

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

**Posouzení pevnosti lepené spáry u tvarovaných
překližek**

Diplomová práce

Akademický rok:

2014/2015

Vypracoval:

Bc. Martin Dohnal

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Posouzení pevnosti lepené spáry u tvarovaných překližek zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:.....

Podpis studenta:.....

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Pavlu Královi za vedení a usměrňování během zpracování této diplomové práce a panu Vlastimilu Bartůskovi z TON a.s. Holešov za spolupráci. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Davidu Děckému za pomoc při měření mechanických vlastností překližek a paní Mgr. Zuzaně Paschové, Ph.D. za pomoc se stanovením koncentrace formaldehydu v lepidlech.

Abstrakt

Jméno: Martin Dohnal

Název diplomové práce: Posouzení pevnosti lepené spáry u tvarovaných překližek

Tato diplomová práce se zabývá posouzením pevnosti lepené spáry u bukových tvarovaných překližek, odebraných z firmy TON a.s. Holešov. Dále budou měřeny vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti překližovaných desek. V první části práce je uveden přehled nejpoužívanějších překližovaných materiálů a lepidel. V další kapitole se věnuji technologickému postupu výroby tvarovaných překližek v TON a.s. Holešov. Druhá část práce obsahuje metodiku měření vlhkosti, hustoty, pevnosti lepené spáry ve smyku, stanovení pevnosti v ohybu, modulu pružnosti v ohybu a obsahu formaldehydu v lepidlech s následným statistickým vyhodnocením měřených vlastností. Porovnávány jsou vzorky překližek lepené dvěma druhy lepidel.

Klíčová slova: kvalita lepení, lepidlo, pevnost lepené spáry, překližka, fyzikální a mechanické vlastnosti, spektrofotometrie

Abstract

Name: Martin Dohnal

Title: Assesment of the strenght of bond line in molded plywood

This thesis deals with the assessment of the strength of the bond line in beech molded plywood, taken from the company TON a.s. Holešov. There will also be measured selected physical and mechanical properties of plywood. The first part provides an overview of the most commonly used plywood materials and adhesives. The next chapter deals with technological process of production of molded plywood in TON a.s. Holešov. The second part contains a methodology for measuring moisture, density, strength of the bond line, determination of bending strength, modulus of elasticity in bending and the formaldehyde content of the adhesive with subsequent statistical evaluation of measured properties. Compared are samples of plywood bonded with two types of adhesives.

Key words: bonding quality, adhesive, the strenght of bond line, plywood, physical and mechanical properties, spectrophotometry

Obsah:

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce.....	8
3	Překližované a vícevrstvé dýhové materiály.....	9
3.1	Překližky.....	10
3.2	Vícevrstvé dýhové materiály pro nosné účely.....	17
3.3	Fyzikální a mechanické vlastnosti překližek.....	21
3.3.1	Fyzikální vlastnosti.....	21
3.3.2	Mechanické vlastnosti.....	22
4	Technologický postup výroby překližek v TON a.s. Holešov.....	23
4.1.	Postřík kulatiny.....	23
4.2.	Paření kulatiny.....	23
4.3.	Příprava a manipulace s kulatinou před loupáním.....	25
4.4.	Loupání dýhy.....	26
4.5.	Sušení a stříhání dýh na přířezy.....	29
4.6.	Klimatizace v meziskladu suché dýhy.....	30
4.7.	Příprava lepicí směsi, výroba lamelového dřeva – vysokofrekvenční způsob..	31
4.8.	Příprava lepicí směsi, výroba překližek – parní způsob.....	32
5	Lepení překližovaných materiálů.....	34
5.1	Teorie lepení.....	34
5.2	Složky lepidel.....	36
5.3	Pravidla pro dosažení dobrých výsledků při lepení.....	36
5.4	Hodnocení pevnosti lepeného spoje.....	37
5.5	Lepidla používaná při lepení překližovaných materiálů.....	37
5.5.1	Močovinoformaldehydová lepidla.....	38
5.5.2	Melaminformaldehydová lepidla.....	39
5.5.3	Fenolformaldehydová lepidla.....	39
5.5.4	Melamin-močovinoformaldehydová lepidla.....	40
5.5.5	Lepicí fólie.....	40
5.6	Stanovení formaldehydu metodou HPLC- UV/VIS.....	41

6	Materiál a metodika	43
6.1	Zjišťování vlhkosti dle ČSN EN 322	44
6.2	Zjišťování hustoty dle ČSN EN 323.....	44
6.3	Stanovení kvality lepení dle ČSN EN 314.....	45
6.4	Stanovení pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu dle ČSN EN 310	47
6.5	Stanovení obsahu formaldehydu v lepidlech	49
7	Výsledky a diskuse.....	51
7.1	Výsledky zjišťování vlhkosti	52
7.2	Výsledky zjišťování hustoty	52
7.3	Výsledky stanovení kvality lepení.....	53
7.4	Výsledky stanovení pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu	55
7.5	Výsledky stanovení obsahu formaldehydu v lepidlech.....	57
7.6	Vliv hustoty a obsahu formaldehydu na zjišťované vlastnosti	58
8	Závěr	69
9	Summary	70
10	Literatura.....	71
11	Přílohy	74

1 Úvod

Vztah člověka ke dřevu se vytvářel od nejranějšího období historického vývoje lidstva. Od počátku civilizace bylo dřevo jedním z prvních materiálů, ze kterých byly zhotoveny nejen pracovní nástroje, jídelní nádoby, nábytek, obydlí, nýbrž i první stroje a rituální a umělecké předměty. Nelze opomenout ani využití dřeva jako paliva, k čemuž se využívá dodnes. Přímý styk se dřevem při jeho obrábění ovlivňoval zpětně motorický, smyslový i intelektuální vývoj člověka. Pro naše předky tedy dřevo mělo existenční význam.

V dnešní době je dřevo především konstrukčním materiálem, využívá se i jeho tepelně izolačních vlastností, pružnosti a pevnosti, tvoří vstupní surovinu v papírenství. Tak jako každý materiál, i dřevo má své nevýhody, snahou tedy bylo omezit nebo odstranit nedostatky přírodního dřeva. V důsledku toho začaly vznikat nové materiály na bázi dřeva, které v sobě spojovaly výhody dřeva a zároveň potlačovaly jeho nedostatky. Nejvýznamnějšími jsou v tomto ohledu aglomerované a překližované materiály, u kterých je do jisté míry možné správným postupem ovlivňovat i vlastnosti související s anizotropií přírodního dřeva.

Překližované materiály si zachovávají původní vlastnosti dřeva i jeho vzhled, avšak svým konstrukčním uspořádáním z velké části eliminují jeho největší nedostatky, tj. anizotropie, homogenita, změna rozměrů vlivem vlhkosti a problém vytvoření velkých ploch. K jejich výrobě je zapotřebí poměrně kvalitní surovina, což při vzrůstajícím nedostatku kvalitní loupárenské kulatiny je patrně jednou z příčin stagnace světové produkce překližek.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je posoudit pevnost lepené spáry smykovou zkouškou u tvarovaných bukových překližek, odebraných z firmy TON a.s. Holešov. Porovnávají budou vzorky lepeny dvěma typy močovinoformaldehydových lepidel.

Dále budou testovány vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti - tj. vlhkost, hustota, pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu. Druhým úkolem je zjištění obsahu formaldehydu v lepidlech a analýza závislosti pevnosti lepené spáry, pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu na koncentraci formaldehydu a hustotě. Část práce je věnována také technologickému postupu výroby tvarovaných překližek v již zmíněném podniku. Součástí bude přehled překližovaných materiálů a lepidel používaných při jejich výrobě.

Výsledky měření budou statisticky vyhodnoceny a porovnány s dostupnou literaturou.

3 Překližované a vícevrstvé dýhové materiály

Překližované materiály překonávají svým konstrukčním uspořádáním z velké části největší nedostatky přírodního dřeva, tj. anizotropie, homogenita, změna rozměrů vlivem vlhkosti a problém vytvoření velkých ploch. Jejich výhodou je zejména dobrá možnost obrábění, větší odolnost proti vnějším vlivům, výhodný poměr mechanické pevnosti a jejich hustoty, velkoplošné rozměry a homogenita mechanických vlastností.

Mechanické a elastické vlastnosti těchto materiálů závisí především na složení a skladbě souborů, ze kterých jsou vyrobeny. Mezi faktory, které mají zásadní vliv na mechanické vlastnosti překližek, patří zejména tloušťka dýh a jejich uspořádání, počet vrstev, druh dřeviny a jakost použitých dýh (množství a výskyt vad). *(Kráal, 2011)*

V druhé polovině 19. století byla zdokonalena průmyslová výroba dýh na krájecích a loupacích strojích. Krájené dýhy jsou charakteristické stejnou kresbou na jednotlivých listech, používají se pro okrasné účely především u nábytku. Při výrobě loupáných dýh vzniká velkoplošný pás, který se následně rozstříhá na jednotlivé listy dýh. Listy dýh se používají pro výrobu vrstvených plošně lepených materiálů – překližek, laťovek apod. *(Böhm a kol., 2012)*

K výrobě překližovaných desek se používají listnaté i jehličnaté dřeviny. Z listnatých je to především buk, olše, bříza a topol. Z jehličnatých dřevin se jedná zejména o smrk, jedli a borovici. Jehličnaté dýhy se vyrábí pro výrobu vodovzdorných překližek či jako vložky.

Využití nacházejí v mnoha oblastech – v nábytkářství, dopravě, stavební výrobě, strojírenství apod. Výroba překližovaných materiálů spočívá v lisování souboru dýh s naneseným syntetickým lepidlem za působení teploty a tlaku. *(Kráal, 2011)*

Základní pojmy překližovaných materiálů

Dýha – je tenký list dřeva vzniklý loupáním, krájením či řezáním.

Překližovaná deska – má vzájemně slepené vrstvy, přičemž směr vláken sousedních vrstev je na sebe kolmý. Vnitřní a vnější vrstvy jsou na obou stranách vzhledem ke střední vrstvě symetricky uspořádány.

Překližka – je překližovaná deska, všechny její vrstvy jsou tvořeny dýhami uspořádanými rovnoběžně s rovinou desky.

Opláštěvaná překližovaná deska – překližovaná deska upravená potahovou vrstvou nebo pláštěm (jednou nebo více vrstvami, popř. filmy). Jedná se např. o impregnovaný papír, pryskyřičný film, umělé látky, kovy apod.

Tvarovaná překližka – je překližka lisovaná ve speciální formě do daného tvaru ze třech nebo více vrstev dýh, používá se především u sedacího nábytku.

Rozdělení překližovaných desek

Překližované desky se dělí **dle konstrukce** na:

- Překližky (stavební, obalové, truhlářské, letecké apod.)
- Jádrové desky (laťovky, dýhovky)
- Složené desky (voštinové desky, velitové desky)

Dle **tvaru** se rozdělují na:

- Ploché
- Tvarové

Dle **hlavních vlastností** je možné je rozdělit podle:

- Mechanických vlastností
- Vzhledu povrchu
- Životnosti (pro použití interiér/exteriér)
- Způsobu úpravy povrchu (broušené, nebroušené, opláštěvané, povrchově upravené)
- Požadavků uživatele

(Kráal 2011)

3.1 Překližky

Překližka vzniká vzájemným křížovým slepením tenkých velkoplošných listů dřeva (dýh). Proto nemohou jednotlivé vrstvy dýh pracovat; jsou vzájemně vázané, odstraňují anizotropní charakter dřeva a je u nich výrazně sníženo bobtnání a sesychání. Volbou počtu vrstev a tloušťky jednotlivých dýh, volbou lepidla, úpravou povrchu a použitím různých dřevin lze vyrobit překližky rozdílného estetického vzhledu,

mechanických a fyzikálních vlastností s vysokou nebo menší odolností vůči působení vlhkosti. (Böhm a kol., 2012)

Překližky musí mít v průřezu symetrickou strukturu – tloušťka dýh, směr vláken a druh dřeviny. Proto se dýhové překližky skládají téměř vždy z lichého počtu vrstev dýh, tj. 3 a více vrstev. Označují se pak jako třívrstvé, pětivrstvé překližky. Z hlediska tvarové stability je výhodné, pokud je prostřední vrstva dýh větší tloušťky než vnější. Vícevrstvé překližky s více než pěti vrstvami a tloušťkou min. 12 mm mají obchodní název Multiplex. (Nutsch a kol., 2006)

Truhlářská překližka pro všeobecné použití

- Velkoplošný materiál na bázi dřeva, tvořený několika vrstvami loupaných dýh.
- Jako pojivo se nejčastěji používá močovinoformaldehydové lepidlo.
- Využití nacházejí při výrobě nábytku a vnitřních zařízení, jako jsou zadní stěny, výplně a dna zásuvek, dále na hudební nástroje, pro výrobu obalů.
- Výhodou je jejich zdravotní nezávadnost, vysoká pevnost, houževnatost, pružnost při nízké objemové hmotnosti.
- Vyrábí se v tloušťkách: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18.
- Formát: 2200x1250 mm, 2500x1250 mm.
- Dostupné v celobukovém nebo kombinovaném provedení (vrchní dýha buk, ostatní kombinací dřevin smrk, topol, buk. (Král, 2011)



Obr. 3.1.1 – Truhlářská překližka pro všeobecné použití. (Böhm a kol., 2012)

Vodovzdorná překližka pro všeobecné použití

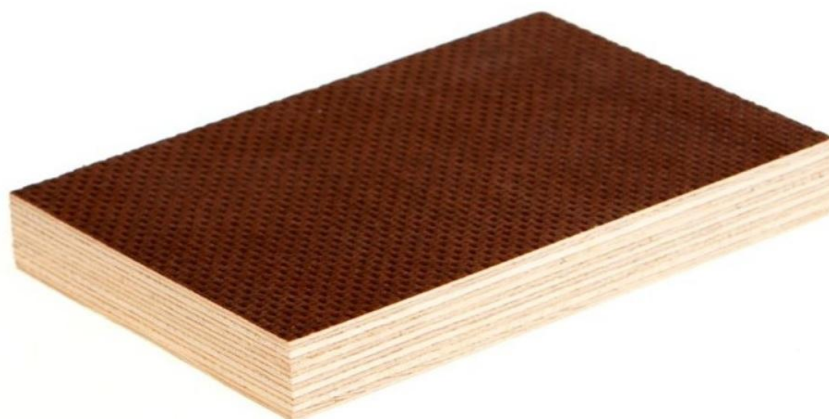
- Lepena fenolformaldehydovým lepidlem.
- Nízká objemová hmotnost, dobrá pevnost a rozměrová stálost.
- Využití pro podlahy, stavebně-truhlářské výrobky, dřevěné obaly.
- Zdravotně nezávadné.
- Vyrábí se v tloušťkách – 4, 5, 8, 9, 10, 12, 15, 18 a 21 mm.
- Formát: 2200x1220 mm, 1220x2200 mm, 1250x2500 mm, 2500x1250 mm.
- Dodává se v provedení: vrchní dýha – buk, topol, bříza, smrk (ostatní vrstvy kombinací topolu, smrku, břízy, buku).
- Lze skladovat uvnitř i venku, ale musí být zastřešeny.



Obr. 3.1.2 – Vodovzdorná stavební překližka. (demos.cz)

Vodovzdorná překližka s povrchovou úpravou

- Lepeno fenolformaldehydovým lepidlem.
- Z obou stran chráněna fenolickou fólií gramáže 150 g.m⁻², hrany opatřeny vodovzdorným nátěrem.
- Používá se ve stavebnictví pro bednicí dílce, podlahy, v automobilovém průmyslu.
- Tloušťka – 9, 10, 12, 15, 18, 21, 25 a 27 mm.
- Formát: 1250x2200 mm, 1250x2500 mm, 1500x2500 mm.
- Povrchová fólie může být protiskluzová (vyšší bezpečnost)



Obr. 3.1.3 – Vodovzdorná stavební překližka s protiskluzovou úpravou. (Böhm a kol., 2012)

Překližka se sníženou hořlavostí – Pyroplex

- Jednotlivé vrstvy jsou impregnovány retardéry hoření.
- Zvýšená odolnost proti hoření ve srovnání s běžnými překližkami.
- Použití do veřejných budov (nádraží, sportovní haly, divadla, hotely), nebo pro vnitřní vybavení dopravních prostředků (tramvaje, železniční vagóny, vozy metra a pod.).
- Vyrábí se v tloušťkách – 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40 a 50 mm.
- Formát: 250x2200 mm, 1250x2500 mm, 1500x2500 mm.
- Pouze v celobukovém provedení.

Mnohvrstvá překližka Multiplex

- Celobuková překližovaná deska, složená z mnoha vrstev bukových dýh, kde směr vláken je u každé sousední dýhy na sebe kolmý.
- Z dýh tl. 2,2 mm až 2,6 mm.
- Lepeno fenol-formaldehydovým nebo melaminovým lepidlem.
- Díky většímu obsahu „masivního“ dřeva v podobě silnějších vnitřních dýh a méně lepidla jsou pak vlastnosti bližší bukovému masivu.

- Pro velmi dobrou pevnost se používají na schodiště, pracovní desky stolů, slévárenské modely.
- V tloušťkách 15,18,20,25,30,35,40 a 50 mm.
- Zdravotně nezávadné.

Letecká překližka

- Ze tří nebo více bukových či březových dýh slepených na sebe kolmo ke směru vláken.
- Formát 1200x1200 mm.
- Lepena vodovzdorně – fenolická lepicí fólie.
- Dýhy z nejkvalitnějších surovin, tl. 0,25 mm – 1,5 mm.
- Použití pro letecké modelářství, hračky, dřevěná letadla.

Překližka bez formaldehydu

- Tvoří ji několik vrstev loupaných dýh spojených disperzním PVAC lepidlem (bez formaldehydu).
- Pro svou zdravotní nezávadnost se používají v interiérech, kde je kladen důraz na hygienickou nezávadnost – nemocnice, sanatoria, školky apod.
- Vyrábí se v tloušťkách – 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15 a 18 mm.
- Formát: 2200x1220 mm, 2500x1250 mm (směr vláken povrchové dýhy je rovnoběžný s delší hranou).
- Provedení nejčastěji celobukové, případně kombinované (vrchní dýha buková, ostatní vrstvy mohou být z topolu, břízy, smrku, buku).

Speciální překližované materiály

Flexibilní ohebná překližka

- Provedení v kombinaci z exotických dřevin (povrchová dýha – ceiba, vnitřní – okumé).
- V tloušťkách – 5, 7 a 9 mm.
- Formát: 1250x2500 mm, 2500x1250 mm.
- Využití nacházejí při výrobě nábytku, interiérů na zakázku, ve stavebně truhlářské výrobě aj.

Překližované lůžkové lamely

- Představují vrstvené dřevo tvarované do oblouku. Lamely slouží k vytvoření ložné plochy lůžkového nebo odpočinkového nábytku.
- Na výrobu se používá loupaná buková dýha, případně v kombinaci se smrkovou.
- Dýhy lepeny močovinoformaldehydovým lepidlem vždy souhlasně se směrem dřevních vláken.
- Používají se pro ložné plochy lůžkového či odpočinkového nábytku.
- Vyrábí se v rozměrech: délka 500 – 1850 mm, šířka 53 – 68 mm, tloušťka 8 – 14 mm.



Obr. 3.1.4 – Překližovaná lůžková lamela a její použití. (n-i-s.cz)

Tvarované překližky

- Výlisky lisované do požadovaného tvaru ze třech nebo více vrstev dýh, a to ve dvou nebo třech rovinách.
- Zhotoveny z bukové dýhy, případně v kombinaci se smrkovou nebo topolovou dýhou.
- Vyráběny pro konkrétní výrobky, nejčastěji pro sedáky a opěradla sedacího nábytku, sportovní potřeby.
- Výlisky musí mít v době dodávky vlhkost $8\pm 2\%$.
- Lepeny fenol-formaldehydovým lepidlem, které musí odpovídat emisní třídě E1.

Dle úpravy lícové plochy se dělí na:

- Bez zvláštní úpravy
- Hladké
- Reliéfované
- Perforované
- S vypálenou intarzií
- Upravené jinými materiály



Rozdělení podle počtu vrstev:

- Trojvrstvé
- Vícevrstvé

Obr. 3.1.5 – Příklad použití tvarované překližky. (ton.eu)

Dělení dle jakosti:

- A/A – překližka z lícové strany kvality A.
 - A/B – překližka z lícové strany kvality A, z rubové strany kvality B.
 - B/B – překližka z lícové strany kvality B, z rubové strany kvality B.
- (n-i-s.cz)

Obalové překližky

- Lepeny nejčastěji fenolformaldehydovým lepidlem.
- Zpravidla se vyrábí se smrku nebo topolu.
- Vzhledem k použití jsou přípustné drobné vady v kvalitě povrchu.
- Většinou nejsou vhodné pro použití v interiéru
- Používají se pro různé druhy prostorových obalů.

(Böhm a kol., 2012)

3.2 Vícevrstvé dýhové materiály pro nosné účely

„Vzrůstající požadavky architektů a stavebních inženýrů, zejména při navrhování velkorozponových staveb, spolu s nedostatkem kvalitní dřevní suroviny v požadovaných dimenzích zapříčinily rozvoj výroby vícevrstvých dýhových materiálů“. *(Böhm a kol., 2012)*

V současné době tyto materiály velmi často nahrazují trámy z masivního dřeva, oproti nimž mají výhodu zejména v tom, že neobsahují trhliny, suky ani jiné růstové vady. Poměr hmotnosti a pevnosti je u těchto materiálů lepší než u ocelových nosníků. *(Böhm a kol., 2012)*

Jelikož kromě materiálu označovaného jako vrstvené dřevo nemají tyto materiály české názvy, jsou v práci použita jejich obchodní jména.

Vlastnosti vícevrstvých dýhových materiálů

- Vyšší pevnost než přírodní dřevo.
- Přesné rozměry dílců.
- Rozměrová stabilita.
- Unifikované vlastnosti všech dílců.
- Lehká opracovatelnost.
- Požární odolnost.
- Možnost výroby produktů ve větších rozměrech.

Vrstvené dřevo (LVL)

- Vyráběné slisováním sestaveného souboru dých, přičemž průběh vláken sousedních dých je zpravidla rovnoběžný.
- Dýhy tloušťky 1,2 mm jsou obvykle smrkové, březové nebo bukové, přičemž kvalita ve vrchních vrstvách je před lisováním vizuálně kontrolována. V desce se může vyskytovat pouze jeden druh dřeviny.
- Po slisování se deskový materiál o tloušťce do 90 mm a šířce 2,5 m rozřeže na požadované rozměry. Desky s vrstveného dřeva mají velkou pevnost ve směru průběhu vláken, která daleko převyšuje pevnost masivního dřeva. (Nutsch a kol., 2006)
- Tento materiál nachází uplatnění pro konstrukční nosné hranoly, prutové prvky staveb a plošné desky.

