механизирање и автоматизација на процесите, како и максимално да се искористи капацитетот на лупилките.

При различните начини на транспортирање (складирање) на фурнирското платно овие задачи се решени во различен степен. Во секој случај, транспортните средства служат

истовремено за транспорт и за складирање на соодветно количество на фурнир со кое ќе се постигне поголемо искористување на работното време на ножицата.

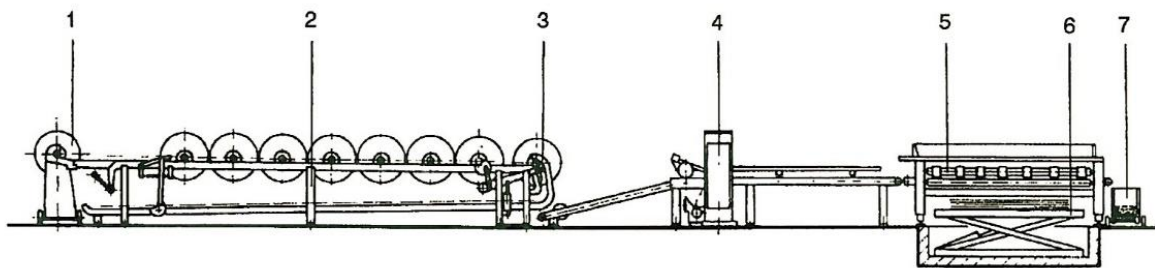
3.2.7.1. Намотување на фурнирското платно

Намотувањето на фурнирското платно може да биде рачно, механизирано и автоматско.

Рачното намотување и одмотување на фурнирското платно се рефлектира негативно на искористувањето на капацитетот на машината за лупење, искористувањето на суровината и производноста. Во индустриски услови рачното намотување е надминато.

Условите на намотување се значително подобрени со механизирање на погонот со помош на електромотор со степенесто или со бесстепенесто регулирање на бројот на вртежи.

Механизираното намотување има потреба само од еден работник кој го мести платното на валјакот за намотување и во текот на лупењето врши прилагодување на брзините на лупилката и намотувањето. Уредот за намотување може да биде во приземна или во висечка изведба.



Слика 122. Уред за механизирано намотување на фурнирското платно на калем-валјак за намотување [105]

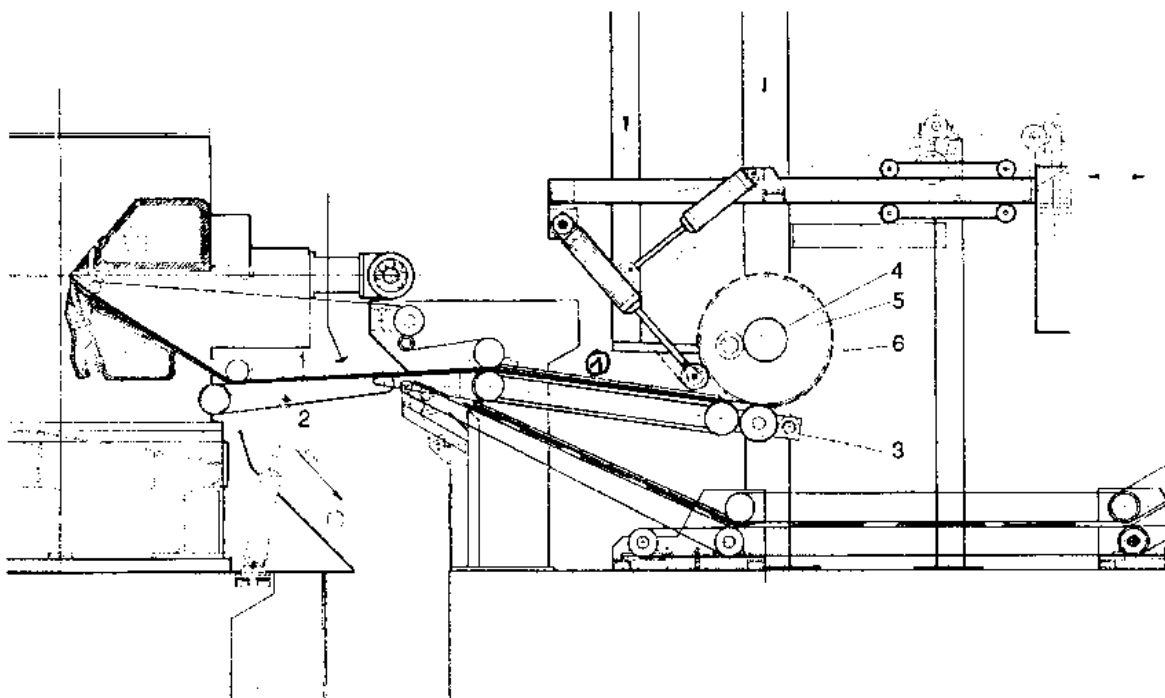
1-уред за механизирано намотување на фурнирското платно;
2-магацин за одлагање на намотаните ролни; 3-уред за механизирано одмотување;
4-мокри ножици за обработка на фурнирското платно; 5-уред за автоматско одлагање на цели фурнирски листови; 6-подигнувачка платформа; 7-количка или транспортер за одлагање на фурнирски отпадоци

Кај автоматското намотување, валјакот за намотување има форма на алуминиумски цилиндар со дијаметар од 200 до 250 mm (сл. 123).

Намотувањето се врши така што транспортерот со бесконечни тесни ленти го води фурнирското платно (1) од лупилката до ролната за намотување. Отпадниот фурнир се насочува на посебна транспортна лента, преку лентовиден транспортер кој има можност за поместување во вертикална рамнина (2). Валјакот за периферно намотување (3) преку фрикција врши намотување на платното на калемот - валјакот кој слободно лежи во своето лежиште (4). Паралелно со зголемување на дијаметарот на калемот со намотан фурнир, истиот се подигнува во вертикална рамнина (5). Брзината на валјакот за периферно намотување е синхронизирана со брзината на лупење. Специјални валчести синцири или ленти (6) автоматски го полагаат фурнирското платно на калемот за намотување и во текот на намотувањето постојано лежат врз калемот со фурнир, така што во процесот на намотување можат автоматски да се вклучат и парчиња фурнир. Намотаната ролна потоа се затвора со самолеплива лента.

Максималниот дијаметар на калемот - ролната со намотано платно е 600 mm. Најповолна можност е на еден калем да се намотува фурнирско платно од еден трупец. Автоматското намотување на фурнирот не ангажира ниту еден работник, односно со целокупниот процес на лупење, прифаќање, водење и намотување на фурнирот раководи само еден човек - ракувачот со лупилката.

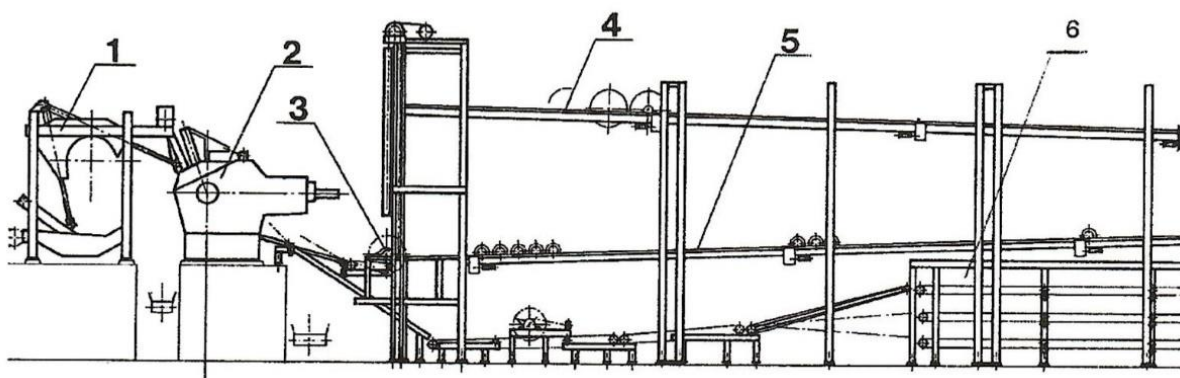
Намотаните ролни со фурнир автоматски се водат и одлагаат во магацинот за калеми - ролни, кој може да биде лоциран во продолжение на лупилката или странично - латерално.



Слика 123. Автоматско периферно намотување [105]

1-фурнирско платно; 2-лентовиден транспортер; 3-фрикционен валјак за периферно намотување; 4-калем-валјак за намотување; 5-намотан фурнир; 6-валчести синцири кои налегнуваат на калемот со намотан фурнир

Магацинот се изработува и во катови. Минималниот број катови е два, еден кат за полни и еден кат за празни калеми. Должината и бројот на катовите зависи од физичкиот обем на производството (во посебни катови може да се одлага фурнир во зависност од квалитетот и од дебелината на фурнирот). На сликата 124 е прикажан пример за линија за лупење со магацин со намотан фурнир и треј систем за парчиња фурнир (фурнирски крпи).



Слика 124. Двокатен магацин со калеми-ролни со намотан фурнир и треј за парчиња фурнир [105]

1-уред за центрирање и базирање на трупците; 2-лупилка; 3-уред за намотување на фурнирското платно; 4-кат на магацинот за намотани ролни; 5-кат на магацинот за празни ролни без намотано фурнирско платно; 6-„треј“ за фурнирски крпи

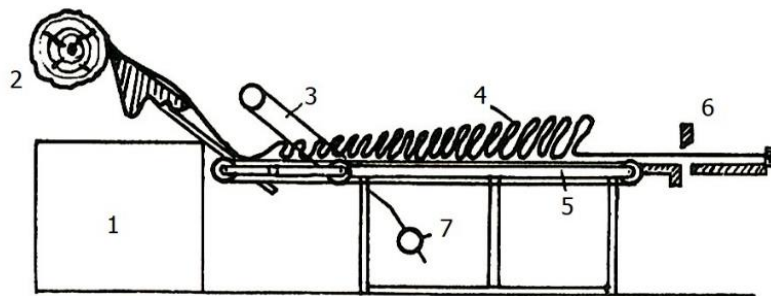
Во зависност од понатамошниот тек на производството, магацинот е опремен со соодветен број на станици за автоматско одмотување и трансфер на фурнирот до ножиците за обработка или до сушењето.

3.2.7.2. Проточно прифаќање на мокрото фурнирско платно - систем на јазли

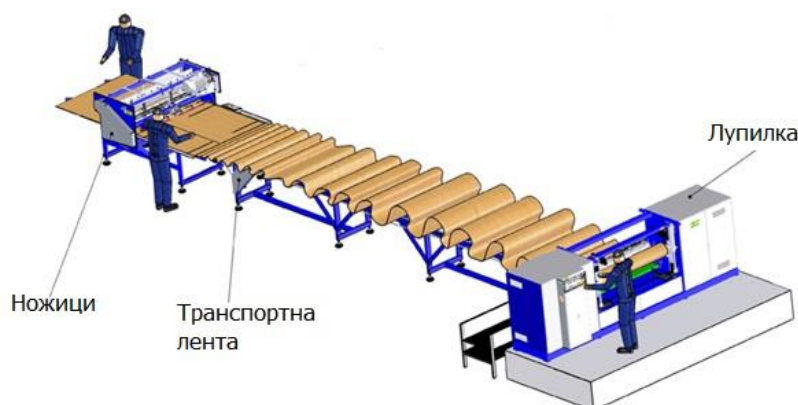
Поврзувањето и синхронизацијата на лупилката и ножиците за обработка на фурнирското платно (мокри ножици) во континуиран процес со успех може да се оствари со помош на формирање на јазли на фурнирското платно.

Машината за лупење е поврзана со мокрите ножици преку транспортна лента (сл. 125). Влезниот сегмент на транспортната лента (3) има можност за поместување во вертикална рамнина, со што фурнирските отпадоци и крпи од зоната на заокружување на трупецот се насочуваат надолу. Јазлите на фурнирското платно се формираат како резултат на разликата во брзината на поместување на транспортната лента 5 и брзината на одделување на фурнирското платно (брзината на лупење). Брзината на лупење во однос на брзината на транспортната лента е поголема, што доведува до формирање на јазли (4).

Фурнирското платно формирано на овој начин потоа е прифатено од влезниот транспортер на ножиците со поголема брзина без кинење на платното. Овој метод на поврзување на машината за лупење и ножиците претставува почеток на континуирана производна линија на лупење. Методот е погоден за цилиндрични трупци со големо учество на фурнир од основната зона.



Слика 125. Трансфер на фурнирско платно до ножиците со систем на јазли [108]
 1-машина за лупен фурнир; 2-трупец; 3-подвижен транспортер за крпи;
 4-јазли на фурнирско платно; 5-транспортна лента за фурнирско платно;
 6-мокра ножица; 7-противтег



Слика 126. Трансфер на фурнирско платно до ножиците со систем на јазли [29]

Методот на формирање на јазли и методот на намотување на фурнирското платно во ролна не се погодни за складирање на фурнирско платно со голема дебелина поради појавата на пукнатини на местото на формирање на јазлите, како и при намотувањето. Овие системи се погодни за тенки фурнири и за меки дрвни видови.

3.2.7.3. „Треј“ систем за трансфер на фурнирско платно

Недостатокот на системот на намотување и системот на формирање на јазли ја условил примената на „треј“ системот за складирање на фурнирското платно.

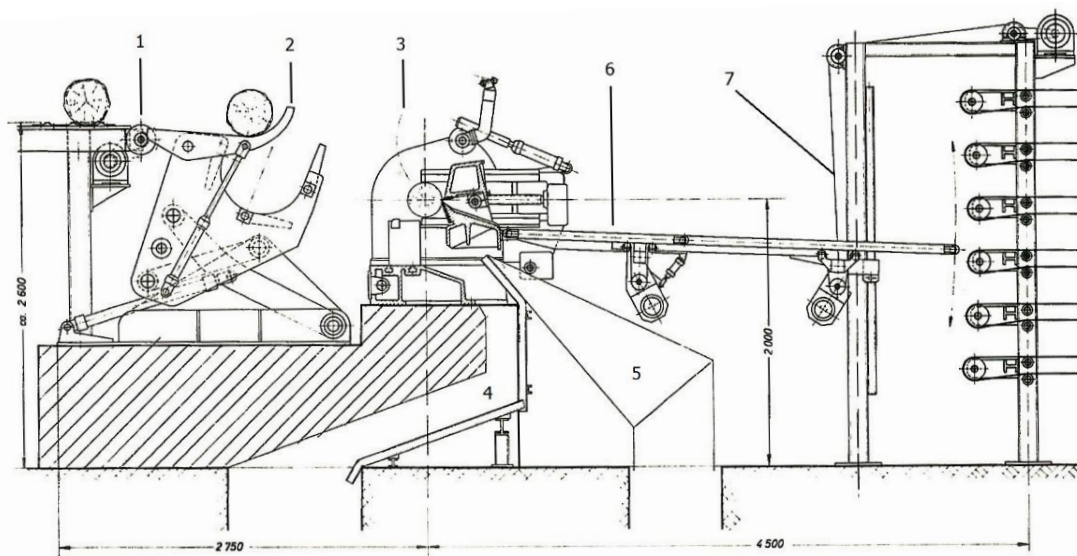
„Треј“ системот претставува повеќекатен или во „S“ изведба систем на погонети транспортни ленти. Транспортните ленти се изработени од пластифицирано предиво со дебелина од 3 до 5 mm и ширина од 50 и 120 mm. „Треј“ системот во „S“ изведба секогаш има еден влез и еден излез. Бројот на катови на „треј“ системот може да биде различен: 3, 5, 7, но најчесто до 5. Брзината на транспортните ленти е до 300 m/min.

Начинот на изведба и вкупната должина на „треј“ системот зависи од просечниот дијаметар на трупците, остатокот од лупењето, дебелината на фурнирското платно, како и од процентуалното учество на фурнирот од основната зона.

Кај повеќекатните „треј“ системи во рамна изведба, првиот кат (долниот) е поврзан со лупилката, а последниот (горниот) со ножиците. Кај „S“ изведбата, треј системот е поделен на две секции, при што првата е поврзана со лупилката, а втората со ножиците. Должината и бројот на катовите зависи од просечниот дијаметар на трупците, остатокот од лупењето, дебелината на фурнирот и процентуалното учество на фурнирите од основната зона.

Користењето на „треј“ системот за трансфер на фурнирското платно е оправдано во следните услови:

- трупци со дијаметар од 25 до 40 cm, каде вкупната должина на фурнирското платно одговара на вкупната должина на транспортните ленти на „треј“ системот;
- прифаќање и водење на фурнирско платно со дебелина над 1,5 mm;
- прифаќање и водење на фурнирско платно без високо учество на грешки во градбата и бојата, односно со високо учество на фурнири во определена фиксна ширина;
- прифаќање и водење на фурнирско платно со нагласено учество на грешки во градбата и бојата во услови на кроење на фурнирското платно на фиксни ширини.



Слика 127. „Треј“ систем за трансфер на фурнирско платно и фурнирски крпи [108]

1-напречен транспортер за дотур на трупци; 2-уред за центрирање и базирање на трупцот; 3-лупилка; 4-насочување на отпадните ролни кон збирен транспортер;

5-насочување на фурнирските отпадоци кон збирен транспортер;

6-дводелен лентовиден транспортер во отворена изведба за прифаќање на фурнирското платно и одлагање во повеќекатен „треј“ систем; 7-шесткатен „треј“ систем

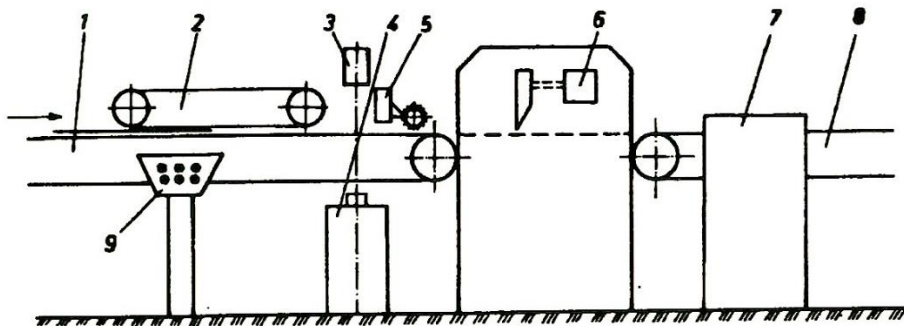
3.2.8. Обработка на фурнирско платно на мокри ножици

Со обработката на фурнирот на мокри ножици се врши кроење на фурнирското платно на формати со определена ширина во зависност од форматот на готовата фурнирска плоча, со определен надмер за сушење. Воедно со оваа обработка се отстрануваат грешките на бојата, градбата и изработката кои не се дозволени на фурнирот.

Како резултат на обработката на мокрите ножици се добиваат форматни листови (кои според димензиите одговараат на форматот на плочата), како и неформатни фурнирски листови кои се користат во производството на фурнирски плочи со нивно претходно составување по ширина.

Оваа обработка е по должина на дрвните влакна.

Начинот на движење на фурнирот до ножицата и кроењето се од големо значење за искористувањето на капацитетот на машината за лупење. Не се ретки случаите каде поради нискиот квалитет на суровината, независно од големите технички карактеристики, современите ножици за кроење имаат производност помала од машината за лупење и претставуваат „тесно грло“ во линијата за лупење и кроење на фурнирот.



Слика 128. Ножици за обработка на лупен фурнир [140]

- 1-подавачки лентовиден транспортер за дотур на фурнирот;
 2-механизам за притискање на фурнирот кон подавачкиот транспортер; 3-светлосен мост;
 4-скенер летва; 5-тахометар; 6-уред за позиционирање на ножот во даден момент;
 7-електронски уред; 8-приемен транспортер за обработен фурнир; 9-команден пулт

Обработката на фурнирот напречно на влакната се врши во пакети фурнири со помош на натстолна кружна пила или со пакетни ножици.

Основните делови на фурнирските ножици се:

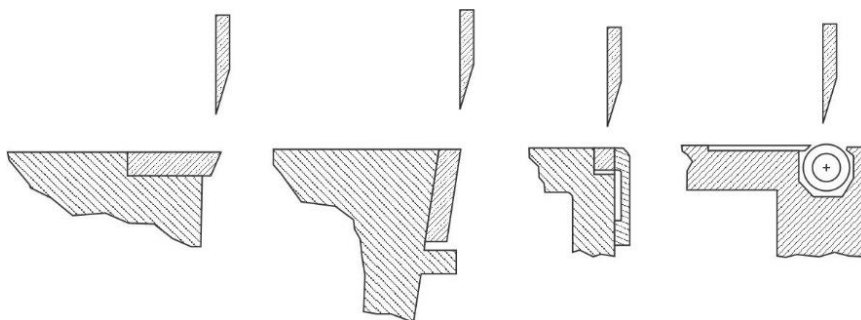
- основни носачи;
- греда со нож;
- основа со контранож;
- погон на гредата со ножот;
- транспортна лента за водење и базирање на фурнирот за време на обработката;
- дводелна транспортна лента за прифаќање на обработениот фурнир и испуштање на отпадоците;
- уред за автоматска обработка на грешките (дополнителна опрема);
- уред за автоматско кроење на фурнирското платно на определена ширина (дополнителна опрема).

Ножиците за обработка се разликуваат според:

- примената (фурнирски крпи или платно);
- работната должина;
- начинот на движење на ножот (вертикална рамнина или под агол);
- изведбата на контраножот;
- видот на погонот;
- степенот и системот на автоматика за обработка на грешките и кроење на определена ширина.

Во поновата практика се користат ножици со работна ширина од 1 350 до 4 000 mm и светол отвор од 40 до 45 mm. Ножевите се изработени од легиран челик со тврдост од 50 Роквелови единици, ширина од 120 до 150 mm, дебелина од 8 до 10 mm и агол на острење од 20 до 30°.

Контраножот на ножиците може да биде во различна изведба (сл. 129). Современите ножици имаат контранож во форма на валјак до дијаметар од 80 до 90 mm обложен со специјална гума или со пластична маса. Со цел да се обезбеди еднолично трошење, цилиндричниот контранож врши повремено вртење околу оската.



Слика 129. Типови на контранож на фурнирските ножици

Во зависност од погонот на гредата со ножот, ножиците можат да бидат: хидраулични, електромоторни и електропневматски.

Во зависност од движењето на ножот за време на циклусот на сечење, се разликуваат ножици со:

- движење на ножот во вертикална рамнина;
- ротационо движење на осовина со нож.

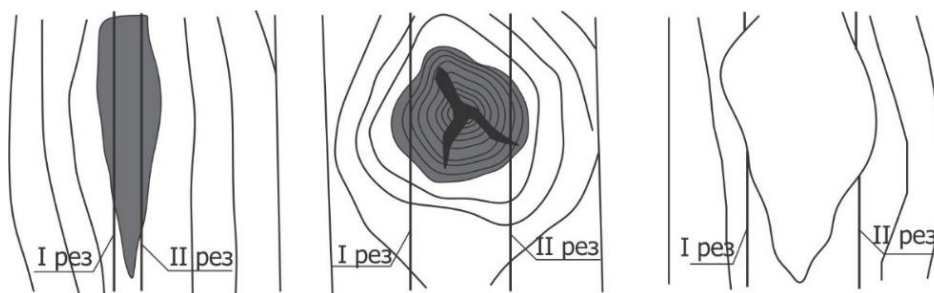
Циклусот на сечење на ножиците опфаќа:

- импулс за активирање на ножот;
- движење на ножот надолу (симнувачки од);
- сечење;
- движење на ножот нагоре;
- стабилизација на ножот пред следниот импулс.

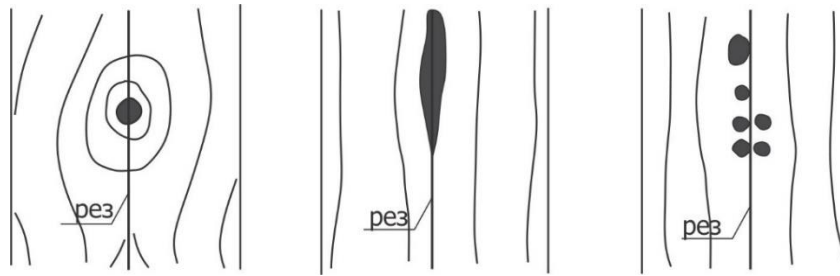
Покус импулс на сечење овозможува поголема брзина на помест на фурнирот за време на обработката, која се движи до 60 m/min кај класичните изведби со електромоторен погон и до 90 m/min кај хидрауличните и електропневматските ножици.

Кај новите типови на ножици, обработката на фурнирот се врши за време на поместот на фурнирот, додека кај постарите типови, обработката се врши за време на мирување на фурнирското платно.

Со обработката на ножиците се врши отсекување (сл. 130) и расекување на грешките (сл. 131), така што секое обработено парче фурнир на рабовите носи дел од грешката, која ќе се отстрани понатаму во операцијата на механичка обработка на кантовите, пред спојувањето на фурнирските парчиња во формат со определена ширина. На овој начин значително се влијае врз искористувањето на суровината.



Слика 130. Отсекување на грешките на фурнирското платно [105]



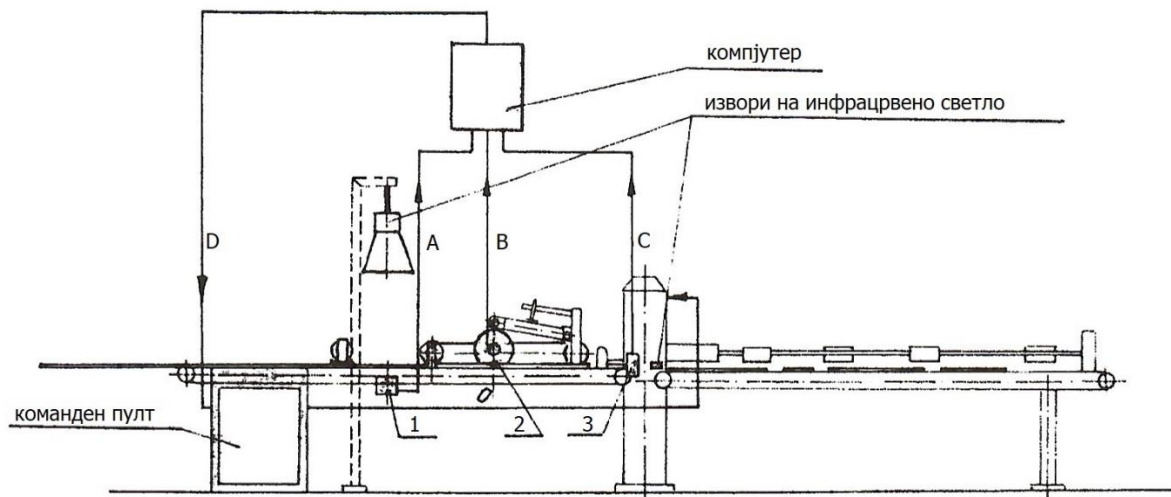
Слика 131. Расекување на грешките на фурнирското платно [105]

Брзината на помест на фурнирското платно при обработката зависи од квалитетот на суровината, режимот на работа, техничко-технолошките карактеристики на ножиците и од искуството на работникот. Кај обработката на фурнирот со сечење и расекување на грешките, просечната брзина на обработка со искусен работник изнесува од 15 до 20 m/min. Кај режимите на обработка со толеранција на определени грешки и претежно кроење на фурнирското платно на определени ширини со искусен работник се постигнува брзина на обработка од 25 до 35 m/min.

Со цел поголемо искористување на ножиците, искористување на суровината и намалување на субјективното влијание на човекот, во современите изведби на ножиците се вградува дополнителна опрема за автоматско кроење на фурнирското платно на определена ширина и автоматска обработка на отворените грешки (пукнатини, глуждови, механички оштетувања и сл.). На сликата 133 е прикажана дополнителна опрема за автоматска анализа на грешките и контрола на влажноста на фурнирот, која се вградува во линијата со мокри ножици. Ваквата опрема овозможува оптимализација при кроењето на платното и сортирање на искроениот фурнир според влажноста. Обработката на затворени грешки на градбата и бојата е исклучена.

Брзината на поминување на фурнирот на класични ножици со автоматска обработка на кроење на определена ширина и грешки изнесува до 80 m/min.

На сликата 132 е даден шематски приказ на ножици со автоматска обработка на грешките и кроење на фурнирското платно на определена ширина.



Слика 132. Автоматски ножици за обработка на фурнир [105]

Системот вклучува:

- извор на ултравиолетово зрачење;
- фотоклетки за регистрирање на грешките и положбата на грешките (1);
- уред за регистрирање на брзината на помест на фурнирот (2);
- фотоклетки за регистрирање на положбата на ножот (3);
- ножици;

- компјутер;
- команден пулт.

Системот овозможува:

- А-информација до компјутерот за положбата и карактеристиката на грешките;
- В-информација до компјутерот за брзината на помест на фурнирот;
- С-информација до компјутерот за положбата на ножот.

На основа на информациите А, В и С, компјутерот по обработката на податоците дава импулс D на ножиците преку командниот пулт. Со помош на далечинска команда, преку автоматски дигитален систем се врши автоматско кроење на фурнирското платно и вклопување на определен дел од грешката на работ од фурнирот.

Во практика се користат два автоматски системи:

- систем кој не овозможува обработка на фурнирот со оставање грешки со определена ширина на работ на фурнирот и
- дигитален систем кој овозможува регулирање на ширината на грешката која се толерира.



Слика 133. Дополнителна опрема за автоматска анализа на грешките и оптимализација на кроењето на фурнирското платно на мокри ножици „Raute“ [30]

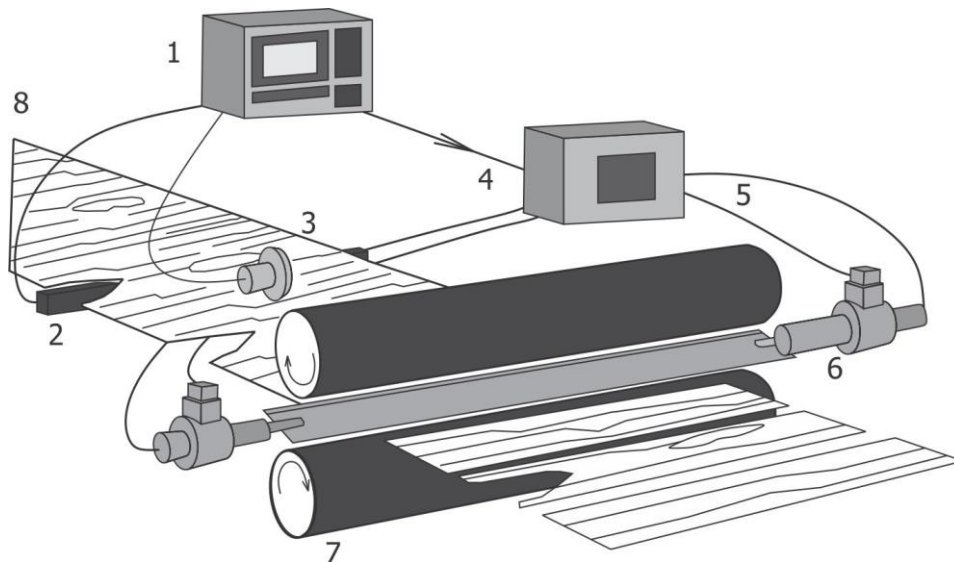
Покрај класичните ножици со вертикално движење на ножот, кроењето на фурнирското платно се врши и на ротациони ножици.

Основната разлика помеѓу овие ножици и класичните е во изведбата на гредата на ножот, ножот и контраножот, движењето на ножот, циклусот на сечење, брзината на помест на фурнирот за време на обработката и можноста за синхронизација на процесот на линијата лупилка-ножици-сушилница.

На сликата 134 е прикажана принципиелна шема на автоматски ротациони ножици.

Скенер летвата (2) ја регистрира ширината на фурнирот, позицијата, формата, почетокот и крајот на грешката. Тахометарот (3) ја отчитува брзината на поминување на фурнирското платно и ја доставува информацијата до компјутерот. Сигналите на скенерот и тахометарот се обработуваат во компјутерот и се дава работен импулс на ножиците.

Ножот со две сечила е вграден на вретено кое ротира и врши сечење. Фурнирското платно го движат валјаци кои се обложени со специјална гума и истовремено имаат функција на контранож. Брзината на ротациониот нож е синхронизирана со брзината на лупење, поместот на фурнирското платно, периферната брзина на врвот на острицата на ножот и со валчестиот контранож. Циклусот на сечење изнесува од 80 до 100 ms и зависи од бројот на вретена и ножеви. Поместот на фурнирското платно изнесува до 400 m/min.



Слика 134. Принципиелна шема на автоматски ротациони ножици [105]
 1-компјутер; 2-скенер летва; 3-тахометар; 4-команден уред на ножиците; 5-контрола на
 ножот; 6-нож; 7-валјаци за водење на фурнирското платно и функција на контранож;
 8-фурнирско платно

Постојат различни концепти на изведба на овие ножици: со едно или две работни вретена и со еден до три ножа. Режимот на обработка на грешките и кроењето на фурнирското платно се врши преку алфа-нумеричка тастатура. Ножиците се автоматизирани во однос на отстранување на грешките и кроењето на фурнирското платно. Минималната димензија на грешката изнесува 2 mm.

Ротационите ножици во однос на класичните автоматски ножици се карактеризираат со висок степен на синхронизација на процесот на производство и обезбедување на континуиран тек на производството, висока производност, подобро искористување на суровината, рационално користење на просторот и пониско инвестиционо вложување.

Во некои современи технологии на производство се врши составување на фурнирските листови веднаш по кроењето на мокрите ножици, а пред фазата на сушење на фурнирите (мокро составување на фурнирите). Во овие технологии, мокрите фурнирски формати се составуваат напречно на протегането на дрвните влакна со посебни лепливи ленти пред сушењето. Сушењето на цели формати на фурнири, наместо фурнирски парчиња со различни димензии ја зголемува ефикасноста на сушењето до 5 %. Интегрирањето на оваа технолошка операција во линијата за лупење овозможува зголемување на искористувањето на суровината. Лепливата лента за составување на фурнирите ги одржува составите непроменети во текот на сушењето на фурнирите. Пример за ваква технолошка опрема е опремата на компанијата „Raute“.



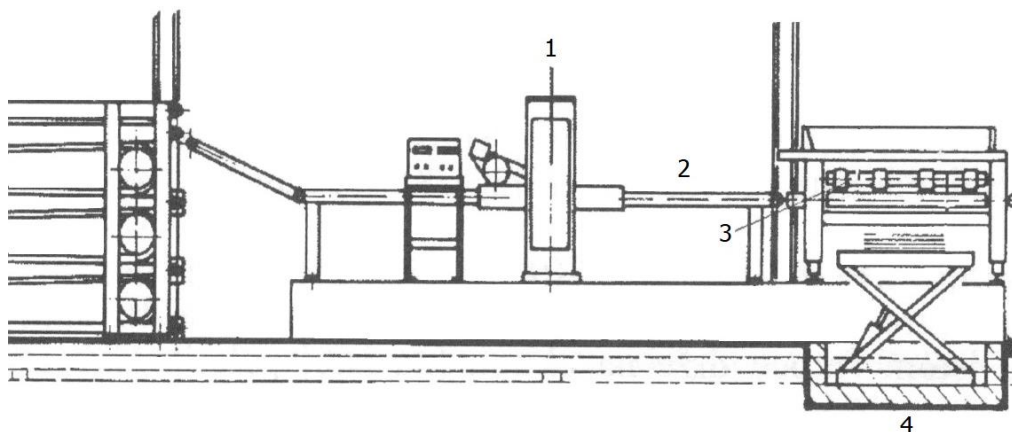
Слика 135. Состави од мокри фурнирски листови изработени на опрема од компанијата Raute [30]

3.2.8.1. Трансфер на фурнирските листови по обработката на мокри ножици

При мал физички обем на производство и во застарените технологии, прифаќањето и одлагањето на обработените фурнири се врши рачно, преку помошна маса со одлагање на палета. Во такви услови за зголемување на ефикасноста може да се користи подигнувачка платформа.

Во современите технологии се користат уреди за автоматско прифаќање и одлагање на обработените фурнири. Овие уреди може да бидат латерални (странични) и надолжни вакуум-одлагачи.

На сликата 136 е прикажан уред за автоматско латерално одлагање на фурнирските листови. Зад ножиците се наоѓа излезен транспортер и уред за автоматско одлагање на обработените фурнири. Уредот е конципиран на основа на користење на компримиран воздух и специјален електросистем со микроконтакти.



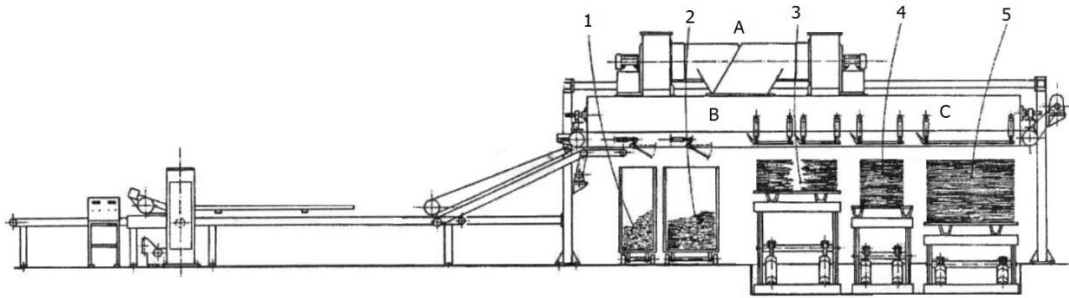
Слика 136. Уред за автоматско латерално одлагање [105]

1-ножици; 2-излезен транспортер; 3-валјаци за одлагање на листовите;
4-подигнувачка платформа за одлагање на листовите

Кај овој уред, фурнирските листови по обработката на ножиците се прифаќаат од специјален транспортер на основа на определен број тесни, носиви ленти, кој ги прифаќа и ги спроведува преку систем на валјаци. Системот на валјаци се состои од први два пара валјаци (горни и долни) кои ги прифаќаат и извлекуваат фурнирите во движење и втори, еден до два пара валјаци за одлагање на фурнирските листови. Првите се вградени во излезниот транспортер и со должината се ориентирани напречно на насоката на фурнирот. Со движење на валјациите во вертикална рамнина, валјациите го прифаќаат и исфрлаат листот од линијата на ножиците и го одлагаат преку вторите валјаци на подигнувачка платформа. Кај вторите валјаци, долните се мазни, а горните се обложени со гумени прстени. Горните валјаци имаат насока на вртење во насока на вртење на стрелките на часовникот, а долните имаат спротивна насока на вртење. Брзината на излегување на листот изнесува 180 m/min, на одлагање 230 m/min, а движењето на валјакот при зафаќање (во вертикална рамнина) 30 m/min. Одлагањето на фурнирот се врши на подигнувачка платформа со фотоќелии за регулирање на висината на сложајот.

Со цел да се изврши сортирање на листовите по квалитет, дебелина или формат, можно е од левата и од десната страна да се постават потребен број станици за автоматско одлагање.

Уредот за автоматско вакуум-одлагање е конципиран на основа на вакуум-систем, перфорирани транспортни ленти и пневматско-механички одлагачи. На сликата 137 е прикажана линија на автоматски ротациони ножици со уред за автоматско сортирање на фурнирот според степенот на обработка.



Слика 137. Автоматски ротациони ножици со уред за автоматско сортирање на фурнирот според степенот на обработка [105]

A-вакуум-агрегати; B-перфорирани транспортни ленти со вакуум;
C-пневматско-механички одлагачи;

1-подвижна бокс палета за отпаден фурнир; 2-подвижна бокс палета за фурнирски парчиња со непотполна должина; 3-подигнувачка платформа со палета за фурнирски крпи; 4-подигнувачка платформа со палета за половинки листови; 5-подигнувачка платформа со палета за цели листови

Фурнирот се транспортира преку лентовиден затворен транспортер во коса изведба и сепаратор кој ги насочува фурнирските отпадоци во подвижна бокс палета (1), фурнирските крпи во бокс палета (2), а останатиот фурнир се внесува во уредот за вакуум-сортирање. Вакуум-сортирањето се врши со внесување на фурнирот под перфорираната вакуум-лента која го движи фурнирот поврзан со лентата со помош на вакуум. Пневматско-механичките одлагачи кои се вградени помеѓу перфорираните ленти вршат автоматско одлагање на определена платформа со палета.

3.2.8.2. Грешки при обработка на ножиците

Грешките и причините поради кои тие се јавуваат при обработката на фурнирското платно на мокрите ножици се следните:

1. Искршен раб по должина на фурнирот:
 - ослабена врска помеѓу гредата на ножот и ножот;
 - голем зјај помеѓу ножот и контраножот;
 - тап нож;
 - тап контранож.
2. Обработката на фурнирот не е под прав агол:
 - неправилно базирање и водење на фурнирот за време на обработката.
3. Неправилна ширина на обработените фурнири:
 - неправилно позиционирање на фурнирот;
 - неправилно функционирање на автоматиката.
4. Неквалитетна обработка:
 - неспроведување на определен режим на обработка;
 - неправилно отсекување и расекнување на грешките.

3.2.8.3. Производност на ножиците за обработка на фурнир

Производноста на ножиците (E) изразена во m³ во една смена при обработка на фурнирско платно се пресметува според формулата:

$$E = T \cdot k \cdot k_1 \cdot b \cdot S \cdot v \text{ (m}^3\text{)},$$

каде што:

- T- работно време во една смена (480 минути);
- k- коефициент на искористување на работното време;

- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- b - должина на фурнирот (m);
- S - дебелина на фурнирот (m);
- v - брзина на помест (m/min).

Производноста на ножиците (E) изразена во m^3 во една смена при обработка на фурнирски парчиња се пресметува според формулата:

$$E = \frac{T \cdot k \cdot k_1 \cdot q}{t} (m^3),$$

каде што:

- q - просечна зафатнина на фурнирските парчиња (m^3);
- t - времетраење на обработката на просечни фурнирски парчиња (min).

3.3. СУШЕЊЕ НА ЛУПЕНИТЕ И НА СЕЧЕНИТЕ ФУРНИРИ

Содржината на влага во фурнирот зависи од дрвниот вид, начинот на транспорт, должината и условите на задржување во шума и на склад, заштитата и режимот на хидротермичка подготовка.

Трупците кои се користат во производството на фурнир содржат влага над 50 %. Во текот на хидротермичката подготовка, оваа влажност дополнително се зголемува за 1,5 до 2 %, додека во процесот на сечење и лупење под дејство на притисокот од притисната греда содржината на вода се намалува за 5 до 8 %. Мокриот фурнир пред сушењето има релативно високо ниво на влага од 40 до 110 %, најчесто од 50 до 80 %.

Времето на складирање на мокриот фурнир во периодот помеѓу сечењето или лупењето и сушењето, зависно од климатските услови треба да изнесува до 8 часа, поради опасност од оштетување на фурнирот.

Во процесот на сушење на дрвото доаѓа до промена на неговите димензии. Собирањето по должина на влакната е незначително и практично може да се занемари. Радијалното собирање во просек изнесува од 4 до 6 % и тангенцијално од 7 до 12 %. Големината на собирањето зависи од дрвниот вид, температурата, дебелината, почетната и крајната влажност на фурнирот. Со пораст на дебелината, собирањето на фурнирот по ширина опаѓа, а по дебелина расте, бидејќи со зголемување на дебелината на фурнирот се зголемува градиентот на влажноста, така што внатрешниот слој го спречува собирањето на надворешниот слој по ширина.

Во текот на сушењето во фурнирот се јавуваат напрегања поради различното собирање во различни насоки. Како последица на напрегањата доаѓа до деформирање на фурнирот (брановидност, коритавост, витоперење) и појава на пукнатини. Затоа е важно сушењето да се изведе под правилен и соодветен режим со кој ќе се спречат деформациите и пукањето на фурнирот.

Влажноста на исушените фурнири во класичните технологии на производство, треба да се движи околу 10 ± 2 %.

Во технологијата на сушење на фурнирите се применуваат различни системи во однос на начинот на сушење и преносот на топлина. Од аспект на начинот на сушење се користи:

- природно сушење и
- вештачко сушење.

Природниот начин на сушење може да се применува за тенки сечени фурнири, додека при сушење на дебелиот лупен фурнир постои опасност од напад на габи и микроорганизми со оглед на потребата од подолго време на сушење.

Со оглед на степенот на развиеност на технологиите за производство на фурнири, природниот начин на сушење е одамна надминат. Но, од аспект на развојот на мали „семејни“ капацитети, со оглед на нивото на инвестициски вложувања и физичкиот обем

на производство, природното сушење, евентуално подобро со вдување на загреан воздух, може во определени услови да се актуализира.

3.3.1. Методи за сушење на фурнирот

При сушењето, доаѓа до одделување на влагата од фурнирот. Ова се остварува преку топлинска обработка, при која влагата на фурнирот преминува во пара и како таква се одделува од фурнирот. Дел од слободната влага на фурнирот може да се оддели и без топлинска обработка, преку истиснување при пресување на фурнирот. Ова се случува во процесот на лупење и сечење на фурнирите.

Во зависност од начинот на предавање на топлината може да се јават следните методи на сушење на фурнирите:

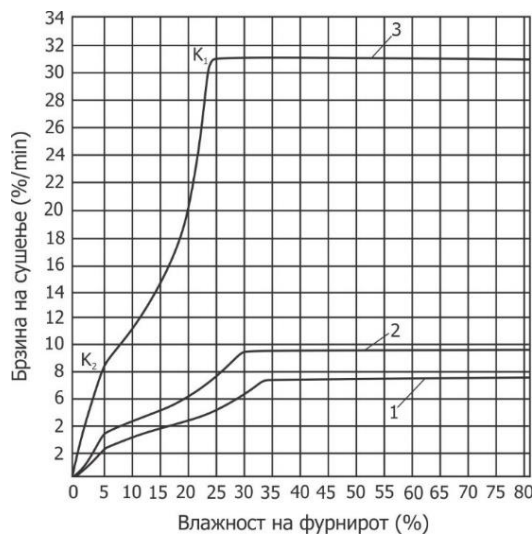
- конвективен;
- контактен;
- комбиниран;
- метод со помош на зрачење.

3.3.2. Динамика на процесот на сушење на фурнирот

Динамиката на процесот на сушење на фурнирот зависи од карактерот на врската на влагата со дрвото. Влагата или водата во фурнирот при 20 °C, според Стерлин, може да се подели на следниот начин:

- влагата во фурнирот од 0 до 18 % е адсорпционо врзана влага. Одделувањето на оваа влага се одвива со делување на топлина, која пак е проследена со промена на волуменот на дрвото. Најголема потрошувачка на топлина се забележува при одделување на адсорпционо врзаната влага во границите од 0 до 6 %;
- влагата во фурнирот над 18 до 32 % е врзана влага на микрокапиларната кондензација. Одделувањето на оваа влага е проследено со промена на волуменот на дрвото;
- влагата во фурнирот над 32 % е слободна влага. Одделувањето на оваа влага не доведува до промена на волуменот на фурнирите.

На следниот графикон (сл. 138) е прикажана динамиката на процесот на сушење на лупен брезов фурнир со дебелина од 1,5 mm во конвективна, комбинирана и контактна сушилница, при температура од 150 °C.



Слика 138. Динамика на процесот на сушење на лупен фурнир [140]
1-конвективно сушење; 2-контактното сушење; 3-комбинирано сушење

Процесот на сушење на фурнирите може да се подели на два периода. Првиот период е период на постојана брзина на сушење и се карактеризира со одделување на целото количество на слободна вода од површината на фурнирот и дел од слободната влага од внатрешноста.

Вториот период е период на намалување на брзината на сушење и се карактеризира со одделување на слободната вода од внатрешноста на фурнирот како и на врзаната вода.

Точката на кривата на брзината на сушење која ги разделува двата периода на сушење се нарекува прва критична точка. Влажноста на фурнирот која е адекватна на првата критична точка се нарекува прва критична влажност. Таа се менува во зависност од начинот на сушење, но во сите случаи се намалува со зголемување на температурата на сушење. Првата критична влажност е најчесто во граници од 30 ± 7 %.

Периодот на намалување на брзината на сушење има две зони, кои се карактеризираат со различен наклон на кривата на брзината на сушење. Точката од кривата на брзината на сушење која го разделува вториот период на сушење на две зони се нарекува втора критична точка, а соодветната влажност, втора критична влажност. Оваа точка го дава периодот кон одделување на адсорпционо врзаната влага.

3.3.3. Фактори кои влијаат врз времето на сушење на фурнирот

Врз времето на сушење на лупениот фурнир посебно влијание имаат следните фактори:

- температура на агенсот за сушење;
- брзина на воздушниот проток;
- релативната влажност на воздухот;
- дрвен вид;
- дебелина на фурнирот.

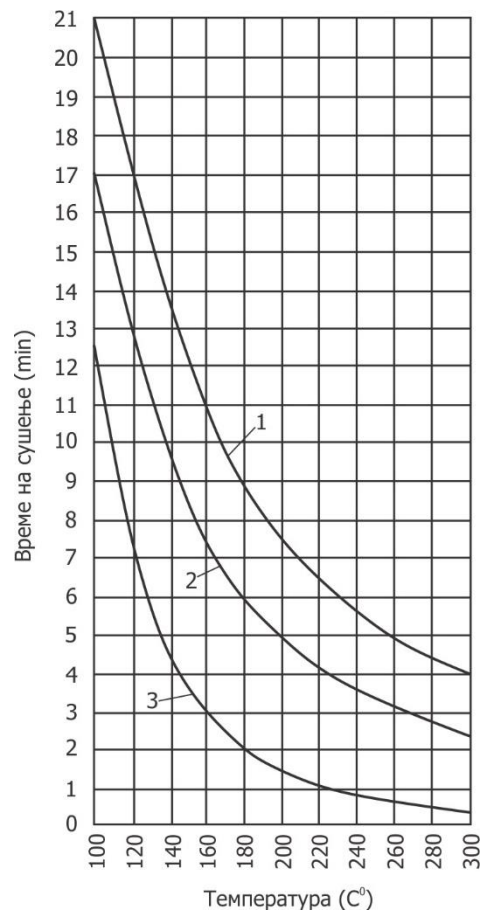
3.3.3.1. Температура на агенсот за сушење

Температурата на агенсот за сушење е еден од основните фактори кои го дефинираат времето на сушење на фурнирот. Како агенс за сушење кај конвективното и комбинираното сушење најчесто се користи воздух и смеса на воздух и гас, а кај контактното сушење водна пара. Влијанието на температурата на агенсот за сушење врз времето на сушење на фурнирот е најголемо при контактното сушење, помало при комбинираното, а најмало при конвективното сушење.

При определување на оптималната температура на агенсот за сушење треба да се земе предвид и нејзиното влијание врз квалитетот на фурнирот. Според Стерлин, зголемувањето на температурата на агенсот за сушење доведува до определена термичка обработка на фурнирот, поради која се намалуваат впивањето влага, сушењето и рамнотежната влажност на фурнирот. Овие промени на физичките својства го подобруваат квалитетот на фурнирот.

Високите температури ја намалуваат јакоста на фурнирот во зависност од крајната влажност. На пр. при температура на агенсот за сушење од 300 °C јакоста на фурнирот се намалува за 5 до 7 % при крајна влажност од 10 до 12 %, за 10 до 17 % при крајна влажност од 4 до 6 % и за 40 % при крајна влажност од 0 до 2 %. Во последниот случај (при крајна влажност од 0 до 2 %) се забележува и значително потемнување на површината на фурнирот.

На графиконот прикажан на сликата 139 е дадена зависноста помеѓу времето на сушење на брезов фурнир со дебелина од 1,5 mm и температурата на агенсот за сушење при различни начини на сушење.



Слика 139. Зависност помеѓу времето на сушење на брезов фурнир со дебелина од 1,5 mm и температурата на агенсот за сушење
1-конвективно сушење; 2-комбинирано сушење; 3-контактно сушење

3.3.3.2. Брзина и насока на воздушниот проток

Насоката на воздушниот проток покажува големо влијание врз интензивирањето на сушењето во конвективните и комбинираниите сушилници, а посебно при комбинираното сушење во сушилници со валјаци.

На сликата 140 се дадени три шеми на циркулација на воздухот во сушилница со валјаци. Според првата шема (сл. 140 а) работат постарите типови на сушилници со валјаци. Кај овие сушилници фурнирот се транспортира по должина на сушилницата со метални валјаци. Помеѓу катовите се распоредени цевковидни грејни тела - калорифери. Циркулацијата на воздухот е по должина на сушилницата, напречно на оските на валјаците. Како што се гледа од шемата, брзината на воздухот околу вентилаторите е поголема, а околу фурнирот помала. Слободната циркулација на воздухот околу фурнирот е попречена од валјаците. При ваквиот воздушен проток се создадени добри услови за загревање на воздухот кој циркулира, но лоши за предавање на топлината од него на фурнирот кој се суши.

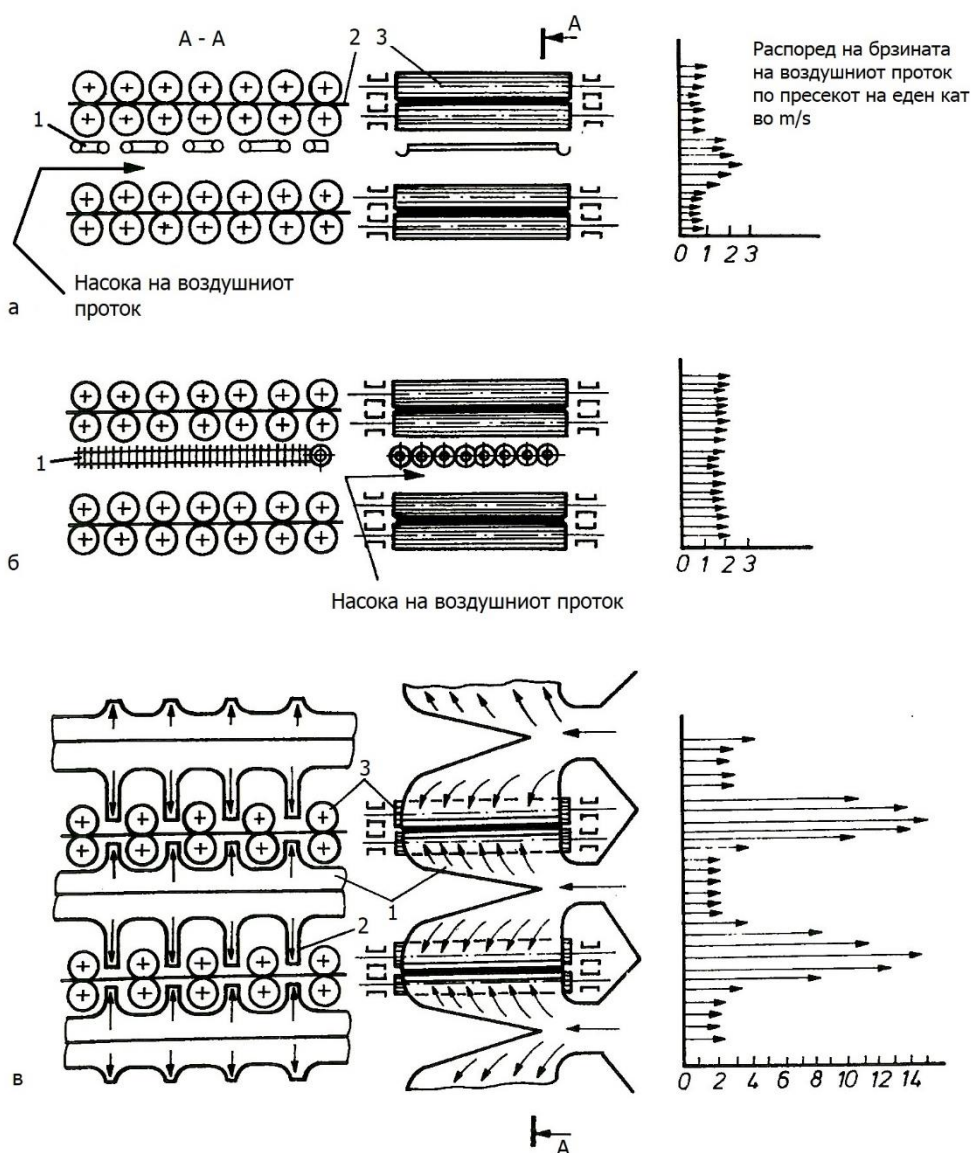
Во сушилниците со напречна циркулација на воздухот (сл. 140 б) брзината на воздухот е рамномерно распоредена. Кај овие сушилници условите за циркулација на воздухот околу фурнирот се подобри и затоа предавањето на топлината е порамномерно.

Сушилниците со валјаци со напречна циркулација имаат различно конструктивно решение. На пр. кај сушилниците кои работат според шемата прикажана на сликата 140 б калориферите се распоредени во сушилницата и го интензивираат сушењето преку зрачење на топлина. Основните вентилатори се распоредени странично и овозможуваат циркулација на воздухот во едни секции од десно на лево, а во соседните секции од лево на десно. На овој начин се постигнува рамномерност на воздушниот проток по должина на сушилницата, што помага во порамномерното сушење на фурнирот.

Кај сушилниците „Schilde“ калориферите и вентилаторите се поставени во горната зона на сушилницата, при што нема грејни тела помеѓу катовите. Поради ова е исклучен ефектот на интензивирање на сушењето преку зрачење на топлина.

Со цел да се интензивира сушењето на фурнирот, создадена е циркулација на воздухот преку дизни, кои го насочуваат воздушниот проток нормално на површината на фурнирот (сл. 140 в). Уредите со дизни се распоредени помеѓу катовите на сушилницата. Од сликата 140 в се гледа дека кај сушилниците со валјаци и дизни, брзината на воздушниот проток по површината на фурнирот е најголема, поради што и интензитетот на сушењето во овие сушилници е најголем.

Ова се потврдува и од кривите на графиконот прикажан на сликата 141, со кои е дадена зависноста помеѓу времето на сушење и температурата на воздухот во сушилници со валјаци со надолжна и напречна циркулација, како и циркулација преку дизни, при сушење на брезов фурнир со дебелина од 1,5 mm од почетна влажност од 80 % до крајна влажност од 6 %. Брзината на воздухот при надолжна и напречна циркулација е 2 m/s, додека при циркулација со помош на дизни 15 m/s.

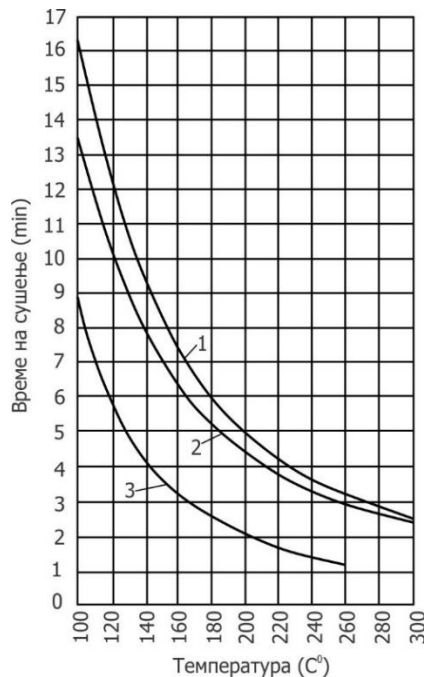


Слика 140. Шема на циркулација на воздухот во сушилници со валјаци [140]
 а-надолжна циркулација: 1-цевковиден калорифер; 2-фурнир; 3-валјаци
 б-напречна циркулација: 1-ребрест калорифер; 2-фурнир; 3-валјаци
 в-насочена воздушна струја нормално на површината на фурнирот со помош на дизни:
 1-уред со дизни; 2-дизни; 3-валјаци

Зависностите на графиконот (сл. 141) покажуваат дека времето на сушење при напречна циркулација на воздухот е покусо, во споредба со сушењето при надолжна циркулација на воздухот. Со зголемување на температурата на агенсот за сушење, разликата во времето на сушење со напречна и надолжна циркулација се намалува. При сушење со насочување на воздухот преку дизни, времето на сушење на фурнирот е најмало.

Брзината на воздухот има суштинско влијание врз времето на сушење на фурнирот. Најголемо влијание има при конвективното сушење.

Со зголемување на брзината на воздушниот проток се зголемува интензитетот на сушењето, при што зголемувањето е поголемо кај сушилниците со дизни во споредба со сушилниците со напречна циркулација на воздухот.



Слика 141. Зависност помеѓу времето на сушење на фурнирот, видот на циркулацијата на воздухот и температурата на воздухот [140]
 1-надолжна циркулација; 2-напречна циркулација;
 3-нормално на површината на фурнирот со дизни

3.3.3.3. Релативна влажност на воздухот

Со истражувања е докажано дека со зголемување на температурата на воздухот, влијанието на релативната влажност на воздухот во сушилницата врз времето на конвективното сушење се намалува. При комбинираното сушење ова влијание е послабо.

Општо земено, при повисоки температури при коишто најчесто се изведува сушењето на фурнирите, релативната влажност на воздухот има незначително влијание врз времето на сушење. За да се намали влијанието на релативната влажност на воздухот врз сушењето на фурнирите, треба да се работи на максимално херметизирање на сушилниците.

3.3.3.4. Дрвен вид

Дрвниот вид има влијание врз почетната влажност на фурнирот, што пак се рефлектира врз времето на сушење.

При иста почетна влажност, времето на конвективното сушење на фурнирот е пропорционално на зафатнинската маса на фурнирот. Ако се земе за единица време времето на сушење на фурнир од бреза, при исти други услови, времето на сушење на фурнир од други различни дрвени видови може да се пресмета со формулата:

$$\tau = \frac{A \times \rho_0}{600} \text{ (min)},$$

каде што:

- τ – време на сушење на фурнирот (min);
- A - коефициент кој зависи од режимот на сушење и се движи од 0 до 10;
- ρ_0 - зафатнинска маса на дрвниот вид кој се суши во апсолутно сува состојба (kg/m^3);
- 600 - зафатнинска маса на бреза при апсолутно сува состојба (kg/m^3).

Дрвниот вид не покажува влијание врз времето на сушење кај контактниот начин на сушење на фурнирот. Влијанието на дрвниот вид врз времето на комбинираното сушење на фурнирот, зависи од односот на конвективното и на контактното предавање на топлината.

3.3.3.5. Дебелина на фурнирот

Од низа спроведени истражувања е констатирано дека при сите начини на сушење, влијанието на дебелината на фурнирот врз времето на сушење се пресметува по следната формула:

$$\tau = A \times S^{1,3} \text{ (min)}.$$

Во врска со влијанието на дебелината на фурнирот врз времето на сушење се поставува прашањето дали е можно да се сушат по два фурнирски листа заедно. Истражувањата покажале дека при ваков начин на сушење се зголемува времето на сушење за 2,15 пати, т.е. од гледна точка на производноста на сушилницата се јавува негативен ефект. Покрај тоа, при сушење на два фурнирски листа заедно, доаѓа до свиткување на фурнирот во форма на ролна. Оваа појава може да се коригира само со т.н. пресушување на фурнирот до влажност од околу 2,5 %, што пак доведува до намалување на производноста на сушилницата, а сушениот фурнир е со мали јакости. Сето ова покажува дека сушењето на два фурнира заедно не е рационално.

3.3.4. Видови сушилници за фурнир

Сушилниците за фурнир може да се класифицираат според следните критериуми:

- карактерот на работа на сушилниците;
- начинот на предавање на топлина од агенсот за сушење врз фурнирот (конвективни, контактни, комбинирани, сушилници со инфрацрвени зраци);
- видот на агенсот за сушење (жежок воздух, димни гасови);
- принципот на циркулација и насока на воздушниот проток (надолжна циркулација, напречна циркулација, насочена воздушна струја нормално на површината на фурнирот-сушилници со дизни).

Сушењето на фурнирот, како технолошка операција, може да се изведе на следните начини:

- проточно сушење на фурнирот (за време на движењето на фурнирот во сушилницата) во сушилници со валјаци и бесконечни ленти, валјаци и загреани плочи;
- стационарно сушење во сушилници во вид на комори;
- сушење во други видови сушилници: со инфрацрвени зраци, вакуумски сушилници, со микробранови итн.

Во индустриски услови се користат проточни сушилници со валјаци и бесконечни ленти (во вид на метални мрежи и заоблени профили во вид на шипки).

Стационарните сушилници во вид на комори се карактеризираат со долго време на сушење (за тенки фурнири од 20 до 70 min, за средно дебели фурнири од 240 до 320 min), незадоволителен квалитет и високи трошоци. Затоа овие сушилници се надминати и во индустриски услови не се користат.

Сушилниците за проточно сушење на фурнирот се монтажни објекти изработени од лим обложен со термоизолационен материјал и се поделени на секции чија работна должина најчесто изнесува 2 m. Во габаритот на сушилницата се вградени уреди за транспорт на фурнирот (валјаци или бесконечни ленти), грејни тела, вентилатори за дистрибуција на загреаниот воздух, инсталации за одвод на заситениот воздух, како и инструменти за контрола на температурата и влажноста на воздухот во сушилницата.

Сушилниците по должина се поделени на зони на:

- полнење и празнење;
- претсушење;
- сушење;
- изедначување на влагата и ладење во услови на собна температура.

Како носители на топлина во сушилниците најчесто се користат загреана вода или пара. Покрај нив, може да се користат и димни гасови, масло и електрична енергија, но овие извори во европските земји главно не се користат поради поголемите производни трошоци (електрична енергија) и опасноста од пожар (димни гасови и масло).

Полнењето и празнењето на проточните сушилници може да биде рачно, полуавтоматско и автоматско.

3.3.4.1. Проточни сушилници со валјаци

Сушилниците со валјаци се сметаат за најсовршените уреди за сушење на лупен фурнир поради доволниот интензитет и добриот квалитет на сушење.

