

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav nábytku, designu a bydlení

**Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových
hran z exotického dřeva**

Diplomová práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových hran z exotického dřeva** vypracoval 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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon 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

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Josefu Hlavatému, Ph.D. za jeho čas, předané zkušenosti a vstřícný přístup při řešení mé diplomové práce. Dále velké poděkování patří mé rodině za jejich morální podporu během celého studia. Chtěl bych poděkovat firmě Démos trade, a.s. a firmě DSP nábytek za poskytnutí zkušebních vzorků.

Abstrakt

Jméno autora: Bc. Hynek Maršálek

Název práce: Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových hran z exotického dřeva

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem teploty na pevnost lepeného spoje nábytkové hrany z exotického dřeva a DTD u bočních ploch nábytkových dílců. Tato oblast se vztahuje na nábytek, který je během skladování a přepravy vystaven vysokým teplotám. Ty výrazným způsobem ovlivňují pevnost lepených spojů u tavných lepidel. Díky tomu je potřeba věnovat velkou pozornost při výběru lepidla. To musí odolávat nejen vysokým, ale i nízkým teplotám, které vznikají při přepravě nábytku.

Praktická část byla zaměřena na problematiku tepelně namáhaných spojů mezi dřevotřískovou deskou a nábytkovou hranou z exotického dřeva. Vzorky byly olepeny tavným lepidlem na bázi EVA kopolymerů a lepidlem na bázi PUR. Zkušební vzorky byly vystaveny cyklickému teplotnímu zatěžování, které simulovalo podmínky vnitřního prostředí v přepravní jednotce. Na testování bylo využito zkoušky v odlupování a šikmého tlakového smyku. Výstupní data z těchto zkoušek byla mezi sebou vyhodnocena a srovnána s ABS hranou. Jako doplňková metoda byla zvolena ohybová zkouška, která zkoumala velikost vnitřního napětí v dýhové hraně.

Klíčová slova: cyklické tepelné zatěžování, dýhová hrana, lepený spoj, tavné lepidlo, teplota, test odlupování, PUR lepidlo, šikmý smyk

Abstract

Author's name: Bc. Hynek Maršálek

The title of diploma thesis: Effect of temperature on the strength of the bond edges of furniture from exotic wood

Abstract

This dissertation thesis deals with the influence of temperature on the strength of the bond on furniture parts edges from exotic wood and particleboards furniture parts for the side panels. This theme covers the furniture that is during storage and transport exposed to high temperatures. It significantly affects the strength of glued joints with hot melt adhesives. This makes it necessary to pay attention when selecting the adhesive. It must withstand not only high but also low temperatures that occur during transport furniture.

The practical part is focused on the problems of thermally stressed connections between the chipboard and furniture edge from exotic wood. Samples were edged by melt adhesive based on EVA copolymers, and polyurethane-based adhesive. Test samples were subjected to cyclic thermal loading that simulated conditions of the internal environment of the transport unit. Testing was used examinations peel and oblique pressure skid. The output data from these tests were evaluated between themselves and compared with edge finished by ABS edge. As a supplementary method was also used bending test, that examined the size of the internal stress in the veneer edge

Key words: cyclic thermal loading, veneer edge, glued joints, hotmelt adhesive, temperature, peel test, PUR glue, angle skid

Obsah

1	Úvod práce	8
2	Cíl práce	9
3	Metodika práce	10
4	Současný stav řešené problematiky	11
4.1	Lepení a lepidla.....	11
4.1.1	Adheze	11
4.1.2	Koheze	12
4.1.3	Smáčení povrchu.....	13
4.2	Rozdělení lepidel	13
4.2.1	Tavná montážní lepidla.....	14
4.3	Požadavky při lepení.....	17
4.4	Pevnost lepeného spoje.....	17
4.5	Technologické faktory	18
4.6	Technologické podmínky	21
4.7	Výhody a nevýhody lepených spoju	25
4.8	Struktura lepeného spoje.....	26
5	Technologie olepení bočních ploch	27
5.1	Olepování bočních ploch	27
5.2	Laserové olepování	28
5.3	Technologie SLIM-LINE	29
5.4	Hrany na boční plochy	31
6	Přeprava nábytku.....	36
6.1	Způsoby přepravy zboží.....	36
6.2	Hygroskopické zboží v dopravě	38
6.3	Teorie sorpce.....	38
6.4	Mikroklima v kontejneru	40
6.5	Rozložení teploty v kontejneru	41
6.6	Teploty v České republice při experimentálním měření.....	43
6.7	Export nábytku.....	44
7	Použité materiály a zařízení	46
7.1	Použité materiály pro aplikace v testování	46
7.1.1	Dřevotřísková deska laminovaná.....	46
7.1.2	Dýchová hrana	47

7.1.3 Lepidlo	47
7.2 Použité zařízení.....	49
7.2.1 Trhací stroj INSTRON 3365.....	49
7.2.2 Klimatizační komora Incucell-V111	50
7.2.3 Teplotní datalogger Testo 174 H	50
7.2.4 Teplotní komora INSTRON model 3119-409-22.....	51
8 Metodika práce	52
8.1 Výroba zkušebních vzorků	52
8.2 Teplotní zatěžování vzorků.....	53
8.3 Zkouška odlupování pod úhlem 90°	54
8.4 Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°	56
8.5 Zkouška ohybového napětí	57
8.6 Metodika zpracování výsledků	58
9 Výsledky měření	61
9.1 Zkouška odlupování pod úhlem 90°	61
9.2 Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°	68
9.3 Ohybová zkouška.....	74
10 Vyhodnocení výsledků	78
10.1 Vyhodnocení výsledků pro zkoušku odlupování pod úhlem 90°	78
10.2 Vyhodnocení výsledků pro zkoušku šikmého tlak. smyku.....	80
10.3 Vyhodnocení výsledků pro ohybovou zkoušku	82
11 Diskuze a přínos pro praxi	84
12 Závěr.....	90
13 Summary	91
14 Seznam použité literatury	92
14.1 Literární a časopisecké zdroje.....	92
14.2 Normy	93
14.3 Internetové zdroje	94
15 Seznam obrázků	95
16 Seznam tabulek.....	97
17 Seznam zkratk.....	98
Přílohy.....	99

1 Úvod práce

Dřevo patří mezi nejdůležitější materiál pro výrobu nábytku a vyznačuje se zvláštními vlastnostmi, které ovlivňují možnosti jeho použití. Narůstající potřeby a nároky lidí byly jednou z hlavních příčin, které směřovaly k dovozu exotických dřevin na náš trh. V dnešní době zažívá dovážka exotického dřeva významný rozkvět a využívá se pro výrobu nejrůznějšího nábytku. Díky jedinečné struktuře a barvě dřeva se používají jako doplněk pro exkluzivní obložení, podlahy v bankách a burzovních domech nebo také na hudební nástroje. Oproti klasickým dřevinám dosahují daleko větší tvrdosti, stálosti a nepodléhají tvarovým změnám. Exotické dřevo je v poslední době dováženo zejména z Indonésie, Indie nebo také z Malajsie.