„Vrstvené dřevo se prodává pod různými obchodními názvy. Nejrozšířenější z nich jsou Kerto (Finnforest) a Microllam (TimberStrand)“. (Böhm a kol., 2012)

- Kerto S – všechny dýhy mají podélný směr vláken.
- Kerto Q – přibližně každá šestá dýha je lepena příčně, ostatní dýhy jsou podélné.
- Kerto T – podobné jako Kerto S, ale vyrobeno z lehčí dýhy.
- Kerto Ripa – konstrukční stavební prvek kombinující Kerto S a Kerto Q.
- Microllam typ A – dýhy náhodně překryté a slisované.
- Microllam typ B – konce dých spojeny na klínový spoj (tloušťka dých 1,2 mm). (metsawood.com)



Obr. 3.2.1 – Kerto Q. (acrossnature.wordpress.com)



Obr. 3.2.2 – Vrstvené dřevo – Microllam. (Böhm a kol., 2012)

Parallam (PSL)

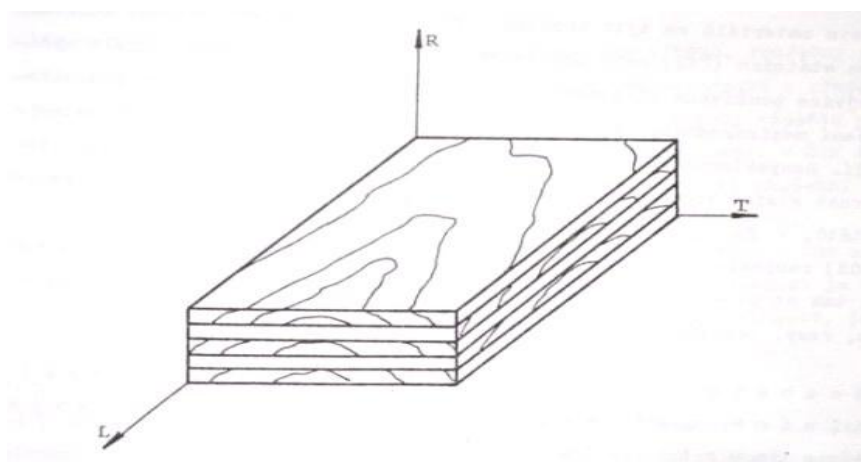
- Pásky dýh o tloušťce 3 mm, šířce okolo 13 mm a délce cca 2 m se po nanesení fenolformaldehydového lepidla skládají do bloků rovnoběžně s vlákny a následně se lisují.
- Pro nosníky, podpůrné prvky staveb v tloušťkách 9 – 18 cm, šířky 24 – 45 cm a délky až 20 m. Vyznačuje se vysokou pevností v tlaku a tahu, snese vysoká zatížení i na velká rozpětí.
- Z dřeviny se používá nejvíce jedle, douglaska nebo kanadská jižní borovice.
- Snadno rozpoznatelný pro svoji typickou texturu, na povrchu patrné spoje mezi jednotlivými páskami dýh, lepené červeně zbarveným PF lepidlem.



Obr. 3.2.3 – Parallam. (Böhm a kol., 2012)

Konstrukční principy výroby překližek

Dřevo má rozdílný charakter struktury dřeva v jednotlivých směrech, což se projevuje rozdílnými vlastnostmi dřeva. Materiál, který má identickou strukturu s krystalickým rombickým systémem se zařazuje k ortogonálně anizotropním, nebo též ortotropním materiálům. Dřevo taktéž můžeme zařadit k těmto materiálům, musí být ale splněna podmínka, že změnu vlastností po výšce a průměru kmene zanedbáme a zakřivení letokruhů bude minimální. Překližky splňují charakter ortotropního materiálu, a proto je můžeme do této skupiny také zařadit.



Obr. 3.2.4 – Jednotlivé směry u překližek. L – podélný směr, R – směr příčný radiální, T – směr příčný tangenciální. (Matovič, 1993)

Jak již bylo zmíněno, v konstrukci překližek je nutné dodržet pravidlo symetrie. Nedodržetím tohoto pravidla může dojít k různým vadám, zejména ke kroucení či porušení překližky. (Král, 2011) Pravidlo symetrie je důležité dodržet zejména u:

- Počtu vrstev dých – na každou stranu od středové vrstvy musí být stejný počet vrstev, tzn. celkový počet vrstev je vždy lichý.
- Způsobu výroby dých – vrstvy dých, které jsou stejně daleko od středu, musí být vyrobeny totožným způsobem.
- Tloušťky vrstev – vrstvy dých, které se nachází ve stejné vzdálenosti od osy symetrie, musí mít stejnou tloušťku.
- Druhu dřeviny – dýhy uložené symetricky musí být ze stejné dřeviny.
- Průběhu vláken symetricky umístěných vrstev – který musí být stejný, rovněž fyzikální a mechanické vlastnosti.

3.3 Fyzikální a mechanické vlastnosti překližek

Mezi nejčastěji hodnocené fyzikální vlastnosti překližek patří hustota, vlhkost, navlhavost a nasáklivost, bobtnání a sesychání, tepelné a zvukové vlastnosti. Vzhledem k charakteru práce se zaměřím na první dvě vlastnosti, hustotu a vlhkost.

Z mechanických vlastností se hodnotí pevnost v tlaku, tahu, ohybu, pevnost lepené spáry smykovou zkouškou, odolnost proti protlačení a odpor proti protažení hlavičky hřebíku. (Král, 2011) Vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti budou hodnoceny a postup zkoušky popsán v kapitole 6 Materiál a metodika.

3.3.1 Fyzikální vlastnosti

Hustota ovlivňuje většinu mechanických vlastností. Je o 10 – 15% vyšší než u masivního dřeva, protože při lisování dochází ke stlačení jednotlivých vrstev a je zde přítomno lepidlo. Hustota závisí na:

tloušťce překližky – tlustá překližka se stlačí méně, **vlhkosti dýh** – s jejím rostoucím obsahem roste i stlačení překližky, **tloušťce dýh** – tenčí dýha na výrobu překližky o stejné tloušťce zvyšuje hustotu, **obsahu sušiny v lepidle** – sušina má vyšší hustotu než dřevo, tím pádem čím více vrstev, tím vyšší hustota desky, **lisovacím tlaku a teplotě** – hustota roste s rostoucím tlakem a teplotou. Podle ústního sdělení Vlastimila Bartůska (vedoucí provozu 22, TON a.s. Holešov) ze dne 22.4.2014 dnes používají lisovací tlaky okolo 25 – 30 kg.cm⁻², což odpovídá tlaku cca 3 MPa. V minulosti zkoušeli lisovací tlak zvýšit na 60 kg.cm⁻², což se ukázalo spíše jako negativní. V dnešní době se vyžaduje stoprocentní vazba mezi dřevem a lepidlem.

Vlhkost – její sledování je důležité pro zajištění potřebné jakosti výrobku. Zjišťuje se buď elektrickými vlhkoměry nebo váhovou metodou, která je přesnější, ale zdlouhavější. Se změnou vlhkosti dochází ke změnám rozměrů překližek, avšak ty nejsou tak velké jako u masivního dřeva. Pokud je vlhkost nerovnoměrně rozložena v ploše, může docházet k borcení a kroucení celých formátů. (Král, 2011)

3.3.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti překližek ovlivňuje především: **Druh dřeviny** – nejlepších mechanických vlastností dosahují překližky z tvrdých listnáčů – buku a břízy. S druhem dřeviny souvisí **hustota dřeva**, která je u překližky vlivem slisování vyšší než u masivního dřeva. (Král, 2011) Jedním z dalších důležitých faktorů je **vlhkost** – ta snižuje pevnost i modul pružnosti překližek, především nad mezí hygroskopicity (dochází k snížení pevnosti stěn buněk). S rostoucí vlhkostí klesá pevnost lepeného spoje. Avšak na rozdíl od některých jiných materiálů na bázi dřeva, po snížení vlhkosti na původní hodnotu se pevnost i modul pružnosti zvýší na původní hodnotu. (Handbook of finnish plywood, 2007)

Dále tyto vlastnosti ovlivňuje **druh lepidla, vady dřeva, konstrukce překližky** (s rostoucím počtem vrstev se pevnost zvyšuje, stejně tak je tomu s tloušťkou dýh – dýhy o menší tloušťce pevnost zvyšují). (Král, 2011)

Modul pružnosti vyjadřuje vnitřní odpor materiálu proti pružné deformaci. Čím je modul pružnosti větší, tím větší napětí je potřebné k vyvolání deformací. Pevnost dřeva v ohybu je velmi důležitou mechanickou vlastností. Při zatížení tělesa vzniká v jeho horní části napětí v tlaku a ve spodní části v tahu. Nedeformovatelná část v tělese bez normálového napětí se nazývá neutrální osa. Mezi tahovým a tlakovým napětím je napětí smykové. (is.mendelu.cz)

4 Technologický postup výroby překližek v TON a.s. Holešov

4.1 Postřik kulatiny

V období od března do dubna se postřik vypíná ve 20 hodin. Zapínání provádí v pracovní dny mistr skladu dřevin. V období od května do září je postřik bukové kulatiny nepřetržitý 24 hodin denně včetně sobot a nedělí, v době svátků i dovolených. V případě deštivého počasí se postřik neprovádí.

4.2 Paření kulatiny

Používaným materiálem jsou především bukové kmeny, případně kmeny jiných dřevin v maximální délce 12 m. Technické požadavky na bukovou kulatinu jsou určeny podnikovou normou – Buková kulatina pro výrobu dých loupáním, případně ČSN 480056.

Výrobní zařízení

- překladová skládka kulatiny
- mostový jeřáb
- pařící jámy
- dopravníky

Postup činnosti

Překladová skládka

Kulatina určená k paření je složena na překladové skládce kulatiny za pařícími jámami, odkud ji mostový jeřáb dopravuje k paření. Obsluha bazénu dodává kulatinu na tuto skládku roztríděnou do skupin podle jejího průměru:

- do 30 cm
- mezi 30 – 55 cm
- nad 55 cm

Každá rozměrová skupina kulatiny se pak paří v samostatné jámě.

Pařící jámy

Pařící jámy loupárenské kulatiny jsou řešeny na principu tzv. nepřímého paření, tzn. že pára není pouštěna přímo do jámy s kulatinou, ale vyhřívá vodu na dně jámy. Jedná se o 4 ks nerezových pařících van o obsahu 110 m³. Každá vana je opatřena topným tělesem a nerezovým roštěm pro uložení pařené kulatiny, ocelovým víkem a vodním uzávěrem. Po naplnění cca 35-45 m³ bukové kulatiny dojde k uzavření pařící jámy ocelovým víkem s vodním uzávěrem. Topným médiem je přehřátá pára o teplotě 190 °C a tlaku 0,5 MPa. Po skončení pařícího cyklu postupně nakládá obsluha napařenou kulatinu na dopravník ke zkracovací stanici:

- v zimním období max. 3 ks kmenů na pás
- v letním období 6 ks kmenů

Toto opatření slouží k tomu, aby nedošlo k vychladnutí napařených kmenů před loupáním.

Cyklus paření

Pařící cyklus se skládá ze 3 částí – ohřev kulatiny, plastifikace a dopaření, které jsou automaticky nastaveny. Doba ohřevu a dopařování se mění v závislosti na teplotě venkovního prostředí. Doba plastifikace se může měnit pouze v závislosti na průměru kmene. Cyklus paření skončí po uplynutí nastavené doby, ale pařící jáma se po vyprázdnění může otevřít až tehdy, když teplota prostředí v jámě dosáhne hodnoty max. 71 °C.

Obsluha plnění pařících jam (1 jeřábek + 1 vazač) otevře pomocí mostového jeřábu poklop pařící jámy a odloží ho na předem připravené dřevěné hranoly. Zkontroluje stav hladiny vody na dně pařící jámy a pokud nenajde nedostatky, začne plnit pařící jámu kulatinou. Po naplnění obsluha uzavře poklopem pařící prostor. Následuje vlastní paření. Za obsluhu počítače, který automaticky řídí proces paření, zodpovídá mistr nebo mistrem určený pracovník.

Udržování teploty

Během vyprázdňování pařící jámy může dojít k tomu, že ji obsluha během směny nestihne vyprázdnit celou a ve vyprázdňování může pokračovat až následující

den. Proto se nevyprázdňená jáma znovu zakryje a obsluha nastaví pro jámu režim teploty dopařování při teplotě 71 °C, který trvá až do dalšího otevření pařící jámy.

Čištění pařící jámy se provádí pomocí kalového čerpadla, tzn. část znečištěné vody se odstraní a vyberou se hrubé nečistoty ze dna vany. Čištění se provádí jednou za dva měsíce.

4.3 Příprava a manipulace s kulatinou před loupáním

Hydrotermicky upravené kmene jsou mostovým jeřábem uloženy na stojící řetězový dopravník. Ten je možné uvést do chodu až po uvolnění kleští a uložení kmene. Po odsouhlasení vazačem, který oznámí způsobilost ke spuštění dopravníku, je kmen dopraven ke zkracovací stanici.

Výkyvná pila

Spojovací dopravník dopraví kmen k řetězové pile s hydraulickým posunem. Obsluha odřeže čelo kmene s „S-hákem“, popřípadě možnou vadu – trhlinu, hnilobu, kořenové náběhy. K dalším řetězům si obsluha kmen posunuje pomocí dopravníku na určenou vzdálenost a po sevření upínacím zařízením jej rozmanipuluje. Délka výřezů je určována výrobním předpisem a musí být s nadmírou na ořezání v toleranci 0 ± 2 cm. Odpad při této operaci v podobě odřezků nesmí být delší než 20 cm. Odřezky dopadají na šikmý dopravník koncového odpadu a jsou unášeny na valník. Piliny jsou odsávány do zásobníku odpadu.

Odkorňovač

Odkorňovací zařízení odfrézovává kůru z povrchu kmene. Ovládá se ze stanoviště zkracovací pily automaticky nebo ručně. Při automatickém odkorňování obsluha vizuálně sleduje kvalitu odkornění. Výřezy průměrů větších než 75 cm, výřezy s velkými trhlinami, velkými kořenovými náběhy, velkou hnilobou a zakřivením kmene větším než 2 % je zakázáno odkorňovat. Tyto výřezy musí být vyřazeny vyražečem krátkých špalků a jejich další zpracování určí směnový mistr. Doprava odkorněného materiálu k loupací lince je řešena pomocí řetězového dopravníku v oblouku, který je uváděn do chodu z loupací stanice. Následující dopravníky slouží zároveň jako zásobník výřezů.

4.4 Loupání dýhy

Vstupním materiálem jsou hydrotermicky upravené, odkorněné výřezy ve vykrácených délkách, s vnitřní teplotou 50 – 60 °C.

Loupací stroj KT 10 14 T

Připravené výřezy určené k loupání se dopraví ze zkracovací stanice do výrobní haly řetězovým dopravníkem. Z podélného dopravníku se výřezy přesouvají na příčné dopravníky, kterými jsou dále přesouvány do haly, k loupacím strojům. Loupání se provádí na principu otáčejícího se upnutého výřezu, společně s upínacím vřetenem proti pevně nastavenému loupacímu noži, přičemž nožový suport se přibližuje k loupánému výřezu v horizontálním směru. Nůž pak v tangenciálním směru odřezává z otáčejícího se výřezu nekonečný pás dýhy. Aby dýha měla svoje charakteristické vlastnosti, jako je rovnoměrná tloušťka, soudržnost dřevních vláken, hladkost povrchu, povrch bez trhlin, musí být dřevo před ostřím nože stlačené, což zabezpečuje tlakovnice. Ta zamezuje štípání dřeva před nožovým ostřím a nůž tak dřevní vlákna přeřezává. Je nastavena rovnoběžně s ostřím nože a tlačí na otáčející se výřez v radiálním směru tak, aby výslednice sil působila na ostří nože.

Centrovací zařízení

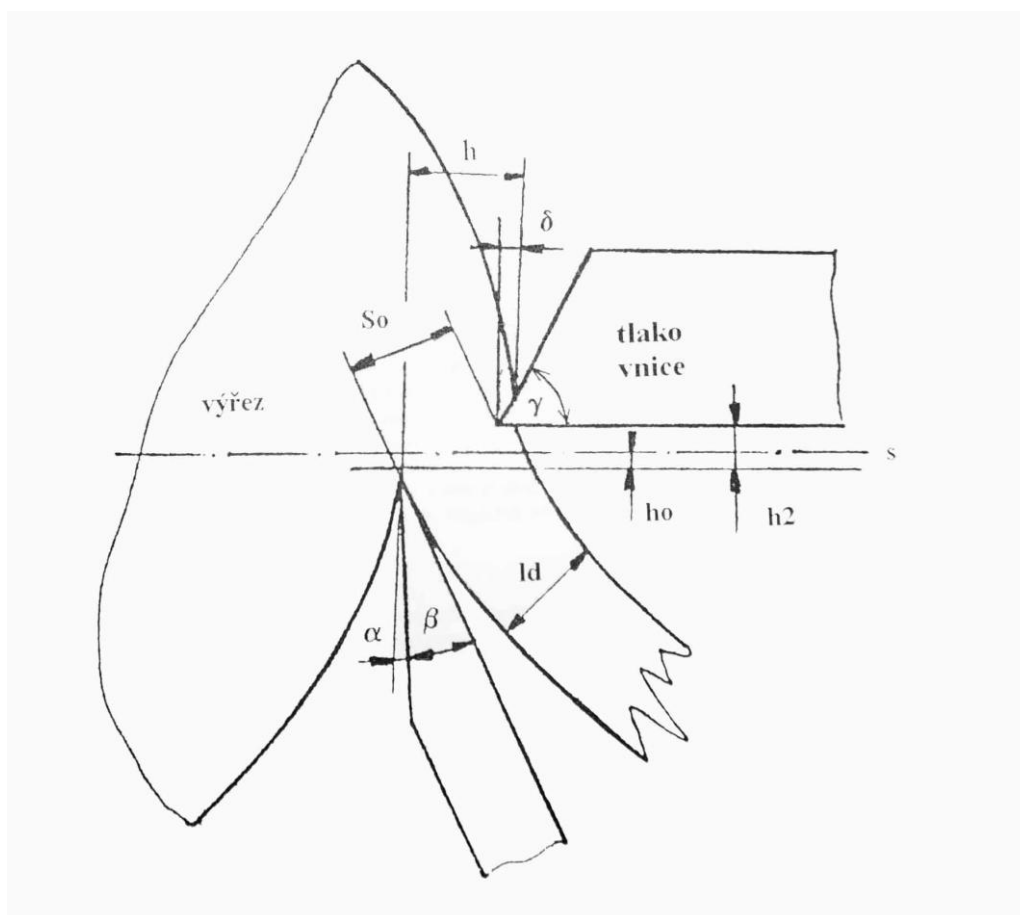
Výřezy jsou vystřed'ovány na třibodovém středícím zařízení, ze kterého jsou automaticky nebo poloautomaticky přesouvány hloubkovým mechanismem do upínacích čelistí loupacího stroje.

Upínání kmene

Loupací zařízení je vybaveno teleskopickými vřeteny, které umožňují loupání kmene se zdravým jádrem do průměru asi 12 cm. Upínání výřezu může být prováděno ručně nebo automaticky, vždy ve spojení se zařízením pro zavážení výřezů. Pravá strana upínacího zařízení (pravá z hlediska výstupu dýhy) je určena jako pevná nebo přestavovací, levá strana jako upínací. Podle nastavení volby upnutí na ovládacím pultě se po zmenšení průměru kmene duté vřeteno vrátí zpět do základní polohy. Výřez může být také upnut pouze vnitřním vřetenem, ale průměr výřezu musí být menší než 35 cm. Polohu výřezu je možné měnit přesouváním k nařezávacímu nožiku a to jak k pevné, tak i upínací straně ovládním na řídicím pultě.

Nastavení loupacího zařízení – řezný úhel

Řezný úhel je ohraničen plochou čela řezného nože a pomyslnou rovinou procházející horizontálním směrem přes břit nástroje. Velký úhel řezu způsobuje drsný a potrhaný povrch dýhy. Naopak malý úhel řezu způsobuje nestejnou tloušťku dýhy a při loupání dochází k jejímu trhání. Přestavování základního řezného úhlu se provádí šestihranem a probíhá automaticky, přičemž přestavení základního úhlu a sklonu tlakovnice musí být posuzováno společně. Hodnota, která vyplyne z obou přestavení dává pro proces loupání důležitý volný úhel, jehož velikost určuje dotyková plocha nože na výřezu. K ověření správnosti nastavení řezného úhlu a sklonu tlakovnice se používá libela.



Obr. 4.4.1 – Schéma a parametry řezné geometrie loupání dýh. (Raclavský a kol., 2001)

α – úhel hřbetu nože. Hodnota při vzdálenosti suportu 50 cm od osy upínacích vřeten - (+1°30'), při vzdálenosti suportu 6 cm - (-1°30'), β – úhel ostří nože: 20°, γ – úhel tlakovnice: 69 - 70°, δ – stupeň stlačení dřeva, h – tloušťka loupané vrstvy dřeva, h_0 – výška uložení ostří nože k ose upínacích vřeten - +0,35 mm, h_2 – vertikální vzdálenost

ostří nože od hrany tlakovnice – 0,6 mm, S_0 – horizontální vzdálenost ostří nože od hrany tlakovnice – 1,1 mm, s – osa upínacích vřeten, ld – loupáná dýha.

Vlastní nastavení nože a tlakovnice

Držák nástrojů svým kluzným vedením musí ležet na celé ploše a styčné plochy musí být zbaveny rzi, pryskyřice a jiných možných nečistot. Před upnutím do stroje musí obsluha zkontrolovat správné nabroušení nože a tlakovnice. Obsluha zkontroluje vertikální mezeru mezi řeznou hranou nože a spodní hranou tlakovnice – hodnota kolmé vzdálenosti mezi nimi se musí pohybovat v rozmezí 0,3 – 0,5 mm. Doporučená hodnota úhlu břitu loupacího nože je 20°.

Nastavení tloušťky dýhy

Před vlastním loupáním obsluha loupacího stroje nastaví nařezávací nožičky na požadovanou tloušťku dýhy (pro běžné loupání je to $1,10 \pm 0,05$ mm), která se mění pomocí velikosti ozubených kol v převodové skříně. Mezera pro loupání v základním postavení by měla být o 10 – 15% užší než je tloušťka loupáné dýhy. Výměna nožů se u loupacího zařízení provádí pomocí jeřábu, který je dopraví do volného prostoru u loupacího zařízení a odtud jsou nože odváženy plošinovým vozíkem do brusírny.