Сушилниците со валјаци од аспект на начинот на транспорт на фурнирот во текот на сушењето претставуваат систем на база на долни носиви и горни притисни валјаци. Работната ширина на стандардните сушилници изнесува од 4 до 4,5 m (за мали сушилници од 2 до 2,7 m, максимални од 5,6 до 6 m). Растојанието помеѓу оските на валјациите по должина на сушилницата најчесто е од 125 до 200 mm. Со намалување на растојанието помеѓу валјациите се зголемува ефектот на пеглање на фурнирот, додека пак со зголемување на ова растојание се олесува дистрибуцијата на загреаниот воздух. За сушење на потенки фурнири, растојанието помеѓу валјациите е помало.

Сушилниците со валјаци овозможуваат беспрекорен транспорт на фурнир со средна дебелина и подебели фурнири, со значително намалување на грешките при сушењето во вид на брановидност. Овие сушилници се користат за сушење на фурнири со дебелина од најмалку 1 mm.

Бројот на катовите и должината на сушилниците зависат од потребниот капацитет. Може да се изведуваат со 2, 3, 4, 5, 6 и повеќе катови.

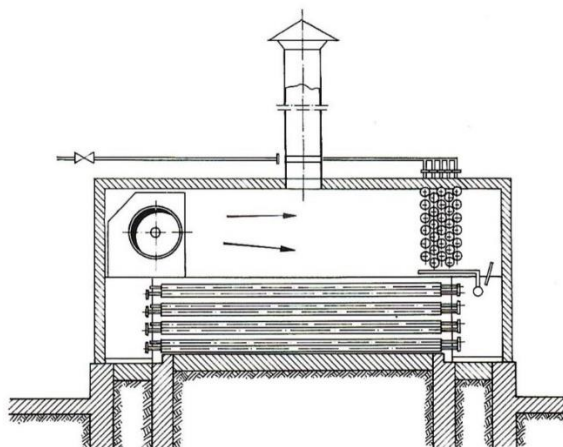
Сушилницата е поделена во секции чијашто должина изнесува најчесто 2 m. Бројот на секции зависи од потребниот капацитет на сушилницата. Ефективната должина за сушење на сушилницата се движи од 8 до 30 m во Европа и до 47 m во САД.

Во секоја секција е вграден по еден вентилатор и грејно тело. Кај класичните сушилници со валјаци (со надолжна и напречна циркулација на воздухот) се користат температури на сушење од 100 до 140 °C и од 125 до 145 °C со контактено-конвективен пренос на топлинската енергија.

Зависноста на времето на сушење од дебелината на фурнирот за различни дрвни видови при сушење во сушилница со валјаци е прикажана на графиконот на сликата 143.

Кај сушилниците со валјаци и напречна циркулација на воздухот се врши вдување на воздухот напречно на насоката на движење на фурнирот низ сушилницата.

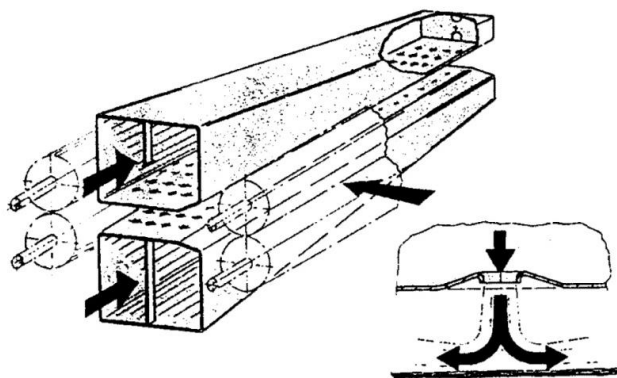
Специфичната потрошувачка на пара изнесува од 1,75 до 2,5 kg по 1 kg испарена вода.



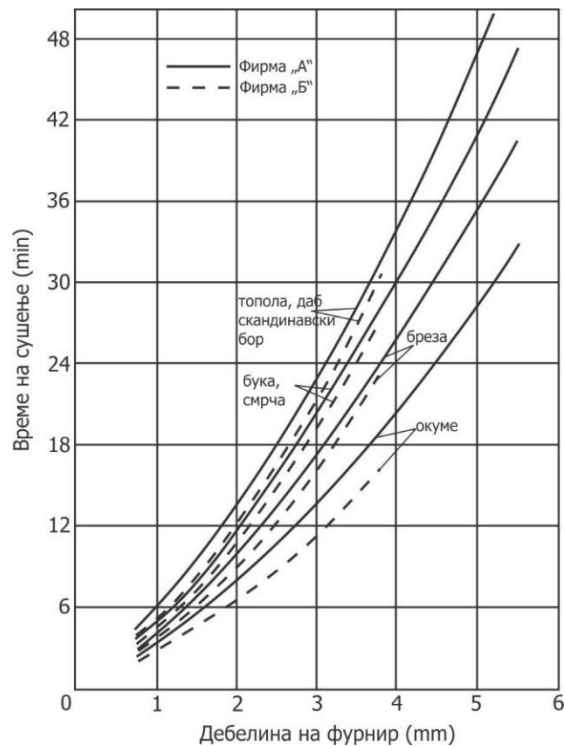
Слика 142. Сушилница со валјаци и напречна циркулација на загреаниот воздух [89]

Табела 26. Продуктивност на сушулница со валјаци по одделни дрвени видови [108]

Фурнир		Почетна влажност (%)	Крајна влажност (%)	Испарена вода (kg/m ³)	Температура (°C)	Време на поминување (min)
Дрвен вид	Дебелина					
Фирма „А“						
бреза	1,5	-	-	360÷400	125÷145	8÷13
евла	3,0	-	-	330	125÷145	22
евла	4,5	-	-	-	125÷145	40
бука	1,5	-	5÷7	360	100÷140	8
бука	3,0	-	5÷7	360	100÷140	23
даб	1,0	-	-	400	85	5
окуме	1,0	-	-	-	-	4
окуме	2,0	-	-	-	-	8
окуме	3,0	-	4÷5	220÷240	130÷150	13
окуме	4,0	-	-	-	-	18
топола	1,5	-	-	-	-	10
топола	3,0	-	8÷9	340÷500	120÷150	23
Фирма „Б“						
бука	1,8	99,4	4,5	-	140	9,5
даб	0,8	80	8,4	-	90	7
даб	1,0	68,1	8,2	-	140	4
евла	1,44	-	2,5	-	148	10
смрча	3,0	112,7	2,1	-	165	23
окуме	2,0	46,3	4,2	-	140	6
окуме	3,0	32	0	-	145	13
бор	1,75	-	4,2	-	145	15
орев	0,8	65,7	8,2	-	140	2,5
топола	3,0	59,2	3,7	-	140	14



Слика 143. Детал на сушилница со валјаци и дизни [105]



Слика 144. Зависност на времето на сушење од дебелината на фурнирот за различни дрвни видови при сушење во сушилница со валјаци [89]

3.3.4.2. Проточни сушилници со бесконечна мрежеста лента (лентовидни сушилници)

Подрачјето на примена на сушилниците со бесконечна лента е многу широко и ги покрива сите потреби во производството на сечени и лупени фурнири, со напомена дека во производството на сечени фурнири со дебелина под 1 mm се користат пред сè лентовидните сушилници.

Сушилниците со бесконечна лента се изработуваат со една или со повеќе мрежести метални ленти (долни носиви и горни притисни) во рамна или во „S“ изведба.

Работната ширина на сушилниците за сушење на сечен фурнир изнесува од 3,2 до 5,5 m. Сушилниците кои се вклучени во проточна линија за производство на лупен фурнир имаат работна ширина која е усогласена со работната должина на ножот на машината за лупење, а во стандардните технологии изнесува 4,2 m. Во зависност од потребниот капацитет, бројот на катови во сушилницата може да биде различен. Бројот на катови за сушилниците во рамна изведба изнесува најчесто 2, 3 или 4, а за решенија во „S“ изведба 3, 5 или 7 во зависност од работната должина, односно од капацитетот.

На сликата 145 е прикажан пресек на повеќекатна класична лентовидна сушилница. Долните и горните ленти имаат спротивна насока на движење. Кај овој тип на сушилници, полнењето и празнењето на сушилницата се врши од двете страни.

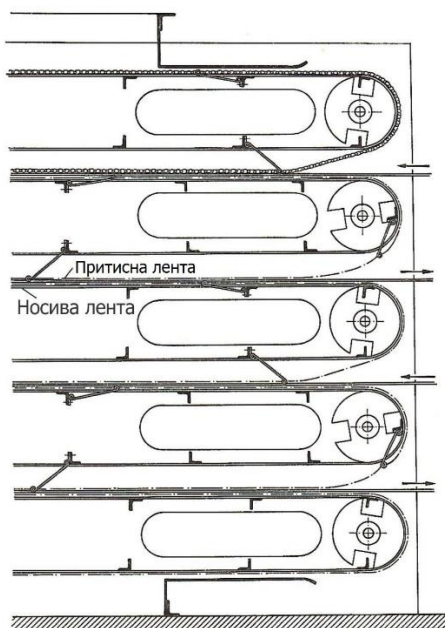
Кај сушилниците со еднонасочно движење (сл. 146) конструкцијата е посложена и истовремено зазема поголема височина. Вкупниот број на потребни бесконечни ленти кај оваа конструкција на сушилница е двојно поголем од бројот на катови низ кои се движат фурнирите.

Одржувањето на лентите постојано во затегната состојба претставува битен фактор за нормално функционирање на сушилниците со бесконечни ленти.

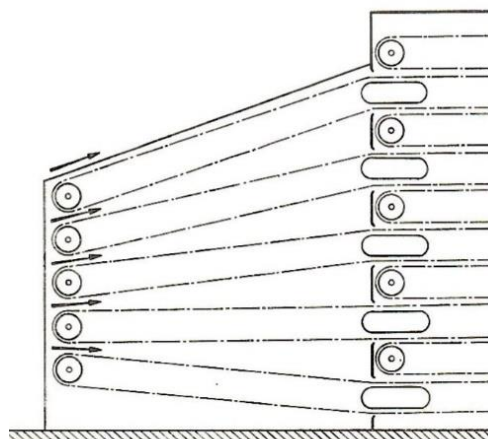
Кај класичните сушилници (со напречна и надолжна циркулација на воздухот), сушењето се врши на температура од 80 до 110 °C, а во посебни случаи на температура до 140 °C.

Зависноста на времето на сушење кај овие сушилници од дебелината на фурнирот за различни дрвни видови е прикажана на графиконот на сликата 148. Времето на сушење е подолго за 25 до 100 % во споредба со времето на сушење во сушилниците со валјаци,

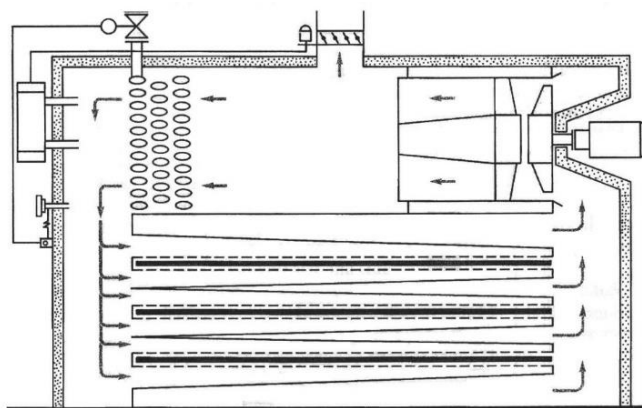
што е делумно резултат на повисоката релативна влажност на воздухот. Лентовидните сушилници се погодни за сушење на многу чувствителни фурнири и ги задоволуваат сите потреби на производството на фурнири и фурнирски плочи.



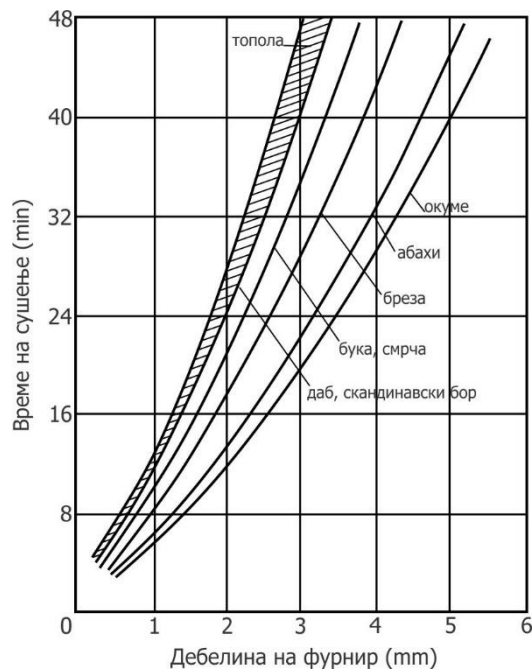
Слика 145. Сушилница со бесконечна лента во рамна изведба [89]



Слика 146. Сушилница со бесконечна лента во рамна изведба со еднонасочно движење на фурнирот [89]



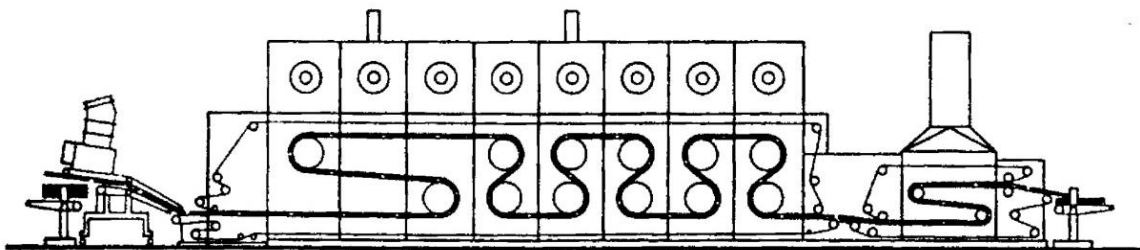
Слика 147. Трикатна сушилница со рамни бесконечни ленти со напречна циркулација на воздухот [105]



Слика 148. Зависност на времето на сушење од дебелината на фурнирот за различни дрвени видови при сушење во лентовидна сушилница [89]

Табела 27. Продуктивност на лентовидна сушулица по одделни дрвени видови [108]

Фурнир		Почетна влажност (%)	Крајна влажност (%)	Испарена вода (kg/m ³)	Температура (°C)	Време на поминување (min)
Дрвен вид	Дебелина (mm)					
бреза	1,5	60	6÷8	-	105÷140	19
бука	1,5	50	5÷7	-	80	22
бука	1,3	50	5÷7	-	80	35
бука	5,0	40	4	-	80÷90	74,5
даб	0,8	42	5÷7	-	100	4
даб	1,3	42	5÷7	-	100	10
евла	1,5	44	5÷7	-	95÷100	16
окуме	1,5	-	6÷8	220÷240	100	13÷18
окуме	2,5	-	6÷8	220÷240	110	28÷37
окуме	4,0	-	6÷8	220÷240	110	44÷55



Слика 149. Сушилница со бесконечна лента во „S“ изведба [108]

3.3.4.3. Проточни сушилници со дизни

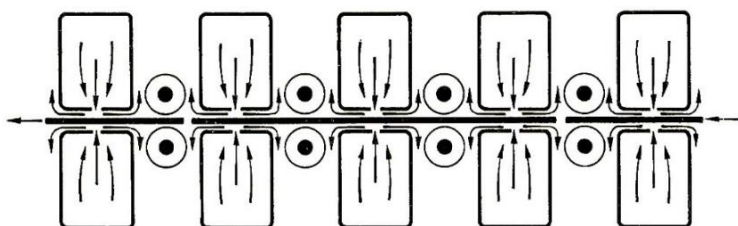
Процесот на сушење на фурнирите во сушилници со системи на надолжна и напречна циркулација на воздухот во сушилницата, резултира со долго времетраење на сушењето, што ја отежнува синхронизацијата на процесот на изработка на фурнирите и сушењето, односно континуираното производство.

Воведувањето на сушилници со дизни претставува револуционерен развој во сушењето на фурнирите. Специфичноста на овие сушилници се состои во вертикалното насочување на загреаниот воздух на површината на фурнирот. Над и под бесконечната

лента (кај лентовидните сушилници) или помеѓу валјациите (кај сушилниците со валјаци, сл. 150), нормално на насоката на движење на фурнирот се вградени комори со дизни за дистрибуција на загреаниот воздух кој е со температура од 170 до 205 °C и со брзина на движење од 15 до 60 m/s.

Сушилниците со дизни овозможуваат истовремена интензивна дистрибуција на еднаков волумен на загреан воздух со еднаква брзина на секој cm² од површината на двете страни на фурнирот.

Најсовремените сушилници за фурнир се на основа на бесконечна лента во вид на заоблени профили - шипки. Над и под овие профили се вградени комори со дизни. Шипките двострано цврсто го држат фурнирот и вршат движење истовремено со фурнирот. Растојанието помеѓу шипките може да се регулира во зависност од дрвниот вид и дебелината на фурнирот. При користење на вакви сушилници, процентуалното учество на пукнатини на фурнирот е 1 %, за разлика од класичните лентовидни сушилници и сушилниците со валјаци со надолжна и напречна циркулација на воздухот, каде учеството на пукнатини е од 6 до 10 %.

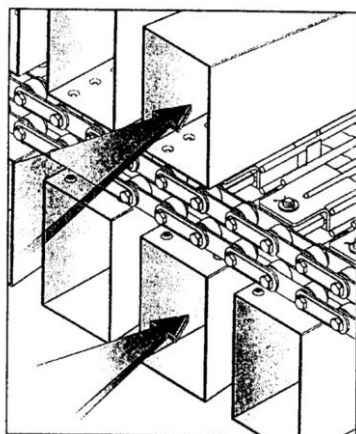


Слика 150. Шематски приказ на принцип на сушење на фурнирот во сушилница со дизни [89]

Кај сушилниците со дизни времето на сушење се намалува за 3 до 4 пати во споредба со класичните сушилници.

Во табелата 28 е дадено времетраењето на сушење на различни дрвни видови фурнир со дебелина од 0,6 mm, зависно од почетната влажност при сушење во лентовидна сушилница со дизни тип Schilde.

Катовите на сушилницата може да работат со посебни погони, што овозможува истовремено сушење на фурнири од различен дрвен вид и со различна дебелина.



Слика 151. Детал од сушилница со бесконечна лента во вид на заоблени профили и дизни [105]

Во споредба со класичниот начин на циркулација на воздухот (со вентилатори) каде брзината на воздухот постепено се намалува со оддалечување од вентилаторот со што различни зони на сушилницата се подложени на различни ефекти на сушење, со дизните се врши рамномерно сушење по целата ширина на лентата, со еднаква температура и

влажност на воздухот. Со ова се намалува можноста од појава на брановидност на краевите на фурнирот.

Табела 28. Времетраење на сушењето на различни видови фурнир со дебелина од 0,6 mm, зависно од почетната влажност при сушење во лентовидна сушилница со дизни тип

Schilde [108]		
Дрвен вид	Почетна влажност (%)	Времетраење на сушењето (min)
бука	60÷80	1,2÷1,4
даб	60÷80	1,2÷1,5
јавор	50÷60	0,8÷1,1
орев	60÷80	1,2÷1,5
вишна	50÷60	1,0÷1,2
макоре	50÷60	0,9÷1,2

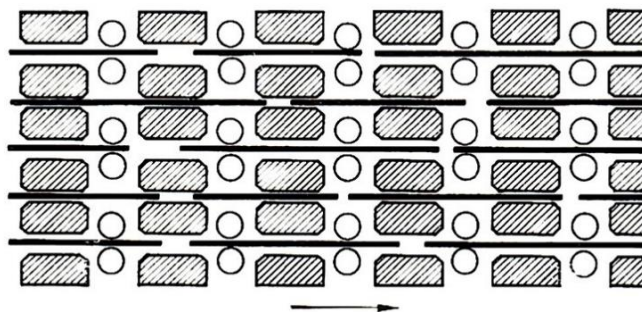
Предноста на сушилниците со дизни, во споредба со сушилниците со надолжна и напречна циркулација на воздухот, може да се согледа од следното:

- поефикасно разбивање на воздухот на површината на фурнирот;
- скратено време на сушење, кое изнесува од 25 до 50 % од времето на сушење во класичните сушилници;
- сушење на фурнири добиени од дрво со неправилна градба;
- еднолично сушење по целата површина на катот со што се избегнуваат пукнатини и брановидност на фурнирот;
- помала можност за промена на бојата на фурнирот поради повисоките температури на сушење и поголемата брзина на движење на воздухот.

3.3.4.4. Сушилници со грејни плочи и валјаци

Сушењето на фурнирите во сушилници со метални грејни плочи и валјаци се врши според контактниот метод на сушење. За транспорт на фурнирите се користат валјаци. Овие системи се изведени така што на два пара валјаци се монтира еден пар грејни плочи поставени една над друга. Грејните плочи може да се загреваат на топла вода, високофреквентна струја или жешки масла. Фурнирот кој се суши се внесува помеѓу валјациите кои го транспортираат до првиот пар грејни плочи, движењето престанува, плочите се затвораат и се врши сушење на фурнирот преку контактен начин на пренос на топлина. Понатаму, фурнирот се задвижува на транспортните валјаци кон следниот пар грејни плочи. На тој начин сушењето продолжува периодично до крајот на сушилницата. Влажноста на фурнирот брзо се сведува на 6 до 9 %, без појава на брановидност. При сушење на фурнирот со овие сушилници се постигнува подеднакво загревање на фурнирот, како и ефект на пеглање, при што исушениот фурнир е мазен и рамен.

Овие сушилници заземаат мал простор. Имаат должина од 4,5 до 7,2 m и ширина од 3 m. Недостаток претставува значително помалата производност во однос на другите, претходно наведени типови на сушилници.



Слика 152. Шематски приказ на сушење на фурнирите во сушилница со валјаци и метални плочи [89]

3.3.4.5. Сушење на непрекинато фурнирско платно

Сушењето на лупениот фурнир во производството на фурнирски плочи се извршува најчесто по кроењето на фурнирското платно.

При кроење на фурнирското платно, со цел да се добијат исушени формати на фурнирски листови со потребни димензии, се дава надмер напречно на влакната за собирање на фурнирот и обрежување на фурнирските плочи. Поради различната големина на собирањето се јавуваат разлики во димензиите на исушените фурнири, што негативно влијае врз квантитативното искористување. Покрај тоа, поради малата јакост на затегнување напречно на влакната на влажниот фурнир, во процесот на кроење и внесување на фурнирите во сушилницата, дел од фурнирите напукнуваат и се цепат, со што им се намалува квалитетната класа.

Меѓутоа, во поново време се внесува нова технологија кај лупењето, раскројувањето и сушењето на фурнирите. Кај оваа технологија се создаваат можности да се изградат механизирани проточни линии кои ќе овозможат транспорт и сушење на фурнирот во еден непрекинат процес. Фурнирското платно од машината за лупење се внесува во сушилница, а потоа се раскројува на фурнирски листови, при што истовремено се отстрануваат и грешките на фурнирското платно. Од податоци добиени од практиката е констатирано дека оваа технологија овозможува намалување на загубите на дрвото од 3 до 5 %, како и намалување на трошоците за работа за лупење, сушење, раскројување и сортирање на фурнирот за 2 до 2,5 пати.

Независно од големата ефективност на новата технологија, таа сè уште не наоѓа широка примена. Ова се објаснува со тешкотиите при изработка на соодветни сушилници за непрекинато фурнирско платно без појава на брановидност и гужвање на фурнирот.

Денес за оваа намена се користат претежно лентовидните сушилници.

Во зависност од начинот на пренесување на фурнирското платно од машината за лупење до сушилницата, развиени се две решенија за изведба на проточни линии. Во првиот случај, фурнирското платно од машината за лупење до сушилницата се пренесува намотано во ролна. По сушењето во лентовидна сушилница, фурнирското платно се подава на кроење на една или на две ножици за фурнир.

Во вториот случај, фурнирското платно се пренесува од лупилката до сушилницата преку транспортери. На овој принцип е изведена проточна линија за сушење на фурнирско платно од фирмата „Raute“ во четирикатна лентовидна сушилница со последователно преминување на платното од еден во друг кат.

3.3.5. Грешки при сушење на фурнирите

Најчести грешки кои може да се јават при сушење на фурнирите се следните:

Отворени пукнатини како последица на:

- невнимателна манипулација со фурнирот во операциите на полнење и празнење на сушилницата;
- висока загуба на влажност пред сушењето;
- погрешен режим на сушење во однос на температурата, влажноста на загреаниот воздух и брзината на поминување;
- нееднолично собирање во различни насоки;
- неправилно затегнати мрежи кај лентовидните сушилници;
- нееднолична дебелина на фурнирот и блокирање на валјациите кај сушилниците со валјаци;

Недоволно исушени или пресушени одделни листови фурнир:

- различна почетна влажност на фурнирот;
- разлика во дебелината и едноличноста на дебелината на фурнирите;
- неисправен режим на сушење;
- неисправна сушилница и мерни инструменти;
- неисправен режим и уреди во зоната на ладење и релаксација.

Нееднолична влажност по површината на листот:

- неправилно сложување (одлагање на исушениот фурнир после сушењето).

Промена на бојата на фурнирот:

- висока влажност во сушилницата;
- мала брзина на струење на воздухот.

Набрани краеви на фурнирот:

- голема почетна влажност на фурнирот.

Брановидни фурнири:

- нееднолично сушење на краевите и средината на листот;
- преголем степен на притисок.

3.3.6. Потрошувачка на пара за сушење на фурнирите

Во процесот на сушење на фурнирите посебно важен параметар е потрошувачката на технолошка пара (p). Истата зависи од повеќе параметри, а може да се пресмета со следната формула:

$$P = \frac{M_f \times W \times N}{1000 \times b} \text{ (t пара/ден)}$$

каде што:

- M_f - количина на фурнир што треба да се суши (m^3);
- W - количина на влага во фурнирот која треба да испари (kg/m^3);
- N - норматив на потрошувачка на технолошка пара за 1 kg испарена вода од дрвото (kg/kg);
- b - број на работни денови во годината.

Вредноста на параметарот „ W “ кој го дава Колман за некои дрвни видови е дадена во табелата 29.

Табела 29. Вредности за количината на влага „ W “ [89]

Вид на дрво	W [kg/m^3]
даб	до 400
окуме	220÷240
бука	360÷400
топола	340÷500
бреза	360÷400
евла	до 330

Нормативот „ N “ се движи во граници од 1,7 до 2,0 kg потрошена пара за 1 kg испарена вода од дрвото. Споредбено за сушење на бичената граѓа, вредноста на нормативот „ N “ изнесува 3,2 kg/kg.

3.3.7. Пресметка на производноста на сушилниците и бројот на потребни сушилници

Производноста на сушилниците за фурнир може да се пресмета во број на фурнирски листови ($E_{\text{парч}}$), во m^2 (E_{m^2}) или во m^3 (E_{m^3}) исушен фурнир.

$$E_{\text{парч}} = \frac{T \times k \times k_1 \times k_2 \times f \times e \times l_s}{t \times l_f} \text{ (парчиња/смена),}$$

$$E_{m^2} = \frac{T \times k \times k_1 \times k_2 \times e \times l_s \times b}{t} \text{ (m}^2\text{/смена),}$$

$$E_{m^3} = \frac{T \times k \times k_1 \times k_2 \times e \times l_s \times b \times S}{t} \text{ (m}^3\text{/смена),}$$

каде што:

- T - работно време во смена (480 min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- k_2 - коефициент на заполнетост на сушилницата по ширина и должина;
- e - број на катови на сушилницата;
- f - број на фурнирски листови во еден кат;
- l_s - грејна должина на сушилницата;
- t - времетраење на поминување на фурнирскиот лист низ сушилницата (min);
- l_f - средна должина на фурнирскиот лист (m);
- b - работна ширина на сушилницата (m);
- S - дебелина на исушен фурнир (m).

Бројот на потребни сушилници „ N “ се пресметува според формулата:

$$N = \frac{n_1 + n_2 + \dots + n_n}{b \times c} \text{ (бр. на сушилници),}$$

$$n_1 = \frac{Q_1}{E_1}, n_2 = \frac{Q_2}{E_2}, \dots, n_n = \frac{Q_n}{E_n},$$

каде што:

- n_1, n_2, \dots, n_n - број на потребни смени за одделни дебелини на фурнирот;
- E_1, E_2, \dots, E_n - производност на сушилницата во m^3 за наведените дебелини;
- b - број на денови во годината;
- c - број на смени во денот;
- Q_1, Q_2, \dots, Q_n - количество фурнир во m^3 /годишно од поодделни дебелини на фурнирот.

3.4. ДРУГИ ВИДОВИ ФУРНИРИ

3.4.1. Микрофурнири

Под микрофурнири се подразбираат главно лупени фурнири со дебелина од 0,09 до 0,19 mm, кои со својата боја и текстура даваат определен естетски ефект и се користат во декоративни цели.

За изработка на микрофурнирите погодни се ситнопорозните дрвни видови како што се: бреза, бука, евла, јасен. Крупнопорозните дрвни видови не се погодни, бидејќи при лупењето на многу мали дебелини, многу е тешко да се задржи целината на фурнирското платно. Покрај тоа, при слепување врз хартија, се појавуваат пукнатини, со што таквиот фурнир не е погоден за употреба.

Со лупење на микрофурнири се овозможува високо квантитативно и квалитативно искористување на дрвните видови со високи естетски својства.

Микрофурнирите со посебна постапка се налепуваат на подлога од хартија со дебелина од 0,06 mm и се користат како тапети за ѕидови и површинско обложување на различни предмети (книги, албуми, пликоа, декоративна амбалажа и сл.).



Слика 153. Предмети изработени од микрофурнири [52]

3.4.2. Авионски фурнири

Авионските фурнири се користат за изработка на повеќеслојни фурнирски плочи, наменети за изработка на воздушни летала (едрилици, спортски авиони).

Поради ваквата намена овие фурнири се изработуваат од најквалитетно дрво на: бреза, бука, јавор, јасен и евла во формати кои одговараат на димензиите на готовите плочи (цели формати на листови), со режим на обработка кој не толерира грешки на градбата и при изработката. Авионските фурнири се изработуваат со дебелини: 0,18; 0,22; 0,25; 0,28; 0,31; 0,41; 0,42; 0,52; 0,55; 0,8; 0,95; 1,15 и 1,5 mm.

Со оглед на строгиот режим на обработка, при изработката на авионските фурнири во цели листови, искористувањето на суровината е многу ниско и се движи од 5 до 10 %.

Сушењето на овие фурнири се врши во лентовидни сушилници со напречна циркулација на воздухот или со дизни. Сушењето се одвива под благ режим, на температура од 45 до 60 °C. При поголеми дебелини режимот се менува со намалување на брзината на помест на фурнирот низ сушилницата, а не со зголемување на температурата.



Слика 154. Спортски авион изработен од авионски фурнирски плочи [50]

3.4.3. Фурнири „фина линија“ – (fine-line)

Во недостаток на квалитетна суровина за производство на благородни фурнири и со цел подобрување на условите и економичноста на примената, се произведуваат фурнири со „фина линија“ (fine-line). Фурнирите „fine-line“ доаѓаат уште и под името реконструирани фурнири. Овој фурнир има права и убава линија.

Основната карактеристика на овие фурнири е во стандардните должини (265, 305 и 344 cm) и ширина до 60 cm, односно големи површини со иста боја и текстура. Дебелината на овие фурнири изнесува 0,5; 0,55 и 0,60 mm.

Се разликуваат нормални „fine-line“ фурнири и специјални, со нагласена текстура, глуждови и други ефекти.

Изработката на овие фурнири се состои во изработка на блокови со слепување на фурнири (најчесто лупени) со определен формат и определена дебелина, во природна боја или длабински обоени. Дебелината на блокот може да биде различна (од 10 до 100 cm). Вака добиенот блок потоа се сече вертикално на слепените површини на машина за сечење на фурнир, при што се добива фурнирска површина со големи димензии и прави линии (оттаму и името на овие фурнири).

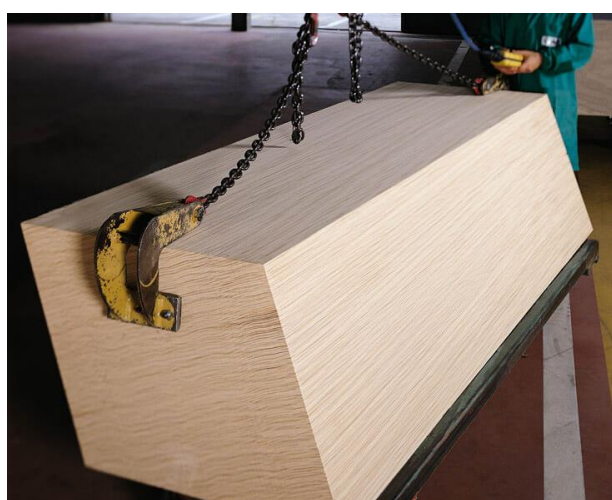
Фурнирите од кои се добива блокот може да бидат од различни дрвни видови, што подразбира и различни бои на истите, со што се добива „fine-line“ фурнир со различна боја. Во зависност од бојата со кој дрвен вид е најблиска, добиваат име и во продажбата (на пр. добиените „fine-line“ фурнири од сечен или лупен фурнир од махагони или кои со боење имаат иста боја како махагон, добиваат име „fine-line“ махагони и сл.).

Економско-технолошките предности во изработката на „fine-line“ фурнирите се следните:

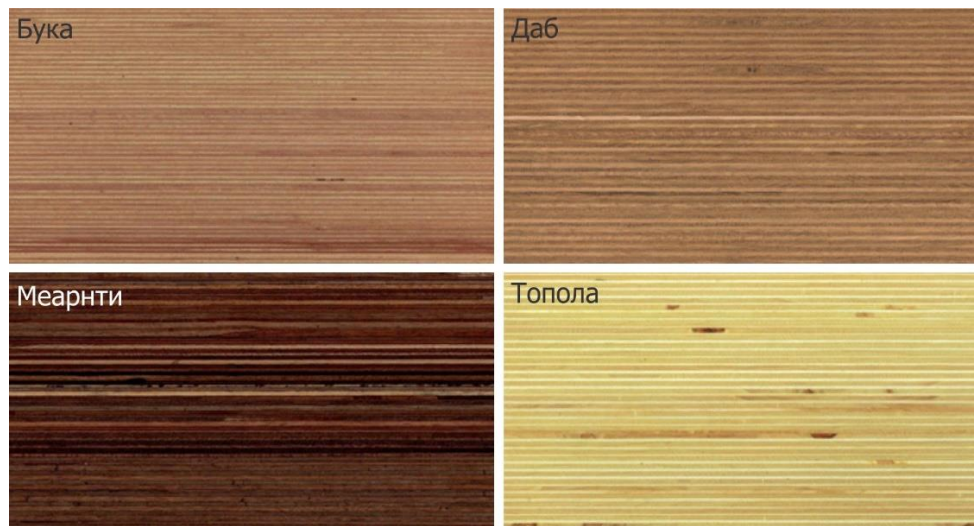
- користење на евтина основна суровина;
- големи можности за имитација на природната текстура и боја на голем број различни дрвни видови;
- стандардно поголеми должини и ширини на фурнирските листови;
- изостанува сложување и прилагодување на текстурата при обложување на мебел и останати производи кај кои се бараат определни естетски својства.



Слика 155. Шема на одделни технолошки операции во производството на „fine-line“ фурнири [54]



Слика 156. Блок од слепени фурнирски листови за изработка на „fine-line“ фурнири [33]



Слика 157. „Fine-line“ фурнири [43]

3.4.4. Фурнири за акумулатори

Фурнирите за акумулатори се користат за изработка на сепаратори кај оловните електрични акумулатори. Се произведуваат со сечење или со лупење. Според начинот на изработка се делат на рамни, со дебелина од 1,6 до 3,2 mm и избраздени (автомобилски) со дебелина од 2 до 2,5 mm, со длабочина на каналот до половина од дебелината.

За изработка на овие фурнири се користат евла, липа, кедар и дуглазија. Суровината мора да биде без грешки, со еднолична и компактна градба, праволиниско протегање на дрвните влакна и мала ширина на годовите. Овие фурнири се добиваат од периферната зона на трупецот (до кората) до 1/5 од дијаметарот на трупецот. Суровината која се користи за производство на овие фурнири мора да има најмалку 4 cm ширина на прстенот од кој ќе се сече или лупи фурнир.

Поради строгиот режим на обработка на овие фурнири, процентот на искористување на суровината е низок (под 20 %).

Режимот на лупење на фурнирите наменети за акумулатори според М. Николиќ [108] е даден во табелата 30.

Табела 30. Режим на лупење на фурнири за акумулатори [108]

Параметри	евла	кедар
Температура во трупецот (°C)	23÷35	40÷50
Степен на притисок Δ (%) за дебелина на фурнир:		
1,2÷1,5 mm	10÷15	10÷15
1,8 mm	15÷20	15÷20
2,2 mm	20÷25	20÷25
Заден агол α (°)	0,5÷1	1÷2
Агол на острење на ножот β (°)	18÷20	23÷24

4. ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Фурнирските плочи претставуваат најраспространет вид на слоевито дрво. Денес тие сè повеќе им отстапуваат место на плочите од иверки и на плочите влакнатици во својата традиционално примарна област на примена, а тоа е мебелното производство. Во замена за тоа, фурнирските плочи денес широко се употребуваат во градежништвото, бродоградбата, автомобилската индустрија, контејнерското производство, како и во други области, каде што ги заменуваат бичените материјали, а во некои случаи и челикот.

Фурнирските плочи претставуваат плочест производ составен од тенки слоеви дрво (фурнирски листови), меѓусебно слепени со наизменична ориентација на дрвните влакна, најчесто под агол од 90°.

Основните предности и цел на развојот на фурнирските плочи е создавање на похомогени материјали, отстранување на грешките од дрвото, создавање на композитни материјали со поголеми јакостни карактеристики од масивното дрво и можност за изработка на материјали во различни формати.

Како резултат на слоевитата вкрстена конструкција која е одговорна за подобрите својства во однос на масивното дрво, фурнирските плочи пронашле широко подрачје на примена и се една од најзначајните замени за масивното дрво.

Користењето на масивното дрво е поврзано со низа проблеми, како што се: анизотропноста и хетерогеноста на материјалот, недоволната димензионална стабилност како резултат на промените во содржината на влага и проблемите во формирањето на големи површини и формати од масивно дрво. Ваквите проблеми се надминати со конструирањето на фурнирските плочи.

Наизменичната ориентација на фурнирските листови во структурата на плочата обезбедува димензионална стабилност на фурнирските плочи и приближни аксијални напрегања по должина и ширина на плочата. Слоевитата структура на фурнирските плочи овозможува дистрибуција на грешките на дрвото на поголема површина, што позитивно влијае врз квалитетот и својствата на овие плочи.

Како резултат на наизменичната ориентација на слоевите во фурнирските плочи значително е намалена цепливоста на дрвото при употребата на спојни средства и е подобрена отпорноста на појава на пукнатини. Намалената цепливост на фурнирските плочи овозможува поставување на спојни средства многу блиску до рабовите на плочата. Минималното бабрење на рабовите на фурнирските плочи ги прави овие плочи еден од најдобрите избори при изведба на слепени споеви на принципот перо и жлеб и во услови на присуство на влага.

Фурнирските плочи се карактеризираат со високи јакостни карактеристики наспроти нивната маса и дебелина. Формата на овие плочи овозможува нивна примена на места каде се потребни материјали во големи формати.

Квалитетот на фурнирските плочи зависи од дрвениот вид од кој се изработени фурнирите, квалитетот на фурнирите, технолошките параметри на производство на плочите, како и од видот на употребената смола. Физичко-механичките својства на овие материјали можат да се прилагодат на потребите на нивната крајна примена.

Денес, главното подрачје на примена на фурнирските плочи е градежната индустрија, каде примената на овие материјали може да биде за конструктивни и неконструктивни цели, за внатрешна или надворешна употреба. Примената на фурнирските плочи во надворешни услови бара употреба на водоотпорни лепила. Најчесто применувано лепило во производството на фурнирски плочи наменети за употреба во услови на зголемена влажност и дејство на атмосферерлии е фенолформалдехидното лепило. Тоа се карактеризира со висока јакост, голема отпорност на вода и влажна атмосфера, има повисока отпорност од дрвото на високи температури и изложеност на хемиско стареење. Карбамидформалдехидното лепило е поекономично, но неговата примена, пред сè, е ограничена на производство на плочести материјали за внатрешна употреба.

Покрај градежништвото, транспортната индустрија е едно од поголемите подрачја на примена на фурнирските плочи. Тие имаат своја примена во изработката на транспортни

контејнери во поморскиот транспорт, подни конструкции во транспортните возила, вагоните, како и примена во бродоградбата.

4.1. ПОИМ И ПОДЕЛБА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Фурнирските плочи се плочести производи изработени од фурнирски листови слепени меѓусебно со наизменична ориентација на дрвните влакна, најчесто под прав агол.

Фурнирските плочи се делат на:

- стандардни фурнирски плочи и
- специјални фурнирски плочи.

Стандардните фурнирски плочи се плочи кои се изработени од најмалку три меѓусебно слепени фурнирски листови, каде дрвните влакна најчесто се вкрстуваат под прав агол. Овие фурнирски плочи може да се поделат според повеќе критериуми.

Според бројот на слоеви се делат на:

- трислојни (триплекс) и
- повеќеслојни (мултиплекс) плочи.

Асортиманот на стандардните (нормални) фурнирски плочи е дефиниран со дрвниот вид за изработка на фурнирите и типот на лепењето. Стандардните фурнирски плочи се изработуваат од сите дрвни видови, под услов да постои определена економска и техничко-технолошка оправданост. Според видот на дрвото од кое се изработени фурнирите, фурнирските плочи можат да бидат:

- обични фурнирски плочи, изработени само од еден дрвен вид и
- комбинирани фурнирски плочи, изработени од два или од повеќе дрвни видови.

Според намената, фурнирските плочи се делат на следните типови:

- фурнирски плочи наменети за употреба во внатрешни простории;
- фурнирски плочи наменети за простор со зголемена влага и голема промена на влагата;
- фурнирски плочи за надворешна употреба;
- фурнирски плочи наменети за пловни објекти.

Подрачјето на примена на фурнирските плочи опфаќа:

- производство на мебел;
- производство на врати;
- плочи за примена во градежништвото;
- вагони, каросерии, контејнери и силоси;
- производство на амбалажа со различна намена.

Според специфичноста на лепилото, односно типот на лепење и условите на нивна примена, фурнирските плочи се делат на следните типови:

- внатрешен тип ТП 20;
- среден тип ТП 67;
- полунадворешен тип ТП 100;
- надворешен тип ТП 100 Т.

Плочите тип ТП 20 се изработуваат на основа на карбамидформалдехида смола и се наменети за употреба во суви простории, каде појавата на влага може да биде моментална и случајна, без можност за појава на микроорганизми. Овие плочи наоѓаат примена во производството на мебел, радио и ТВ-кутии, музички инструменти, играчки и сл. Типот на лепење на овие плочи е UK-22.

Плочите тип ТП 67 се изработени на основа на чиста или со полно ограничено проширена карбамидформалдехидна смола. Квалитетот на лепењето овозможува отпорност кон дејството на влага, под услов составите да се заштитени и дејството на надворешните фактори да е временски ограничено. Примената на овој тип плочи е во изработка на врати, вграден мебел, кујнски мебел, мебел за бањи, обложување на ѕидови и тавани, изработка на сандаци за пакување и транспорт. Типот на лепење на плочите е UK-24.

Плочите тип ТП 100 се изработуваат на основа на фенолформалдехидна, меламинформалдехидна и модифицирана карбамидформалдехидна смола со меламин. Овие плочи се употребуваат во услови на надворешна средина и под дејство на атмосферлиии (загревање, дејство на солена и слатка вода, загреан воздух, микроорганизми). Отпорноста на надворешните фактори е временски ограничено на 3 до 8 години. Типот на лепење на овие плочи е УК-26. Подрачјето на примена на плочите тип ТП 100 е во градежништвото (оплата, бетонски калапи, скалила, подови во перални, подови и преградни сидови во мокри чворови) и во транспортната индустрија (внатрешност на патнички вагони, делови на автомобили, автобуси, вагони и контејнери).

Плочите тип ТП 100 Т се изработени на основа на резорцинформалдехидна смола и се употребуваат во услови каде што постојат екстремни климатски промени во надворешната средина. Лепилото во долг временски период треба да покаже отпорност на надворешни временски услови, солена и слатка вода, влажен и загреан воздух, топла вода и микроорганизми. Типот на лепење на овие плочи е УК-28. Овие плочи се применуваат во градежништвото во изработката на кровни конструкции, во бродоградбата (палуби, оплата на сидови, чамци, јахти) и во авиоградбата при изработка на конструктивни елементи за воздушни летала.



Слика 158. Изглед на фурнирски плочи [67]

Основните димензии на фурнирските плочи се следните:

- должина: 1,25; 1,5; 1,53; 1,83; 2; 2,05; 2,1; 2,2; 2,44; 2,5; 2,8; 3,05; 3,1 м.
- ширина: 1,22; 1,25; 1,43; 1,53; 1,7; 1,8; 1,83 м.
- дебелина: 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 18; 20; 22; 25 mm.
- број на слоеви:
 - 3 слоеви за дебелини 3; 4; 5 и 6 mm (толеранција на дебелината $\pm 0,3$ mm);
 - 5 слоеви за дебелини 8; 10 и 12 mm (толеранција на дебелината $\pm 0,4$ mm);
 - 7 слоеви за дебелини 15; 18 и 20 mm (толеранција на дебелината $\pm 0,6$ mm);
 - 9 слоеви за дебелини 22 и 25 mm (толеранција на дебелината $\pm 0,8$ mm).

Влажноста на плочите треба да изнесува од 8 до 12 %;

Врз основа на надворешните карактеристики на фурнирот за лице и опачина, фурнирските плочи се поделени во три класи на квалитет: I, II и III класа. Плочите од I класа имаа лице од фурнир I класа, а опачина од фурнир од пониска класа. Плочите од II класа имаа лице од фурнир II класа, а опачина од фурнир од пониска класа. Плочите од III класа имаат лице од фурнир III класа.

Специјалните фурнирски плочи го добиле своето име токму по нивните специфични карактеристики, односно: начинот на нивното формирање, нивната конструкција, термичката обработка, механичките и физичките својства, продолжувањето на нивната должина итн. Имено, специјалните фурнирски плочи се такви производи во чиј процес на производство се применуваат специјални методи за изработка на истите.

Во оваа група на фурнирски плочи влегуваат редица на производи, а тие се:

- фурнирски плочи со специјална конструкција;

- фурнирски плочи со специјална обработка на надворешните површини (механички обработени плочи, литографски обработени плочи, фурнирски плочи обложени со други видови на материјали);
- хемиски третирани фурнирски плочи;
- фурнирски плочи со специјални физичко-механички својства;
- продолжени фурнирски плочи (LVL).

Наведената класификација на фурнирските плочи според различни критериуми, како и според стандардните услови за нивна изработка во поглед на димензиите, влажноста и квалитетните класи се во согласност со старите национални македонски стандарди (МКС) пред нивната хармонизација со сега веќе важечките европски норми (EN).

4.2. КЛАСИФИКАЦИЈА И КВАЛИТЕТ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ СОГЛАСНО СО МКС EN-СТАНДАРДИТЕ

Класификацијата на фурнирските плочи и терминологијата поврзана со овој производ е дефинирана со стандардот МКС EN 313. Овој стандард се однесува на класификацијата на фурнирските плочи во поглед на:

- општиот изглед;
- конструкцијата;
- формата;
- главните карактеристики;
- трајноста;
- механичките својства;
- површинскиот изглед;
- површинската заштита.

Во поглед на општиот изглед, фурнирските плочи се класифицираат во повеќе класи на квалитет во зависност од присуството на глуждови и грешки на фурнирските листови кои влегуваат во конструкцијата на плочите. Дефинирани се следните класи: E, I, II, III и IV. Фурнирските плочи од класите E, I и II се применуваат во декоративни цели при внатрешно уредување на просторот, во изработката на мебел, сидни панели, играчки итн. Фурнирските плочи од III-та класа се наменети за општа употреба во мебелното производство и истите се применуваат со претходна соодветна површинска обработка, односно како боени, ламинирани и фурнирани. Фурнирските плочи од IV-та класа се применуваат во изработката на амбалажни кутии, палети и сл.

Одделни земји, согласно со квалитетот на суровината за производство на фурнир со која располагаат, имаат дефинирано сопствени квалитетни класи означени најчесто со буквени ознаки (A, B, S, BB, SB, C, D итн.). Ваквото класирање на фурнирските плочи означено со буквени ознаки се применува и на американскиот континент, Австралија и Нов Зеланд. Квалитетната класа на фурнирските плочи го одредува и подрачјето на нивната примена (таб. 31). Со оглед на сè помалото количество на квалитетна суровина за производство на фурнир на светско ниво, често пати највисоките квалитетни класи на фурнир за производство на фурнирски плочи не се комерцијално достапни.







Квалитетот на фурнирските плочи и барањата кои треба тие да ги исполнат во однос на условите во кои се применуваат се дефинирани со стандардот МКС EN 636. Согласно со овој стандард, во поглед на постојаноста на плочите на дејството на влага, дефинирани се три класи на фурнирски плочи:

- класа 1 (МКС EN 636-1): фурнирски плочи наменети за употреба во суви внатрешни услови. Овие плочи треба да се применуваат во услови кои се карактеризираат со температура на воздухот од 20 °C и релативна влажност до 65 %. Во вакви услови на експлоатација се предвидува релативната влага на воздухот да надмине 65 % само неколку седмици во годината (примена во кровни конструкции кои се загреваат, меѓукатни конструкции, внатрешни и преградни сидови);

- класа 2 (МКС EN 636-2): фурнирски плочи наменети за влажни услови. Овие плочи треба да се применуваат во услови кои се карактеризираат со температура на воздухот од 20 °C и релативна влажност на воздухот до 85 %. Во вакви услови на експлоатација се предвидува релативната влага на воздухот да надмине 85 % само неколку седмици во годината. Тие се погодни за примена во заштитени надворешни конструкции и се способни да се спротивстават на дејството на вода и атмосферлии со кусо времетраење (примена во студени кровни конструкции, приземни подни конструкции и надворешни сидови);
- класа 3 (МКС EN 636-3): фурнирски плочи наменети за надворешни услови и дејство на атмосферлии (примена во целосно надворешни услови). Овие плочи се способни да ги издржат изложувањата на дејство на вода и атмосферлии во текот на долготрајно изложување.

Овие класи на квалитет се идентични со класите на квалитет на слепување на фурнирските плочи дефинирани со стандардот МКС EN 314.

Табела 31. Подрачје на примена на фурнирските плочи согласно со квалитетот на површинските фурнирски листови на плочата

Класа	Опис	Примена
 <p>Класа А</p>	Висок квалитет на површината на фурнирот, погоден за видливи површини без дополнителна површинска обработка	Обложување на внатрешни сидови, тавански облоги, мебел и столарија
 <p>Класа S</p>	Оваа класа дозволува присуство на природни карактеристики на дрвото, како што се глуждовите, кои се третираат како декоративни елементи	Декоративни апликации како што се обложувања на внатрешни сидови и тавани
 <p>Класа В</p>	Видлива површина на фурнирот која е погодна за висококвалитетна површинска обработка со бајцување	Мебел и столарија, оплатирање, подлоги за обложување, изработка на знаци, инженерски компоненти
 <p>Класа С</p>	Невидливи површини. Сите грешки, како што се отпаднати глуждови или пукнатини треба да се пополнат	Оплатирање, подлоги во подни и кровни конструкции, амбалажа, носиви структурни панели, рекламни паноа
 <p>Класа D</p>	Невидливи површини со дозволени откриени недостатоци. Дозволени се ограничен број на глуждови и отвори од паднати глуждови со дијаметар до 75 mm	Носиви компоненти, носачи, кровни конструкции, дрвени монтажни објекти
 <p>Класа PG</p>	Невидливи површини на кои се дозволени недостатоци како отвори, глуждови, пукнатини и рапави површини	Повремени заштитни покривки, палети, стандардна амбалажа, гајби

Покрај основното класифицирање на фурнирските плочи согласно со условите во кои се применуваат, со посебен стандард се дефинираат типовите на фурнирски плочи и нивниот квалитет во поглед на нивната примена како носиви (конструктивни) или неносиви

плочи во градежните конструкции. Барањата за фурнирските плочи наменети за употреба во градежните конструкции се дефинирани со стандардот МКС EN 13986. Согласно со овој стандард, дефинирани се барањата за квалитет на следните типови на фурнирски плочи:

- фурнирски плочи за внатрешна употреба наменети како носиви компоненти во суви услови;
- фурнирски плочи за внатрешна употреба наменети како носиви компоненти во влажни услови;
- фурнирски плочи за внатрешна употреба наменети како неносиви компоненти во суви услови;
- фурнирски плочи за внатрешна употреба наменети како неносиви компоненти во влажни услови;
- фурнирски плочи за надворешна употреба наменети како носиви компоненти;
- фурнирски плочи за надворешна употреба наменети како неносиви компоненти;
- фурнирски плочи за употреба како носиви компоненти во подните конструкции во суви, влажни и надворешни услови;
- фурнирски плочи за употреба како носиви компоненти во кровните конструкции во суви, влажни и надворешни услови;
- фурнирски плочи за употреба како носиви компоненти во ѕидните конструкции во суви, влажни и надворешни услови.

Согласно со наведениот стандард, минималната зафатнинска маса на плочите наменети за градежни конструкции треба да изнесува 400 kg/m^3 со дебелина од најмалку 9 mm.

Во случај кога фурнирските плочи се наменети како изолациони материјали во конструкциите, коефициентот на апсорпција на звук треба да изнесува 0,10 при фреквенција од 250 до 500 Hz и 0,30 при фреквенција од 1.000 до 2.000 Hz. Коефициентот на топлоспроводливост (λ) треба да се движи во граници од 0,09 до 0,24 W/mK.

Во рамки на стандардот МКС EN 13986 се дефинирани и класите на емисија на слободен формалдехид од фурнирските плочи, како резултат на употребата на лепила кои содржат формалдехид во процесот на нивното производство. Во зависност од подрачјето на примена, фурнирските плочи можат да бидат класифицирани во една од двете дефинирани класи: E1 или E2 класа на емисија на слободен формалдехид.

Емисијата на слободен формалдехид од плочите кои се класифицирани во класа E1 не треба да биде поголема од $3,5 \text{ mg/m}^2\text{h}$, додека од плочите класифицирани во класа E2 се движи во граници од $3,5$ до $8 \text{ mg/m}^2\text{h}$.

4.3. ПРЕДНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ – КАРАКТЕРИСТИКИ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Позитивните карактеристики на фурнирските плочи произлегуваат, пред сè, од нивната структура и конструкција, поради која тие ги надминуваат основните проблеми поврзани со користењето на масивното дрво, односно неговата анизотропност и хетерогеност, недоволната димензионална стабилност при промените во содржината на влага и проблемите во формирањето на големи површини и формати од масивно дрво.

Фурнирските плочи се карактеризираат и со поголема зафатнинска маса за приближно 20 % во споредба со масивното дрво од кое се изработени фурнирските листови, како резултат на примената на лепило, температура и притисок во процесот на нивното производство.

Како резултат на слоевитата структура на фурнирските плочи, грешките на дрвото се дистрибуираат на поголема површина, што позитивно влијае врз квалитетот и врз својствата на овие плочи. Плочите имаат поголема трајност поради влијанието на вкрстените слоеви, лепилото, притисокот и температурата при слепувањето. Наизменичната ориентација на фурнирските листови во структурата на плочата обезбедува димензионална стабилност на фурнирските плочи, при што тие помалку се собираат и бабрат, помалку се витоперат и криват.

Фурнирските плочи имаат приближни аксијални напрегања по должина и ширина на плочата, како и намалена цепливост на дрвото при употреба на спојни средства, поради наизменичната ориентација на фурнирските листови во структурата на плочата. Рабовите на фурнирските плочи се карактеризираат со минимално бабрење, што ги прави овие плочи погодни за изведба на слепени споеви на принципот перо и жлеб и во услови на присуство на влага.

Фурнирските плочи имаат висок сооднос на механичките карактеристики наспроти нивната маса и дебелина.

Позитивните карактеристики на фурнирските плочи може да се согледаат и преку следново:

- можност за површинска обработка;
- задржување на топлината внатре или надвор;
- минимизирано бабрење и собирање;
- висока цврстина и јакост;
- економичност;
- мала маса и лесно ракување;
- отпорност на удар;
- едноставна машинска обработка без потреба од специјален алат;
- можност за третирање со заштитни средства за зголемување на трајноста;
- добра топлинска и звучна изолација;
- едноставна и брза монтажа.

Одличните физичко-механички карактеристики на фурнирските плочи се основа и за нивната примена во градежништвото. При употреба како носиви елементи во конструкциите од големо значење се нивните физичко-механички карактеристики (влажност, зафатнинска маса, димензионална стабилност на дејството на вода, јакост на свиткување, модул на еластичност при свиткување, јакост на затегнување, јакост на смолкнување, јакост на притисок и сл.).

4.4. ОСНОВНИ ПРАВИЛА НА КОНСТРУИРАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Основното барање при конструирање на фурнирските плочи е да се создадат услови за урамнотежување на напрегањата коишто може да се појават во плочата како резултат на својствата на дрвото. Познато е дека при промена на влажноста на дрвото доаѓа и до промена на неговите димензии во определени граници, односно дрвото се собира и бабри. Степенот на собирање и бабрење на дрвото, при останати други исти услови, зависи од дрвниот вид. Покрај ова, големината на напрегањата кои се јавуваат во фурнирската плоча како резултат на собирањето и бабрењето на дрвото, зависи и од дебелината на фурнирските листови.

При изработката на фурнирските плочи, односно при нивното конструирање, во функција на производство на квалитетни и стабилни плочи треба да се почитуваат определени правила. Основните правила на конструирање на фурнирските плочи произлегуваат од:

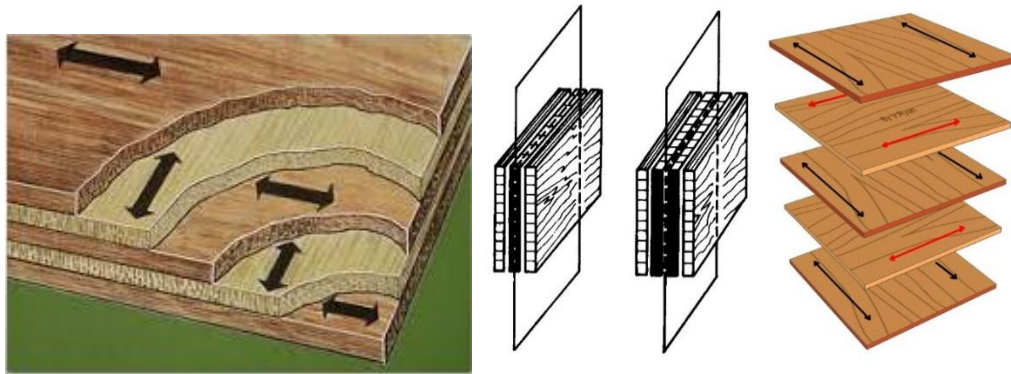
- симетријата;
- бројот на слоеви;
- дебелината на слоевите.

Според правилото на симетрија, оската на симетрија поминува низ средината на средниот слој на плочата. Од двете страни на централниот слој, односно фурнирски лист, се наоѓаат ист број фурнирски листови, од што произлегува дека бројот на слоеви на плочата е непарен. Во однос на оската од двете страни на централниот слој мора да се вградат фурнири со иста дебелина, од ист дрвен вид, иста насока на протегане на дрвните влакна, иста техника на изработка, со слични својства на дрвото и приближно иста влажност. За постигнување на добра димензионална стабилност, плочата секогаш треба да се изработува од непарен број на фурнирски листови. Во случаи кога доаѓа до отстапување од правилото на симетрија, тогаш доаѓа до витоперење и кривење на плочата. При

изработка на плоча со парен број фурнирски листови, оската на симетрија поминува низ лепилниот слој, при што промената на влажноста предизвикува напрегања кои резултираат со непостојаност на формата, појава на витоперење и кривење на плочата.

Според правилото за бројот на слоевите, бројот на фурнирските листови над и под оската на симетрија мора да биде ист. Со зголемување на бројот на слоевите коишто ја формираат фурнирската плоча се намалува анизотропноста, се зголемуваат димензионалната стабилност и јакосните карактеристики на плочата и доаѓа до поголема изедначеност на својствата во различни насоки на плочата.

Правилото на дебелина на слоевите доаѓа до израз кај фурнирските плочи кои имаат голем број на слоеви. Определена дебелина на фурнирска плоча може да се постигне со примена на помал број фурнирски листови со поголема дебелина или со примена на поголем број фурнири со помала дебелина. Поголема изотропност и подобри физичко-механички својства покажуваат плочите конструирани од поголем број потенки фурнирски листови. Вградувањето на поголем број фурнири со помала дебелина негативно се рефлектира на производните трошоци, при што ваквата конструкција е економско-технолошки оправдана кога подрачјето на примена на плочите бара определени, зададени физичко-механички својства.



Слика 159. Правила на конструирање на фурнирските плочи [139, 48]

Со цел зголемување на својствата и нивната изотропност, се изработуваат фурнирски плочи со ѕвездовидна конструкција, кај кои фурнирите се меѓусебно слепени под агол помал од 90° (од 10° до 90°).

Оценката за погодноста на одделни конструкции на фурнирски плочи се врши со компаративно истражување на коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување (K_{rz}) и коефициентот на масиниот квалитет (K_{mk}).

Коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување (K_{rz}), заедно со коефициентот на масиниот квалитет (K_{mk}) ги дефинираат квалитетот и употребливоста на фурнирските плочи. Коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување се определува врз основа на графички метод преку приказ на вредностите на јакоста на затегнување во поларен координатен систем и со математичка формула (сл. 160).

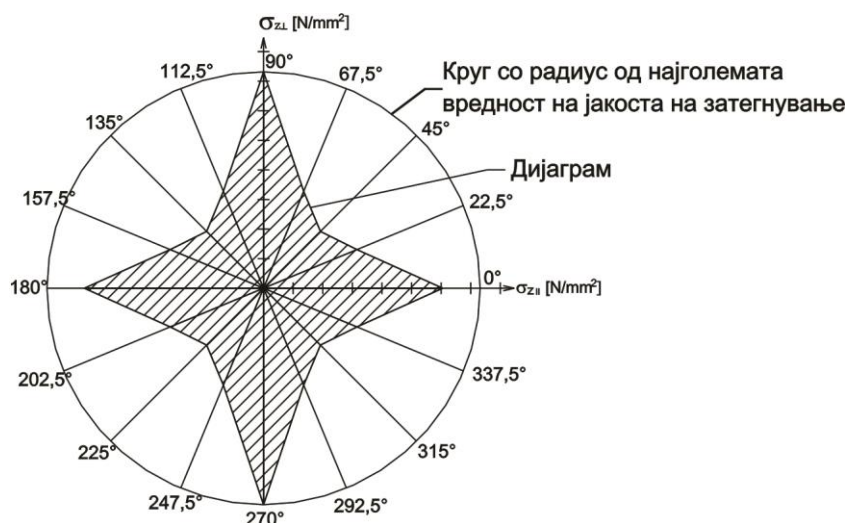
За таа цел, од фурнирската плоча се сечат пробни тела од различни насоки на плочата (пробни тела под различен агол во однос на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови) за испитување на јакоста на затегнување.

Во поларниот координатен систем се внесуваат добиените вредности за јакоста на затегнување во сите испитани насоки, при што точките од внесените вредности меѓусебно се поврзуваат и формираат определен дијаграм. Во истиот координатен систем се опишува круг со радиус колку што изнесува најголемата добиена вредност на јакоста на затегнување. Односот помеѓу површината на добиениот дијаграм и површината на кругот го претставува коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување (K_{rz}):

$$K_{rz} = \frac{P_d}{P_k},$$

каде што:

- K_{rz} - коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување;
- P_d - површина на дијаграм;
- P_k - површина на круг.



Слика 160. Поларен дијаграм на јакоста на затегнување на фурнирски плочи

Кривите на дијаграмот што се добиваат при испитувањето на јакоста на затегнување во повеќе насоки на плочата се симетрични во сите четири квадранти на поларниот координатен систем. Поради тоа, доволно е јакоста на затегнување да се испита во еден квадрант, а потоа вредностите да се пресликаат во останатите три квадранти на поларниот координатен систем (Крпан, 1971).

Јакоста на затегнување на фурнирските плочи е најголема во насока на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, помала напречно на насоката на протегање на влакната и најмала во дијагонална насока. Со зголемување на бројот на слоевите, со примена на поквалитетно лепило и ѕвездовидна конструкција, изотропноста на јакоста на затегнување се зголемува и коефициентот K_{rz} се приближува кон 1. Коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување е секогаш под 1, за разлика од металите кои се хомоген материјал, кај кои вредноста на овој коефициент е 1.

На сликата 161 е прикажан поларен дијаграм (според М. Крамер) [105] за фурнирски плочи со нормална и ѕвездовидна конструкција со поделба на 36 полиња ($36 \times 10^\circ$). Примерите се однесуваат на авионски фурнирски плочи од бреза со пет и со седум слоеви, слепени со фенолформалдехиден филм. Дебелината на петтослојните плочи по пресувањето изнесува 1,76 mm, а на седумслојните 1,93 mm.