V současné době je snahou firem uspokojit nejnáročnější požadavky zákazníka a pokud možno získat co nejvyšší pozici na trhu. Současný zákazník požaduje kvalitu, přijatelnou cenu a také funkční či estetický design. Ten je vytvořený kvalitním olepením hlavních a bočních ploch nábytku vyrobeného z velkoplošných materiálů. Olepování bočních ploch chrání výrobky před mechanickým poškozením nebo před okolním prostředím jako je teplota a vlhkost. Tyto faktory vytváří velké škody na nábytku a většinou za to může výběr lepidla. Volba lepidla je závislá na několika faktorech, kterými jsou: slepovaný materiál, budoucí umístění výrobku, na technologii apod. Vlhkost je nebezpečná hlavně z toho důvodu, že u neohraněných bočních ploch může dojít k nabobtnání dřevotřískové desky (nevratná změna). Olepené boční plochy snižují únik volného formaldehydu z nosného materiálu. Na olepení bočních ploch se postupně ustupuje od lepení EVA lepidly a začíná se rozvíjet lepení pomocí polyuretanových tavných lepidel. Důvodem je to, že PUR lepidla dosahují větší pevnost spoje při působení vyšších teplot a vlhkosti oproti EVA lepidlům. PUR lepidla poskytují vyšší kvalitu spojení.

Během transportu do vzdálených míst je výrobek uložen ve standardizované přepravní jednotce. Zde může být zatěžován vysokými teplotami, vlhkostmi, vibracemi, nárazy a tlakem, proto je potřeba věnovat velkou pozornost výběru vhodného dopravního prostředku, správného způsobu uložení a vhodného lepidla. Výrobek nesmí během transportu měnit tvar, barvu a musí mít na konci přepravy stejnou kvalitu, jako na začátku přepravy. Každý druh dopravy má své plusy a mínusy, které vychází z jejich rychlosti, pružnosti a nákladovosti.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo určení vlivu zvýšené teploty na pevnost lepeného spoje u bočních ploch nábytkových dílců mezi dřevotřískovou deskou a nábytkovou hranou z exotického dřeva.

Záměrem diplomové práce bylo analyzovat vlastnosti tavných lepidel v závislosti na teplotě a vlhkosti. Současně se práce zabývá faktory, které ovlivňují adherend lepeného spoje. Diplomová práce se opírala o výsledky dvou laboratorních měření. Jednalo se o zkoušku v odlupování pod úhlem 90° a o zkoušku šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° . Na základě těchto dvou zkoušek bylo nutné stanovit metodiku jejich řešení. Tyto zkoušky byly prováděny na vzorcích, které byly olepeny dvěma různými typy lepidla. Prvním lepidlem bylo tavné lepidlo na bázi EVA kopolymerů a druhým typem bylo tavné lepidlo na bázi PUR. Cílem diplomové práce bylo porovnání pevnostních charakteristik těchto dvou lepidel.

V práci byl dále pozorován význam cyklického působení za zvýšených teplot na kvalitu a odolnost lepeného spoje. Výsledky z tohoto působení byly porovnány se vzorky, které byly olepeny ABS hranou. V průběhu řešení byla diplomová práce rozšířena o zkoušku, která se zabývala ohybovým napětím vyskytující se v dýhové hraně. V závěru diplomové práce bylo provedeno vyhodnocení a diskuze k laboratorním výsledkům s přínosem pro praxi.

3 Metodika práce

Diplomová práce je rozdělena na dvě části. První část se zabývá literárním přehledem zaměřeným na danou problematiku, která vychází z odborné literatury a internetových stránek zdrojů. Tato část je zaměřena na problematiku lepidel a lepení. Vzhledem k zadání diplomové práce a k zjednodušení byla řešena pouze problematika tavných lepidel. V této části jsou dále řešeny technologické faktory a podmínky, které ovlivňují pevnost a kvalitu lepených materiálů. V diplomové práci byly řešeny i některé typy nábytkových hran, které se v dnešní době používají na olepování bočních nábytkových ploch. Do kapitoly olepování bočních hran byla pro zajímavost zařazena technologie olepování pomocí laseru a technologie SLIM-LINE, kterou používá firma Hanák nábytek, a.s. V závěru této části byla řešena přeprava zboží pomocí vybraných typů dopravy. Součástí přepravy bylo řešeno i mikroklima, které vzniká v přepravních jednotkách.

Druhou částí diplomové práce je praktický úsek, který se zabývá problematikou tepelně namáhaných spojů mezi dřevotřískovou deskou a nábytkovou hranou z exotického dřeva. Na začátku byly podrobně popsány stroje a materiály, které byly zapotřebí pro vykonání daných zkoušek. Součástí této části je metodika, která se zabývá samotnou výrobou vzorků, zkouškou v odlupování, zkouškou šikmého tlakového smyku, ohybovou zkouškou a metodikou zpracování výsledků. Po metodice následují výsledky z měření, které jsou pro přehlednost seřazeny v tabulkách. Poté následuje fotodokumentace vzorků, která je pořízena z jednotlivých zkoušek. Následuje podrobné vyhodnocení výsledků, kde jsou mezi sebou porovnány oba druhy lepidel. Na závěr diplomové práce je diskuze, ve které je řešeno porovnání dýhové hrany s ABS hranou. V diskuzi je řešen i vliv napětí, který se objevil u dýhové hrany.

4 Současný stav řešené problematiky

4.1 Lepení a lepidla

Lepidla řadíme mezi nekovové materiály, které spojují dva materiály pomocí lepidla (adheziva). Je požadováno, aby pevnost lepeného spoje dosahovala vyšší pevnosti jak pevnost lepeného materiálu. Lepení je postup, který se skládá z dílčích, časově na sebe navazujících procesů. Výsledkem těchto procesů je pevný spoj dvou materiálů. Lepení se skládá z několika operací. Například se jedná o nanesení lepidla, skládání nebo vytvrzování lepených materiálů. Tyto operace zajistí pevné nerozebíratelné spojení mezi dvěma lepenými adherendy. Lepení zabezpečí vyšší kvalitu spojení v porovnání s mechanickým spojováním (například pomocí kování, vrutů apod.) V lepeném spoji působí dvě významné mezimolekulární síly, kterými jsou adheze a koheze.