Odsun zbytkových válců – po ukončení loupacího cyklu se automaticky rozevřou upínací čelisti loupacího vřetena do krajní polohy, zbytkový válec se přepadovým otvorem dostane na sběrný dopravník a ten je pak vynášecím dopravníkem odklizen na vlečku.

Na stroji je za účelem dosažení vyšší výtěže nainstalován přítlačný mechanismus zbytkových válečků, z nichž lze ještě vyrobit použitelnou dýhu.

Navíjecí zařízení

Při loupání vychází z loupacího stroje souvislý dýhový pás vedený mezi nosnými a krycími pásy dopravníku k navíjecímu stroji. Na prázdnou cívku je možné i s několika přerušeními navinout dýhu do průměru maximálně 80 cm. Zaplněná cívka se ve střední části automaticky oblepí páskou zesílenou umělým vláknem, která je během obtáčení pomocí trysky vlhčena vodou. Lepicí páska se pak pneumaticky ovládaným nožičkem přestřihne a plná cívka se automaticky přesune do zásobníku plných cívek.

Strojní nůžky KELLER

Stříhání mokrých nálupů na předepsané rozměry se provádí na mechanických nůžkách, umístěných pod zásobníkem cívek. Nůž je ovládán dvojicí synchronních tlačítek. Zastřížené svazky dých se odkládají k pozdějšímu sušení, odpad je obsluhou odkládán do přistavené bedny.

Loupačí stroj KPS

Na tomto stroji se provádí dvojí loupání – loupání dýhy pro výrobu vrstveného dřeva (lamelovina), které obsluhuje 6 lidí a loupání zbytkových výřezů o délce menší než 84 cm, které provádí pouze jeden člověk. Tloušťka naloupané dýhy se pohybuje od 1,20 – 1,35 mm.

Stříhání formátů

Provádí se na mechanických nůžkách, umístěných za pracovním stolem loupačky KPS. Pracoviště je obsluhováno pomocí nožního pedálu tak, že obsluha jednou rukou přidržuje dýhu na stole před nožem a druhou rukou tiskne dýhy na pravítko odebíracího stolku. Zastřížené svazky se odkládají k pozdějšímu sušení.

Po skončení loupání odloží obsluha zbytkový válec na podium pro loupačky, odkud jej uklízeč, který má rovněž na starost úklid nepoužitelných nálupů, odnáší na dopravník zbytkových válců od loupačky.

Drtič odpadu

K drcení veškerého dýhového odpadu z loupárny je určen drtič odpadu. Soustavou dopravníků je odpad přiveden do násypky, dále rozdrčen a vzniklé štěpky odváděny do výsypky. Odtud jsou dopravníkem přenášeny na traktorovou vlečku.

4.5 Sušení a stříhání dých na přířezy

Sušení dých se provádí za účelem odstranění vlhkosti z materiálu na předepsanou hodnotu tak, aby mohl být použit pro další zpracování. Ze zvolené etáže plné cívek je dýha výtahovými háky dopravena na odvíjecí místo na levé nebo pravé straně sušárny.

Odvíjecí zařízení

Před vlastním odvíjením dýhy přeřízne obsluha nožem zajišťovací pásku a začne odvíjet dýhu, kterou vloží na zapnutý unášecí pás. Následně jen kontroluje odvíjení a ukládání dýhy na pásu a její vložení mezi sušící síta.

Trysková sušárna na dýhy

Před spuštěním sušárny je nutné ji nejprve vyhřát na teplotu 150 – 165 °C. Teplota v sušárně je závislá na vstupní teplotě páry, která přichází z kotelny a její hodnoty se kontrolují na ovládacím zařízení panelu sušárny. Teplota vstupující páry musí dosahovat teploty max. 190 °C, relativní vlhkost vzduchu v sušárně je stanovena na 10 – 12%, přičemž podle její hodnoty se automaticky regulují odvětrávací klapky. Proudění vzduchu zajišťují ventilátory, rychlost pohybu sušících sít je nastavena na 20 – 22 m.min⁻¹. Dýhy se suší na konečnou vlhkost 6 – 10 %.

Po vložení pásu dýhy do sušárny prochází dýha na sítěch přes pět sušících oddělení sušárny. Proces lze regulovat pouze rychlostí pohybu sušících sít.

Dělení vysušené dýhy

Dýha je po výstupu ze sušárny unášena podávacím pásem k automatickým nůžkám (rychlost posuvu je stejná jako rychlost pohybu sušících sít). Pomocí kontinuálně pracujících kruhových nůžek se rozmanipuluje jako první nekonečný pás dýhy v podélném směru. Za nimi následují pneumatické mžikové nůžky, které dýhy zkracují příčně. Při stříhání se vystřihují neopravitelné vady. Po nastříhání jsou přířezy odebírány z podávacího pásu obsluhou, která je zatřídí podle nastříhaných rozměrů a kvality.

4.6 Klimatizace v meziskladu suché dýhy

Po 6 denní klimatizaci jsou dýhy připravené pro lisování překližek. Pracovnice určené ke třídění dýhy vytrídí dle kvality (A, B, C a D), uloží na palety a napíší na vrchní formát dýhy jejich počet a rozměr formátu. Řidič VZV paletu převeze do meziskladu, kde ji uloží do regálu a popíše tabulku datem uskladnění.

Požadované vlastnosti výrobku

Rozměry – dovolená tolerance: délková - ± 10 mm, šířková - ± 10 mm, odklon od pravoúhlost max. 10 mm. Vlhkost dýhy přijaté z meziskladu musí být $8\pm 2\%$. Dýha je uložena v paletách (1000x1000x800 mm nebo 1100x1000x800 mm) s bočnicemi a nesmí přesáhnout nárysny (bokorysný) rozměr. (Raclavský a kol., 2001)

4.7 Příprava lepicí směsi, výroba lamelového dřeva – vysokofrekvenční způsob

Vysokofrekvenční způsob je používán pro lepení tvarových výlisků z vrstveného dřeva a překližek na hydraulických lisech. Pro přípravu lepicí směsi je použito zařízení firmy Casco Product, míchačka lepidla typ 6201. V předem naprogramovaném poměru zde dochází k mísení lepidla s tužidlem. Odpadní vody z pracoviště přípravy lepicí směsi jsou obsluhou přečerpávány z jímky do vyhříváných sedimentačních kádí, odkud se po odpaření větší části vody odveze vzniklý lepidlový sediment k likvidaci.

Nanášení lepicí směsi

Nanášení lepicí směsi je realizováno ruční dvouválcovou nanašečkou, která má pogumované, příčně rýhované válce. Z míchačky volně vytéká lepicí směs do nanašečky. Nános lepicí směsi na plochu dých je současné době 240 – 260 g.m⁻² oboustranně (125 g.m⁻² na jednu stranu). Kontrola velikosti nánosu se provádí zjištěním rozdílu hmotnosti několika suchých dých před a po nanášení lepicí směsi.

Tab. 4.7.1 – Porovnání používaných lepidel v TON a.s. Holešov.

Druh lepidla	UF	UF	UF	MUF	UF
Název lepidla	Cascorit 1203 S1	1211	1210	1232	Kronocol U 100
Nános oboustranně [g.m ⁻²]	200 - 240	240 - 260	240 - 260	240 - 260	150 - 250
Použití	Nevodovzdorné překližky (starý typ lepidla)	Nevodovzdorné překližky, 98 % výroby lisování na parních i VF lisech	Nevodovzdorné překližky, 98 % výroby lisování na parních i VF lisech	Skořepiny do dopravních prostředků, pouze pro VF lisy	Překližky pro rámky sedadel

Výroba lamelového dřeva s použitím vysoko-frekvenčního ohřevu

Vstupním materiálem je dýha tl. 1,18 mm, jakost A-B-C, vlhkost dýh v rozmezí 6 – 8%. Při vyšší vlhkosti dýhy než 8% se lepidlo příliš zředí a uniká lehce do dřeva. V důsledku toho vzniká chudý spoj, který má nižší pevnost.

Princip ohřevu je takový, že lisovaný soubor dýh se připevní mezi elektrodové plechy. Jakmile se zapne vysokofrekvenční zařízení, dojde k vytvoření vysokofrekvenčního pole mezi elektrodovými plechy. Molekuly v lisovaném souboru budou měnit svůj směr v závislosti na frekvenci proudu. Pohybem molekul vzniká tření, dochází k ohřevu v celém jeho průřezu (teplo vzniká v samotném dílci), což je také výhodou oproti parnímu způsobu, kdy se lisovaný soubor ohřívá od povrchu směrem ke středu. Další výhodou tohoto způsobu je až sedmkrát větší rychlost ohřevu než v parním lisu. Ke zvýšení el. vodivosti lepicí směsi a tím pádem zkrácení doby ohřevu je možné přidat na 100 hmotnostních dílů pryskyřice 20 hmotnostních dílů kuchyňské soli (chlorid sodný).

Seřízení válcové nanašečky lepidla a skládání souboru, vlastní lisování

K nanášení lepicí směsi se používá válcová nanašečka lepidla – typ CDL Bürkle, která je doplněna o diskový dopravník pro odsun dýh za nanašečkou. Spodní i horní nanášecí válec musí dávat stejný nános lepidla. Regulace nánosu se provádí stavěcími šrouby na nádrži s lepidlem

Skládání souborů dýh se provádí na manipulačních vozících přímo u nanašečky lepidla. Soubor se zajistí svěrkou na čelních koncích, aby nedošlo ke zvlnění horní dýhy nebo posunutí celého souboru. Poté už následuje vlastní lisování. U některých typů výlisků je nutné po vylisování tvar fixovat pomocí rozpěrné vložky.

4.8 Příprava lepicí směsi, výroba překližek – parní způsob

Parní způsob je používán pro lepení tvarovaných překližek a vrstveného dřeva v hydraulických lisech vyhřívaných párou. Příprava lepicí směsi a nanášení lepidla pro parní způsob se v zásadě neliší od přípravy a nanášení lepicí směsi u vysokofrekvenčního způsobu. Lepidlo i tužidlo jsou stejného typu. Poměr lepidla a tužidla je u obou způsobů (100:20).



Obr. 4.8.1 – Lisování tvarované překližky v TON a.s. Holešov. (Zdroj:vlastní)

Podle ústního sdělení Vlastimila Bartůška (vedoucí provozu 22, TON a.s. Holešov) ze dne 22.4.2014 je životnost jimi používaného lepidla 1 měsíc, přičemž životnost se za poslední dva roky prodloužila. Problémem může být samotná teplota na skladě. Po přibližně 80 % roku je teplota na skladě okolo 20 °C a zbylých 20 % teplota přibližně 27 °C. V letním období bývá na dílně až 35 °C, což má negativní vliv na výslednou pevnost lepení. Při této teplotě dochází někdy ke kondenzaci lepidla již při nanesení.

Výroba překližek v hydraulických lisech vyhříváných párou

Pro rovné i tvarované překližky se používá křížový systém lepení, tj. směr vláken sousedních vrstev dýh je kolmý. Z tohoto důvodu je vhodný lichý počet vrstev. U překližek, kde je speciálně předepsaná tloušťka, je nutné použít sudý počet vrstev. Dýhy ve svazku se postaví na hranu a sklepnou, aby došlo k zarovnání. Pro sedadlové překližky se vrchní a spodní dýha vlhčí vodou pomocí houby, aby se v místě prohlubně při lisování netrhaly. Před lisováním je nutné provést test lisování, aby se zjistilo, zda tvárnice doléhá rovnoměrně v celé ploše. Lisování probíhá ve více-etážových lisech vyhříváných párou.

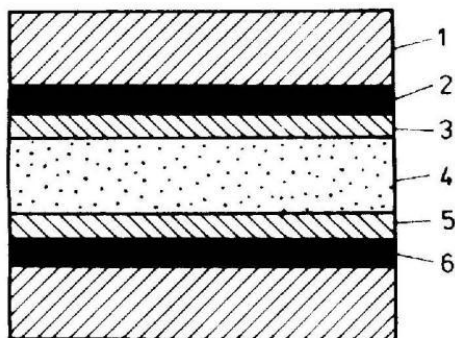
Doba lisování se pohybuje od 2,9 min pro 3-vrstvou překližku, kdy s rostoucím počtem dýh se doba lisování zvyšuje. Teplota má standardně 100 – 120 °C, max. 130 °C. Lisovací tlak je volen v rozmezí 2,8 - 3 Mpa.

5 Lepení překližovaných materiálů

S rozvojem vědy a techniky se ve všech odvětví průmyslu dostávají do popředí systémy spojování různých materiálů pomocí lepidel. Lepidlo představuje důležitý pomocný materiál konstrukce výrobků a přispívá tak k jejich zdokonalení. Nárůst požadavků na technickou úroveň konstrukcí se v poslední době projevuje i v oblasti spojování materiálů, kde lepení je často právě jedinou spojovací metodou, jež nenarušuje vlastnosti citlivých materiálů a umožňuje získat nové tvary a vlastnosti, kterých nelze jiným způsobem dosáhnout. Současná nabídka lepidel na trhu nabízí širokou škálu různých typů lepidel vyrobených jak tuzemskými, tak i zahraničními výrobci. Pro úspěšné praktické používání lepidel je důležité znát technologický postup lepení a taktéž faktory, které mají vliv na pevnost lepených spojů. Zvolení konkrétního lepidla bývá zpravidla kompromisem mezi jeho funkčními vlastnostmi a cenou. (*lepidla.cz*)

5.1 Teorie lepení

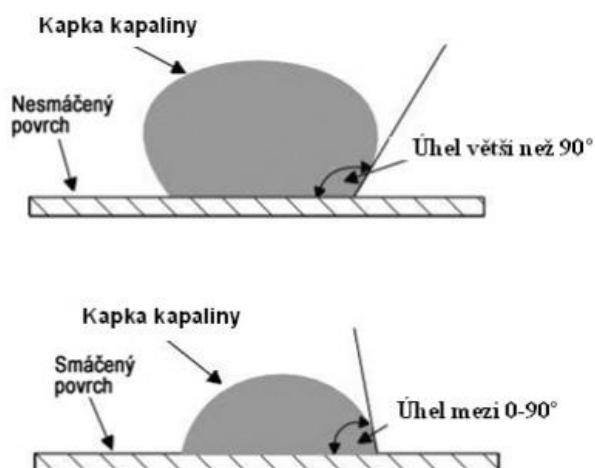
„Lepidla jsou nekovové materiály, které jsou schopny spojovat tuhá tělesa v důsledku dobré přilnavosti k jejich povrchu při dobré vnitřní soudržnosti. Jsou to látky kapalné, nebo alespoň po dobu působení na slepované materiály (při procesu lepení) se nachází v tekutém skupenství nebo v roztaveném či plastickém stavu“. (*Tesařová, 2008*) Lze s nimi pevně spojovat **adhezí** (síla, která spojuje dva materiály na rozhraní jejich povrchu) a **kohezí** (vnitřní soudržnost molekul lepidla při nanášení i po vytvrdnutí lepidla) materiály jako je dřevo, sklo, plast, kov či jejich kombinace. Lepidlem spojovaný podklad pevného skupenství se označuje jako **adherend**, lepidlo se nazývá **adhezivum**. **Smáčení povrchu** tuhých látek kapalinami - znamená schopnost kapky lepidla roztéct se po povrchu lepeného spoje. (*Tesařová, 2008*)



Obr. 5.1.1 - Struktura lepeného spoje. 1. lepený podklad – adherend (základní materiál), 2. přilnavostní zóna lepidla, 3. přechodová přilnavostní zóna, 4. nános lepidla – soudržnostní kohezni zóna, 5. přechodová kohezni zóna, 6. přilnavostní zóna lepidla. (lepidla.cz)

Adheze a koheze udává celkovou lepivost lepidla. Závisí na mnoha faktorech, především na povrchu lepených materiálů, na jejich povaze, struktuře, pórovitosti, na době lepení, schnutí, teplotě a vlhkosti, na použitém rozpouštědle apod. Pro adhezi musí být povrchy naprosto hladké. Na lepení má rozhodující význam velikost molekul lepidla. (Berger, 1966)

Smáčivost povrchu materiálu je velmi důležitý faktor, který ovlivňuje výslednou kvalitu spoje. Jestliže lepidlo není schopno se rovnoměrně rozprostřít po lepeném povrchu, žádná adhezní vazba nevznikne. Smáčivost souvisí s polaritou lepeného povrchu a s povrchovým napětím lepidla a povrchu. Polarita povrchu látek je příčinou vzniku povrchové energie, která se vyjadřuje veličinou *povrchové napětí*. Čím je vyšší hodnota povrchového napětí, tím je daný povrch či kapalina polárnější. Je-li povrchové napětí kapaliny nižší než povrchové napětí pevného povrchu, dojde k rozlití kapaliny po povrchu (smočení). Naopak při nesmáčení povrchu lepidlem bude adheze slabá a lepený spoj bude mít velmi malou pevnost. Jednou ze základních podmínek lepivosti je tedy dobrá smáčivost. (abclepidla.cz)



Obr. 5.1.2 – Hydrofobní a hydrofilní chování kapaliny na povrchu pevné látky. (Kupská, 2010)

5.2 Složky lepidel

Hlavní složkou jsou makromolekulární látky v kapalném stavu (roztok, disperze, tavenina) a ovlivňují kvalitu lepidla.

Abychom dosáhli určitých požadovaných aplikačních vlastností, používají se **příisady**:

- **Rozpouštědla a ředidla** – upravuje se jimi viskozita lepidel, používají se voda nebo organická rozpouštědla.
- **Plniva** - pro úsporu drahých surovin, snižují cenu lepidla a pnutí ve vytvrzeném stavu (např. mletý sádrovec, mletý mastek, porcelánová moučka, práškové kovy, koloidní kysličník křemičitý, technická mouka). Nemají lepicí schopnost.
- **Nastavovadla** – slouží k úspoře drahých surovin, zlevnění materiálové skladby, snížení pnutí ve vytvrzeném stavu. Oproti plnivům se vyznačují lepicími vlastnostmi (obilní mouka).
- **Tvrdidla** – látky urychlující vytvrzení lepidel pomocí chemické reakce, jako druhá složka u dvousložkový lepidel, přidávají se těsně před lepením.
- **Retardéry** – zabraňují předčasnému vytvrzení lepidla (např. před dosažením požadovaného lisovacího tlaku) a přidávají se v množství 0,5-1 % z lepicí směsi.
- **Zpěňovadla** – snižují spotřebu lepidla, zabraňují prosakování lepidel přes tenké dýhy, umožňují dosažení tenčí lepené spáry. Jedním z nejlevnějších nastavovadel je vzduch, kterým se lepidlo zpěňuje (našlehá).

Zušlechťující příisady – látky zlepšující některé vlastnosti lepidel (pružnost, odolnost proti vlhkosti, dřevokazným houbám aj.) Patří zde příisady fungicidní, smáčedla, barviva, změkčovadla aj. (Tesařová, 2008)

5.3 Pravidla pro dosažení dobrých výsledků při lepení

- lepidlo nesmí měnit barvu adherendu a poškozovat ho
- musí mít malou penetrační schopnost, malé pronikání do adherendu
- relativně dlouhá doba skladovatelnosti při daných podmínkách skladování, dobré aplikační schopnosti a snadné nanášení
- malé smrštění po vytvrzení
- musí být zajištěno dobré vyplnění lepicí štěrbiny

- jednoduchá příprava lepicí směsi
- dlouhá životnost natužené směsi
- krátký čas vytvrzení
- obsah co nejmenšího množství těkavých organických látek, které se uvolňují při vytvrzování
- nesmí obsahovat organické chemické látky označené jako toxické a zdraví škodlivé
- vytvrzené lepidlo musí mít dobrou pevnost a dostatečnou pružnost
- kontrola celého postupu lepení
- a v neposlední řadě ekonomické hledisko

5.4 Hodnocení pevnosti lepeného spoje

Pevnost je celkové vyjádření vlastností adherendů, adheze a koheze lepidla, tedy pevnosti lepeného spoje. Vyjadřuje se jako pevnost ve smyku při zatěžování v tahu v jednotkách MPa [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]. Při hodnocení lepidla a pevnosti lepeného spoje se řeší problém nejslabšího článku, tj. např. lepení dvou materiálů s různou tepelnou roztažností (kov x sklo), povrchové vrstvy (mastnota, prach) aj. Lepidla se hodnotí obdobně jako nátěrové hmoty. U lepicích směsí se v dodaném stavu hodnotí obsah sušiny (obsah netěkavých složek), vzhled, viskozita, výtoková doba, konzistence, doba životnosti natužené směsi.

Po vytvrzení se hodnotí pevnost lepeného spoje, rychlost tvorby lepeného spoje, pevnost v tahu, v odlupování, při namáhání rázem, polštářkové zkoušky, odolnost lepeného spoje proti tepelnému namáhání. (*Tesařová, 2008*)

5.5 Lepidla používaná při lepení překližovaných materiálů

V minulosti se pro lepení dřeva používala převážně přírodní lepidla (glutinová, kaseinová a albuminiová), která se získávala z kůží a kostí jatečných zvířat. V průmyslové výrobě byla tato lepidla ovšem postupem času nahrazena syntetickými lepidly. V nynější době se rostlinná a živočišná lepidla používají pouze v omezené míře ve specializovaných řemeslných výrobcích, jakými jsou restaurování a výroba replik

historického nábytku a uměleckých předmětů, výroba a opravy hudebních nástrojů apod. (Böhm a kol.,2012)

Lepidla používaná v dnešní době se vyrábějí nejčastěji polymerací a polykondenzací. (Král, 2011) Počátkem padesátých let 20. století se začaly používat syntetická termoreaktivní lepidla (močovinoformaldehydová – UF a fenolformaldehydová – PF), která mají výrazně vyšší odolnost proti působení vlhkosti. Tato lepidla umožnila díky termoreaktivitě zkrácení lisovacího cyklu. (Böhm a kol.,2012)

5.5.1 Močovinoformaldehydová lepidla

Močovinoformaldehydová lepidla jsou v současnosti nejrozšířenější a nejvíce využívaná lepidla na dřevo. Vznikají kondenzací močoviny a formaldehydu, přičemž molový poměr při výrobě musí být 1:1,18 – 1:1,19. (Král, 2011) „Kondenzace se zastaví, dokud je lepidlo ještě tekuté a v rozpustném stavu“. (Boublík, 1963) K vytvrzení dojde zesíťováním pomocí kyselého katalyzátoru. Jejich výhodou je vytvrzení v širokém rozmezí teplot (10 - 150 °C) a relativně krátká vytvrzovací doba, transparentní lepená spára a nízká cena. Mezi hlavní nevýhody patří zejména uvolňování formaldehydu při výrobě i jejich skladování a používání, malá odolnost vůči studené vodě. Prokazatelné negativní účinky formaldehydu na lidské zdraví se projevují od vyšších koncentrací a při dlouhodobějším působení.