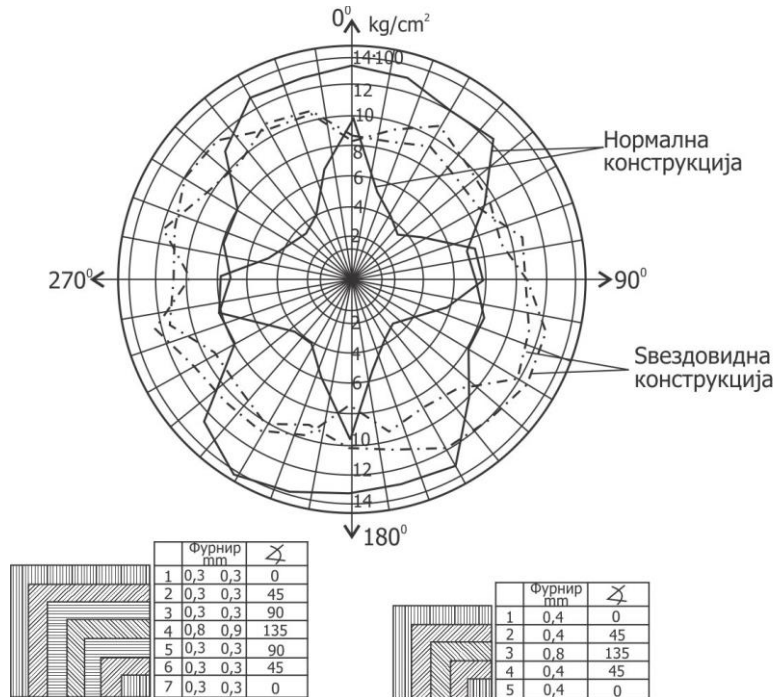
На сликата 162 се прикажани поларни дијаграми на јакоста на затегнување на деветслојни букови фурнирски плочи со различен распоред на дебелините на фурнирите во конструкцијата на одделните плочи. Нашите истражувања покажаа дека ориентацијата на фурнирските листови со различна дебелина има пресудно влијание врз вредностите на јакоста на затегнување во дадена насока на плочата. Доколку поголем процент од дебелината на плочата е зафатена со фурнири кои имаат надолжна ориентација на дрвните влакна, тогаш вредностите на ова својство се поголеми во споредба со вредностите во насока на ширината на плочата. Коефициентите на рамномерност на јакоста на затегнување на овие модели на плочи се прикажани во табелата 32, заедно со коефициентите на масиниот квалитет.

Коефициентот на масиниот квалитет говори за големината на својствата на материјалот во однос на неговата маса. Со пораст на коефициентот на масиниот квалитет, расте квалитетот на конструкцијата на фурнирската плоча. Овој коефициент се пресметува според формулата:

$$K_{mk} = \frac{\sigma_{z\parallel} + \sigma_{z\perp}}{\gamma},$$

каде што:

- $\sigma_{z\parallel}$ - јакост на затегнување паралелно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови (N/mm²);
- $\sigma_{z\perp}$ - јакост на затегнување напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови (N/mm²);
- γ - зафатнинска маса на плочата (kg/m³).

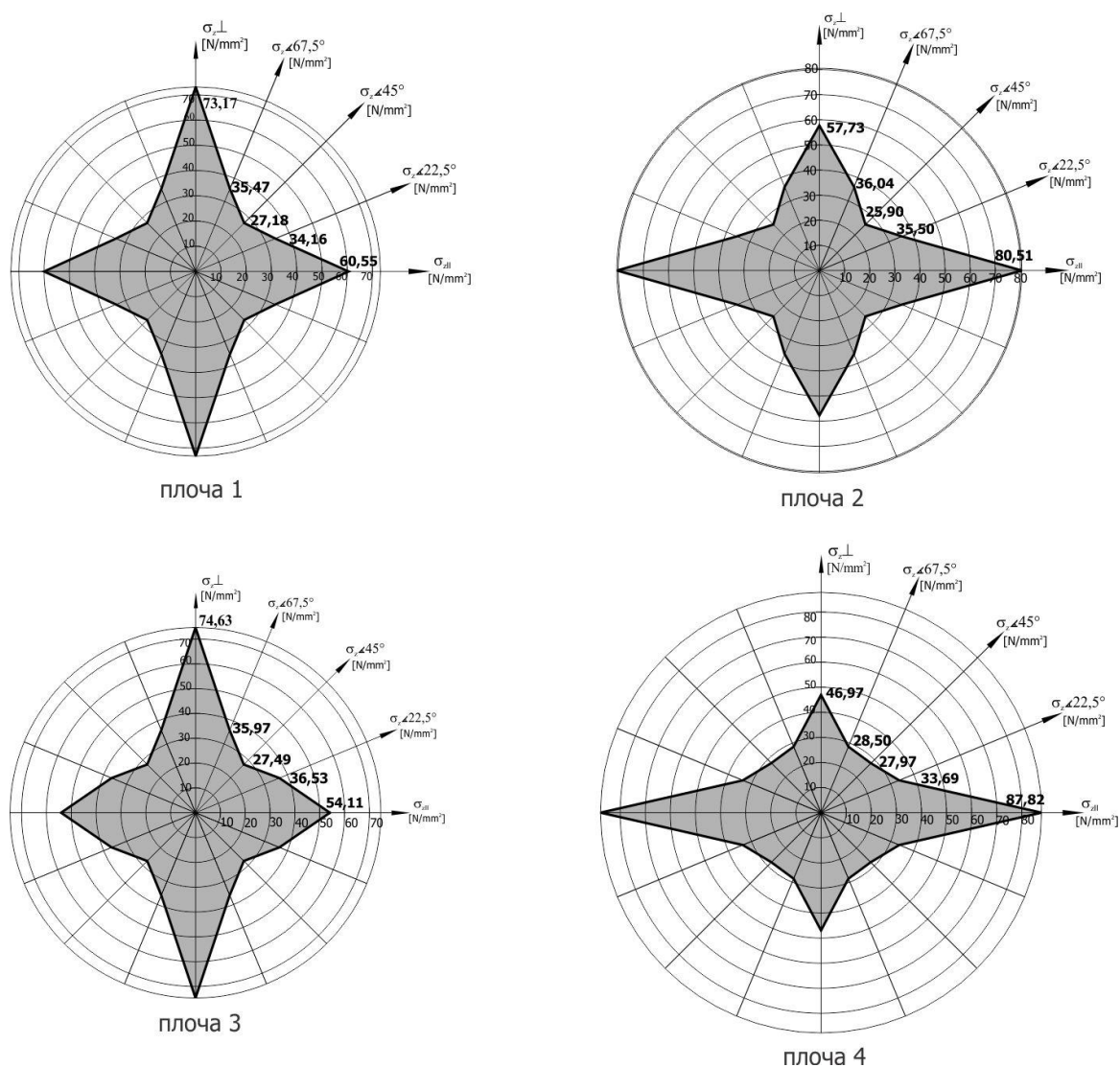


Слика 161. Поларен дијаграм за фурнирска плоча со нормална и свездовидна конструкција [105]

Во табелата 32 се прикажани коефициентите на масиниот квалитет за некои видови материјали според податоци на Е. Г. Кротов [108].

Табела 32. Коефициенти на масиниот квалитет за различни видови материјали [108]

Материјал	Зафатнинска маса во g/cm ³ при 10 % влага	Јакост на затегнување (N/mm ²)		Коефициент на масиниот квалитет
		Надолжно на дрвните влакна	Напречно на дрвните влакна	
Даб	0,69	95	6	1 494
Бор	0,53	88	3	1 820
Ела	0,43	74	3	1 757
Бреза	0,63	172	8	2 580
Фурнирска плоча (бука) 6,0 mm (3 × 2)	0,71	62	36	1 407
Фурнирска плоча (бреза) 5,0 mm (5 × 1)	0,74	79	58	1 881
Фурнирска плоча (бука) 5,0 mm (5 × 1)	0,74	90	65	2 135
Фурнирска плоча (бука) 1,2 mm (5 × 0,24)	0,83	110	92	2 476
Дуралуминиум	2,75	226	226	1 673
Челик	7,80	392	392	1 026



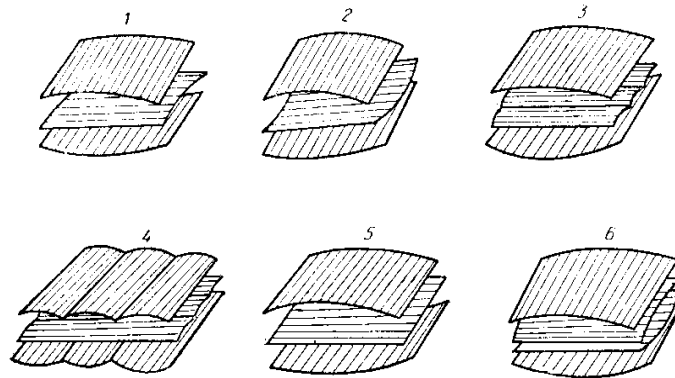
Слика 162. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување на деветслојни букови фурнирски плочи со различен распоред на дебелината на фурнирите во конструкцијата на плочите [136]

Табела 33. Коefициенти на рамномерност на јакоста на зтегнување на деветслојни букови фурнирски плочи [136]

Плоча	K_{rz}	K_{mk}
1	0,30	1 790
2	0,26	1 855
3	0,29	1 678
4	0,19	1 749

Во конструираната фурнирска плоча, фурнирот се стреми да ја поврати формата што ја имал во трупецот. Затоа е потребно да се изврши правилно сложување на фурнирските листови во плочата. Примери за сложување на фурнирски листови во трислојна фурнирска плоча се прикажани на сликата 163. Сите листови кои се наменети за надворешни површини на плочата, со конкавната страна треба да бидат свртени кон средницата на плочата.

Според важечките стандарди, дебелината на фурнирските плочи се движи од 3 до 25 mm. Одделни дебелини на плочи се конструираат со користење на определени дебелини за надворешните листови и средницата кај трислојните и со определени дебелини за надворешните листови и за надолжните и напречните средници за повеќеслојните фурнирски плочи.



Слика 163. Сложување на фурнирските листови при конструирање на трислојни плочи [140]

При изработката на фурнирски плочи најчесто се врши комбинирање на дебелините на фурнирите, што води до зголемена димензионална стабилност. Може да се изработуваат и плочи со фурнирски листови со иста дебелина, но тоа не гарантира поголема димензионална стабилност.

Во практика, најчесто користени дебелини на фурнири во конструкцијата на фурнирските плочи се следните:

- за надворешни фурнирски листови: 1,1; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6 и 1,8 mm;
- за средни или за внатрешни листови кај повеќеслојните плочи: 2,2; 2,3; 2,5; 2,6; 3,2; 3,5 и 3,6 mm.

Наведените дебелини на фурнир обезбедуваат конструирање на различни дебелини на плочи со надмер од 5 до 12 % за сушење, впресување и брусење, зависно од дрвниот вид, бројот на слоеви, влажноста, видот на лепилото, температурата и притисокот на пресување.

Во производството на фурнирски плочи може да се користат различни комбинации на дебелини на фурнирски листови во конструкцијата на плочата (таб. 34).

Табела 34. Најчести комбинации на дебелини на фурнирски листови во конструкциите на плочите [105]

Номинална дебелина (mm)	Конструкција со дебелина на фурнирот (mm)	Дебелина со надмер (mm)
3	1,1 + 1,1 + 1,1	3,3
4	1,4 + 1,4 + 1,4	4,2
5	1,4 + 2,6 + 1,4	5,4
6	1,4 + 3,6 + 1,4	6,4
8	1,4 + 1,1 + 3,6 + 1,1 + 1,4	8,4
10	1,4 + 3,6 + 1,1 + 3,6 + 1,4	11,1
12	1,4 + 3,6 + 2,6 + 3,6 + 1,4	12,6
3	1,1 + 1,1 + 1,1	3,3
4	1,5 + 1,5 + 1,5	4,5
5	1,5 + 2,5 + 1,5	5,5
6	1,5 + 3,5 + 1,5	6,5
8	1,5 + 2,3 + 1,1 + 2,3 + 1,5	8,7
10	1,5 + 2,3 + 3,5 + 2,3 + 1,5	11,1
12	1,5 + 3,5 + 3,5 + 3,5 + 1,5	13,5
4	1,5 + 1,5 + 1,5	4,5
5	1,5 + 2,5 + 1,5	5,5
6	1,5 + 3,5 + 1,5	6,5
7	1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5	7,5
8	1,5 + 1,5 + 2,5 + 1,5 + 1,5	8,5
10	1,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 1,5	10,5
12	1,5 + 3,5 + 2,5 + 3,5 + 1,5	12,5

Во производството на повеќеслојни фурнирски плочи често се користи дебелина на фурнир од 1,8 mm (таб. 35).

Табела 35. Конструкција на повеќеслојни фурнирски плочи со дебелина на фурнир од 1,8 mm [105]

Номинална дебелина (mm)	Конструкција со дебелина на фурнирот (mm)	Дебелина со надмер (mm)
12	1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8	12,6
18	1,2 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,2	18,6

Распоредот на фурнирите во конструкцијата на фурнирските плочи влијае врз физичко-механичките својства на плочите. Со позиционирање на различни дебелини на фурнири во дадени слоеви на плочата може однапред да се димензионираат својствата на плочите. Во зависност од дебелината и ориентацијата на фурнирските листови во структурата на плочата се постигнуваат различни вредности, пред сè на механичките својства на плочите.

Пример за изработка на различни конструкции на фурнирски плочи со користење на фурнири од ист дрвен вид (бука) и исти дебелини, но различно позиционирани во структурата на плочата е даден во табелата 36. Кај наведените различни композиции на плочи и покрај употребата на фурнири од иста дебелинска класа се добиваат различни вредности на својствата на плочите како резултат на различната ориентација на фурнирските листови во композицијата на плочите.

Табела 36. Различни конструкции на фурнирска плоча во зависност од распоредот на фурнирите во структурата на плочата [136]

Распоред и ориентација на фурнирите во композицијата на фурнирската плоча	
Плоча 1	1,2 _{0°} / 1,5 _{90°} / 2,2 _{0°} / 3,2 _{90°} / 3,2 _{0°} / 3,2 _{90°} / 2,2 _{0°} / 1,5 _{90°} / 1,2 _{0°}
Плоча 2	1,2 _{0°} / 1,5 _{90°} / 3,2 _{0°} / 2,2 _{90°} / 3,2 _{0°} / 2,2 _{90°} / 3,2 _{0°} / 1,5 _{90°} / 1,2 _{0°}
Плоча 3	1,2 _{0°} / 3,2 _{90°} / 1,5 _{0°} / 2,2 _{90°} / 3,2 _{0°} / 2,2 _{90°} / 1,5 _{0°} / 3,2 _{90°} / 1,2 _{0°}
Плоча 4	3,2 _{0°} / 1,2 _{90°} / 1,5 _{0°} / 2,2 _{90°} / 3,2 _{0°} / 2,2 _{90°} / 1,5 _{0°} / 1,2 _{90°} / 3,2 _{0°}

5. ТЕХНОЛОШКИ ФАЗИ НА ПРОЦЕСОТ НА ПРОИЗВОДСТВО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Производството на фурнирски плочи се одвива според следниот технолошки редослед:

- сортирање на фурнирот;
- крпење на фурнирот;
- ширинско составување на фурнирските листови;
- должинско составување на фурнирските листови;
- подготовка на лепилото за лепење;
- нанесување на лепило;
- формирање на пакети од фурнирски формати (служување на фурнирски листови во композиција на фурнирска плоча);
- претпресување;
- пресување и кондиционирање на плочите;
- завршна обработка на фурнирските плочи (обрежување, сортирање, крпење, брусење);
- сортирање, класирање и складирање на фурнирските плочи.

5.1. СОРТИРАЊЕ НА ФУРНИРОТ

Во поширока смисла, сортирањето на фурнирот опфаќа раздвојување на сувиот фурнир по дрвен вид, дебелина, должина и квалитет.

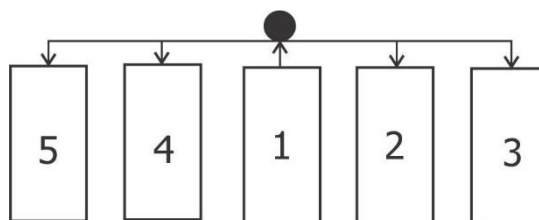
Според димензиите, сортирањето се врши за разграничување на фурнирот според неговата намена, при што се одделуваат цели фурнирски листови за плочи и фурнирски парчиња кои по обработката на кантовите се составуваат во поголеми формати на плочата.

Сортирањето на фурнирот според квалитет опфаќа раздвојување на фурнирот на листови наменети за лицето и опачината на фурнирските плочи.

Режимот на сортирање зависи од видот на плочите и е определен со стандарди или упатства, со дефинирани критериуми на изработка кои се однесуваат на обемот и специфичноста на грешките кои се толерираат или не се толерираат.

Сортирањето по квалитет во однос на текот на процесот може да се одвива дисконтинуирано или континуирано (рачно, полуавтоматски и автоматски).

Пример за рачен начин на сортирање е прикажан на сликата 164.



Слика 164. Дисконтинуирано рачно сортирање на лупен фурнир [105]

1-фурнир за сортирање; 2-фурнир за лице; 3-фурнир за опачина; 4-фурнир за крпење; 5-фурнир за ножици

Палетите 4 и 5 се наменети за парчиња фурнир кои се доработуваат со цел оптимализација на искористувањето на суровината.

Во континуираниот полуавтоматски процес, после сушењето, следува автоматско прифаќање и одлагање на фурнирот на лента за сортирање. По визуелната оценка на сортиерот и дигиталната команда се врши автоматско симнување на фурнирот од транспортната лента и одлагање врз соодветни подигнувачки платформи кои се латерално поставени или фурнирите автоматски се одлагаат со помош на вакуум-сепаратори и одлагачи врз подигнувачки платформи. Овие уреди за сортирање и одлагање се истите кои

се користат и за одлагање и сортирање на фурнирите по краењето на мокрите ножици (сл. 136 и сл. 137).

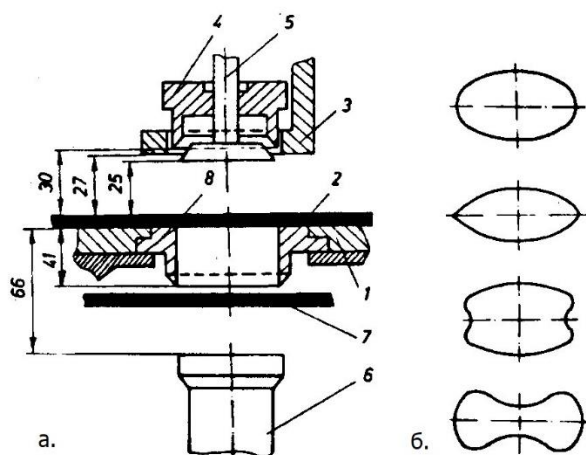
5.2. ПОДГОТОВКА НА ФУРНИРОТ ЗА СОСТАВУВАЊЕ

5.2.1. Крпење на фурнирите

Подготовката на фурнирот за составување опфаќа поправка - крпење на фурнирите и механичка обработка на кантовите (контактните површини).

Поправката на фурнирите се врши на сите физички оштетени фурнири, како и на оние на кои треба да им се отстранат глуждовите. Поправката се врши на машини за крпење кои вршат отсекување на грешката и вметнување на здраво парче фурнир (закрпа) на тоа место. Нововметнатото парче фурнир треба да биде од ист дрвен вид, со иста дебелина, текстура и влажност, ориентирано по должина на влакната. Максималната дебелина на фурнирот на крпачките машини изнесува 4 mm. Самиот такт на крпење трае многу кусо време (2 s).

Во практика, во зависност од големината и од формата на грешките се користат закрпи со различни димензии и форма. Закрпата треба да биде со диманзии поголеми за 0,1 до 0,2 mm од големината на отворот во кој се вметнуваат.



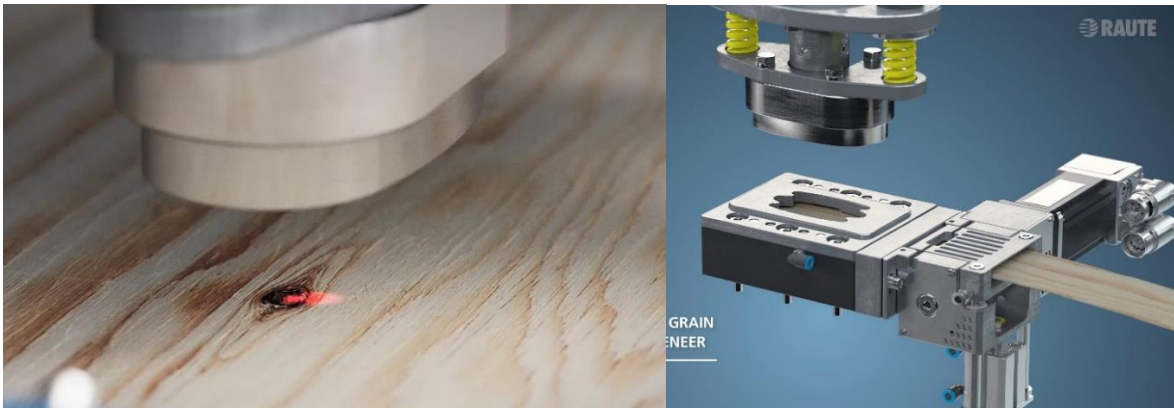
Слика 165. Машина за крпење на фурнир [140]

а-заемна положба на деловите од машината; б-видови закрпи

1-работна маса; 2-фурнирски лист кој се крпи; 3-притискувач; 4-горен клип;
5-истуркувач; 6-долен клип; 7-фурнирска лента од која се сечат закрпите; 8-матрица



Слика 166. Машина за крпење на фурнири „Raute“ [30]



Слика 167. Автоматска детекција на грешка на машина за крпење на фурнири [30]

Кај фурнирските плочи од највисока квалитетна класа не е допуштено крпење на површинските фурнирски листови. Кај другите квалитетни класи, отворите од глуждови, пукнатини и други недостатоци со големина до 6 mm се пополнуваат со кит. Китот треба да има иста боја како и дрвото, да се слепува со него и да не се разрушува при механичката обработка. Отворите и пукнатините со големина над 6 mm се крпат на крпачките машини.

Во некои современи технологии на производство (Raute) се користи електронско управување на станиците за крпење на фурнир, кои се вградени во континуирана линија со сушилницата за фурнирско платно. Крпењето се врши по цела должина на фурнирот за време на движењето на исушеното фурнирско платно, со брзина до 50 m/min.

Производноста на машината за крпење (N) изразена во број на поправени листови на час се пресметува според следната формула:

$$N = \frac{3600 \times k \times k_1}{(t_1 + t_2) \times m \times t_{ro}} \left(\frac{\text{ЛИСЛОВИ}}{\text{ЧАС}} \right),$$

каде што:

- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- t_{ro} - време на рачна операција (часови);
- t_1 - машинско време за сечење на грешките и вметнување на здраво парче фурнир (часови);
- t_2 - време на поместување на фурнирскиот лист од една до друга грешка (часови);
- m - број на отсечени грешки.

5.2.2. Механичка обработка на контактните површини

По завршување на операцијата на крпење на фурнирите, поправените фурнирски листови заедно со здравите се носат на понатамошна обработка на контактните површини - кантовите.

Обработката на кантовите како подготвителна операција за надолжно и напречно спојување на фурнирските парчиња со различна ширина во лист со определена ширина се врши со сечење или глодање на краевите на фурнирот по должина, во пакети или со поединечна обработка.

5.2.2.1. Механичка обработка на пакетни ножици

Механичката обработка на пакетни ножици се врши на тој начин што неформатните фурнири со различна ширина се сложуваат и израмнуваат во пакет, се стегаат со притисна греда и под притисок се обработуваат со долг, рамен нож, со праволиниско сечење по должина на влакната од едната и другата страна на пакетот. По механичката обработка се

врши нанесување на лепило на обработените површини на пакетот, доколку составувањето на фурнирите се врши на начин со директно слепување на кантовите.

Основните делови на пакетните ножици се следните:

- притисна греда со нож;
- работна маса со контранож;
- уред за автоматско нанесување на лепило;
- пневматски граничници за базирање на пакетот;
- воздушни дизни за чистење на обработените површини од остатокот на снопови влакна и одрезоци од фурнир;
- сигурносен уред на основа на фотоклетки.

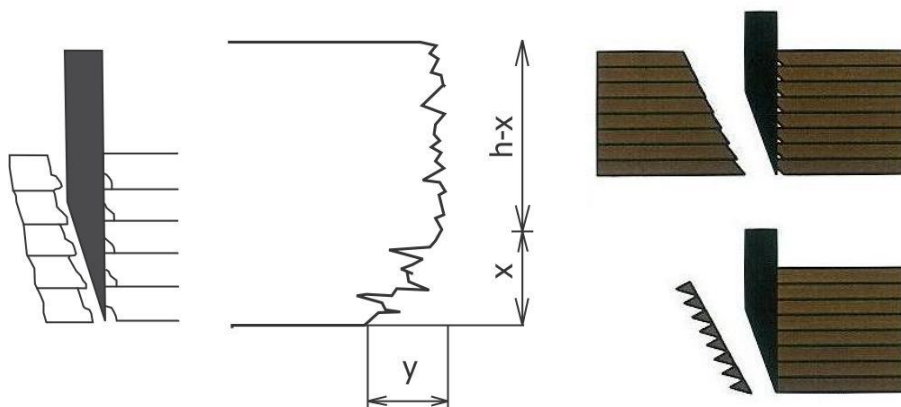
Техничко-технолошките карактеристики на пакетните ножици се следните:

- работна должина: 2 000 и 2 800 mm;
- светол отвор: 200 mm;
- висина на пакетот: max 120 mm;
- работна ширина: 800 mm;
- вкупен притисок на притисната греда: 140 kN;
- базна ширина на притисната греда: 210 mm;
- должина на ножот: 3 020 mm;
- ширина на ножот: 120 mm;
- дебелина на ножот: 10 mm;
- агол на острење: 19,5°;
- брзина на сечење: од 0,2 до 0,5 m/s.

Подготовката, односно сложувањето и порамнувањето (натресувањето) на фурнирските парчиња, базирањето на работната маса и празнењето на пакетните ножици може да се врши рачно или механизирано со уред за натресување и базирање на работната маса.

Движењето на притисната греда во вертикална рамнина и остварувањето на притисокот се врши хидраулично. Положбата на гредата на ножот овозможува подигање на ножот под агол од 15°.

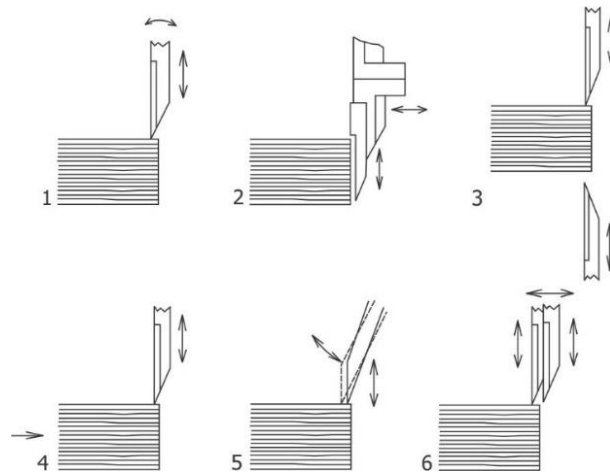
Обработката на пакетите се врши со две сечења: прво (грубо) сечење со кое се врши порамнување на пакетот со отсекување на фурнир со ширина од 10 до 20 mm и второ (фино) сечење - рез со ширина од 1,5 до 3 mm со кое се врши отстранување на микронерамнините кои настанале при првото сечење. Овие микронерамнини се последица на клинестото продирање на ножот низ пакетот, постоењето на зјаеви помеѓу фурнирите (од 0,05 до 0,1 mm) и свиткувањето на фурнирот, што резултира со сечење на две третини од дебелината на фурнирот и смолкнување во една третина (сл. 168).



Слика 168. Изглед на контактните површини по првото сечење [105, 59]

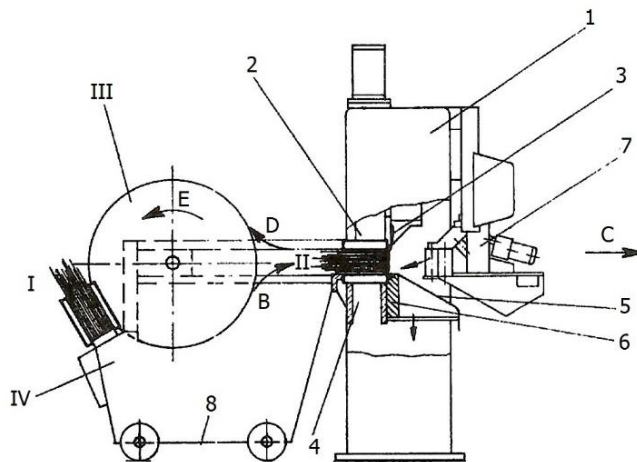
h - дебелина на фурнирот; $h-x$ - дел од дебелината на фурнирот која се сече;
 x - дел од дебелината на фурнирот која се смолкнува; y - длабочина на смолкнатиот дел;

Конструктивните решенија со кои се постигнуваат две сечења на пакетните ножици се прикажани на сликата 169.

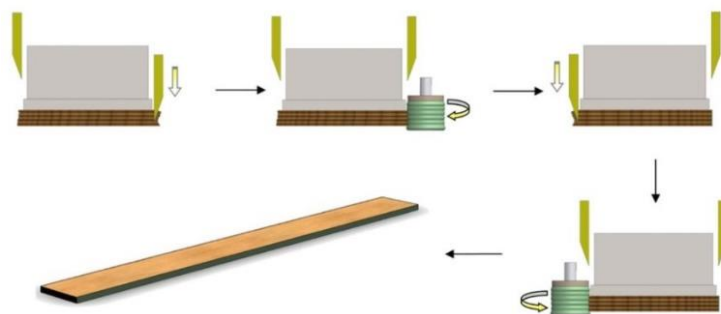


Слика 169. Конструктивни решенија со кои се постигнуваат две сечења на ножиците
 1-латерален помест на ножот; 2-латерален помест на греда со нож; 3-со два ножа;
 4-латерален помест на пакетот; 5-задвижување на ножот под определен агол;
 6-со два ножа

На сликата 170 шематски се прикажани пакетни ножици со уред за механизизирано рамнење на пакетот (натресување), автоматско нанесување на лепило, завртување и базирање на работната маса.



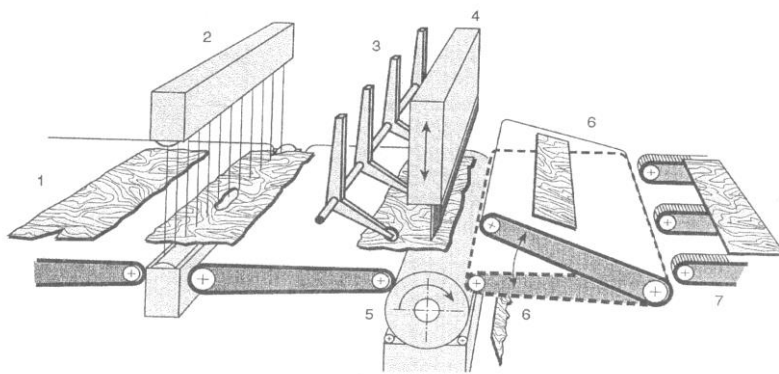
Слика 170. Пакетни ножици со нанесување на лепило на кантовите [105]
 I-механизирано рамнење (натресување) на пакетот; II-пакет под притисок;
 III-уред за завртување на пакетот; IV-уред за базирање на пакетот
 1-пакетни ножици; 2-притисна греда; 3-нож; 4-работна маса; 5-насочување на
 фурнирските одрезоци; 6-контранож; 7-уред за автоматско нанесување на лепило;
 8-подвижен супорт



Слика 171. Шематски приказ на кроење на пакетни ножици со нанесување на лепило на кантовите [59]

5.2.2.2. Поединечна обработка на суви фурнирски парчиња на ножици

Во фазата на механичка подготовка на кантовите се користат линии за автоматско отстранување на грешките и изработка на фурнирски листови со определена ширина со користење на автоматски ножици. На овие линии се врши истовремено отстранување на грешките и обработка, како и механичка подготовка на контактните површини за надолжно и напречно спојување на парчињата фурнир во лист со определена ширина (сл. 172).



Слика 172. Принципиелна шема на линија за автоматско отстранување на грешките и механичка обработка на кантовите [105]

1-транспортна лента за дотур на суви, необработени фурнири; 2-скенер за дефинирање на положбата, изгледот и димензиите на грешките; 3-уред за снимање на изедначеноста на дебелината на фурнирот; 4-отстранување на грешките и механичка обработка на кантовите; 5-цилиндричен контранож; 6-транспорт на обработените фурнири и испуштање на фурнирскиот отпадок; 7-излезна транспортна лента која најчесто е поврзана со системот за надолжно и напречно спојување на фурнирските парчиња во лист со определена ширина



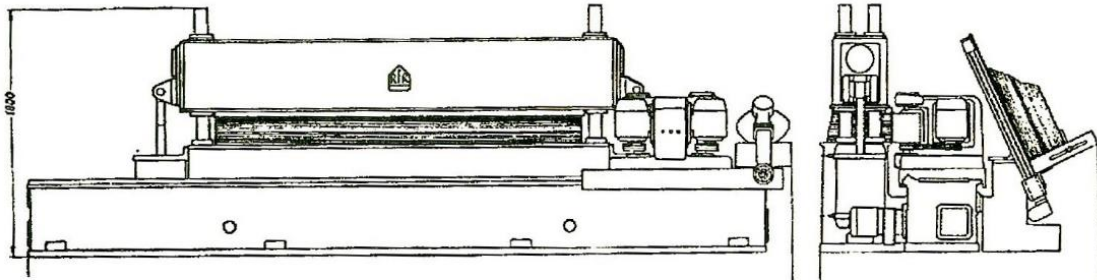
Слика 173. Автоматска детекција на грешки, отстранување на грешки и составување на формат на фурнирски лист [30]

5.2.2.3. Механичка обработка на контактните површини со глодање

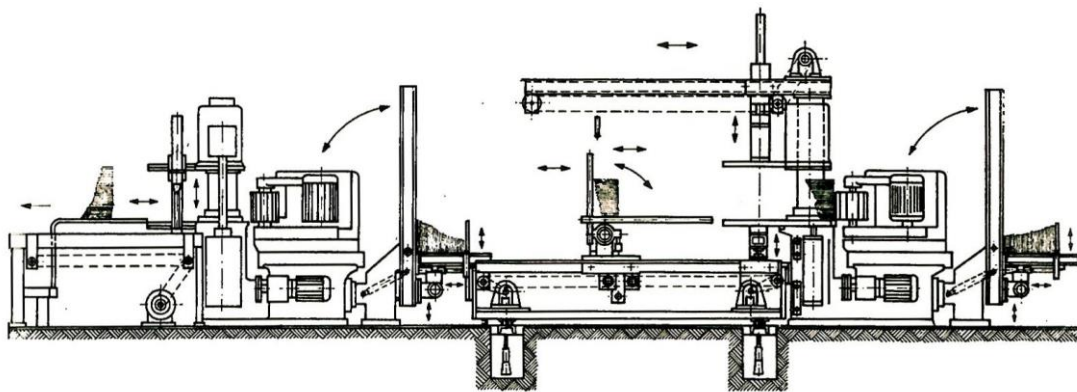
Обработката на кантовите со техника на глодање се врши со пакетни глодалки и глодалки за поединечна обработка на фурнирите.

Резниот алат кај пакетните глодалки го сочинуваат 4 или 6 кратки, рамни ножеви кои се вградени на две глави. Првата глава со 4 000 до 5 000 врт./min врши груба обработка (порамнување на пакетот), додека втората глава со 5 000 до 6000 врт./min врши фина обработка. Ширината на грубото порамнување изнесува од 10 до 25 mm, додека на фината обработка од 0,8 до 0,1 mm. При обработката на овие машини, главите со ножеви се движат и вршат обработка на фурнирскиот пакет по неговите рабови. Во текот на обработката, пакетот е притиснат со греда, при што станува компактен и сведен на висина која одоѓовара

на должината на ножевите од резната глава. Текот на процесот на обработка може да се одвива дисконтинуирано (сл. 174) и континуирано (сл. 175).



Слика 174. Пакетна глодалка [108]



Слика 175. Линија за континуирана двострана обработка на кантовите со глодање [108]

Основните техничко-технолошки карактеристики на пакетните глодалки најчесто се следните:

- работна должина на пакетните глодалки во граници од 1 850 до 3 400 mm;
- светол отвор: 350 mm;
- максимална слободна висина на пакетот: до 300 mm;
- висината на притиснат пакет: до 145 mm;
- базна ширина на притисна греда: 490 mm;
- работна ширина на фурнирот кај еднострана обработка: 1 000 mm;
- работна ширина на фурнирот кај двострана обработка: 600 mm;
- број на работни глави: две;
- дијаметар на работната глава (глодало): 200 mm;
- должина на работната глава: 220 mm;
- број на ножеви: 6;
- број на вртежи на првата глава: 5 000 врт./min;
- број на вртежи на втората глава: 5 500 врт./min;
- брзина на поместување на глодалото во работен од: 15 m/min;
- брзина на поместување на глодалото во повратен од: 30 m/min.

При проточната обработка на контактните површини со глодање најчесто се вклучени две проточни глодалки, со што се обезбедува континуиран процес на обработка на контактните површини на едната страна на фурнирот, а потоа и на другата.

Врз основа на направена анализа на влијанието на начинот на механичка обработка на контактните површини на пакетни ножици и пакетни глодалки, заклучено е дека значително помалку нерамнини на кантовите се јавуваат при обработка на пакетна глодалка. Должината на траењето на работата со алатот значително неповолно влијае на рапавоста на површините при обработка на пакетни ножици.

При обработката со глодање се постигнуваат пофини површини, што е резултат на нискиот специфичен отпор при глодањето, односно поволното влијание на следните

фактори: надолжна насока на влакната, голема брзина на обработка и мала дебелина на струготините.

Механичката обработка со глодање резултира со глатки и вертикални кантови, со фино отворени пори без видливи механички ослабувања и деструкции, што позитивно се рефлектира на невидливоста на спојот и квалитетот на лепење на споевите.

На пакетните ножици обработката се врши со одвојување со помош на надолжно-тангенцијално сечење. При обработката на пакетните ножици, врз финоста на површината негативно влијаат следните фактори: мала брзина на сечење; инклинација на ножот со оглед на односот помеѓу специфичниот отпор при обработка со нож и елементите на ножот; влијание на затапеноста на ножот (тапата острица при продирањето во дрвото зафаќа дел од влакната на поголема површина, а тоа резултира со механички ослабувања и деструкција на површината).

По извршената механичка обработка на кантовите се врши нанесување на лепило. Најчесто се користат синтетските лепила: поликондензациони (карбамидформалдехидно лепило) и полимеризациони (поливинилацетатни лепила). Синтетските лепила се модифицираат со цел обезбедување на подобен вискозитет, отворено време и време на употребливост.

Предностите на карбамидформалдехидното лепило се состојат во невидливост на фугата, отпорноста на влага и високата јакост на слепување.

Недостатоците на ова лепило се следните: висока цена, крутост на спојот, пократко време на употребливост, создавање наслаги на пеглите на спојувачот, нестабилен вискозитет.

Предностите на поливинилацетатните лепила се следните: пониска цена, еластичен спој, долго време на употребливост, не се создаваат наслаги на пеглите на спојувачот, стабилен вискозитет.

Недостатоците на поливинилацетатните лепила се следните: пониска отпорност на влага, видливост на спојот после пресувањето.

Во современите технологии најчесто се користат поливинилацетатните лепила, односно модифицирани полимеризациони смоли.

5.2.2.4. Производност на машините за обработка на кантови

а) Производност на пакетна глодалка и пакетни ножици ($E m^3$):

$$E m^3 = \frac{T \times k \times k_1 \times q}{t} \text{ (m}^3\text{/смена),}$$

каде што:

- T - работно време во една смена (min);
- k - општ коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- t - време на обработка на еден пакет (min);
- q - зафатнина на просечен пакет (m^3).

Број на потребни машини (N):

$$N = \frac{M_f}{E \times b \times c'}$$

каде што:

- M_f - годишна вкупна количина на фурнир за обработка (m^3 /год);
- b - број на работни денови во годината;
- c' - број на смени.

б) Производност на проточна глодалка ($E m^3$):

$$Em^3 = T \times k \times k_1 \times v \times b_f \times S \text{ (m}^3\text{/смена)},$$

каде што:

- v - брзина на помест (m/min);
- b_f - просечна ширина на листот (m);
- S - просечна дебелина на листот (m).

в) Производност на машината при поединечна обработка на ножици (Em^3):

$$Em^3 = \frac{T \times k \times k_1 \times l_f \times b_f \times S}{t_1} \text{ (m}^3\text{/смена)},$$

каде што:

- l_f - просечна должина на фурнирот (m);
- t_1 - траење на обработката на еден лист (min).

5.3. ИЗРАБОТКА НА ФОРМАТИ - СОСТАВУВАЊЕ НА ФУРНИРОТ ПО ШИРИНА

Составувањето на фурнирските листови претставува неопходна технолошка операција при која парчиња фурнир со различна ширина (min 75 mm) се спојуваат на кантовите со помош на врзно средство со што се формираат формати на фурнирски листови со определена ширина, која одговара на форматот на идната фурнирска плоча.

Спојот треба да ги задоволи следните барања:

- спојот треба да биде тесно и цврсто затворен, т.е. при спојувањето на фурнири со иста боја и текстура да биде невидлив или тешко видлив;
- спојот треба да ги издржи сите оптоварувања на кои ќе биде изложен за време на манипулацијата при формирањето на конструкцијата на плочата и пресувањето;
- преклопување на фурнирите во спојот не е дозволено;
- на подрачјето непосредно до кантовите кои се спојуваат не смеат да постојат никакви промени во бојата;
- споените кантови не смеат да дозволат никакви тешкотии во текот на брусењето на плочата;
- во текот на понатамошната обработка, бабрењето и собирањето на спојот треба да биде минимално;
- спојот треба да биде тешко видлив по боење;
- по површинската обработка на спојот не смеат да се покажат промени.

Формирањето на цврст спој и неговата видливост зависат од дрвниот вид и од лепилото, специфичностите на контактните површини и од режимот на обработка.

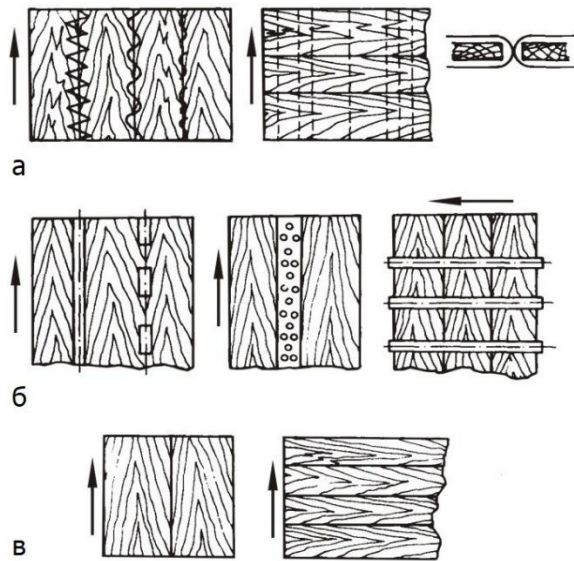
Спојувањето на фурнирите, односно изработката на форматите може да се изврши главно на два начина, односно на два типа машини:

- надолжно спојување на фурнирите на машини за составување кај кои фурнирските парчиња се движат со паралелно ориентирани дрвни влакна во однос на насоката на движење во процесот на спојување;
- напречно спојување на фурнирите на машини за составување кај кои фурнирските парчиња се движат со дрвните влакна ориентирани напречно на насоката на движење во процесот на спојување. При ваквиот начин на спојување се формира бесконечно платно.

Спојувањето на фурнирите се врши (сл. 176):

- под дејство на притисок, температура и лепило кое е претходно нанесено на контактните површини (в);
- со лепило кое се нанесува на кантовите во процесот на спојување (в);
- со нанесување на термопластичен конец на спојот во цик-цак линија или синусоида (а) (двострано за подебели фурнири);

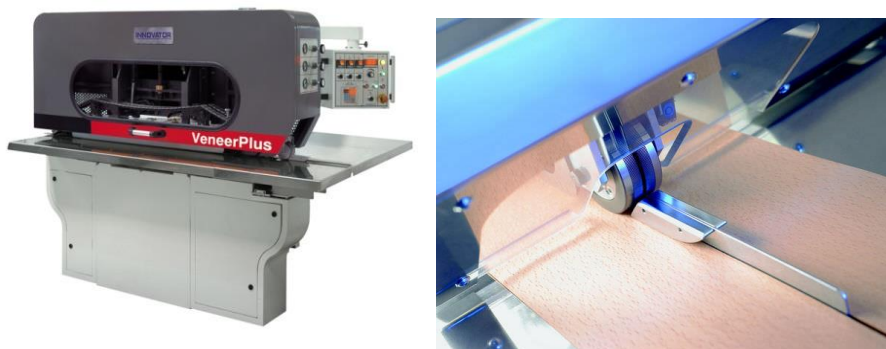
- со нанесување на леплива хартиена лента (полна или перфорирана) (б).



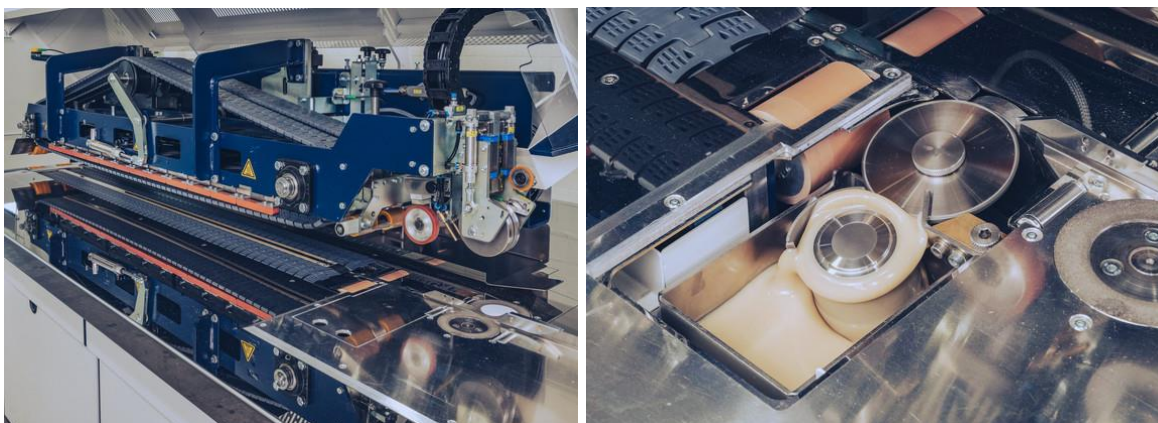
Слика 176. Начини на составување на фурнирските листови [140]
 а-со леплива лента; б-со термопластичен конец; в-директно слепување на кантовите

На сликата 177 е прикажан надолжен спојувач на фурнир на основа на нанесено лепило на кантовите, температура, вертикален и бочен притисок.

Валјаците за воведување на фурнирот може да се подесуваат под потребен агол во однос на насоката на движење, што резултира со бочен и вертикален притисок на контактните површини кои се спојуваат. Во машината се вградени и грејачи, поставени од горната и од долната страна на спојот.



Слика 177. Надолжен спојувач [69]



Слика 178. Надолжен спојувач и уред за автоматско нанесување на лепило [30]

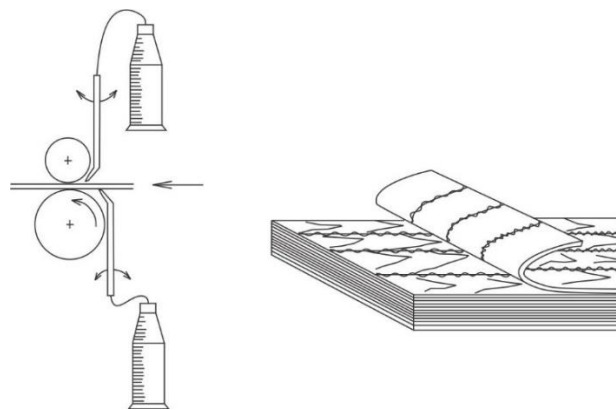
Машините за составување со леплив термопластичен конец (слика 179) се доста практични и со голема производност. Термопластичниот конец кој се користи за спојување е конец на основа на стаклени влакна обложени со модифицирана полиамидна смола. Дебелината на конецот изнесува $0,32 \pm 0,06$ mm со нанос на смола $0,1 \pm 0,02$ g на должен метар.

Предност на спојувањето со термопластичен конец е тоа што по пресувањето во преса, под влијание на температурата, лепливиот конец се топи и не претставува пречка во понатамошната обработка.

Термопластичниот конец се наносува преку водилки кои се поместуваат лево-десно во текот на поместот на фурнирот, што резултира со положување на конецот по должина на спојот во вид на цик-цак линија или синусоида. За надолжно спојување на подебели и брановидни фурнири се користат надолжни спојувачи со двострано наносување на конецот врз споевите (сл. 180).



Слика 179. Машина за надолжно спојување на фурнирите со термопластичен конец (Kuper) [61]

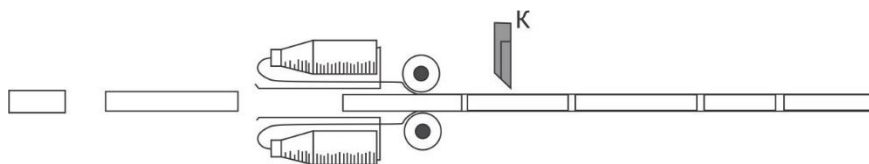


Слика 180. Принципиелна шема на надолжно спојување на фурнирите со термопластичен конец [105]



Слика 181. Надолжно спојување на фурнирите со термопластичен конец [99]

Напречното спојување со термопластичен конец се врши со положување на конецот напречно на дрвните влакна на фурнирот. Со цел обезбедување на бесконечна лента од фурнири, нагласена јакост на поврзување, стабилност и прозводност, се користат напречни спојувачи со двострано спојување со термопластичен конец. Принципиелната шема на двостран напречен спојувач со термопластичен конец е прикажана на сликата 182.



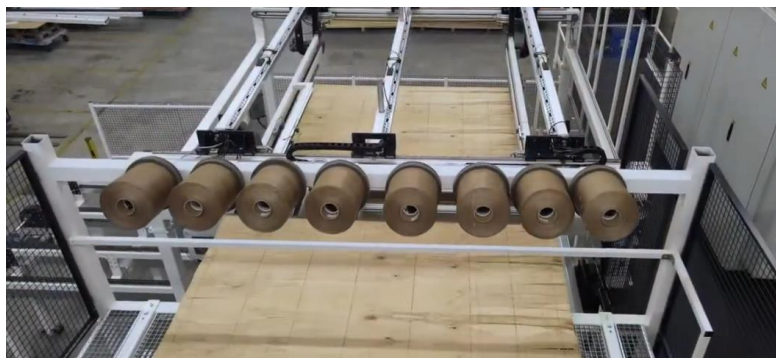
Слика 182. Принципиелна шема на двостран напречен спојувач со термопластичен конец [105]

Парчињата фурнир со различна ширина со механички обработени контактни површини се внесуваат во напречниот спојувач. Секое парче фурнир е опфатено со термопластичниот конец од горната и од долната страна напречно на дрвните влакна.

Кога бесконечната лента ќе ја постигне соодветната ширина „K“ (сл. 182), ножиците вршат автоматско сечење на лентата. Во зависност од ширината на бесконечната лента се дефинира и бројот на термопластични конци, односно калемии со конци кои се поставени на определени позиции.



Слика 183. Напречен спојувач со термопластичен конец „Kiper“ [61]

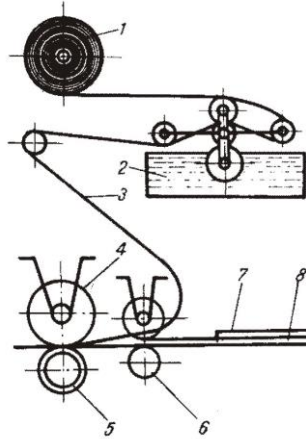


Слика 184. Споен формат на напречен спојувач со термопластичен конец „Kiper“ [61]

Најстариот начин на спојување на парчиња фурнир по должина на влакната е со помош на леплива хартиена лента (полна или перфорирана). На сликата 185 е даден шематски приказ на спојување со леплива хартиена лента. Приближувањето на фурнирите се врши со помош на валјаци чиито оски се сечат под определен агол и приближувањето на рабовите е целосно. Пред нанесувањето на хартиената лента врз спојот на фурнирите, истата поминува низ сад со вода за да се реактивира лепилото кое се наоѓа на лентата. По нанесувањето на лентата, врз спојот на фурнирите се врши притискање со загреан валјак на температура од 70 до 80 °C.

Дебелината на фурнирите кои се спојуваат на овој начин изнесува од 0,3 до 5 mm. Дебелината на хартиената лента изнесува 0,05 mm, ширината на полната лента од 5 до 8 mm, а на перфорираната од 20 до 25 mm.

Имајќи ги предвид недостатоците (непрегледен квалитет на спојот, недоволна цврстина и отпорност на влага, отежнато отстранување на лентата после спојувањето и сл.), овој начин на спојување во индустриски услови не се користи.

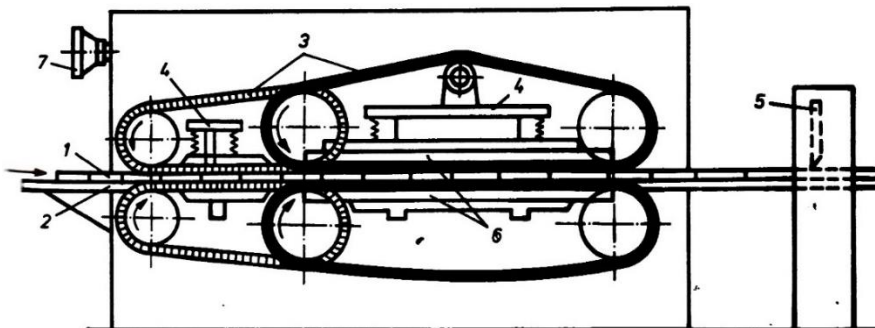


Слика 185. Шематски приказ на надолжно спојување со леплива хартиена лента [140]
1-ролна со хартиена лента; 2-сад со вода; 3-хартиена лента; 4, 5, 6-валјаци;
7-рамнало за насочување; 8-фурнир

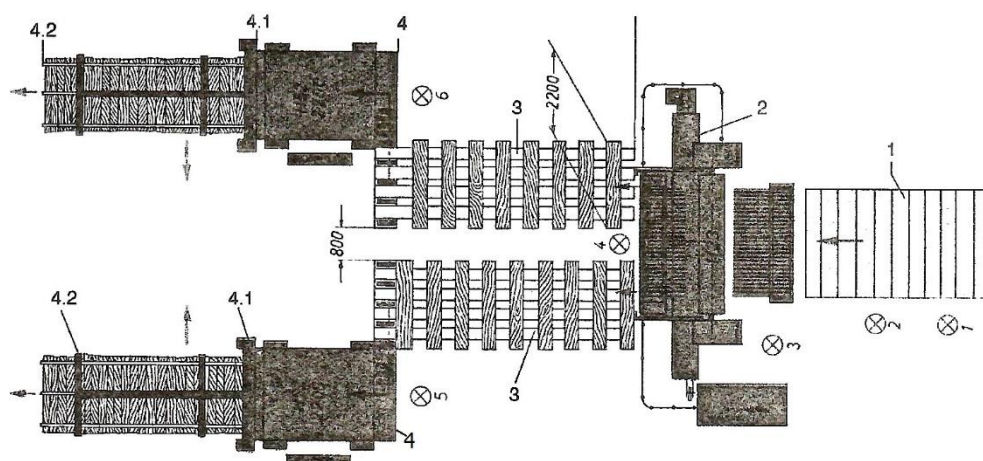
Во поново време, составувањето на фурнирските листови на машини за напречно спојување со директно слепување (сл. 186) има сè поголема примена. Во споредба со машините за надолжно спојување, овие машини овозможуваат 3 до 4 пати поголема производност, повисок квалитет на лепилниот состав и помала загуба на суровина (од 5 до 10 %).

Напречното спојување со директно слепување на кантовите се врши со спојување на фурнирските парчиња на кои е веќе претходно нанесено лепило.

Долго време, напречните спојувачи се користеле исклучиво за фурнири со дебелина преку 1,5 mm, за спојување на напречни и надолжни средници. Современите напречни спојувачи со лепило од аспект на дебелината на фурнирот може да спојуваат фурнири со дебелина од 0,4 до 2 mm, што резултира со брзина на помест до 28 m/min, како и фурнири со дебелина од 1 до 5 mm со брзина на помест од 3 до 12 m/min. На сликата 187 е даден шематски приказ на линија на напречен спојувач со автоматска механичка обработка на контактните површини со глодање.



Слика 186. Напречен спојувач со директно слепување [140]
1-фурнирски листови; 2-работна маса на машината; 3-транспортер за подавање фурнир;
4-уред за притисок; 5-ножица за фурнир; 6-грејни тела;
7-регулатор на брзината на подавање



Слика 187. Линија на напречен спојувач со автоматска механичка обработка на контактните површини со глодање [105]
 1-работна маса за подготовка на пакетите; 2-автоматска пакетна глодалка; 3-транспортна лента со подготвени пакети; 4-напречен спојувач; 4.1-автоматски ножици; 4.2-уред за автоматско одлагање на споените листови



Слика 188. Напречен спојувач со директно слепување на кантовите „Kuper“ [72]

Производноста на надолжниот спојувач (E_{m^3}) се пресметува со формулата:

$$E_{m^3} = \frac{T \times k \times k_1 \times v \times b \times S}{n} \text{ (m}^3\text{/смена).}$$

Производноста на напречниот спојувач (E_{m^3}) се пресметува со формулата:

$$E_{m^3} = T \times k \times k_1 \times v \times l \times S \text{ (m}^3\text{/смена),}$$

каде што:

- T - работно време во една смена (min);
- k - општ коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- v - брзина на помест (m/min);
- l - должина на фурнирот (m);
- S - дебелина на фурнирот (m);
- n - број на споеви на фурнирот.

5.4. ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА ФУРНИРИТЕ

Продолжувањето на фурнирите наоѓа примена во производството на фурнирски плочи и на некои производи од слоевито дрво чии димензии по должина на влакната се значително поголеми. Исушените фурнирски листови со определена ширина се продолжуваат по должина на влакната на поголема потребна должина. Продолжувањето на фурнирските листови се врши по претходна механичка подготовка на контактните површини.

Продолжувањето на фурнирските листови овозможува оптимализација на искористувањето на суровината, проширување на асортиманот во производството на нормални и специјални фурнирски плочи, како и обезбедување на континуирано производство.

Во зависност од подрачјето на примена, физичко-механичките својства и естетските својства, продолжените фурнири се делат на: внатрешни - слепи продолжени фурнири и надворешни - видливи продолжени фурнири.

5.4.1. Внатрешни (слепи) продолжени фурнири

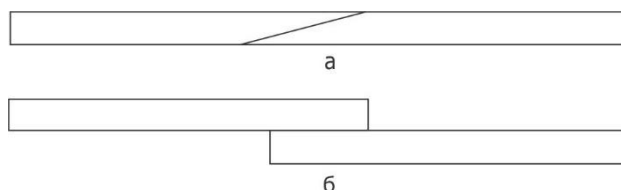
Продолжувањето на фурнирите може да се изврши на различни начини, односно на принцип на групен чеп, рамен преклоп, продолжување на кос судир и тап судир.

Раumniот преклоп може да се изведе на два начина:

- рамен преклоп со нанесување на лепило на контактната површина, со пиезотермичка обработка и дополнително егализирање на зоната на преклоп на дебелина на продолжениот фурнир. Должината на преклоп се движи од 15 до 30 mm во зависност од дебелината на фурнирот;
- рамен преклоп со нанесување на лепило на контактната површина и со пиезотермичка обработка со висок специфичен притисок од 15 до 20 MPa во зоната на преклоп (меѓусебно впресување), без дополнително егализирање на зоната на преклоп.

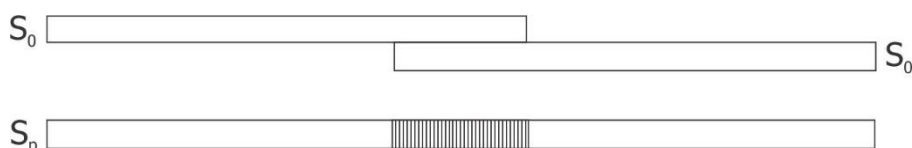
При продолжување на фурнирите на кос судир, аголот на закосување е остар и изнесува од 5 до 7°. Должината на закосените краеви најчесто изнесува дванаесет дебелини на фурнирот. Операцијата на закосување може да се врши на различни начини: со сечење, брусење или со режење со кружна пила. Во современите технологии најчесто се користи закосување со помош на кружна пила.

На сликата 189 се прикажани начини на продолжување на внатрешни фурнири по должина на влакната.



Слика 189. Продолжување на фурнирите на кос судир (а) и на рамен преклоп (б)

Продолжувањето на рамен преклоп (сл. 190) се врши со меѓусебно впресување на преклопените краеви на фурнирите.



Слика 190. Продолжување на фурнирите на рамен преклоп со висок специфичен притисок без дополнително егализирање S_0 -единична дебелина на фурнирот; S_p -дебелина на продолжениот фурнир

Продолжувањето на фурнирите со рамен преклоп под висок специфичен притисок се врши со синтетски поликондензациони смоли. Притисокот на пресување зависи од дрвниот вид и од дебелината на фурнирот и се движи во граници од 10 до 20 МПа, додека температурата на пресување изнесува од 120 до 150 °C ± 5 °C. Должината на преклопот изнесува од 8 до 10 mm во зависност од дрвниот вид и од дебелината на фурнирот.

Фурнирот кој се продолжува на овој начин се изработува од дрвни видови кои имаат зафатнинска маса до 800 kg/m³.

За понатамошно користење на продолжените фурнири особено е важно да се егализира дебелината на преклопот, односно почетната двојна дебелина на фурнирот ($2S_0$) да се сведе на конечна дебелина на преклопот (S_p) која одговара на единичната дебелина на фурнирот (S_0). Преклопот мора да има доволна цврстина која ќе овозможи непречена манипулација и обработка на фурнирот.

Во индустриски услови на производство на плочи на основа на продолжени фурнири, најмногу се застапени методите за продолжување на фурнирите на кос судир и рамен преклоп со висок специфичен притисок.

Подрачјето на примена на внатрешните продолжени фурнири опфаќа: опачина на фурнирски плочи, надолжна средница за фурнирски плочи, опачина и внатрешни листови во производството на отпресоци, средница за панел (столарски) плочи, како и невидливи слоеви на други видови фурнирски плочи.

5.4.2. Надворешни (видливи) продолжени фурнири

Продолжувањето на надворешните (видливи) фурнири може да се врши на повеќе начини, односно со: рамен спој (тап судир) (сл. 191), групен чеп во вид на рамен клинест спој (сл. 192), испреплетен групен чеп (сл. 193) и групни чепови во друга изведба.



Слика 191. Продолжување на надворешни фурнири со рамен спој [61]



Слика 192. Продолжување на надворешни фурнири со рамен клинест спој [27]



Слика 193. Продолжување на надворешни фурнири со испреплетен спој [61]

Продолжувањето со рамен спој се применува при продолжување на тесни фурнири со ширина до 160 mm, кои се наменети за фурнирање на плочи во производството на ламперии и панел-паркети. Од естетски аспект, продолжувањето со рамен клинест спој има недостаток поради тоа што врвовите на клинестниот спој се рефлектираат како линии и спојот е повеќе воочлив.

Со примена на испреплетен спој, оптичкиот ефект на линијата на спојот значително се намалува, што овозможува подобро ретуширање на текстурата на фурнирот, потечен премин од едниот на другиот фурнир, со што спојот е тешко видлив.



Слика 194. Продолжени надворешни фурнири со испреплетен групен чеп [34]

Во зависност од специфичноста на спојот и завршната обработка, подрачјето на примена на надворешните продолжени фурнири опфаќа:

- фурнири споени со рамен спој на тап судир (листови со фиксни ширини и должини) се применуваат во производството на панел-паркети, сидни и тавански облоги;
- фурнири продолжени со групен чеп во вид на рамен и испреплетен спој се применуваат за изработка на: фини ленти од фурнир за фурнирање на кантови; продолжени листови намотани во ролна за обложување на профилирани елементи (летви, корнизи); листови со фиксни должини и ширини за фурнирање на внатрешни делови на мебелот.

5.5. ТЕОРЕТСКИ ОСНОВИ НА ЛЕПЕЊЕ НА ДРВОТО

5.5.1. Делување на сили во процесот на лепење

Лепењето претставува процес кој е условен од молекуларните сили на врзување на разнородни молекули кои се наоѓаат во површинските слоеви на материјата која прави сложен систем, односно тоа е врзување на две истородни или разнородни материји со помош на атхезивни средства.

При контакт помеѓу лепилото кое е во течна состојба и површината на фурнирот доаѓа до привлекување кое настанува поради слободната површинска енергија на двете материји (подлогата и атхезивот, дрво и лепило).

Во процесот на лепење делуваат атхезиони и кохезиони сили.

Атхезијата е врска помеѓу површините на различни цврсти и течни материјали, која е условена од меѓумолекуларните сили. Атхезијата настанува како резултат на меѓумолекуларните врски, т.е. сили на врзување на различни молекули, атоми, јони и функционални групи.