4.1.1 Adheze

Pod pojmem adheze je chápána síla, která způsobuje přilnavost lepidla (adheziva) a lepeného materiálu (adherendu). Přilnavost lepidla závisí na tom, z čeho se skládá samotné lepidlo, současně i na vlastnostech povrchové vrstvy lepených materiálů. Adheze je vysvětlována různými teoriemi. Mezi tyto teorie patří:

- Mechanická adheze
- Specifická adheze

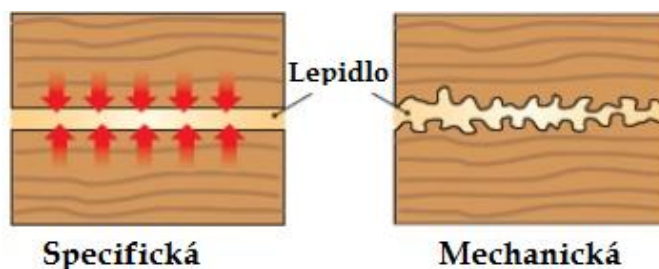
4.1.1.1 Mechanická adheze

Mechanická adheze patří k nejstarším teoriím. Uplatňuje se především u členitých nebo porézních materiálů. Konkrétně se jedná o dřevo, papír, keramiku. Naopak nevhodné jsou pro sklo, kov, které patří mezi neporézní materiály. Tato teorie říká, že lepidlo nejdříve pronikne do pórů nebo prohlubenin lepeného povrchu. Po jeho vytvrdnutí se utvoří velké množství spojovacích prostředků (např. vznik mechanického zámku). Tato teorie se podílí na 10–30 % celkové pevnosti lepidla.

4.1.1.2 Specifická adheze

Uplatňuje se především u porézních nebo naprosto hladkých povrchů. Tvorba specifické adheze záleží na co nejtěsnějším přiblížení molekul lepidla a molekul adherendu (vzdálenost kratší než 3–4 μm). Současně také závisí na zachycení těchto molekul lepidla na lepeném povrchu, k čemuž napomáhají sekundární přitažlivé síly.

Specifická adheze se rozděluje na další teorie. Například se jedná o teorii chemických vazeb, teorii difuze a polarizační teorie. (Osten, 1975)



Obr. 1 - Porovnání specifické a mech. adheze (zdroj: www.slideshare.net/Mrwoodwork)

4.1.1.2.1 Teorie chemických vazeb

Tato teorie je vhodná pro materiály, které se vyznačují relativním nebo chemicky upraveným povrchem. Díky tomu může dojít k chemické reakci mezi lepidlem a povrchem za vzniku kovalentní vazby. Používá se k lepení oxidovaných povrchů (oxidované plasty, kovy), k povrchům přírodních polymerů (papír, celulóza, dříví) a další.

4.1.1.2.2 Teorie difuze

K adhezi zde dochází na principu tzv. mikro-Brownova pohybu molekul. Tento pohyb způsobuje přechod molekul lepidla do lepených materiálů a opačně. Důležité je zde, aby makromolekuly adheziva i adherendu vykazovaly pohyblivost. Tu lze zvětšit za pomoci zvýšeného tlaku, teploty, doby kontaktu adherendu a lepidla.

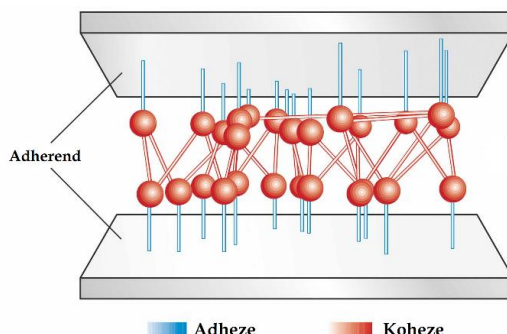
4.1.1.2.3 Polarizační teorie

Představuje poměr mezi adhezí a vzájemnou účinností molekul lepidla či lepené hmoty. Spojení atomů prvků v molekule je realizováno chemickou vazbou. Ta se může objevovat ve třech základních formách. Jedná se o elektrokovalentní (iontové), kovalentní a kovové (primární) vazby. Mimo primárních vazeb se zde vyskytují i sekundární vazby, které jsou nazývané jako Van der Waalsovy síly. (OSTEN, 1975)

4.1.2 Koheze

Slovo koheze představuje vnitřní soudržnost molekul lepidla. Na kohezi má vliv velikost a struktura makromolekul lepidla po jeho vytvrnutí. Tvoří se ve vrstvě lepidla, ze kterého vyprchává nebo se odpařuje rozpouštědlo a pomalu se zvyšuje až do vytvoření trvanlivého filmu. Na dobré kohezi mají vliv zejména dobré mechanické vlastnosti a pevnost spoje. V závislosti na tloušťce lepidla se mění jeho soudržnost, což vede k tomu, že s klesající tloušťkou se zvyšuje pevnost celého spoje. Pokud dojde k porušení ve vrstvě lepidla, tak je pevnost lepeného materiálu vyšší

než koheze. Obecně lze usoudit, že soudržnost lepidla musí být větší než soudržnost lepeného materiálu. Koheze v kapalném stavu vystupuje na povrch, kde vzniká povrchové napětí s viskozitou. Tyto oba činitele způsobují požadovanou lepivost lepicí směsi. (Boublík, 1966)

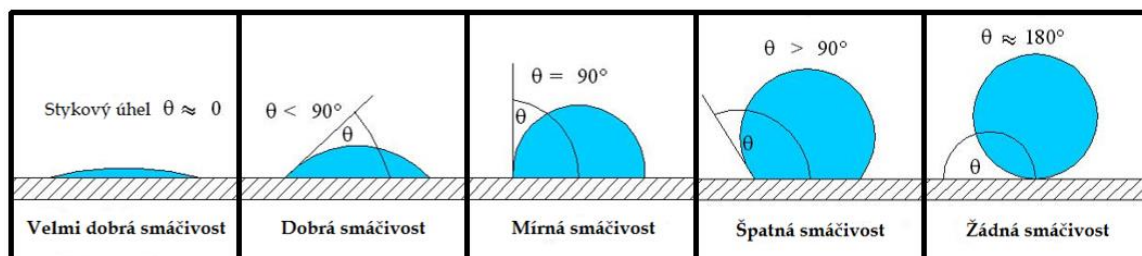


Obr. 2 - Schématické znázornění adheze a koheze (zdroj: www.prezi.com/klebstoffe)

4.1.3 Smáčení povrchu

Smáčení povrchu řadíme mezi nejdůležitější vlastnosti lepidla. Jedná se o schopnost lepidla (kapky), která se rozteče na povrchu lepeného materiálu. Díky tomu lepidlo dobře přilne a spojí se s povrchem lepeného materiálu. Smáčivost je závislá na velikosti povrchového napětí lepidla a na lepeném materiálu. To znamená, že když je povrchová energie lepidla nižší než povrchová energie lepeného podkladu, tak dosáhneme kvalitnějšího spoje. (Drápela, 1980)