Močovina je bílá krystalická látka, jež je dobře rozpustná ve vodě. Vyrábí se nejčastěji z CO₂ a NH₃ při zvýšené teplotě.

Formaldehyd (metanal) je za normální teploty bezbarvý plyn ostrého zápachu. Pro člověka je zdraví škodlivý, jelikož dráždí oči, kůži a sliznici.

Tvrdidlo je látka, která snižuje hodnotu pH, optimální hodnota při vytvrzování UF lepidel se udává 3 – 3,5. Nejvíce používaným tvrdidlem u UF lepidel je chlorid amonný (NH₄Cl).

Nastavovadla zahušťují lepidlo a především snižují výrobní náklady. Nejvíce používanými nastavovadly jsou obilná mouka, bramborový škrob apod.

Plniva jsou látky, které zvyšují objem lepidla. Nejběžnějšími organickými plnivy jsou dřevní moučka, mletý sádrovec, perlit aj.). V UF lepidlech snižují jeho odolnost vůči vodě. (Král, 2011)

5.5.2 Melaminformaldehydová lepidla

Melaminformaldehydová lepidla (MEF) se svou strukturou velmi podobají močovinoformaldehydovým lepidlům. Ve všech směrech převyšují lepidla fenolová i močovinová. (Boublík, 1963)

Vznikají polykondenzační reakcí melaminu a formaldehydu. Melamin je bílá krystalická látka, vyrábí se z dusíkatého vápna CaCN_2 reakcí s vodou za studena, ve vodě je málo rozpustná. Molový poměr je 1:3. Vytvrzování MEF pryskyřic probíhá v neutrálním či kyselém prostředí při teplotách 130 – 140 °C bez tvrdidel. Je možné je zpracovávat s přidavkem nastavovadel a plnidel obdobně jako u UF lepidel.

Výhodou těchto lepidel je vysoká pevnost, zdravotní nezávadnost a odolnost proti studené a horké vodě. K nevýhodám lze zařadit malou stabilitu roztoků při skladování a používání, vysoká cena (jsou přibližně třikrát dražší než UF lepidla), z tohoto důvodu se často používají ve směsi s UF lepidly (močovino-melaminformaldehydové polykondenzáty). (Král, 2011)

5.5.3 Fenolformaldehydová lepidla

Fenolformaldehydová lepidla (PF) vznikají polykondenzační reakcí fenolu a formaldehydu. Jsou to jedny z nejstarších syntetických lepidel, používaná od roku 1935 na lepení především překližek.

Jedná se o roztoky fenolformaldehydových rezolů ve vodě, acetonu či alkoholu. Vytvrzují za tepla nebo za studena působením kyselých tvrdidel. Jako tvrdidlo se používá kyselina p-toluensulfonová ve formě 50 % vodního roztoku v množství 15 – 25 % na hmotnostní díl pryskyřice.

Z hlediska použití se rozdělují na dva typy:

- tvrditelná za normální teploty (montážní lepidla)

- tvrditelná při zvýšené teplotě 135 – 165 °C

V závislosti na pH mohou vznikat dva typy předpolymerů. Prvním typem jsou *novolaky*, které vznikají reakcí fenolu s formaldehydem v kyselém prostředí. V zásaditém prostředí vznikají jejich reakcí *rezoly*.

Fenol se vyrábí z dehtu, hnědého nebo černého uhlí. Čistý fenol je bílá krystalická látka, málo rozpustná ve vodě, na vzduchu se zbarvuje do červenofialova.

Výhodou těchto lepidel je jejich pevnost, pružnost, odolnost proti vlhkosti, vroucí vodě, většině rozpouštědel a povětrnostním podmínkám. K nedostatkům patří jejich zdravotní závadnost. (Král, 2011)

5.5.4 Melamin-močovinoformaldehydová lepidla

Jedná se o směsné lepidlo (MUF), které se vyrábí reakcí melaminu a formaldehydu s močovinou, méně častým způsobem je smísení hotového UF lepidla s MEF lepidlem. Množství melaminu v lepidle je nastavováno dle požadované klimatické odolnosti výrobku. Obecně pro termoreaktivní lepidla na bázi aminoplastů platí, že lepidlové směsi se připravují smísením s tužidlem v takovém poměru, aby měla lepidlová směs životnost po natužení 13 hod. (Tesařová a kol., 2014)

Tato lepidla se používají v dřevařství pro bednicí desky, výrobu dveří, zahradního nábytku či pro dýhování žáruvzdorných desek (díky výborné žáruvzdornosti tohoto lepidla), tj. jedná se o produkty do klimaticky náročnějších prostor. (Casco Adhesives AB, 2005)

5.5.5 Lepicí fólie

Lepicí fólie patří mezi speciální typy syntetických lepidel k lepení dřeva. Z hlediska typu se rozdělují na:

- močovinoformaldehydové (UF)
- fenolformaldehydová (PF)

UF lepicí fólie tvoří papír impregnovaný PF pryskyřicí (obsah sušiny 65%, viskozita 500 mPa.s), která obsahuje tvrdidlo, jež je za normální teploty málo účinný. Při teplotě 90 °C nastává rychlé vytvrzení pryskyřice. Z tohoto důvodu se fólie zpracovávají při teplotě 90 – 100 °C. Používají se především při výrobě tvarovaných překližek.

PF lepicí fólie jsou sulfátové papíry, impregnované nízkomolekulární pryskyřicí (obsah sušiny 50%, konzistence – výtokový pohár průměru 4 mm – 50 s). Plošná hmotnost se pohybuje od 80 do 110 g.m⁻². Používají se k výrobě leteckých překližek, překližek na stavbu lodí. Vlhkost lepených dýh je 8 – 12 %.

Výhody PF fólie oproti kapalným lepidlům:

- rovnoměrný nános
- jednodušší příprava souboru k lepení
- nedochází k prosaku lepidla dýhami
- delší skladovatelnost fólií

(Kráal, 2011)

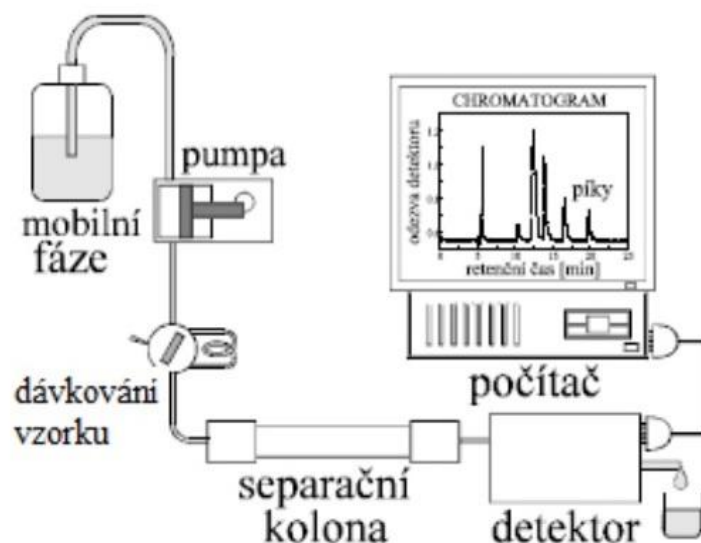
5.6 Stanovení formaldehydu metodou HPLC- UV/VIS

Cílem této metody je stanovit množství formaldehydu v lepidle metodou kapalinové chromatografie s UV/VIS detekcí po převedení formaldehydu na derivát formaldehyd -2,4-dinitrophenylhydrazon.

Kapalinová chromatografie (HPLC) je v současnosti jednou z nejpoužívanějších analyticko-chemických metod. Principem této metody je dělení látek na základě jejich rozdílné rozpustnosti v mobilní a stacionární fázi. HPLC systém se skládá z:

- zařízení pro uchování a transport mobilní fáze (vysokotlaké čerpadlo)
- zařízení pro dávkování vzorku
- zařízení pro separaci látek (chromatografická kolona, termostat kolony)
- zařízení pro detekci látek popř. sběrač frakcí

Mobilní fázi tvoří kapalina, která je kolonou protlačována pomocí vysokotlaké pumpy za vysokého tlaku. Mobilní fází může být voda, vodný roztok anorganické či organické soli, kyselina, pufř nebo směs vodného roztoku či organických rozpouštědel.



Obr. 5.6.1 – Schéma kapalinového chromatografu. (Dohnal a Kadlečková, 2013)

Stacionární fáze bývá často zakotvena na pevném nosiči, který se nachází uvnitř chromatografické kolony. Nosičem bývají křemenné kuličky o průměru v řádech mikrometrů. (Dohnal a Kadlečková, 2013)

Nejznámější derivatizační metodou pro karbonylové sloučeniny je derivatizace - 2,4-dinitrofenylhydrazonem (DNPH), který v kyselém prostředí reaguje s karbonylovými sloučeninami a vznikají příslušné hydrazony, které jsou po separaci na chromatografické koloně spektrofotometricky detegovány.

Ultrafialovo-viditelná spektroskopie (UV-VIS) slouží k stanovování vlastností vzorku, např. koncentrace určité látky v roztoku na základě pohlcování světla v různých vlnových délkách spektra. Jelikož se absorpční maxima jednotlivých hydrazonů od sebe liší, používá se vlnová délka s absorpčním maximem v rozmezí 360 – 375 nm. (Motyka K. a Mikuška P., 2005)

Spektrofotometr se skládá ze: **zdroje záření** - deuteriové výbojky pro UV oblast a pro viditelnou oblast wolframová žárovka, **monochromátoru** – jehož funkcí je oddělení záření ve velmi úzkém intervalu vlnových délek, **detektoru** – slouží k detekci záření pouze o jedné vlnové délce, jako detektor se používají fotodiody, **vzorku** – jímž prochází monochromatické světlo. Roztok se většinou plní do standardních kyvet a ty se umisťují do kyvetového prostoru. (ceskachemie.cz)

6 Materiál a metodika

Práce a výběr materiálu byly provedeny v součinnosti s firmou TON a.s. Holešov. Hlavním požadavkem bylo zjistit některé fyzikální a mechanické vlastnosti překližek používaných pro výrobu opěradel a sedáků. Pro potřeby zkoušek jsme odebrali celkem 6 vzorků (n) bukových tvarovaných překližek z TON a.s. Holešov, které byly slepeny močovinoformaldehydovými lepidly 1211 a Kronocol U 100. Zkušební tělesa v počtu (m) byla vyrobena v areálu Mendelovy univerzity v Brně na budově P, dle normy 326-1. Formátování na přesný rozměr včetně zářezů do zkušebních vzorků pro smykovou zkoušku bylo provedeno na formátovací kotoučové pile. Každý vzorek je označen číslem desky, ze které je vyroben a číslem vzniklého vzorku pro danou zkoušku dle nářezového plánu. Dále byly odebrány 3 vzorky lepidel, u kterých byl měřen obsah formaldehydu, který může mít vliv na mechanické vlastnosti překližek. Všechna zkušební tělesa byla lepena za těchto podmínek: nanos lepidla – 240 g.m⁻² (oboustranně), poměr tužení 100:20 (lepidlo:tužidlo), lisovací tlak – 3 MPa, čas lisování v závislosti na tloušťce překližky, teplota 110 °C.

Prováděné zkoušky s odkazy na evropské normy

- Zjišťování vlhkosti dle ČSN EN 322
- Zjišťování hustoty dle ČSN EN 323
- Stanovení kvality lepení dle ČSN EN 314
- Stanovení pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310



Obr. 6.1 – Vytvořené zkušební vzorky. (Zdroj: vlastní)

6.1 Zjišťování vlhkosti dle ČSN EN 322

Podstatou zkoušky je zjistit ztrátu hmotnosti zkušební tělesa mezi jeho stavem v době odběru a po vysušení na konstantní hmotnost (při teplotě 103 ± 2 °C). Odběr vzorků pro potřeby zkoušky se provádí dle normy ČSN EN 326-1. Hodnoty vzorků se vztáhnou na vlhkost celé desky.

Postup zkoušky

Minimální rozměry zkušebních tělísek nejsou normou specifikovány. Tělísko se ihned po odběru z desky zváží s přesností na 0,01 g. Následně se vzorek suší v sušárně při teplotě 103 ± 2 °C do dosažení konstantní hmotnosti (tj. když výsledky dvou měření v intervalu 6 hodin se od sebe neliší o více než 0,1 % hmotnosti zkoušeného tělesa). Během zkoušky se hodnoty zapisují do tabulky a vlhkost H se vypočítá dle vzorce: (1)

$$H = \frac{m_h - m_o}{m_o} * 100 [\%]$$

m_h – hmotnost zkušební tělesa při prvním vážení po odběru vzorků v gramech

m_o – hmotnost absolutně suchého tělesa v gramech

Výsledek se udává jako aritmetický průměr vlhkostí vzorků z celé desky s přesností 0,1 %.

6.2 Zjišťování hustoty dle ČSN EN 323

Cílem této zkoušky je zjistit hustotu jako poměr hmotnosti zkušební tělesa k jeho objemu, kdy obě měření se provádí při stejné vlhkosti. Rozměr zkušebních vzorků je 50x50 mm. Každé zkušební tělísko se na váze zváží s přesností 0,01 g, změří s přesností 0,1 mm a hodnoty se zapíše do tabulky. Hustota se vypočítá dle vztahu: (2)

$$g = \frac{m}{b_1 * b_2 * t} * 10^6 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

m – hmotnost tělesa v gramech

b_1, b_2 - délka a šířka zkušební tělesa v mm

t – tloušťka tělesa v mm

Hustota desky se vypočítá jako aritmetický průměr vypočtený ze všech hodnot těles z desky, výsledek je vyjádřen v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ na 3 desetinná místa.

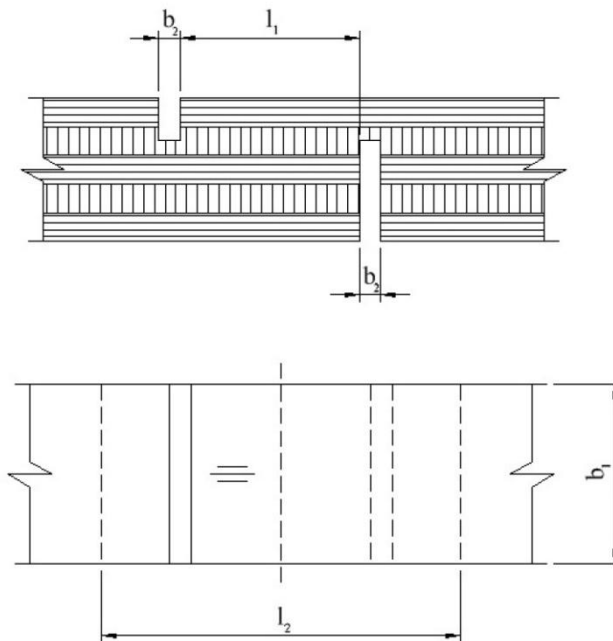
6.3 Stanovení kvality lepení dle ČSN EN 314

Podstatou je u překližované desky stanovit kvalitu lepení pomocí smykové zkoušky. Odběr vzorků se provede dle EN 326-1. Zkušební tělesa jsou nařezána tak, aby směr vláken vrstvy mezi dvěma zkoušenými lepenými spárami byl k podélné ose tělesa kolmý, přičemž zářez pilou musí končit ve zkoušené lepené spáře.

Postup zkoušky na zkušebním stroji Zwick Z050

Vzhledem k tomu, že se nejedná o vodovzdorné překližky, byl proveden pouze první stupeň zkoušky. Ten spočívá v ponoření vzorků do vody v máčecí vaně o teplotě 20 ± 3 °C na 24 h. Tato máčecí vana (typ GFL - 1002) slouží k udržování nastavené teploty vody v rozmezí od 5 °C do 99,9 °C po dobu máčení. Důležité je, aby byly všechny vzorky zcela ponořeny ve vodě. Po 24 hodinách byly vzorky z vany vyjmuty a podrobeny měření pevnosti lepené spáry.

Vlastní měření proběhlo na výzkumném pracovišti v Útěchově. Pomocí elektronického posuvného měřítka byly změřeny rozměry smykové plochy s přesností na 0,1 mm a zaznamenány do programu TestXpert. Zkušební těleso se vloží souměrně do čelistí tak, aby síla od zkoušeného stroje přenášela přes konce zkušebního tělesa smykovou plochu bez příčných sil. Prokluz je povolen pouze na začátku zatěžování. Síla při porušení se stanoví s přesností na 1 % a smyková pevnost se vypočítá v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$. Po vlastní zkoušce se stanoví podíl porušení dřeva. To by mělo nastat ve dřevě či lepené spáře smykové plochy. Zkušební tělesa se před stanovením podílu porušení ve dřevě vysuší.



Obr. 6.3.1 – Způsob vyhotovení zkušebních těles dle normy ČSN EN 314. (Zdroj: vlastní)

Rozměry zkušebních těles dle obr. 6.3.1:

Délka zkušebního tělesa (l – 150 mm), šířka zkušebního tělesa (b_1 – $25 \pm 0,5$ mm), prořez pily (b_2 – 2,5 – 4 mm), délka smykové plochy (l_1 – $25 \pm 0,5$ mm), vzdálenost mezi čelistmi (l_2 – min. 50 mm).

Podíl porušení se vyhodnotí dle obrázků v příloze normy, přičemž smyková pevnost zkušebního tělesa se vypočítá dle vztahu: (3)

$$f_v = \frac{F}{l * b} \text{ [N. mm}^{-2}\text{]}$$

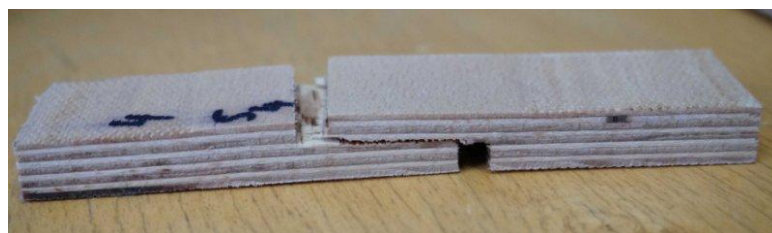
F – lomová síla [N]

l – délka smykové plochy [mm]

b – šířka smykové plochy [mm]



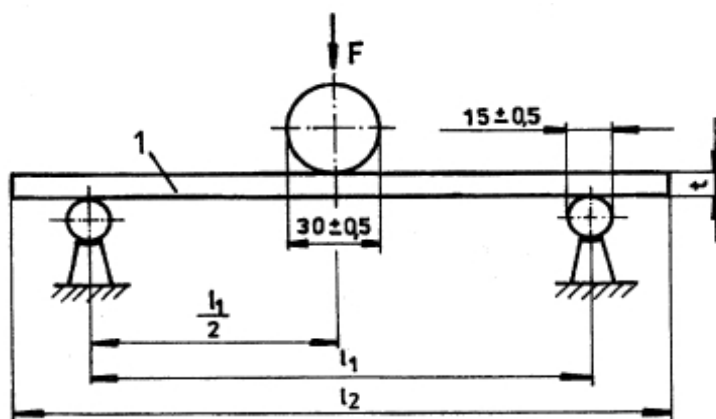
Obr. 6.3.2 – Uchycení vzorku v čelistech zkušebního stroje Zwick Z050 s horním pohybem příčnicku. (Zdroj: vlastní)



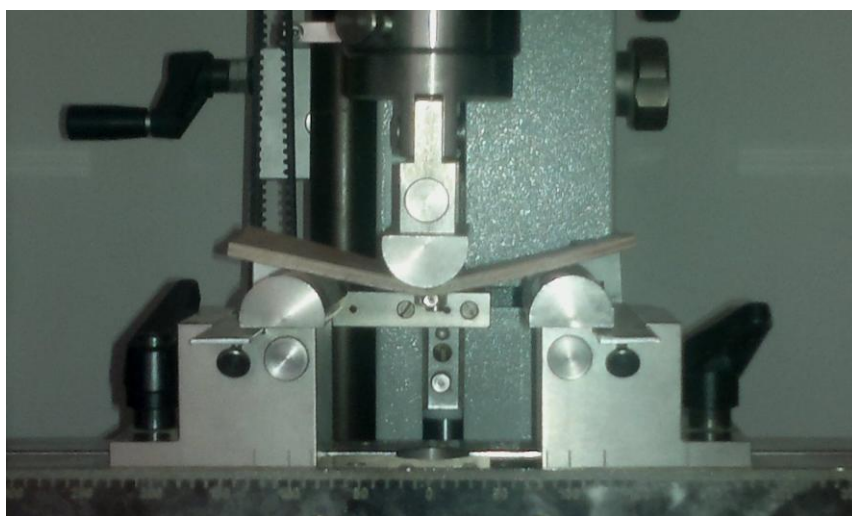
Obr. 6.3.3 – Detail porušení vzorku v lepené spáře. (Zdroj: vlastní)

6.4 Stanovení pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu dle ČSN EN 310

Podstatou zkoušky stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu je zatížení zkušebního tělesa v jeho středu, které je uloženo na dvou podpěrách. Zatížení se provádí za konstantní rychlosti posuvu v průběhu zkoušky. Modul pružnosti se vypočítá z lineární křivky zatěžovací části. Pevnost v ohybu každého tělesa se vypočítá jako poměr ohybového momentu M při maximálním zatížení F_{\max} k momentu jeho celého průřezu. Odběr vzorků je proveden podle normy EN 326-1, jejichž rozměry jsou následující: šířka b - 50 ± 1 mm, délka l_2 – dvacetinásobek jmenovité tloušťky plus 50 mm a tloušťka t dle zkušebního vzorku.



Obr. 6.4.1 – Schéma trojbodého ohybu dle ČSN EN 310.



Obr. 6.4.2 – Zkouška pevnosti v ohybu na zkušebním stroji Zwick Z050. (Zdroj: vlastní)

Před vlastní zkouškou je nutné provést klimatizaci vzorků na konstantní hmotnost v prostředí s relativní vlhkostí $65 \pm 5 \%$ a s teplotou $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Vzdálenost mezi středy podpěr se nastaví na dvacetinásobek jmenovité tloušťky vzorku. Zkušební těleso se položí na plochu na podpěry, přičemž střed vzorku je pod zatěžovací hlavou. Rychlost zatěžování se nastaví tak, aby maximální zatížení bylo dosaženo do $60 \pm 30 \text{ s}$. Následně se změří průhyb uprostřed tělesa s přesností na $0,1 \text{ mm}$.