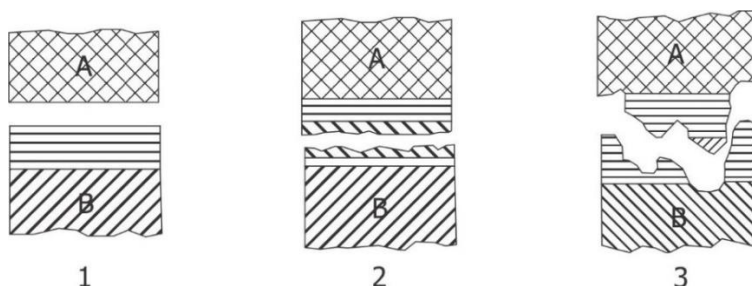
Кохезијата е сила на заемните врски на молекулите, атомите и јоните внатре во некој материјал.

За да се обезбеди стабилност на лепилните состави, како средство за лепење неопходно е да се применат материјали кои имаат високи атхезиони и кохезиони особини. Имено, јакоста на слепувањето е определена од односот на силите на атхезија и кохезија. Атхезијата на материјалите кои се лепат треба да биде поголема или приближна на нивната кохезија. Кога атхезионите сили се поголеми од кохезионите, лепењето е квалитетно и обратно, кога кохезионите сили доминираат над атхезионите, лепењето е со низок квалитет.

Кохезионите и атхезионите својства на материјалите се условени од карактерот на меѓуатомските и меѓумолекуларните врски, како и од големината и просторната структура на нивните молекули.

Ако во процесот на лепење на дрвото, кохезионите сили на лепилото се поголеми од атхезионите, се појавува опасност од одвојување на лепилниот слој од дрвото. Ако на лепливиот спој кој поседува висока атхезија се делува со надворешна сила, деструкцијата треба да настане кохезионо, т.е. внатре во најслабата компонента, а не по атхезивната врска.

Во случај кога кохезијата е значително поголема од атхезијата, при оптоварување на лепилниот спој доаѓа до т.н. атхезиона деструкција (слика 195-1). Кога атхезијата е значително поголема од кохезијата, доаѓа до кохезиона деструкција (сл. 195-2). Во случај кога атхезијата е приближно еднаква на кохезијата спојот има максимална издржливост, а деструкцијата е комбинирана.



Слика 195. Типови на деструкција на повеќефазен систем [105]

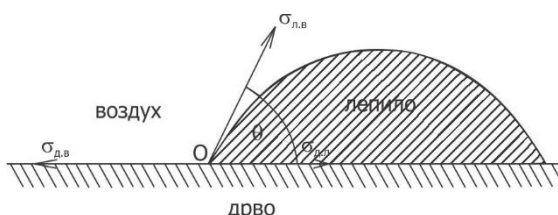
1-атхезиона деструкција; 2-кохезиона деструкција; 3-комбинирана деструкција

Атхезијата на полимерот е определена со степенот на подвижност на макромолекуларниот синџир, интензитетот на молекуларните сили и поларноста на функционалните групи кои се содржани во структурата на молекулата. Кохезијата пак, покрај ова е условена и од големината и формата на макромолекулата.

Важен услов за добра атхезија е способноста на атхезивот да ја мокри површината. Под способност за мокрење се подразбира својство на течноста да се разлива по површината на цврстото тело, што претставува резултат на делување на привлечни сили помеѓу молекулите на течноста и цврстата материја.

При контакт на течноста со површината на тврдото тело, помеѓу нив доаѓа до привлекување кое настанува поради слободната површинска енергија на двете материји.

Површинскиот напон на овој систем е определен со силите - векторите прикажани на сликата 196.



Слика 196. Површински напон на системот дрво-лепило-воздух [9]

Со собирање на векторите по насока и големина се добива равенката на Дупре за енергија на атхезијата на границата тврдо тело-лепило:

$$W_{d.l} = \sigma_{d.v} + \sigma_{l.v} - \sigma_{d.l}$$

Од сликата се гледа дека:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{d.v} - \sigma_{d.l}}{\sigma_{l.v}}$$

односно,

$$\cos \theta \times \sigma_{l.v} = \sigma_{d.v} - \sigma_{d.l}.$$

Со замена на $\sigma_{d.v}$ и $\sigma_{d.l}$ со нивните вредности се добива Јунговата формула за енергија на атхезијата:

$$W_{d.l} = \sigma_{l.v} \times (1 + \cos \theta).$$

Како што се гледа, при константна величина $\sigma_{l.v}$ атхезијата на течноста зависи само од аголот на мокрење θ . Целосно мокрење настанува кога $\theta = 0$ и $\cos \theta = 1$, а енергијата на атхезијата за тој случај изнесува:

$$W_{d.l} = 2 \times \sigma_{l.v}.$$

Кај позитивни агли, мокрењето не е целосно. Кога $\theta > 90^\circ$ капката од течноста слободно се тркала по површината на цврстото тело и во тој случај нема мокрење на површината. Наспроти ова, при спојување на две капки од иста течност, површината на контакт се губи бидејќи двете капки се спојуваат во една. Слободната површинска енергија во овој случај станува еднаква на нула, а енергијата потрошена за спојување на молекулите на течноста е еднаква на сумата на изгубените слободни енергии. Исто количество на енергија би требало да се потроши за раздвојување на молекулите на составените капки, а тоа количество всушност ја претставува енергијата на кохезија.

Математичката дефиниција на видовите деструкција прикажани на сликата 195 е следната:

- за атхезиониот тип на деструкција:

$$W_{d.l} < W_k;$$

- за кохезиониот тип на деструкција:

$$W_{d.l} > W_k;$$

- за комбинираниот тип на деструкција:

$$W_{d.l} \cong W_k.$$

Во формулите, ознаките го имаат следното значење:

- $W_{d.l}$ - енергија на атхезија на границата дрво-лепило;
- $\sigma_{d.v}$ - површински напон на границата дрво-воздух;
- $\sigma_{l.v}$ - површински напон на границата лепило-дрво;
- $\sigma_{d.l}$ - површински напон на границата дрво-лепило;
- θ - агол на мокрење;
- W_k - енергија на кохезија.

Способноста за мокрење не е единствен услов за добра атхезија, односно за квалитетно лепење. Својствата на лепилото во значителна мера зависат од хемиската активност на функционалните групи во молекулата, кои можат да бидат поларни (карбоксилни, хидроксилни, амино) и неполарни (јаглеводородни).

Молекулите во чиј состав се наоѓаат поларни групи меѓусебно се привлекуваат со својот електричен набој со спротивен знак и секогаш тежат една кон друга или кон поларната молекула на другиот материјал да заземат положба при која позитивните и негативните електрични набои се неутрализираат, што значи дека потенцијалната енергија на површината на спојување на молекулите е минимална, а колку е помала (при еднакви останати услови) силите на атхезија се поголеми.

Покрај наведеното, зависно од природата на материјалот кој се лепи и лепилото, на атхезијата влијаат и различните хемиски врски кои се појавуваат во процесот на лепење (водородна, јонска, ковалентна и сл.).

5.5.2. Основни теории на атхезијата

Механизмот на лепење е доста сложен и бара научно разјаснување на голем број појави во чија основа е објаснувањето на феноменот на атхезијата. Со оглед на сложеноста на процесот и многубројните фактори на влијание врз процесот на лепење, во научната литература не постои единствена теорија која може да ги објасни сите појави во процесот на лепењето на различни материјали. Во обидот да се појаснат сите појави, дошло до развој на различни теории на атхезија кои денес се присутни во литературата и кои пробуваат да го објаснат феноменот атхезија, односно:

- механичка теорија на атхезија;
- специфична теорија на атхезија;
- атсорбциона теорија на атхезија;
- електрична теорија на атхезија;
- дифузна теорија на атхезија;
- хемиска теорија на атхезија;
- електрорелаксациона теорија на атхезија.

Творецот на механичката теорија на атхезија Мек Баин, го објаснува лепењето како механички процес. Лепилото поседува способност да продира во порите на материјалот кој се лепи, а при стврднување на лепилото доаѓа до механичко поврзување на елементите. Јакоста на слепување зависи од степенот на порозност на материјалот и од јакоста на исушениот филм на лепилото. Според оваа теорија, при поголема порозност и помала дебелина на исушениот филм, јакоста на лепење е поголема. Меѓутоа, механичката теорија на атхезија е спротивна на некои појави во процесот на лепење (непорозните материјали може исто така многу добро да се слепат), така што се ограничува само на делумно објаснување на лепењето на порозни материјали.

Според специфичната теорија на атхезија чии творци се С. Е. Бреслер и Д. Л. Талмуд, лепењето претставува ефект на слободните површински енергии на границата на материите, условен од специфичните меѓумолекуларни сили од физичко-хемиски карактер (површински напон, атсорпција и хемиски врски). Според оваа теорија, површините со поголем меѓусебен контакт, односно со поголема финост, треба да имаат поголема јакост на слепување. Кај површините со помала финост, лепилото има механичка улога и овозможува контакт меѓу површините, што резултира со дејство на сили на меѓусебно привлекување.

Според атсорпционата теорија на атхезија која ја развиле Мек Лорен и Де Брујне, лепењето се набљудува како површински процес, условен од специфично меѓумолекуларно дејство, слободна површинска енергија, аналогно на процесот на атсорпција. Создавањето на атхезионата врска се смета како резултат на делување на примарни, хемиски сили и секундарни, Вандерваалсови или меѓумолекуларни сили. Со овие сили се определува атсорпцијата во чија основа е својството на површините на течните или на цврстите материјали да врзуваат молекули на други материјали и да се спојуваат со нивните површини. По нанесување на полимерот на тврда површина, молекулите на лепилото мигрираат од растворот кон површината на материјалот и се апсорбираат во материјалот. Кога растојанието помеѓу молекулите на лепилото и материјалот е помало од 0,5 nm се јавуваат меѓумолекуларни (дисперзиони) сили кои обезбедуваат цврста меѓусебна врска. Дисперзионите сили се јавуваат како резултат на заемна поларизација на молекулите која предизвикува непрекинато движење на електроните на атомите кои се распоредени во низа.

Меѓутоа, оваа теорија не дава објаснување како настануваат атхезионите врски кај неполарните полимери.

Табела 37. Примери на поларни и на неполарни материјали

Поларни материјали	Неполарни материјали
– целулоза (дрво, дрвена волна, хартија)	– каучук
– фенолформалдехидна смола	– полистирол
– карбамидформалдехидна смола	– полиетилен
– материјали со хидроксилни групи во молекулите	– тефлон (полимерни производи од тетрафлуоретилен)
– вода	– бензол
– алкохол	– минерални масла
– металоксиди	

Согласно со електричната теорија (Б. В. Дерјагин и Н. А. Кротова) создавањето на атхезивни врски е резултат на електростатските сили кои настануваат при деструкција на повеќефазниот систем. Авторите на теоријата сметаат дека при создавањето на тенкиот, еластичен слој лепило на подлогата, во контактната зона на полимерот и подлогата се создава двоен електричен слој во чие формирање учествуваат наелектрилизирани јони, електрони и диполарни молекули. Со оваа теорија, системот лепило-подлога се поистоветува со кондензатор на чии облоги се создава двоен електричен слој кој помеѓу материјалите (лепило-подлога) создава разлика во потенцијалот, што значи дека за атхезијата важна улога имаат електростатските сили кои се создаваат при деструкција на повеќефазниот систем.

Суштината на дифузната теорија на атхезија, чиј автор е С. С. Војцки, се сведува на дифузната способност на синцирестата молекула на лепилото во подлогата. Најголеми атхезивни својства имаат високомолекуларните соединенија кои имаат издолжени синцирести молекули. Јакоста на лепилото зависи од должината на молекулите. Синцирестите молекули со должина под определен минимум не обезбедуваат задоволителна јакост на слепување, а зголемувањето на должината над максимумот не доведува до зголемување на атхезионата способност на полимерот.

Молекулите на атхезивот имаат способност за дифузија, при што при нанос на лепило во течна состојба и под услов подлогата да е способна за растворање или бабрење во течниот атхезив, може да дојде до дифузија на молекулите на подлогата во атхезивот. На овој начин се губи острата граница помеѓу материјалите и се создава еден преоден слој со постепена промена на составот и својствата на полимерите во него.

Дифузната теорија го објаснува механизмот на лепење на меѓусебно растворливи полимери. Меѓутоа, со неа не може да се објаснат атхезионите појави кои настануваат при лепење на многу други материјали (дрво, стакло и сл.).

Хемиската теорија на атхезија (развиена од Д. С. Кардашева и В. Л. Вакуле) се заснова на опсежни истражувања и заклучок дека лепењето на многу материјали е условено од создавање на хемиски врски помеѓу атхезивот и подлогата. На пр., при лепење на дрвото со фенолформалдехидно и карбамидформалдехидно лепило се создаваат хемиски врски помеѓу хидроксилните групи на макромолекулата на целулозата и метилолните групи на смолата со издвојување и на некои други соединенија. Согласно со оваа теорија, атхезионите и кохезионите својства на полимерите зависат од нивната структура, хемискиот состав, молекуларната тежина и од низа други фактори. Истражувањата на фенолформалдехидните, карбамидформалдехидните и епоксидните смоли, го покажале големото влијание на хидроксилните групи со голема енергија на кохезија врз атхезионите својства на овие соединенија. Притоа, се напоменува дека секое соединение кое има функционални групи нема атхезивни својства, односно полимерите треба да поседуваат определено оптимално количество на функционални групи со соодветен меѓусебен распоред. Полимерите со мала молекуларна маса имаат добри атхезивни својства, но слаба кохезија. Од друга страна, пак, полимерите со многу голема молекуларна маса имаат добра кохезија, но незадоволителна атхезија. Авторите на оваа теорија со низа експерименти потврдиле дека за секој тип на полимер постои оптимална големина на молекуларната маса при која се усогласени атхезионите и кохезионите својства.

Според електрорелаксационата теорија на атхезија (Н. И. Москвитин), лепењето не зависи само од делувањето на атхезионите сили на полимерите, туку и од нивната кохезија. Атхезионата врска помеѓу атхезивот и подлогата настанува како резултат на различни хемиски и меѓумолекуларни врски. Согласно со оваа теорија, најзначаен фактор на атхезија на полимерот е релаксацијата на напрегањата која настанува при контакт на лепилото и подлогата и при деформација на споениот систем во текот на експлоатацијата на производот (спојот). Релаксационите процеси кои се одвиваат на границата на контакт на атхезивот и подлогата се стремат да ги доведат граничните макромолекули кои контактираат во состојба на рамнотежа, т.е. во состојба во која ќе имаат минимални резерви на внатрешна енергија.

Москвитин наведува дека механизмот на атхезија е многу сложен и во себе вклучува електрични, релаксациони и дифузни појави, така што истиот може да се објасни само со земање предвид на сите наведени појави.

5.5.3. Критериуми за оцена на квалитетот на лепењето на фурнирите и јакост на слепување

Со оглед на специфичната анатомска градба на дрвото и неговата нехомогеност, а имајќи предвид дека лепењето претставува површинска појава, процесот на лепење на дрвото е посебно сложен. Дрвото поврзано со лепило претставува сложен систем во кој дрвната маса и лепилото, како материи на системот, се раздвоени со гранични површини кои имаат улога на геометриски континуум.

Површинската структура, рапавоста, вистинскиот површински профил и геометријата на површината се значајни фактори за појава на многу феномени при процесот на лепење на дрвото.

Најважните претпоставки за добивање на цврсти лепилни споеви од аспект на денешните техничко-технолошки сознанија, главно се вклопуваат во адсорпционата теорија со две основни правила на лепење кои ги поставил Де Брујне во 1951 год.:

- во однос на подлогата, лепилото треба да поседува способност на мокрење и да биде поларно;
- по завршување на процесот на врзување, атхезионото средство не смее да развива постојани напони кои по својата големина можат да ја загорзат стабилноста на спојот, ниту да поседува поголеми кохезиони својства во однос на подлогата.

Во процесот на лепење постои правило дека треба да се лепат поларни материјали со поларни, односно неполарни материјали со неполарни средства. Ова правило не е присутно кај лепењето на неполарните полиетилен и полистирол со речиси сите материјали. Поларноста на средствата за лепење и дрвото, во создавањето на атхезиони врски е условена само до таа мерка колку што има влијание врз мокрењето со подлогата. Од друга страна, и при добро мокрење на подлогата со атхезивот, понекогаш настанува лошо врзување како резултат на големите напрегања кои се јавуваат за време на стврднувањето на лепилото.

Квалитетот и постојаноста на лепилниот спој директно влијае на конструктивната стабилност и квалитетот на производот во текот на подолг период на експлоатација. Основниот критериум за квалитет на лепилниот спој кај конструктивните врски е способноста на лепилото цврсто да ги поврзе конструктивните елементи и таа способност да ја задржи трајно, при што треба да може да ги издржи и оптоварувањата на кои е изложено во текот на експлоатацијата на лепената конструкција. Затоа, од лепилото се бара да има високи атхезивни и кохезиони својства. Покрај ова, лепилото треба да има соодветна еластичност за да може да ги следи деформациите на дрвото кои настануваат под влијание на оптоварувањата и промената на димензиите на дрвото, како и да е способно да прими делување на трајни и променливи оптоварувања.

Во случај на деструкција на спојот под дејство на оптоварување, деструкцијата треба да настане по дрвото, а не по лепилото. Имено, при деструкција, спојот треба да биде способен да издржи онолку колку во исти услови може да издржи дрвото.

Барањата за јакоста на слепување на залепениот фурнир во основа се исти како и кај другите видови лепења. Залепениот спој мора да биде способен да ги издржи сите оптоварувања кои се јавуваат како резултат на внатрешните напрегања во спојот поради собирањето на лепилото и деформациите на дрвото од промена на влажноста. Тоа значи дека спојот треба да биде еластичен барем онолку колку е неопходно да може да ги следи еластичните деформации на системот. Доколку спојот е премногу крут доаѓа до деформација на производот и деструкција на спојот поради нерамномерна концентрација на напрегањата во спојот.

Според тоа, атхезијата зависи и од реолошките карактеристики на лепилото во границите на еластичните деформации.

Поаѓајќи од Хуковиот закон ($\sigma = E \times \epsilon$), за дрвото и лепилото важат следните односи:

$$\sigma_l = \epsilon_l \times E_l,$$

$$\sigma_d = \epsilon_d \times E_d,$$

каде што:

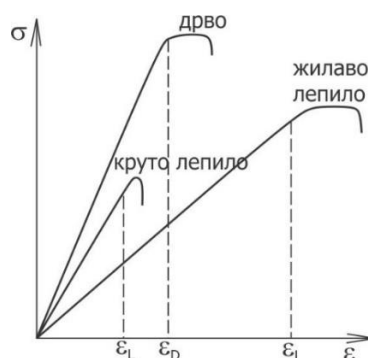
- σ_l - напрегања во слојот од лепило;
- σ_d - напрегања во дрвото;
- ϵ_l - релативна деформација на лепилото;
- ϵ_d - релативна деформација на дрвото;
- E_l - модул на еластичност на лепилото;
- E_d - модул на еластичност на дрвото.

За да се задоволи условот крутоста на лепилото да не биде поголема од крутоста на подлогата, најповолно е да биде:

$$\epsilon_d \geq \epsilon_l, \text{ односно}$$

$$\frac{\sigma_d}{E_d} \geq \frac{\sigma_l}{E_l}.$$

Односите на деформациите на лепилото и дрвото се прикажани на дијаграмот напрегања-деформации на сликата 197.



Слика 197. Дијаграм напрегања-деформации

Како проверен критериум за задоволителна јакост на слепување на фурнирите е прифатено да при испитување на смолкнувањето во зоната на спојот не доаѓа до деструкција по лепилото, туку по фурнирот, додека апсолутната големина на јакоста, главно, зависи од јакоста на затегнување на фурнирот паралелно на дрвните влакна, јакоста на смолкнување и модулот на еластичност на системот.

5.6. НАЧИНИ НА СЛЕПУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Во технологијата на производство на фурнирски плочи познати се три постапки на слепување на фурнирските плочи:

- сува студена постапка – фурнирските плочи се добиваат со слепување на исушен фурнир со влажност од 5 до 8 % во студена преса;
- сува жешка постапка при која фурнирските плочи се добиваат со слепување на исушен фурнир со влажност од 6 до 12 % во жешка преса;
- мокра жешка постапка – фурнирските плочи се добиваат со слепување на мокар фурнир во жешка преса.

Во индустриски услови, сувото студено пресување се применува ограничено, поради ниската производност. Тоа се извршува во еднокатни или во повеќекатни преси при понизок притисок во споредба со жешкото слепување. При пресување во преси со тврди плочи, специфичниот притисок на пресување изнесува од 1,0 до 1,2 МПа, најмногу 1,4 МПа. Тоа води до помало впресување на фурнирите и до поголем квалитет. Лепилата кои се користат за суво студено слепување налагаат времето на слепување да не биде помало од 30 минути, што е причина за релативно ниска производност на пресите. Со цел забрзување на стврднувањето на лепилото се користат стврднувачи, кои го забрзуваат процесот со намалување на рН-вредноста на лепилната смеса.

При слепување на фурнирите со мокра жешка постапка се добиваат фурнирски плочи со незадоволителен квалитет, поради што овој начин на слепување нема индустриска примена. Жешкото мокро слепување доведува до појава на пукнатитни по фурнирот. Тоа е резултат на тангенцијалното собирање на даден фурнирски лист и десетпати помалото собирање во насока на дрвните влакна на соседниот фурнирски лист. Оваа појава доведува до понизок квалитет на фурнирската плоча. Покрај тоа, мократа жешка постапка на слепување при која се користат главно албумински лепила, ја исклучува можноста за употреба на висококвалитетни синтетички лепила, што од своја страна ги намалува експлоатационите квалитети и сферата на употреба на фурнирските плочи.

Најпрогресивен метод во производството на фурнирски плочи е сувото жешко слепување, кое најчесто се извршува во повеќекатни хидраулични преси со плочи загревани со водна пара или со жешка вода. Технолошкиот процес протекува по следниот редослед:

- полнење на пресата со фурнирски пакети;
- затворање на пресата и постигнување на оптимален притисок;
- пиезотермичка обработка – слепување на плочите;
- намалување на притисокот и отворање на пресата;
- вадење на слепените фурнирски плочи од пресата.

Условите кои треба да се исполнат при остварување на одделните фази од технологијата на слепување на фурнирските плочи со цел да се осигура максимална јакост на слепување на плочите и висока производност на пресите, зависат од режимот на слепување и од механизацијата на операциите.

Квалитетот на слепувањето влијае врз физичко-механичките карактеристики на фурнирските плочи и нивната употребливост. Затоа, технолошките фази на процесот на слепување со сите параметри кои го дефинираат овој процес се од суштинско значење за постигнување на соодветен квалитет на фурнирските плочи.

Видот на фурнирската плоча од аспект на нејзината примена во различни услови на експлоатација директно зависи од параметрите на процесот на слепување и од видот на употребеното лепило.

Пресудна улога врз квалитетот на фурнирските плочи во однос на нивната примена во надворешни услови и услови на зголемена влажност има видот на употребената смола за слепување на плочите.

Во погоните за производство на фурнирски плочи често се случува да при промена на условите на процесот на слепување (промена на температурата на грејните плочи на пресата, промена на дрвниот вид и дебелината на фурнирот, својствата на лепилото),

начинот на подготовка на лепилото, времето на слепување и количеството на наносот на лепило да не се менуваат, што негативно влијае врз квалитетот на слепувањето, а со тоа и врз квалитетот на фурнирската плоча.

Ваквите сознанија укажуваат дека е неопходно да се познаваат параметрите на процесот на слепување на фурнирските плочи и факторите кои влијаат на овој процес.

5.7. КЛАСИФИКАЦИЈА, СОСТАВ И УСЛОВИ КОИ ТРЕБА ДА ГИ ИСПОЛНАТ ЛЕПИЛАТА ВО ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Лепилата кои се користат во производството на фурнирски плочи имаат големо влијание врз квалитетот на плочите. Еден од основните квалитетни показатели на фурнирската плоча е јакоста на слепување, која во одреден степен зависи од видот и од квалитетот на употребеното лепило.

Јакоста на лепилниот состав е значајна не само во сува состојба, туку и при повисока влажност и температура. Кога плочата се користи во нормални услови на експлоатација, за слепување може да се користат лепила со помала водопостојаност. Фурнирските плочи кои се наменети за градежништво, бродоградба и за други цели, се слепуваат со фенолформалдехидно лепило или со друго синтетичко лепило, коешто ја осигурува потребната водопостојаност и високите механички карактеристики на плочите.

Во зависност од хемискиот состав и од начинот на добивање, лепилата се делат на две основни групи: природни и синтетички лепила. Во производството на фурнирски плочи, денес се користат исклучиво синтетичките смоли.

Синтетичките смоли се високомолекуларни соединенија (полимери) со линиска, мрежеста или со разгранета структура, од што зависи растворливоста и механичката јакост на лепилото.

Од аспект на хемиската активност, тие се делат на: термопластични (термопласти) и терморективни (дуропласти).

Од термопластите најчесто се користат поливинилацетатните лепила.

Во технологиите на лепење на фурнирски плочи најчесто се користат дурупласти на основа на карбамид, фенол, меламин и резорцин, односно: карбамидформалдехидни, фенолформалдехидни, меламинформалдехидни и резорцинформалдехидни смоли и нивни модификации.

Според постојаноста на вода, лепилата може да се поделат на високо водопостојани, водопостојани и неводопостојани. Во однос на формата, може да бидат течни, прашкасти и во форма на филм.

Определна класификација на смолите може да се направи во однос на големината и времетраењето на оптоварувањето кое тие можат да го издржат без да се деформираат под дејство на вода, топлина и други услови на влијание. Во градежништвото, смолите кои придонесуваат во јакоста и крутоста на конструкциите во периодот на нивната експлоатација се сметаат за конструктивни смоли. Овие смоли, генерално, се појаки и покрути од дрвото кое го слепуваат. Смолите кои се деградираат побрзо од дрвото при услови на дејство на вода спаѓаат во групата на смоли за внатрешна употреба [20].

Фенолформалдехидната смола е една од најприменуваните конструктивни смоли за надворешна употреба во производството на фурнирски плочи. Таа се карактеризира со висока јакост, голема отпорност на вода и влажна атмосфера, има повисока отпорност од дрвото на високи температури и изложеност на хемиско стареење [20].

Работните лепила вообичаено претставуваат повеќекомпонентни смеси, подготвени според определен рецепт. Тие се состојат од едно или од повеќе основни врзни средства (смоли), растворувачи и помошни средства.

Основното врзно средство - смолата е најважниот дел од работната лепилна смеса. Тоа има голема адхезиона способност и непосредно учествува во процесот на лепење. Растворувачите (вода, водни раствори на бази итн.) се користат за растворање и доведување на основното врзно средство - смолата до потребна концентрација, како и за доведување на лепилната смеса до потребен вискозитет.

Помошните средства се користат за различни цели и во зависност од тоа, можат да бидат:

- полнителите (брашно, дрвено брашно, каолин итн.) кои се употребуваат главно за намалување на потрошувачката на смола во лепилната смеса со цел поевтинување на лепилната смеса;
- стврднувачи (амониум хлорид, амониум сулфат, сулфонафтенени киселини, фосфорна киселина итн.) кои се употребуваат за забрзување на процесот на стврднување на синтетичките лепила, односно побрзо преминување во тврда, нерастворлива и нетоплива состојба;
- стабилизатори (ацетон, етил алкохол итн.) кои се користат за одржување на конзистенцијата и лепилните својства на лепилата за определено продолжено време;
- средства за распенување (прашкест албумин) кои се користат за распенување на карбамидформалдехидните лепила со оглед на економичната потрошувачка.

Покрај овие средства, во составот на лепилната смеса може да се користат и антисептички средства (фенол, крезол и др.) за заштита од габи и инсекти, пластификатори (глицерин и др.), како и средства за мокрење (сулфурно масло и др.).

Лепилата треба да ги исполнат следните основни услови:

- едноставна употреба, да имаат соодветно голем рок на траење и да се карактеризираат со едноставно регулирање на стврднувањето;
- да имаат јакост на слепување еднаква на јакоста на дрвото и да ги задржат механичките и други својства на лепилниот спој во текот на целиот експлоатационен период на производот;
- да не предизвикуваат разрушување на влакната и промена на бојата на дрвото;
- да имаат висока водопостојаност, огнопостојаност и постојаност на дејство на микроорганизми;
- да се евтини и да не предизвикуваат брзо затапување на алатите за обработка на слепените производи;
- да не се штетни за човечкиот организам.

Од погоренаведените лепила нема ниту едно кое во целост ги исполнува сите услови. Практично, во секој конкретен случај треба да се одбере лепило со подобри показатели. Во најголем степен, на наведените барања одговараат синтетичките лепила.

Најголема примена во производството на фурнирски плочи имаат карбамидформалдехидните и фенолформалдехидните лепила, кои спаѓаат во групата на поликондензациони терморективни смоли.

Познавањето на својствата на лепилата, режимите на слепување и можностите на технолошката опрема во производството на фурнирските плочи има суштинско влијание врз продуктивноста и врз квалитетот на лепењето на фурнирските плочи. Недоволното познавање на факторите на режимот и квалитетот на лепењето резултира со недостатоци, како што се: ниска продуктивност, продирање на лепилото низ фурнирот, слабо слепување на поедини места од плочата кое настанува поради стврднување на лепилото пред да се создаде притисок во пресата итн.

5.7.1. Карбамидформалдехидни лепила

Карбамидформалдехидната смола (КФ-смола) е продукт на поликондензација на карбамидот со формалдехидот. Лепилата на оваа основа широко се употребуваат во технологиите на лепење на дрвото. Тоа се должи на низа квалитети, како лесната подготовка на лепилната смеса, внесување на релативно мало количество вода во дрвото, задоволителна водопостојаност, кратко времетраење на слепувањето, висока јакост на слепување и релативно ниска цена.

Стврднувањето на карбамидформалдехидните смоли настанува под дејство на стврднувачи со кои се намалува рН-вредноста на смолата, со што се продолжува процесот на поликондензација на смолата, кој завршува со стврднување на лепилниот слој. Најчесто

употребувани стврднувачи во процесот на суво жешко слепување се амониум хлоридот и амониум фосфатот, додека при студеното слепување се користат фосфорната, оцетната, оксалната и млечната киселина.

Карбамидформалдехидната смола е резолна смола која при преминот во нерастворлива состојба поминува низ три стадиуми (А-резол, В-резитол и С-резитна состојба), како и фенолформалдехидната смола.

Најзначајните показатели на карбамидформалдехидните смоли се: рН-вредноста, содржината на суви материји, вискозитетот и содржината на слободен формалдехид.

рН-вредноста на смолата со текот на времето се намалува, т.е. киселоста на смолата се зголемува. рН-вредноста на смолата зависи од условите на кондензација. Кондензацијата во алкална средина води до добивање на смола со рН-вредност над 7, што може да се користи за слепување на дрвото само при зголемена температура. Добиените смоли во променлива средина имаат кисела или алкална реакција. Тие може да се употребуваат како за студено, така и за жешко слепување, се разбира со примена на соодветен стврднувач. рН-вредноста на карбамидформалдехидните смоли наменети за лепила, најчесто е во граници од 7 до 8.

При повисока рН-вредност на смолата, потребно е поголемо количество на стврднувач при употреба на смолата, бидејќи лепилата на основа на карбамидформалдехидна смола стврднуваат во кисела средина со рН-вредност од 2,5 до 4.

Вискозитетот е еден од основните показатели кои ја определуваат можноста за употреба на лепилата во различни услови на слепување. Лепилата со низок вискозитет лесно дифундираат во порите на дрвото. Поради тоа, кога вискозитетот се намалува под оптималниот, доаѓа до намалување на јакоста на лепилниот состав. Во случаи на зголемување на вискозитетот над оптималниот се отежнува нанесувањето на лепилото врз површините кои се слепуваат, што доведува до дебел лепилен слој со ниска јакост на слепување. Вискозитетот на карбамидформалдехидните смоли зависи од низа фактори, но најмногу од температурата и рН-вредноста на средината во која се создаваат, од количеството на суви материји и од степенот на кондензација. Се смета дека оптималниот вискозитет е во границите од 2 до 4,5 Pa.s.

Слепувачката способност на карбамидформалдехидните смоли зависи од сложен комплекс на фактори. Особено големо влијание врз неа има моларниот однос на карбамидот и формалдехидот во реакционата смеса. Овој однос на карбамид и формалдехид за смоли кои се употребуваат за лепење на дрвото изнесува од 1 : 1 до 1 : 2,5. Во случај на реакција со недоволни количини на формалдехид, атхезивните својства на смолата се недоволни. Меѓутоа, при реакција со суфици на оваа компонента доаѓа до пораст на слободниот формалдехид, што негативно се рефлектира на условите на примена на смолата.

Покрај моларниот однос, врз содржината на слободен формалдехид во смолата битно влијаат условите на синтеза, а посебно температурата. Содржината на слободен формалдехид може да се намали со модифицирање на смолата за време на синтезата или со модифицирање на готовата смола со додавање на модификатори. При примена на модификатори, времето на стврднување на смолата се продолжува, што бара користење на стврднувачи кои покрај амониум хлорид содржат и мала количина на неоргански киселини (фосфорна киселина).

Течните карбамидформалдехидни смоли имаат содржина на суви материји до 70 %. Прашкестите лепила се добиваат со отстранување на водата во специјални сушилници. Тие можат да се складираат подолго време и се погодни за транспорт.

Лепилата во форма на филм се добиваат со впивање на специјална сулфатна хартија со течна карбамидформалдехидна смола или со карбамидмеламинформалдехидна смола, по што хартијата се суши и се свива во ролна. Овие лепила треба да се складираат на температура до 25 °C и релативна влажност на воздухот од 65 %.

При подготовка на карбамидформалдехидните лепила често се користат полнителите, со цел да се поевтини лепилната смеса и да се зголеми вискозитетот на лепилото. Полнителите може да бидат од органско потекло (активни полнителите: брашно, дрвено

брашно) и од минерално потекло (неактивни полнители: каолин, гипс). Количеството на активни полнители може да биде до 200 % во однос на масата на смолата. При употреба на полнител, во лепилната смеса се внесува и вода, односно на еден дел полнител се додава 1,3 дела вода.

Додавањето на полнители во растворот на лепилото доведува и до зголемување на еластичноста на лепилниот слој. При поголеми количества полнител се намалува водопостојаноста на лепилниот слој, постојаноста на температура и постојаноста при напад на микроорганизми. Употребата на полнители води и до намалување на брзината на стврднување на лепилото, бидејќи водниот раствор на полнителот ја намалува концентрацијата на лепилниот раствор. При еднакво ставено количество на стврднувач, рН-вредноста на лепилото со полнител се намалува побавно, отколку на лепилото без полнител. Следствено, во тие случаи, стврднувањето на лепилото со полнител е побавно во однос на стврднувањето на лепилото без полнител.

Карбамидформалдехидните лепила во определени микроклиматски услови се доста отпорни, така што во првите налети на вода и влага извесно време се постојани, но при повторни третирања, односно циклусни оптоварувања со влажнење и сушење доаѓа до деструкција на спојот. Со оглед на неотпорноста на влага и вода, карбамидформалдехидните смоли се користат за внатрешен и среден тип на лепење, додека кога се модифицирани со меламина или меламинаформалдехид наоѓаат широка примена при лепење на полунадворешен тип на плочи.

Едни од можните рецепти за подготовка на лепилен раствор на основа на карбамидформалдехидна смола се прикажани во табелата 38.

Табела 38. Рецептури за подготовка на лепило на основа на карбамидформалдехидна смола [105, 139]

Рецептура 1 (внатрешна употреба)	Рецептура 2 (внатрешна употреба)	Рецептура 3 (услови на зголемена влажност)
<ul style="list-style-type: none"> – КФ-смола 70 %: 100 тежински дела – полнител (пченично брашно): до 30 тежински дела – вода: 40 тежински дела – стврднувач (воден раствор на амониум хлорид или на амониум сулфат - на 1 дел стврднувач се додаваат 5 дела вода): 10 тежински дела 	<ul style="list-style-type: none"> – КФ-смола 65 %: 100 тежински дела – ржано брашно: 50 тежински дела – вода: 50 тежински дела – амониум хлорид: 1 тежински дел 	<ul style="list-style-type: none"> – КФ-смола 65 %: 100 тежински дела – меламина во прав: 11 тежински дела – овесно брашно: 3 тежински дела – вода: 50 тежински дела – амониум хлорид: 1 тежински дел.

5.7.2. Фенолформалдехидни лепила

Фенолформалдехидната смола (ФФ-смола) е продукт на поликондензација на фенол со формалдехид. Средината во која се одвива процесот на кондензација покажува суштинско влијание врз текот на процесот. Во зависност од тоа дали е таа кисела или алкална, при поликондензацијата на фенолот со формалдехидот се добиваат соодветно термопластични (новолачни) смоли или термореактивни (резолни) смоли. За лепила, најчесто се користат резолните фенолформалдехидни смоли. Тие се стврднуваат при загревање, а исто така и при нормална температура, но со додавање на стврднувач. Смолите наменети за жешко слепување не се погодни за студено слепување на дрвото.

При реакција на фенолот со формалдехидот се создава почетна смола во состојба „А“ – резол и вода како остаток. Резолната смола има својство добро да се раствора во вода, алкохол, ацетон и во други органски растворувачи. За да се одржи смолата во овој стадиум, се прекинува поликондензацијата со помош на ладење и на стабилизатори. Процесот на кондензација не се прекинува во целост, заради што смолата во течна состојба има временски ограничена употребливост. Течната смола која се нанесува на фурнирските

листови е во резолна „А“ состојба. Со загревањето во процесот на пресување на фурнирските плочи во жешките преси, продолжува поликондензацијата на лепилото и тоа преминува во нерастворлива, конечна цврста резитна „С“ состојба. Помеѓу „А“ и „С“ состојбите постои и резитолна „В“ состојба во која смолата не може да се врати во течна состојба, но во определени раствори бабри, а под дејство на температурата се зголемуваат термопластичните својства.

За добивање на резолна смола, основните компоненти на синтезата најчесто се во следниот тежински сооднос:

- фенол: 100 тежински дела;
- формалдехид 35 %: 90 тежински дела;
- амонијак 25 %: 30 тежински дела.

Фенолформалдехидните смоли се тамнокафеави течности кои имаат содржина на суви материји од 40 до 60 %. Подготовката на течните лепила со фенолформалдехидна смола се состои од растворање на смолата во вода или во алкохол од 40 до 60 % концентрација и додавање на останатите компоненти, како полнителите и стврдувачите (при студено слепување).

Жешкото слепување со фенолформалдехидни лепила се врши на температура од 135 до 155 °C. За забрзување на стврдувањето на смолата при ниски температури се користат и катализатори (резорцин и резорцинформалдехидна смола). Тие помагаат да се намали температурата на загревање на смолата од 100 до 115 °C без да се промени времето на стврдување.

Подрачјето на примена на фенолформалдехидните лепила е во изработката на фурнирски плочи наменети за градежништвото, вагоноградбата, бродоградбата и автомобилската индустрија, односно при изработката на водопостојани фурнирски плочи.

5.7.3. Меламинформалдехидни лепила

Меламинформалдехидната смола (МФ-смола) се добива со кондензација на меламин и формалдехид. Во процесот на синтеза на меламинформалдехидната смола најчесто се користи моларен однос 1 : 3, при pH 9 и загревање на температура од 90 до 95 °C. Одвивањето на процесот на кондензација е како кај карбамидформалдехидната смола. При определен степен на кондензација, процесот се прекинува.

Меламинформалдехидната смола по својот изглед, хемиските односи и практичното подрачје на примена е слична со карбамидформалдехидната смола. Во температурно подрачје околу 100 °C меламинформалдехидната смола и карбамидформалдехидната смола се однесуваат речиси исто. Основната разлика е во отпорноста на меламинформалдехидната смола на вода и способноста на температура од околу 130 °C да премине во цврста состојба без присуство на катализатор.

Чистата меламинформалдехидна смола во услови на собна температура реагира многу бавно, поради што таа не се користи како лепило во сувата студена постапка на лепење.

Покрај погодните својства на меламинформалдехидната смола, нејзината примена како лепило е ограничена поради високата цена. Нејзината примена е во специјални услови, при полунадворешен тип на лепење кога до израз треба да дојде безбојноста на лепилото или во услови на лепење под пониска температура, каде меламинформалдехидната смола е незаменлива.

Оваа смола има широка примена како додаток на карбамидформалдехидните лепила со цел зголемување на водоотпорноста, како и во изработката на технички и декоративни фолии.

5.7.4. Резорцинформалдехидни лепила

Резорцинот е двоатомен фенол. Резорцинот реагира со формалдехидот интензивно во просторот на ладно, што бара специфично водење на процесот на кондензација при

производство на резорцинформалдехидните лепила, а тоа резултира со висока цена на оваа смола (РФ-смола).

Резорциот се испорачува во вид на раствор со 50 до 60 % содржина на суви материји. Складирањето на растворот на температура под 20 °С трае 9 до 12 месеци. При употреба на растворот се додава стврднувач во прашкаста форма, според упатството на производителот.

Работната смеса на лепилото е употреблива само неколку часа. Стврднувањето е доста чувствително и започнува на температура под 15 °С. При температура над 80 °С стврднувањето се одвива многу брзо, така што при поголеми наноси на лепило, растворувачот на лепилото не може доволно брзо да продере во дрвото, што неповолно влијае на јакоста на слепување.

Како полнител може да се користат: пченкарно брашно, брашно од ореови лушпи и сл. Лепењето со резорцинформалдехидна смола обезбедува отпорност на делување на надворешни атмосферски влијанија, вриечка вода, киселини, слаби бази и сл. Оваа смола се користи во производството на фурнирски плочи за надворешна употреба, вклучително и за пловни објекти.

Резорциот се користи за модификација на карбамидформалдехидната смола.

5.8. ПОДГОТОВКА НА ЛЕПИЛОТО

Подготовката на лепилото за слепување на фурнирските плочи опфаќа мешање на компонентите кои го сочинуваат лепилниот раствор во соодветно количество и сооднос. Составот на работната смеса на лепилото зависи од типот на фурнирската плоча и од физичко-хемиските карактеристики на одделните компоненти. Подготовката на работниот раствор на лепилото се врши според рецептура која ја пропишува испорачателот на лепилото, лабораторијата на фабриката за производство на плочи или пак службата за подготовка на работата. Покрај составот, со рецептурата се пропишува и режимот на подготовка на работната смеса, односно редоследот на составување на одделните компоненти.

За лепење на фурнирските листови најчесто се користат раствори на лепила со концентрација на суви материји од 40 до 67 %. Лепилото може да се испорача во течна или во прашкаста состојба со дотур во цистерни или во контејнери.

Просторот за подготовка на лепилото (кујната за лепило) може да биде лоциран во непосредна близина на уредот за нанесување на лепилото, каде што транспортот на лепилото од мешалката до уредот за нанесување се врши со запчеста пумпа или на посебна платформа која се наоѓа над уредот за нанесување на лепилото, при што транспортот на лепилото е преку слободен пад, односно испуштање на лепилото од мешалката во уредот за нанесување на лепилото.

Лепилата се подготвуваат во мешалка за лепило која може да биде од хоризонтален или од вертикален тип во однос на положбата на казаните и на лопатките за мешање.

Хоризонталните мешалки имаат коритеста форма со две хоризонтално поставени вретена со лопатки. Мешањето се извршува со вртење на вретената со лопатките во спротивна насока. Вертикалните мешалки се состојат од вертикално поставен казан со две вретена со лопатки коишто се движат во спротивна насока за да се изврши мешањето. Волуменот на казаните може да биде различен, од 100 до 1 500 l, а бројот на вртежи на лопатките се движи од 150 до 200 врт./min. Кај мешалките со поголем капацитет и поголем број компоненти, бројот на вртежи може да биде и до 1 200 врт./min.

Во современите технологии на производство на фурнирски плочи се користат „пенести“ лепила. Под „пенесто“ лепило за подразбира конвенционално лепило кое е помешано со воздух со цел да се зголеми волуменот на работната смеса на лепилото. Целта на подготовката на ова лепило е да се постигне поголема рационалност во користењето, односно помала потрошувачка на лепило по m² површина, со што се постигнува заштеда од 20 до 25 %. Ова лепило се подготвува со додаток на адитиви и мешање со голем број на вртежи. Но, за лепила кои се наменети за слепување на конструктивни материјали, не

е дозволено распенување на лепилото, бидејќи воздушните меури претставуваат концентрирани места на напрегање и може да влијаат на јакоста на слепување.

Додатоците од брашнести полнила влијаат на вискозитетот на работната смеса, заради што во процесот на подготовка на лепилото е нужна контрола со користење на вискозиметри.

За секојдневна употреба на лепилото во производството на плочи, треба да се води сметка за времето на врзување на подготвеното лепило. Тоа време просечно кај карбамидформалдехидните и фенолформалдехидните лепила изнесува од 60 до 90 минути. По овој временски период, лепилото почнува интензивно да врзува, што придонесува за намалување на времето на употреба на лепилото. Поради ова е потребно да се определат потребните количини на лепило за изработка на 1 m³ плочи.

Количината на лепило кое се подготвува по определена рецептура зависи од видот на лепилото, типот на лепењето, вкупната површина на која се нанесува лепилото и нормативот на потрошувачка на лепило изразен во g/m². Вкупната површина на фурнирот (F) на која во зависност од бројот на лепилни слоеви и дебелината на плочите се нанесува лепило, се пресметува според формулата:

$$F = \frac{1000 \times n}{d} \text{ (m}^2\text{/m}^3\text{)},$$

каде што:

- *n* - број на лепилни слоеви;
- *d* - дебелина на плочите (mm).

Вкупната количина на потребно лепило (Q) изнесува:

$$Q = \frac{F \times g}{1000} \text{ (kg/m}^3\text{)},$$

каде што:

- *g* - норматив на потрошувачка на лепило (g/m²).

Нормативот на потрошувачка на течно лепило (g) изнесува од 160 до 180 g/m² во производството на фурнирски плочи и од 260 до 280 g/m² во производството на панел-плочи.

5.9. НАНЕСУВАЊЕ ЛЕПИЛО ВРЗ ФУРНИРСКИТЕ ЛИСТОВИ

Оваа операција од технолошкиот процес е од големо значење во производството на фурнирски плочи. Рамномерноста на јакоста на слепување зависи од рамномерното нанесување на лепило, а големината на јакоста на слепување зависи од количеството на нанесено лепило. Наносот на лепило треба да биде непрекинат слој и со просечна дебелина од 0,1 mm во секоја точка од површината на фурнирскиот лист.

Нанесувањето на лепилото може да биде еднострано или двострано во зависност од видот на производството на фурнирските плочи и од видот на уредите за нанесување на лепило. При едностраното нанесување, лепило не се нанесува само врз најгорниот и најдолниот фурнир од фурнирскиот пакет. При двостраното нанесување, лепилото се нанесува на парните фурнирски листови, а на другите се пренесува индиректно преку контакт со фурнирите на кои е нанесено лепило. Контактното пренесување на лепилото зависи од количество на лепилото, вискозитетот, финоста на површината и отвореното време на лепилото.

За квалитетно лепење потребно е нанесениот слој да биде ромномерен и во определено количество. Количеството на лепило (g/m²) зависи од типот на лепењето, видот на лепилото, дрвниот вид и финоста на површината, и се движи во граници од 120

до 260 g/m². Преголемиот нанос на лепило резултира со истиснување на лепилото и длабоко навлегување, што негативно влијае врз квалитетот на плочата, но исто така негативно влијание има и помало нанесено количество на лепило.

Од технолошки аспект, нанесувањето на лепилото врз фурнирските листови може да се изведе на повеќе начини, односно:

- контактено нанесување;
- нанесување со налевање;
- екструзија;
- пневматско и механичко распрскување.

5.9.1. Контактен начин на нанесување лепило

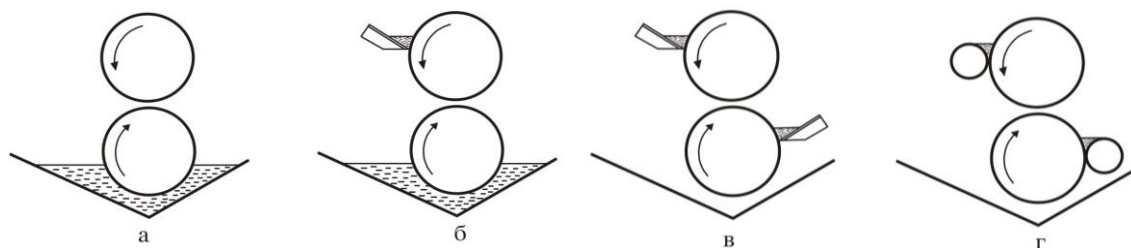
Најголема практична примена во производството на фурнирски плочи има контактниот начин на нанесување лепило. При овој начин, нанесувањето лепило се врши со помош на валјаци на кои е дозирано лепилото, кои преку директен контакт го нанесуваат врз фурнирот. Дозирањето на лепилото се врши со помош на дозирни летви или на дозирни валјаци кои се монтирани покрај валјаците за нанесување лепило.

Валјаците за нанесување лепило се изработени од челик и обложени со специјална гума која може да биде со мазна или со набраздена површина. Браздите на обвивката имаат улога на прифаќање и пренесување на лепилото на површината на фурнирот, водење на фурнирот за време на нанесувањето и овозможуваат оцена на квалитетот, подготовката и нанесувањето на лепилото. Доколку лепилото е со оптимален вискозитет, на фурнирските листови остануваат јасни и фино формирани траги од браздите, а доколку вискозитетот е преголем, трагите од браздите се испрекинати. При пренизок вискозитет, лепилото премногу се разлива по површината, без траги од браздите.

Дијаметарот на валјаците за нанесување изнесува од 200 до 300 mm, а на дозирните од 160 до 240 mm. Периферната брзина на валјаците за нанесување изнесува до 1 m/s. Растојанието помеѓу валјаците за нанесување се регулира во зависност од дебелината на фурнирот, а изнесува најмногу до 70 mm. Работната должина на валјакот за нанесување на лепило изнесува од 800 до 3 300 mm. Работната ширина е од 150 до 200 mm поголема од ширината на фурнирот. Брзината на поместот на фурнирот е од 15 до 60 m/min.

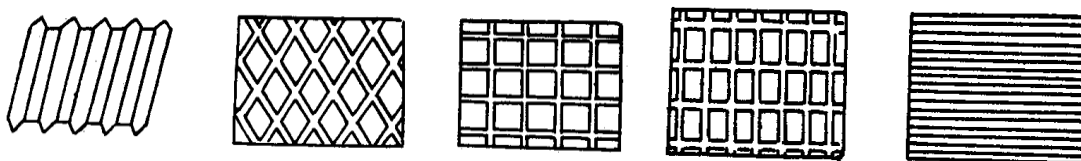
Дозирањето на лепилото се врши со регулирање на растојанието помеѓу валјаците за нанесување и дозирните валјаци.

Загубите на лепило при контактниот начин на нанесување лепило не надминуваат 20 %.

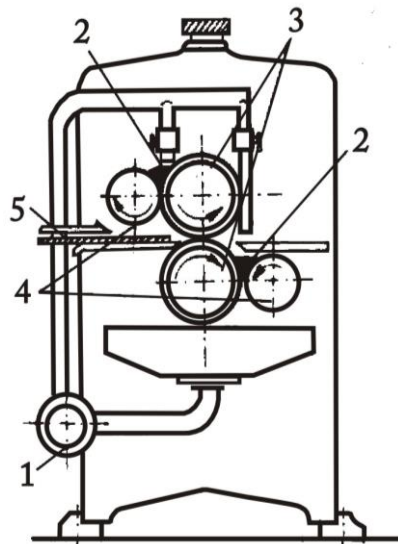


Слика 198. Контактен начин на нанесување лепило [108]

а-еднострано нанесување; б-двострано нанесување; в-двострано нанесување со дозирни летви; г-двострано нанесување со дозирни валјаци



Слика 199. Изглед на површините на валјаците за нанесување лепило [130]



Слика 200. Шематски приказ на машина за контактено нанесување на лепило [140]
 1-пумпа за подавање на лепилото; 2-лепило; 3-валјаци за нанесување;
 4-дозирни валјаци; 5-фурнир



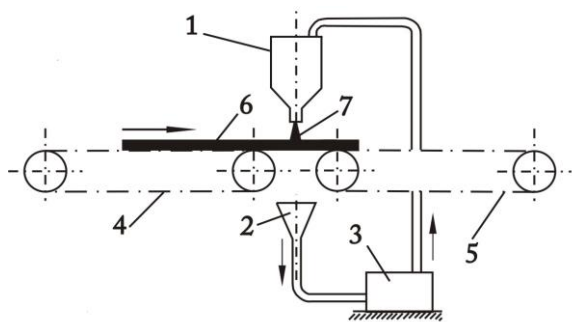
Слика 201. Машина за контактено нанесување на лепило [30]

Од аспект на квалитетот на лепењето, значајни фактори претставуваат отвореното и затвореното време на чекање. Под отворено време на чекање се подразбира времето од нанесување на лепилото на средниот или на долниот лист, до поставување на надворешниот лист, а под затворено време на чекање се подразбира времето помеѓу формирањето на фурнирската композиција и постигнувањето на зададениот притисок во процесот на лепење.

5.9.2. Нанесување лепило со налевање

При нанесување на лепило со методот на налевање (сл. 202), фурнирските листови поминуваат под вертикална завеса од лепило кое истекува од главата на наливната машина. Тие се движат по два лентовидни транспортери (4 и 5). Помеѓу транспортерите се наоѓа главата за налевање (1). Под неа има приемник за лепило (2) од кој лепилото преку пумпа (3) се носи во наливната глава (1). За да се одржи потребниот вискозитет, периодично се додава свежо подготвено лепило. Вискозитетот на лепилото нанесено со налевање е од 80 до 100 s по VZ-4, а температурата е малку повисока од 20 °C. Брзината на поминување на фурнирот е од 2,5 до 3,3 m/s. Дебелината на наносот на лепило се регулира со промена на брзината на истекување на лепилото, вискозитетот на лепилото и брзината на помест на фурнирот.

Загубата на лепило при овој начин на нанесување изнесува од 3 до 10 %.



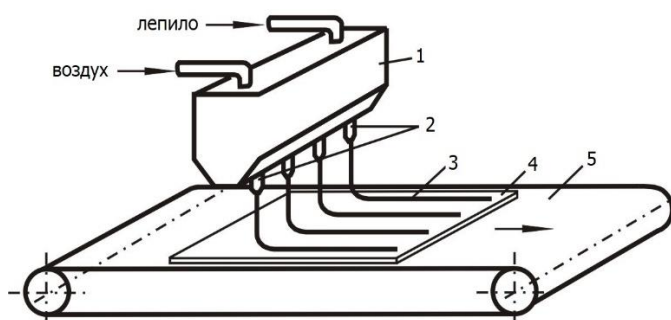
Слика 202. Нанесување на лепило со налевање [139, 98]

5.9.3. Нанесување лепило со екструзија

При екструзионото нанесување на лепило, лепилото се истиснува од сад низ специјални дизни поставени на дното од садот, под притисок од 3 до 6 MN/m². Истиснувањето се врши со помош на воздух под притисок или со пумпа. При движењето на фурнирскиот лист под неподвижната глава или при движење на главата над неподвижниот фурнир, по површината на фурнирскиот лист се нанесуваат паралелни ленти од лепило.

Растојанието помеѓу дизните е околу 9,5 mm. На крајот на линијата за нанесување, нанесеното лепило по целата површина на фурнирот се разнесува со мазен валјак.

Загубата на лепило не е поголема од 5 %.



Слика 203. Нанесување на лепило со екструзија [139, 98]

1-сад со лепило; 2-дизни; 3-ленти од лепило; 4-фурнирски лист; 5-транспортер

5.9.4. Нанесување лепило со распрскување

Распрскувањето на лепилото може да биде пневматско и механичко.

Методот на пневматско распрскување е заснован на искористување на кинетичката енергија на компримираниот воздух. Воздухот излегува низ дизна со голема брзина во атмосферата, при што го пресретнува лепилото кое излегува од друг канал со помала брзина и го разбива на ситни капки кои паѓаат врз површината на фурнирот и формираат непрекинатата лепилна покривка.

Најчесто се користи притисок на воздухот од 0,25 до 0,5 MPa при вискозитет на лепилото до 40 s по VZ-4 и однос на масите на воздухот и лепилото од 3 : 1. Дијаметарот на капките при распрскување со овие параметри е од 20 до 40 μm.

Загубата на распрсканото лепило достигнува од 30 до 40 %. Овој метод нема голема примена во слепувањето на фурнирските плочи.

Методот на механичко распрскување на лепилото е заснован на искористување на кинетичката енергија на лепилото кое излегува под висок притисок (од 3 до 6 MPa). Струјата на лепилото излегува низ дизна и добива вртливо движење, при што се создаваат центрифугални сили кои го подобруваат дисперзирањето на лепилото. Загубите на лепило се помали во однос на пневматското распрскување.

5.9.5. Грешки при нанесување на лепилото

Независно од начинот на нанесување на лепило, во текот на оваа технолошка операција може да настанат определени грешки:

- недоволен нанос на лепило, што може да биде резултат на: мало растојание помеѓу валјациите за нанесување и дозирање, низок вискозитет, преголем притисок на валјациите, голема брзина на помест на фурнирот под дизните за нанесување, заполнети бразди или дизни, дотраеност на браздите на валјациите;
- преголем нанос на лепило, како резултат на: висок вискозитет, големо растојание помеѓу валјациите за нанесување и дозирање, мала брзина на помест на фурнирот, несоодветно дозирање;
- на некои места зголемен нанос на лепило во вид на дамки поради механичко оштетување на валјакот за нанос на лепило;
- нерамномерен нанос поради: нерамномерна истрошеност на валјакот поради неправилно користење при внес на фурнирот помеѓу валјациите, брановиден фурнир, затнатост на одделни дизни, несоодветно измешани компоненти на лепилото;
- кршење на фурнирот во текот на нанесувањето поради: брановиден фурнир, пресушен фурнир;
- појава на пена при нанесувањето поради: голема периферна брзина на валјакот или лоша рецептура на лепилото.

5.9.6. Производност на уредите за нанесување лепило

Производноста на машините за нанесување лепило зависи од брзината на помест, односно од времето потребно за нанесување лепило врз еден фурнирски лист.

Производноста на уредите (E), изразена во m^3 фурнир се пресметува според следната формула:

$$E = T \times k \times k_1 \times b \times v \times S \text{ (m}^3\text{)},$$

каде што:

- T - време на една смеа (min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- b - ширина на листот (m);
- v - брзина на помест (m/min);
- S - дебелина на фурнирот (m).

Производноста изразена во број на фурнирски листови (E_f) се пресметува според формулата:

$$E_f = \frac{T \times k \times k_1}{t_1 + t_d} \text{ (број на фурнири)},$$

$$t_1 = \frac{l}{v \times K_l},$$

каде што:

- t_1 - времетраење на нанесувањето на лепило врз еден фурнирски лист (min);
- l - должина на фурнирскиот лист (m);
- K_l - коефициент на лизгање на фурнирот помеѓу валјациите (од 0,8 до 0,9);

- t_d - времетраење на други операции при нанесувањето на лепило (прием на фурнирот, сложување на фурнирот во композиција) кое се утврдува со мерење на времето.

5.10. СЛОЖУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПАКЕТИ (ФОРМИРАЊЕ НА КОМПОЗИЦИЈА НА ФУРНИРСКА ПЛОЧА)

По нанесувањето на лепило, следува технолошката операција на сложување на фурнирските листови во композиции, од кои по пресувањето се добиваат фурнирските плочи.

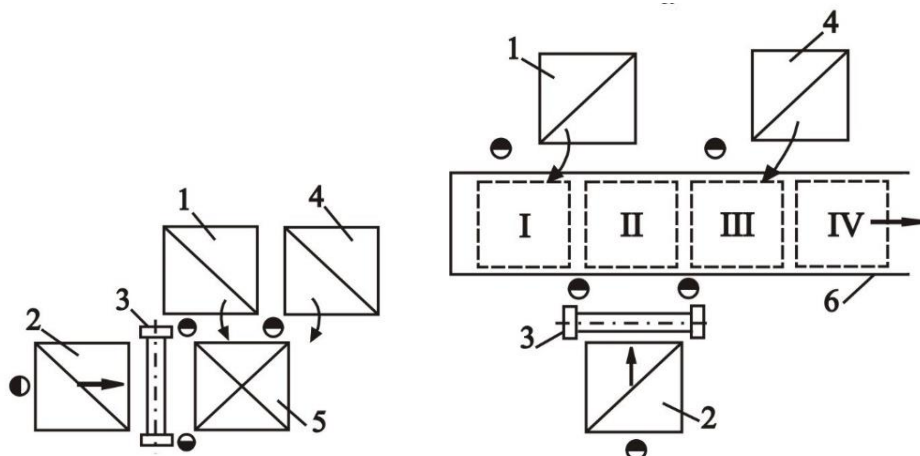
Формирањето на фурнирските композиции за плочи со определена дебелина се врши според правилата на конструирање на фурнирски плочи.

Сложувањето на фурнирските композиции во рамките на подготовката за претпресување и пиезотермичка обработка е поврзано со операцијата на нанесување лепило и може да се врши рачно, полуавтоматски и автоматски.

Рачното сложување во подобро организирани погони најчесто се врши со користење на подигнувачки платформи. Примери за рачно сложување на фурнирските пакети (позиционо и на конвеер) е прикажано на сликата 204.

Полуавтоматското сложување на фурнирските композиции се врши со:

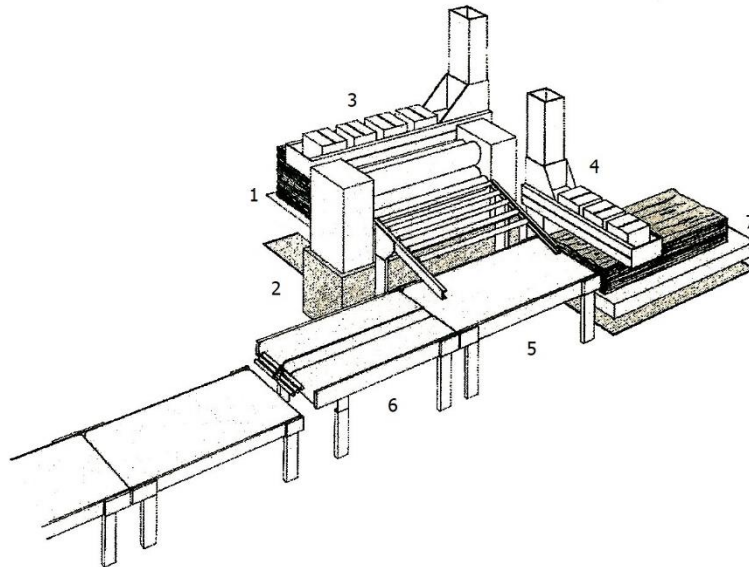
- користење на уреди за автоматско послужување на наносувачот на лепило (механички или вакуум-туркачи на фурнирската средница во уредот за нанесување лепило);
- автоматско сложување на средницата со нанесено лепило во фурнирската композиција;
- користење на подигнувачки платформи за подготовка на фурнирските листови за лице и опачина;
- користење на подигнувачки платформи за сложување на фурнирските композиции;
- адекватен внатрешен транспорт на линијата: сложување на фурнирската композиција-претпресување-полнење на жешката преса.



Слика 204. Линии за формирање на трислојни пакети со контактно нанесување на лепило [140]

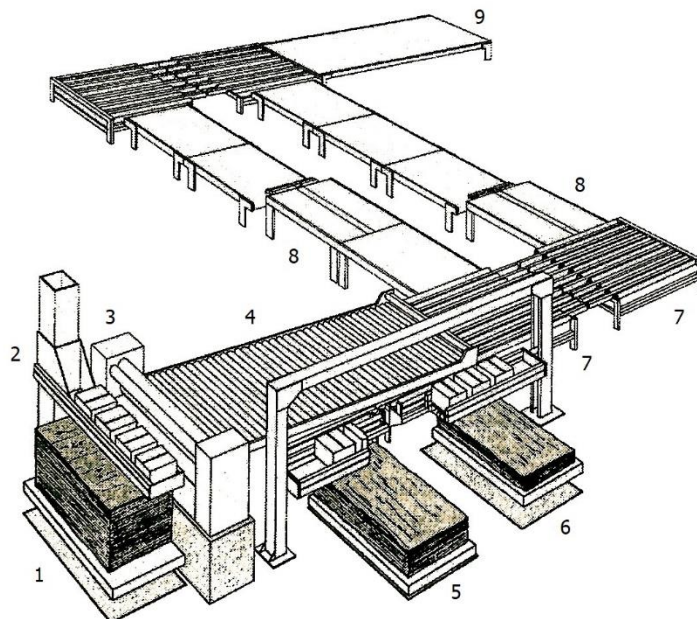
1-фурнир за лице; 2-фурнир за средница; 3-нанесување на лепило; 4-фурнир за опачина; 5-работна маса на која се формира пакетот; 6-конвеер

Автоматско сложување на фурнирските композиции е прикажано на сликата 205 (за трислојна плоча) и на сликата 206 (за повеќеслојна плоча) при контактно нанесување лепило на машина со валјаци.