Správnost smáčení povrchu je charakterizována okrajovým úhlem α , který svírá okraj kapky lepidla s lepenou plochou. Pokud je úhel vyšší jak 90° , tak lepidlo špatně smáčí povrch a smáčivost se změní v odlupčivost. Z toho plyne, že dobrá smáčivost je zaručena při úhlu nižším jak 90° . Tehdy má lepidlo výborné lepivé vlastnosti. Důležitá je i příprava povrchů, která ovlivňuje samotné smáčení. (Ebnesajjad, 2008)



Obr. 3 – Posuzování smáčivosti podle okrajového úhlu (zdroj: www.bitumen-gestein.de)

4.2 Rozdělení lepidel

Primární rozdělení lepidel je možné provést na základě několika kritérií. Například na bázi materiálů, způsobu nanášení a vytvrzení lepidla, účelu použití

nebo na vlastnostech lepeného spoje. Nejobvyklejší rozdělení lepidel je podle výchozího materiálu, ze kterých byla adheziva vyrobena. Cílem diplomové práce bylo analyzovat vlastnosti tavných lepidel, z toho hlediska nebudou dále v práci řešeny další druhy lepidel. (Tesařová, 2014)

Tab. 1 – Druhy lepidel používaných ve výrobě nábytku. (Tesařová, 2014)

Organická lepidla					Anorganická lepidla
Přírodní		Syntetická			
Rostlinná	Živočišná	Termoplasty polymerační	Reaktoplastická polykondenzační	Ostatní (polyadiční)	
Deriváty celulózy	Glutinová	Vinylické	Močovinoformaldehydová	Polyuretanové	Sádry
Rostlinné gummy	Kaseinová	Kaučukové	Melaminformaldehydová	Epoxidové	Cementy
Přírodní kaučuk	Albuminová	Akrylátové	Fenolformaldehydová		Vodní sklo
		Tavné	Rezorcinformaldehydové		Asfaltové lepidla
			Fenolkresolformaldehyd.		Keramické lepidla
			Kaučukově tvrditelné		Metalické lepidla

4.2.1 Tavná montážní lepidla

Tavná lepidla patří mezi bezrozpouštědlové termoplasty, které po ohřevu roztají a pracují jako kapalné lepidlo. K tavení dochází v tavné komoře při teplotě 130-200 °C. Odtud tavenina putuje do automatické nanášecí hlavy, popřípadě do vyhřívané ruční stříkací pistole. Ke spojení lepených ploch dochází fyzikálním způsobem, tzv. pouhým vychladnutím. (ABC lepidla, 2017)

Na úplném začátku je potřeba roztavit lepidlo, které je za normálních teplot nelepivé. Již roztavené lepidlo se nanáší pouze na jednu stranu povrchu. Druhá strana se k němu okamžitě přitlačí nebo zalisuje po dobu několika málo vteřin. Lepidlo se může nanášet hned v několika formách. Těmi jsou kapky, proužky, rastrované plošky nebo rozprášené kapky. Nanášení taveniny na dílec probíhá dvěma způsoby. Prvním způsobem je nanášení pomocí válečků nebo ozubeného kolečka. Druhým způsobem je nástřik lepící směsi tryskovým systémem. Lepení tavného lepidla se může provádět ručně (pistole s přitlačným válečkem) nebo v automatických linkách. (Rolando, 1998)

Tab. 2 – Výhody a nevýhody tavných lepidel (Tesařová, 2014)

Tavná lepidla	
VÝHODY	NEVÝHODY
Krátký čas tuhnutí (<i>několik málo sekund</i>)	Nízká odolnost proti teple
Použití pro různé druhy materiálů	Nízká odolnost proti vodě
Nezatěžují životní prostředí	-
Žádné emise VOC látek	-
Jednoduchá manipulace a skladování	-
Jednostranný nános lepidla	-
Jednoduché čištění a údržba zařízení	-

Tavná lepidla se mohou vyrábět na bázi etylenvinylacetátového kopolymeru (EVA), polyuretanu (PUR), polyamidu (PA) nebo polyolefinu (PO). Tato lepidla jsou podrobně rozebrána v následující kapitole. (ABC lepidla, 2017)

4.2.1.1 Tavné lepidlo EVA kopolymerů

Jedná se o tuhé směsi polymerů a přísad, které za působení teplot měknou a tečou. K vytvrzení lepidla dochází ochlazením taveniny během několika málo sekund, což je jeho velkou výhodou. Tavná lepidla na bázi polyetylenvinylacetátu jsou tvořena čtyřmi základními složkami. Jedná se především o kopolymer EVA (obsah 30-40 %), pryskyřice (30-40 %), vosky (20-30 %) a antioxidanty (1 %). Kopolymer má vysokou mez průtažnosti, proto se do tohoto typu lepidla musí přidávat pryskyřice. Ta snižuje vysokou mez průtažnosti EVA kopolymerů a také viskozitu tavného lepidla za zvýšené teploty. Tento typ lepidla může být ve formě tavných tyčinek (pro montážní lepení) nebo granulí (v obalovém odvětví). (Nutsch, 2006)

Výhodou tohoto lepidla je dobrá adheze k různým povrchům, kterými jsou například dřevo, papír, plasty, textilie nebo PUR pěny. Nevýhodou tohoto lepidla je nízká chemická a teplotní odolnost lepeného spoje (pouze do 60 °C). Kolem této teploty se lepidlo taví a spoj se stává málo pevným. Mezi nevýhodu patří vysoké náklady na pořízení nanášecího zařízení. (ABC lepidla, 2017)

Tento druh lepidla má největší zastoupení v nábytkářském průmyslu, kde je hojně využíván při olepování bočních hran nábytkových dílců nebo u softformingu. Dále se používá v obalovém, filtračním či knižním průmyslu, ve kterém se lepí předsádky a kaširují desky knih. (Buehnen, 2017)

4.2.1.2 Tavné lepidlo PUR

Jedná se o reaktivní lepidla. Tento typ lepidla je vyroben z polyuretanové pryskyřice, která má nadbytek izokyanátu (NCO chemické skupiny). Teplota tavení je na rozdíl od klasických lepidel nižší a pohybuje se okolo 130–140 °C. K vytvrzení lepidla dochází vzdušnou vlhkostí, přičemž v lepidle dochází k chemické reakci. Jedná se o síťující reakci, díky níž dosahujeme vyšší teplotní odolnosti spoje. Na rozdíl od tavného lepidla na bázi EVA kopolymerů neměknou po následném zahřátí.