Pevnost v ohybu pro každé zkušební těleso se vypočítá podle vztahu: (4)

$$f_m = \frac{3 * F_{\max} * l_1}{2 * b * t^2} \text{ [MPa]}$$

F_{\max} – maximální působící síla [N]

l_1 – vzdálenost mezi středy podpěr [mm]

b – šířka vzorku [mm]

t – tloušťka vzorku [mm]

Pro stanovení modulu pružnosti je použit vztah: (5)

$$E_m = \frac{l_1^3 * (F_2 - F_i)}{4 * b * t^3(a_2 - a_1)} \text{ [MPa]}$$

l_1, b, t – viz vzorec č. (4)

$F_2 - F_i$ – přírůstek zatížení v přímkové části zatěžovací křivky [N], F_2 musí být přibližně 40% a F_i přibližně 10% z maximálního zatížení

$a_2 - a_1$ – přírůstek průhybu ve středu délky vzorku

6.5 Stanovení obsahu formaldehydu v lepidlech

Celkem byly odebrány 3 vzorky lepidel, tj. lepidlo 1211, Kronocol U 100 a 1232. Odebrané vzorky překližek byly lepeny lepidly 1211 a lepidlem Kronocol U 100, lepidlo 1232 bylo analyzováno na obsah formaldehydu pouze pro potřeby firmy TON a.s. Holešov, nikoli pro potřeby mé práce. U těchto lepidel byl stanoven obsah formaldehydu metodou kapalinové chromatografie s UV/VIS detekcí po převedení formaldehydu na derivát formaldehyd -2,4-dinitrophenylhydrazon. Pro chromatografii byla použita upravená metoda dle (A. Soman, Y. Qiu and Q. Chan Li, 2008).

Vzorky lepidla a standardy po derivatizaci DNPH byly analyzovány na kapalinovém chromatografu Agilent 1260, vybaveném kvarterní gradientovou pumpou, autosamplerem, kolonovým termostatem a UV/VIS detektorem s diodovým polem. Analýza probíhala v izokratickém režimu, složení mobilní fáze acetonitril:voda bylo 45:55.

SeparáčnÍ kolona: Kinetex C 18 - 2,6 μm , 150 mm délka, 3 mm vnitřnÍ průměr kolony. Teplota na koloně 30 °C. Nastřikovaný objem na kolonu 1 μl .

Parametry detekce: 360 nm

Retenční čas a spektrum derivátu formaldehyd-2,4-DNPH bylo získáno proměřením standardu této látky (Supelco, CRM47177, 100 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ in acetonitrile).

PoužitÉ chemikálie

- Standard formaldehydu v demineralizované vodě o koncentraci 10 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.
- 5 N kyselina fosforečná.
- Roztok derivatizačního činidla -2,4-dinitrofenylhydrazonu (DNPH) o koncentraci 1 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ v acetonitrilu.

Postup

Tab. 6.5.1 – Rozpis odměření do jednotlivých zkumavek. (Zdroj: vlastní)

č.1	100 μl roztoku standardu formaldehydu (10 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) + 900 μl demineralizované vody (DV)
č.2	500 μl roztoku standardu formaldehydu (10 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) + 500 μl DV
č.3	1000 μl roztoku standardu formaldehydu (10 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)

Následně se do zkumavek přidá 20 μl 5 N kyseliny fosforečné, 200 μl DNPH o koncentraci 1 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$. Zkumavky se po uzavření vloží do třepačky a třepání probíhá po dobu 30 minut. Po 30 minutách se přidá 1 ml acetonitrilu a následuje chromatografické stanovení roztoku.

Navážka 100 mg od každého druhu lepidla byla vložena do 10 ml odměrné baňky, doplněna DV po rysku a řádně protřepána, následuje sonikace po dobu 10 min v ultrazvukové lázni při laboratorní teplotě. Po rozpuštění lepidla roztok zfiltrujeme a filtrát se odstředí na centrifuze (5000 $\text{ot}\cdot\text{min}^{-1}$ po dobu 5 min). Odstředěný roztok se zpracuje stejným postupem jako vzorky standardu - tedy 1 ml vzorku + 20 μl 5 N H_3PO_4 + 200 μl DNPH o koncentraci 1 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$, protřepání po dobu 30 min a přidání 1 ml acetonitrilu. (Zdroj: interní metodika Mendelu)

7 Výsledky a diskuse

Cílem měření bylo zjistit hustotu, vlhkost, pevnost lepené spáry smykovou zkouškou, modul pružnosti v ohybu, pevnost v ohybu a obsah formaldehydu v hodnocených lepidlech. Hodnocen byl vliv hustoty a obsahu formaldehydu na pevnost lepené spáry, pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu.

Tabulky 7.3.1 a 7.4.1 zobrazují přehled měřených vlastností a jejich základní statistické charakteristiky – aritmetický průměr, medián, minimum, maximum a směrodatnou odchylku. Aritmetický průměr je hodnota reprezentující všechny hodnoty souboru s nejmenší chybou. Medián je charakterizován jako prostřední hodnota vzestupně uspořádaného souboru (50 % kvantil). Minimum a maximum značí nejnižší a nejvyšší hodnoty základního souboru a směrodatná odchylka je odmocnina z rozptylu, tj. jak moc se od sebe navzájem liší typické případy v souboru zkoumaných čísel.

V základní popisné statistice a krabicových grafech byl vyhodnocen kromě průměrné hodnoty také medián, jehož základní výhodou jako statistického ukazatele je fakt, že není ovlivněn extrémními hodnotami (na rozdíl od aritmetického průměru). Pokud bychom brali v potaz pouze hodnotu průměru, může se lehce stát, že výsledek bude ovlivněn extrémny a tím pádem zkreslený. (*Drápela a Zach, 2002*)

V kapitole 7.6, kde je zjišťován vliv hustoty a koncentrace formaldehydu na hodnocené vlastnosti, se vyhodnocuje na základě p-hodnoty. P-hodnota je nejvyšší hladina, na které nezamítáme (jinými slovy - je-li p-hodnota menší než předem stanovené α , nulovou hypotézu zamítáme). (*Drápela a Zach, 2002*)

Pro názornější zobrazení výsledků byly použity krabicové grafy. Aby mohl být posouzen vliv faktorů na testované vlastnosti, byla ověřena normalita dat pomocí histogramu a Shapiro-Wilkova testu. Následně byl proveden test shody středních hodnot (1-faktorová Anova), s jehož pomocí byl zjištěn statisticky významný vliv hustoty na modul pružnosti v ohybu. Výsledek bude dále podroben mnohonásobnému porovnávání pomocí Tukeykova HSD testu. U ostatních měřených vlastností se statisticky významný vliv faktorů neprokázal.

7.1 Výsledky zjišťování vlhkosti

Tab. 7.1.1 – Základní popisná statistika pro výsledky stanovení vlhkosti u jednotlivých vzorků desek. U vzorku č. 2 díky jeho menším rozměrům byla upřednostněna zkušební tělesa pro ohyb a smyk, proto z tohoto vzorku zkušební tělesa na vyhodnocení hustoty a vlhkosti nebyly vyhotoveny.

Výsledky vlhkost [%]					
Číslo vzorku	Aritmetický průměr vzorku	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
1	7,69	7,68	7,62	7,85	0,07
3	7,31	7,33	7,05	7,43	0,11
4	8,01	8,17	7,65	8,30	0,27
5	7,49	7,49	7,47	7,51	0,02
6	8,20	8,26	7,94	8,34	0,13

Král (2011) uvádí, že obsah vlhkosti se při relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 2 % a teplotě 20 °C u překližek pohybuje mezi $7,3 - 12,7$ %. Z výsledků měření je tedy zřejmé, že vlhkost testovaných překližek je optimální a neovlivnila tak měřené mechanické vlastnosti. V případě výrazně vyšší vlhkosti by mohlo dojít k ovlivnění výsledků měření, protože s rostoucí vlhkostí do meze hygroskopicity se pevnost překližek a dřeva obecně snižuje. (*is.mendelu.cz*)

7.2 Výsledky zjišťování hustoty

Tab. 7.2.1 – Základní popisná statistika pro výsledky stanovení hustoty u jednotlivých vzorků desek.

Výsledky hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]					
Číslo vzorku	Aritmetický průměr vzorku	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
1	786,90	787,68	749,03	813,76	17,49
3	879,39	876,80	865,70	896,07	9,90
4	843,01	844,68	811,81	866,52	13,77
5	788,04	788,04	787,05	789,03	1,40
6	811,34	815,62	769,44	829,28	19,09

Hustota u jednotlivých vzorků vykazuje relativně velkou variabilitu hodnot. Výsledky stanovení může ovlivnit tloušťka dýh (tenčí dýha na výrobu překližky o stejné tloušťce hustotu zvyšuje), vlhkost dýh – vlhčí dýha se více stlačí, nerovnoměrnost nánosu lepidla, netáhnutí formy lisu či obsah sušiny v lepidla (sušina má vyšší hustotu než dřevo). Faktorů je tedy několik. Jak uvádí výrobce překližek Dyas (*dias.eu*), hustota se u celobukových překližek pohybuje při tloušťce 4 – 10 mm v rozmezí 710 – 723 kg.m⁻³. V porovnání s výsledky měření jsou tyto hodnoty nepatrně nižší.

7.3 Výsledky stanovení kvality lepení

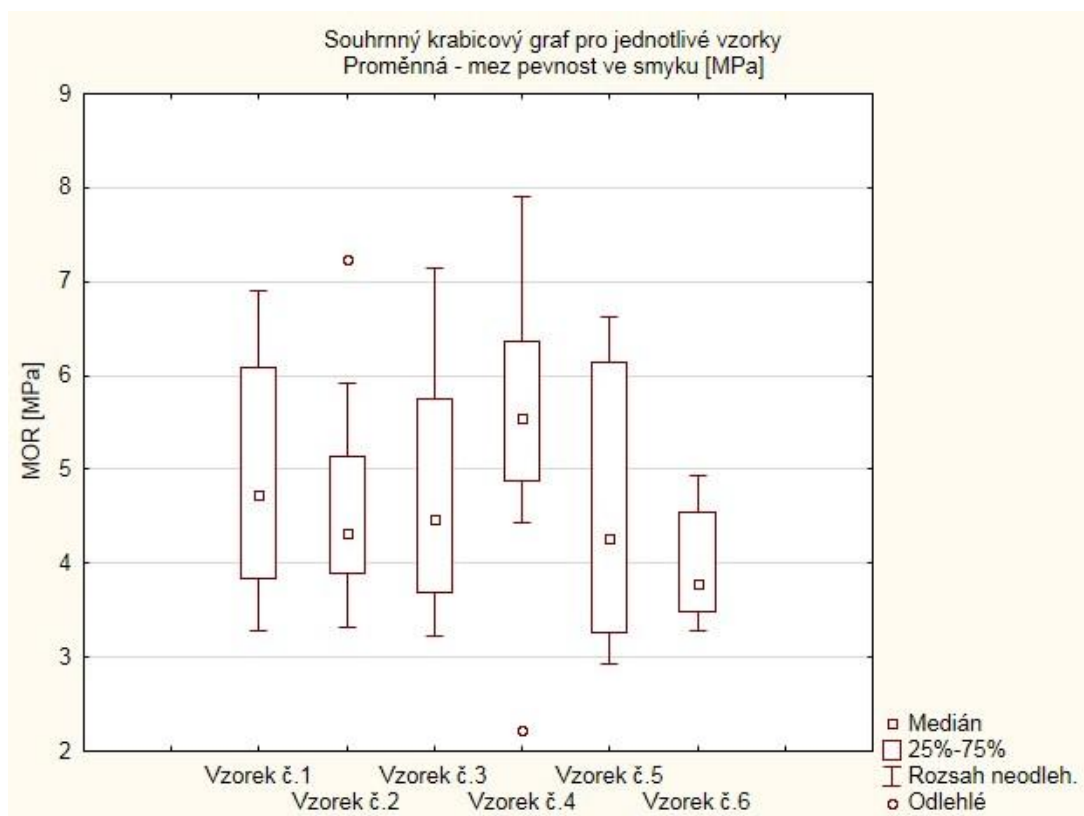
Tab. 7.3.1 – Vyhodnocení meze pevnosti smykovou zkouškou MOR [MPa] pro jednotlivé vzorky překližek a překližky lepené stejným druhem lepidla. Vzorky byly lepeny lepidly Kronocol U 100 (UF) a 1211 (UF). Názornější zobrazení naměřených hodnot je vidět na obr. 7.3.1.

Pevnost lepené spáry		Aritmetický průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	MOR [MPa]	4,94	4,73	3,29	6,91	1,34
Vzorek č. 2		4,66	4,32	3,32	7,23	1,28
Vzorek č. 3		4,77	4,48	3,23	7,14	1,38
Vzorek č. 4		5,40	5,54	2,23	7,90	1,58
Vzorek č. 5		4,45	4,26	2,92	6,62	1,44
Vzorek č. 6		3,97	3,78	3,29	4,94	0,58
Průměrná hodnota ze vzorků č.1 a 2 (lepené lepidlem Kronocol)	MOR [MPa]	4,80				
Průměrná hodnota ze vzorků č.3 až 6 (lepené lepidlem 1211)	MOR [MPa]	4,65				

Tab. 7.3.2 – Průměrný podíl porušení ve dřevě pro jednotlivé desky překližek, výsledky zaokrouhleny na 5 %. Dle normy ČSN EN 314-1 může být rozptyl při vizuálním hodnocení porušení větší než 10 %.

Číslo Vzorku	Zkoušená lepená spára	Průměrné porušení ve dřevě [%]
1	V4	50
2	V7	35
3	V3	35
4	V6	40
5	V4	35
6	V3	30

Z výsledků vyhodnocení porušení ve dřevě je patrné, že mezi jednotlivými vzorky překližek nejsou výraznější rozdíly.

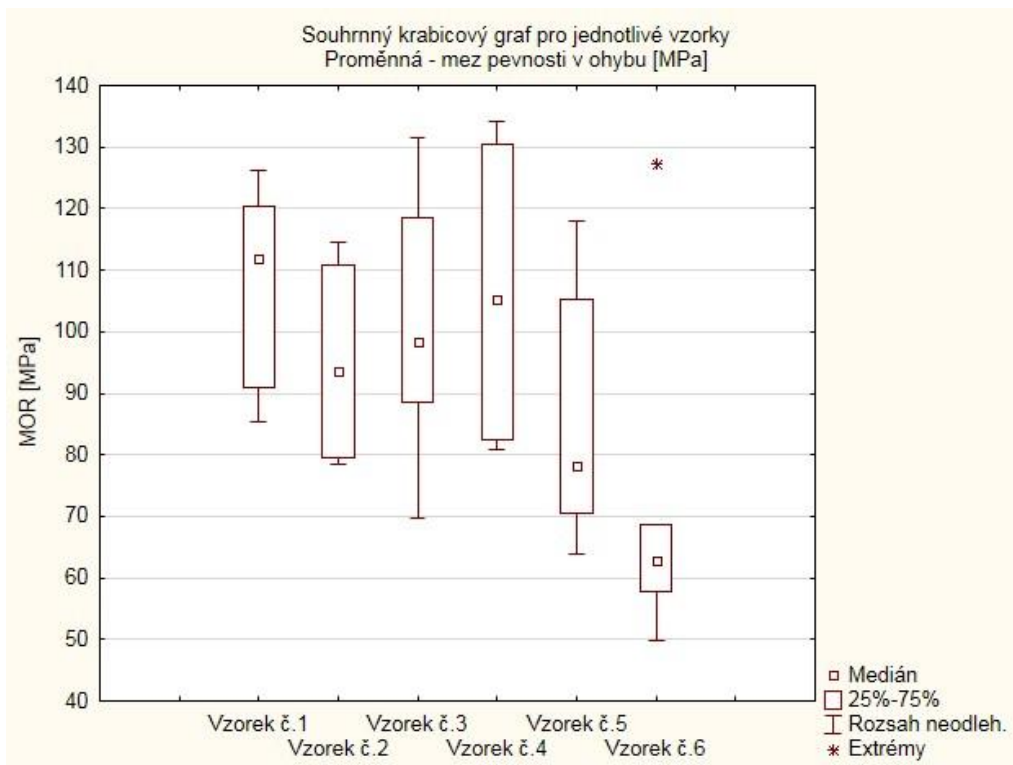


Obr. 7.3.1 – Krabicové grafy pro jednotlivé vzorky překližek s vyjádřením hodnoty mediánu meze pevnosti ve smyku.

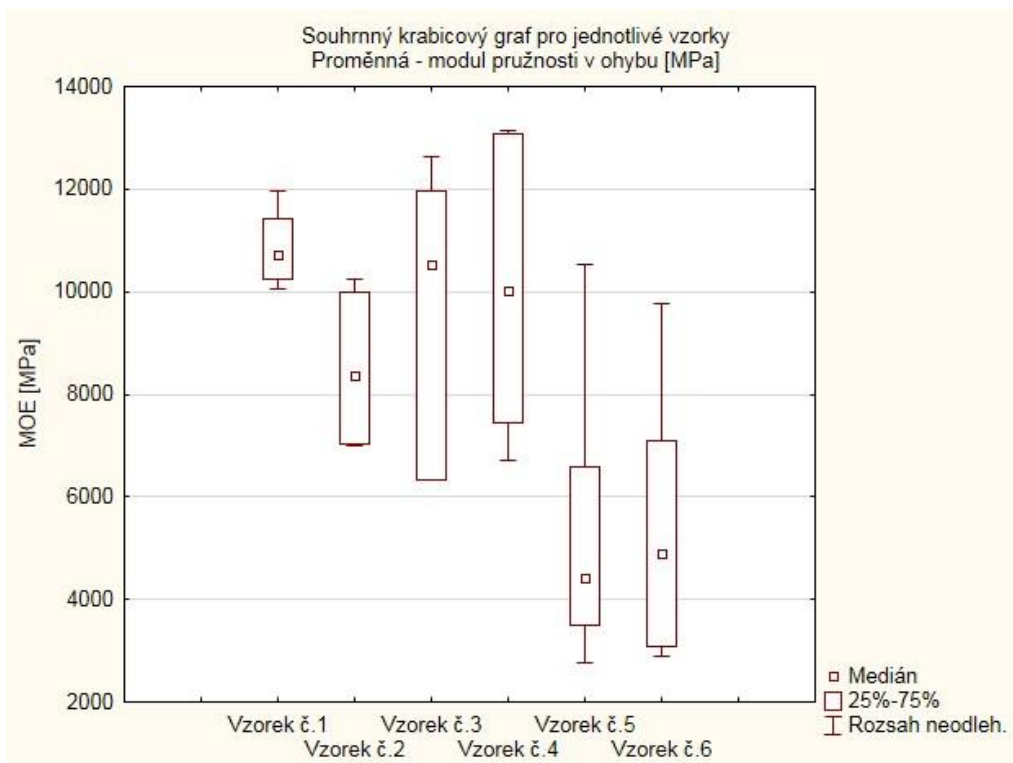
7.4 Výsledky stanovení pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu

Tab. 7.4.1 – Vyhodnocení meze pevnosti v ohybu MOR [MPa] a modulu pružnosti v ohybu MOE [MPa] pro jednotlivé vzorky překližek a překližky lepené stejným druhem lepidla.

Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu		Aritmet. průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	MOR [MPa]	107,76	111,81	85,40	126,20	16,36
	MOE [MPa]	10857,38	10726,68	10056,52	11965,00	739,35
Vzorek č. 2	MOR [MPa]	95,13	93,70	78,57	114,56	18,29
	MOE [MPa]	8502,62	8371,99	7010,50	10256,00	1719,09
Vzorek č. 3	MOR [MPa]	100,80	98,26	69,59	131,65	21,98
	MOE [MPa]	9721,82	10530,39	6332,18	12630,38	2786,23
Vzorek č. 4	MOR [MPa]	106,42	105,24	80,74	134,29	26,64
	MOE [MPa]	10075,24	10017,86	6718,63	13151,41	3144,04
Vzorek č. 5	MOR [MPa]	85,67	78,30	63,76	117,87	21,17
	MOE [MPa]	5371,51	4432,39	2753,47	10526,00	2870,53
Vzorek č. 6	MOR [MPa]	71,55	62,94	49,88	127,34	28,06
	MOE [MPa]	5443,83	4903,87	2877,79	9780,73	2677,72
Průměrná hodnota ze vzorků č.1 a 2 (lepené lepidlem Kronocol)	MOR [MPa]	101,44				
	MOE [MPa]	9680,00				
Průměrná hodnota ze vzorků č.3 až 6 (lepené lepidlem 1211)	MOR [MPa]	91,11				
	MOE [MPa]	7653,10				



Obr. 7.4.1 – Krabicové grafy pro jednotlivé vzorky překližek s vyjádřením hodnoty mediánu meze pevnosti v ohybu.

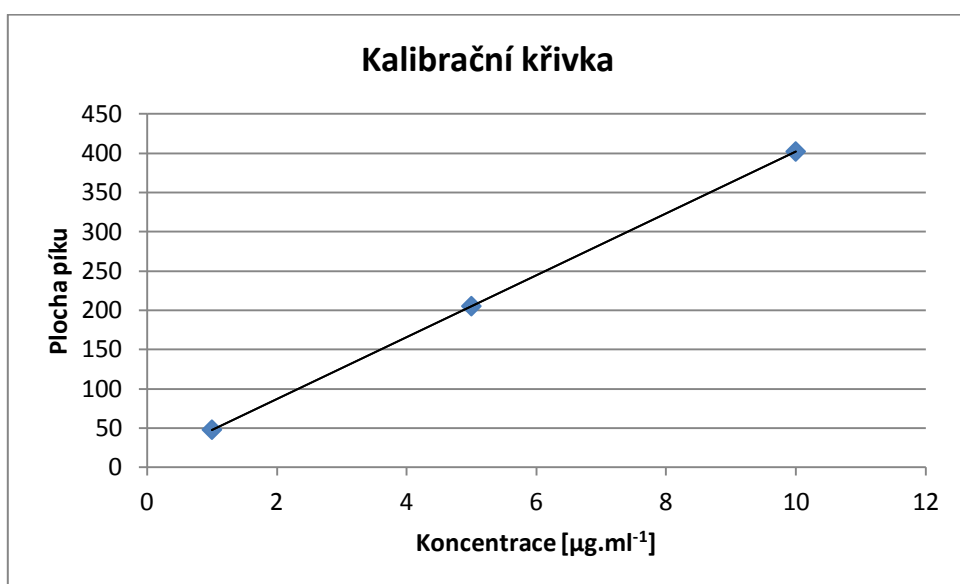


Obr. 7.4.2 – Krabicové grafy pro jednotlivé vzorky překližek s vyjádřením hodnoty mediánu modulu pružnosti v ohybu.

7.5 Výsledky stanovení obsahu formaldehydu v lepidlech

Tab. 7.5.1 – Koncentrace standardu formaldehydu s odpovídající plochou píku derivátu formaldehyd -2,4- DNPH.

Koncentrace	Odpovídající plocha píku derivátu formaldehyd -2,4- DNPH
100 μl standardu = 1 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$	47,6
500 μl standardu = 5 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$	205
1000 μl standardu = 10 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$	402



Obr. 7.5.1 – Kalibrační křivka znázorňující závislost plochy píku na koncentraci derivátu formaldehyd -2,4- DNPH.