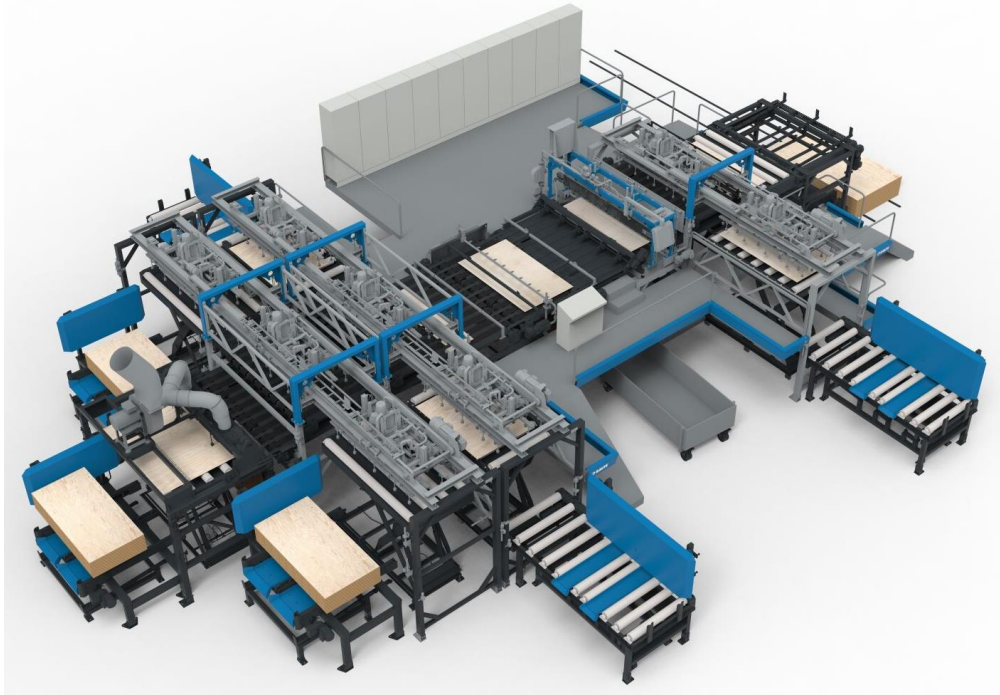
Слика 205. Автоматска подготовка на фурнирската композиција за трислојна фурнирска плоча [105]

1-подигнувачка платформа за напречна средница; 2-машина за нанесување на лепило;
3-вакуум-туркач на средницата; 4-вакуум-туркач на фурнирскиот лист за опачина, а потоа на фурнирскиот лист за лице; 5-транспортна лента за сложување на фурнирската композиција; 6-збирна транспортна лента на линијата за претпресување; 7-подигнувачка платформа за лице и опачина

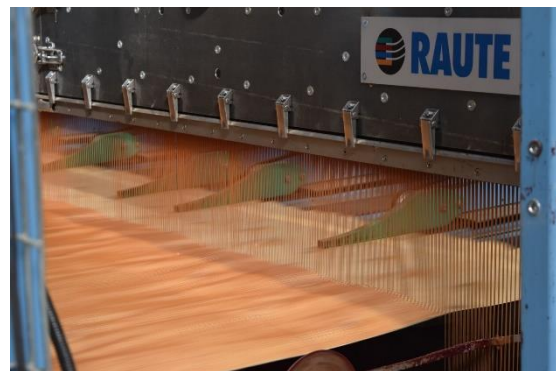


Слика 206. Автоматска подготовка на фурнирската композиција за повеќеслојна фурнирска плоча

1-подигнувачка платформа за напречна средница; 2-машина за нанесување на лепило;
3-вакуум-туркач на напречна средница; 4-погонет транспортер со валјаци;
5-подигнувачка платформа со вакуум-преносници за лицето и опачината;
6-подигнувачка платформа со вакуум-преносници за надолжна средница;
7-транспортер за промена на насоката на движење;
8-надолжен лентовиден (каскаден) транспортер;
9-збирен лентовиден транспортер на линијата за претпресување



Слика 207. Автоматска линија за формирање на композиција на фурнирска плоча од фирмата „Raute“ со екструзионо нанесување на лепило [30]



Слика 208. Делови од автоматска линија за формирање на композиција на фурнирска плоча од фирмата Raute со екструзионо нанесување на лепило [30]

5.11. СТУДЕНО ПРЕТПРЕСУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПАКЕТИ

Студеното претпресување на фурнирските пакети се состои во едновремено пресување во студена преса на сите фурнирски пакети наменети за слепување во жешката преса. На претпресата под дејство на притисок, без зголемување на температурата и стврднување на лепилото, од композициите на фурнирски листови со нанесено лепило се формира поврзан слој на листови во вид на затворена рамна плоча.

Процесот на претпресување влијае на квалитетот на слепувањето и на основните економско-технолошки параметри на лепењето по сувата жешка постапка. Во однос на процесот на лепење без претпресување, операцијата претпресување резултира со зголемување на јакоста на слепување за 6,4 до 18,5 %, во зависност од параметрите на претпресувањето.

Технолошките параметри за претпресувањето влијаат врз текот на температурата во слојот на лепење во процесот на слепување по сувата жешка постапка. Претпресувањето делува на времетраењето на процесот на лепење на плочите и тоа: индиректно - преку можноста за влијание врз брзината на затворање и отворање на пресата и директно - преку зголемување на температурата на спроводливост на лепилниот слој.

Претпресувањето влијае на степенот на впресување на фурнирските плочи. При режими на претпресување со повисок специфичен притисок, степенот на впресување во однос на лепењето без претпресување се намалува за 11,3 до 14 %. Во однос на процесот на лепење со низок специфичен притисок на претпресување и повисок специфичен притисок на пресување, степенот на впресување се намалува за 21,5 %, што претставува значајна економско-технолошка предност.

Претпресувањето се изведува на еднокатни хидраулични преси со светол отвор од 1 200 до 1 500 mm, што овозможува истовремено претпресување на релативно висок слој, односно поголем број на полнења на повеќекатната жешка преса.

Некои специјалисти препорачуваат влажноста на фурнирот при претпресувањето да не биде поголема од 7 %, а потрошувачката на лепило да биде во граници од 150 до 180 g/m². Притоа, вискозитетот на лепилото треба да биде од 3 до 4 Pa.s за карбамидформалдехидното лепило (КФ) и од 0,8 до 2 Pa.s за фенолформалдехидното лепило (ФФ).

При користење на карбамидформалдехидни и фенолформалдехидни лепила се препорачуваат режимите на претпресување наведени во табелата 39.

Табела 39. Режији на претпресување за КФ и ФФ-лепила [140]

Параметри на режимот	КФ-лепила	ФФ-лепила
Време на слободно престојување на пакетите до студеното претпресување (min)	10÷15	-
Време на претпресување (min)	6÷7	5÷10
Притисок на претпресување (MN/m ²)	1,0÷1,2	1,0÷1,5
Време на можно складирање на пакетите до слепувањето (h)	зависно од одржливоста на лепилото	24

Основните предности на студеното претпресување се состојат во следното:

- исклучена е можноста од разместување на фурнирските листови во пакетот за време на транспортот и редувањето во жешката преса;
- намалување на механичките оштетувања на површините на фурнирите за време на транспортот и редувањето во пресата;
- зголемување на брзината на транспортот на пакетите и редувањето во жешката преса;
- олеснето внесување на фурнирските пакети во жешката преса;
- создавање на можност за намалување на растојанието помеѓу плочите на повеќекатната жешка преса, што значи зголемување на бројот на катови на

пресата при една и иста висина на пресата. Зголемувањето на бројот на катови води кон зголемување на производноста на пресите;

- создавање на можност за зголемување на степенот на механизација и автоматизација на транспортот и редењето на пакетите во жешката преса;
- создавање на можност за работа на жешката преса независно од формирањето на фурнирските пакети.

Студеното претпресување на фурнирските пакети води до подобрување на квалитетот на готовите плочи и до зголемување на степенот на механизација и производноста на работата во еден од основните технолошки процеси на производството на фурнирски плочи - слепувањето на плочите.



Слика 209. Студена претпреса „Raute“ [30]

Производноста на претпресите (E_{m^3}) се пресметува по формулата:

$$E_{m^3} = \frac{T \times k \times k_1 \times k_k}{t} \times H \times l \times b \text{ (m}^3\text{)},$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- k_k - коефициент на компактноста на композицијата;
- H - висина на светлиот отвор на претпресата (m);
- l - должина на фурнирскиот лист (m);
- b - ширина на фурнирскиот лист (m);
- t - времетраење на циклусот на претпресување (min).

Потребниот број на претпреси (N) се определува според формулата:

$$N = \frac{M_{fk}}{E \times d \times c'}$$

Потребниот број на претпреси (N^1) за познат произведен капацитет на жешката преса се определува според формулата:

$$N^1 = \frac{n \times S_k \times t \times K_p}{H \times k_k \times t_1 \times k'}$$

каде што:

- n - број на катови на пресата;
- K_p - коефициент на искористување на пресата;
- t_1 - времетраење на циклусот на пресување (min).

5.12. ПРЕСУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ ВО ЖЕШКИ ПРЕСИ

Операцијата на лепење на фурнирските плочи се одвива во преси, кои како работни машини може да се поделат според различни критериуми (начинот на лепење, принципот на работа, бројот на катови, начинот на постигнување на притисокот, начинот на задвижување на деловите на пресата, медиумот за загревање итн.).

Поделбата на пресите може да се направи од аспект на:

- конструкцијата на: рамовски и столбни;
- температурата во процесот на лепење на: студени и жешки;
- бројот на катови на: еднокатни и повеќекатни;
- растојанието меѓу катовите на: преси со или без подложни лимови;
- начинот на полнење и празнење на пресите на: преси со рачно, полуавтоматизирано и автоматизирано полнење и празнење;
- начинот на постигнување на притисок: пневматски и хидраулични;
- медиумот за загревање: жешка вода, прегреана и заситена водна пара или електрична енергија.

Пресите се делат и според тоа дали се пресуваат стандардни или специфични плочи, панел (столарски) плочи, закривени елементи и сл. За производство на специјални фурнирски плочи, кога се користи специфичен притисок до 18 МРа, температура до 150 °С, ладење на 20 °С, катовите се изработени од легиран челик.

Сите типови повеќекатни преси имаат основа од еден или од повеќе цилиндри, глава на пресата, подигнувачка маса со еден или од повеќе клипови, врска помеѓу основата и главата, плочи кои се загреваат на различен начин и помошни механизми.

Плочите на пресите се изработуваат со дебелина од 38 до 50 mm. Во нив се вградени канали со дијаметар од 15 до 20 mm за проток на медиумот за загревање.

Во производството на површински облагородени фурнирски плочи се користат заштитни подложни лимови со дебелина од 3 до 4 mm и покривни лимови од облагороден челик со дебелина од 1 mm.

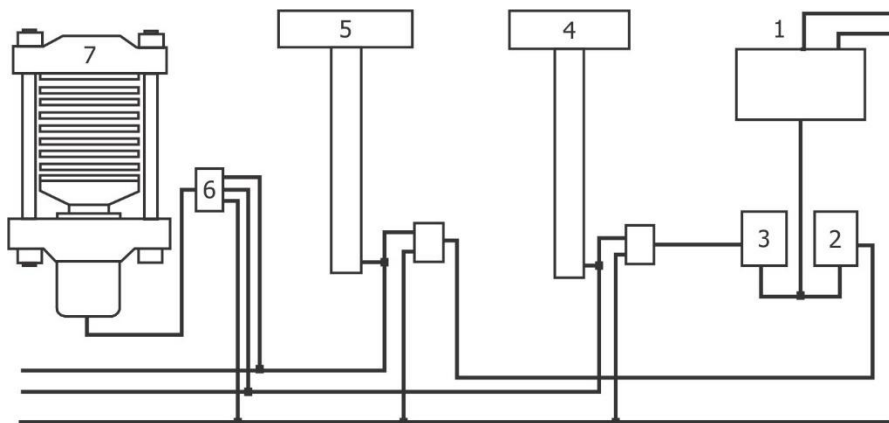
Клиповите и цилиндрите на пресите се изработени од лиено железо и челик, во состав кој одговара на притисоци од 25 до 35 MN/m². Бројот, дијаметарот и распоредот на клиповите зависи од работниот притисок и од максималната површина на слоевитата фурнирска плоча.

Хидрауличните преси се напојуваат со работна течност (вода, масло, емулзија) од пумпа и акумулатор. Водата се одликува со низок вискозитет, мала стишливост, ниска цена, но предизвикува корозија на металите. Маслото има висок вискозитет, способност за подмачкување и поголема стишливост во однос на водата. Често се користи емулзија во состав: од 90 до 92 % вода, 3 % масло и од 3 до 5 % сапун. Сапунот врши неутрализација на киселините со што се спречува корозија на металите. Подобри резултати се постигнуваат со емулзија во состав: 85 % - минерално масло, 13 % - олеинска киселина и 2 % - натриум хлорид.

Кај пресите со пумпи, притисокот се постигнува со пумпа за низок и со пумпа за висок притисок, како што е прикажано на шемата на сликата 210.

Пумпата за низок притисок од 6 до 9 MN/m² врши брзо подигање на плочите на пресата и обезбедува контакт на катовите на пресата со фурнирската композиција. Пумпата за висок притисок го обезбедува потребниот притисок од 20 до 35 MN/m² во зависност од специфичноста на дрвото и лепилото.

Акумулаторите имаат задача да задржат определено количество на работна течност под определен притисок со цел да се обезбеди побрза работа на пумпата, односно побрзо постигнување на притисок на клиповите за затворање на пресата и да се одржи рамномерен притисок во текот на процесот на лепење. Пресата може да работи и директно со пумпа, без акумулатор, но во тој случај се губат наведените предности.



Слика 210. Напојување на хидраулична преса со работна течност [108]

1-резервоар со работна течност; 2-пумпа за низок притисок; 3-пумпа за висок притисок;
4-акумулатор за низок притисок; 5-акумулатор за висок притисок; 6-разделник;
7-хидраулична преса

Кај пресите со стандардна изведба брзината на затворање на пресата изнесува 100 mm/s, брзината на постигнување притисок 1,8 mm/s и брзината на отворање на пресата од 40 до 45 mm/s.

Повеќекатните хидраулични преси имаат најчесто до 40 катови, а максималниот број на катови евидентиран во литературата е 76. Во производството на фурнирски плочи овие преси се димензионираат да постигнат сила во пресата (P) од 1,5 до 30 MN/m² (150 до 3 000 t).

Вкупната сила (P) која ја постигнува пресата се пресметува според формулата:

$$P = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times n \times P_0 \times k \text{ (N)},$$

каде што:

- D - дијаметар на цилиндрите на пресата (m);
- n - број на цилиндри;
- P₀ - специфичен притисок на работната течност (маслото) во цилиндарот (bar);
- k - коефициент на корисно дејство (од 0,9 до 0,92).

Специфичниот притисок (P₁) на пресување на фурнирската плоча која се лепи се пресметува според формулата:

$$P_1 = \frac{P_0 \times F_1}{F_2} \text{ (bar)},$$

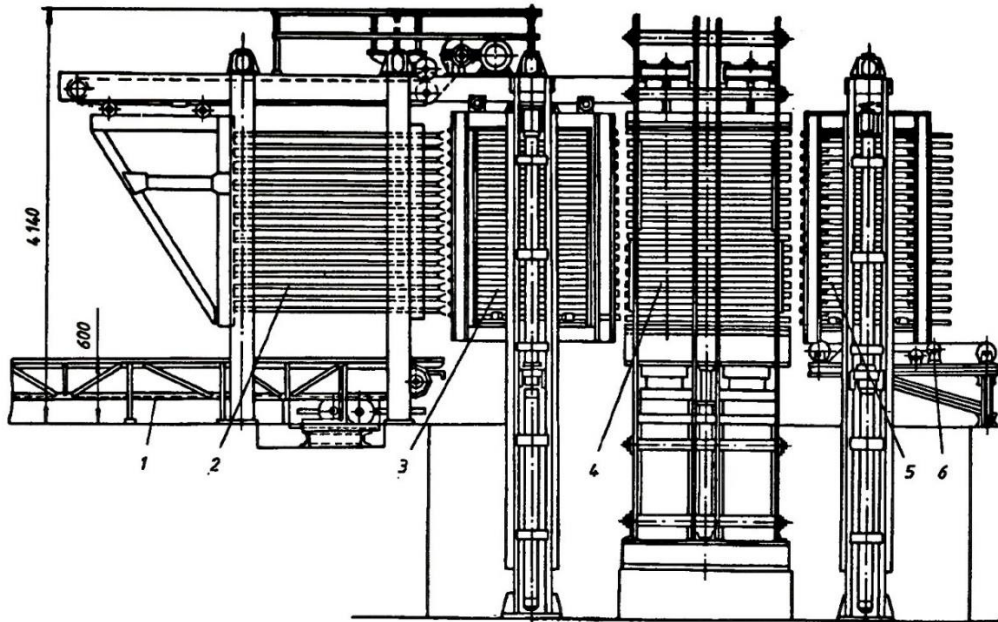
каде што:

- F₁ - вкупна површина на цилиндрите (m²);
- F₂ - површина на фурнирската плоча (m²).

Текот на технолошкиот процес на лепење на фурнирските плочи на линијата од уредите за нанесување на лепило, претпресување, полнење и празнење на пресата може да се одвива рачно или автоматизирано, што значително влијае на континуитетот на процесот и економско-технолошките аспекти на овој процес.

Пиезотермичката обработка на фурнирските пакети во повеќекатни хидраулични преси со тврди плочи е најшироко распространет начин на организирање на слепувањето на фурнирските плочи. Најдобри услови за спроведување на процесот на слепување на фурнирските плочи во повеќекатни хидраулични преси со тврди плочи се создаваат при слепување на по еден пакет во еден кат од пресата и при механизирано полнење и празнење на пресата. Со механизацијата се постигнува замена на човечкиот труд, зголемување на производноста на пресите и задоволување на технолошките барања (брзо и едновремено редење на пакетите во сите катови на пресата) и се осигурува квалитетно слепување на фурнирските плочи. Покрај тоа, механизираното полнење и празнење на пресите создава можност за организирање на механизирани проточни линии за формирање на фурнирските пакети, слепување и понатамошна обработка на плочите.

На сликата 211 е прикажана повеќекатна хидраулична преса со механизирано полнење и празнење на пресата.



Слика 211. Повеќекатна хидраулична преса со механизирано полнење и празнење [140]

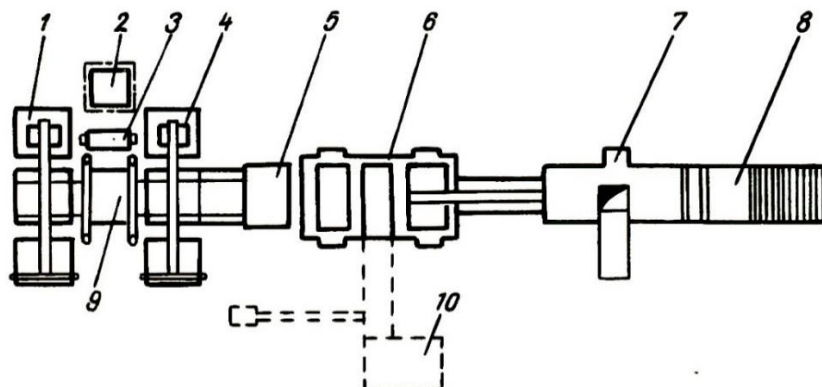
Пред да започне полнењето, лифтот за полнење на пресата (3) се наоѓа во горна положба и неговиот најдолен кат е на висина на транспортерот (1) за формирање на фурнирските пакети. Транспортерот подава фурнирски пакет во најдолниот кат на лифтот за полнење. По ова, лифтот автоматски се спушта еден кат пониско. На овој начин се полнат сите катови на лифтот и тој ја зазема крајната долна положба.

Наполнетиот лифт за полнење (3) се издигнува во горна положба. Притоа неговите катови се совпаѓаат со катовите на пресата (4). Се вклучува задвижувањето на механизмот за полнење и празнење (2), чишто истиснувачи ги преместуваат сите пакети од лифтот (3) во пресата (4). По завршување на полнењето на пресата, механизмот (2) се враќа во првобитна положба, а лифтот (3) се спушта во положба при која најдолниот негов кат е на висина на транспортерот (1) за формирање на фурнирските пакети. Истовремено со ова се затвора и пресата.

Кога ќе заврши слепувањето на фурнирските плочи, пресата (4) се отвора, се вклучува механизмот за полнење и празнење (2), кој при придвижувањето ги истиснува плочите во лифтот за празнење на пресата (5). Следува враќање на истиснувачите на механизмот (2) во првобитна положба. Потоа, лифтот 5 се спушта до совпаѓање на неговиот

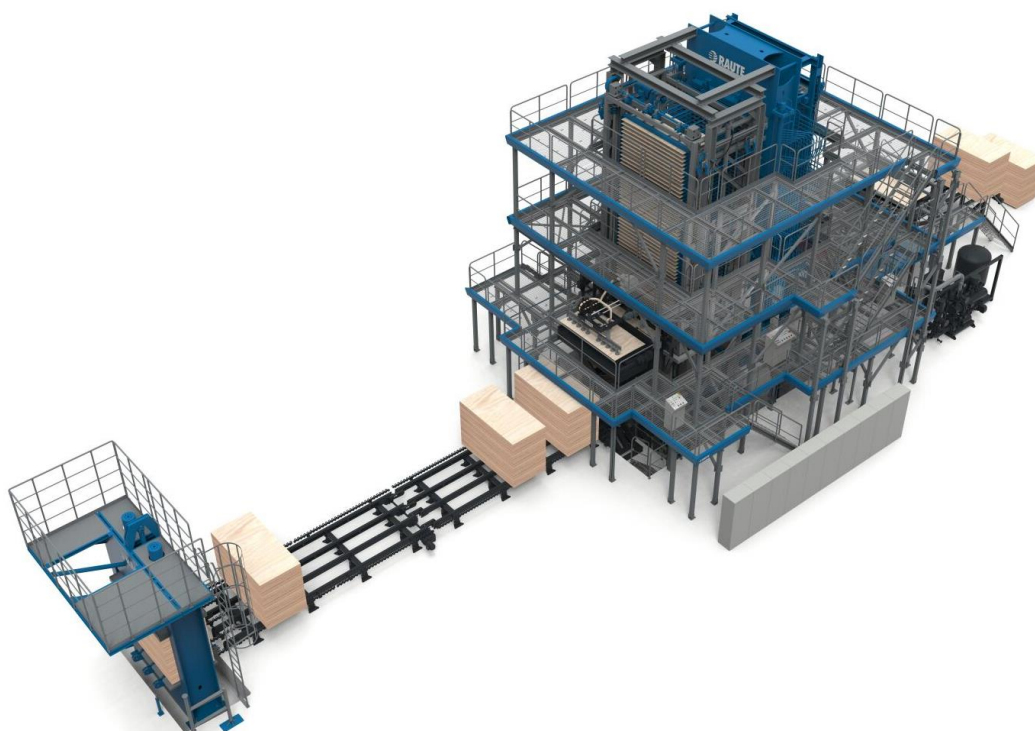
најдолен кат со транспортерот (6) кој ги пренесува фурнирските плочи до местото за ладење. Катовите на лифтот (5) имаат централен прорез, во кој влегува дел од транспортерот (6). Откако ќе се извади и последната плоча од лифтот (5), тој се подига во горна крајна положба и неговите катови се совпаѓаат со катовите на пресата (4).

На сликата 212 е прикажана шема на полуавтоматска линија за формирање на фурнирски пакети, слепување и ладење на фурнирските плочи.



Слика 212. Полуавтоматска линија за формирање на фурнирски пакети, слепување и ладење на фурнирски плочи [140]

1-подигнувачка хидраулична маса; 2-маса за внатрешни фурнирски листови; 3-машина за нанесување на лепило; 4-вакуум-уред; 5-контролно место; 6-хидраулична преса со механизано полнење и празнење; 7-комара за ладење; 8-подигнувачка платформа; 9-механизам за редување на внатрешните фурнирски слоеви; 10-командна табла



Слика 213. Автоматска линија за пресување во повеќекатна хидраулична преса „Raute“ [30]

Производноста на повеќекатните хидраулични преси (m^3) се пресметува со формулата:

$$E_{m^3} = \frac{T \times k \times k_1 \times k_k}{\tau} \times n \times l \times b \times S \text{ (m}^3\text{/смена)},$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min.);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време;
- n - број на катови на пресата;
- l - должина на фурнирскиот пакет (m);
- b - ширина на фурнирскиот пакет (m);
- S - дебелина на фурнирскиот пакет (m);
- τ - времетраење на еден циклус на работа на пресата (min.).

5.13. РЕЖИМ НА СЛЕПУВАЊЕ НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ И НЕГОВО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА ЛЕПИЛНИОТ СОСТАВ

Слепувањето на дрвените материјали е сложен комплекс од разнообразни процеси и појави, кои се условени од релативно голем број фактори. Режимот на слепување е збир на фактори кои покажуваат влијание врз процесот на формирање и јакоста на лепилниот состав. Режимот на слепување ги дефинира условите при кои се извршува пресувањето и редица други фактори кои ги карактеризираат употребените материјали при слепувањето.

Факторите на режимот на слепување може да се поделат во три основни групи:

- фактори кои го карактеризираат фурнирот како материјал за слепување: дрвен вид, состојба на фурнирот (влажност, температура, рапавост на површината), структура на фурнирскиот пакет;
- фактори кои ги карактеризираат својствата и начинот на употреба на лепилото: видот на лепилото, составот на лепилото, количеството на нанесено лепило;
- фактори кои ги карактеризираат условите при кои се извршува пресувањето: притисок на пресување, температура на пресување и време на пресување.

5.13.1. Состојба на фурнирот

Состојбата на фурнирот се дефинира преку големината на микро и макронерамнините на површината на фурнирите, чистотата на тие површини, влажноста и температурата на дрвото.

Височината на макронерамнините зависи од начинот на обработката на површините, режимот на режење, видот на машините за обработка, како и од анатомската градба на дрвото. Зголемувањето на макронерамнините доведува до намалување на јакоста на лепилниот состав, како резултат на нарушување на непрекинатоста на лепилниот слој и зголемувањето на внатрешните напрегања предизвикани од собирањето на нееднаков по дебелина лепилен слој. Поради тоа, допуштените нерамнини на површината на фурнирите изнесуваат $H_{\max} < 320 \mu\text{m}$ за иглолисни дрвни видови и $H_{\max} < 200 \mu\text{m}$ за лисјарски дрвни видови.

Чистотата на површините на фурнирите исто така влијае врз јакоста на слепување. Воздухот во погоните за производство на фурнирски плочи содржи влага, јаглерод диоксид, микроорганизми и прав, а од дрвото при сушењето се одделуваат и екстрактивни материји. Сето ова доведува до формирање на неактивен слој кој ја намалува адхезијата на лепилото кон дрвото.

Големо влијание врз јакоста на слепување има почетната влажност на фурнирите. Масивното дрво може да се слепи и при почетна влажност од 20 %, при што се создава лепилен состав со релативно висока почетна јакост. Но, понатаму, доколку условите на експлоатација водат до намалување на влажноста на дрвото, ќе дојде до зголемување на внатрешните напрегања што се рефлектира на јакоста и долготрајноста на лепилниот состав.

Со оглед дека лепењето претставува површинска појава меѓу дрвото и лепилото, содржината на влага во дрвото има важно влијание врз процесот на слепување, текот и карактеристиките на лепилниот состав. Хемискиот процес на стврднување на лепилото и физичкиот процес на отстранување на вишокот вода, мора да бидат во меѓусебен ускладен однос.

При употреба на фурнири со висока содржина на влага, хемиската реакција се одвива побрзо од физичката, така што дел од водата останува во мрежата на молекулите на лепилото што негативно влијае врз квалитетот на слепување, односно резултира со појава на напрегања во лепилниот слој. При премногу висока почетна влажност на фурнирот доаѓа до намалување на вискозитетот на нанесеното лепило, се создава опасност од формирање на прекинат лепилен слој и се забавува процесот на стврднување на лепилото.

Користењето на фурнири со ниска содржина на влага исто така резултира со намалување на квалитетот на слепувањето, бидејќи дел од двојните врски на површинските хидроксилни групи меѓусебно се дозаситуваат, што резултира со намалување на бројот на хидроксилни групи кои стапуваат во врска со соодветните активни групи на лепилото. При примена на премногу сув фурнир во процесот на лепење, како резултат на големата апсорпциона способност, отстранувањето на водата од лепилото е многу брзо, заради што физичките процеси се одвиваат побрзо од хемиските, што негативно влијае врз лепилниот слој и се појавува испрекинат слој на лепило. При многу ниска почетна влажност на дрвото се зголемува дифузијата на растворувачот во дрвото, што доведува до зголемување на вискозитетот и намалување на способноста на лепилото за мокрење на дрвото, а тоа доведува до отежнато пренесување на лепилото врз другата површина која се лепи. На овој начин се отежнува контактот на дрвната површина со лепилото. Премногу ниската почетна влажност на фурнирите води и до зголемување на влажноста на површините и слоевите на сметка на интензивното впивање на влага од лепилото, што последователно може да доведе до зголемување на внатрешните напрегања во лепилниот состав. Исто така е можно да се стигне до многу ниска влажност на готовиот производ, што создава опасност од кривење и витоперење при впивње на влага од околната средина.

Внатрешните напрегања во слојот на лепилото кои настануваат при експлоатација на плочата негативно влијаат врз јакоста на слепување на плочите. При зголемување на влажноста дрвото бабри и предизвикува напрегања на притисок во лепилниот слој, додека при намалување на влажноста, собирањето на споевите предизвикува појава на сили на притисок во лепилниот слој. Појавата на внатрешни напрегања може да биде резултат и на слепување на фурнирски листови со различна влажност, доколку разликата во влажноста на меѓусебно слепените фурнири е поголема од 2 %.

Мешиќ [105] ги наведува следните граници во кои треба да се движи влажноста на фурнирите во зависност од видот на лепилото и од типот на лепењето, според Х. Пецина:

- при жешко слепување со фенолформалдехидно лепило: од 4 до 14 %;
- при студено слепување со фенолформалдехидно лепило: од 3 до 14 %;
- при жешко слепување со карбамидформалдехидно лепило: до 20 %;
- при студено слепување со карбамидформалдехидно лепило: од 4 до 16 %;
- при студено слепување со резорцинформалдехидно лепило: од 2 до 20 %.

Почетната температура на дрвото покажува влијание врз вискозитетот на нанесеното лепило и степенот на навлегување во дрвото. Доколку температурата на дрвото е повисока отколку таа на лепилото, се намалува вискозитетот на нанесеното лепило, што помага во воспоставување на подобар контакт меѓу лепилото и дрвото и полесно пренесување на лепилото врз втората површина која се слепува. При овие услови се зголемува дифузијата на лепилото во дрвото. Тоа е резултат на ладењето на воздухот кој се наоѓа во отворените садови и во микорпукнатините на дрвото и формирање на вакуум во нив.

5.13.2. Состојба на употребеното лепило

Состојбата на употребеното лепило се карактеризира со концентрацијата, вискозитетот и температурата на лепилото.

При изборот на лепило, треба да се води сметка за неговата почетна концентрација. За да се избегне создавање на пори во лепилниот слој, што е резултат на испарувањето на растворувачот во лепилниот раствор, претходно се отстранува растворувачот од лепилниот раствор. Поради тоа, при употреба на некои фенолформалдехидни смоли при производството на фурнирски плочи се наложува фурнирот да се суши и по нанесувањето на лепилото. Дел од растворувачот се впива од страна на дрвото, а друг дел испарува во атмосферата за време на отворениот престој. Количеството на растворувачот кое е впиено од дрвото зависи од почетната концентрација на лепилото, а од почетната концентрација на лепилото зависи степенот на зголемување на влажноста на површинските слоеви на фурнирите кои се слепуваат. При исти други услови, лепилото со пониска концентрација има и понизок вискозитет.

Вискозитетот покажува влијание врз способноста на лепилото да ги намокри површините кои се слепуваат, како и врз степенот на навлегување на лепилото во дрвото. Вискозитетот претставува функција на степенот на поликондензација на лепилото. Поради тоа, примената на лепило со зголемен вискозитет создава можност за извесно забрзување на процесот на слепување или за намалување на температурата на плочите на пресата при слепување.

Кога е неопходно, почетниот вискозитет на лепилото се зголемува со додавање на полнител или со распенување. Вискозитетот на лепилото може да се намали со разредување на смолата со покачен вискозитет со додавање на свежо подготвена смола со низок вискозитет. За некои лепила, тоа се постигнува со дополнително додавање на растворувач, што не е пожелно поради намалување на концентрацијата на лепилото.

Вискозитетот на нанесеното лепило може да се зголеми и со отстојување на фурнирите на кои е нанесено лепилото. Во првиот период на отвореното престојување, растворувачот доста брзо испарува од површинските слоеви на лепилото и започнува дифузијата од внатрешните слоеви кон површината. Настанува и впивање на растворувачот во дрвото. Треба да се напомене дека не треба да се создадат услови за брзо одделување на растворувачот, бидејќи на површината може да се формира тврд филм кој го спречува процесот на понатамошно одделување во атмосферата. По спојување на површините кои се слепуваат, процесот на зголемување на вискозитетот продолжува, но се одвива со значително помал интензитет, со што ова зголемување на вискозитетот е резултат само на впивањето на растворувачот во дрвото.

Времетраењето на престојување на површините со нанесено лепило покажува суштинско влијание врз квалитетот на слепувањето. При нанесување на лепилото врз едната страна од површините кои се слепуваат, прекувременото отстојување може да го влоши пренесувањето на лепилото врз другата површина. При недоволно отстојување, пак, во лепилото останува вишок влага.

5.13.3. Услови при кои се извршува пресувањето - режим на пресување

Условите при кои се извршува пресувањето се однесуваат на притисокот, температурата и времето на пресување.

Основната задача на пресувањето е да помогне во формирањето на квалитетен лепилен состав. Максималната јакост на слепување за дадено лепило може да се постигне при задоволување на редица услови од кои основни се следните:

- осигурување на полн контакт на лепилниот слој со површините кои се слепуваат и одржување на контактот за целото време неопходно за добивање на здрав лепилен состав;
- формирање на непрекинат слој на лепило помеѓу површините кои се слепуваат, без појава на значајни напрегања во него.

При слепувањето, притисокот предизвикува редица други појави кои покажуваат суштинско влијание врз процесот на слепување. Во некои производства со него се постигнува претходно зададена зафатнинска маса на готовиот производ, со што се предодредуваат физичко-механичките својства на производот.

Покачената температура на плочите на пресата содејствува главно во интензивирањето на процесот на стврднување на лепилото. Таа го зголемува деформирањето на дрвото, води до преминување на голем дел од еластичните деформации на дрвото во трајни и помага во постигнување на определената по нормативи производна влажност на готовиот производ.

Времето на пресување зависи, пред сè, од времето неопходно за формирање на здрав лепилен состав. При определување на времето на пресување се земаат предвид времето за испарување на вишокот влага и времето за релаксација на настанатите напрегања.

При определување на режимот на слепување на фурнирските плочи треба да се имаат предвид следните барања: постигнување на висока јакост на слепување, постигнување на дадена крајна влажност на фурнирската плоча, минимално впресување на дрвото и минимално времетраење на слепувањето.

5.13.3.1. Цел и функција на притисокот во процесот на слепување

Под дејство на притисокот дрвото се компримира, што доведува до низа појави во атхезивната врска. Деформациите на дрвото кои се појавуваат при делување на притисокот зависат од микроструктурата на дрвото и од влажноста.

Површините кои се лепат, а не се доволно мазни и рамни, при слепување без притисок ќе остварат меѓусебен контакт само во одредени точки со посредство на лепилото, при што не се создава атхезивна врска, бидејќи деструктивните сили ќе делуваат само на површините кои се во меѓусебен контакт, а нивното учество е незначително. При пресувањето настанува израмнување - мазнење на нерамнините на фурнирите. Во допир со течното лепило, кое е нанесено врз една од површините кои се слепуваат, влегуваат испакнатините на другата површина. Присилното остварување на контакт резултира со зближување на површините, при што прво се изложени испакнатините кои настанале со претходна обработка на површините и структурните нерамнини. Навлегувањето на испакнатините во лепилниот слој води до приближување на површините кои се слепуваат и до истиснување на дел од лепилото од вдлабнатините на површините. Постепено, степенот на приближување се зголемува, а дебелината на лепилниот слој се намалува. Истовремено со тоа се менува и височината на испакнатините. Испакнатитните почнуваат да се смачкуваат, што води до приближување на површините кои се слепуваат, но истовремено со тоа се зголемува и нивната површина. Приближувањето на површините продолжува до тогаш кога спротивставувањето на испакнатините е помало од силата на притисок.

Зголемувањето на контактната површина (f) под влијание на притисокот е ограничено со односот $P = G \times f$, каде што P е сила на притисок, а G е граница на стабилноста на материјалот на впресување во насока на дејството на силата P . Овој однос покажува дека приближувањето на површините продолжува сè додека спротивставувањето на испакнатините е помало од силата на притисок.

Деформацијата на испакнатините е правопрпорционална на силата на притисок и обратнопрпорционална на јакоста на притисок на дрвото. Таа зависи од дрвниот вид, но за сите дрвни видови се намалува со намалување на влажноста и температурата на дрвото. Дури и при најголемо гмечење на испакнатините, на површините кои се слепуваат сè уште има вдлабнатини кои треба да се пополнат со лепило. Тоа доведува до зголемена потрошувачка на лепило. Постигнатото приближување на површините за слепување зависи од големината на притисокот, вискозитетот на лепилото, јакоста на дрвото на притисок и од факторите кои ги определуваат овие показатели.

При пресувањето, лепилото навлегува во дрвните слоеви во непосредна близина на лепилниот слој.

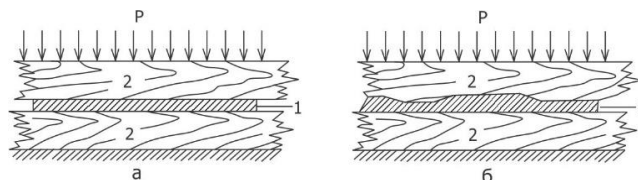
Квалитетното лепење е условено со притисок, кој е доволен за да се обезбеди целосен контакт и прераспределба на лепилото во спојот, со цел исполнување на останатите нерамнини и формирање на непрекинат, тенок и цврст филм на лепило помеѓу површините.

Дрвото е порест материјал, поради што при пресувањето е неизбежно навлегување на дел од лепилото во него. Тоа доведува до зголемување на површината на контактот на лепилото со површините кои се слепуваат, што ја зголемува јакоста на атхезионата врска. Зголемувањето на јакоста настанува само при продирање на лепилото до определена длабочина.

При пресување на мазни површини, со меѓусебното приближување се истиснува лепилото, што е условено со совладување на отпорот кој настанува при триење помеѓу лепилото и површините. Со зголемување на триењето, притисокот во слојот со лепило расте, а резултатот на овој притисок, гледано нормално на површината која се лепи, е сила која придонесува во продирањето на лепилото во подлогата, под услов подлогата да има порозен карактер.

Освен т.н. корисно продирање на лепилото во дрвото, во практиката се востановени и други видови продирања, кои го намалуваат квалитетот на слепените материјали. Во нив спаѓаат избивањето на лепилото и впивањето на лепилото. Избивањето на лепилото е пробивање на лепилото во дрвото, при кое истото излегува на надворешните слоеви на фурнирската плоча. Под впивање се подразбира толку длабоко вшмукување на лепилото од страна на дрвото, што останатото лепило на површините за слепување не е доволно за формирање на здрав лепилен состав.

За да се објасни функцијата на притисокот за корисното продирање на лепилото, се разгледуваат условно две совршено мазни површини, меѓу кои е нанесен слој од течно лепило (сл. 214а). Ако таков пакет биде подложен на пресување, во лепилниот слој ќе се создаде притисок, под чие дејство лепилото ќе продре во дебелината на материјалот, доколку тој е поресто тело.



Слика 214. Шема на пресуван пакет со мазни површини на слепување [140]
1-слој на лепило; 2-слепени детали

При слепување на нерамни површини, условите за создавање притисок во лепилниот слој се други (слика 214б). Под дејство на притисокот во лепилниот слој, лепилото ги пополнува вдлабнатините. Намалувањето на волуменот на вдлабнатините поради гмечењето на испакнатините помага за корисното продирање на лепилото во дрвото. На одделни места, продирањето може да достигне значителна големина и да биде причина за избивање на лепилото.

Избивањето на лепилото е неразделно врзано со притисокот, но зависи и од низа други фактори, како што се: вискозитетот, количината на наносот на лепило, пресекувањето на влакната, порозноста и влажноста на дрвото. При еднакви други услови, избивањето на лепилото се зголемува со зголемување на притисокот. Корисното продирање и избивање на лепилото не водат до нарушување на полниот контакт на лепилниот слој со површините кои се слепуваат. По пополнувањето на сите празнини, под дејство на притисокот во дрвото навлегува само вишокот од лепило.

При впивање на лепилото, количеството во лепилниот слој се намалува до толкав степен што се нарушува полниот контакт на лепилниот слој со површините кои се слепуваат, поради што јакоста на слепување значително се намалува. Се смета дека

впивањето на лепилото веројатно е резултат на дејството на капиларни сили. Притисокот помага само за создавање контакт помеѓу лепилото и дрвото пред почетокот на впивањето.

Треба да се напомене дека притисокот може да биде и решавачка причина за впивањето на лепилото. Ова се однесува во оние случаи кога во почетокот на пресувањето притисокот е нестабилен и променлив. Под дејство на таков променлив притисок, дрвото наизменично се згуснува и го намалува обемот на внатрешните празнини, а потоа ги враќа своите димензии, што резултира со создавање на вакуум во празнините и вшмукување на лепилото.

За да се оствари добра атхезивна врска, не е доволно да се задоволи само општиот услов да се постигне добар контакт помеѓу површините, туку неопходно е воспоставената атхезивна врска да се одржи и по завршување на процесот на стврднување на лепилото, без да се појават значителни внатрешни напрегања. Речиси сите употребувани лепила, при преминување од течна во цврста состојба го намалуваат својот волумен. На собирањето на лепилниот слој се спротивставува силата на сврзување на лепилото со површините на материјалите, што резултира со појава на напрегања во рамнината на слепувањето. Напрегањата се јавуваат како последица на собирање на дрвото и лепилото по рамнината на слепување и по дебелина на лепилниот слој. Овие напрегања кои зависат од дебелината на слојот на лепило и од големината на собирањето на лепилото и дрвото, често водат до деформација на слепените материјали и во определен степен се компензираат со развивање на релаксациони процеси, а понекогаш со појава на пукнатини во лепилниот слој, кои не покажуваат големо влијание врз јакоста на слепување.

Во однос на стабилноста на спојот, значително повлијателни се внатрешните напрегања по дебелина на лепилниот спој, а кои се условени од собирањето на лепилото и од еластичните деформации на дрвото. Под влијание на надворешниот притисок во спојот доаѓа до прераспределба на течното лепило, кое ги исполнува нерамнините помеѓу контактните површини со делумно продирање во дрвото, а тоа резултира со формирање на слој од лепило со нееднолична дебелина. Помеѓу испакнатините на површините кои се слепуваат дебелината на лепилниот слој е помала, а во деловите со вдлабнатини поголема.

Во процесот на стврднување, лепилото се собира и се стреми да ја намали својата дебелина за големината x , односно:

$$x = \delta \times \frac{P}{100},$$

каде што:

- δ - дебелина на лепилниот слој;
- P - собирање на лепилото по дебелина во %.

Дебелината на лепилниот слој не се намалува подеднакво во сите делови. Во деловите каде дебелината на лепилото е помала, собирањето на лепилото е помало и обратно.

Големината на напрегањата по дебелина на лепилото зависат пропорционално од степенот на собирање на лепилото и обратнопропорционално од чистотата на обработените површини кои се слепуваат.

Се поставува прашањето дали е можно да се намали големината на внатрешните напрегања при користење на различен притисок при пресувањето. Ова прашање се разгледува во случаите на слепување на дрвото по студен и жежок начин.

Користењето на понизок притисок на пресување при студеното слепување на дрвото бара поголема потрошувачка на лепило, што води до поскапување на производството и до значителни напрегања поради собирањето на дебелиот лепилен слој. Зголемувањето, пак, на притисокот на пресување овозможува да се намали потрошувачката на лепило и намалување на напрегањата предизвикани од собирање на лепилото, но од друга страна зголемениот притисок е причина за појава на дополнителни напрегања предизвикани од еластичната деформација на дрвото во деловите со испакнатини. Поради тоа, при

слепување на дрвото по студениот начин, притисокот на пресување не треба да биде поголем од 1,2 МПа.

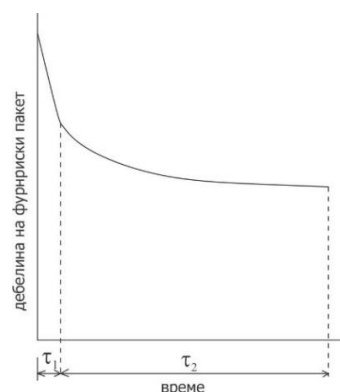
При жешкиот начин на слепување, загревањето на дрвото го намалува неговиот отпор на гмечење. Тоа овозможува при еднаков притисок да се постигне поголемо доближување на површините кои се слепуваат, како и помала потрошувачка на лепило во споредба со студениот начин на слепување. При пиезотермичката обработка, голем дел од еластичните деформации на дрвото преминуваат во трајни, што значително ги намалува напрегањата во лепилниот слој кои се јавуваат од еластичните деформации на испакнатините на површините кои се слепуваат. При овие услови е можно и технолошки оправдано да се користи зголемен притисок во граници од 1,7 до 2,5 МПа.

При избор на оптимален притисок на пресување треба да се земат предвид сите фактори кои директно или индиректно влијаат врз процесот на слепување (количеството, концентрацијата и видот на лепилото; чистотата на обработените површини; степенот на загревање на лепилниот слој и фурнирите; влажноста на дрвото и дрвниот вид).

Покрај основната цел на притисокот на пресување која е остварување и задржување на полн контакт помеѓу површините кои се слепуваат сè до преминување на лепилото од течна во цврста состојба, неговото дејство врз фурнирските пакети предизвикува редица дополнителни појави кои покажуваат влијание врз одвивањето на процесот на жешко слепување.

Во прв ред може да се посочи влијанието на притисокот врз загревањето на фурнирските пакети. Времетраењето на загревањето зависи, пред сè, од дебелината на пресуваниот пакет. Во процесот на жешко слепување дебелината на фурнирскиот пакет непрекинато се намалува, при што намалувањето е поголемо при користење на повисок притисок на пресување. Карактерот на промена на дебелината на пакетот е прикажана на сликата 215. Во почетниот период на зголемување на притисокот (τ_1) при сè уште студени фурнири, дебелината на пакетот нагло се намалува. Степенот на впресување на пакетот и згуснување на дрвото се зголемува со зголемување на притисокот. Во следниот период на пресување (τ_2) дрвото започнува да се загрева, со што се намалува неговото спротивставување на притисокот, поради што при ист притисок продолжува згуснувањето на дрвото и намалувањето на дебелината на фурнирскиот пакет.

Згуснувањето на дрвото е поврзано со промена на коефициентот на топлоспроводливост на дрвото кој влијае врз времето на загревање на пакетот. Следствено на ова, притисокот влијае врз времето на загревање на пакетот. Ова влијание е поголемо при повисок притисок на пресување.

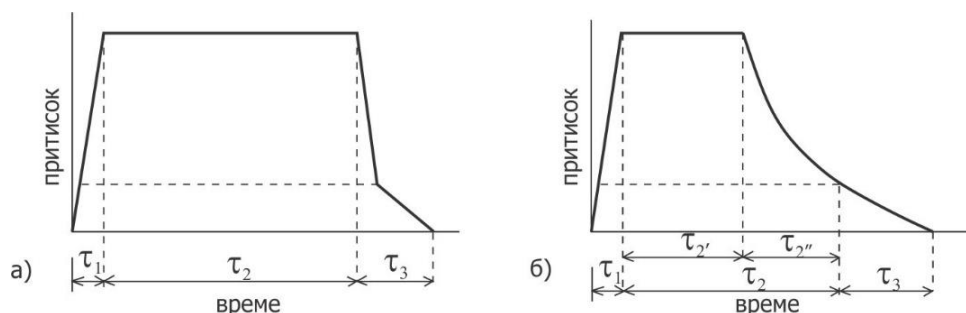


Слика 215. Шема на промена на дебелината на фурнирскиот пакет во процесот на слепување [140]

τ_1 -време на постигнување на максимален притисок; τ_2 -време на пиезотермичка обработка

При сувото жешко слепување може да се применат два начина на промена на притисокот за време на неговото зголемување, одржување и намалување (сл. 216). Првиот начин (сл. 216а) се карактеризира со одржување на постојан притисок во текот на времето кое е неопходно за слепување. Кај вториот начин којшто е ефикасен за слепување на фурнирски пакети со голема дебелина, намалувањето на притисокот започнува пред да

заврши времето за слепување (сл. 216б). На овој начин се намалува трајната деформација (впресувањето) на дрвото. Притоа, времето на слепување се дели на два периода, каде првиот период зазема од 50 до 60 % од општото време.



Слика 216. Шема на промена на притисокот при суво жешко слепување на фурнирски плочи за време на неговото зголемување, одржување и намалување [140]
 а-при постојан притисок за време на слепувањето; б-при постојан притисок и последователно намалување на притисокот за време на слепувањето
 τ_1 -време на постигнување на максимален притисок; τ_2 -време на пиезотермичка обработка; τ_3 -време на намалување на притисокот; τ_2' -прв период од времето на слепување; τ_2'' -втор период од времето на слепување

Според Битнер-Клоц, специфичниот притисок на пресување се движи во граници од 13 до 15 kg/cm² за меките дрвни видови и од 18 до 20 kg/cm² за тврди дрвни видови. Според истражувањата на М. Николиќ [108], оптималниот притисок на пресување за меките дрвни видови (топола) изнесува од 6 до 10 kg/cm², за фурнирски плочи од буков фурнир 19 kg/cm² и за комбинирани плочи (бука-топола) од 10 до 14 kg/cm². Во практика, за меките дрвни видови се користи специфичен притисок на пресување во граници од 6 до 12 kg/cm², додека за тврдите од 15 до 25 kg/cm².

5.13.3.2. Температура на пресување

Целта на загревањето на фурнирските пакети е да се забрзаат физичко-хемиските процеси кои овозможуваат формирање на лепилниот состав.

Фурнирските пакети се загреваат преку контакт со топлиите плочи на пресата. Температурата на плочите на пресата се избира во зависност од својствата на употребеното лепило, дрвниот вид, бројот на слоеви и дебелината на фурнирските пакети, како и од организацијата на процесот на слепување – вид и начин на полнење на пресата со фурнирски пакети.

Со цел интензивирање на процесот на жешкото слепување се наложува користење на високи температури на плочите на пресата, што е ограничено од факторите на предвремено стврднување на лепилото, пред да се постигне оптималниот притисок и термичкото разградување на лепилото во лепилните слоеви најблиски до плочите на пресата. Затоа, користената температура на плочите на пресата варира во релативно широки граници.

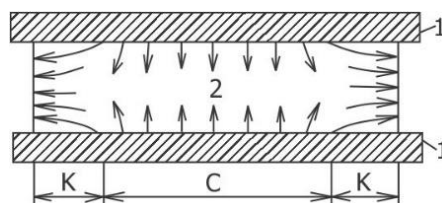
Во процесот на лепење под влијание на зголемената температура, дебелината на фурнирскиот пакет кој се загрева има големо влијае на времетраењето на термичката обработка. За време на термичката обработка под притисок, дебелината на пакетот се менува со впресувањето на дрвото, што зависи од големината на притисокот, влажноста на фурнирите и од времетраењето на термичката обработка. Со пораст на притисокот и на влажноста, вкупното впресување (општа деформација) расте, брзината на загревање е поголема, а со тоа е пократко времето на термичката обработка.

Притисокот на пресување влијае врз промената на влажноста на пресуваните фурнирски пакети.

Процесот на згуснување на дрвото со пресување при зголемена температура се одвива под сложени услови. Паралелно со пораст на температурата на загревање на

дрвото, се намалува вискозитетот на интермицеларната вода и се зголемува подвижноста на полнилото на целулозниот скелет, при што под ист притисок се зголемува општата деформација. Истовремено се одвива сложен процес на промена на влажноста во однос на дебелината и површината на композицијата. Со поместување на влагата од надворешните слоеви кон внатрешноста, во надворешните слоеви доаѓа до зголемување на триењето коешто врзува поголем дел од енергијата на еластичното набивање на целулозниот скелет и поголемиот дел од еластичните деформации се трансформираат во трајни. Во внатрешните слоеви, паралелно со зголемување на влажноста се намалува внатрешното триење и се зголемува еластичната компонента на општата деформација, што доведува надворешните слоеви да добијат поголеми трајни деформации.

На отворените краеве на фурнирскиот пакет со постигнување на температура од 100 °C, почнува интензивно испарување на водата, кое речиси го прекинува зголемувањето на температурата сè додека трае сушењето на краевите. Загревањето на деловите кои се наоѓаат на извесно растојание од краевите на композицијата се одвива на друг начин. Парата која се создава на тие места при температура од 100 °C поседува незначителен притисок и не може слободно да испари од пакетот бидејќи не може да го совлада отпорот на дрвото од периферната зона. При зголемување на температурата на загреаните плочи на пресата, притисокот на парата се зголемува и станува доволно голем за да се совлада отпорот на периферната зона и парата почнува да евапорира во околната средина. Од овој момент, поради загуба на топлина при испарувањето на влагата, се намалува интензитетот на пораст на температурата во граничната зона. Патот на излез на парата се зголемува со оддалечување од краевите, а според тоа расте отпорот кој парата треба да го совлада. На определено растојание од крајот на композицијата, отпорот станува толку голем што максималниот притисок на парата внатре во композицијата станува недоволен за совладување на отпорот. Почнувајќи од овој сектор и понатаму кон средината на композицијата, се наоѓа средишната зона чие загревање се врши без забележителни загуби на топлина за испарување. Порастот на температурата во оваа зона се одвива поинтензивно во споредба со која било точка од граничната зона.



Слика 217. Шема на движење на влагата во пресуваниот пакет [140]

1-плочи на пресата; 2-пакет;

K-крајна зона на пакетот; C-средна зона на пакетот

Прераспределбата на влагата по површината и по пресекот на фурнирската композиција е условена од специфичните температурни токови, односно од интензивното загревање на надворешните слоеви кои се во непосреден контакт со загреаните плочи и средишната зона која е слободна од загуба на топлина на испарување. Поради интензивното загревање на површините непосредно до изворот на топлинска енергија, влагата се поместува кон внатрешноста со брзина која е поголема од брзината на ширење на топлината во дрвото. Парата се поместува кон внатрешноста како резултат на создадената разлика во притисокот во надворешните и во внатрешните слоеви на плочата. Стигнувајќи до средина со пониска температура, парата делумно се кондензира, емитира еден дел од топлината врз средниот слој, со што се зголемува степенот и брзината на загревање на оваа зона. Влагата се поместува и по површината на листовите на композицијата. Количината на влага која се губи со евапорација од граничната зона, директно е пропорционална со средната температура на загревање и влажноста на композицијата, а обратнопропорционална на големината на надворешниот притисок. Општите загуби на влага во композицијата значително се зголемуваат по престанокот на дејството на притисокот, што може да се објасни со прекумерното загревање на влагата во

средната зона. Намалувањето на влажноста во периодот на намалување на притисокот на пресување се одвива до воспоставување на рамнотежа помеѓу притисокот на парата во композицијата и отпорот кој го покажува дрвото при нејзиното излегување.

Покрај содржината на влага во фурнирот, содржината на вода во лепилото исто така има определено влијание врз движењето на температурата во лепилните слоеви. Во случај на користење на фурнир со релативно висока содржина на влага, количината на вода внесена со лепилото нема влијание врз движењето на температурата, додека при ниска содржина на влага во фурнирот, ова влијание е воочливо и докажано.

Температурата на пресување е условена од видот на лепилото за слепување на плочата. Според Смирнов, евидентни се две подрачја на работни температури:

- од 130 до 135 °C за карбамидформалдехидно лепило и
- од 150 до 155 °C за фенолформалдехидно лепило.

Од друга страна, според Битнер-Клоц, температурата на пресување не треба да преминува 100 °C. Според Колман, во практиката се користат две подрачја на температури: од 90 до 110 °C за карбамидформалдехидно лепило и од 135 до 145 °C при користење на фенолформалдехидно лепило.

Фурнирските пакети со поголема дебелина и повеќе слоеви се пресуваат со пониски температури за 5 до 10 °C.

5.13.3.3. Времетраење на процесот на лепење по сувата жешка постапка (време на пресување)

Процесот на слепување на плочите по сувата жешка постапка ги опфаќа следните операции:

- внесување на фурнирските композиции во пресата;
- затворање на пресата;
- подигање на притисокот до работен притисок;
- обработка на фурнирските композиции под притисок и температура;
- намалување на притисокот;
- отворање и празнење на пресата.

Промената на температурата на фурнирските пакети протекува во три периоди. Првиот период започнува од моментот на редување на пакетите во пресата. Тој се карактеризира со загревање на површинските слоеви на пакетите без дејство на притисок.

Вториот период започнува од моментот на затворање на пресата и почеток на делување на притисокот и трае до моментот на намалување на притисокот. Тој се карактеризира со закономерно зголемување на температурата во внатрешноста на фурнирскиот пакет.

Третиот период започнува од моментот на намалување на притисокот. Карактеристично за него е постепено намалување на температурата на пресуваниот материјал.

Времетраењето на првиот период се определува од времето потребно за полнење и затворање на пресата. Времетраењето на вториот период е врзано за времето неопходно за одвивање на физичко-хемиските процеси во лепилните слоеви, кои процеси резултираат со постигнување на здрав лепилен состав. Времетраењето на третиот период се определува од времето потребно за намалување на притисокот и за отворање на пресата.

Времетраењето на слепувањето на фурнирските плочи при извесен притисок зависи од дебелината, структурата и почетната температура на фурнирскиот пакет, температурата на плочите на пресата, видот на употребеното лепило, дрвниот вид и влажноста на фурнирот.

Времето на слепување на фурнирската плоча може да се третира како збир од времето потребно за загревање до определена температура на лепилниот слој најоддалечен од плочите на пресата и од времето на стврдување на лепилото при таа температура.

Во процесот на лепење, веднаш по ставањето на фурнирските композиции помеѓу загреаните плочи на пресата, доаѓа до контактно-конвекционен пренос на топлина и интензивно загревање на надворешните листови, односно лепилниот слој кој е најблизу до изворот на топлина. Во најблискиот слој на лепило под влијание на зголемената температура ќе дојде до намалување на вискозитетот и способноста за мокрење на површината. Со оглед на тоа дека губењето на способноста за мокрење побрзо се одвива во слоевите кои се поблиски до грејните плочи, влијанието на работниот притисок мора да се оствари во времето додека лепилото во најизложените слоеви поседува способност за мокрење.

Термичката обработка под притисок претставува период од процесот на лепење од кој зависи јакоста на слепување, односно процентуалното учество на смола која преминала во стврдната состојба.

Времето на термичката обработка на композицијата (времето на слепување) се состои од два дела, односно:

- t_1 -време кое е потребно за продлабочување на поликондензацијата на лепилото до моментот на почеток на создавање на продукти на стврднувањето;
- t_2 -време кое е потребно во смолата да се создадат толку продукти на стврднувањето колку што е потребно за да се оствари зададена атхезивна врска помеѓу дрвото и лепилото и кохезиона јакост на лепилото.

Времетраењето на првиот дел на термичката обработка (t_1) кај синтетичките смоли зависи од моментот на прекин на поликондензацијата во реакторот за време на синтезата на смолата, од хемискиот состав и од количеството на стврднувач. Другиот дел на лепењето (t_2) претставува променлива величина и зависи од својствата на лепилото и од интензитетот на загревање на најоддалечениот слој на лепење. Температурите при кои се завршува првиот дел на лепењето и започнува процесот на стврднување се променливи величини кои зависат од интензитетот на процесот на загревање.

Времето на загревање (τ) до определена температура на лепилниот слој најоддалечен од плочите на пресата може да се определи според формулата на Кирилов:

$$\tau = KS^2 \lg \left(1,273 \times \frac{t_1 - t_0}{t_1 - t} \times \cos \frac{\pi x}{S} \right) \text{ (min)},$$

каде што:

- K - емпириски коефициент за интензитетот на загревање (min/cm^2);
- S - сума од дебелините на фурнирските листови во пакетот пред пресувањето (cm);
- t_1 - температура на плочите на пресата ($^{\circ}\text{C}$);
- t_0 - температура на пакетот пред пресувањето ($^{\circ}\text{C}$);
- t - температура до која се загрева најоддалечениот лепилен слој ($^{\circ}\text{C}$);
- x - растојание од рамнината на симетрија на пакетот до најоддалечениот слој во однос на плочите на пресата (cm).

Времето на слепување на фурнирските плочи може приближно да се определи и според следната формула во која не е земено предвид влијанието на сите фактори:

- при употреба на карбамидформалдехидно лепило:

$$\tau = A + B \times (S - 8) + C \times (S - 9)^2;$$

- при употреба на фенолформалдехидно лепило:

$$\tau = K \times (0,1S)^{\beta}.$$

Вредностите на коефициентите A , B , C , K и β се отчитуваат од табели. Наведените формули се валидни при растојание помеѓу површината на пакетот и најоддалечениот од неа лепилен слој не помало од 0,3 од дебелината на пакетот.

Времето на самото пресување, не вклучувајќи го времето на полнење на пресата, затворање на пресата, отворање и празнење на пресата, според Битнер-Клоц изнесува: 5 до 8 минути основно време и околу една минута за секој милиметар од дебелината на плочата до најдлабокиот слој на лепење.

Времетраењето на останатите операции од циклусот на пресување изнесува: време на полнење на пресата до 90 s, притегнување – од 10 до 18 s, подигнување на притисокот – од 6 до 9 s, намалување на притисокот од 9 до 15 s, празнење на пресата од 22 до 26 s.

5.13.4. Впресување на фурнирските плочи

Во пиезотермичката обработка на фурнирските плочи доаѓа до впресување на дрвната маса, што резултира со намалување на волуменот. Впресувањето претставува деформација, односно намалување на дебелината на фурнирските плочи под дејство на притисокот и на температурата во пресата во процесот на пресување на плочите. Тоа е деформација која се одвива во две фази. Во првата фаза, при максимален притисок, плочата максимално губи од својата дебелина. По престанокот на дејството на притисокот и кондиционирањето, кај плочата се јавува мала деформација, односно доаѓа до минимално зголемување на дебелината на плочата и таа ја добива конечната димензија. Тоа е трајна пластична деформација која се нарекува впресување и се изразува во проценти, како степен на впресување.

Степенот на впресување зависи од дрвниот вид, влажноста на фурнирот, притисокот, температурата, времетраењето на пресувањето, бројот на слоеви на плочата, положбата на фурнирите во композицијата, видот и количеството на лепило.

Степенот на впресување (V) се пресметува според следната формула:

$$V = \frac{S_p - S_k}{S_p} \times 100 (\%),$$

каде што:

- V - степен на впресување (%);
- S_p - дебелина на фурнирскиот пакет пред пресувањето (mm);
- S_k - дебелина на пресуваната фурнирска плоча по сув жежок начин (mm).

Меките дрвни видови се пресуваат со понизок притисок. Впресувањето е поголемо при користење на фурнири со поголема влажност. Дебелите фурнирски листови се впресуваат помалку од потенките. Според Николиќ, при пониски притисоци, впресувањето на плочите се движи од 5 до 10 %, при средни притисоци (до 24 kg/cm²) впресувањето може да биде и до 20 %, додека при користење на високи притисоци во производството на специјални плочи (притисок до 200 kg/cm²), впресувањето може да изнесува и од 40 до 50 %. Нашите истражувања при пресување на деветслојни букови фурнирски плочи со специфичен притисок од 18 kg/cm² покажуваат дека впресувањето при ваков притисок изнесува околу 17 %.

Степенот на впресување може да се намали со редуцирање на притисокот за време на работата на хидрауличната преса.

Контролата и регулирањето на степенот на впресување се врши со вградување на специјални уреди за автоматско двостепено или тристепено регулирање на притисокот. Со двостепеното регулирање загубите од впресувањето може да се намалат за 2,5 %, а со тристепената регулација за 3,5 %. Со редуцирање на степенот на впресување се овозможува оптимализација на дебелината на фурнирот, односно конструкцијата на плочата.

5.13.5. Време на кондиционирање на плочите

По завршување на процесот на пресување се врши кондиционирање на плочите со цел да се постигне конечна, изедначена влажност во внатрешноста на фурнирската плоча

која како хигроскопен материјал треба да воспостави хигроскопна рамнотежа со околната средина. Во текот на процесот на пресување фурнирите се изложени на големи внатрешни напрегања. По кондиционирањето се зголемува отпорноста на лепилниот слој и се губат внатрешните напрегања кои настанале како резултат на дејството на факторите кои го дефинираат процесот на слепување.

Времето за кое може да се постигне целосно кондиционирање и изедначување на влагата во голема мера зависи од видот на употребеното лепило. Според М. Николиќ, за фенолформалдехидните лепила се препорачува времето на кондиционирање да не биде помало од 24 часа. За плочи слепени со карбамидформалдехидно лепило се препорачува претходно ладење на одделните плочи со вдување на воздух, со цел да испари слободниот формалдехид. Доколку плочите веднаш се сложат во компактен слојај, може да дојде до топлинска деструкција на лепилото и до ослабување на јакоста на слепување.

Влажноста на плочите по завршеното слепување зависи од лепилото и рецептурата, почетната влажност на фурнирот и од температурата на пресување и истата не треба да биде над 10 %.