Výhodou těchto lepidel je vysoká teplotní odolnost a to od -30 až do +140 °C. Současně jsou odolné vůči vlhkosti, vodním parám a různým chemikáliím. Tyto lepidla vytvrzují v širokém rozmezí teplot, včetně kolem teploty 0 °C, vždy však záleží na konkrétním typu lepidla. Mezi další výhody patří delší otevřená doba lepidel a nízká aplikační teplota. Nevýhoda těchto lepidel je to, že vyžaduje speciální aplikační zařízení bez přístupu vzduchu. Cena těchto lepidel je v porovnání s EVA lepidly výrazně vyšší, proto většina výrobců upřednostňuje olepování EVA lepidly. (ABC lepidla, 2017)

Tavná lepidla jsou výhodná tam, kde jsou vyžadované obtížné lepitelné hrany se zvýšenou tepelnou odolností a odolností proti horké vodě. Využívají se také u olepování plastových ABS hran nebo u hliníkových hran. Vhodné jsou do kuchyňských linek nebo koupelen, ale lze se s nimi setkat i u dopravních prostředků. (Buehnen, 2017)

4.2.1.3 Tavné lepidlo PA

Polyamidové lepidla jsou vyráběna z obnovitelných surovin, kterými jsou ricinový nebo řepkový olej. U tohoto druhu tavného lepidla dochází k vytvrzení pouhým ochlazením taveniny. Jejich hlavní výhodou je vysoká teplotní odolnost, a to i při nízkých teplotách (- 30 °C). Tyto lepidla se také vyznačují vysokou rychlostí lepení a dobrou adhezí k různým druhům materiálů (kůže, pryž, plasty). Jejich nevýhodou je příliš vysoká cena a vysoká aplikační teplota (přes 200 °C). (ABC lepidla, 2016)

Tyto lepidla mají široké uplatnění. Ve velkém počtu se používají v automobilovém průmyslu, kde jsou požadovány teplotní zkoušky od - 35 °C až do + 135 °C. Dále se využívají v obuvnictví a elektrotechnice. Mohou se také použít jako distanční prvek při výrobě střešních krytin nebo jako výplň otvorů po sucích. (Buehnen, 2017)

4.2.1.4 Tavné lepidlo PO

Tento druh lepidla je na bázi polyolefinu (PO). K vytvrzení lepidla dochází stejně jako u předchozího lepidla (tavné lepidlo PA) ochlazením taveniny. Odlišností je to, že některé tyto lepidla jsou schopna lepit ještě po několika málo minutách po vychladnutí. Jejich povrch se chová obdobně jako u kontaktních rozpouštědlových lepidel. Oproti konvenčním EVA lepidlům dosahuje tavné lepidlo na bázi polyolefinu vyšší teplotní odolnost (i při nízkých teplotách), lepší rozsah adheze a dlouhou otevřenou dobu. Nevýhodou je to, že tento typ lepidla řadíme do vyšší cenové kategorie v porovnání s EVA lepidly. (ABC lepidla, 2017)

Tyto lepidla se používají v čalounickém, stavebním a obalovém průmyslu a patří mezi nejčastěji nasazovaná lepidla při aplikaci rozstříkem. Může se vyskytovat v dopravních prostředcích, při výrobě matrací nebo u vlepování pěnových vložek do kufrů. (Buehnen, 2017)

4.3 Požadavky při lepení

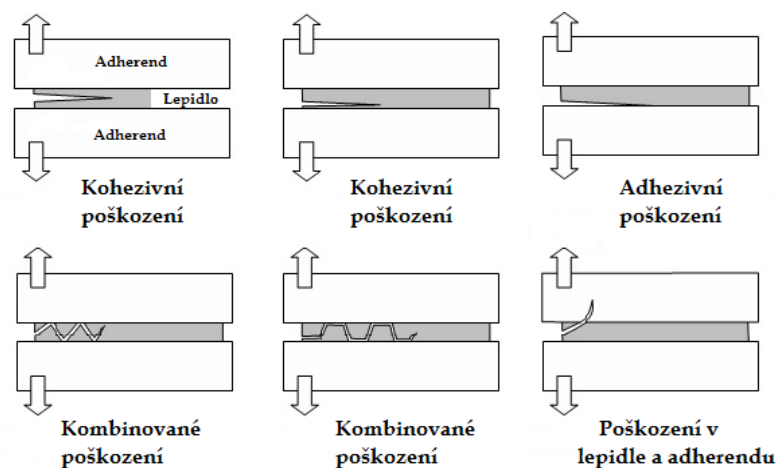
Pro dobré spojení lepených spojů je potřeba, aby lepidlo mělo určité vlastnosti. Lepidlo musí obsahovat vyšší obsah netěkavých látek. Na druhou stranu nesmí mít vysoký obsah těkavých organických látek, které jsou uvolňovány po vytvrzování. Lepidlo nesmí měnit barvu lepeného podkladu a neovlivňovat konečnou povrchovou úpravu. Lepidlo musí umožnit jednoduchou přípravu lepicí směsi, snadné nanášení, dlouhou životnost a krátkou dobu na vytvrzení. Po vytvrzení je potřeba, aby lepidlo mělo malé smrštění a zabezpečilo dobré vyplnění lepicí štěrbin. Lepidlo by mělo vytvořit rovnoměrný lepidlový film a pevný lepený spoj. Nepříznivou vlastností lepidel je malá pružnost lepené spáry. (Tesařová, 2014)

4.4 Pevnost lepeného spoje

Pevnost lepeného spoje stanovuje obzvláště adheze a koheze. Adhezi je možné označit jako přitažlivost mezi molekulami tělesa a kohezi jako přitažlivost mezi molekulami jiného nebo stejného subjektu. (Wittchen et al. 2006)

Vysoká adheze a koheze určuje dobrou lepidivost. Tu je možné chápat jako úměrnou sílu, která je potřeba na odtrhnutí dvou slepovaných ploch. Pokud nedojde k porušení lepeného spoje v lepidle, ale v materiálu, je možné hovořit o velmi kvalitním spoji. V důsledku nedostačující koheze dochází k porušení spoje v lepené spáře. Naopak v důsledku nedostačující adheze dochází k nedostatečné přitažlivosti sil mezi povrchem

lepidla a povrchem materiálu. Tento fakt způsobuje odlepení filmu lepidla od povrchu druhého slepovaného materiálu. K porušení může například dojít: v olepovaném adherendu, v přechodu mezi lepeným adherendem a lepidlem, v přechodu mezi lepidlem a nalepovaným adherendem, popřípadě pouze v nalepovaném adherendu. (Osten, 1975)



Obr. 4 - Pevnost při adhezivním a koh. porušením (zdroj: www.newworldencyclopedia.org)

Kvalitní lepený spoj je dosažen při dodržení všech technologických zásad. Z toho důvodu je velmi důležité znát základní faktory, které ovlivňují lepený spoj. Pokud se spoj lepí bez dobrých technologických znalostí, tak dosáhneme výrazně horších výsledků i za použití odolných a drahých lepidel. Pevnost lepeného spoje je ovlivněna mnoha činiteli, například technologickými faktory nebo podmínkami. (Osten, 1975)