Tab. 7.5.2 – Výsledné hodnoty koncentrace formaldehydu.

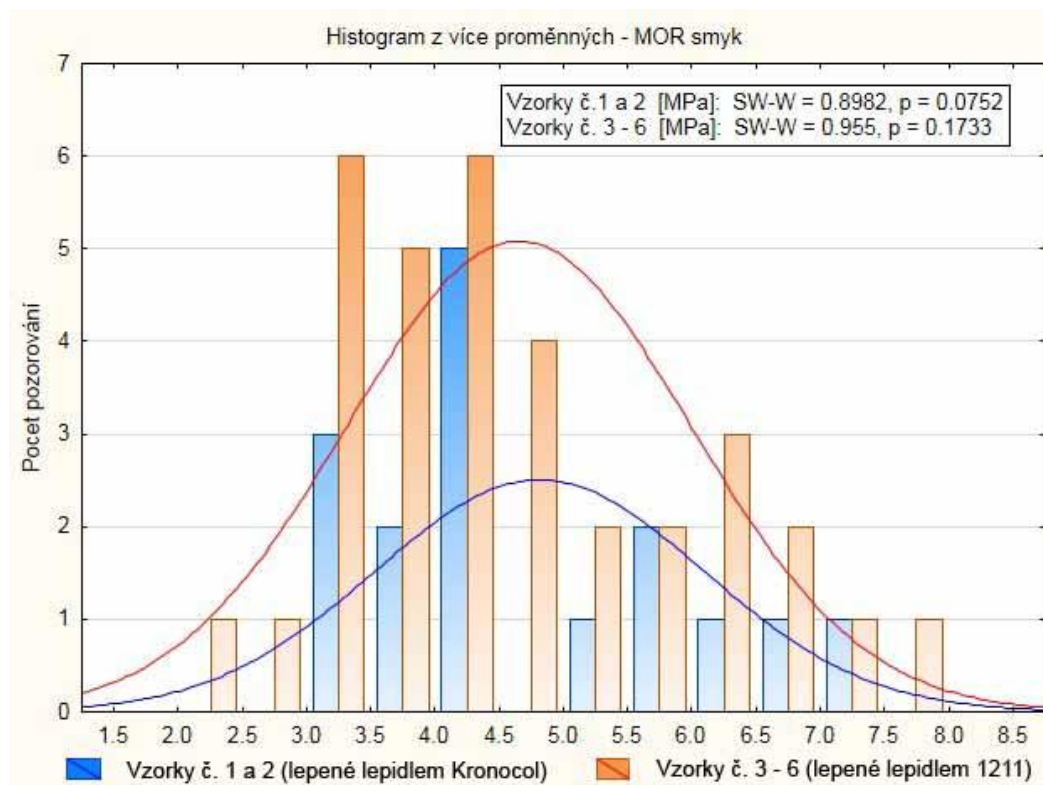
Druh lepidla	Odpovídající plocha píku derivátu formaldehyd -2,4- DNPH	Koncentrace formaldehydu v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ lepidla (po přepočtu na navážku a ředění)				
		$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot 10\text{ ml}^{-1}$	0,1 g navážka	$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
1211	381	9,48	94,8	94,8	948000	948
Kronocol	401	9,98	99,8	99,8	998000	998
1232	425	10,57	106	106	1060000	1060

Všechna měření byla prováděna ve dvou paralelních měřeních, uváděné výsledky jsou průměrem těchto dvou hodnot. Z tabulky 7.5.2 je zřejmé, že lepidlo

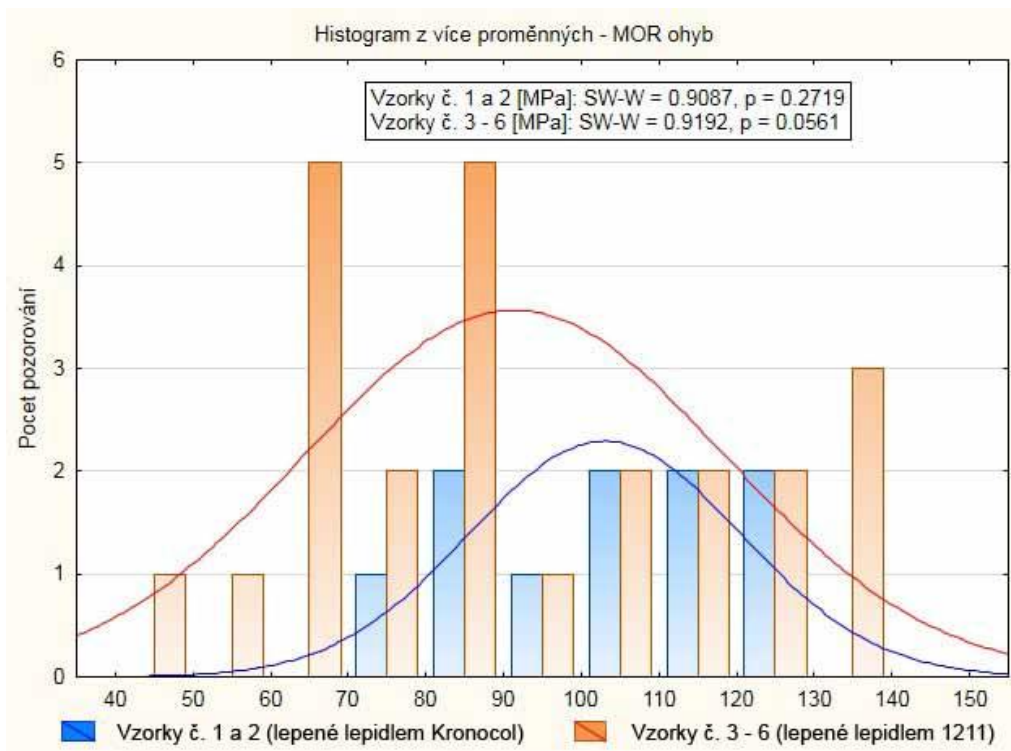
Kronocol u 100 má vyšší koncentraci formaldehydu než lepidlo 1211. Předpokládaná domněnka o vyšší pevnosti vzorků lepených lepidlem Kronocol U 100 se prokázala, ovšem tato závislost se neprokázala jako statisticky významná. Neprokázání závislosti je pravděpodobně způsobeno velmi malým rozdílem koncentrací formaldehydu v hodnocených lepidlech.

7.6 Vliv hustoty a obsahu formaldehydu na zjišťované vlastnosti

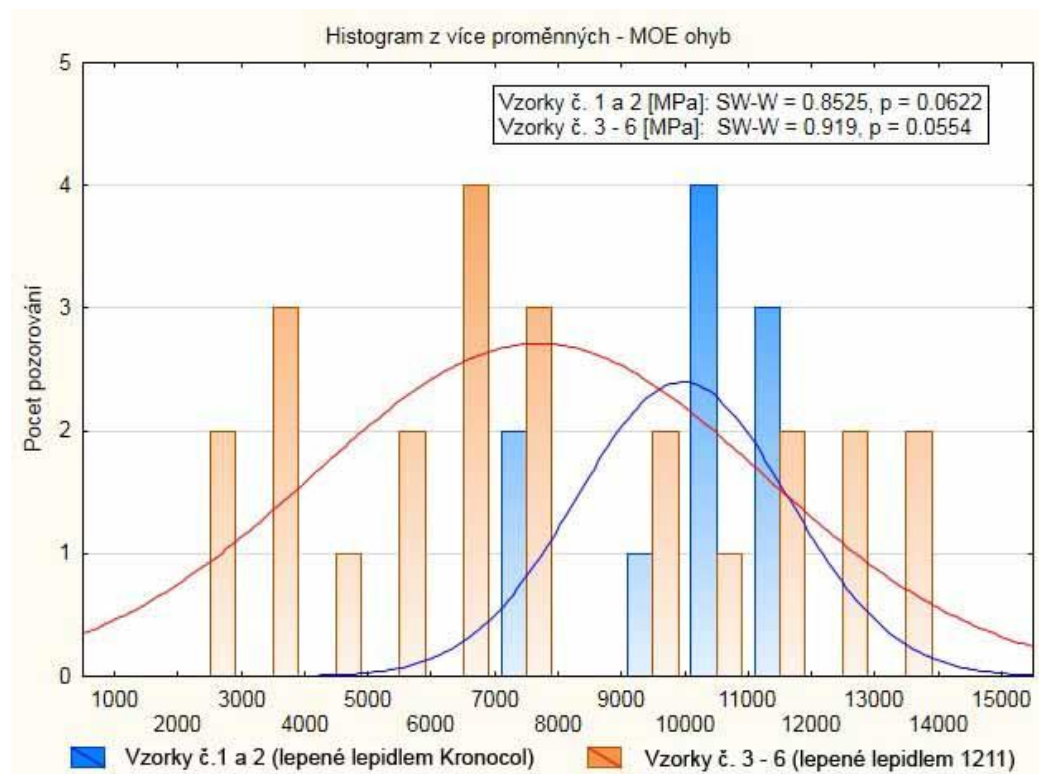
Pomocí histogramu byla ověřována normalita dat a zda je splněna podmínka pro Shapiro-Wilkův test ($p\text{-hodnota} > \alpha (0,05)$). Protože obě skupiny vzorků mají p -hodnotu ve všech histogramech vyšší než α , můžeme předpokládat, že analyzované výběry pochází ze základního souboru s normálním rozdělením.



Obr. 7.6.1 – Histogram dvou skupin porovnávaných vzorků, kde proměnnou tvořila mez pevnosti ve smyku.



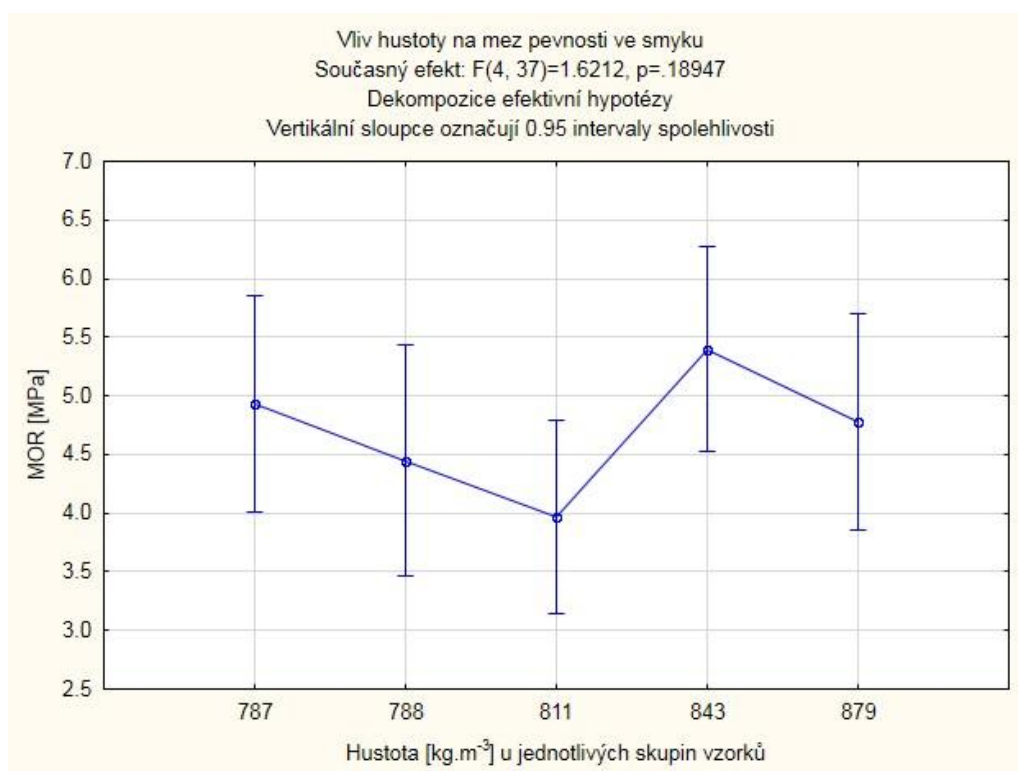
Obr. 7.6.2 – Histogram dvou skupin porovnávaných vzorků, proměnnou tvořila mez pevnosti v ohybu.



Obr. 7.6.3 – Histogram dvou skupin porovnávaných vzorků, proměnnou tvořil modul pružnosti v ohybu.

Tab.7.6.1 – Tabulkové vyhodnocení vlivu hustoty na mez pevnosti ve smyku. Tento i následující testy jsou významné na hladině $p < 0,05$.

1-F Anova			
Test shody středních hodnot meze pevnosti ve smyku v závislosti na hustotě			
	PČ	F	p
Hustota	2,6795	1,6212	0,189469
Chyba	1,6528		

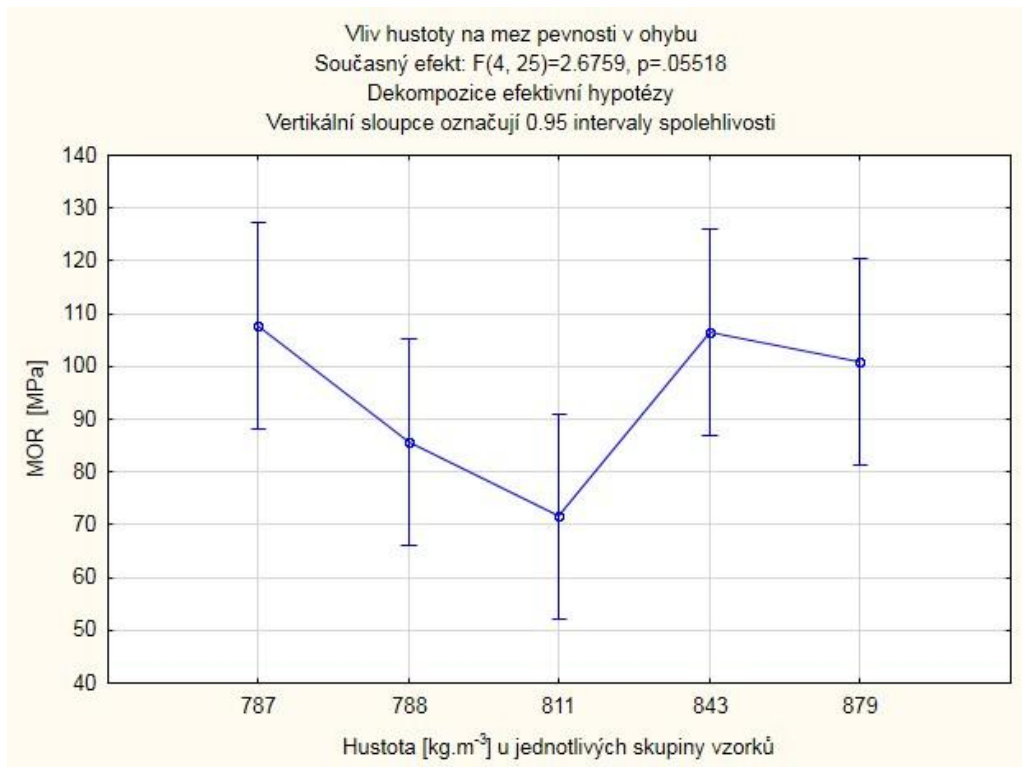


Obr. 7.6.4 – Vyhodnocení testu shody středních hodnot v grafické formě pomocí jednofaktorové anovy. Hodnocen byl vliv hustoty na mez pevnosti ve smyku. Z výsledků je zřejmé, že p -hodnota $> \alpha$, tudíž platí nulová hypotéza. Vliv hustoty na mez pevnosti ve smyku není statisticky významný.

Zkratky v tabulce 7.6.1: **PČ** – rozptyl připisovaný působení faktoru hustota, v řádku Chyba značí PČ reziduální rozptyl („nevysvětlený faktorem“) reprezentovaný rozdíly mezi měřenými hodnotami a výběrovými průměry. **F** označuje testové kritérium a **p**-hodnota je nejvyšší hladina, na které nezamítáme.

Tab. 7.6.2 – Tabulkové vyhodnocení vlivu hustoty na mez pevnosti v ohybu.

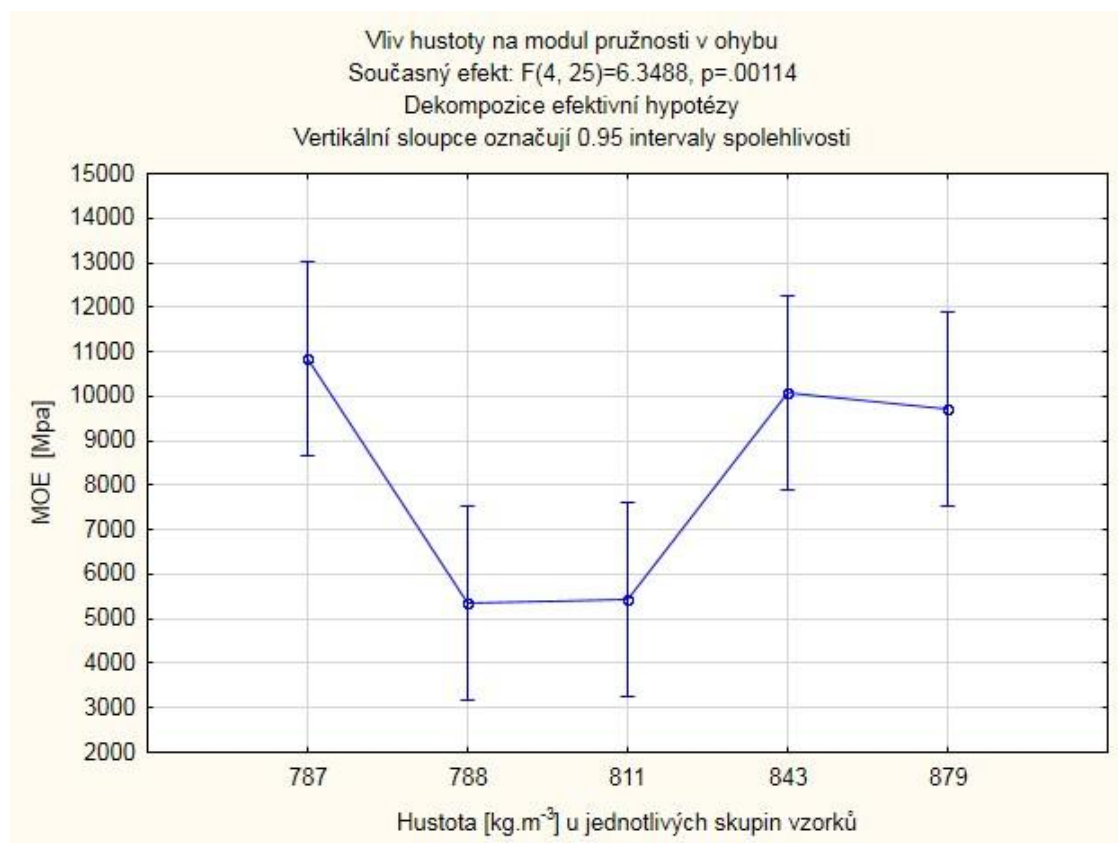
1-F Anova			
Test shody středních hodnot meze pevnosti v ohybu v závislosti na hustotě			
	PČ	F	p
Hustota	1442,8	2,6759	0,055184
Chyba	539,2		



Obr. 7.6.5 - Vyhodnocení testu shody středních hodnot v grafické formě pomocí jednofaktorové anovy. Hodnocen byl vliv hustoty na mez pevnosti v ohybu. Z výsledků je zřejmé, že p -hodnota $> \alpha$, tudíž platí nulový hypotéza. Předpokládáme tedy, že hustota nemá statisticky významný vliv na mez pevnosti v ohybu a střední hodnoty základních souborů, ze kterých pochází analyzované výběry, se považují za stejné.

Tab. 7.6.3 – Tabulkové vyhodnocení vlivu hustoty na modul pružnosti v ohybu.

1-F Anova			
Test shody středních hodnot modulu pružnosti v ohybu v závislosti na hustotě			
	PČ	F	p
Hustota	4,267031E+07	6,3488	0,001142
Chyba	6,720972E+06		



Obr. 7.6.6 - Vyhodnocení testu shody středních hodnot v grafické formě pomocí jednofaktorové anovy. Hodnocen byl vliv hustoty na modul pružnosti v ohybu. Nulová hypotéza o shodných středních hodnotách je zamítnuta, předpokládáme tedy, že hustota má statisticky významný vliv na modul pružnosti v ohybu.

Aby se zjistilo, mezi kterými vzorky je významný rozdíl, byl proveden Tukeyův HSD test mnohonásobného porovnávání.

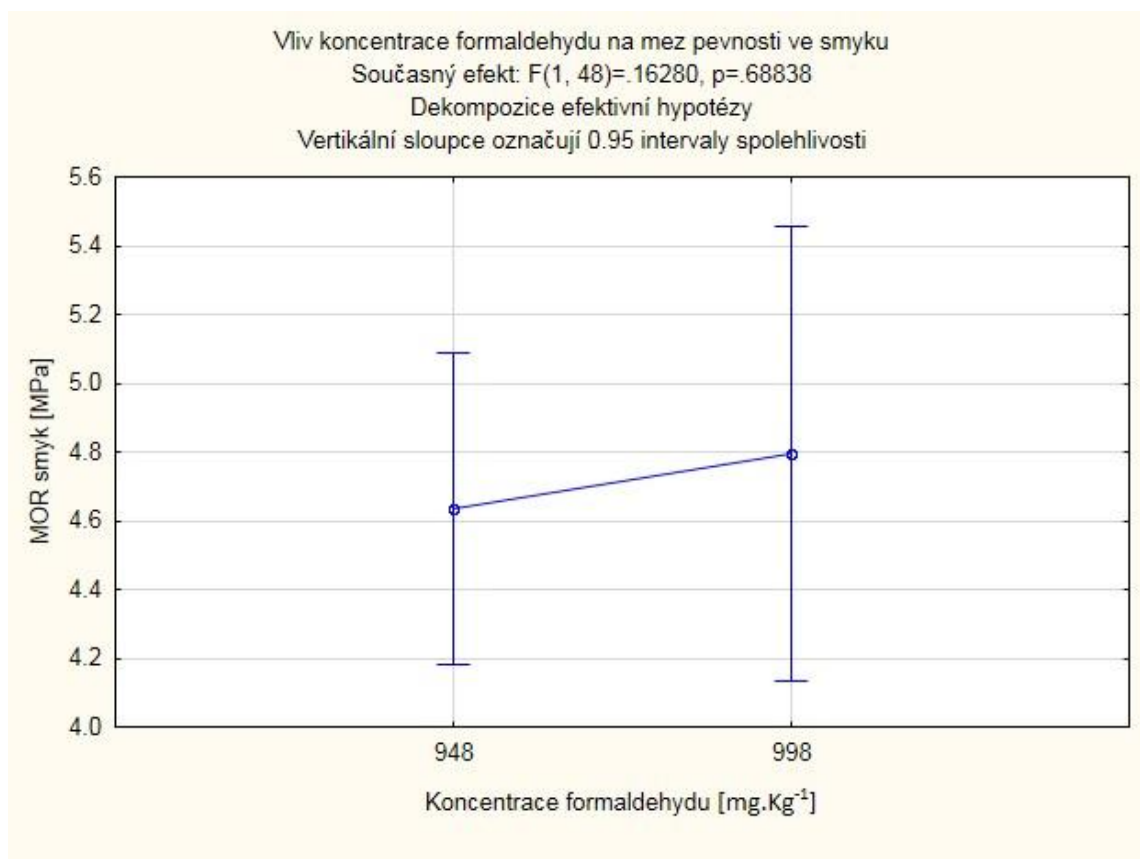
Tab. 7.6.4 – Vyhodnocení Tukeyova testu mnohonásobného porovnávání.