5.13.6. Грешки при слепување на фурнирските плочи

Основните грешки на фурнирските плочи кои може да бидат забележани по слепувањето се следните:

Слабо слепување кое може да биде резултат на:

- некавалитетна работна смеса на лепилото;
- незадоволителна финост на површината;
- незадоволителна влажност на фурнирот;
- нееднолична дебелина на фурнирот;
- предолго отворено време на чекање;
- недоволен притисок и температура;
- пенесто лепило;
- сушење на лепилото на фурнирот пред пиезотермичката обработка.

На некои места одлепување на фурнирската плоча (меури):

- незадржување на режимот на пресување и намалување на притисокот;
- лош квалитет на лепилото;
- варирање на притисокот во првиот период на пресувањето;
- на некои места стврднување на смолата пред пресувањето;
- превисока влажност на фурнирот.

Слаби агли и краеве. Овој дефект се состои во слабо слепување или отсуство на слепување во аглите и краевите на фурнирската плоча. Тоа може да биде резултат на:

- излегување на аглите и краевите на плочата надвор од плочите на пресата;
- лош квалитет на крајните зони на фурнирите;
- сушење на лепилото во тие зони;
- недоволно загревање на крајните зони на плочите на пресата;
- формирање пена на крајните зони на валјаците на машината за нанесување на лепило.

Впивање и избивање на лепилото:

- намалена концентрација на лепилото;
- вишок на нанесено лепило;
- варирање на притисокот во првиот период на пресувањето;
- висока влажност на фурнирот;
- лош квалитет на фурнирот.

5.14. ЗАВРШНИ ОПЕРАЦИИ ВО ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Завршните операции во производството на фурнирските плочи опфаќаат: форматирање, сортирање, отстранување на дефекти, мазнење, пакување и обележување

на фурнирските плочи. Преку овие операции се добиваат стандардните должини и ширини на фурнирските плочи, се отстрануваат некои од дефектите и се подобрува надворешниот изглед на плочите, се определува квалитетот и се дава погодна форма на плочите за складирање и транспорт.

При производство на фурнирски плочи за посебна намена, во завршната фаза од обработката влегува и површинското обложување на плочите и нанесување на изолациони премази на кантовите на плочите.

5.14.1. Форматизирање на фурнирските плочи

По слепувањето и завршеното ладење и кондиционирање, фурнирските плочи се кројат (форматизираат) по должина и ширина, со што им се даваат стандардните димензии. По договор помеѓу производителот и купувачот, стандардот дозволува производство на фурнирски плочи и со други димензии кои не се дефинирани во него.

Форматизирањето на фурнирските плочи треба да обезбеди паралелност и нормалност по должина и ширина на плочата и финост на обработените кантови. Допуштените отстапувања од должината и ширината на плочите изнесуваат ± 5 mm.

Во континуираните процеси на производство, при користење на современи машини и поголем степен на организација на производството, надмерот за форматизирање по должина на плочата изнесува 80 mm, а по ширина 60 mm.

Во технологијата на производство на стандардни фурнирски плочи, форматизирањето се врши со кружни пили.

Во операцијата на форматизирање на некои специјални типови плочи се користат глодала и ножици со ножеви (профилирани плочи и плочи со специјална механичка обработка на површините, плочи обложени со декоративни хартии и слични материјали). Форматизирањето на свиени конструктивни елементи за производство на мебел (седишта, наслони, елементи за фотелји и сл.) се врши со столарски лентовидни пили со листови со мала ширина и дебелина.

Во зависност од бројот на резните алати, начинот на базирање, послужување и текот на процесот, операцијата форматизирање може да се врши на машини со:

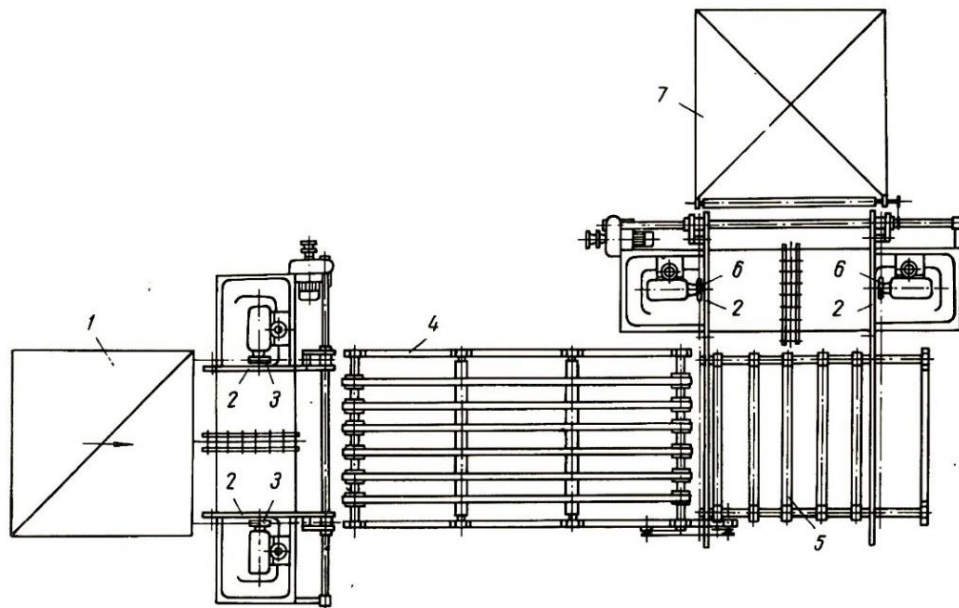
- една кружна пила со поединечна обработка на плочата по должина и ширина од сите четири страни. Четиристраната обработка со една кружна пила е овозможена со користење на рачно подвижна работна маса која е поставена и се движи на водилки. Во индустриски услови овој начин на форматизирање не се користи;
- дволисна кружна пила со поединечна обработка на плочата по ширина, а потоа по должина. Во континуирана технолошка линија, две дволисни кружни пили се поврзани со уред за автоматско водење и измена на насоката на движење (сл. 218).
- четирилисна, проточна форматна пила. Обработката по должина на плочата се врши со две вградени паралелни кружни пили, а напречната обработка со една или со две кружни подвижни пили;
- трилисна кружна пила кај која две неподвижни кружни пили вршат форматизирање по ширина, а третата е подвижна, вградена на супорт и врши напречна обработка.

Во операцијата форматизирање се јавуваат загуби на суровина кои во просек изнесуваат од 8 до 10 %. Со намалување на надмерот за должина и ширина и со пораст на учеството на фурнирски плочи во големи формати, загубите на суровина се намалуваат.

Во оваа технолошка операција се јавуваат и определени грешки:

- рез во цик-цак линија како резултат на ослабување на средниот дел на листот на пилата при што се јавуваат вибрации;
- ребраст рез како резултат на:
 - неправилно центрирање на листот на пилата;
 - нееднаква висина на забите;

- неправилен чапраз на забите;
- недоволен притисок врз плочите при водењето;
- тапа пила.
- резот не е под прав агол во однос на плочата. Причини за оваа грешка може да бидат:
 - неправилност на транспортерот за водење на плочите или базирање на пакетите;
 - осовината на листот на пилата не е паралелна со плочата.
 - неокрајчени делови на плочата како резултат на неправилно базирање и водење на плочата.
- ресаст рез поради недоволен притисок на плочата, односно пакетот во текот на процесот на режење.



Слика 218. Линија за форматизирање со две дволисни кружни пили [140]
 1-платформа со неформатизирани фурнирски плочи; 2-подавач на плочи; 3-дволисна кружна пила за форматизирање по должина; 4-транспортер; 5-уред за промена на насоката на движење; 6-дволисна кружна пила за форматизирање по ширина; 7-излезна подигнувачка платформа со форматизирани плочи

Производноста на форматната пила (E) изразена во број на форматизирани плочи во смена се пресметува со формулата:

$$E = \frac{T \times k \times k_1}{t} \left(\frac{\text{парч.}}{\text{смена}} \right),$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k₁ - коефициент на искористување на машинското време;
- t - времетраење на форматизирање на една плоча (min).

Производноста на машините со два листа (E) изразена во број на плочи во смена се пресметува со формулата:

$$E = \frac{T \times k \times k_1}{2 \times l_s} \times n \times v \left(\frac{\text{парч.}}{\text{смена}} \right),$$

каде што:

- v - брзина на помест (m/min);
- l_s - средна вредност на должината и ширината на плочата (m);
- n - број на плочи во пакетот.

Производноста на двострана кружна пила (E) за обрежување само по должина или само по ширина изразена во m^3 за една смена се пресметува по формулата:

$$E_{m^3} = T \times k \times k_1 \times v \times b \times s \text{ (m}^3\text{/смена),}$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- v - брзина на помест (m/min);
- b - ширина или должина на фурнирската плоча (m);
- s - дебелина на фурнирската плоча (m);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време.

Производноста (E) изразена во m^3 при обработка на пакети се пресметува по формулата:

$$E_p = \frac{T \times k \times k_1}{t_p} \times l_p \times b \times s_p \left(\frac{m^3}{\text{смена}} \right),$$

каде што:

- b - ширина на фурнирската плоча (m).
- s_p - дебелина на еден пакет (m);
- t_p - времетраење на обработката на еден пакет (min);
- l_p - должина на еден пакет (m).

5.14.2. Поправка на фурнирските плочи

По форматизирањето, а пред завршната обработка со брусеење (мазнење), се врши поправка на фурнирските плочи со цел да се подобри естетскиот изглед и условите на користење на плочите. Со оваа операција се отстрануваат помали грешки кои опфаќаат:

- недостаток на фурнир на краевите, по должина, ширина и дебелина на плочата;
- отворени споеви и пукнатини;
- отворени грешки на градбата и изработката на надворешните страни на плочата;
- грешки на лепењето (меури и сл.).

Грешките на лепењето на површината и на краевите на плочата се отстрануваат со еднолисна кружна пила со рачно подвижна работна маса (пила за репарација). Малите пукнатини и отвори се пополнуваат со кит на основа на поливинилацетано лепило и дрвено брашно, подготвен по определен рецепт. Големите пукнатини и отворите од испаднати глуждови или закрпи може да се закрпат со парче од здрав фурнир.

За отстранување на меур, со нож се прави отвор до местото на одлепување, во кој се става лепило. Отворите треба да бидат по должината на влаканата на надворешните фурнирски листови. Потоа се врши дополнително пресување на фурнирските плочи.

Слабите агли се поправаат со додавање на лепило во тие зони и дополнително пресување на фурнирските плочи.



Слика 219. Поправка на плочи со китирање „Raute“ [30]

5.14.3. Мазнење на фурнирските плочи

Со површинското мазнење на фурнирските плочи се отстранува надмерот по дебелина и микронерамнините кои претставуваат последица на грешките на градбата на дрвото и изработката во претходните операции. Со оваа технолошка операција се врши калибрирање на определена дебелина и се обезбедува потребната финост на површините. Со мазнењето, кај тенките плочи се отстранува слој со дебелина од 0,1 до 0,15 mm, додека кај подебелите, слој со дебелина до 0,18 mm.

Во индустриски услови, мазнењето се изведува со брусење или со повлекување на плочите преку врвот на острица на нож со модифициран врв („cikling“ машина).

Без оглед на видот на машината која се користи, неопходно е претходно да се постигне определена влажност на плочата. Оптималната влажност изнесува од 10 до 12 %. Пониската влага (околу 8 %) условува поголема потрошувачка на енергија и побрзо затапување на ножот или пократок век на брусната хартија. Поголемата влажност, над 15 %, има за последица недоволно мазна површина на плочата.

5.14.3.1. Брусење на фурнирските плочи

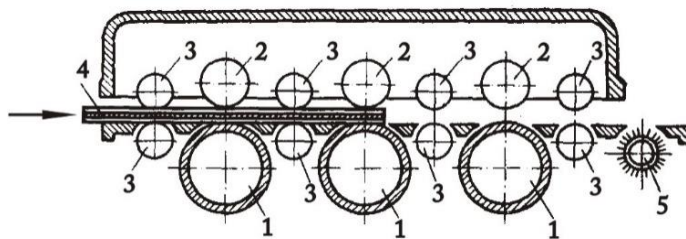
Брусењето најчесто се врши на цилиндрични брусилки и на ширококоленовидни брусилки.

Цилиндричните брусилки кои се користат во оваа операција може да бидат со еден, два, три или четири цилиндри.

Во индустриски услови на производство на фурнирски плочи се користат брусилки со најмалку два цилиндра, со различни брусни хартии, а најчесто трицилиндрични брусилки. Четирицилиндричните брусилки се користат во континуирани линии со поголема брзина на помест и со поголема финост на површината.

Брусните валјаци вршат двојно движење: ротационо и осцилаторно со цел елиминирање на трагите од движење на брусните елементи. Периферната брзина на валјациите изнесува од 18 до 30 m/s, додека брзината на помест изнесува од 6 до 25 m/min. Дијаметарот на брусниот цилиндар изнесува од 280 до 300 mm.

Според положбата на брусните валјаци во однос на површината на фурнирската плоча, брусилките можат да бидат: брусилки со цилиндри над површината на фурнирската плоча и брусилки со цилиндри под површината на фурнирската плоча (сл. 220).

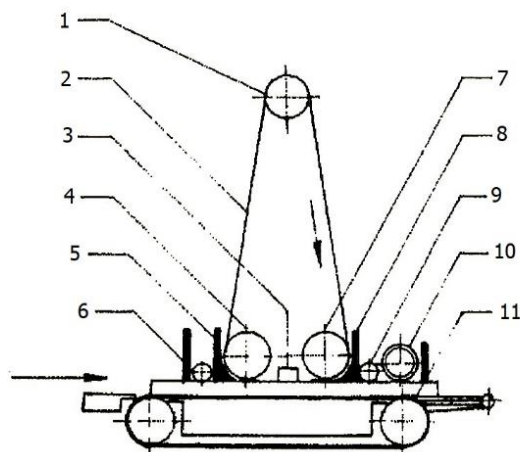


Слика 220. Шема на трицилиндрична брусилка [130]
1-брусен валјак; 2-притисен валјак; 3-транспортни валјаци;
4-плоча која се обработува; 5-четкаст валјак

Брусните хартии со кои се обложуваат брусните валјаци имаат различна финост на зрната кои може да бидат на основа на гранит, силициум-карбид и електрокорунд. Брусните хартии се обележани со број кој означува број на брусни зрна на површина од 1 cm². Помалиот број означува покрупни зрна. Најчесто за меките дрвни видови на првиот валјак се поставува брусна хартија со број N° 50÷60, на вториот валјак N° 100÷120 и на третиот N° 150. За тврдите дрвни видови се користат од 20 до 50 повеќе зрна на 1 cm².

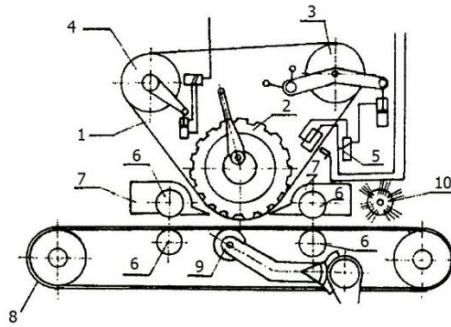
Покрај цилиндричните брусилки, во технологијата на производство на фурнирски плочи се користат и ширококолентовидни брусилки и тоа: ширококолентовидни брусилки со пневматски притискувач и контактни широколисни брусилки.

Изгледот и основните склопови на ширококолентовидната брусилка со пневматски притискувач се прикажани на сликата 221. Предниот контактен валјак е подвижен во вертикална рамнина и има улога да изврши делумно или целосно отстранување на микронерамнините од површината на плочата. Пневматскиот притискувач меко и рамномерно ја приближува брусната лента на површината на плочата, дури и во случај кога плочата нема рамномерна дебелина, со што се постигнува фина површина со симнување на мала дебелина. Брусната лента се затегнува автоматски и има значајно голема должина (2,5 до 3 m), што поволно влијае на ладењето.



Слика 221. Широколентовидна брусилка со пневматски притискувач [105]
1-горен затегнувачки валјак; 2-брусна лента; 3-пневматски притискувач; 4-преден
контактен валјак; 5-предна притисна папуча; 6-преден притисен валјак; 7-заден валјак;
8-задна притисна папуча; 9-заден притисен валјак; 10-четковиден валјак за чистење;
11-лентовиден транспортер

Контактната широколисна брусилка шематски е прикажана на сликата 222. Специфичноста на конструкцијата на овие брусилки, со оглед на најголемото искористување на суровината, се огледува во ефикасното прилагодување на контактниот валјак на површината на плочата, големиот дијаметар на брусниот валјак и поголемата должина на брусната лента.



Слика 222. Контактна широколентовидната брусилка [105]

- 1-брусна лента; 2-контактен валјак; 3-затегнувачки валјак; 4-валјак за осцилаторно движење; 5-регулација на затегнувањето на брусната лента; 6-притисен валјак; 7-притисна папуча; 8-лентовиден транспортер; 9-валјак за регулација на контрапритисокот; 10-четковиден валјак за чистење на површината

Предноста на широколентовидните брусилки во однос на цилиндричните брусилки се огледува во следното:

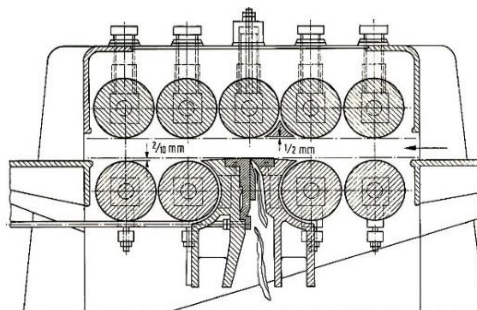
- поголема точност на обработка во операцијата на калибрирање на фурнирската плоча ($\pm 0,1$ mm) со помала потрошувачка на брусна хартија;
- поголема брзина на помест (од 5 до 60 m/min);
- подобро искористување на суровината (просечната загуба на суровина кај цилиндричните брусилки изнесува 3,5 %, а кај широколентовидните 2,6 %).

5.14.3.2. Површинска обработка - мазнење на фурнирските плочи со „циклинг“ машина

Главна специфика на оваа машина е модифицираната изведба на врвот на острицата на ножот, кој е поставен во вертикална рамнина по ширина на плочата. Поместот на фурнирската плоча се остварува помеѓу четири горни и долни валјаци и дејство на притисниот среден валјак. Притоа, плочата се движи преку модифицираната острица на ножот со симнување на слој од дрво со дебелина од 0,1 до 0,15 mm по должина на влакната и ширина на плочата.

Обработката се врши двострано (прво од едната, а потоа од другата страна на плочата). Степенот на финост на површината е висок. Поместот изнесува од 10 до 25 m/min.

Недостаток на овој начин на мазнење е што обработката се изведува само во насока на дрвните влакна. Покрај ова, поради разликата во тврдоста на дрвото во зоната на рано и доцно дрво, обработката на иглолистните видови на овие машини е отежната.



Слика 223. Принципиелна шема на обработка со „циклинг“ машина [89]

5.14.3.3. Грешки при мазнењето на фурнирските плочи

При брусењето на фурнирските плочи можна е појава на определени грешки како што се:

- симнат поголем слој од фурнирот, особено во аглите и нееднолично брусее по површината на плочата како резултат на:
 - нееднаква дебелина на плочата;
 - неправилен притисок;
 - истрошеност на подлогата за брусна хартија на валјакот;
 - недоволно одшмукување на брусната прашина.
- грубо обработена површина како резултат на:
 - несоодветен избор и квалитет на брусната хартија;
 - истрошеност на брусната хартија;
 - големо загревање на брусната хартија;
 - недоволен притисок.
- промена на бојата поради:
 - истрошеност на хартијата;
 - зголемен притисок;
 - преголема брзина на вртење.
- нееднаква дебелина на плочата како резултат на:
 - нерамномерен притисок на контактниот валјак или на пневматскиот притискувач;
 - застој и промена на брзината на помест.

5.14.3.4. Производност на машините за мазнење

Производноста на машините за двострано мазнење на фурнирските плочи се изразува во m^3 во смена (E_{m^3}) и број на плочи во смена (E_{br}).

$$E_{m^3} = T \times k \times k_1 \times b \times v \times S \left(\frac{m^3}{\text{смена}} \right),$$

$$E_{br} = \frac{T \times k \times k_1 \times v}{l} \left(\frac{\text{бр. на плочи}}{\text{смена}} \right),$$

каде што:

- T - времетраење на смената (min);
- v - брзина на помест (m/min);
- b - ширина на фурнирската плоча (m);
- l - должина на фурнирската плоча (m);
- S - дебелина на фурнирската плоча (m);
- k - коефициент на искористување на работното време;
- k_1 - коефициент на искористување на машинското време.

5.14.4. Сортирање на фурнирските плочи

Сортирањето на фурнирските плочи се врши врз основа на дрвниот вид, формата, дебелината, бројот на слоевите, квалитетот и намената на плочите.

За определување на квалитетот на плочите постојат низа технички барања. Притоа треба да се земат предвид недостатоците на дрвото и дефектите настанати за време на производството и обработката на фурнирите и за време на слепувањето и обработката на фурнирските плочи. Тука спаѓаат: глуждовите, обојувањето, лажната срцевина, смолните кеси, пукнатините, рапавоста на површината, гребнатините, појавата на отвори итн. Најголемо влијание врз квалитетот на плочите има квалитетот на надворешните фурнирски листови, според кој плочите се класираат во три квалитетни класи: I, II и III.

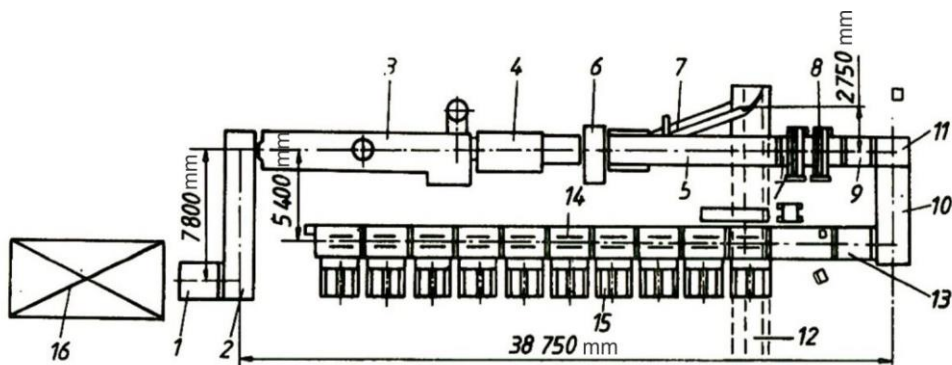
Кон квалитетните показатели на фурнирските плочи се однесуваат и јакосните карактеристики и водопостојаноста на плочите.

Сортирањето на фурнирските плочи може да се врши рачно или механизирано. И во двата случаи потребни се висококвалификувани работници - сортирачи, кои врз основа на стандардните барања го определуваат квалитетот на плочите и неопходноста од евентуално дополнително обработување за отстранување на дефектите.

Плочите со поправливи грешки се носат на станиците за поправка на плочи, каде се доведуваат во исправна состојба, а потоа одат повторно на класирање, обележување и складирање во магацинот за готови производи.

На сликата 224 е прикажана проточна линија за форматизирање и сортирање на фурнирски плочи.

По извршеното пресување во пресата (16), плочите од приемната маса (1) преку транспортерот (2) се транспортираат до комората за ладење (3). Форматизирањето се врши на кружни пили за надолжно кроење (6) и напречно кроење (8). Форматизираниите плочи преку транспортерите (10 и 11) и превртувачот (13) се доставуваат до транспортерот за сортирање (14) од каде се насочуваат кон соодветниот транспортер со ролери. Целокупното количество на отпад што се јавува како производ на форматизирањето се транспортира со подземан транспортер (12) надвор од погонот за обработка.



Слика 224. Шема на проточна линија за форматизирање и сортирање на фурнирски плочи [140]

1-приемна маса; 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12-транспортери; 3-комора за ладење; 6, 8-двострани кружни пили; 13-уред за превртување на плочите; 14-сортирачки транспортер; 15-транспортер со ролери; 16-хидраулична преса

5.14.5. Пакување, обележување и складирање на фурнирските плочи

Согласно со стандардите, секоја фурнирска плоча се обележува на опачината во еден од аглите. Обележувањето на плочите содржи име и адреса на производителот, димензии на плочата, тип и квалитетната класа на плочата, дрвниот вид и стандардот.

Спакуваните и обележени фурнирски плочи се складираат во суви, чисти и покриени склади, наредени во камари на палети.

Просторот за складирање треба да биде лоциран во непосредна близина на завршните операции на процесот на производство на фурнирските плочи.

Вкупната површина на складот се состои од:

- површини под камари;
- површини под сообраќајници;
- површини наменети за преземање од производството;
- површини за пакување;
- товарна рампа;
- канцеларии;
- мокар чвор.

Просторот за складирање треба да одговара на потребите на тримесечно до петмесечно производство. Плочите се сложуваат во камари на рамна подлога. Висината на камарата зависи од начинот на формирање и изнесува од 3 до 4 m. Особено е важно

камарата да биде со порамнети страни, со користење на правилно обработени гредички со иста висина и положба (при користење на виљушкари).

Просторот за преземање, подготовка за испорака и пакување треба да биде соодветно осветлен и загреан. При складирање на плочи од внатрешен и среден тип, кои се чувствителни на микроклиматски услови, потребно е одржување на хигроскопната рамнотежа за влажност на плочата од 10 до 12 %. Фурнирските плочи од полунадворешен тип (оплата) може да се складираат на отворен простор со користење на рамни бетонски површини и подложни греди, со покривање со заштитни фолии и заштита од механички оштетувања.

За погодно и правилно складирање и транспортирање, фурнирските плочи се пакуваат. Тежината на пакетот најчесто изнесува од 100 до 150 kg. Зависно од начинот на транспорт се разликува континентално и прекуморско пакување. При континентален транспорт пакетите се врзуваат со челична лента, а кај прекуморскиот транспорт рабовите се заштитени со дрвена рамка (најчесто изработена од отпадни ролни).

5.15. ИСКОРИСТУВАЊЕ НА СУРОВИНАТА ВО ПРОИЗВОДСТВОТО НА ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Основните фактори од кои зависи искористувањето на суровината во производството на фурнирски плочи се следните:

- дрвниот вид;
- квалитетот на суровината;
- правилната форма и степенот на цилиндричност на трупците;
- правилна и навремена заштита на суровината од надворешни влијанија;
- сортирање на трупците по должински групи;
- производниот асортиман;
- производните надмери;
- организациската уреденост;
- технолошкиот концепт;
- режимот на работа во технолошкиот процес;
- техничко-технолошките карактеристики на производната опрема.

Според Колман, во зависност од дрвниот вид, искористувањето на суровината се движи во граници од 32,8 до 41 % при производство на букови фурнирски плочи, од 35,1 до 55 % кај фурнирски плочи од окуме и од 37,3 до 60 % при производство на плочи од лимба.

Во одделните фази од технолошкиот процес на производство на фурнирски плочи се јавуваат загуби на суровината. Почнувајќи од механичката подготовка на суровината, загуби се јавуваат при операциите на кретење на трупците на соодветна должина, како и при окорувањето. Процентот на овој отпадок се движи во граници од 2,2 до 8 %. Ако во оваа фаза се опфати и заокружувањето на трупецот на правилен цилиндар, според Смирнов, процентот на загуби изнесува 22 %.

Во процесот на лупење се создава отпадок во форма на крпи кои не можат да се искористат, отпадок од крајчењето на платното, како и отпадок во форма на остаток од лупењето - отпадна ролна. Отпадната ролна кај буковото дрво изнесува околу 10 %.

При обработка на фурнирот на мокри ножици се јавуваат загуби при отстранување на грешките.

Во фазата на сушење се јавуваат загуби на суровина од невнимателна манипулација со фурнирот при внесување во сушилницата, како и загуби од собирањето на фурнирот.

При обработката на состави на суви ножици, отпадокот се зголемува или намалува во зависност од порастот или од намалувањето на бројот на парчиња фурнир од кој се формира форматот на фурнирската плоча.

Во фазата на пресување, загубите се манифестираат преку големината на впресувањето на фурнирската плоча.

Во завршните операции од технолошкиот процес на производство на фурнирски плочи се јавуваат загуби на суровина во операциите на форматирање и мазнење на плочите.

Табела 40. Загуби на суровина по технолошки операции во производството на букови фурнирски плочи [105]

Операција во технолошкиот процес	Загуби на суровина (%)
Кратење на трупците	1,5÷4,5
Лупење	18,7÷27,5
Мокри ножици	7,5÷12,8
Сушење	5,6÷10,5
Обработка на кантовите за спојување	5,0÷8,8
Пресување	3,5÷5
Форматирање	3,8÷7,8
Брусење	1,5÷3,7

Табела 41. Загуби на суровина по технолошки операции во производството на фурнирски плочи од бука и окуме [89]

Операција во технолошкиот процес	Загуби на суровина (%)	
	бука	окуме
Кратење на трупците	4,5÷7,3	3÷6
Окорување	/	6÷8
Лупење	19÷23,6	10÷17,5
Мокри ножици	7÷10,5	8÷10
Сушење	7÷9,5	4,5÷8
Суви ножици	4÷6	3÷4,7
Обработка на кантовите за спојување	4,4÷9,8	2÷6,9
Пресување	4÷6	4÷5,5
Форматирање	3÷7,5	3÷6,2
Брусење	1,5	0,8÷1,3

5.16. ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Како последица на влијанието на пиезотермичката обработка во процесот на лепење, присуството на лепило и меѓусебната положба на фурнирските листови во конструкцијата на плочата, физичко-механичките својства на фурнирските плочи значително се разликуваат во однос на својствата на масивното дрво.

5.16.1. Физички својства

Во групата на физички својства спаѓаат: зафатнинска маса, хигроскопност, впивање вода, дебелинско бабрење и собирање, топлински својства, акустични својства и електрични својства.

5.16.1.1. Зафатнинска маса

Зафатнинската маса претставува однос на масата и волуменот на материјалот. Таа зависи од видот на дрвото, големината на притисокот на пресување, температурата на пресување, дебелината на фурнирот, бројот на слоеви на плочата, видот на лепилото и влажноста. Зафатнинската маса на фурнирските плочи во однос на масивното дрво е поголема за 13 до 20 % и од аспект на дрвниот вид зависи од процентуалното учество на одделни видови фурнир во конструкцијата на плочата. Покрај дрвниот вид, врз зафатнинската маса влијае и бројот на слоеви на плочата. Зафатнинската маса на трислојните плочи е помала во однос на повеќеслојните плочи изработени од ист дрвен вид.

Зафатнинската маса на фурнирските плочи изработени од некои од основните дрвни видови се движи во следните граници: бор – 540 kg/m³; бука – од 650 до 680 kg/m³; бреза – 640 kg/m³; липа – 590 kg/m³; топола – 440 kg/m³.

Видот на употребеното лепило незначително влијае врз зафатнинската маса на плочите. Влијанието на количеството на лепило доаѓа до израз со пораст на бројот на слоеви на плочата за една иста дебелина на плоча.

Влијанието на дрвниот вид и специфичниот притисок на пресување врз зафатнинската маса на повеќеслојни фурнирски плочи може да се види од податоците од истражувањата на Р. Маглов, дадени во табелата 42.

Пресувањето при повисок специфичен притисок води до производство на плочи со поголема зафатнинска маса.

Влијанието на дебелината на фурнирот, бројот на слоеви и дрвниот вид со определена влажност врз зафатнинската маса на фурнирските плочи е прикажано во табелата 43 (според Колман).

Табела 42. Влијание на дрвниот вид и специфичниот притисок на пресување врз зафатнинската маса на повеќеслојни фурнирски плочи [105]

Дрвен вид	Специфичен притисок (N/mm ²)	Дебелина (mm)	Влажност (%)	Зафатнинска маса (g/cm ³)
Фурнирска плоча од бука	1,1	19,90	4,90	0,705
	1,7	18,52	4,58	0,732
	2	18,33	2,89	0,742
	2,3	18,11	6,02	0,745
Фурнирска плоча од смрча	0,8	20,61	9,51	0,536
	1,1	19,35	8,21	0,565
	1,4	19,33	7,13	0,537
	2	15,98	7,72	0,633
Комбинирана фурнирска плоча (бука-смрча)	0,8	20,23	4,82	0,596
	1,1	19,41	4,87	0,597
	1,4	18,81	5,55	0,619
	2	16,15	5,03	0,709

Табела 43. Влијание на дебелината на фурнирот, бројот на слоеви и дрвниот вид врз зафатнинската маса на повеќеслојни фурнирски плочи [105]

Дебелина (mm)	Број на слоеви	Дрвен вид	Влажност (%)	Зафатнинска маса (g/cm ³)
4	3	бука	10,8	0,712
4	3	смрча	10,3	0,586
6	5	бука	11	0,742
6	3	лимба	10,2	0,651
10	7	бука	10,6	0,720
12	9	бука	9,9	0,794
12	5	смрча	10,6	0,432
12	5	бука-абахи	10,5	0,471
15	9	бука	11,5	0,752

5.16.1.2. Хигроскопност

Фурнирските плочи, како и масивното дрво претставуваат хигроскопен материјал, при што поединечните фурнирски листови во однос на масивното дрво од ист вид имаат приближно исти хигроскопни својства. Но, хигроскопната рамнотежа на фурнирските плочи е нешто пониска во споредба со масивното дрво, што е последица на процесот на пиезотермичката обработка во сувата жешка постапка, односно на продирањето на лепилото и на определени деформации кои настануваат во процесот на пресување.

Хигроскопната рамнотежа на фурнирските плочи зависи од дебелината на фурнирите, количеството на нанесено лепило и бројот на слоеви во определена дебелина

на плочата. Плочите изработени од потенки фурнирски листови имаат пониска рамнотежна влажност, поради повисок степен на впредување на потенкиот лист кој под влијание на влажен воздух побрзо ја постигнува претходната дебелина.

Вредностите за хигроскопната рамнотежа на фурнирски плочи со дебелина од 3 до 5 mm во зависност од релативната влажност на воздухот се прикажани во табелата 44.

Табела 44. Хигроскопна рамнотежа на фурнирски плочи со дебелина од 3 до 5 mm во зависност од релативната влажност на воздухот [108]

Релативна влажност на воздухот (%)	9	22	30,5	39	50	60	79	90	100
Рамнотежна влажност на фурнирската плоча (%)	3,2	5,4	6,6	7,7	9,3	11	15,7	21	23,6

Во споредба со масивното дрво, впивањето на слободната вода кај фурнирските плочи е многу помало бидејќи дел од порите на дрвото во фурнирската плоча е исполнет со лепило. Впивањето вода се намалува со намалување на дебелината на фурнирот и порастот на наносот на лепило. Во општ случај, впивањето вода кај плочи со иста дебелина и поголем број на слоеви е поголемо во однос на плочите со помал број на слоеви. Брзината на впивање влага е нешто поголема во споредба со масивното дрво и расте со намалување на дебелината на плочата.

Бабрењето е во директна врска со впивањето и кај плочите значително се разликува со оглед на насоката на протегање на дрвните влакна од надворешните фурнирски листови. Врз процесот на впивање и бабрење влијае и начинот на изработка на фурнирите кои се вградени во конструкцијата на плочата. Поради пукнатините кои настануваат во процесот на лупење, лупените фурнири покажуваат повисок степен на впивање и бабрење во однос на сечените фурнири.

Собирањето на фурнирските плочи по должина и ширина е мало поради вкрстувањето на фурнирските листови во конструкцијата на плочата. Собирањето по дебелина е поизразено и е нешто поголемо во споредба со масивното дрво и започнува далеку над точката на сатурација (околу 70 %).

Во табелата 45 е прикажано движењето на средните вредности на впивањето вода и бабрењето на брезови фурнирски плочи по дебелина, ширина и должина во зависност од времетраењето на потопувањето во вода, дебелината на плочите, бројот на слоеви и волуменското бабрење во %.

Табела 45. Промена на средните вредности на впивањето вода, бабрењето по дебелина, ширина и должина и волуменското бабрење кај брезови фурнирски плочи [105, 108]

Времетраење на потопувањето (h)	Дебелина на плочата (mm)	Број на слоеви	Впивање вода (%)	Бабрење во % по			Волуменско бабрење (%)
				дебелина	ширина	должина	
2	8	7	20	11,4	0,34	0,44	12,2
	12	9	20,6	8	0,37	0,33	8,7
24	8	7	46	19,5	0,57	0,51	21,1
	12	9	47	14,7	0,54	0,49	15,7
48	8	7	55	20,5	0,57	0,53	22,6
	12	9	58	15,2	0,53	0,49	16,9
96	8	7	88	22,2	0,63	0,54	23,6
	12	9	97	16,3	0,58	0,49	17,4

Во табелата 46 е прикажана промената на средните вредности на впивањето вода, дебелинското бабрење и волуменското бабрење при продолжен престој во вода (до 192 деноноќија) на еднаесетслојни фурнирски плочи слепени со фенолформалдехидно лепило.

Интензитетот на промената на впивањето вода и бабрењето на плочите зависи од времето на изложување на плочите на дејство на вода. Најголем интензитет на впивање

вода и бабрење на плочите се јавува во почетниот период на изложување на дејство на водата, по што овој интензитет опаѓа. Во крајниот период од изложување на плочите на дејството на вода, малиот интензитет на впивање вода не може да предизвика понатамошни промени во бабрењето на плочата.

Табела 46. Дебелинско бабрење, впивање вода и волуменско бабрење на букови фурнирски плочи [137]

Времетраење на третманот во вода [деноноќија]	Впивање вода (%)	Дебелинско бабрење (%)	Волуменско бабрење (%)
1	20,47	7,18	7,49
2	26,73	8,30	8,62
3	30,84	8,83	9,17
4	33,64	9,29	9,64
6	37,01	9,81	10,17
8	38,88	10,07	10,44
12	40,51	10,21	10,58
16	42,02	10,38	10,76
24	43,24	10,51	10,90
32	45,29	10,59	10,98
42	47,14	10,67	11,08
52	48,70	10,70	11,11
72	51,09	10,77	11,19
92	52,79	10,81	11,26
132	54,04	10,83	11,28
152	55,93	10,84	11,29
192	57,26	10,84	11,29

5.16.1.3. Топлински својства

Топлинските својства на фурнирските плочи зависат од дрвниот вид, зафатнинската маса, влажноста, температурата, насоката на дрвните влакна во однос на топлинскиот ток, видот и количеството на лепило.

Основните топло-физички карактеристики кои ги дефинираат топлинските својства на фурнирските плочи се: топлоспроводливоста, специфичната топлина и температурната спроводливост. Овие параметри претставуваат значаен фактор во процесот на лепење на фурнирските плочи.

Топлоспроводливоста е способност на фурнирските плочи да спроведуваат топлина и таа се дефинира со коефициентот на топлоспроводливост „ λ “, кој заедно со коефициентот на спроводливост на температурата „ a “ и специфичната топлина „ c “, ги сочинуваат топло-физичките карактеристики на фурнирските плочи.

Коефициентот на топлоспроводливост „ λ “ ($W/m \times K$) ја изразува количината на топлина која за единица време ќе помине низ плоча со одредена дебелина и површина од $1 m^2$, при разлика на температурата на надворешната и внатрешната страна на плочата од $1 ^\circ C$ или $1 K$. Според коефициентот на топлоспроводливост, фурнирските плочи спаѓаат во полуизолациони материјали.

Топлоспроводливоста на фурнирските плочи е нешто пониска во споредба со масивното дрво и покрај тоа што воздухот од порите на дрвото, кој претставува лош спроводник, е истиснат од лепилото. Ова е резултат на одреден степен на впресување на плочите што е условено од вкрстувањето на фурнирските листови.

Фурнирските плочи со вградени фурнирски листови со поголема зафатнинска маса имаат поголема топлоспроводливост.

Коефициентот на топлоспроводливост во значителна мера зависи од влажноста на фурнирите. При сите останати исти услови, коефициентот на топлоспроводливост се зголемува со зголемување на влажноста.

При стандардни услови на атмосферата, коефициентот на топлоспроводливост на фурнирските плочи изнесува приближно $0,110 \text{ W/m}\times\text{K}$.

Со зголемување на температурата во процесот на сушење и лепење на фурнирите, топлоспроводливоста се зголемува. Под влијание на високата температура, содржината на влага се преместува, зависно од текот на дрвните влакна и се разликува во лонгитудинална, радијална и тангенцијална насока, што резултира со загревање на фурнирската композиција.

Специфичната топлина „с“ претставува потребно количество на топлина изразено во (J) за загревање на 1 kg од некоја материја за 1 °C. Специфичната топлина на фурнирските плочи во однос на масивното дрво од ист вид е поголема и зависи од видот и количеството на лепило кое е нанесено на фурнирските листови. Со зголемување на количеството на лепило се зголемува и специфичната топлина.

Специфичната топлина (с) се изразува со користење на следната формула:

$$c = 1,72 \left[U \left(1 + \frac{t}{100} \right) \right]^{0,2} (\text{KJ/kg}\text{°C}),$$

каде што:

- U - влажност на фурнирот (%);
- t - температура (°C).

Температурната спроводливост „а“ претставува способност на дрвото, односно на фурнирската плоча да ја менува својата температура и се изразува преку брзината на менување на температурата внатре во дрвото, односно плочата во процесот на греење и ладење. Со зголемување на влажноста на фурнирската плоча коефициентот на температурна спроводливост се намалува. Коефициентот на температурна спроводливост во радијална насока е поголем за 1,15 пати во споредба со тангенцијалната насока. Текот на температурата зависи од видот и влажноста на дрвото, насоката на дрвните влакна, специфичната топлина, топлоспроводливоста и од зафатнинската маса на дрвото. Интензитетот на загревањето е право пропорционален со температурната спроводливост.

Коефициентот на температурна спроводливост (а) се добива по формулата:

$$a = \frac{\lambda}{c \times \gamma} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right),$$

каде што:

- γ - зафатнинска маса на дрвото (kg/m^3).

5.16.1.4. Акустични својства

Акустичните својства на фурнирските плочи имаат големо значење за нивна примена како материјали за обложување во објектите.

Во однос на другите материјали кои се користат во градежништвото, од аспект на акустичноста, фурнирските плочи имаат предност, бидејќи се одликуваат со изразено својство на впивање на звукот, што овозможува широка примена во обложувањето на сидовите и таваните во концертни сали, кино сали, театри, радио и ТВ-студија и сл. За разлика од останатите порозни материјали кај коишто звукот продира во порите со претворање на енергијата на звукот во топлинска енергија, фурнирските плочи се однесуваат како мембрани, при што голем дел од звукот се троши на вибрациите (треперењето) на мембраната, а сосема мал дел се рефлектира. Со оглед на треперењето, погодни се тенките фурнирски плочи кои го впиваат звукот без одек.

Со цел улогата на плочата како мембрана да дојде до полн израз, при обложување на сидовите, потребно е фурнирската плоча да се оддалечи од сидот. Во однос на

масивното дрво и другите порозни материјали, фурнирските плочи доста добро ги впиваат длабоките тонови.

Од посебен интерес во истражувањето на акустичните својства е определувањето на коефициентот на впивање на звук „ α “ при паѓање на звучните бранови нормално на површината на плочата. За испитување на ова својство се користи посебен уред-интерферометар. Овој коефициент не може директно да се измери, туку се мери коефициентот на одбивање на звукот „ β “, а потоа преку формула се пресметува коефициентот на впивање на звукот „ α “.

$$\alpha = 1 - \beta^2.$$

5.16.1.5. Електрични својства

Електричните својства на дрвото се дефинирани преку електричната спроводливост, односно електричниот отпор на дрвото, електричната пробојност и диелектричните особини.

Овие својства на фурнирските плочи зависат од градбата и влажноста на фурнирските листови и од температурата. Стврднатите слоеви на лепило во конструкцијата на фурнирската плоча позитивно влијаат на подобрување на изолационите својства.

Полниот електричен отпор претставува резултат на влијанието на волуменскиот и површинскиот отпор. Волуменскиот отпор претставува отпор кој го дава фурнирската плоча на протекување на електрична струја низ волуменот на плочата, а површинскиот отпор е изразен преку пружањето отпор на протекување на електрична струја по површината на плочата.

Значајно влијание врз електричниот отпор на фурнирските плочи има нивната влажност. Со зголемување на влажноста се намалува електричната отпорност на плочата. Со зголемување на температурата доаѓа со намалување на волуменскиот електричен отпор.

Иако дрвната материја поседува диелектрични особини, при определени услови (температура, влага и определени параметри на електричното поле) дрвото, односно фурнирската плоча може да спроведе струја.

Однесувањето на дрвото во процесот на лепење на фурнирските плочи во поле на високофреквентна струја, претставува основа за лепење на специјални обликувани фурнирски плочи-отпресоци (седишта, наслони, закривени елементи на фотелји, летви за лежаи, послужавници, цевки и сл.).

5.16.2. Механички својства

Механичките својства на фурнирските плочи се од основно значење за нивна примена како носив, конструктивен материјал, кој мора да поседува отпорност на делување на надворешни механички сили.

При употреба на фурнирските плочи во инженерски конструкции во градежништвото тие се изложени на различни оптоварувања (делување на сили на свиткување, затегнување, притисок, како и комбинирани оптоварувања). Соодветните фурнирски плочи вградени во вакви конструкции треба да ги издржат сите оптоварувања на кои се изложени, без притоа да дојде до губење на носивоста и стабилноста на елементот или на целата конструкција. За правилна примена на фурнирските плочи е неопходно познавање и определување на нивните механички карактеристики.

Фурнирските плочи се карактеризираат со високи механички својства наспроти нивната мала маса и дебелина.

Во групата на механички својства спаѓаат:

- јакост на свиткување (паралелно и напречно во однос на протегањето на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист);
- модул на еластичност при свиткување;

- јакост на затегнување (паралелно, напречно и под агол од 0 до 90° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист);
- модул на еластичност при затегнување (паралелно, нормално и под агол од 0 до 90° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист);
- јакост на смолкнување;
- јакост на притисок;
- тврдост.

Механичките својства кај фурнирските плочи зависат од дрвниот вид, зафатнинската маса, видот на лепилото, конструкцијата на плочите, влажноста, технологијата на производство, начинот на изработка на фурнирите и од грешките на дрвото.

Влажноста влијае на квалитетот на лепењето и на јакоста на плочата. Со зголемување на влагата до точката на сатурација, доаѓа до нагло намалување на јакоста на затегнување, свиткување и притисок, а над ова намалувањето е со помал интензитет.

Во табелата 47 е прикажано влијанието на дебелината, дрвниот вид, бројот на слоеви, влажноста и зафатнинската маса врз модулот на еластичност, јакоста на свиткување и јакоста на затегнување на фурнирските плочи.

Табела 47. Модул на еластичност, јакост на свиткување и јакост на затегнување на фурнирските плочи во зависност од дебелината, дрвниот вид, бројот на слоеви, влажноста и зафатнинската маса [105]

Дебелина (mm)	Дрвен вид	Број на слоеви	Влажност (%)	Зафатнинска маса (g/cm ³)	Модул на еластичност (N/mm ²)	Јакост на свиткување (N/mm ²)	Јакост на затегнување (N/mm ²)
3	бука	3	10,8	0,76	11 858	99	60,4
4	бука	3	10,3	0,71	11 956	113,6	68
4	смрча	3	10,3	0,58	7 350	61,9	33,4
6	бука	5	11	0,74	12 054	120	86
6	бука	3	11,6	0,71	10 388	80,5	49,2
8	бука	5	11,4	0,71	8 624	83,3	61
8	бука	7	11,3	0,73	9 604	100	74,5
10	бука	5	9	0,69	7 448	83	56,4
10	смрча	5	10,1	0,50	4 904	36	21
12	бука	9	9	0,79	9 310	95	62
12	бука	7	11,9	0,72	8 820	85	60
12	смрча	5	10,6	0,43	3 430	26	11
15	бука	9	11,5	0,75	6 370	57	40

Вградувањето на сечени фурнири во фурнирската композиција позитивно влијае на механичките својства на плочата со оглед на тоа дека длабочината и бројноста на отворените пукнатини кај лупените фурнири е поголема.

Со комбинирање на дрвните видови и дебелината на фурнирите може да се влијае на физичко-механичките својства на фурнирските плочи. Со намалување на дебелината на фурнирските листови во структурата на плочата, за една иста дебелина на плоча, доаѓа до пораст на вредностите на јакоста на затегнување во сите насоки.

Распоредот на дебелините и ориентацијата на фурнирите во фурнирската плоча значајно влијае врз вредностите на механичките својства на фурнирските плочи. Во табелата 48 се прикажани вредностите на одделни својства во насока на дрвните влакна и напречно на дрвните влакна од површинските фурнири на деветслојни букови фурнирски плочи при различен распоред на фурнирите со дебелина од 1,2; 1,5; 2,2 и 3,2 mm. Податоците покажуваат дека највисоки вредности на механичките својства се јавуваат кај плочата кај којашто поголем процент од дебелината на плочата ја сочинуваат фурнири чија ориентација на дрвните влакна е во насока на силата на делување. Ваквиот сооднос на вредностите покажува дека при формирање на композициите на фурнирски плочи преку дефинирање на дебелините на фурнирите и нивниот распоред во композицијата може

однапред да се димензионираат механичките својства на плочите во зависност од потребите на подрачјето на нивна примена.

Табела 48. Механички својства на деветслојни букови фурнирски плочи во зависност од распоредот и ориентацијата на фурнирите [136]

Распоред и ориентација на фурнирите	Јакост на затегнување II (N/mm ²)	Јакост на затегнување ⊥ (N/mm ²)	Јакост на свиткување II (N/mm ²)	Јакост на свиткување ⊥ (N/mm ²)	Јакост на притисок II (N/mm ²)	Јакост на притисок ⊥ (N/mm ²)
1,2 _{II}	60,55	73,17	66,71	71,34	45,39	52,31
1,5 _⊥						
2,2 _{II}						
3,2 _⊥						
3,2 _{II}						
3,2 _⊥						
2,2 _{II}						
1,5 _⊥						
1,2 _{II}						
1,2 _{II}						
1,5 _⊥						
3,2 _{II}						
2,2 _⊥						
3,2 _{II}						
2,2 _⊥						
3,2 _{II}						
1,5 _⊥						
1,2 _{II}						
1,2 _{II}	54,11	74,63	64,16	83,87	48,77	54,98
3,2 _⊥						
1,5 _{II}						
2,2 _⊥						
3,2 _{II}						
2,2 _⊥						
1,5 _{II}						
3,2 _⊥						
1,2 _{II}						
3,2 _{II}						
1,2 _⊥						
1,5 _{II}						
2,2 _⊥						
3,2 _{II}						
2,2 _⊥						
1,5 _{II}						
1,2 _⊥						
3,2 _{II}						

Широкото подрачје на примена на фурнирските плочи е условено и од својствата на еластичност и пластичност. Во споредба со масивното дрво, еластичноста на фурнирските плочи е значително повисока. На еластичните и пластичните својства на плочата влијаат: дрвниот вид, дебелината, бројот на слоеви, насоката на дрвните влакна и видот на лепилото. Со зголемување на дебелината на плочата со ист број на слоеви, еластичноста на плочата се намалува. Модулот на еластичност зависи од насоката на протегање на дрвните влакна во конструкцијата, но со пораст на бројот на слоевите, оваа разлика во поглед на насоката на дрвните влакна се намалува. Порастот на бројот на слоеви на плочата доведува до намалување на анизотропноста.

Еластичноста по должина на влакната е многукратно поголема во однос на напречната насока. Со комбинирање на дрвните видови, дебелината, бројот и положбата на слоевите во конструкцијата, може да се влијае на обезбедување на потребната еластичност. Со зголемување на влажноста и температурата се зголемува пластичноста, бидејќи под влијание на овие фактори се намалува внатрешното триење. Видот на дрвото влијае врз пластичните својства кои се подобри кај лисјарските видови. Послабо

изразените пластични својства кај иглолисните видови се последица на поедноставната анатомска градба.

Пластичните својства на фурнирските плочи се користат при пресувањето и свиткувањето на фурнирските плочи во изработката на разновидни свиени детали (наслони и седалки за столови, свиени елементи кај фотелји, разни садови, спортски реквизити, играчки и други профилирани елементи).

Тврдоста на плочата е својство на отпорност на продирање на друго тело во неа. Тврдоста зависи од анатомската градба на дрвото, влажноста, типот на лепење, специфичниот притисок при пресувањето, времетраењето на пресувањето и температурата на пресување. Тврдоста на фурнирските плочи има значење во нивната примена како материјал за подни облоги во транспортната индустрија.

5.17. ИСПИТУВАЊЕ НА ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИТЕ СВОЈСТВА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Без оглед на целта, обемот и карактерот на испитувањето на физичко-механичките својства на фурнирските плочи, постојат усвоени и пропишани методи за испитување. Во нашата земја до неодамна беа на сила националните МКС-стандарди, а сега веќе се хармонизирани со европските норми, односно во важност се МКС EN-стандардите. Со стандардите се пропишуваат постапките и методите за испитување на одделни физичко-механички својства на плочите, како и минималните вредности кои плочите треба да ги задоволат во поглед на испитаните својства.

Испитувањето на својствата на плочите се врши со помош на пробни тела кои се изработуваат од плочите - примероци за испитување.

5.17.1. Изработка на пробни тела за испитување на својствата на плочите

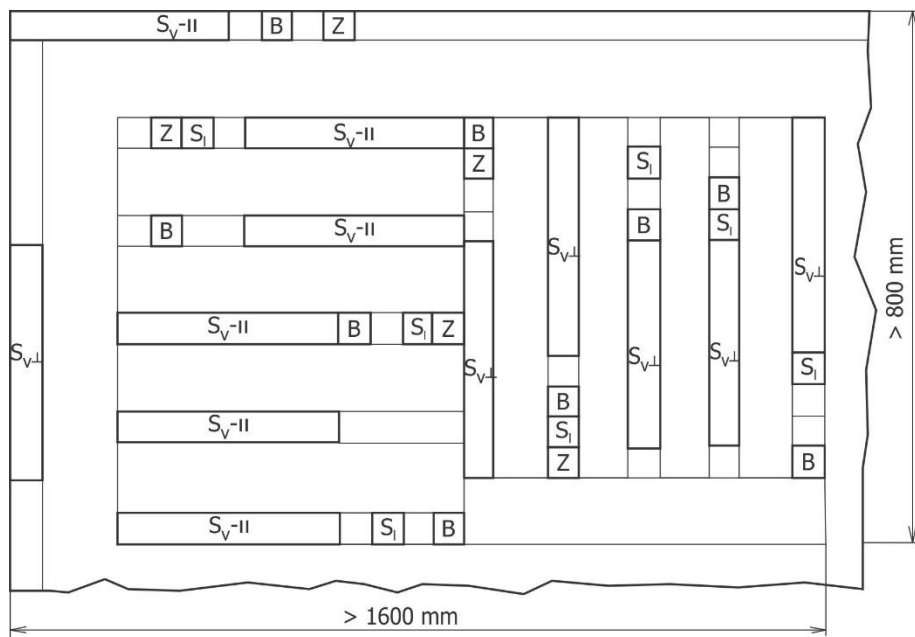
Изработката на примероци и пробни тела за испитување на физичките и механичките својства на фурнирските плочи е дефинирана со стандардот МКС EN 326-1, според кој се дефинирани големината на примероците за испитување и начинот на кроење на пробните тела кај плочите на основа на дрво. Примерокот за испитување се зема по случаен избор.

Земањето на примероците од плочата претставник се врши според кројна шема која се изработува врз основа на насоките дефинирани во стандардот. Пример за кројна шема за изработка на пробни тела за испитување на некои својства на плочите е прикажана на сликата 225. Покрај наведените пробни тела, може да се искројат и пробни тела за испитување на јакоста на затегнување, јакоста на смолкнување и останати својства кои имаат значење за употребата на фурнирските плочи. Бројот на пробните тела потребни за испитување на дадено својство е дефиниран со горенаведениот стандард и со стандардите за одделните својства.

Пред кроењето на пробните тела, примерокот за испитување се орабува, со цел да се отстрани заштитата на кантовите, како и евентуалните оштетувања на кантовите. При кроење на примерокот за испитување во пробни тела, за секоја група пробни тела (дадено својство), по едно пробно тело треба да биде искроено од рабовите на примерокот.

Димензиите на пробните тела за испитување на различните својства се дефинирани во одделните стандарди во кои се опишани методите за испитување на секое поединечно својство.

Пред испитување на одделните својства, пробните тела се климатизираат во лабораториски услови со поставување во клима-комора во која се регулира температурата на воздухот во граници од 20 ± 2 °C и релативна влажност на воздухот од 65 ± 5 %. Во ваква состојба пробните тела остануваат сè до постигнување на константна маса. Влажноста на пробните тела по климатизирањето треба да се стабилизира во граници од 9 ± 3 %.



Слика 225. Кројна шема за земање примерок за испитување и изработка на пробни тела

S_{v-||}-пробни тела за испитување на јакоста на свиткување ориентирани паралелно на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист; S_{v-⊥}-пробни тела за испитување на јакоста на свиткување ориентирани напречно на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист; Z-пробни тела за испитување на зафатнинската маса и влажноста; B-пробни тела за испитување на дебелинското бабрење; S₁-пробни тела за испитување на јакоста на слепување

5.17.2. Испитување на физичките својства

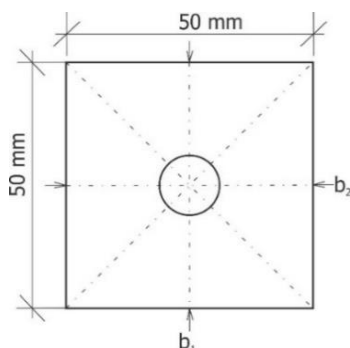
5.17.2.1. Определување на зафатнинската маса

Зафатнинската маса на фурнирските плочи се испитува во согласност со стандардот МКС EN 323.

За определување на зафатнинската маса потребно е да се измерат масата и димензиите на пробните тела (ширина, должина и средна дебелина).

Зафатнинската маса се определува како однос помеѓу масата и волуменот на пробните тела.

Ова својство се испитува на минимум шест пробни тела со димензии 50 x 50 mm.



Слика 226. Димензии на пробно тело за определување на зафатнинската маса

Дебелината на пробното тело се мери со микрометар (компаратор) со точност од 0,01 mm во едно мерно место во пресекот на дијагоналите. Ширината и должината на пробното тело (b₁ и b₂) се мерат со шублер со точност од 0,1 mm на мерни места паралелни со рабовите на пробните тела, означени како на сликата 226.

Масата на пробното тело се мери на вага со точност од 0,01 g.

Од добиените вредности се врши пресметка на зафатнинската маса (γ) за секое пробно тело посебно, според формулата:

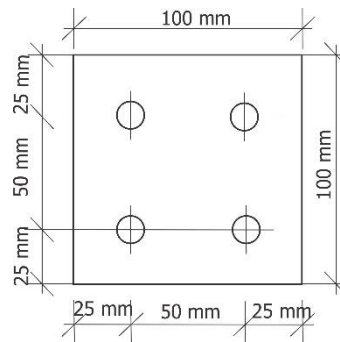
$$\gamma = \frac{m}{V} = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times d} \times 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)},$$

каде што:

- m - маса на пробното тело (g);
- V - волумен на пробното тело (mm³);
- d - дебелина на пробното тело (mm);
- b_1 - должина на пробното тело (mm);
- b_2 - ширина на пробното тело (mm).

Од добиените вредности на зафатнинската маса за секое пробно тело се пресметува средна вредност на зафатнинската маса за дадените фурнирски плочи.

Пред хармонизацијата на македонските национални стандарди со европските норми, ова својство се испитуваше согласно со националниот стандард МКС Д.А8.064/85. Постапката за испитување согласно со овие два стандарди е иста. Разлика се јавува во димензиите на пробните тела за испитување кои изнесуваат 100 x 100 mm со означени четири мерни места за мерење на дебелината на пробното тело (сл. 227).



Слика 227. Димензии на пробно тело за определување на зафатнинската маса според МКС Д.А8.064/85

5.17.2.2. Определување на влажноста

Влажноста на плочите се испитува во согласност со стандардот МКС EN 322. За таа цел се користат минимум четири пробни тела. Масата на пробното тело не треба да биде под 20 g. Димензиите и формата на пробните тела за испитување на ова својство немаат значење. За определување на влажноста се користи гравиметриската метода, според која потребно е да се измери масата на пробното тело пред сушење и масата по сушењето во лабораториска сушилница на температура од 103±2 °C до константна маса. Константната маса се смета дека е постигната кога резултатите од две последователни мерења на масата во интервал од 6 часа не се разликуваат повеќе од 0,1 % од масата на пробното тело. По сушењето пробните тела се ладат во ексикатор (стаклен сад во кој има дехидрационо средство).

Релативната влажност (W) се пресметува според формулата:

$$W_r = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100 [\%],$$

каде што:

- m_v - маса на пробното тело пред сушење (во климатизирана состојба) (g);
- m_s - маса на пробното тело по сушење (g).

Согласно со претходно важечкиот национален стандард МКС Д.А8.062/85, ова својство се испитува на истиот начин на најмалку 10 пробни тела со дефинирани димензии од 100 × 100 mm.

5.17.2.3. Определување на отпорноста на влага и вода (постојаност на влага)

Во рамките на воведното разгледување на поимот и основната поделба на фурнирските плочи, извршена е поделба на плочите на внатрешен, среден, полунадворешен и надворешен тип на плочите. Основните карактеристики на наведените типови фурнирски плочи се условени од степенот на отпорност на лепењето на влијанието на влага и вода. Со оглед на тоа што оваа поделба на плочите е врз основа на претходните национални македонски стандарди и испитувањето на ова својство ќе биде опишано согласно со претходно важечкиот стандард МКС Д.С5.040.

Постојаноста на влага претставува отпорност на раслојување и појава на пукнатитни при изложување на плочите на дејството на влага и вода.

Методот за испитување на отпорноста на лепилото на влага и вода опфаќа изработка на три пробни тела со димензии 100 × 100 mm од секој примерок. Пробните тела се третираат на различни начини во зависност од типот на плочата која се испитува. Третманите опфаќаат:

- изложување на дејство на воздушна струја со температура од 23±2 °C и релативна влажност од 50±5 %;
- изложување на дејство на топол воздух со температура од 60±2 °C и релативна влажност од 30 %;
- изложување на дејство на студена вода со температура од 20±2 °C;
- изложување на дејство на жешка вода со температура од 67±0,5 °C;
- изложување на дејство на вриечка вода со температура од 100 °C.

Кај третманите со вода, пробните тела мора постојано да бидат под вода, во вертикална положба, без меѓусебно допирање и контакт со сидовите на садот.

Третманот на пробните тела изработени од плочи тип ТП 20 опфаќа потопување во вода на температура од 20±2 °C во времетраење од 24 часа.

Пробните тела земени од плочи тип ТП 67 се потопуваат во жешка вода со температура од 67±0,5 °C во времетраење од 3 часа и потопување во студена вода на температура од 20±2 °C во времетраење од 2 часа.

Третманот на пробните тела изработени од плочи тип ТП 100 опфаќа потопување во вриечка вода на температура од 100°C во траење од 6 часа, потоа потопување во студена вода на температура од 20±2 °C во времетраење од 2 часа.

Пробните тела земени од плочи тип ТП 100Т се потопуваат во вриечка вода на температура од 100 °C во времетраење од 4 часа, потоа се изложуваат на топол воздух со температура од 60±2 °C и релативна влажност од 30 % во времетраење од 16 до 20 часа, потоа повторно се потопуваат во вриечка вода на температура од 100 °C во времетраење од 4 часа и потопување во студена вода на температура од 20±2 °C во времетраење од 2 до 3 часа.

По изложувањето на ваквите третмани, јакоста на смолкнување на плочите мора да биде соодветна на минималните пропишани вредности согласно со стандардите за ваков тип на испитување.

5.17.2.4. Определување на впивањето вода и дебелинското бабрење

Впивањето вода и дебелинското бабрење на фурнирските плочи се испитуваат во согласност со националниот стандард МКС Д.Ц8.104/83 на најмалку 10 пробни тела со димензии 100 × 100 mm.

Испитувањето на овие својства опфаќа изложување на пробните тела на воден третман. Третманот во вода опфаќа потопување на пробните тела во вода со температура од 20±2 °C во времетраење од 24 часа. Пробните тела се поставуваат на кант, при што не

треба да се допираат меѓусебно, ниту со сидовите на садот во кој се потопени. Нивото на водата над пробните тела треба да изнесува најмалку 25 mm. По третманот од 24 часа, пробните тела се вадат и се оставаат да се исцедат, а вишокот вода се отстранува со впивање со филтер-хартија.

За определување на впивањето вода се мерат масите на пробните тела пред и по третманот во вода. Впивањето вода може да се изрази во апсолутни или во релативни вредности. Апсолутната вредност (U_a) покажува колку вода во грамови може да прими плочата, а релативната (U_r) во %.

$$U_a = m_v - m_k \text{ (g) – апсолутно впивање,}$$

$$U_r = \frac{m_v - m_k}{m_k} \times 100 \text{ (%) – релативно впивање,}$$

каде што:

- m_v - маса на пробното тело по третманот со вода (по потопување во времетраење од 24 часа) (g);
- m_k - маса на пробното тело во климатизирана состојба (g).

За определување на дебелинското бабрење се мери дебелината на пробните тела пред и по третманот во вода.

Дебелинското бабрење се изразува како апсолутна (Bd_a) и релативна вредност (Bd_r):

$$Bd_a = d_v - d_k \text{ (mm) – апсолутно дебелинско бабрење,}$$

$$Bd_r = \frac{d_v - d_k}{d_k} \times 100 \text{ (%) – релативно дебелинско бабрење,}$$

каде што:

- d_v - дебелина на пробното тело по третманот со вода (по потопување во времетраење од 24 часа) (mm);
- d_k - дебелина на пробното тело во климатизирана состојба (mm).