4.5 Technologické faktory

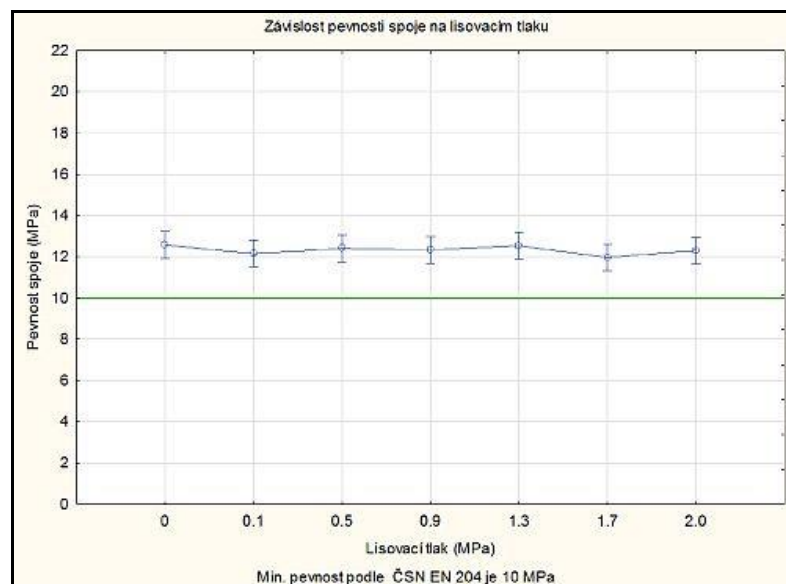
Technologické faktory ovlivňují pevnost lepených materiálů a jsou stanoveny technologickými předpisy. Jsou stanoveny zvlášť pro každý druh lepidla a jejich dodržování je závazné. Mezi technologické faktory zařadíme například:

- Lisovací tlak
- Lisovací teplota
- Lisovací čas

Při správném dodržení těchto parametrů dosáhneme kvalitního lepeného spoje.

4.5.1 Lisovací tlak

Velikost tlaku je rozhodující faktor, který zabezpečuje dokonalé spojení dvou lepených ploch. Samotný tlak zajistí snadnější proniknutí do pórů dřeva, ale i do menších povrchových nerovností. Díky tomu se zvětšuje plocha pro lepení. Tlak vyrovnává nadbytek naneseného lepidla a musí působit v kolmém směru na daný materiál. Je to z toho důvodu, aby se lepené plochy po sobě neposouvaly. Každý druh materiálu a lepidla požaduje odlišnou velikost tlaku. To znamená, že například pro měkké dřeviny se nesmí lisovat tlakem vyšší jak 0,6 MPa. Naopak tvrdé dřeviny se mohou lisovat tlakem až 2,5 MPa. DTD jsou lisovány tlakem maximálně 1,5 MPa. Vždy je vhodné volit velikost tlaku dle technického listu, který udává výrobce lepidla. Překročení požadovaného tlaku může způsobit zhuštění výrobku nebo dojde k vytlačení lepidla z povrchu (vznik chudého spoje = lepidlo nevytvoří souvislou vrstvu). Tlak je určován také na základě teploty lisování a hladkosti povrchu. (Trávník, 2007)



Obr. 5 – Test lisovacího tlaku na pevnost lepeného spoje (zdroj: www.igm.cz)

Na obrázku č. 5 je možné vidět závislost mezi lisovacím tlakem a pevností spoje. Tato závislost se prováděla na lepidle Titenbond II premium, které zařazujeme do termoplastických lepidel (na bázi polyvinylacetátu). Při testování se ukázalo, že při použití tlaku v rozmezí 0-2 MPa není statisticky významný rozdíl ve výsledné pevnosti spoje. Jinými slovy, pokud se lepené dílce přitlačí i minimální silou k sobě, tak spoj splní minimální požadavek (pevnost 10 MPa) daný normou ČSN EN 204 - Klasifikace lepidel pro nekonstrukční stavební díly ke spojování dřeva a dřevitých materiálů. Zelená čára na obrázku č. 5 značí minimální pevnost lepeného spoje dle normy ČSN EN 204. (IGM, 2017)

4.5.2 Lisovací teplota

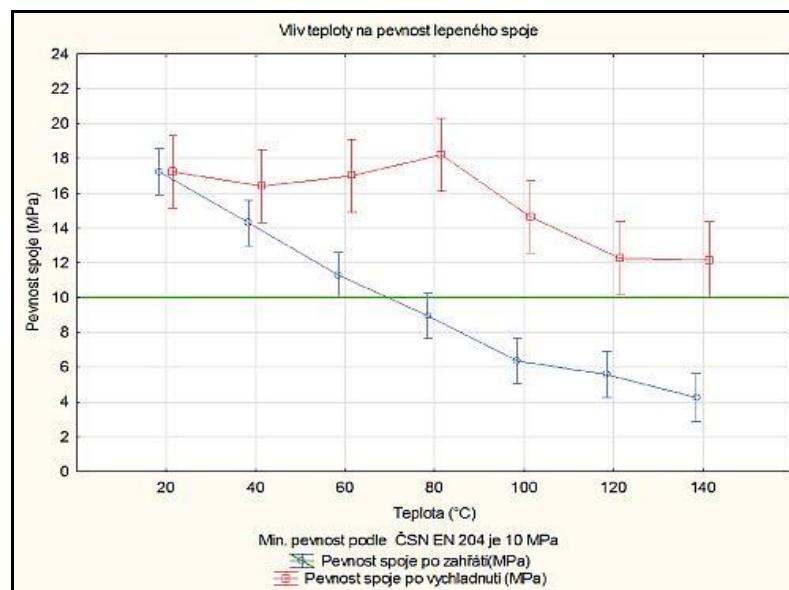
Lisovací teplotu je možné zařadit do faktorů, které závažným způsobem ovlivňují rychlost vytvrzování lepidla. K vytvrzení většinou dochází při ochlazování nebo při snížení a zvýšení teploty. V praxi je možné lepení rozdělit podle použité teploty při lisování na lepení:

- Za studena (teplota 15–25 °C)
- Za tepla (teplota 30–100 °C)
- Za zvýšené teploty (teplota nad 100 °C)

Nejobvyklejší způsob ohřevu je kontaktní, který je vhodný zejména při nalepování dýh či jiných materiálů menší tloušťky. Druh dřeviny nemá na dobu prohřevu lepené vrstvy žádný významný vliv. Nejvýznamnější činitelem působící na ohřev je tloušťka lepené vrstvy. Doba prohřevu je závislá na několika faktorech:

- Velikosti nánosu lepidla a lisovacího tlaku
- Druhu dřeviny
- Teplotě lisovacích desek
- Tloušťce lepené vrstvy dekoračního materiálu