Tukeyův HSD test; proměnná MOE ohyb Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 6721E3, sv = 25,000						
Číslo vzorku	Hustota	MOE vz.č.1	MOE vz.č.5	MOE vz.č.6	MOE vz.č.4	MOE vz.č.3
1	787		0,009475	0,010627	0,984278	0,940029
5	788	0,009475		0,999999	0,031823	0,053490
6	811	0,010627	0,999999		0,035465	0,059305
4	843	0,984278	0,031823	0,035465		0,999321
3	879	0,940029	0,053490	0,059305	0,999321	

Statisticky významný rozdíl se vyskytuje mezi vzorky, jejichž interval spolehlivosti se nepřekrývá. Z obr. 7.6.6 i tab. 7.6.4 je zřejmé, že významný rozdíl od vzorku č. 1 (lepený lepidlem Kronocol) se vyskytuje u vzorku č. 5 a 6. (lepené lepidlem 1211). Pro daný vzorek jsou významné korelace vyznačeny tučně (dle p-hodnoty, která je $< \alpha$). Mezi vzorky č.1 a vzorky č.3 a 4 významný rozdíl není, protože intervaly spolehlivosti se vzájemně překrývají.

Tab. 7.6.5 – Tabulkové vyhodnocení vlivu koncentrace formaldehydu na mez pevnosti ve smyku. V pravé části tabulky jsou hodnoty koncentrací pro obě testovaná lepidla, kterými byly vzorky lepeny.

1-F Anova				Koncentrace formaldehydu v analyzovaných lepidlech [mg.kg ⁻¹]		
Test shody středních hodnot meze pevnosti ve smyku v závislosti na koncentraci formaldehydu				Druh lepidla	Kronocol U 100	998
					1211	948
	PČ	F	p			
Hustota	0,2819	0,1628	0,688382			
Chyba	1,7313					

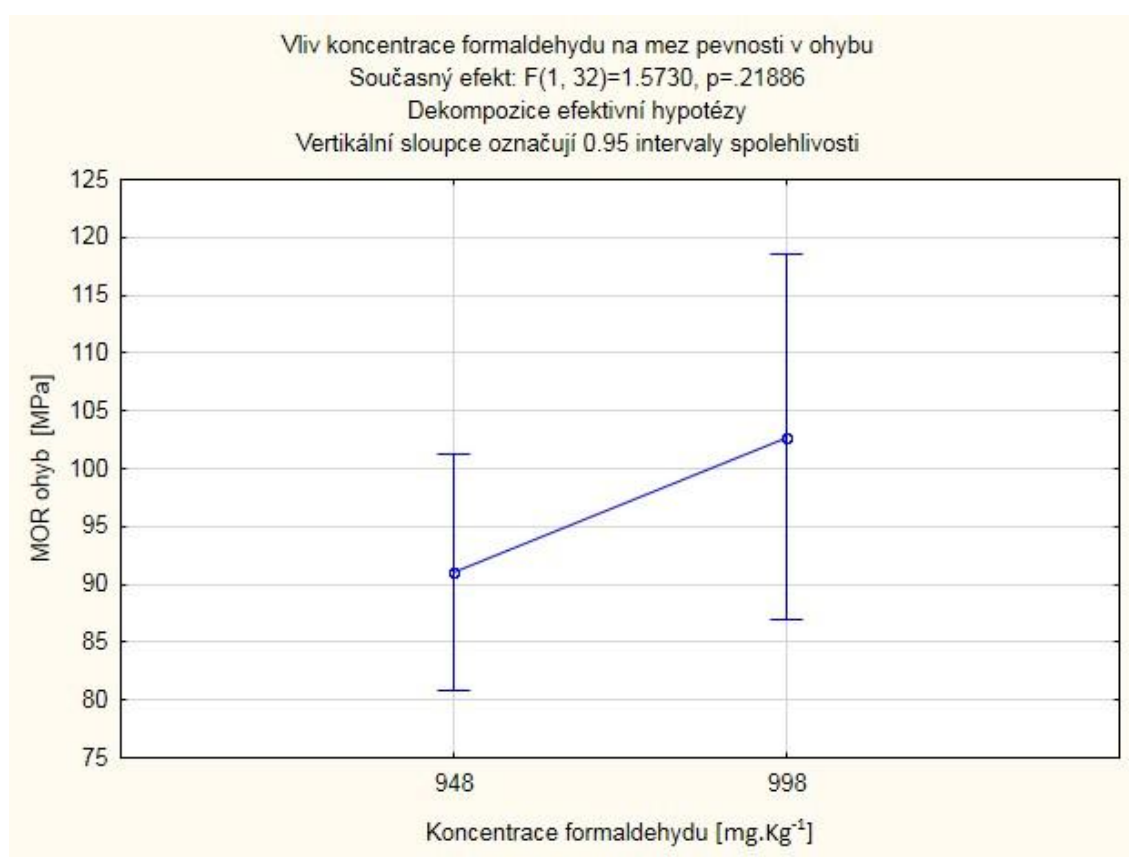


Obr. 7.6.7 - Vyhodnocení testu shody středních hodnot v grafické formě pomocí jednofaktorové anovy. Hodnocen byl vliv koncentrace formaldehydu v lepidlech na mez pevnosti ve smyku. Z výsledků je zřejmé, že p -hodnota $> \alpha$, platí tedy nulový hypotéza.

S pravděpodobností $1-\alpha$ lze tvrdit, že koncentrace formaldehydu v daných lepidlech nemá statisticky významný vliv na mez pevnosti ve smyku.

Tab. 7.6.6 – Tabulkové vyhodnocení vlivu koncentrace formaldehydu v lepidlech na mez pevnosti v ohybu.

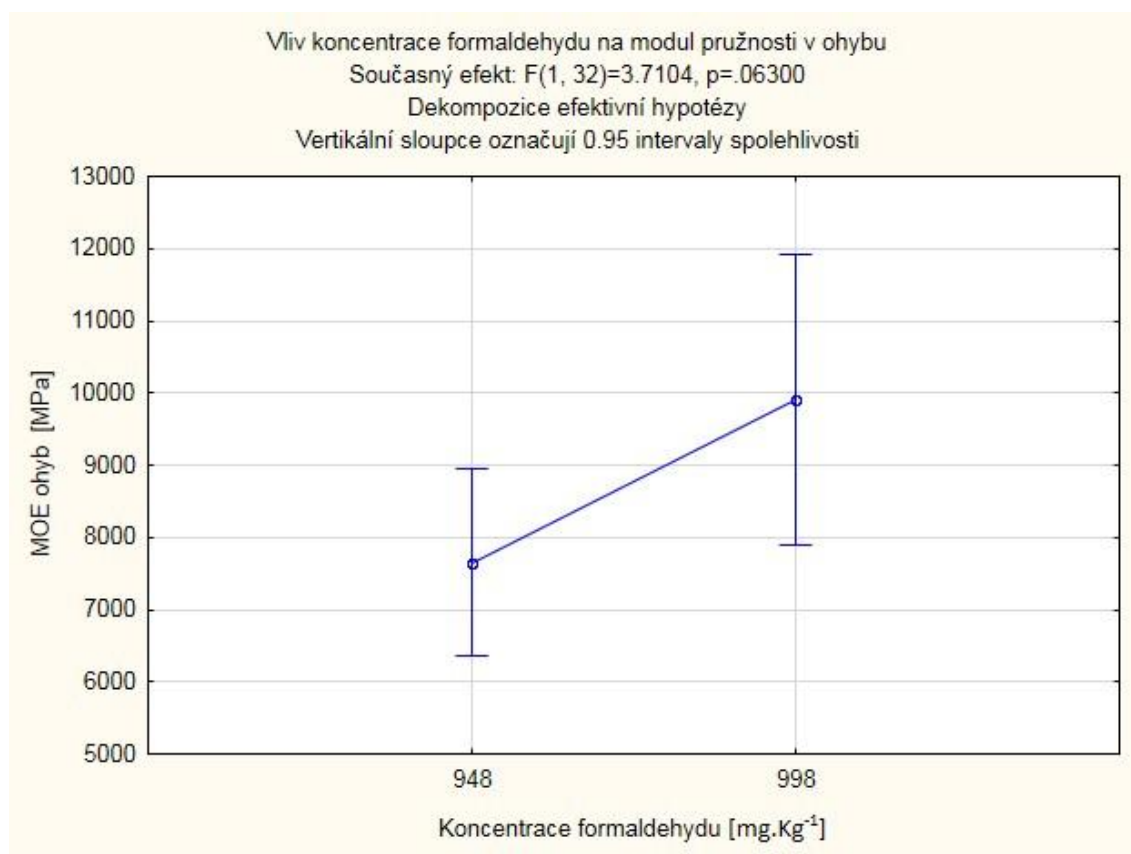
1-F Anova				Koncentrace formaldehydu v analyzovaných lepidlech [mg.kg ⁻¹]		
Test shody středních hodnot meze pevnosti v ohybu v závislosti na koncentraci formaldehydu				Druh lepidla	Kronocol U 100	998
	PČ	F	p		1211	948
Hustota	949,0	1,5730	0,218860			
Chyba	603,3					



Obr. 7.6.8 - Vyhodnocení testu shody středních hodnot v grafické formě pomocí jednofaktorové anovy. Hodnocen byl vliv koncentrace formaldehydu v lepidlech na mez pevnosti v ohybu. Z výsledků je zřejmé, že p -hodnota $> \alpha$, alternativní hypotéza je zamítnuta a platí nulová hypotéza. Koncentrace formaldehydu v lepidlech nemá statisticky významný vliv na mez pevnosti v ohybu. Vliv se neprokázal pravděpodobně z toho důvodu, že zjištěné koncentrace formaldehydu u obou lepidel jsou velmi podobné.

Tab. 7.6.7 - Tabulkové vyhodnocení vlivu koncentrace formaldehydu v lepidlech na modul pružnosti v ohybu.

1-F Anova				Koncentrace formaldehydu v analyzovaných lepidlech [mg.kg ⁻¹]		
Test shody středních hodnot modulu pružnosti v ohybu v závislosti na koncentraci formaldehydu				Druh lepidla	Kronocol U 100	998
	PČ	F	p		1211	948
Hustota	3,612953E+07	3,7104	0,062997			
Chyba	9,737358E+06					



Obr. 7.6.9 - Vyhodnocení testu shody středních hodnot v grafické formě pomocí jednofaktorové anovy. Hodnocen byl vliv koncentrace formaldehydu v lepidlech na modul pružnosti v ohybu. Porovnáme-li intervaly spolehlivosti koncentrace formaldehydu, tak zde vidíme, že se překrývají. To vede k závěru, že se zde neprojevuje žádný statisticky významný vliv.

Tab. 7.6.8 – Srovnání naměřených výsledků s dostupnou literaturou.

	Pevnost lepené spáry [MPa]		Pevnost v ohybu [MPa]		Modul pružnosti v ohybu [MPa]	
	Lepidlo Kronocol U 100	Lepidlo 1211	Lepidlo Kronocol U 100	Lepidlo 1211	Lepidlo Kronocol U 100	Lepidlo 1211
Handbook, 2007	-	-	50,8	-	12690	-
Král, 2012	-	-	90	-	8000	-
Kahaja, 2013	5,94	-	142	-	-	-
Matovič, 1993	4	-	116,3	-	9000	-
Král a Hrázský, 2005	-	-	80	-	12952	-
Moje výsledky (průměrné hodnoty)	Lepidlo Kronocol U 100	Lepidlo 1211	Lepidlo Kronocol U 100	Lepidlo 1211	Lepidlo Kronocol U 100	Lepidlo 1211
	4,8	4,6	101,4	91,1	9679,9	7653,1

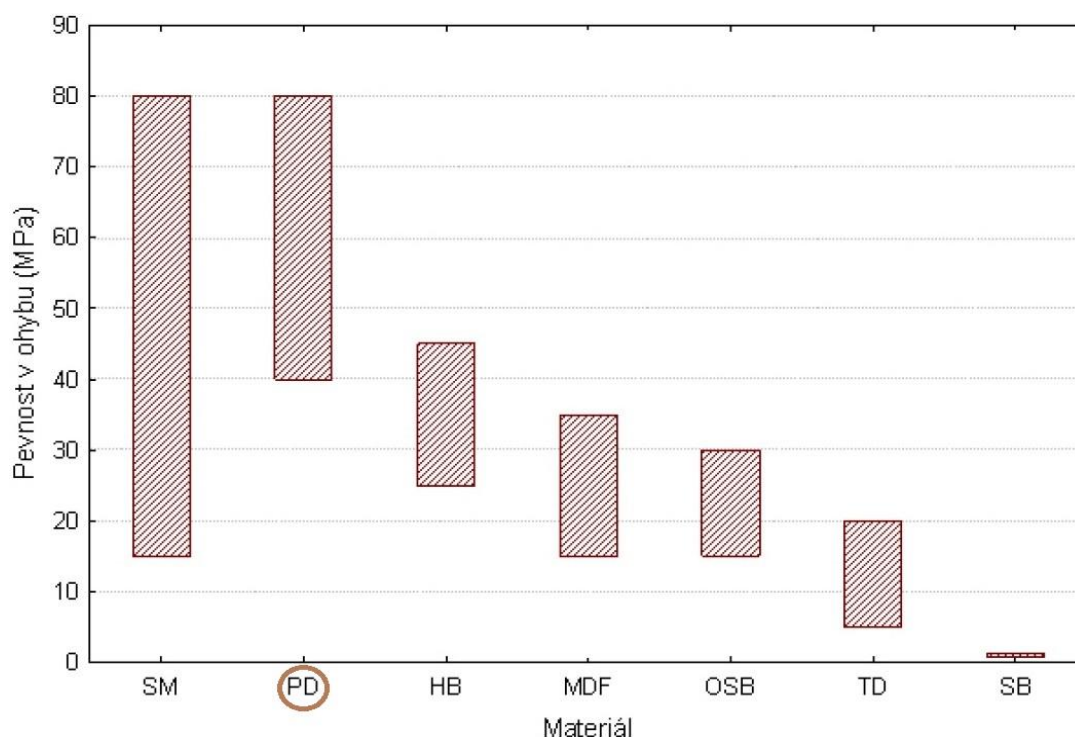
V tabulce 7.6.8 jsou pro srovnání uvedeny hodnoty z dostupné literatury. Vzhledem k specifickému tvaru některých zkušebních vzorků překližek není možné srovnání s publikovanými hodnotami jiných autorů, protože jejich překližky nebyly totožné s mými (nejedná se o tvarované bukové překližky), nebyly lepeny za stejných podmínek a někteří autoři neuvádí pro jakou tloušťku překližek dané hodnoty platí. Proto je nutné brát tyto hodnoty pouze jako orientační.

Měřením bylo prokázáno, že překližky lepeny lepidlem Kronocol U 100 vykazovaly v průměru o něco vyšší hodnoty pevnosti lepené spáry, pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu.

Mnou naměřené hodnoty pevností vykazovaly velkou variabilitu a to způsobilo pravděpodobně neprokázání statisticky významného vlivu hustoty na analyzované mechanické vlastnosti překližek (s výjimkou modulu pružnosti v ohybu). Jak uvádí Král (2011), s rostoucí hustotou se pevnostní vlastnosti překližek zvyšují. Z výsledků měření vyplývá, že vzorky z překližky č. 1 lepené lepidlem Kronocol U 100 dosahují vyšší pevnosti při nižší hustotě. Tento fakt mohl být způsoben nepatrně vyšším obsahem formaldehydu v lepidle, nerovnoměrností nánosu lepidla (ten mohl ovlivnit jak pevnost, tak hustotu překližek), netáhnutím formy lisu, tvarem zkušebních vzorků (vzorky byly nařezány z tvarovaných překližek, což mohlo ovlivnit výsledné hodnoty pevnosti), nedodržením poměru tužení či obsahem sušiny v lepidle. Lepidlo 1211 má hustotu přibližně $1300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, u použitého tužidla 2545 se hustota pohybuje okolo $1450 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obsah sušiny v lepidle 1211 je 70 %, u lepidla Kronocol U 100 65 %. Je to tedy jeden z faktorů, který pravděpodobně ovlivnil hustotu překližek. Král a Hrázský (2005) uvádějí, že množství sušiny v lepidle má vliv na hustotu. Čím větší je počet dých, tím je hustota vyšší (hustota lepidla je vyšší než u dřeva). Menší obsah sušiny v lepidle Kronocol U 100 patrně zapříčinil, že vzorky lepené tímto lepidlem dosáhly v průměru vyšší pevnosti při nižší hustotě.

Důležité je rovněž zvolit správný lisovací tlak. Pokud bude příliš vysoký, lepidlo se z lepené spáry vytlačí a vzniká tzv. chudý spoj.



Obr. 7.6.10 – Grafické porovnání pevnosti v ohybu překližky s jinými materiály. SM – smrkové dřevo, PD – překližky, HB – tvrdé vláknité desky, MDF – vláknité desky se střední hustotou, OSB – desky z plochých orientovaných třísek, TD – třískové desky, SB – měkké vláknité desky. (Böhm a kol., 2012)

Z obr. 7.6.10 vyplývá, že překližky mají velmi dobrou pevnost v ohybu ve srovnání s jinými materiály. V porovnání např. s MDF deskou dosahují téměř dvojnásobku jejich pevnosti v ohybu. Překližky ovšem patří mezi dražší deskové materiály, jejichž cena se pohybuje v závislosti na druhu použité dřeviny, tloušťce a kvalitě desky od cca 170 Kč/m² do 1 500 Kč/m² (truhlářská BK,15 mm, B/C – 380

Kč/m², obalová SM, 15 mm, C/C ~ 220 Kč/m², stavební foliovaná TP, 15 mm, C/C ~ 240 Kč/m²). (Böhm a kol., 2012)

Jak již bylo zmíněno, z měření pevnosti lepené spáry vyplývá, že vzorky lepené lepidlem s vyšší koncentrací formaldehydu vykazovaly v průměru mírně vyšší hodnoty pevnosti (4,80 MPa) oproti druhé skupině vzorků (4,65 MPa). Vliv obsahu formaldehydu se ale neprokázal jako statisticky významný, protože rozdíl v koncentracích není velký. Při zjištění většího rozdílu v obsahu formaldehydu lze předpokládat, že by se tento rozdíl projevil jako statisticky významný. Přestože o škodlivosti formaldehydu není pochyb, při úniku z materiálů na bázi dřeva bývá jeho vliv na lidské zdraví u moderních materiálů často podceňován. Povolené množství volného formaldehydu se v dřevěných materiálech v posledních desetiletích snížilo více než 60 krát a v současné době se materiály na bázi dřeva v běžném životě podílí na emisích formaldehydu mnohonásobně méně než například kouř z cigaret. Neustálé snižování jeho obsahu má sice pozitivnější účinky na lidské zdraví, ale kvalitu lepeného spoje to ovlivňuje spíše negativně. (Böhm a kol., 2012)

Hodnoty modulu pružnosti v ohybu jsou u vzorků lepených lepidlem s vyšším obsahem formaldehydu vyšší než hodnoty vzorků lepených lepidlem 1211. Tento vliv se neprokázal jako statisticky významný. Nejvyšší modul pružnosti byl zjištěn u vzorků č. 1 (10857,38 MPa), které zároveň vykazovaly i největší pevnost v ohybu (107,76 MPa).

Hodnoty podílu porušení ve dřevě vykazovaly relativně velkou variabilitu. Významnější rozdíl mezi jednotlivými vzorky nebyl zjištěn, k porušení docházelo většinou v lepené spáře. Větší rozdíly se zpravidla vyskytují mezi překližkami z různých dřevin, např. mezi bukovou a smrkovou překližkou. U všech testovaných vzorků byl splněn požadavek dle normy ČSN EN 314-2 na minimální smykovou pevnost 1 MPa. Pro uvedenou pevnost není stanoven požadavek na minimální podíl porušení ve dřevě.

8 Závěr

Použití překližovaných materiálů v dnešní době je velmi rozmanité. Je to dáno tím, že si zachovávají původní vzhled i vlastnosti dřeva, avšak svým konstrukčním uspořádáním z velké části eliminují jeho největší nedostatky.

Cílem této diplomové práce bylo posoudit pevnost lepené spáry smykovou zkouškou u tvarovaných bukových překližek. Srovnávány byly vzorky lepeny dvěma typy močovinoformaldehydových lepidel. Dále byly testovány vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti – vlhkost, hustota, pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu.

Nejvyšší průměrná pevnost lepené spáry byla zjištěna u vzorku č. 4. (5,4 MPa). U měření pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu bylo zjištěno, že vzorek č.1 dosáhl v průměru nejvyšších hodnot (MOR 107,76 MPa a MOE 10757,38 MPa). U všech testovaných mechanických vlastností dosáhly vyšší pevnosti vzorky lepeny lepidlem Kronocol U 100.

Po ověření normality dat byla pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu zjišťována závislost pevnosti lepené spáry, pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu na hustotě a koncentraci formaldehydu. Z výsledků měření je patrné, že vliv hustoty na modul pružnosti v ohybu se prokázal jako statisticky významný, jiná závislost se nepotvrdila. Lze se domnívat, že tento jev byl způsoben specifickým tvarem některých zkušebních vzorků překližek, což zapříčinilo velkou variabilitu naměřených hodnot. Dalším významným faktorem je obsah sušiny, který je v lepidle Kronocol U 100 nižší. Koncentrace formaldehydu v lepidle má vliv na pevnost lepení, ovšem v tomto případě byl rozdíl v koncentracích v analyzovaných lepidlech velmi malý, proto se zde s největší pravděpodobností neprokával jeho vliv na pevnost.