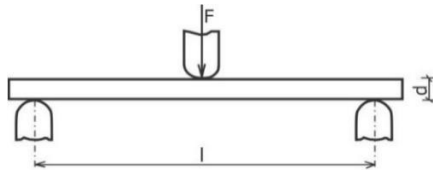
Испитувањето на овие својства може да се изврши и во согласност со стандардот МКС EN 317 кој се однесува на плочи од дрвени иверки и плочи влакнатици, на пробни тела со димензии 50 × 50 mm. Постапката за испитување согласно со овој стандард е иста со погоре опишаната.

5.17.3. Испитување на механичките својства

5.17.3.1. Определување на јакоста на свиткување и модулот на еластичност при свиткување

Јакоста на статичко свиткување и модулот на еластичност при свиткување на фурнирските плочи се испитуваат во согласност со националниот стандард МКС EN 310. Притоа, ова својство се испитува нормално на рамнината на плочата и тоа во две насоки: паралелно и напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Пробните тела се со должина од $20d + 50$ mm и ширина 50 mm. Пробните тела се оптоваруваат со статичка сила на свиткување. Таа дејствува на средина од должината на пробното тело по целата негова ширина. Пробното тело се поставува на два носачи кои се поставени на меѓусебно осовинско растојание „l“ од 20 d. Носачите и притискувачот имаат заоблена површина со радиус на заоблување од 1,5 дебелини на пробното тело.



Слика 228. Пробно тело оптоварено со статичка сила на свиткување

За испитување на јакоста на свиткување и модулот на еластичност при свиткување паралелно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата, должината на пробните тела е паралелна на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Испитувањето на јакоста на свиткување и модулот на еластичност при свиткување напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се врши врз пробни тела чијашто должина е напречна на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Јакоста на свиткување се пресметува според следната формула:

$$\sigma_s = \frac{3 \times F_{max} \times l}{2 \times b \times d^2} \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

каде што:

- σ_s - јакост на свиткување (N/mm²);
- F_{max} - максимална сила на свиткување (N);
- l - растојание помеѓу носачите (mm);
- b - ширина на пробното тело (mm);
- d - дебелина на пробното тело (mm).

Модулот на еластичност е во функција на јакоста на свиткување и се испитува на истите пробни тела како и јакоста на свиткување, при што тие се оптоваруваат со 10 до 40 % од максималната сила на свиткување која предизвикува кршење. Модулот на еластичност при свиткување се пресметува од линеарниот дел на кривата сила - флексија при оптоварувања од 10 до 40 % од максималната сила на свиткување која предизвикува кршење (сл. 229). При испитувањето се отчитува промената на флексијата при секоја промена на силата на свиткување.

Врз основа на добиените податоци од мерењата, модулот на еластичност при свиткување се пресметува според формулата:

$$E_{sv} = \frac{\Delta F \times l^3}{4b \times d^3 \times \Delta f} \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

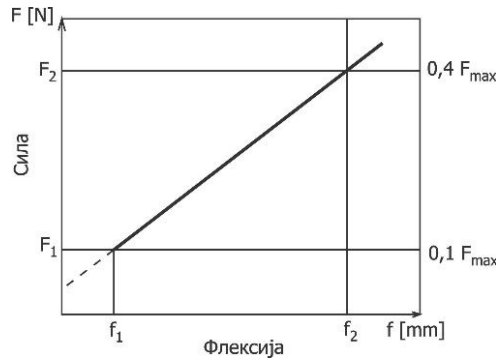
$$\Delta F = F_2 - F_1 \text{ (N)},$$

$$\Delta f = f_2 - f_1 \text{ (mm)},$$

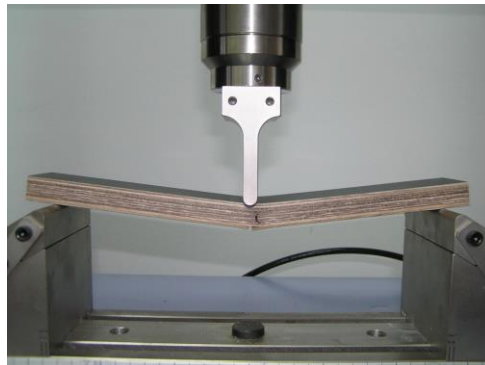
каде што:

- E_{sv} - модул на еластичност при свиткување (N/mm²);
- ΔF - промена на силата при која е мерена промената на флексијата (N);
- F_1 - сила на свиткување која изнесува 10 % од максималната сила на кршење (N);
- F_2 - сила на свиткување која изнесува 40 % од максималната сила на кршење (N);
- Δf - промена на флексијата (mm);
- f_1 - флексија при оптоварување од 10 % од максималната сила на кршење (mm);
- f_2 - флексија при оптоварување од 40 % од максималната сила на кршење (mm);
- l - растојание помеѓу носачите (mm);
- b - ширина на пробното тело (mm);

– d - дебелина на пробното тело (mm).



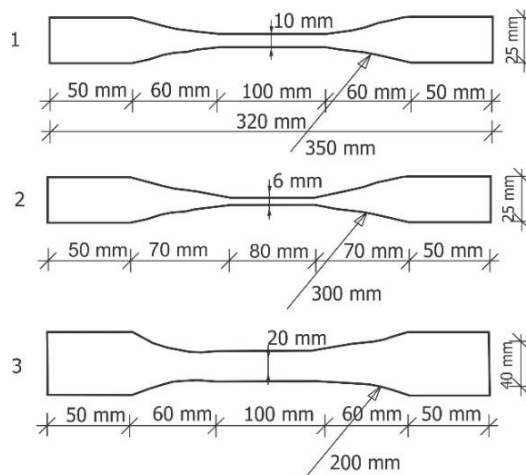
Слика 229. Дијаграм сила-флексија во подрачјето на еластичните деформации



Слика 230. Испитување на јакоста на свиткување на фурнирски плочи [137]

5.17.3.2. Определување на јакоста на затегнување

Јакоста на затегнување на фурнирските плочи се испитува во согласност со националниот стандард МКС Д.А8.066/85. Испитувањето на ова својство се врши на пробни тела во форма на „виљушки“ чии димензии зависат од насоката на дејство на силата на затегнување во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови (сл. 231).



Слика 231. Форма и димензии на пробните тела за испитување на јакоста на затегнување
 1-пробни тела за испитување на јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна од површината на плочата за плочи со дебелина помала од 5 mm;
 2-пробни тела за испитување на јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна од површината на плочата за плочи со дебелина над 5 mm;
 3-пробни тела за испитување на јакоста на затегнување под агол на дрвните влакна од површината на плочата

Јакоста на затегнување се испитува во насока на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, како и под агол од 0 до 90° во однос на протегањето на дрвните влакна од површината на плочата.

За испитување се земаат најмалку три пробни тела за секоја од насоките на испитување, но се препорачуваат повеќе (од 5 до 10). Формата на пробните тела зависи од дебелината на плочата и од насоката на дејство на силата на затегнување во однос на насоката на протегање на дрвните влакна (сл. 231).

Јакоста на затегнување (σ_z) се пресметува според следната формула:

$$\sigma_z = \frac{F_{\max}}{a} \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

каде што:

- F_{\max} - максимална сила на затегнување (N);
- a - површина на напречниот пресек на ломот (mm²).



Слика 232. Испитување на јакоста на затегнување на фурнирски плочи [137]

5.17.3.3. Определување на јакоста на притисок

Јакоста на притисок е својство кое не се испитува задолжително. Притоа се разликува притисок на површината и притисок на кантот на пробното тело.

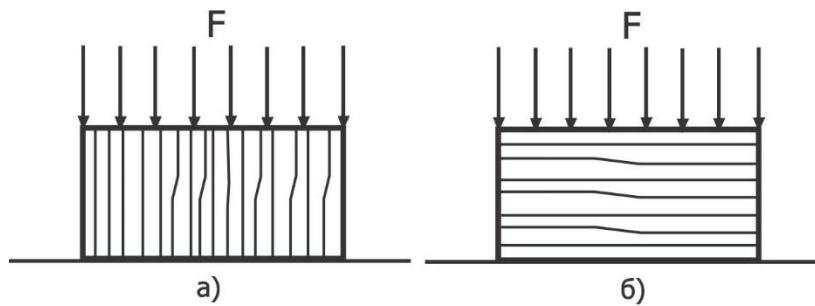
Јакоста на притисок на кантот се испитува во согласност со националниот стандард МКС Д.А8.070/85 на пробни тела со димензии 50 × 6d × d mm. Потребни се најмалку 10 пробни тела, при што на половина од пробните тела при испитувањето силата на притисок делува во насока на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, а на другата половина, напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови (сл. 233).

Јакоста на притисок на кантот на пробното тело (σ_p) се пресметува според формулата:

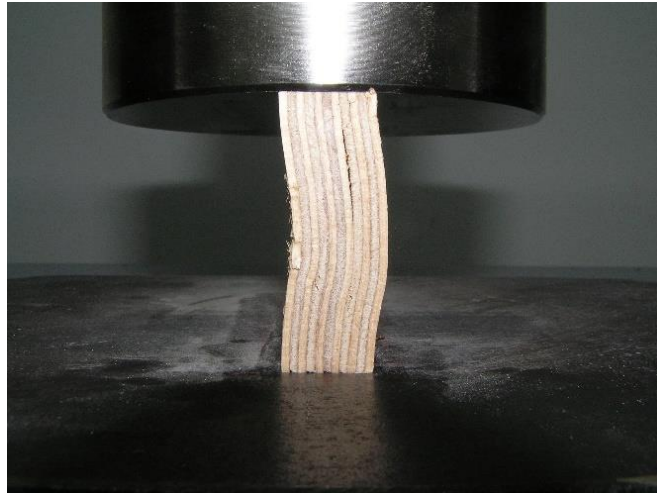
$$\sigma_p = \frac{F_{\max}}{l \times d} \text{ (N/mm}^2\text{)}, \quad l = 6d ,$$

каде што:

- F_{\max} - максимална сила на притисок (N);
- d - дебелина на пробното тело (mm);
- l - должина на пробното тело (mm).



Слика 233. Шема на делување на силата на притисок
 а-во насока на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
 б-напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови



Слика 234. Испитување на јакоста на притисок на фурнирски плочи [137]

5.17.3.4. Определување на јакоста на смолкнување

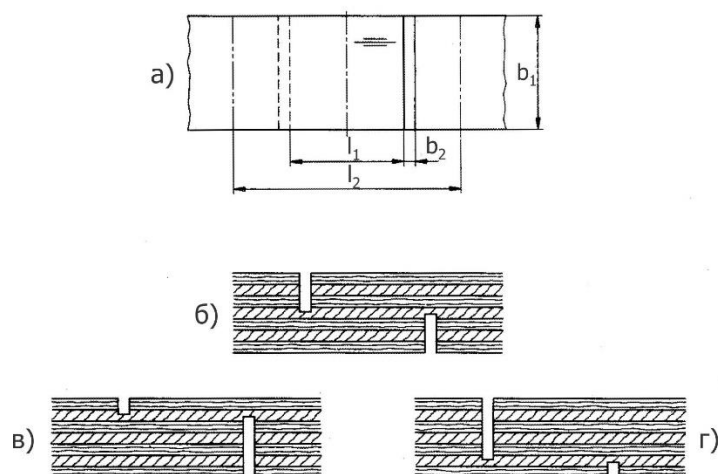
Јакоста на смолкнување на фурнирските плочи се испитува во согласност со националниот стандард МКС EN 314-1 и МКС EN 314-2 кој го дефинира квалитетот на слепување на фурнирските листови во плочата преку тестови на смолкнување.

За испитување на ова својство се користат пробни тела со димензии $25 \times 150 \times d$ mm, изработени на начин како што е прикажан на сликата 235. Секое пробно тело е исечено така што насоката на дрвните влакна во слојот што се наоѓа помеѓу два лепилни слоја кои се испитуваат се протега напречно на должината на пробното тело. Резовите кои се направени со пила, секогаш завршуваат внатре во слојот од фурнир.

Испитувањето се врши со оптоварување на затегнување, така што силата на затегнување треба да се доведува со константна брзина која ќе овозможи смолкнување на пробното тело после 30 ± 10 s. Површината на смолкнување е однапред дефинирана преку димензиите и начинот на изработка на пробните тела. Оваа површина изнесува $25 \pm 0,5 \times 25 \pm 0,5$ mm.

Пробните тела пред испитувањето соодветно се подготвуваат. Начинот на подготовката зависи од типот на плочата, односно од нејзината намена според условите на влажност. Во зависност од тоа дали плочите се наменети за внатрешна употреба, за услови на зголемена влажност или пак за надворешна употреба, претходната подготовка опфаќа потопување на пробните тела во вода на температура од 20 ± 2 °C во времетраење од 24 часа или пак третмани со потопување во вриечка вода и комбинирани третмани во студена вода, вриечка вода и циркулација на топол воздух.

По извршената подготовка на некој од опишаните начини, се врши испитување на јакоста на смолкнување.



Слика 235. Начин на подготовка на пробните тела за испитување на јакоста на смолкнување

- l_1 -должина на површината на смолкнување ($l_1=25\pm 0,5$ mm);
- b_1 -ширина на површината на смолкнување (ширина на пробното тело) ($b_1=25\pm 0,5$ mm);
- b_2 -ширина на резот на пилата ($2,5\div 4,0$ mm);
- l_2 -најмало растојание помеѓу клештите за затегнување на машината за испитување ($l_2=50\pm 0,5$ mm)

Јакоста на смолкнување се пресметува според формулата:

$$f_v = \frac{F}{l \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

каде што:

- f_v - јакост на смолкнување (N/mm^2);
- F - максимална сила на затегнување (N);
- l - должина на површината на смолкнување (mm);
- b - ширина на површината на смолкнување (mm).

По испитувањето на јакоста на смолкнување, треба да се определи и уделот на откорнатини на површината на смолкнување преку споредба на површините со фотографии дадени во прилог на стандардот.



Слика 236. Испитување на јакоста на смолкнување на фурнирски плочи [137]



Слика 237. Изглед на смолкнати површини по испитување на јакоста на смолкнување [137]

5.17.3.5. Степен на слепеност

Испитувањето на степенот на слепеност се врши со цел да се дефинира квалитетот на плочите и нивната класа.

Кога се работи за стандардни фурнирски плочи за мебел и ентериер ова својство не мора да се испитува, така што како параметри за квалитетот се земаат вредностите за јакоста на смолкнување. За градежни плочи испитувањето на степенот на слепеност е задолжително.

За испитување се изработуваат најмалку две пробни тела со димензии 200 x 100 mm.

Во зависност од типот на плочата, пробните тела се третираат во вода и потоа се испитуваат.

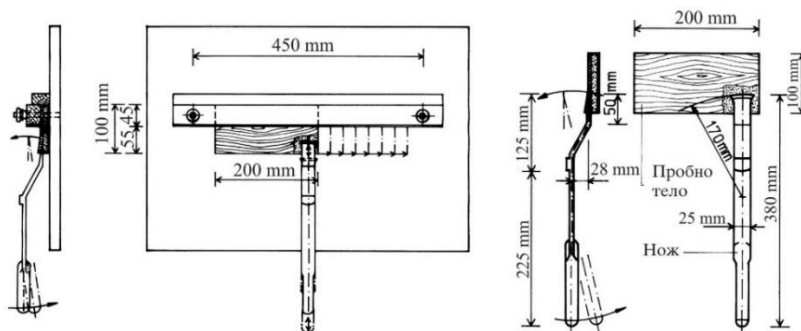
За плочи тип ТП 20 (плочи за внатрешна употреба во простории со ниска влажност на воздухот), пробните тела се потопуваат во вода на температура од 20 ± 2 °C во времетраење од 24 часа, а потоа се испитува степенот на слепеност.

За плочи тип ТП 67 (плочи за примена во простории со зголемена влажност на воздухот и краткотрајно изложување на допир со вода), пробните тела се потопуваат во вода на температура од $67 \pm 0,5$ °C во траење од 3 часа, потоа потопување во студена вода на температура од 20 ± 5 °C во траење од 2 часа.

За плочи тип ТП 100 (плочи за употреба во надворешни услови со зголемена влага на воздухот и дејство на атмосферлиии), пробните тела се потопуваат во вриечка вода на 100 °C во времетраење од 6 часа, а потоа во студена вода на температура од 20 ± 5 °C во траење од 2 часа.

За плочи тип ТП 100 Т (плочи за надворешна употреба вклучително со делување на вода и тропска клима), пробните тела се потопуваат во вриечка вода на 100 °C во времетраење од 4 часа, потоа се изложуваат на дејство на топол воздух со температура од 60 ± 2 °C во траење од 16 до 20 часа, потоа повторно се потопуваат во вриечка вода на 100 °C во времетраење од 4 часа и на крај се потопуваат во студена вода на температура од 20 ± 5 °C во траење од 2 до 3 часа.

По ваквиот третман се врши испитување на степенот на слепеност со специјално длето со кое се врши одлепување на фурнирските листови еден од друг. Степенот на слепеност се определува со споредување на површините од одлепените фурнири со фотографии кои се дадени во стандардот за степенот на слепеност. Стандардниот или нормалниот степен на слепеност се движи во границите од 4 до 5.



Слика 238. Уред со длето за одлепување на фурнирските листови



Слика 239. Определување на степенот на слепеност на фурнирски плочи [98]



Слика 240. Изглед на површините на фурнирите по одлепувањето [136]

5.18. СПЕЦИЈАЛНИ ВИДОВИ ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Специјалните фурнирски плочи опфаќаат широк спектар на производи кои се разликуваат од стандардните фурнирски плочи со своите специфични својства кои произлегуваат од начинот на нивната изработка.

5.18.1. Фурнирски плочи со специјална конструкција

Овие фурнирски плочи се разликуваат од стандардните фурнирски плочи по својата конструкција, односно по бројот на фурнирски листови, начинот на позиционирање на фурнирите во композицијата, присуството на недрвни материјали во структурата на плочата итн.

Во асортиманот на овие плочи спаѓаат:

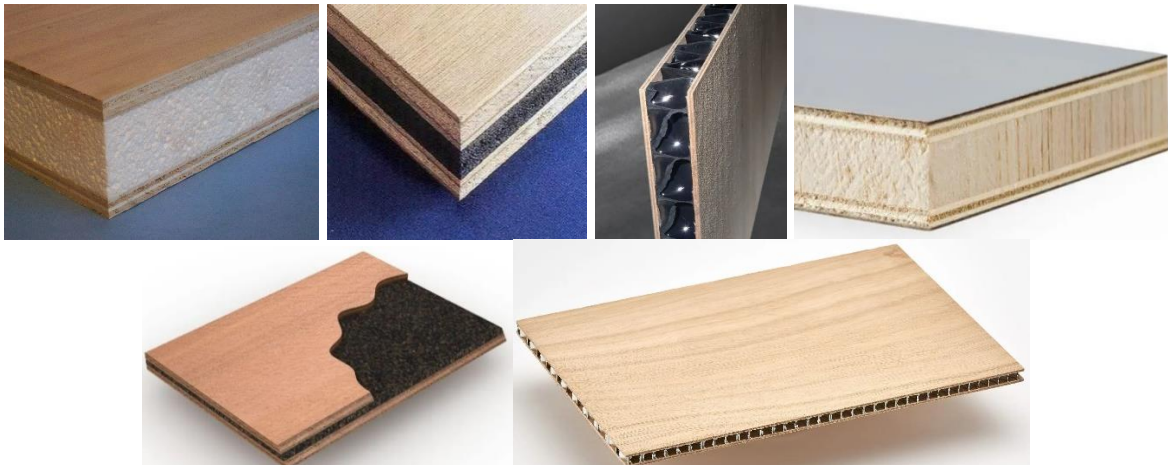
- фурнирски плочи со два слоја на фурнирски листови, слепени по должина на дрвните влакна, наменети за изработка на врати;
- фурнирски плочи со специјално позиционирање на одреден број на фурнирски листови во однос на дебелината и положбата на листовите во конструкцијата со цел да се постигнат подобри својства и технолошки услови за изработка на одредени елементи за мебел;

- фурнирски плочи каде што дрвните влакна на фурнирските листови се вкрстуват под различни агли, со цел да се зголеми коефициентот на рамномерност на својствата на плочата;
- фурнирски плочи во комбинација со други материјали: метални фолии, гуми, полиуретан, арматура, полимерни композитни материјали, плочи од иверки, плочи влакнатици и сл.;
- комбинирани плочи, односно фурнирски плочи изработени од фурнирски листови од различни дрвни видови.

Од овие групи на фурнирски плочи со специјална конструкција, како најактуелни може да се издвојат мултиплекс фурнирските плочи и подните плочи за возила со звучна изолација.

Мултиплекс фурнирските плочи се произведуваат од тврди лисјари и во нивната композиција вториот и претпоследниот фурнирски лист имаат напречна ориентација на дрвните влакна во однос на должината на плочата, додека сите останати се поставени надолжно, односно паралелно со должината на плочата. Дебелината на сите слоеви е еднаква и изнесува од 1,5 до 2,0 mm.

Подните плочи за возила со звучна изолација се изработуваат од три слоја. Двата надворешни слоеви се водоотпорни фурнирски плочи со дебелина од 6 или од 9 mm, а средниот слој е изработен од синтетички материјал кој има добра звучна изолација и ги намалува вибрациите.



Слика 241. Фурнирски плочи во комбинација со други материјали [67]

5.18.2. Фурнирски плочи со специјална обработка на надворешната површина

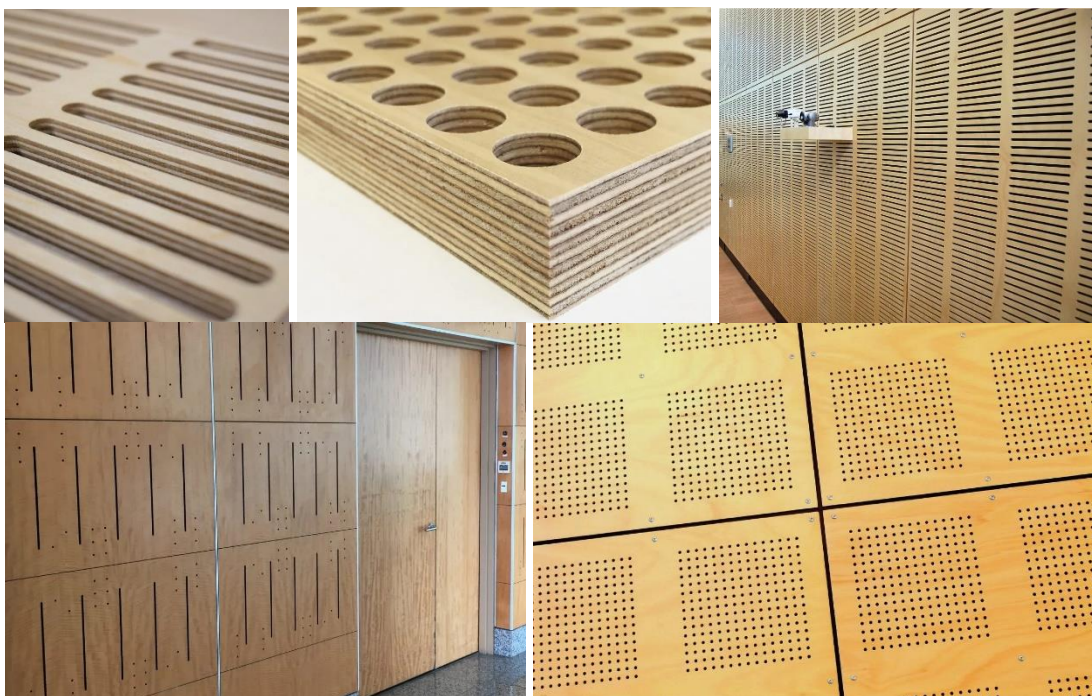
5.18.2.1. Механички обработени фурнирски плочи

Надворешните фурнирски листови на овие плочи се механички обработени со зажлебување, втиснување, перфорирање, како и отстранување на одредени делови од плочата со цел да се добијат плочи со естетски, акустични или други својства кои се условени од подрачјето на нивната примена.

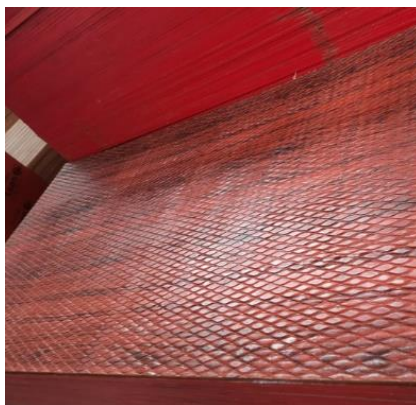
Според начинот на механичката обработка, овие плочи можат да бидат:

- фурнирски плочи со зарезани или втиснати жлебови изведени по должина на плочата, со помош на специјален алат, со цел да се постигне вертикална импресија;
- фурнирски плочи со втиснати или на друг начин изработени детали поради обезбедување на естетски ефект или посебни својства, како на пр. нагазни површини на скалници;
- фурнирски плочи обработени со помош на песок под притисок или специјални алати во вид на четки поради структурирање на површината на плочата, т.е. да се добие одредена текстура;

- фурнирски плочи со перфорирани површини за постигнување на естетски или акустични својства.



Слика 242. Перфорирани фурнирски плочи за постигнување на акустичен ефект [74]



Слика 243. Плочи со втиснати детали за обезбедување нелизгава површина [80]

5.18.2.2. Литографски обработени фурнирски плочи

Кај овие плочи со помош на литографска постапка на површината на плочата се репродуцираат годовите и останатите елементи на природната текстурата на дрвото, односно се имитира специфична текстура. Целта на ваквата постапка е да се добие плоча со добра имитација на природната текстура и боја на дрвото, до тој степен што тешко би било да се препознае дека се работи за фурнирска плоча, а не за масивно дрво.

5.18.2.3. Фурнирски плочи обложени со други материјали

Обложувањето на фурнирските плочи може да се врши со благородни фурнири, декоративни хартии и финиш фолии во различни бои и текстури со цел да се постигнат определени естетски својства, како и со технички фолии со цел подобрување на техничките својства на плочите.

Од фурнирските плочи обложени со технички фолии најчесто се произведуваат следните типови плочи:

- фурнирски плочи за оплата изработени од тврди лисјари или иглолисни видови, наменети за изработка на конструктивни, видливи и други слични бетонски елементи. Видот на лепилото за слепување на плочите треба да одговара за употреба во услови на зголемена влажност. Плочите се обложуваат двострано со фенолформалдехидна фолија со површинска маса од 40 g/m². Рабовите на плочата секогаш се заштитени со премачкувачи за заштита од влага. Овие плочи се изработуваат со дебелина од 6,5 mm за неносиви и 27 mm за носиви оплаты. Должината на плочите се движи во граници од 1 200 до 3 600 mm, додека ширината изнесува од 1 200 до 1 500 mm;
- фурнирски плочи за боење се изработуваат од еден дрвен вид или пак од комбинација на повеќе дрвни видови. Првиот, надворешниот слој на плочата е обложен со кварцен песок во разни бои, којшто е втиснат во полиестерско лепило. Рабовите на плочата се обработени со епоксидна смола;
- екстра тврди фурнирски плочи за нагазни површини на скалници се плочи изработени од тврди лисјари или од комбинирани фурнирски плочи со надворешни слоеви од тврди лисјари и средни слоеви од иглолисни, вкрстено слепени. Дебелината на надворешните слоеви изнесува од 1,5 до 1,8 mm. Едната страна на плочата е обложена со стаклена волна импрегнирана со фенолформалдехидна смола. Со примена на матрица во фазата на пиезотермичка обработка се формира површина со нагласена испакната квадратна или ромбовидна форма, со цел зголемување на отпорноста на површината од абеење како и намалување на степенот на лизгавост. Другата страна на плочата е обложена со обична фенолформалдехидна фолија.



Слика 244. Примена на екстра тврди фурнирски плочи за нагазни површини [55]

5.18.3. Хемиски обработени фурнирски плочи

Во оваа категорија на специјални фурнирски плочи спаѓаат плочи кај коишто фурнирите претходно се импрегнирани со хемиски средства или пак хемиските средства се додадени во лепилото. Обработката може да се врши и на готова фурнирска плоча која е премачкана со специјални лакови.

Со хемиската обработка на плочите се обезбедува производство на огноотпорни, т.е. тешко гориви фурнирски плочи; фурнирски плочи кои се заштитени од статички електрицитет, а кои се користат за изработка на подови и облоги за сидови во складови за експлозив и други запаливи материјали; длабински обоени фурнирски плочи.

Најчеста примена имаат огноотпорните фурнирски плочи.

Според степенот на самозапалување, плочите се поделени во следните категории:

- незапаливи;
- тешко запаливи;
- нормално запаливи;
- лесно запаливи.

Огноотпорноста на фурнирските плочи се постигнува со премачкување на плочите со определени хемиски средства, како што се: карбонит БКБ, хромогур, протерм и др.

Најефикасен начин за постигнување на огноотпорност кај фурнирските плочи е додавање на антипиретик во лепилото, односно во адекватниот премачкувач за надворешните слоеви на фурнирската плоча пред процесот на лепење на плочата.

Најчестата примена на огноотпорните плочи е во следните области:

- градежништво (преградни и надворешни ѕидови при изработка на монтажни дрвени објекти; тавански и кровни конструкции; обложување на челични конструкции; обложување на канали за електроинсталација кои во случај на пожар мораат да ја задржат својата функција; врати, скалила; гаражи, технички магацини; воени објекти);
- за изработка на контејнери и амбалажи;
- за изработка на пловни објекти;
- за моторни возила (подови).

5.18.4. Фурнирски плочи со специјални физичко-механички својства

Основната карактеристика на овие плочи е големата зафатнинска маса, којашто се движи во граници од 1 100 до 1 460 kg/m³, а е резултат на високиот специфичен притисок при пиезотермичката обработка (од 15 до 40 МПа) и учество на зголемен процент на лепило во масата на плочата (min 8 %, најчесто од 30 до 35 %, max 50 %).

Овие плочи се изработуваат од фурнирски листови со дебелина од 0,2 до 3,2 mm, при што најчесто се користат тврди лисјарски дрвени видови (бука и бреза). Плочите се изработуваат со дебелина од 15 до 55 mm, должина од 580 до 2 000 mm и ширина од 360 до 1 200 mm.

Физичко-механичките својства на овие плочи во однос на останатите слоевити плочи како и масивното дрво се значително поголеми, а тоа овозможува нивна примена во доменот на користење на суровото железо и обоените метали. Овие плочи на пазарот се познати под следните комерцијални имиња: „Obo“, „Panzerholz“ (Германија), „Jablo“ (Англија), „Pregwood“, „Compreg“, „Laminated compressed Wood“, „Permal“ (САД), „D.S.P.“ (Русија) и др.

Фурнирските плочи со специјални физичко-механички својства се карактеризираат со минимално впивање вода после 24 часа кое изнесува од 0,7 до 2,1 %.

При изработка на овие фурнирски плочи се користат следните видови на лепила: фенолформалдехидно, крезолформалдехидно и мономерни на вештачки смоли, како на пример: стирин, винил, калиптол и сл. Нанесувањето на лепилото може да се изведе контактно со валјаци, со потопување или со импрегнација во автоклави. Содржината на смола има големо влијание врз својствата на логнофолот. При изработка на овие плочи се користи специфичен притисок на пресување од 15 до 40 МПа. Со пораст на притисокот расте пластичната деформација, загревањето на дрвото и впресувањето, а се намалува можноста за навлегување на влага и бабрењето.



Слика 245. Фурнирски плоча со специјални физичко-механички својства



Слика 246. Детали изработени од фурнирска плоча со специјални физичко-механички својства

5.18.5. Продолжени фурнирски плочи (ламелирано фурнирско дрво)

Продолжените фурнирски плочи (LVL-laminated veneer lumber) претставуваат повеќеслојни фурнирски плочи изработени од продолжени фурнирски листови.

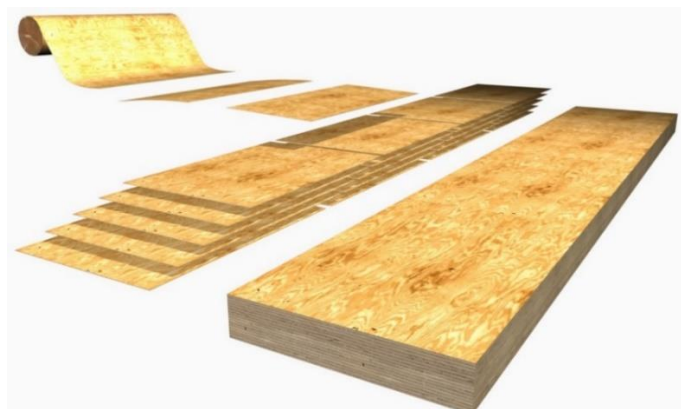
Целта на продолжувањето на фурнирските плочи се состои во обезбедување на техничко-технолошки услови за производство на фурнирски плочи со голема должина и дебелина и зголемени физичко-механички својства, со цел проширување на подрачјето на примена на истите.

Нивната примена е широко распространета во производството на дрвени инженерски производи наменети за градежништвото, односно:

- при изработка на I-носачи за изградба на носиви конструкции во станбени, индустриски и јавни објекти, спортски центри, магацини и сл.;
- при изградба на станбени објекти, особено при изработка на дрвени монтажни конструкции;
- при изработка на сите типови на оплата во градежништвото;
- при изработка на градежна столарија;
- при производство на контејнери, амабалажи и сл.

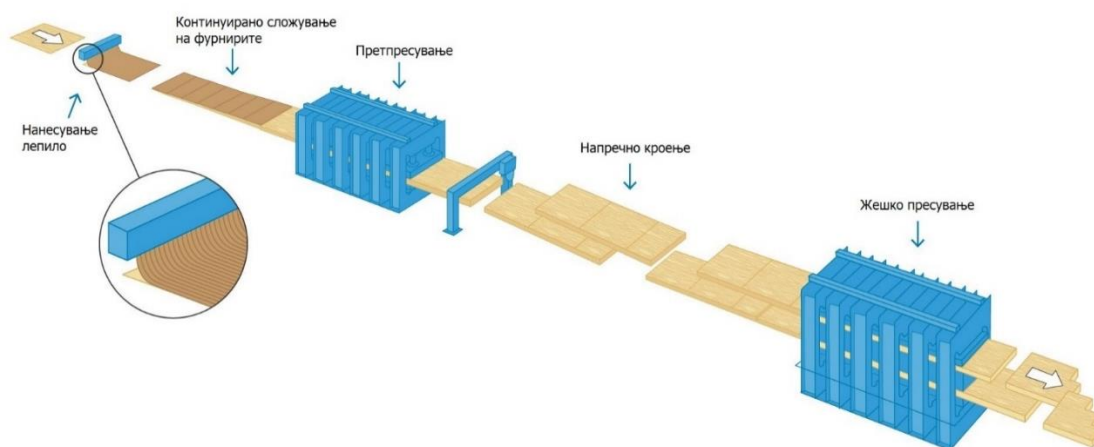
Продолжувањето на фурнирските плочи може да се врши во дисконтинуиран или континуиран процес. Во дисконтинуираниот процес прво се врши продолжување на фурнирските листови (составување по должина), а потоа меѓусебно слепување на продолжените фурнирските листови во плоча. Во континуираниот процес се врши истовремено меѓусебно слепување и продолжување на фурнирските листови по должина на дрвните влакна.

Сите фурнирски листови коишто влегуваат во составот на плочата се слепени по должина на дрвните влакна. Надворешните листови најчесто се косо споени, додека пак внатрешните листови се продолжени на тап состав, со оддалеченост на споевите во вертикална рамнина од минимум 100 mm.



Слика 247. Продолжени фурнирски плочи-LVL [30]

При производство на LVL се користи лупен фурнир, најчесто од иглолисни дрвни видови (ела, смрча и бор). За слепување на фурнирот најчесто се користи фенолформалдехидно лепило. Дебелината на фурнирските листови изнесува од 2,5 до 4,8 mm.



Слика 248. Шематски приказ на процесот на производство на LVL „Raute“ [30]



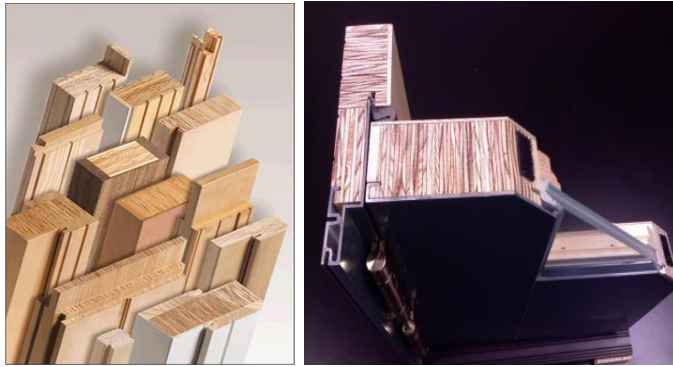
Слика 249. Примена на LVL-плочи кај I-носачи и кај носачи со правоаголен напречен пресек во конструкции во градежништвото [66]

LVL-плочите се рамни, димензионално стабилни производи, отпорни на влага, вода, пожар, инсекти и микроорганизми. Иако при промена на релативната влага на воздухот кај LVL-плочите се јавуваат минимални промени на димензиите, сепак овие промени се значително помали во споредба со оние кај бичената граѓа.

LVL-плочите својата примена ја наоѓаат во градежништвото каде што се потребни поголеми должини и дебелини за совладување на големи распони. За таа цел овие плочи се произведуваат со должина од 2,5 до 25 m, ширина од 0,1 до 1,25 m и дебелина од 19 до 75 mm. Технологијата овозможува производство на плочите во неограничени должини, меѓутоа истите се лимитирани на 25 m поради условите за транспорт.



Слика 250. Примена на LVL-плочите во вид на оплата [66]



Слика 251. Примена на LVL-плочите при изработка на профили за прозорци и довратници [71]



Слика 252. Примена на LVL-плочите во мебелното производство [71]

5.19. ПРИМЕНА НА ФУРНИРСКИТЕ ПЛОЧИ

Примената на фурнирските плочи е широко распространета во повеќе области. Покрај мебелното производство тие имаат широка примена во градежништвото, бродоградбата, автомобилската индустрија, контејнерското производство, како и во други области, каде што ги заменуваат бичените материјали, а во некои случаи и челикот.

5.19.1. Примена на фурнирските плочи во мебелното производство

Примената на фурнирските плочи во мебелното производство се препорачува во изработката на компоненти од мебелот и за изработка на квалитетен мебел со оглед на добрите технички карактеристики на плочите наспроти малата маса, високата димензионална стабилност, како и добрите својства на површината на плочите кои овозможуваат добра површинска обработка на овие материјали.

Тие се прикладни за изработка на врати, полици, столови и канцелариски мебел. Плочите се одликуваат со одлична отпорност на извлекување завртки.

Во изработката на мебел се применуваат фурнирски плочи за внатрешна употреба во суви услови. Тие можат да бидат изработени од еден или од повеќе дрвни видови во зависност од техничките и естетските барања. Во секој случај, фурнирските плочи го задржуваат оригиналниот изглед и топлината на природното дрво.

Фурнирските плочи наменети за изработка на мебел може да се применуваат како суровински плочи или пак површински облагородени со примена на благородни фурнири, декоративни импрегнирани хартии или боени, со што се создаваат дополнителни естетски карактеристики.

Врз основа на еластичните и пластичните својства на фурнирските плочи, со употреба на специјално дизајнирани калапи при дејство на температура и притисок се изработуваат обликувани фурнирски плочи (отпресоци) наменети за изработка на мебел.

Обликуваните фурнирски плочи, со оглед на нивните добри физичко-механички карактеристики, имаат голема примена како материјал во мебелното производство за изработка на различни профилирани елементи, како што се: седишта за столови, наслони за столови, школки за седишта, елементи за фотелји итн.

При производство на седишта и наслони за столови површинската обработка на фурнирските плочи може да биде во различни изведби (тапацир, бајцување, со брусење во природна боја и текстура, фурнирање со благородни фурнири, облагородени со PVC-фолии или декоративни импрегнирани хартии).



Слика 253. Примена на обликувани фурнирски плочи за изработката на столови [121]



Слика 254. Примена на фурнирски плочи во изработката на мебел [62]



Слика 255. Примена на фурнирски плочи во изработката на ентериери [62]

5.19.2. Примена на фурнирските плочи во градежната индустрија

Градежната индустрија е главното подрачје на примена на фурнирските плочи што е резултат на нивните одлични механички карактеристики, големите димензии, постојаноста на вода и надворешни атмосферски влијанија, манипулативноста и трајноста во однос на масивното дрво.

Фурнирските плочи широко се применуваат како материјал за обложување во станбени и општествени објекти. Тие имаат развиено репутација на одличен плочест производ за стандардна и за специјална намена. Носивите фурнирски плочи им нудат можност на архитектите, инженерите и дизајнерите широк избор за употреба во подните, ѕидните и кровните конструкции. Покрај нивната функција на примање, спротивставување и пренесување на товарите врз главните носиви елементи во конструкциите, фурнирските плочи обезбедуваат и одлична основа за многу типови на подни покривки, како и рамна и цврста подлога за ѕидни и кровни обложувања.

Фурнирските плочи имаат долга и континуирана историја на примена во подрачја каде до израз доаѓаат нивните јакостни карактеристики и крутост во рамнина на плочата, како што се конструктивните носиви панели (stress skin panels) и ребрата на префабрикуваните сандачести и I-носачи.

Фурнирските плочи имаат голема примена на места каде што нивните механички својства нормално на рамнината на плочата се од најголемо значење, како што се подните и меѓукатните конструкции. Овие плочи сè уште се незаменлив материјал за градежна оплата. Фурнирските плочи наменети за оплата површински се обложуваат со фенолформалдехидни фолии кои даваат дополнителна заштита од дејството на влага и вода. Ваквите фурнирски плочи имаат примена и во изработката на работни платформи и скелиња.

Современата градба на дрвените објекти е незамислива без употреба на фурнирските плочи. Примената на фурнирските плочи во овие објекти опфаќа изведба на подни и меѓукатни конструкции, изградба на ѕидови (надворешни и внатрешни-преградни ѕидови), изработка на кровни конструкции. Во ваквите конструкции фурнирските плочи може да имаат конструктивна улога, т.е. да бидат наменети за изработка на конструктивните (носиви) елементи (на пр. изработка на I-носачите и на сандачестите носачи) или пак, да бидат наменети за обложување (облоги во ѕидните конструкции), за подлоги во подните конструкции итн.

Фурнирските плочи се применуваат и во изработката на елементи за фасади на објектите.

При употреба како носиви елементи во конструкциите од големо значење се нивните физичко-механички карактеристики (влажност, зафатнинска маса, димензионална стабилност на дејството на вода, јакост на свиткување, модул на еластичност, јакост на затегнување, јакост на притисок и сл.).

Во подните конструкции, фурнирските плочи се одлична основа за поставување на лесни бетони. Покрај ова, тие имаат примена и во изработката на нагазни површини и чела на скалници.

Како резултат на нивните акустични својства, фурнирските плочи имаат голема примена во обложување на ѕидови и тавани во јавни и општествени објекти.

Фурнирските плочи имаат примена и во паркетната индустрија која е тесно поврзана со градежната. Овие материјали се составен дел од панел-паркетите, каде се применуваат во изработката на носивиот елемент - јадрото на паркетната композиција.



Слика 256. Примена на фурнирски плочи во градежиштвото за оплатирање [28]



Слика 257. Примена на фурнирски плочи во подни конструкции [103]



Слика 258. Примена на фурнирски плочи во градбата на дрвени монтажни објекти [2]



Слика 259. Примена на фурнирски плочи во кровни конструкции на дрвени монтажни објекти [16]



Слика 260. Примена на фурнирски плочи за изработка на фасада на објектите [70]



Слика 261. Примена на фурнирски плочи при изведба на акустични простории [56]



Слика 262. Примена на фурнирски плочи за заштита од бучава [19]

5.19.3. Примена на фурнирските плочи во транспортната индустрија

Фурнирските плочи имаат широка примена и во изработка на транспортни возила. Малата маса на фурнирските плочи овозможува зголемување на носивиот капацитет на возилата, додека пак, тежината на возилото е намалена, што придонесува за намалување на потрошувачката на гориво.

Фурнирските плочи во транспортната индустрија може да ја имаат следната крајна приемна за:

- изработка на подни облоги и сидови во камионите и транспортните приколки;
- подови во контејнерите;
- подови и сидови во вагоните од железничкиот транспорт;
- автомобили, автобуси и полуприколки;
- транспортни контејнери (приколки) за животни.

Фурнирските плочи имаат примена и во бродскиот транспорт при изработка на карго магацини, подови во карго магацините и платформи за транспорт на возила. Тие се посебно

погодни за изработка на бродски платоа, рибарски бродови, транспортери на жива стока, транспортери на возила, како и за изработка на танкери за втечен природен гас.

Во авионската индустрија фурнирските плочи имаат примена во изработка на разни летала, едрилицы, полесни авиони, а исто така наоѓаат примена и во бродоградбата за изработка на пловни објекти.



Слика 263. Примена на фурнирски плочи во транспортната индустрија [104]



Слика 264. Примена на фурнирски плочи во транспортната индустрија [116]

5.19.4. Примена на фурнирските плочи за изработка на амбалажа

Фурнирските плочи имаат предности во однос на традиционалните материјали за амбалажа, а тие се следните:

- отпорност на вода и хемикалии;
- економични;
- трајни и лесни;
- безбедни за користење и хигиенски;
- повратни и одново користени со минимално влијание врз околината.

Фурнирските плочи со специјални облоги се погодни за изработка на амбалажни кутии за авионскиот транспорт, амбалажа за инструменти и други повратни амбалажи за тешки товари. Високите механички карактеристики заедно со минималната зафатнинска маса на фурнирските плочи, овозможуваат употреба на овие плочи за изработка на амбалажа за тешки и скапи машински делови, како што се: мотори, електронски материјали, авионски делови итн.



Слика 265. Примена на фурнирски плочи за изработка на амбалажа [68]



Слика 266. Примена на фурнирски плочи за изработка на амбалажа за музички инструменти [40]

6. ПАНЕЛ (СТОЛАРСКИ) ПЛОЧИ

6.1. ОПШТИ СОЗНАНИЈА ЗА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Панел-плочите претставуваат плочи кои се состојат од средница, двострано обложена со лупени фурнирски листови, слепени така што дрвните влакна на надворешните фурнири се протегаат под прав агол во однос на насоката на дрвните влакна на средницата.

По квалитет спаѓаат во едни од најдобрите, најстабилни, трајни плочи, и кога се фурнираат и обработуваат не пренесуваат нерамнини на површините.

Процесот на производство на овие плочи овозможува да се елиминира или намали негативниот ефект на поголемите дефекти, како што се глуждови, пукнатини и други карактеристики кои ја намалуваат јакоста дисперзирана насекаде на напречниот пресек.

Овие плочи можат да се најдат како составни делови во мебелот уште во доба на ренесансата, но и многу порано, кога купувачите на мебел не прашувале за цена и можеле да си дозволат да платат за најскапото дрво. Поради тоа, мајсторите ги фурнирале панел-плочите со најценетите дрвни видови, но главно се одлучувале за овие плочи заради нивната стабилност.

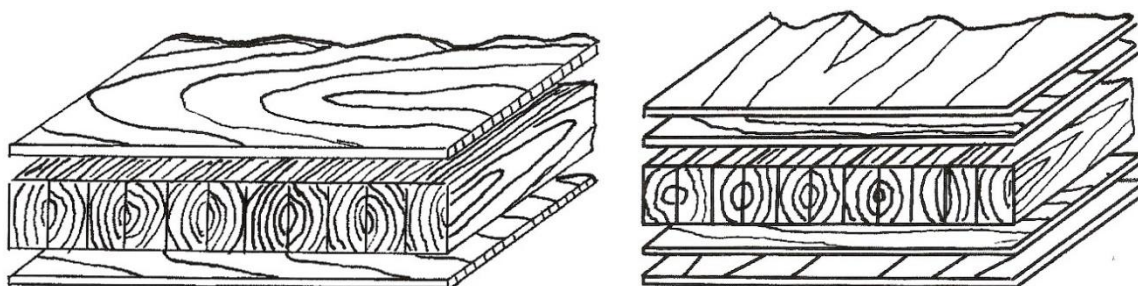
Несоодветните суровини и строгите шумски принципи ги принудија индустриите засновани на дрво да станат самостојни во поглед на стекнување на сопствени суровини. Со цел да се произведе похомоген производ неопходно е да се развијат соодветни производствени техники за производство на плочи со користење на локално достапни суровини од дрво во комбинација со фурнир. Всушност, производството на плочи може да се поттикне поради техничката изводливост за користење на нискоквалитетно и отпадно дрво. На овој начин процесот на фурнирање и лепење обезбедува ефикасно користење на шумските ресурси.

Панел-плочите се состојат од три или од пет слоеви, и можат да бидат изработени од масивна средница, како и од средница од различни шупливи исполни со цел да бидат полесни и поевтини.

Трислојните плочи се составени од два фурнирски листа како површински слоеви и средница. Во однос на фурнирските листови, годовите на средницата се насочени вертикално, што позитивно влијае на стабилноста на плочата (сл. 267а).

Петслојните плочи (сл. 267б) се составени од средница која е двострано обложена со по два фурнирски листа кои се симетрично распоредени во однос на средницата. Ориентацијата на дрвните влакна на површинските фурнирски листови е паралелна на насоката на протегање на дрвните влакна на средницата. Потповршинските фурнирски листови се ориентирани напречно на протегањето на дрвните влакна на средницата.

Учеството на петслојните плочи е значително помало во вкупното производство на панел-плочи. Тие се изработуваат во случај на облагородување на плочите со благородни фурнири, во производството на специјални панел-плочи, при отежнато пропуштање на средницата низ машината за нанесување на лепило итн.



а) б)
Слика 267. Конструкција на панел-плоча [105]
а-трислојна; б-петслојна



Слика 268. Панел-плочи [38]

6.2. КЛАСИФИКАЦИЈА И ДИМЕНЗИИ НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Според надворешните карактеристики на фурнирите, панел-плочите се распоредуваат во две квалитетни класи:

- прва класа кои имаат фурнир за лице од I класа и фурнир за опачина од II класа и
- втора класа кои имаат фурнир за лице и опачина од II класа.

Во однос на типот на лепењето и видот на лепилото, панел-плочите се изработуваат во два типа: ТП 20 и ТП 67.

Според намената, панел-плочите се делат на плочи за:

- внатрешна употреба;
- простории со зголемена влажност;
- надворешна употреба;
- употреба во пловни објекти.

Во зависност од дебелината на плочата, дебелината на фурнирите и средницата заземаат соодветен однос. Во практиката се сретнуваат следните односи:

- дебелината на фурнирите да изнесува 10 % од дебелината на плочата;
- дебелината на еден фурнир изразена во mm да одговара на дебелината на плочата во cm (пример: за дебелина на плоча од 2 cm се користат фурнири со дебелина до 2 mm);
- збирот на дебелините на фурнирските листови да е еднаков на дебелината на средницата.

Најчесто користени дебелини на лупени фурнири се следните:

- од 1,5 до 2 mm за средници со дебелина од 13 mm;
- од 2,5 до 2,8 mm за средници со дебелина од 16 до 22 mm;
- од 3 до 3,5 mm за средници со дебелина над 25 mm.

Под дебелина на надворешен фурнирски лист се подразбира дебелината по лупењето или сечењето, која се намалува како резултат на впресувањето за околу 0,3 mm и на брусењето за 0,3 до 0,5 mm.

Дебелината на надворешните фурнирски листови кај петслојните панел-плочи изнесува од 1,5 до 2 mm.

Димензиите на панел-плочите се означуваат според насоката на влакната на површинските фурнири. Најчести стандардни димензии на панел-плочите се следните:

- ширина: 1; 1,2 ; 1,22; 1,5; 1,53; 1,73; 1,83 m;
- должина: 2; 2,2; 2,3; 2,5; 3,5; 4,6; 5,1 m;
- дебелина: 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 35, 40 mm.

За посебна намена (на пр. за кујнски работни плочи) дебелината може да биде поголема од 40 mm, а ширината и должината се прилагодуваат на модулите на кујнските работни плочи.

Во однос на специфичноста на изработката, физичко-механичките својства, конструкцијата и подрачјето на примена, панел-плочите се делат на нормални - стандардни панел-плочи и специјални панел-плочи.

Во специјалните типови на панел-плочи спаѓаат следните:

- панел-плочи тип оплата за употреба во градежништвото;
- тешко гориви панел-плочи за изработка на преградни и надворешни ѕидови во монтажни објекти;
- панел-плочи за заштита од електростатски набој, кои се користат за изработка на мебел, обложување на ѕидови и подови во компјутерски центри;
- влагоотпорни, водоотпорни, тешко гориви плочи обложени со благородни фурнири за изработка на елементи за внатрешно уредување на просторот во пловни објекти.

При производство на специјални типови панел-плочи предвид треба да се земат:

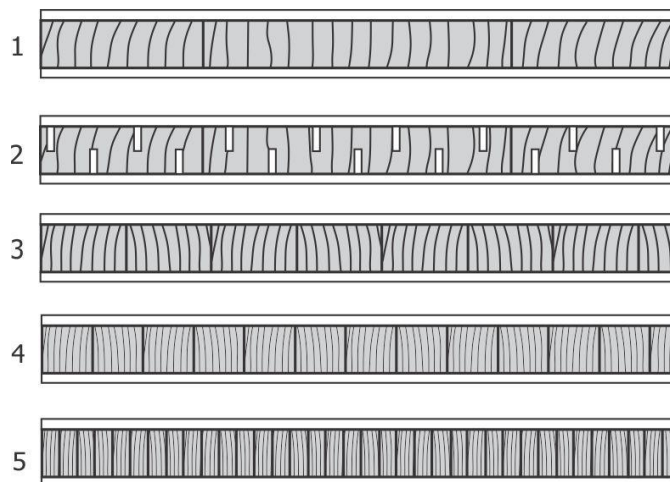
- тековните трендови на пазарот на производство во Европа и извозот на панел-плочи;
- потребите на земјата за реконструкција и изградба;
- зачувување на расположливите капацитети и програми за развој;
- дефицитарност на пазарот.

Приоритет и посебно значење се дава на производството на специјалните панел-плочи од типот оплата.

6.3. ВИДОВИ СРЕДНИЦИ КАЈ ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Различните видови панел-плочи се препознатливи и се разликуваат според начинот на изработка на средницата, што претставува значаен фактор за квалитетот на овој производ од аспект на стабилноста, рамноста и финоста на површината.

Со оглед на тоа дека дрвото во тангенцијална насока значително повеќе се собира, основен предуслов за изработка на квалитетна плоча претставува обезбедување на вертикална положба на годовите во однос на површината на фурнирските листови. На сликата 269 се прикажани различни начини на изработка на средници за панел-плочи.



Слика 269. Видови средници на панел-плочи

1-средница од штици; 2-средница од двострано зарежани штици; 3-средница од летви слепени во блок; 4-средница од летви; 5-средница од фурнирски листови слепени во блок по должина на влакната

6.3.1. Средница од штици

За изработка на овие средници се користат штици со вертикални годови во однос на ширината на штиците, со влажност од 7 ± 1 %. Ширината на штиците изнесува од 75 до 120

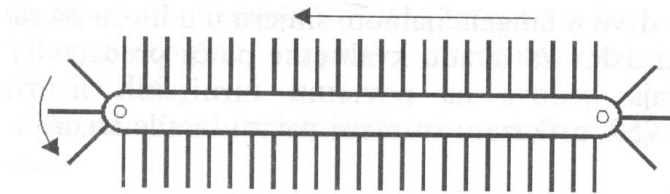
mm, без делови од срцевината кои се отстрануваат. За изработка на штиците се користат повеќе дрвни видови: смрча, бор, топола, евла, окуме, абахи итн.



Слика 270. Средница од штици

За постигнување на висок квалитет на средницата, штиците се сортираат според финоста на градбата, односно според ширината на годовите (фина, средна и груба градба).

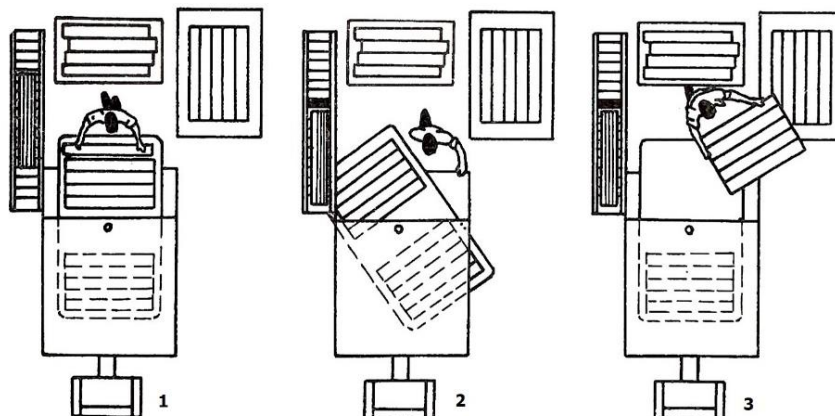
По механичката обработка на контактните површини и нанесување на лепилото, штиците се слепуваат во ротациони преси со хидраулични или со пневматски цилиндри. Пресите се составени од рамки во кои се внесуваат штиците кои вршат кружно движење по повратно-елиптична или кружна траекторија (сл. 271). Времетраењето на еден циклус на вртење одговара на траење на процесот на слепување. Оваа постапка на лепење е по сувиот студен метод.



Слика 271. Шема на ротациона преса со рамови за лепење на средници од штици [105]

Во современите технологии се користат преси со високофреквентно лепење на средниците со нанесено лепило. Времето на лепење зависи од дебелината на штиците, дрвниот вид, влажноста на дрвото, количината на нанесено лепило, процентуалното користење на површината на пресата и моќноста на генераторот. При моќност на генераторот од 2 kW, времето на слепување изнесува од 1,5 до 2 минути, додека при моќност на генераторот од 6 kW, времето на слепување е од 0,5 до 1,5 минути. Пресата за лепење работи полуавтоматски. По рачното сложување на елементите, пресата се вклучува во работниот циклус кој се одвива автоматски: затворање на пресата, греење во определено време и отворање на пресата.

На сликата 272 е прикажан уред за спојување на штици со високофреквентен генератор со подвижна маса. Капацитетот на овој уред изнесува од 280 до 560 m²/ден изработени средници.



Слика 272. Шематски приказ на уред за спојување на штици со високофреквентен генератор [97]

Во положбата „1“ работникот ги положува штиците за следната средница на подвижната маса, додека во исто време претходната средница се лепи под притисок во поле со високофреквентна струја. Во положбата „2“ подвижната маса автоматски се врти, а во положбата „3“ со завртена работна маса, работникот ја одлага завршената средница на палета.

6.3.2. Средница од зарежани штици

Во производството на овие средници се користи помалку квалитетна граѓа, без претходно сортирање според финоста на градбата. Штиците наизменично се прорежуваат од долната и од горната страна со кружна пила со дебелина на листот од 1 до 2 mm, паралелно со насоката на дрвните влакна, што резултира со значително намалување на внатрешните напрегања. Растојанието помеѓу прорезите од едната страна изнесува од 30 до 40 mm и длабочина од 50 % од дебелината на средницата. При овој начин на изработка, неедноличното собирање поради различната положба на годовите е значително намалено. Ширината на штиците изнесува минимум 75 mm. Средницата од зарежани штици е прикажана на сликата 273.



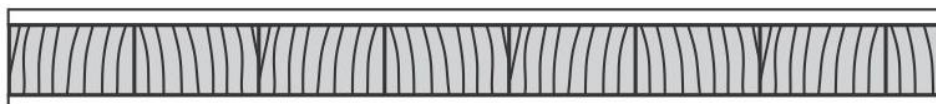
Слика 273. Средница од зарежани штици

6.3.3. Средница од летви – блок-метода

Блок-методата е една од најстарите и денес надминати методи за изработка на средници. Исушените штици со влажност од 7 % и дебелина од 20 до 30 mm, најчесто изработени од ела и смрча во III и IV класа, по кондиционирањето од 12 часа со нанесување на лепило се сложуваат во блокови.

Сложувањето на штиците во блокови и лепењето се врши со приближно хоризонтални (рамно положени) годови (сл. 275).

Текот на изработката на блок-средницата е прикажан на сликата 275.



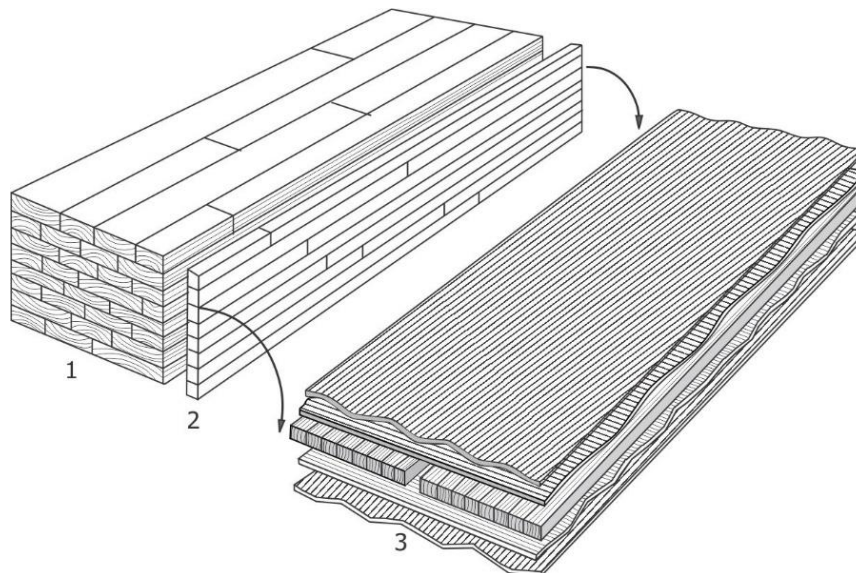
Слика 274. Средница изработена според блок-методата

Споевите на штиците по должина на блокот во вертикална рамнина не треба да се поклопуваат со споевите во следниот слој, односно треба да се поместени најмалку 10 до 20 cm. Должината на штиците се движи од 0,5 m па нагоре до вкупната должина на блокот. Максималата должина на блокот е 5,2 m.

Лепењето на блокот се врши по сувата студена постапка со нанесување на лепило со контактен начин со машини со валјаци. Специфичниот притисок во процесот на пресување изнесува 6 до 8 bar. Пресуваните блокови под притисок на пресата се фаќаат со стеги и се држат под притисок на стегите од 8 до 24 часа.

Разрежувањето на блоковите на бруто-дебелина на средницата се врши на гатери или на лентовидни пили. Висината на блокот зависи од начинот на режење на блокот (најчесто од 40 до 60 cm).

Подготвената средница по контролата се поправа со крпење, отстранување на глуждови, пукнатини и китирање. Завршната операција во процесот на производство на средници според блок-методата се состои од двострана обработка со рендосување со цел обезбедување на рамни површини со определена дебелина.



Слика 275. Блок-средница [108]
1-блок од слепени штици; 2-средница изрежана од блокот;
3-композиција на панел-плоча

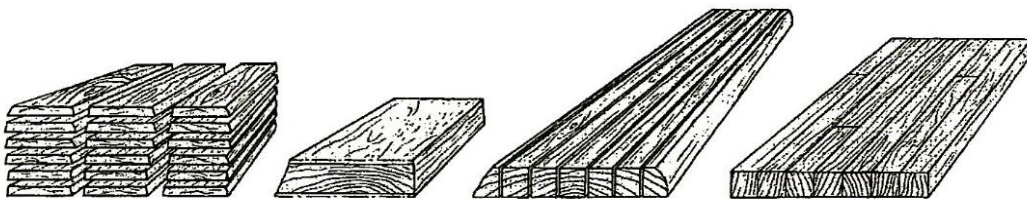
6.3.4. Средница од летви

Учеството на производство на средници од летви во современите технологии на производство на панел-плочи изнесува повеќе од 90 %. Квалитетот на средницата во голема мера зависи од положбата на годовите.

Подобрување на квалитетот на средницата може да се постигне со сортирање на граѓата на бочници и штици од јадрото или после прережувањето на повеќелисна пила да се врши сортирање на летвите со хоризонтални, вертикални или со коси годови кои ќе се користат одвоено. Сортирањето е ефикасно, но го поскапува производството.

При изработка на средниците од летви се користат штици со дебелина од 24 mm (од 26 до 30 mm) од III и IV класа, кои може да бидат окрајчени, неокрајчени, кратки штици со влажност од 7 ± 1 %.

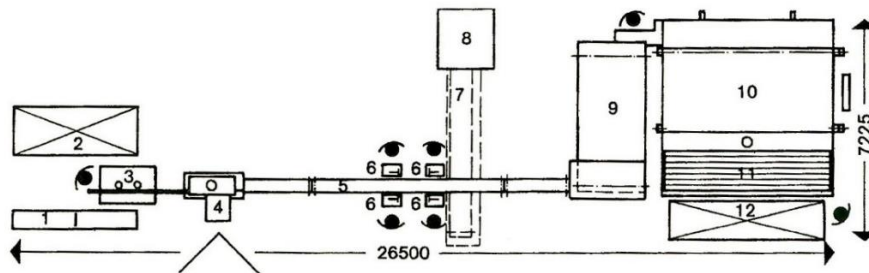
На сликата 276 се прикажани фазите на изработка на средници од летви.



Слика 276. Тек на изработка на средници од летви [105]

Квалитетно исушената бичена граѓа до наведената влажност, без преголеми внатрешни напрегања, претставува значаен фактор за добар квалитет. По сушењето штиците се раскројуваат на повеќелисни кружни пили (до 24 пили). Брзината на помест изнесува до 40 m/min. Летвите кои содржат грешки (пукнатини, глуждови, смолни џебови) се прекратуваат на пили кратилки. Летвите мора да бидат острорабно обработени, рамни и мазни. Дозволена е лисичавост на летвите во должина до 500 mm и ширина најмногу до 5 mm. Затворените и отворените глуждови со дијаметар над 15 mm мора да се отстранат.