Mezi další typy ohřevu je možné zařadit například přehřev lepených ploch (u silnějších materiálů) a přímý přívod tepla do lepené spáry. Ten je založen na VF ohřevu, který používá dielektrické vlastnosti lepidla. Setkáváme se s ním i u lepení lamelovaných dílců sedacího nábytku. (Trávník, 2007)



Obr. 6 – Test vlivu teploty na pevnost lepeného spoje (zdroj: www.igm.cz)

Vzorky byly zahřáty v rozmezí od 20 °C do 140 °C. Pokles pevnosti lepidla byl rovnoměrný. Při teplotě 70 °C bylo zjištěno, že lepidlo udrží pevnost 10 MPa, kterou udává norma ČSN EN 204 (zelená křivka). Díky této schopnosti je lepidlo funkční i při vystavení spoje slunečnímu zahřívání. Nad 70 °C lepidlo vykazovalo zhoršené vlastnosti. Zároveň se zkoumalo, zda se změní pevnost, jestliže se spoj zahřeje na teplotu 40-140 °C a nechá opět zchladnout na 20°C. Z obrázku č. 6 je patrné, že pevnost spoje po vychladnutí neklesne pod hodnotu 10 MPa, což značí vysokou odolnost lepidla. (IGM, 2017)

4.5.3 Lisovací čas

Lisovací čas představuje dobu, po kterou je dílec umístěn v lisovacím zařízení při působení tlaku nebo zvýšené teplotě. Lisovací čas je závislý na několika parametrech:

- Na druhu použitého materiálu
- Na druhu použitého lepidla a jeho vlastnostech
- Na vlhkosti materiálu
- Na velikosti nánosu
- Na velikosti lepené plochy

Je podstatné, aby lepený spoj měl manipulační pevnost po ukončení lisovacího tlaku. Po vytvrzení je důležité, aby lepený spoj byl klimatizován. Je to z toho důvodu, že se dokončuje vytvrzování, dozrává lepidlo a vyrovnává se napětí v materiálu. Klimatizace probíhá při teplotě 18–20 °C a relativní vlhkosti vzduchu okolo 65 % v průběhu 24 hodin. Obecně je možné říct, že čím vyšší teplota je, tím kratší je lisovací čas. (Osten, 1975)

4.6 Technologické podmínky

Mezi technologické podmínky ovlivňující kvalitu lepených materiálů je možné zařadit například:

- Druh materiálu
- Vlhkost materiálu
- Teplota lepeného materiálu
- Hladkost povrchu

4.6.1 Druh materiálu

Při lepení materiálů na bázi dřeva je potřeba věnovat velkou pozornost vlastnostem lepidla a dřeva. Díky mechanickým, fyzikálním a chemickým vlastnostem se jednotlivé dřeviny od sebe liší. Čím dřevo je hustší, tím pevnější jsou lepené spoje. Lepení je ovlivněno chemickým složením dřeva, strukturou dřeva, pórovitostí a čistotou povrchu. (Trávník, 2005)

Dřevo se skládá ze tří hlavních složek. Jedná se o celulózu, hemicelulózu a lignin. Pro samotné lepení je významný především polární charakter celulózy a hemicelulózy. Mimo těchto tří komponent obsahuje dřevo i další velmi důležité látky, které ovlivňují proces lepení. Je to například pryskyřice nebo vosky, které zhoršují smáčení povrchů a výslednou kvalitu lepených spojů.

Druh materiálu je závislý na struktuře a pórovitosti dřeva. Podle druhu dřeviny, tvrdosti nebo pórovitosti se určuje potřebné množství lepidla na nános a lisovací tlak. Nevhodný povrch pro lepení je pórovitý řez, a to z důvodu velkého vsakování lepidla do adherendu. Pro lepení je důležitá i hustota. Čím vyšší hustota dřeva je, tím roste pevnost lepeného spoje. U takového případu je nutné volit správný lisovací tlak, aby nedošlo k vytlačování lepidla z lepeného spoje. (Drápela, 1980)

Pro samotné lepení má i podstatný vliv čistota povrchu. Ten je často znečištěný prachem nebo mastnotou, která snižuje kvalitu lepení. Tyto dvě nečistoty se podílejí na výrazném snížení přilnavosti lepidla k materiálu, popřípadě snižují samotnou smáčivost povrchu. (Trávník, 2005)

Použití tavných lepidel je vysoce univerzální. Jedná se o prvotní lepidlo při olepování bočních nábytkových hran. Lze je také aplikovat i na olepení plochy, a to například u technologie kašírování. Vzhledem k jejich univerzálnosti se dají použít na nejrůznější povrchy, kterými jsou dřevo, papír nebo textilie.

4.6.2 Vlhkost materiálu

Příliš vysoká vlhkost materiálů zpomaluje nebo znemožňuje samotné vytvrzování, které probíhá jako syntéza fyzikálního procesu a chemické reakce. Současně vysoká vlhkost způsobuje snížení viskozity lepidla, což se projeví větším vsáknutím lepidla do dřeva (vznik chudého spoje). Naopak nízká vlhkost má vliv na kvalitu spoje. Je to díky zvýšené konzistenci lepidla a dochází k poklesu smáčivosti, tím vznikají málo pevné spoje. U výrazně suchého materiálu dochází k rychlejšímu

vytvrzení lepidla. Díky tomu je potřeba najít optimální vlhkost. Ta se při lepení pohybuje okolo 8 %. Vlhkost by neměla převýšit 12 % a klesnout pod 4 %. (Trávník, 2005)

Pro montáž nábytku se nejvíce používají PVAc lepidla. Ty se v dnešní době užívají ve formě vodních roztoků. V důsledku vytvrzení lepidla může dojít díky vlhkosti dřeva k tvarovým změnám. Jedná se o sesychání a bobtnání, které mohou způsobit určité pnutí v lepeném spoji. (Drápela, 1980)

Tavná lepidla nezvlhčují povrch materiálů, protože neobsahují žádnou vodu. Vlhkost materiálu pro lepení se doporučuje okolo 8-12 %. Tavná lepidla na bázi PUR lze aplikovat do prostředí se zvýšenou vlhkostí na rozdíl od tavného lepidla na bázi EVA, které není odolné vůči tomuto prostředí.