Velmi důležitým faktorem při výrobě překližek je jakost lepeného spoje. Tu ovlivňuje druh a nános lepidla, podmínky lisování či vlastní doba a podmínky skladování překližek. Kromě uvedených faktorů nelze opomenout ani podmínky skladování lepidla. V letních měsících při vyšších teplotách může docházet k jeho kondenzaci, což se následně negativně projeví na jakosti lepeného spoje.

Myslím si, že překližky budou i nadále důležitým materiálem v nábytkářství, stavebnictví, dopravě či jiných odvětvích průmyslu.

9 Summary

Use plywood materials nowadays is very diverse. It is due to the fact that they preserve the original appearance and properties of wood, but its structural arrangement largely eliminates the biggest failings.

The aim of this thesis was to evaluate the strength of the bond line with shear test in molded beech plywood. Compared were samples glued with two types of urea-formaldehyde adhesives. Next was tested selected physical and mechanical properties - moisture, density, bending strength and modulus of elasticity in bending.

The highest average strength of bonded lines was detected in sample no. 4 (5.4 MPa). For measurement of the bending strength and modulus of elasticity in bending was found, that the sample no. 1 averaged reached the highest values (MOR 107.76 Mpa and MOE 10757.38 MPa). At all tested mechanical properties reached a higher strength a samples glued with adhesive Kronocol U 100.

After verifying the normality of the data was via one-way analysis of variance determined dependence the strenght of bond line, bending strength and modulus of elasticity to the density and the concentration of formaldehyde. The measuring results show that the influence of density on the modulus of elasticity was demonstrated as statistically significant, other dependence was not confirmed. It can be assumed that this phenomenon was caused to the specific shape of some test samples of plywood, which caused great variability of measured values. Another important factor is the dry matter content which is in the glue Kronocol U 100 lower. The concentration of formaldehyde in the adhesive has affects to bonding strength, but in this case the difference in concentrations of the analyzed adhesives is very small, and therefore most likely did not showed its effect on strength.

A very important factor in the production of plywood is the quality of the adhesive joint. Thats affects amount of glue, press conditions or their own time and storage conditions plywood. In addition to these factors, we can not ignore the storage conditions of adhesives. In the summer months at higher temperatures may cause the condensation, which has a negative impact to the quality of the adhesive joint.

I think that the plywood will continue to be an important material in furniture, engineering, transportation and in other branches of industry.

10 Literatura

1. Drápela K., Zach J. (2002): Statistické metody I. (pro obory lesního, dřevařského a krajinného inženýrství). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 135 s. ISBN 80-7157-416-3.
2. Matovič A. (1993): Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva. Vyd. 1. Brno. Vysoká škola zemědělská v Brně, 212 s. ISBN 80-7157-086-9
3. Böhm M., Reisner J., Bomba J. (2012): Materiály na bázi dřeva. Česká zemědělská univerzita v Praze, 183 s. ISBN 978-80-213)2251-6
4. Král P. (2011): Dýhy, překližky a lepené materiály. Vyd. 1. Brno. Mendelova univerzita v Brně, 241 s. ISBN 978-80-7375-552-2
5. Král P. (2012): Dýhy, překližky a lepené materiály: cvičení. Vyd. 1. Brno. Mendelova univerzita v Brně, 160 s. ISBN 978-80-7375-654-3
6. Nutsch W. a kol. (2006): Příručka pro truhláře. Vyd. 2., Praha. 616 s. ISBN 80-86706-14-1
7. Raclavský P. a kol. (2001): Technologické předpisy. Bystřice pod Hostýnem, stř. 22101
8. Kopřiva L. a kol. (1997): Technologické předpisy. Bystřice pod Hostýnem, stř. 22201
9. Tesařová D. (2008): Plasty, lepidla a nátěrové hmoty, podpora výuky a studijní texty. Brno. Mendelova univerzita v Brně, 26 s.
10. Gandelová L., Šlezingerová J. (2002): Stavba dřeva, Vyd. 1. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 187 s. ISBN 80-7157-636-0.
11. Berger V. a kol. (1966): Příručka lepení dřeva, 2. přepracované vydání, SNTL, Praha, 287 s.
12. Boublík V. (1963): Lepidla a jejich příprava, Vyd. 1, Praha SNTL, 189 s.
13. Tesařová D., Hlavatý J., Čech P. (2014): Povrchové úpravy dřeva – lakování, moření, lazurování a lepení. Vyd. 1. Praha, 136 s. ISBN 978-80-247-4715-6.
14. Kupská I. (2010): Vliv mikrovlnného plazmatu vzduchu na smáčivost povrchů syntetických polymerů. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
15. ČSN EN 310 (490147): Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu, 1995.

16. ČSN EN 326-1 (490184): Desky ze dřeva - Odběr vzorků, nařezávání a kontrola - Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky, 1997.
17. ČSN EN 326-2 (490184): Desky na bázi dřeva – Odběr vzorků, nařezávání a kontrola – Část 2: Počáteční zkoušení typu a řízení výroby, 2010.
18. ČSN EN 314-1 (490173): Překližované desky - Kvalita lepení - Část 1: Metody zkoušení, 2005.
19. ČSN EN 314-2 (490173): Překližované desky - Kvalita lepení. Část 2: Požadavky, 1995.
20. ČSN EN 322 (490143): Desky ze dřeva. Zjišťování vlhkosti, 1994.
21. ČSN EN 323 (490142): Desky ze dřeva. Zjišťování hustoty, 1994.
22. Nábytkářský informační systém [online] 2013. [Cit. 2.1.2015] Dostupné na World Wide Web: < <http://www.n-i-s.cz/cz/preklizovane-materialy/page/215/> >
23. Acrossnature [online] 2013. [Cit. 18.12.2014] Dostupné na World Wide Web: <<http://acrossnature.wordpress.com/2013/07/02/riferimenti-progettuali/>>
24. Metsä Wood [online] 2014. [Cit. 2.1.2015] Dostupné na World Wide Web: < <http://www.metsawood.com/global/Products/kerto#.VCK3uBbK3nc> >
25. Technologie a technika lepení [online] 2014. [Cit. 28.1.2015] Dostupné na World Wide Web: <<http://www.lepidla.cz/cs/a/technologie-a-technika-lepeni--zakladni-informace.html>>
26. Základy teorie lepení [online] 2012. [Cit. 6.2.2015] Dostupné na World Wide Web: <http://www.abclepidla.cz/Files/file/files/Teorie_lepeni.pdf>
27. Handbook of finnish plywood [online] 2007. [Cit. 6.3.2015] Dostupné na World Wide Web: <http://www.upm.com/cn/products/plywood/Documents/Handbook_EN.pdf>
28. Mendelu studijní opora [online]. [Cit. 8.3.2015] Dostupné na World Wide Web: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=9189;lang=cz>
29. Dohnal V., Kadlečková I.: Analýza látek pomocí HPLC [online] 2013. [Cit. 15.3.2015] Dostupné na World Wide Web: <http://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Analýza_latek_pomoci_HPLC_Mevapo_x17102013.pdf>

30. Motyka K., Mikuška P.: Přehled stanovení formaldehydu a dalších karbonylových sloučenin v ovzduší [online] 2005. [Cit. 15.3.2015] Dostupné na World Wide Web: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_01_13-20.pdf>
31. Česká chemie [online]. [Cit. 14.3.2015] Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ceskachemie.cz/svet-chemie/chemie-pro-skoly/stredni-skoly/analyticke-metody-spektroskopie-v-uv-vis-oblasti#.VQbUaeEpnEg>>
32. Kahaja R. (2013): Zápis ze zkoušek, testování. Porovnávání pevnosti překližek o různém nánosu lepidla zkoušené při zatížení na ohyb a tah, TON a.s. Bystřice p. Hostýnem.
33. A. Soman, Y. Qiu and Q. Chan Li (2008): HPLC-UV Method Development and Validation for the Determination of Low Level Formaldehyde in a Drug Substance. *Journal of Chromatographic science*, Vol. 46.
34. Výrobce překližek Dyas [online] 2013. [Cit. 27.3.2015] Dostupné na World Wide Web: <<http://www.dyas.eu/>>
35. Král P., Hrázský J. (2005): Kompozitní materiály na bázi dřeva, Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 206 s. ISBN 80-7157-878-9.

11 Přílohy

Tab. 11.1 - Rozpis jednotlivých vzorků pro vlhkost a hustotu.

č.	Označení vzorku	Rozměry zkušebních vzorků [mm]			m_w [g]	m_0 [g]	Hustota [kg.m ⁻³]	Vlhkost [%]
		l	b	t				
1	1D1	49,64	50,77	9,60	18,96	17,61	783,78	7,71
2	1D2	49,64	51,17	9,60	19,13	17,77	784,67	7,68
3	1D3	50,75	49,84	9,60	19,39	18,02	798,66	7,62
4	1D4	49,59	50,25	9,60	18,88	17,54	789,02	7,63
5	1D5	49,79	49,65	9,60	17,78	16,51	749,03	7,65
6	1D6	50,62	49,68	9,60	18,82	17,48	779,59	7,65
7	1D7	49,87	49,79	9,60	18,97	17,62	795,95	7,71
8	1D8	50,07	49,71	9,60	18,82	17,47	787,68	7,72
9	1D9	49,32	48,61	9,60	18,73	17,37	813,76	7,85
10	3D1	52,18	50,31	9,00	20,60	19,20	871,90	7,30
11	3D2	50,43	51,81	9,00	20,36	18,96	865,70	7,36
12	3D3	50,29	50,54	9,00	19,94	18,56	871,52	7,40
13	3D4	49,48	50,39	9,00	19,79	18,43	882,05	7,37
14	3D5	50,29	51,45	9,00	20,54	19,13	881,83	7,33
15	3D6	50,54	50,15	9,00	20,36	19,02	892,46	7,05
16	3D7	50,44	50,24	9,00	19,98	18,63	876,14	7,24
17	3D8	50,01	50,44	9,00	20,34	18,96	896,07	7,29
18	3D9	50,15	50,06	9,00	19,81	18,44	876,80	7,43
19	4D1	49,95	49,03	9,00	18,45	17,12	836,83	7,73
20	4D2	49,00	49,68	9,00	18,35	16,96	837,33	8,20
21	4D3	50,19	49,63	9,00	18,97	17,54	846,09	8,17
22	4D4	49,67	50,49	9,00	19,07	17,61	844,68	8,27
23	4D5	50,03	49,28	9,00	18,56	17,24	836,35	7,65
24	4D6	51,05	49,67	9,00	19,33	17,87	847,03	8,18
25	4D7	50,16	49,20	9,00	18,03	16,74	811,81	7,69
26	4D8	49,62	48,28	9,00	18,68	17,29	866,52	8,08
27	4D9	50,03	49,83	9,00	18,98	17,63	845,79	7,66
28	4D10	50,23	49,68	9,00	19,27	17,79	857,84	8,30
29	4D11	49,66	53,03	9,00	19,98	18,47	842,87	8,18
30	5D1	49,14	49,01	6,00	11,37	10,58	787,05	7,51
31	5D2	49,23	49,36	6,00	11,50	10,70	789,03	7,47
32	6D1	49,63	50,02	4,00	7,94	7,35	799,10	7,94
33	6D2	50,45	49,79	4,00	7,73	7,15	769,44	8,17
34	6D3	50,06	49,67	4,00	8,25	7,61	829,28	8,34
35	6D4	49,93	49,98	4,00	8,11	7,49	812,46	8,26

36	6D5	50,02	50,36	4,00	8,33	7,69	826,32	8,21
37	6D6	50,81	50,31	4,00	8,47	7,82	828,36	8,26
38	6D7	50,53	50,01	4,00	8,09	7,48	800,06	8,16
39	6D8	50,01	49,96	4,00	8,25	7,62	825,10	8,27
40	6D9	50,27	49,77	4,00	8,27	7,64	826,26	8,29
41	6D10	50,11	50,47	4,00	8,25	7,62	815,62	8,30
42	6D11	49,78	49,85	4,00	7,87	7,29	792,76	7,97

l – délka, b – šířka, t – tloušťka, m_w – hmotnost vlhkého vzorku, m_0 – hmotnost absolutně suchého vzorku.

Tab. 11.2 - Rozpis jednotlivých vzorků pro pevnost lepené spáry.

č.	Označení vzorku	Počet vrstev překližky	Zkoušená lepená spára	Výška smykové plochy [mm]	Šířka smykové plochy [mm]	MOR [MPa]	Porušení vláken [%]
1	1S1	9	V4	24,15	25,2	4,24	60
2	1S2	9	V4	25,14	24,93	3,42	50
3	1S3	9	V4	25,44	25,14	6,91	30
4	1S4	9	V4	29,9	10,46	6,32	50
5	1S6	9	V4	25,05	26,16	4,07	30
6	1S7	9	V4	25,69	25,71	3,29	40
7	1S8	9	V4	25,69	25,37	5,86	40
8	1S10	9	V4	25,76	25,7	4,36	80
9	2S1	15	V7	25,76	25,28	5,92	30
10	2S2	15	V7	25,76	24,23	3,86	40
11	2S3	15	V7	25,36	25,31	7,23	30
12	2S4	15	V7	25,55	25,3	4,35	40
13	2S5	15	V7	25,39	25,27	4,36	20
14	2S6	15	V7	25,76	25,24	4,28	50
15	2S7	15	V7	25,62	25,26	3,92	30
16	2S8	15	V7	25,46	25,36	3,32	30
17	3S1	9	V3	24,84	25,55	7,14	60
18	3S2	9	V3	25,6	25,57	4,49	10
19	3S3	9	V3	24,89	24,85	4,46	30
20	3S4	9	V3	25,64	25,53	3,61	20
21	3S5	9	V3	25,67	25,47	6,39	60
22	3S6	9	V3	25,54	25,54	5,11	50
23	3S7	9	V3	24,92	24,69	3,23	20
24	3S8	9	V3	26,19	25,89	3,76	20

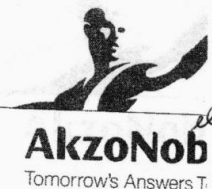
25	4S1	9	V6	25,85	25,57	10,98	70
26	4S2	9	V6	25,68	25,69	2,23	20
27	4S3	9	V6	25,29	25,22	6,56	40
28	4S3	9	V6	25,29	25,22	*	*
29	4S4	9	V6	25,42	25,32	6,37	20
30	4S5	9	V6	25,31	25,3	7,90	30
31	4S6	9	V6	25,59	25,53	5,60	50
32	4S7	9	V6	25,31	25,19	5,09	50
33	4S8	9	V6	25,26	25,54	9,24	30
34	4S9	9	V6	25,5	24,37	4,44	20
35	5S1	6	V4	24,85	25,04	4,50	50
36	5S2	6	V4	25,43	25,27	3,27	20
37	5S3	6	V4	26,08	25,87	4,26	50
38	5S4	6	V4	27,66	25,82	6,62	60
39	5S5	6	V4	25,14	24,95	6,14	30
40	5S6	6	V4	25,7	25,3	3,43	30
41	5S7	6	V4	25,62	25,16	2,92	10
42	6S1	4	V3	25,91	25,57	3,46	10
43	6S2	4	V3	25,58	25,38	7,21	60
44	6S3	4	V3	26,22	25,95	4,71	40
45	6S4	4	V3	25,81	25,55	4,13	20
46	6S5	4	V3	26,16	25,61	4,54	60
47	6S6	4	V3	25,9	25,35	3,73	30
48	6S7	4	V3	25,81	25,77	4,94	40
49	6S8	4	V3	25,78	25,77	3,29	10
50	6S9	4	V3	25,68	25,49	*	*
51	6S10	4	V3	25,66	25,62	3,83	20
52	6S11	4	V3	25,75	25,62	3,56	30

* vyřazený vzorek

Tab. 11.3 – Rozpis jednotlivých vzorků pro pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu.

č.	Označení vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Délka [mm]	Hmotnost [g]	MOR [MPa]	MOE [MPa]
1	1B1	9,68	49,22	230,00	81,75	120,48	11965,00
2	1B2	9,76	49,32	230,00	83,05	85,40	10258,43
3	1B3	9,69	49,89	230,00	84,74	114,68	11014,46
4	1B5	9,62	49,59	230,00	85,63	108,94	11410,97
5	1B5	9,62	49,57	230,00	85,62	126,2	10056,52
6	1B6	9,93	50,03	230,00	84,96	90,83	10438,89
7	2B1	16,00	49,03	230,00	139,93	114,56	10256,00
8	2B2	16,22	50,40	230,00	146,57	80,52	7043,29
9	2B3	16,17	50,13	230,00	146,32	106,87	9700,69
10	2B4	16,10	49,91	230,00	141,74	78,57	7010,50
11	3B1	8,16	50,23	210,00	80,73	131,65	12630,38
12	3B2	8,55	50,43	210,00	80,95	69,59	6338,28
13	3B3	8,68	50,37	210,00	80,96	118,4	11969,30
14	3B4	8,71	49,98	210,00	81,58	88,62	6332,18
15	3B5	8,79	50,04	210,00	82,18	101,27	11258,00
16	3B6	9,05	50,00	210,00	80,22	95,25	9802,78
17	4B1	7,71	51,02	210,00	77,74	82,58	7456,52
18	4B2	8,56	49,98	210,00	79,55	83,27	7493,25
19	4B3	8,68	50,10	210,00	78,99	134,29	13151,41
20	4B4	8,51	50,01	210,00	78,15	80,74	6718,63
21	4B5	8,73	49,67	210,00	79,65	130,43	12542,46
22	4B6	8,73	49,82	210,00	77,83	127,2	13089,18
23	5B1	5,34	49,10	150,00	35,39	80,09	3512,45
24	5B2	5,72	49,45	150,00	34,62	70,60	3685,74
25	5B3	5,49	49,06	150,00	34,94	117,87	6572,33
26	5B4	5,16	49,96	150,00	34,60	105,20	10526,00
27	5B5	5,62	48,62	150,00	34,45	76,51	5179,04
28	5B6	5,83	50,25	150,00	35,50	63,76	2753,47
29	6B1	3,57	49,56	150,00	23,30	61,26	7102,06
30	6B2	3,30	49,39	150,00	22,57	68,56	5800,00
31	6B3	3,54	50,26	150,00	24,40	64,61	4007,73
32	6B4	3,53	49,94	150,00	24,20	57,67	3094,64
33	6B5	3,82	50,00	150,00	23,34	127,34	9780,73
34	6B6	3,36	50,21	150,00	23,53	49,88	2877,79

TECHNICKÉ INFORMACE



Nábytkový & Podlahový systém 1211 / 2545

- Systém s všestranným použitím, s dlouhou životností směsi

2545 je všestranně použitelné tužidlo, vhodné pro všechny typy aplikací. Může být použito buď jako tužidlo ve dvousložkových lepicích systémech nebo jako třetí komponent (např. při výrobu podlah) tam, kde se používá oddělený lepicí systém.

Tužidlo funguje se všemi Casco Adhesives močovino-formaldehydovými lepidly, přičemž se všemi poskytuje velmi dlouhou životnost směsi.

Emise formaldehydu u výrobků lepených systémem 1211 / 2545 budou ve většině případů - podmínkou, že budou dodrženy doporučení z technických listů, příp. doporučení od našich technických poradců - nižší než hodnoty emisí E1.

Popis výrobku

	1211	2545			
Produkt	UF lepidlo	Tužidlo			
Dodávané jako	Tekutina	Tekutina			
Barva	Bílá	Našedlá			
Viskozita (v čase výroby)	1300 - 2000 mPas (Brookfield LVT sp3, 12rpm, 25°C)	2000 - 8000 mPas (Brookfield LVT sp 3, 12 rpm, 25°C)			
Hustota	Přibl. 1300 kg/m ³	Přibl. 1450 kg/m ³			
pH (v čase výroby)	8,0 - 10,0 (při 25°C)	2,5 - 6,0 (při 25°C)			
Skladovatelnost (měsíce)	20°C 2	25°C 1	30°C 0,75	20°C 6	30°C 3

Skladovací podmínky

Doporučená skladovací teplota je od 15°C do 20°C.

Teplotám nad 30°C lze vystavit pouze krátkodobě.

Produkt může zmrznout, ale před dalším použitím musí být rozmrazen, zahřátý na pokojovou teplotu a homogenizován.

Během skladování dochází ke zrání lepidla, což může způsobit zvýšení viskozity.

Doporučená skladovací teplota je od 15°C do 25°C.

Teplotám nad 30°C lze vystavit pouze krátkodobě.

Produkt může zmrznout, ale před dalším použitím musí být rozmrazen, zahřátý na pokojovou teplotu a homogenizován.

Formaldehyd info Volný formaldehyd < 0,20%.

Obsahuje zachytávač formaldehydu.

Verze: 01 (2011-01-17)

Důvod revize: Nový produkt

Casco Adhesives

Stockholm, Sweden +46 8 743 40 00
High Point, USA +1 336 841 5111
Singapore +65 6762 2088
www.cascoadhesives.com

TECHNICKÉ INFORMACE



AkzoNob
Tomorrow's Answers Today

Pokyny pro použití

Aplikace	Podlahy			
	Tvarová překližka			
	Laťovka			
	Spárovka			
	Dveře			
	Dýchování Rámové lepení			
Typ lisu	Vysokofrekvenční lis Vytápěný lis			
Teplota lepené spáry	Ne pod 70°C			
Lisovací čas		70°C	90°C	110°C
	0,6 mm	10'00"	3'15"	1'30"
	3,6 mm	18'00"	10'00"	7'00"
	6,0 mm	30'00"	11'30"	8'30"
Životnost	15°C	20°C	30°C	
	23 hod	15 hod	7 hod	
Lisovací tlak	Ne pod 0,3 Mpa			
Doba sestavení (120 g/m ² , 20°C)	Otevřená: 15 min	Uzavřená: 1 hod		
Poměr při míchání (hmotnostní díly)	100:20 (lepidlo : tužidlo)			
Nános	Podlahy: 90 - 175 g/m ²			
	Tvarová překližka: 120 - 200 g/m ²			
	Laťovka: 150 - 250 g/m ²			
	Spárovka: 120 - 150 g/m ²			
	Dýchování: 90 - 150 g/m ²			
	Fóliování: 20 - 70 g/m ²			
Rámové lepení: 120 - 180 g/m ²				
Vlhkost dřeva	Nejlépe 5 - 9%.			
Příprava dřeva	K dosažení nejlepšího výsledku musí být dřevo hladce ohoblováno. Pro dosažení ideální pevnosti lepeného spoje by lepení mělo proběhnout do 24 hodin po ohoblování.			
Teplota dřeva	K dosažení daných lisovacích časů nesmí být teplota dřeva nižší než 20°C.			
Čas po vytvrzení	Žádný -> Lze opracovávat ihned po zalepení.			

Verze: 01 (2011-01-17)

Důvod revize: Nový produkt

Casco Adhesives

Stockholm, Sweden +46 8 743 40 00
High Point, USA +1 336 841 5111
Singapore +65 6762 2088
www.cascoadhesives.com