На сликата 277 е прикажана технолошка линија за производство на панелски средници од летви.

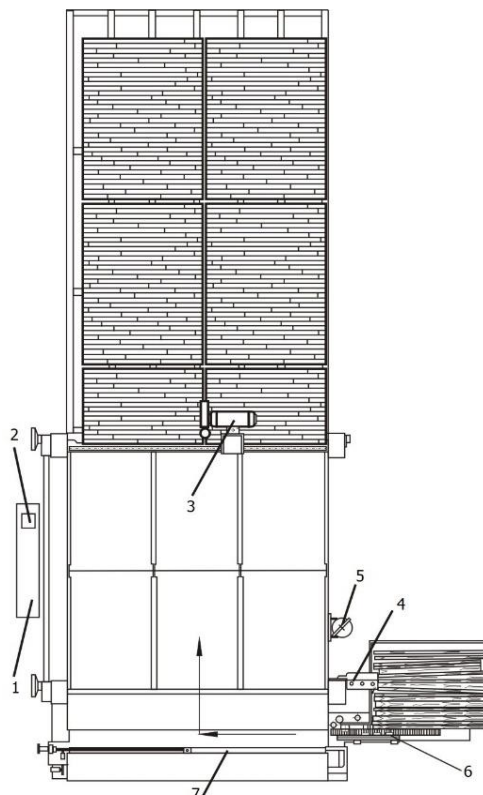


Слика 277. Шематски приказ на технолошка линија за производство на средници од летви [105]

- 1-крајчење на граѓата на должина од 1 500 mm; 2-одлагање на подигнувачка платформа; 3-обработка на двострана дебларка; 4-прережување на повеќелисна кружна пила; 5-триделна транспортна лента за прифаќање и транспорт на летвите; 6-обработка на летвите на кружни пили - кратилки; 7-транспортна лента за отпадоци од дробилката; 8-дробилка; 9-напречен транспортер за дотур на летви и автоматско вовлекување во напречниот спојувач на летви; 10-напречен спојувач на летви; 11-излезна маса; 12-подигнувачка платформа за одлагање

Напречното спојување на летвите се изведува во посебен уред - напречен спојувач на летви, во кој летвите поминуваат низ уред со автоматско вовлекување со брзина од 22 m/min. При вовлекувањето, летвите поминуваат покрај дводелни или триделни дизни за нанесување на лепило. Садот со лепило е под притисок на компримиран воздух. Со регулација на притисокот на воздухот се регулира количината на нанесено лепило врз летвите. Во нормални услови, кај летви со дебелина од 18 mm и ширина од 25 mm, просечната потрошувачка на лепило изнесува 60 g/m².

На сликата 278 е прикажан изглед на основата на напречен спојувач на летви.



Слика 278. Шематски приказ на основа на напречен спојувач тип Torweg H-291 [108]
1-ормар за сместување на автоматиката; 2-бројач на летви за автоматско прекинување на нанесувањето на лепило; 3-подвижна кружна пила за кроење на средницата по должина; 4-команден пулт; 5-сад со лепило; 6-уред за полнење на спојувачот со летви; 7-хидраулична греда за потиснување на летви

На командниот пулт се наоѓа бројач на летви преку кој се дефинира ширината на споената средница со исклучување на нанесувањето на лепило врз контактната површина на последната летва. Првата летва преку краен прекинувач го блокира уредот за вовлекување и се активира кружната пила кратилка која ја дефинира ширината на средницата, поместот изостанува, а започнува вовлекувањето на следните летви.

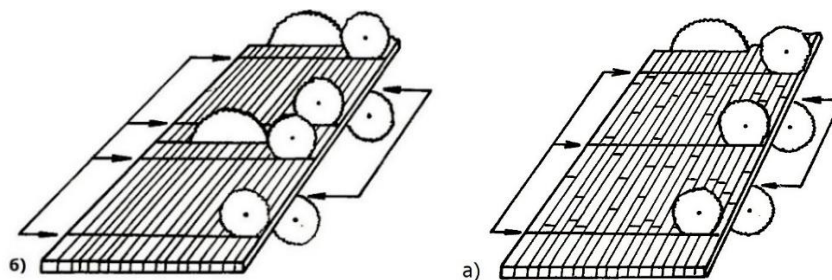
Подвижната кружна пила лоцирана на излезната страна служи за кроење на споените должини на средницата на потребната ширина на панел-плочата. Споената средница автоматски се одлага на подигнувачка платформа.

6.3.5. Средница од неслепени летви

Во однос на средниците од слепени летви, кај овој начин на изработка на средници летвите меѓусебно се спојуваат со помош на определен број хартиени или слични канапи кои се втиснуваат во претходно зарежени тесни жлебови на горната и долната страна на средницата (сл. 279).

При овој начин на изработка на средници не доаѓа до пренесување на внатрешните напрегања помеѓу соседните летви и средницата има поголема еластичност. Недостаток претставува отежнатата можност за користење на куси летви и продирање на лепилото помеѓу летвите, што негативно се рефлектира на рамноста на панел-плочата.

На автоматизираните машини за поврзување со канап, контактот помеѓу летвите се остварува автоматски со зарежување на тесни жлебови од горната и долната страна и втиснување на канап. Работните должини на средницата изнесуваат: 2 000, 2 500, 3 000 и 3 500 mm, а ширината најчесто 1 000 mm. Со циклус во траење од 2 до 3 минути може да се постигне капацитет од 250 до 300 m²/час.



Слика 279. Поврзување на летви во средница со канап [79]

а-средница поврзана на три места од горната страна и две места од долната страна;
б-средница со двојна должина поврзана на четири места од горната страна и две места од долната страна

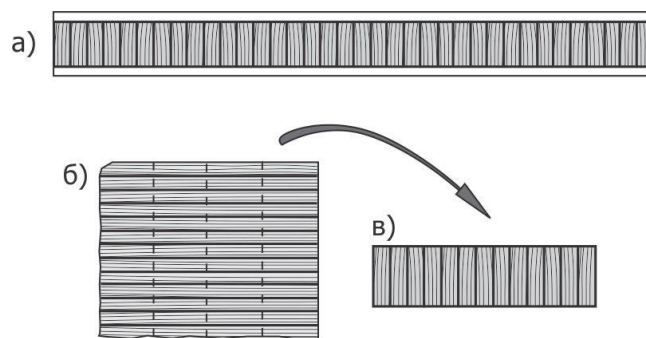
6.3.6. Средница од лупени фурнири

Од аспект на постојаноста на димензиите при промена на влажноста и од аспект на финоста на површината, панел-плочите со средница изработена од лупени фурнири претставуваат плочи со врвен квалитет. За лепење на блоковите кои се наменети за изработка на средници се користи фурнир со дебелина до 8 mm. Главно се користи смрча со голем дијаметар со квалитет за лупење и тропски дрвни видови како: окуме, абахи, иломбе и сл.

Сложувањето на фурнирските листови се врши во блок, блокот се лепи и прережува напречно на дрвните влакна заради обезбедување вертикалност на годовите во однос на површинските фурнирски листови (сл. 280).

Влажноста на фурнирите изнесува 5 %. Должината на блокот изнесува 5,2 m, ширината од 0,7 до 0,8 m и висината во зависност од начинот на разредување на блокот до 0,5 m. При сложување на фурнирите по должина на блокот се врши продолжување на тап судир, што овозможува поголемо искористување на суровината. Преклопи на

фурнирите не се дозволени. Должинските споєви на фурнирските листови мора да бидат цврсто допрени, односно затворени.



Слика 280. Панел-плоча со средница од слепени фурнири (а), блок од фурнирски листови (б) и изрежана средница од блокот (в)

Процесот на лепење на фурнирските листови во блок се врши по сувата студена постапка и сувата жешка постапка, а за слепување најчесто се користи модифицирана карбамидформалдехидна смола со цел за да скуси времетраењето на стврдување на смолата.

Во процесот на сувата студена постапка на лепење на блоковите се користи специфичен притисок од 4 до 6 bar во траење од 1 до 2 часа, а процесот на стврдување на лепилото продолжува во стеги до 24 часа. По слепувањето и одлежувањето од 24 до 48 часа заради кондиционирање и релаксација на напрегањата, се врши прережување на гатер или на лентовидна пила. Доколку во процесот на студено суво слепување, почетната влажност на средницата е значително зголемена, се врши дополнително сушење до 7 % влажност во сушилници на температура од околу 50 °C, во траење од 4 до 10 часа во зависност од дебелината.

Во актуелната технологија на лепење на блокови се користи сувата жешка постапка на основа на лупени фурнири со дебелина од 3,5 до 8 mm. Фурнирските листови се сложуваат по должина на влакната во композиција на плоча до дебелина од 40 mm која се лепи во блок. Зависно од физичкиот обем на производството се користат еднокатни или повеќекатни жешки преси со или без претпресување.

Во зависност од подрачјето на примена, се користи и определен тип на лепење. Специфичноста на лепилото се огледува во работната смеса на лепилото, со или без модификација на основната лепилна компонента-смолата, без или со минимално учество на полнители. Лепењето се врши на температурата од 90 до 140 °C при специфичен притисок на пресување од 8 до 10 bar.

Прережувањето на блоковите изработени по сувата жешка постапка исто така се врши на гатери или на лентовидни пили.

Со цел да се обезбеди поголема финост на површината и определена дебелина, средниците се калибрираат на двострани рамналки.



Слика 281. Пенел-плоча со средница од слепени блокови од фурнири [58]

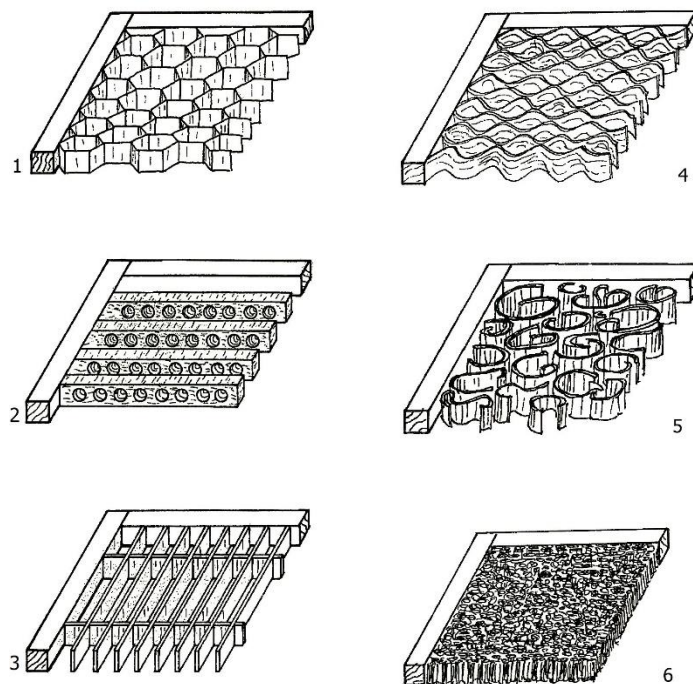
6.3.7. Останати начини на изработка на средница за панел-плочи

Покрај панел-плочите со масивна средница се изработуваат и плочи со користење на тенки фурнирски плочи (3 и 4 mm) за надворешните страни на плочата, рамка од бичена граѓа и шупливи исполни на различна основа.

За изработка на вакви панел-плочи се користат следните типови средници (сл. 282):

- 1 - средница на основа од хартиено саќе - се карактеризира со стабилност, глатка површина, еднолично лепење, мала тежина, добро впивање на звук и изолациони својства;
- 2 - средница од цевковидни ленти - на основа на плочи од иверки: пригушување на звук и изолациони својства;
- 3 - средница на основа на решеткаста конструкција - решетката се изработува од вертикално поставени и вкрстени ленти од фурнирски плочи, плочи од иверки или плочи влакнатици. Имаат средна тежина, го пригушуваат звукот и имаат изолациони својства;
- 4 - средница на основа на спирални ленти - спиралните ленти се изработени од парчиња фурнир кои се спирално обликувани и положени по должина на влакната. Се карактеризираат со стабилност и изолациони својства;
- 5 - средница на основа на спирали од лупен фурнир - спирали од лупен фурнир со вертикално ориентирани влакна;
- 6 - средница на основа на парчиња трска - се изработуваат од куси парчиња трска поставени вертикално. Имаат мала тежина, го пригушуваат звукот и имаат добри изолациони својства.

Наведените типови на средници се посебно погодни за производство на вратни крила.



Слика 282. Средници од различни шупливи исполни [105]

6.4. ЛЕПЕЊЕ И ЗАВРШНА ОБРАБОТКА НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Производството на висококвалитетни панел-плочи се заснова на користење на мазни фурнири со потребен квалитет и дебелина. Технолошкиот систем на производство на фурнири и подготовка на фурнирските листови е претходно обработен.

Слепувањето на панел-плочите се врши по сувата жешка постапка. Во производството на нормални панел-плочи од внатрешен и среден тип (ТП 20 и ТП 67) се користат раствори на лепила на основа на проширена карбамидформалдехидна смола со учество на вода од околу 55 % и полнител. Дозволената влажност на панел-плочите изнесува 10 ± 1 %.

За да се постигне поголема стабилност на плочата и повисок квалитет се препорачува пресувањето да се врши на пониски температури (од 95 до 100 °C). Ако лепењето се врши со карбамидформалдехидно лепило, лепењето се врши подолго време на температура од 75 °C, при што пресувањето трае исто долго, како при лепење на 95 °C. Во пресите со краток циклус на пресување, лепењето се изведува на температура повисока од 100 °C.

Пред форматирањето на плочите и брусењето, пресуваните плочи се сложуваат една врз друга врз хоризонтална подлога, подигнати од подот заради ладење, кондиционирање и релаксација на напрегањата. Вака сложените плочи се ладат бавно, така што може да бидат топли и една седмица по сложувањето.

Одлежувањето на плочите во собни климатски услови во временски период помеѓу пресувањето по сува жешка постапка и форматирањето зависи од начинот на изработка на средницата. Кај панел-плочите со средница изработена од лупени фурнири, меѓуфазното складирање е покусо во споредба со плочите изработени со средница од летви и истите може да се обработуваат по 24 часа. Меѓуфазното складирање на панел-плочите со средница од летви трае подолго (од една до две седмици) со цел да се избегне појавата на брановидност. Брановидноста на плочите може да се јави од повеќе причини: различно собирање на вертикалните, хоризонталните или накосените годови, недоволно затворени споеви помеѓу летвите, различен процент на влажност на елементите вградени во средницата и различна дебелина на летвите изрежени на повеќелисна пила. Со брусење на правилно одлежаните плочи, брановидноста која настанува во фазата на одлежување ќе се отстрани.

Технолошката опрема во завршната обработка е адекватна на опремата при изработката на фурнирски плочи.

6.4.1. Тек на технолошкиот процес

Со оглед на специфичноста на операцијата лепење и завршна обработка, технолошкиот процес на производство на панел-плочи може да има дисконтинуиран или континуиран тек. Во европски услови, одделни линии во рамките на операциите лепење и завршна обработка имаат континуиран тек, додека технолошкиот систем на целокупното производство има дисконтинуиран карактер.

6.4.1.1. Континуиран тек на технолошкиот процес (континуирана постапка „ANRA“)

Првата фабрика со континуиран тек на производство на панел-плочи е инсталирана во 1960 год. во Финска (систам „ANRA“).

Технолошкиот систем се состои од определени технички целини, односно:

- подготовка на средниците;
- внесување на фурнирот за лицето и опачината;
- напречно спојување на фурнирот;
- претпресување;
- пиезотермичка обработка;
- завршна обработка.

Во наведениот технолошки систем (сл. 283) примарното производство на бичена граѓа, заклучно со сушењето е дислоцирано како посебна организациона единица. Посебна технолошка целина претставува подготовката на летвите со определена ширина и дебелина за средницата, со должина од 0,6 до 1 m, кои се носат и одложуваат на

вибрациона маса со канали за насочување на летвите (1). Брзината на влегување на летвите е поголема од брзината на движење на летвите низ каналите, при што се формира лента од меѓусебно допрени летви по должина и ширина (2). Граничните валјаци овозможуваат формирање само на еден ред летви.

На формираната средница автоматски се наносува лепило со машина со валјаци (3). Брзината на наносување лепило е прилагодена на брзината на движење на средницата. Количината на нанесено лепило изнесува околу 280 g/m².

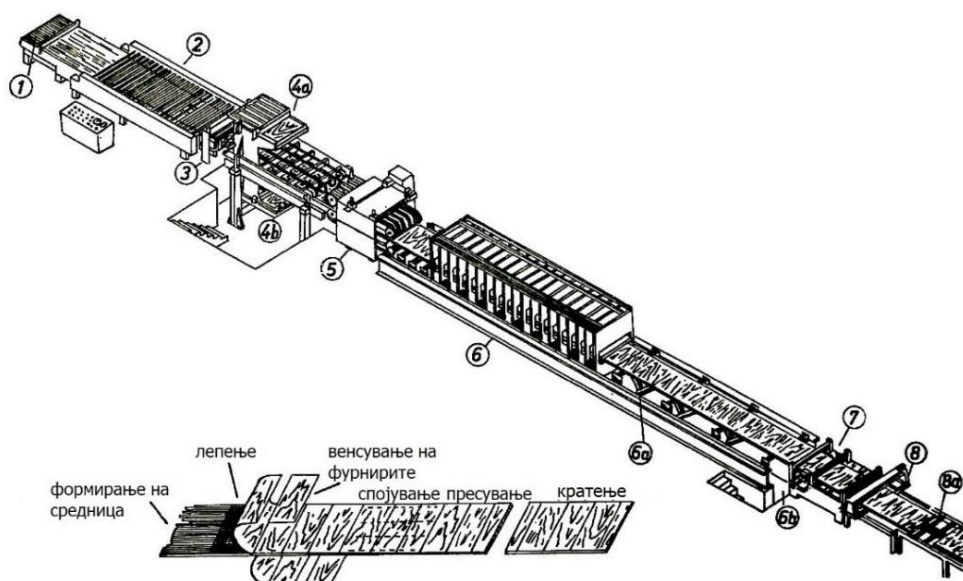
Посебна технолошка целина претставува напречното спојување на фурнирските листови за лицето и опачината на плочата. Исушените фурнирски листови со влажност од 4 до 7 %, кои се поправени со автоматско крпење, за време на движење на исушеното фурнирско платно се сортирани и обработени на контактните површини и на нив е нанесено лепило. Формираната лента на средницата автоматски се обложува со фурнирски листови од горната и од долната страна (проточно). Притоа, подготвените парчиња фурнир за напречно спојување се базирани помеѓу долни носиви и горни притисни ленти на линијата. Потребниот притисок се остварува со диференцијални брзини на долната носива лента и на горната притисна лента на уредот за напречно спојување на фурнирите. Брзината на носивата лента е поголема во однос на онаа на притисната, што резултира со потребен притисок помеѓу контактните површини (сл. 283 4a и 4b).

Претпресувањето на фурнирските листови и средницата се врши на високофреквентна претпреса (5). Под дејство на високофреквентното греење се намалува вискозитетот на лепилото, се обезбедува поврзување и загревање на композицијата на плочата со цел скратување на циклусот на сувото жешко слепување.

Процесот на суво жешко слепување се одвива проточно на подвижна жешка преса (6). Времетраењето на движењето на жешката преса е еднакво на времетраењето на пиезотермичката обработка во пресата. Брзината на враќање на пресата е значително поголема, а работниот и неработниот од на пресата се така синхронизирани да челото на пресата секогаш се поклопува со крајот на испресуваната плоча. Работата на жешката преса е целосно автоматизирана.

Форматизирањето на плочата се врши на проточна линија со кружни пили, при што крајчењето се врши автоматски со дволисна кружна пила (7) која е неподвижна за време на движењето на плочата. Кратењето се врши автоматски за време на движењето на плочата, со кружна пила која е прицврстена на подвижен супорт кој врши движење во напречна насока (8).

Класирањето е полуавтоматско и се одвива на линија со завртување на плочите, визуелна оцена на квалитетот, обележување и автоматско одлагање на плочите на подигнувачки платформи.



Слика 283. Шематски приказ на континуирана линија „ANRA“ [105]

6.5. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Во поново време свесноста за квалитетот во изработката на мебелот помеѓу потрошувачите расте. Како резултат на тоа, панел-плочите повторно го освојуваат пазарот, на основа на иновативни варијанти.

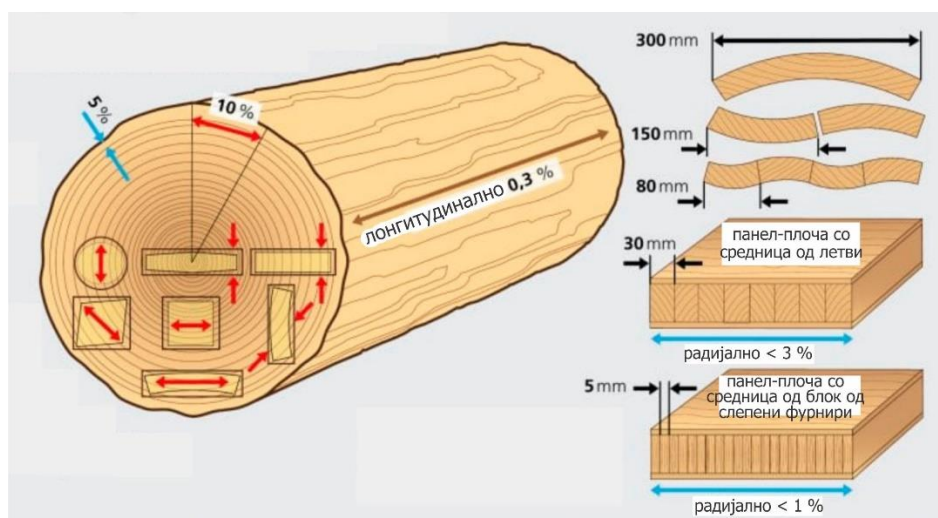
Дрвото е анизотропен, нехомоген материјал, така што секое парче дрво се разликува едно од друго и димензионалните промени на дрвото се различни во различна насока (тангенцијална/радијална/аксијална).

Максималното собирање на дрвото по насоки изнесува (сл. 284):

- тангенцијална (годишни прстени) $\approx 10\%$;
- радијална (примарни зраци) $\approx 5\%$;
- лонгитудинална (дрвни влакна) $\approx 0,3\%$.

Во однос на масивното дрво, панел-плочите се карактеризираат со поголема димензионална стабилност.

На сликата 284 се прикажани деформациите на дрвото и на слепеното дрво во панел-плочите. Притоа се забележува дека при поголема ширина на дрвените елементи се јавуваат поголеми деформации. Најмало собирање се јавува кај панел-плочите изработени со средница од блокови од слепени фурнирски листови.



Слика 284. Собирање на дрвото во различни насоки [120]

Панел-плочите се карактеризираат со следното:

- висока димензионална стабилност и отпорност на влага;
- висока носивост;
- висока отпорност на дефлекција;
- висока јакост на свиткување;
- мала тежина;
- мало учество на лепило, високо учество на масивно дрво;
- висока отпорност на извлекување на завртки;
- лесна обработка.

Во истражувањето од страна на училиштето за преработка на дрво „Woodworking school bad Wildungen“ од СР Германија направени се серија тестови за различни својства на повеќе типови плочи на основа на дрво (MDF-плочи од дрвни влакна со средна густина, плочи од иверки тип P2, трислојни панел-плочи од смрча со средница од летви и трислојни панел-плочи од смрча со средница од лепени блокови од фурнири), при што се добиени резултати кои говорат за одличните карактеристики на панел-плочите [120].

Панел-плочите изработени со средница од летви имаат тежина која изнесува 52 % од тежината на MDF-плочите, додека пак тежината на панел-плочите со средница од слепени блокови од фурнири изнесува 54 % од тежината на MDF-плочите (сл. 285).



Слика 285. Густина (kg/m³) во корелација со тежината (%) [120]



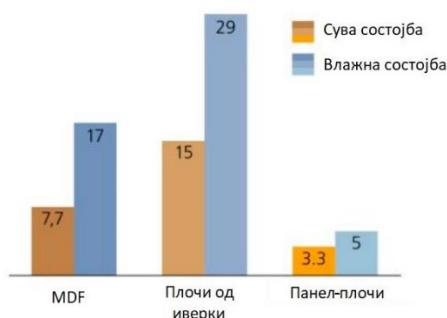
Слика 286. Отпорност на свиткување на полици изработени од различни типови на плочи [120]

Горенаведеното истражување покажува дека отпорноста на свиткување на панел-плочите е повеќе од два пати поголема во однос на MDF-плочите и повеќе од четири пати во однос на плочите од иверки (сл. 287).

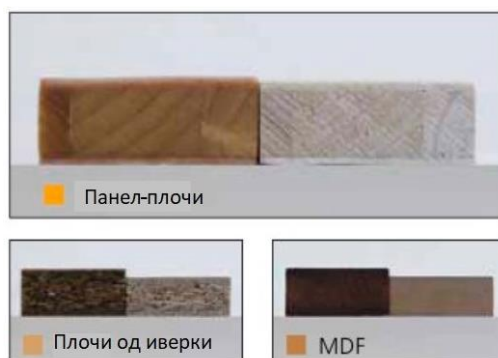


Слика 287. Отпорност на свиткување на различни видови плочи на основа на дрво [120]

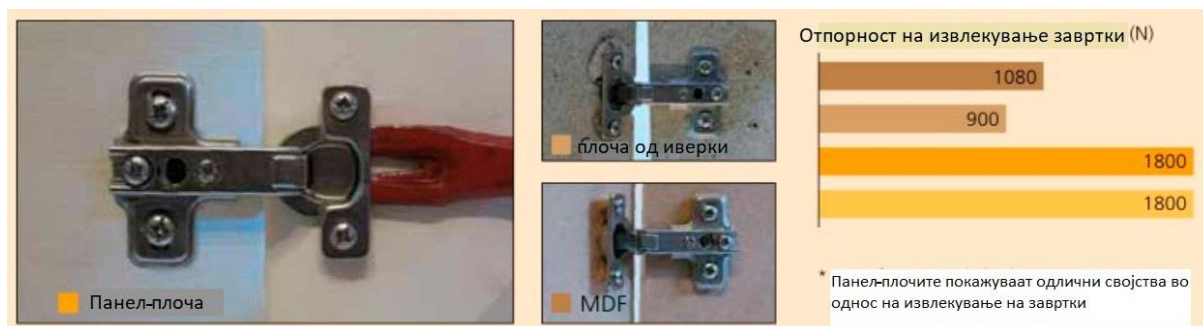
Во однос на стабилноста, дури и по 24 часа третман во вода, панел-плочите покажуваат далеку поголема димензионална стабилност во однос на MDF-плочите и плочите од иверки (сл. 288). По потопување во вода во времетраење од 24 часа, дебелинското бабрење на плочите од иверки изнесува 16 %, кај MDF-плочите 21 %, додека кај панел-плочите изнесува 5 %.



Слика 288. Дефлекција под влијание на влага (во mm) [120]

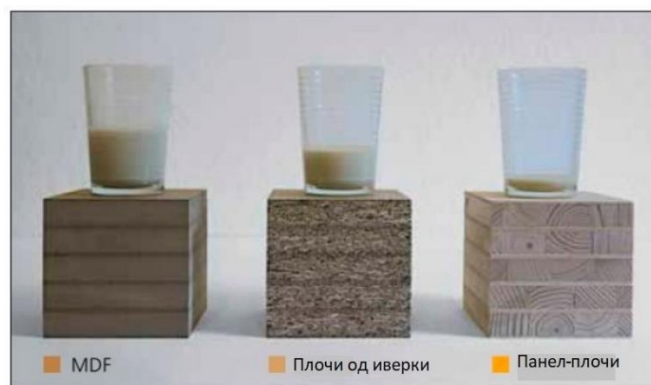


Слика 289. Дебелинско бабрење на плочите по 24 часа потопување во вода [120]



Слика 290. Отпорност на извлекување завртки кај различни типови плочи [120]

Количеството на лепило употребено при производство на дрвените композитни материјали е показател за ризикот од негативно влијание врз околината од еколошки аспект. Од испитаните типови на дрвени плочи, учеството на лепило е најмало при изработката на панел-плочите, со што тие се повеќе еколошки прифатливи (сл. 291).



Слика 291. Учество на лепило во производството на различни типови дрвени плочи

Во однос на дрвните видови кои се применуваат при изработка на панел-плочите, во овој дел од Европа, средниците главно се изработуваат од ела, смрча и топола, но може да се изработат и од бор, евла, окуме, абахи, иломба и од други достапни видови. Фурнирите кои се користат во изработката на панел-плочите се изработуваат од бука, смрча, ела, бор, окуме, абахи, иломба и од други достапни дрвени видови.

Долго време постоела заблуда дека панел-плочите со средница од топола не се квалитетни како плочите со средница од иглолистни дрвени видови [124]. Истражувањата на повеќе автори [79, 124] ја оспоруваат оваа теза. Според Крпан, по испитување на вкупно 2 978 примероци на 12 различни конструкции на панел-плочи било утврдено дека тополовите панел-плочи имаат за околу 31 kg/m^3 поголема зафатнинска маса во споредба со плочите од ела. Доколку надворешните слоеви се изработени од букови фурнири, панел-плочите со средница од топола имале за околу 15 kg/m^3 поголема зафатнинска маса во споредба со панел-плочите од ела. Панел-плочите изработени со средница од топола се

карактеризирале со поголема јакост на свиткување, притисок и удар во споредба со плочите од ела, но имале помала тврдост според Бринел.

Резултатите од истражувањата на Здравковиќ [124] покажале дека при споредба на масата на плочите по m^2 (плочи со иста дебелина - 18 mm), најлесна плоча по m^2 е тополовата панел-плоча со средница од летви ($6,53 \text{ kg/m}^3$), што е двојно помалку од стандардна плоча од иверки со иста дебелина ($12,06 \text{ kg/m}^3$) или од MDF-плоча ($13,05 \text{ kg/m}^3$) (сл. 292). Најголема маса по m^2 има комбинираната фурнирска плоча (бука-бреза) ($15,58 \text{ kg/m}^3$), но станува збор за значително потешки дрвни видови по природа.

Овие податоци имаат практично значење. На пр. кујнските вратички со исти димензии изработени од стандардна плоча од иверки се потешки за 46 % во споредба со истите вратички изработени од панел-плоча, а доколку се изработени од MDF, тие се потешки за 50 % во споредба со оние изработени од панел-плоча [124].



Слика 292. Маса на различни плочи со иста дебелина по 1 m^2 [124]

6.6. ИСПИТУВАЊЕ НА СВОЈСТВАТА НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Испитувањето на својствата на панел-плочите се врши согласно со стандардите кои се применуваат за испитување на својствата на фурнирските плочи. Покрај МКС EN-стандардите, при испитување на својствата на овие плочи, може да се користат и други стандарди (германските DIN-стандарди, руските ГОСТ-стандарди).

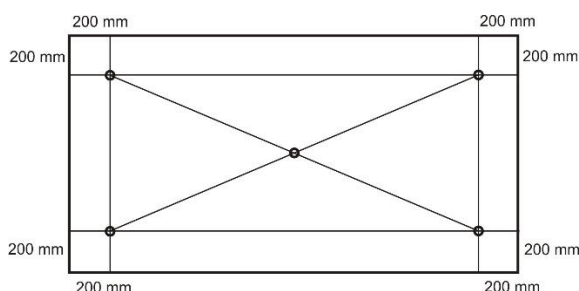
Во групата на својства кои имаат значење за панел-плочите спаѓаат:

- димензии на плочите;
- зафатнинска маса;
- влажност;
- дебелинско бабрење;
- впивање вода;
- витоперење;
- брановидност;
- јакост на статичко свиткување;
- јакост на смолкнување.

Зафатнинската маса, влажноста, дебелинското бабрење и впивањето вода се испитуваат на ист начин и според истите критериуми како и кај фурнирските плочи.

Витоперењето претставува отстапување на површината на плочата од замислената хоризонтална рамнина. Ова својство се определува на една плоча претставник, поставена на идеална хоризонтална површина. Витоперењето се определува врз основа на максималните точки на отстапување по дијагоналите на плочата. Овие отстапувања се мерат со компаратор со точност од 0,05 mm.

Брановидноста се мери на посебни мерни точки на плочата претставник, кои се наоѓаат на растојание од 200 mm од рабовите на плочата и една мерна точка која се наоѓа на средина од плочата. Се мерат вдлабнатините и испакнатите места (доколку ги има) со точност од 0,5 mm.



Слика 293. Мерни места за определување на брановидноста на панел-плочата

Јакоста на статичко свиткување се испитува во две насоки на плочата: паралелно и напречно на протегањето на дрвните влакна на фурнирските листови на плочата. Испитувањето се врши на пробни тела со квадратен напречен пресек, при што страната на квадратот е еднаква на дебелината на панел-плочата. Должината на пробното тело е еднаква на 15 дебелини на плочата (15 d).

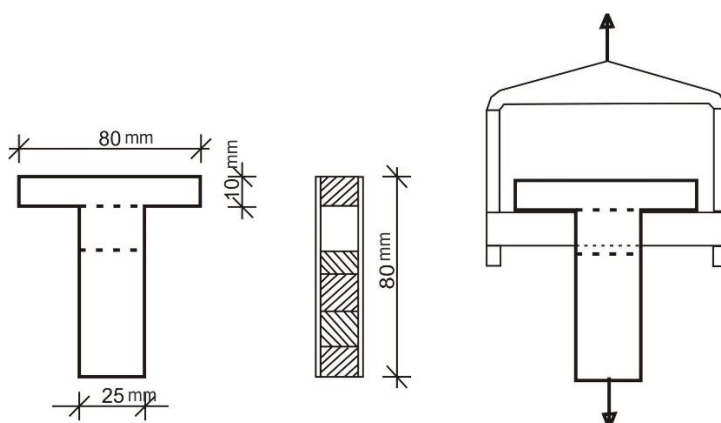
Пробните тела се поставуваат на два носачи, кои се поставени на меѓусебно осовинско растојание „l“ од 12 d и се оптоваруваат со статичка сила на свиткување. Притоа, брзината на оптоварување не треба да биде поголема од 400 kg/min. Јакоста на свиткување се пресметува со точност од 0,1 N/mm², според следната формула:

$$\sigma_s = \frac{3 \times F_{max} \times l}{2 \times b \times d^2} \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

каде што:

- σ_s - јакост на свиткување (N/mm²);
- F_{max} - максимална сила на свиткување (N);
- l - растојание помеѓу носачите (mm);
- b - ширина на пробното тело (mm);
- d - дебелина на пробното тело (mm).

Јакоста на смолкнување во лепилниот слој се испитува според Е. Иршик [105], на специјални пробни тела во форма на буквата „Т“. Испитувањето се врши на универзална машина за испитување на механичките својства, на која се поставува специјален уред кој овозможува смолкнување во лепилниот слој помеѓу фурнирот и средницата. Изгледот на пробните тела и начинот на нивното поставување во уредот за испитување се прикажани на сликата 294.



Слика 294. Пробни тела за испитување на јакоста на смолкнување во лепилниот слој и шематски приказ на начинот на поставување на пробните тела [105]

Оптоварувањето на пробните тела се врши со рамномерна брзина, не поголема од 1 500 kg/min. Јакоста на смолкнување (σ_{sm}) се определува со точност до 0,1 N/mm² и се пресметува според формулата:

$$\sigma_{sm} = \frac{P}{2 \times l \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

каде што:

- P - сила на смолкнување (N);
- l - должина на површината на смолкнување (mm);
- b - ширина на површината на смолкнување (mm).

6.7. ПРИМЕНА НА ПАНЕЛ-ПЛОЧИТЕ

Примената на панел-плочите е широка, особено што се изработуваат плочи за внатрешна и за надворешна употреба. Сепак, најголемата примена на панел-плочите опфаќа:

- изработка на полици за книги;
- клупи, маси изложени на поголема тежина и софи;
- изработка на вратни крила;
- изработка на кревети;
- изработка на сидни панели;
- изработка на подни облоги;
- за декорација во ентериерите;
- префабрикувани куќи;
- изработка на ентериери на транспортни средства.

Нормалните панел-плочи се користат како конструктивни елементи во производството на мебел, како и во елементите на внатрешната архитектура на станбените и работните простории, изработка на врати и сл.

Покрај обезбедувањето на определени физичко-механички својства, значајни фактори во примената на овие плочи претставуваат и естетските ефекти и погодноста за нивна површинска обработка.



Слика 295. Вратни крила изработени од панел-плочи [49]



Слика 296. Примена на панел-плочи во ентериерот [64]



Слика 297. Панел-плочи во мебелот и ентериерот [49]

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Alam, N., Nazrul Islam, N., Rahman, K.S., Alam, R. (2012). Comparative Study on Physical and Mechanical Properties of Plywood Produced from Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) and Simul (*Bombax ceiba* L.) Veneers. *Research Journal of Recent Sciences*, 1 (9): 54-58.
2. American Plywood Association - The Engineered Wood Association (1990). Design and Fabrication of Plywood Stressed-Skin Panels.
3. American Plywood Association - The Engineered Wood Association (1998). Plywood Design Specification. Technical Bulletin.
4. American Plywood Association-The Engineered Wood Association (2013). Performance Panels Overview.
5. Antti Koskinen (2013). European forest product market developments and trends - Forest products annual market review 2012-2013. METSÄ 201310, December 2013, Rovaniemi. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/20131209/1-Europe.pdf>
6. Arriga, F., Pereza, F. (2004). Characteristic Values of Mechanical Properties of Radiata Pine Plywood. http://www.ewpa.com/Archive/2004/jun/Paper_314.pdf: 10.04.2011.
7. Aziri, B. (2012). Study of Water Influence on the Physical Characteristics of the Wood-Based Constructive Panels. Master thesis. Skopje.
8. Aziri, B., Jakimovska Popovska, V., Iliev, B. (2013). Water Impact on the Change of the Physical Characteristics of Multilayered Constructive Plywood. Proceedings of international scientific conference „Wood technology & product design“, Ohrid 2013, pp: 225-232.
9. Backović, M. (1976). Uticajni faktori na process i kvalitet lijepjenja furnira, Sarajevo.
10. Backović, M. (1997): Lijepljenje u tehnologijama prerade drveta, Sarajevo.
11. Baldwin, R.F. (1975). Plywood Manufacturing Practices. San Francisco, California: Miller Freeman Publications, Inc., U.S.
12. Bittner-Klotz (1951). Furniere, Sperrholz, Schihtholz, Berlin, 1951.
13. Brezović, M. (2001). Optimizacija svojstava višeslojnih furnirskih ploča za unutarnju i vanjsku uporabu. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, Zagreb.
14. Edgeband USA, The history of veneer - Form the Ancient Egyptians to the present day, <https://www.edgebandusa.com/guides/the-history-of-veneer/>.
15. European Norms.
16. Engineered Wood Products Association of Australia (2006). Structural Plywood & LVL Design Manual (<http://www.ewp.asn.au>).
17. Energy efficiency & renewable energy, Building America solution center (2020). Roof Deck Sheathing and Sealing for Sloped Roofs, <https://basc.pnnl.gov/resource-guides/roof-deck-sheathing-and-sealing-sloped-roofs>.
18. Finnish Forest Industry Federation: Handbook of Finnish Plywood http://www.finnforest.com/SiteCollectionDocuments/Brochures%20pdf/Handbook_of_Finnish_Plywood.
19. Forgrave, A. (2022). Berlin Wall style barriers to cut A494 air pollution slammed as „monstrosities“, News, North Wales news.
20. Frihart, C.R., Hunt, C.G. (2010). Adhesives with Wood Materials: Bond Formation and Performance, Chapter 10 in Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. General Technical report FPL-GTR-190. USDA, Forest Service, Forest Product Laboratory.
21. Fuchs, F.R. (1981). Moderne Messerfurnierherstellung. Holz als Roh-und Werkstoff 39, 179–192. <https://doi.org/10.1007/BF02609191>.
22. He, G., Riedl, B. (2004). Curing Kinetics of Phenol Formaldehyde Resin and Wood-Resin Interactions in the Presence of Wood Substrates. *Wood Science Technology* 38: 69–81.
23. Hrázský, J., Král, P. (2004). Analysis of Properties of Boards for Concrete Formwork. *Journal of Forest Science* 5 (8): 382-398.
24. Hrázský, J., Král, P. (2006). Effects of the Thickness of Rotary-Cut Veneers on Properties of Plywood Sheets. Part 2. Physical and Mechanical Properties of Plywood Materials. *Journal of Forest Science* 52 (3): 118-129.

25. Hrázský, J., Král, P. (2007). A Contribution to the Properties of Combined Plywood Materials. *Journal of Forest Science*, 53 (10): 483-490.
26. Hrázský, J., Král, P. (2011). Analysis of Causes of Warping the Plywood Sheets. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun*, LIX, No. 3, pp. 59–72.
27. <http://woodinter.eu/en/finger-joint/>
28. <http://www.doraply.com/film-faced-shuttering-plywood-3917480.html>
29. http://www.magr.com.ua/eng/product_w30.html
30. <http://www.raute.com>
31. <http://www.salemequip.com/ring-debarkers.html>
32. http://www.zqmachinery.com/25597-25597_48979.html
33. <https://cantisa.es/en/producto/thin-veneer-rolls-for-edge-banding/#gallery-strips>
34. <https://edgebanding-services.com/products/edgebanding/wood-edgebanding/>
35. <https://egypt-museum.com/ceremonial-throne-of-tutankhamun/>
36. https://en.wikipedia.org/wiki/Wood_veneer#Types_of_veneers
37. <https://guru-amar.myshopify.com/products/rotary-veneer-lathe-8-foot-size>
38. <https://hanson-plywood.co.uk/products/decorative-veneered-blockboard/>
39. <https://m.darshanengg.com/core-veneer-lathe-1310621.html>
40. <https://m.indiamart.com>
41. <https://marunaka-jp.com>
42. <https://mewsaws.com/shop/knives-for-wood-cutting/slicer-knives/>
43. <https://plexwood.com/us/kinds-of-wood>
44. <https://promas-woodworking.com/fr/machines-doccasion/horizontal-veneer-slicer-second-hand-cremona-tn.html>
45. <https://puuproffa.fi/puutieto-2-2/puujalosteet-2/veneers/veneer-production/?lang=en>
46. <https://sahateollisuuskirja.fi/en/sahatavaran-valmistus/tukkien-kuorinta/kuorimakoneet/>
47. <https://storch-ind.com/automation-slicer/>
48. <https://technologystudent.com/joints/plywood1.html>
49. <https://thedesignbridge.in/blog/blockboard-manufacturing-design-uses-and-precautions/>
50. <https://www.aircraftplywoodandtimber.co.uk>
51. <https://www.angelo-cremona.com>
52. <https://www.cardsofwood.com/product>
53. <https://www.changi-machinery.com.tw/v-holder-centering-log-charger.html>
54. <https://www.decospan.com/en/wood-veneer/infinite-wood/reconstituted-veneer/>
55. <https://www.exportersindia.com/product-detail/chequered-plywood-4012788.htm>
56. <https://www.finixia.com/panels/>
57. <https://www.furnier.de/en/wood-veneer/processing.html>, (пристапено на 13. 05.2019).
58. https://www.hs.at/fileadmin/files/all/Production/BACO_Data_Sheets/4_SOLID_Laminboard_core_3_layers.pdf
59. <https://www.innovatormachinery.com/product-Double-Knife-Veneer-Guillotine-with-Gluing-System-Optimum-series.html>
60. <https://www.jahn-furniere.de/furnierherstellung.html>
61. <https://www.kuper.de>
62. <https://www.lozidesigns.com>
63. <https://www.mebor.eu/complete-range-of-machines/debarking-machines-and-butt-end-reducers/>
64. https://www.merinolaminates.com/en/product_category/super-blockboard/
65. <https://www.moehringer.com/en/products-bandsaw-technology/>
66. <https://www.murphyplywood.com/engineered/>
67. <https://www.nauticexpo.com>
68. <https://www.nefab.com/en/plywood-boxes/>
69. <https://www.oavequipment.com/en/2-1692-33562/product/LONGITUDINAL-VENEER-SPLICER-Integrated-Gluing-System-Inside-VeneerPlus-LVS-1250-Series-id254894.html>
70. <https://www.plywoodeurope.com/facade-plywood.html>
71. <https://www.pollmeier.com/spruce-lvl/>

72. <https://www.rjmachinery.co.uk/id/kuper-acr-cross-feed-veneer-slicer>
73. <https://www.rosen-swiss.com/en/veneers/veneer-production/explanation-veneer-production>
74. <https://www.spp.co.uk/acoustic-panels-plywood>
75. <https://www.usnr.com/en/product/blocklogix?dt=1>
76. <https://www.veneerservices.com/equipment/log-grading-lines/log-grading-gallery/>
77. <https://www.waldwissen.net/en/forestry/timber-and-markets/storage-and-conservation/long-term-storage-of-log>
78. <https://www.woodandpanel.com/woodnews/article/raute-brings-game-changing-log-scanning-solutions/>
79. <https://www.woodworkersinstitute.com/furniturecabinetmaking/techniques/veneering/general/how-to-press-veneer/>
80. <https://youngpanels.com>
81. Iliev, B., Nacevski, M., Mihajlova, J., Dimeski, J., Jakimovska, V. (2007). Comparative Analysis of Water Absorption and Thickness Swelling of Multilayer Plywood and Solid Wood. Proceedings of the International Symposium - Sustainable Forestry and Challenges, Perspectives and Challenges in Wood Technology, 24-26th October, 2007, Ohrid: 384-389.
82. Iliev, B., Nacevski, M., Mihailova, J., Gruevski, G., Jakimovska, V. (2008). Analyze of the Important Physical and Mechanical Properties of the Plywood Compared with Particleboards and Solid Wood. Proceedings of 19th International Scientific Conference „Wood is Good-Properties, Technology, Valorisation, Application“, Ambianta 2008, Zagreb, pg. 91-96.
83. Irschik, E. (1949). Furnier und sperrholz, Stuttgart.
84. Jaić, M., Zivanović Trbojević, R. (2000). Površinska obrada drveta, Šumarski fakultet - Beograd.
85. Jakimovska Popovska, V., Iliev, B. (2013). Influence of Plywood Structure on Compressive Strength Parallel to the Plane of the Panel. Proceedings of international scientific conference „Wood technology & product design“, pp. 194-200, Ohrid.
86. Jakimovska Popovska, V., Iliev, B. (2013). Research on the Characteristics of Laboratory Made Plywood. Proceedings of 9th international scientific conference on production engineering „Development and modernization of products-RIM 2013“, pp. 717-724, Budva.
87. Jamalirad, L., Doosthoseini, K., Koch, G., Mirshokraie, S.A., Hedjazi, S. (2011). Physical and Mechanical Properties of Plywood Manufactured from Treated Red-heart Beech (*Fagus orientalis* L.) Wood Veneers. *BioResources* 6(4): 3973-3986.
88. Karahasanović, A. (1991). Nauka o drvetu, Sarajevo.
89. Kollmann, F. et. al. (1975). Principles of Wood Science and Technology, Vol. II-Wood Based Materials, Springer-Verlag, Berlin-New York.
90. Kirilov, A.N., Karasev, E.I. (1972). Tehnologija fanornog proizvodstva, Moskva.
91. Knežević, M. (1966). Furniri i šperovano drvo, Beograd.
92. Knežević, M. (1970). Prerada drveta na strugarama, Beograd.
93. Knežević, M. (1975). Osnovi mehaničke prerade drveta, Beograd.
94. Král, P., Hrázský, J. (2006). Effect of Different Pressing Conditions on Properties of Spruce Plywood. *Journal of Forest Science*, 52 (6): 285-292.
95. Král, P., Hrázský, J. (2008). A Contribution to the Resistance of Combined Plywood Materials to Abrasion. *Journal of Forest Science*, 54 (1): 31-39.
96. Krotov, E. G. (1947). Fanernoje proizvodstvo, Moskva.
97. Krpan, J. (1971): Tehnologija furnira i ploča, Zagreb.
98. Leggate W., McGavin R.L., and Bailleres H. (Eds) (2017). A guide to manufacturing rotary veneer and products from small logs. Australian Centre for International Agricultural, ACIAR Monograph no. MN182.
99. Linköpings Universitet Tekniska högskolan, Department of Management and Engineering. Plywood, Composites and Engineered wood Chapters 14, 15 and 16 in Hoadley Stig-Inge Gustafsson, stig-inge@gustafsson.liu.se.
100. Lukić-Simonović, N. (1983): Poznavanje svojstva drveta, Beograd.

101. Lutz, John F. (1977). Wood veneer: log selection, cutting, and drying. U.S. Dep. Agri., Tech. Bull. No. 1577, p. 137.
102. Martin, R.W., (1999). The Chemistry of Phenolic Resins. John Willey.
103. McCambridge, C. (2019). Better floor performance starts with a solid subfloor system, Construction CANADA.
104. McKnight, J. (2021). Plywood furniture turns 1990s van into mobile home for Ecuadorian couple, Dezeen. <https://www.dezeen.com>
105. Mešić, N. (1998). Furniri, furnirske i stolarske ploče, „Grafika Saran” - Sarajevo.
106. Mitchell, F.A. & Co P/L (2017). A Brief History of Plywood and How It Helped Win the War, <https://famitchell.com.au>
107. Murphyplywood. (2023). Engineered Wood-Consistent quality and strength, (<https://www.murphyplywood.com/engineered/>)
108. Nikolić, M. (1988): Furniri i slojevite ploče, Beograd.
109. Nikolić, M. (1989): Furniri i ploče, Beograd.
110. Ojanen, T., Ahonen, J., Osanyintola, O., Simonson, C. (2014). Moisture Characteristics of Plywood Part I - Drying Efficiency of Plywood Exterior Sheathing (http://web.byv.kth.se/bphys/reykjavik/pdf/art_040.pdf)
111. Paubicki, B. Marchal, R., Butaud, J.C., Denaud, L., Bleron, L., Collet, R., Kowaluk, G. (2010). A Method of Lathe Checks Measurement; SMOF device and its software - European Journal of Wood and Wood Products - Vol. 68, N°2, p. 151-159.
112. Pilato, L. (Ed.) (2010). Phenolic Resins: A Century of Progress. Springer-Verlag London Limited.
113. Pecina, H. (1970). Holzfeuchte und Klebung I. Holctechnologie.
114. Pecina, H. (1970). Holzfeuchte und Klebung II. Holctechnologie.
115. Pizzi, A., Mittal, K.L. (2003). Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded. CRC Press.
116. Purchase, R. Finnforest: Plywood carries the transportation vehicle industry <https://www.ins-news.com>
117. Ronald Phillips, Great english furniture. (<https://www.ronaldphillipsantiques.co.uk/artwork/detail/805122/0/the-harewood-house-commode>)
118. Sedliačik, M., Tučeková, E. (1987). Polykondenzačné lepidlá, Zvolen.
119. Siim, K., Kask, R., Lille, H., Täkker, E. (2012). Study of Physical and Mechanical Properties of Birch Plywood Depending on Moisture Content. 8th International DAAAM Baltic Conference „Industrial Engineering”, 19-21 April 2012, Tallinn, Estonia.
120. SWL Tischlerplatten Betriebs - GmbH. SWL blockboards a sustainable material—the Comeback. (<https://pdf.archiexpo.com>)
121. Trameko 2023. History of plywood furniture. How it all started? (<https://tarmeko.ee>)
122. Youngquist, J.A. (1999). Wood-Based Composites and Panel Products. Chapter 10 in USDA, Forest Service, Wood as an Engineering Material. General Technical report FPL-GTR-113. Wood Handbook. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory.
123. Wilczyński, M., Warmbier, K. (2012). Elastic Moduli of Veneers in Pine and Beech Plywood. Drewno Pr. Nauk Donies. Komunik, Vol. 55: 188.
124. Zdravković, V., Lovrić, A. (2019). Furniri i slojevite ploče-zbirka zadatka. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
125. Zdravković, V. (2020). Stolarske (panel) ploče, DRVOtehnika 68/2020: 40-42.
126. Zīke S., Kalniņš K. (2011). Enhanced impact properties of plywood. Proceedings of the 3rd International Conference Civil Engineering '11, Jelgava, 12-13 May, 2011. Latvia: 125-130.
127. Бахчеванциев, К. (2002). Помошни материјали-недрвни материјали, УКИМ - Шумарски факултет - Скопје.
128. Бахчеванциев, К., Стефановски, В. (1994). Финална обработка на дрвото I дел, УКИМ - Шумарски факултет - Скопје.
129. Георгиевски, Ж. (1993). Анатомија и технички својства на дрвото, Скопје.
130. Димески, Ј. Илиев, Б. (2010). Познавање на фурнири и плочи, Скопје.

131. Димески, Ј., Илиев, Б. (1997). Физичко-механички својства на водоотпорните фурнирски плочи произведени од букови фурнири и фенол-формалдехидно лепило. Шумарски преглед, Година XL (1992-1997): 37-42.
132. Доронин, Ю.Г. Мирошниченко, С.Н., Свиткина, М.М. (1987). Синтетички смољи в деревообработке, Лесная промышленность, Москва.
133. Илиев, Б. (1994). Проучување на некои својства на водоотпорни комбинирани плочи изработени од плочи од иверки и фурнири на база на фенолно лепило, Магистерски труд, Шумарски факултет - Скопје.
134. Илиев, Б. (2000). Компаративни испитувања помеѓу водоотпорни комбинирани дрвени плочи и водоотпорни повеќеслојни фурнирски плочи, Докторска дисертација, Шумарски факултет - Скопје.
135. Илиев, Б. (2004). Експериментални и аналитички истражувања на карактеристиките на водоотпорни комбинирани дрвени плочи за употреба во градежништвото. Завршен извештај на научноистражувачки проект финансиран од Министерството за образование и наука на Р Македонија, главен истражувач доц. д-р Борче Илиев, Шумарски факултет - Скопје.
136. Јакимовска Поповска, В. (2011). Споредбени истражувања на својствата на лабораториски фурнирски плочи и некои индустриски дрвени плочи, Магистерски труд, Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер - Скопје.
137. Јакимовска Поповска, В. (2014). Истражувања на карактеристиките на структурно зајакнати конструктивни фурнирски плочи, Докторска дисертација, Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер - Скопје.
138. Македонски стандарди за дрво-МКС, 1995.
139. Стефановски, В., Рабациски, Б. (1994). Примарна преработка на дрвото II дел - Фурнири и слоевити плочи, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Шумарски факултет - Скопје.
140. Шишков, И. (1994). Технологија на фурнира и слоестата дървесина, Земиздат, София.

8. ПРИЛОЗИ



Сечен фурнир од даб (*Quercus robur*) – тангенцијален пресек



Сечен фурнир од американски црвен даб (*Quercus rubra*) – радијален пресек



Сечен фурнир од бука (*Fagus sylvatica*) – тангенцијален пресек



Сечен фурнир од јавор млеч (*Acer platanoides*) – радијален пресек



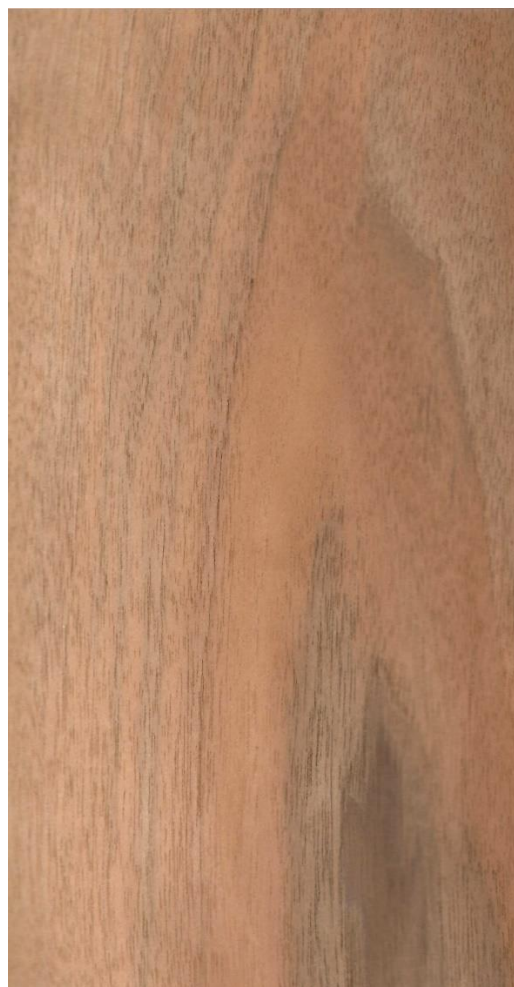
Сечен фурнир од канадски јавор (*Acer saccharum*) – неправилна градба (птичје око)



Сечен фурнир од канадски јавор (*Acer saccharum*) – неправилна градба



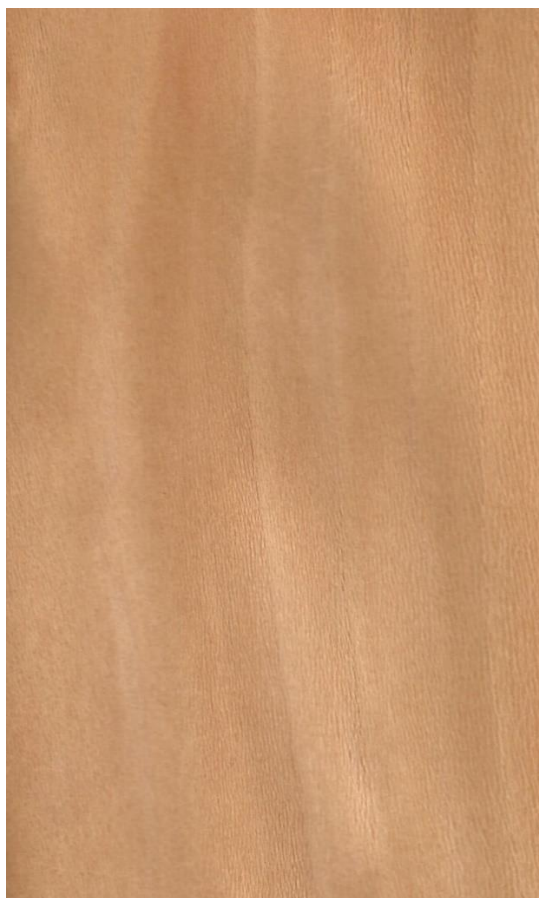
Сечен фурнир од бел јасен (*Fraxinus excelsior*) – полурадијален пресек



Сечен фурнир од орев (*Juglans regia*) – тангенцијален пресек



Сечен фурнир од американски црн орев (*Juglans nigra*) – радијален пресек



Сечен фурнир од платан (*Platanus orientalis*) – радијален пресек



Сечен фурнир од планински брест (*Ulmus montana*) – радијален пресек



Сечен фурнир од дива цреша (*Prunus avium*) – тангенцијален пресек



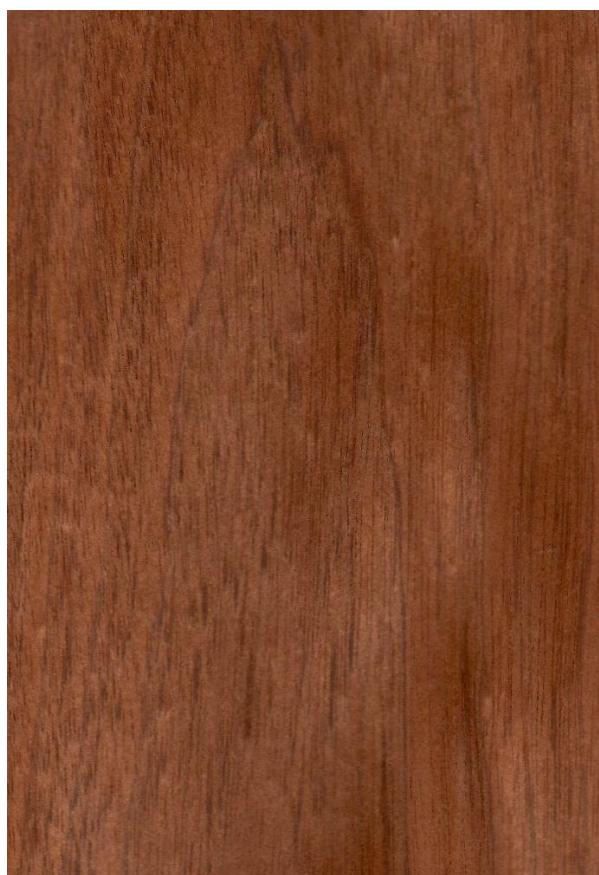
Сечен фурнир од црн бор (*Pinus nigra*) – радијален пресек



Сечен фурнир од африкански црвен махагони (*Khaya ivorensis*) – радијален пресек



Сечен фурнир од кото (*Plerygota Bequaertii*) – радијален пресек



Сечен фурнир од сипо махагони (утиле)
(*Entandrophragma utile, Sprangue*) – тангенцијален пресек



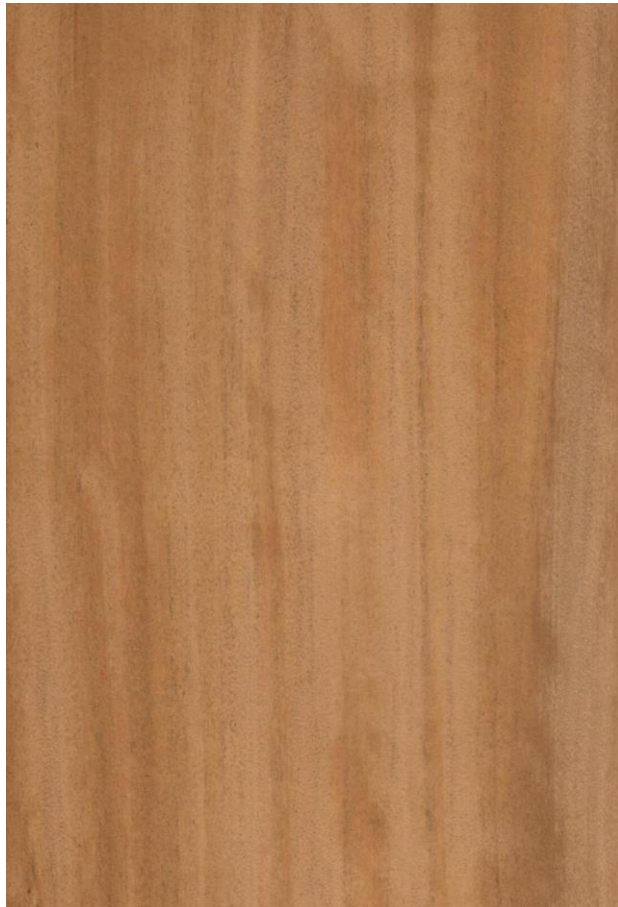
Сечен фурнир од евкалиптус (*Eucalyptus microcorys*) – радијален пресек



Сечен фурнир од африкански падук (*Pterocarpus soyauxii*) – тангенцијален пресек



Сечен фурнир од анегре (*Anningeria robusta*) – радијален пресек



Сечен фурнир од изомбе (*Testulea gabonensis*) – радијален пресек



Сечен фурнир од окуме (*Aucoumea klaineana*) – тангенцијален пресек



Сечен фурнир од лимба (*Terminalia superba*) – радијален пресек



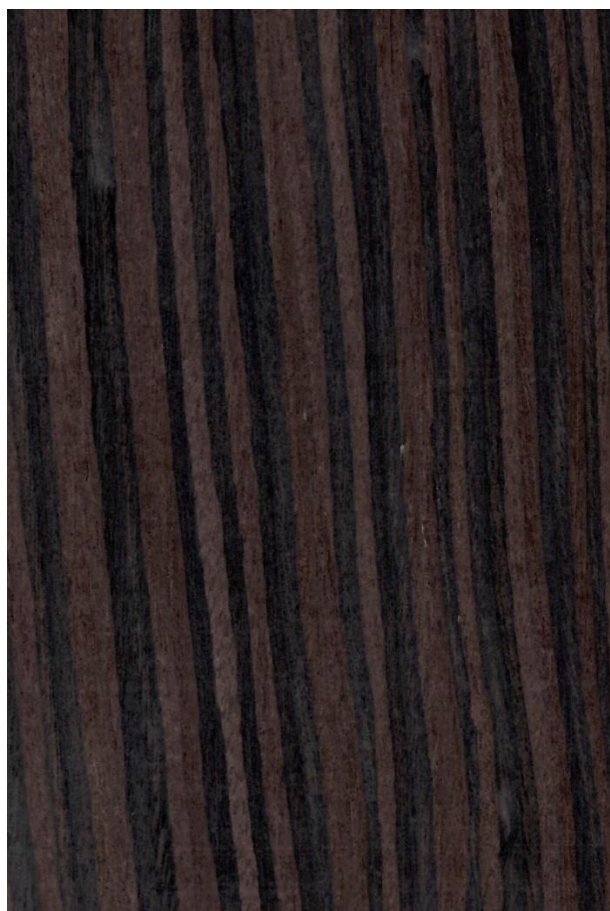
Сечен фурнир од афрормозија (*Pericopsis elata*) – радијален пресек



„Fine-line“ фурнир од американски црвен даб (*Quercus rubra*)



„Fine-line“ фурнир од тика (*Tectona grandis*)



„Fine-line“ фурнир од абонос (*Diospyros ebenum*)

Ниту еден дел од оваа публикација не смее да биде репродуциран на било кој начин без претходна писмена согласност на авторот.

Е-издание: [https://ukim.edu.mk/e-izdanija/FDTME/Furniri i furnirski plochi.pdf](https://ukim.edu.mk/e-izdanija/FDTME/Furniri_i_furnirski_plochi.pdf)