4.6.3 Teplota lepeného materiálu

Teplota lepeného materiálu patří k faktorům ovlivňující kvalitu lepených materiálů. Příliš vysoká teplota způsobuje nadměrné vsakování lepidla do materiálů a může vést k předčasnému vytvrzení lepicí směsi (např. u reaktoplastických lepidel). Proto je potřeba při uzavírání lisu sladit teplotu s lisovacím tlakem tak, aby k tomuto problému nedošlo. Naopak příliš nízká teplota může způsobit nedostatečnou počáteční pevnost. U montážních PVAc lepidel způsobuje nízká teplota pod 5 °C tvorbu bílého filmu neboli zkrídovatění. U glutinových lepidel způsobuje nízká teplota tzv. zamrzání spojů. Obecně by neměla teplota při lepení spadnout pod 10 °C. (Drápela, 1980)

Teplota potřebná k vytvoření pevného spoje se označuje zkratkou MFT (minimální filmotvorná teplota). Pod teplotu MFT se nevytvoří pevný a souvislý film. Při vytvrzení je důležitá otevřená doba lepidel, která ohraničuje časový interval od doby nánosu do doby, kdy je lepidlo schopné dobrého zakotvení do druhého podkladu. Je závislá na teplotě, vlhkosti, savosti, a především na velikosti nánosu. (Tesařová, 2014)

Podkladový materiál pro lepení tavnými lepidly musí být zchlazen na dílenskou teplotu. S tímto se lze setkat u technologie dýchování, která vyžaduje po jejím skončení technologickou 24hodinovou pauzu (klimatizace dílců).

4.6.4 Hladkost povrchu

Hladkost povrchu zabezpečuje dokonalý styk lepeného materiálu a je určována podle jeho druhu a opracování. Obecně je možné říct, že čím hladší povrch je, tím je vyšší pevnost lepeného spoje. Tato skutečnost se vztahuje především k lepidlům vytvrzují polymerizací nebo polykondenzací. Můžeme říct, že čím větší hladkost, tím je potřeba tenčího nánosu lepidla. U hladkosti je podstatné, aby lepené plochy k sobě přiléhaly a mezera mezi nimi byla nejmenší a rovnoměrná. Pokud by tomu tak nebylo, tak by došlo ke vzniku málo pevných a hrubých lepených spár. (Trávník, 2005)

Povrch před lepením tavnými lepidly musí být jemně opracovaný. Nedoporučuje se leštění nebo hlazení. U hladkosti je důležité, aby tavné lepidlo bylo aplikováno na materiál se soudržným povrchem (dostatečná pevnost podkladového materiálu). Ten zamezí vytrhávání třísek z podkladu.

Mezi technologické podmínky vztahující se k samotnému lepidlu je možné zařadit například:

- Viskozitu
- Velikost nánosu lepidla
- Správnost přípravy lepidla
- Druh pojiva

4.6.5 Viskozita

Viskozita lepidla patří mezi nejdůležitější podmínky ovlivňující kvalitu lepených materiálů. Viskozitu je možné chápat jako vnitřní tření částic tekutého lepidla, které ovlivňuje samotné nanášení lepidla a jakost lepeného spoje. (Licari, 2011)

Pokud je lepidlo až příliš viskózní, tak se hůře roztírá (je husté) a špatně smáčí plochu materiálu. Díky tomu nemá povrch dostačující přilnavost. Naopak pokud je lepidlo málo viskózní, tak se zvyšuje vlhkost v lepeném spoji a vsakuje se do dřeva (je řídké). Díky tomu se nevytvoří dostačující film lepidla a může vzniknout chudý spoj. (Josten et al., 2010)

Viskozita ovlivňuje pevnost tavných lepidel. Viskozita taveniny se u nanášení EVA lepidly pohybuje okolo 90 000 mPas při teplotě 120 °C. Pro PUR lepidla se viskozita taveniny pohybuje okolo 100 000 mPas při teplotě 120 °C (viz příloha).

4.6.6 Velikost nánosu lepidla

Nános lepidla na lepený materiál se v dnešní době provádí nejrozličnějšími způsoby. Množství nanášeného lepidla ovlivňuje tloušťku lepidlového filmu. Obecně je dáno, že čím větší tloušťka lepicí směsi je, tím klesá pevnost spoje. Tato skutečnost prodlužuje dobu zasychání a může vést až k destrukci spoje. Na druhou stranu mohou příliš malé nánosy lepidla způsobovat tzv. chudé spoje. Vytvořený nános lepidla by měl být co nejtenčí a souvislý. Neoptimálnější množství lepidla je závislé na hladkém povrchu, tloušťce materiálu, na schopnosti absorbovat lepidlo, na soudržnosti a obsahu sušiny lepicí směsi. (Trávník, 2005)

Nános lepidla se při olepování bočních ploch nanáší pouze na jednu stranu a v několika formách. Těmi jsou kapky, proužky, rastrované plošky nebo rozprášené kapky. Při nanášení tavných lepidel je žádoucí, aby došlo k vytlačení drobných kapek na bocích povrchu (např. u neofrézovaných povrchů). Velikost nánosu se určuje dle technologických předpisů pro lepení tavnými lepidly.

4.6.7 Správnost přípravy lepidla

Při přípravě lepicí směsi je nutnost dodržovat předepsané poměry jednotlivých složek. Jedná se zejména o poměr lepidla a tvrdidla, které jsou důležitými faktory při přípravě lepidla. Dále je potřeba plnit správné technologické časy, které určuje technologický předpis lepení. (Drápela, 1980)

U tavných lepidel je potřeba roztavit lepicí směs, která je za normálních teplot nelepivá. To se provádí v tavné komoře při teplotě 130-200 °C. Po roztavení je lepicí směs již připravena k nanášení na lepený podklad.

4.7 Výhody a nevýhody lepených spojů

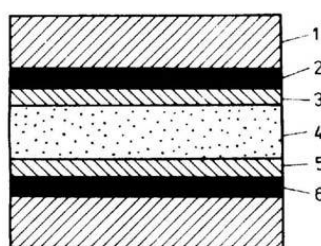
Lepené spoje přináší spoustu výhod a nevýhod. Lepení se vyznačuje různými vlastnostmi, které se liší od ostatních spojovacích materiálů. Základní výhody a nevýhody lepení jsou podrobněji popsány v tabulce č. 3. (Osten, 1996)

Tab. 3 – Výhody a nevýhody lepených spojů (Osten, 1996)

VÝHODY	NEVÝHODY
Spojení stejných nebo univerzálních materiálů	Nedemontovatelné spojení
Ekonomická úspora	Vyšší požadavky na rovnost a čistotu povrchu
Bez porušení celistvosti materiálu	Citlivé vůči namáhání v olupování
Různé možnosti nanášení	Omezená životnost reaktivních lep. směsí
Malá hmotnost lepených spojů	Dosažení max. pevnosti až po určitém čase
Pevnost a pružnost spojů	Nižší odolnost proti vyšším teplotám
Plynotěsnost a vodotěsnost spojů	Lepení nelze provádět u velmi nízkých teplot
Vysoká pevnost ve smyku a rázová houževnatost	Materiál se špatnými adhezivními vlastnostmi vyžaduje speciální úpravu povrchu
Rychlost spojení a odolnost vůči korozi	Skladovatelnost je časově omezená
Bez narušení profilu a vzhledu lepeného materiálu	Pevnost spoje je nízká oproti jiným spojovacím technikám
Vyšší tuhost a vzpěrová pevnost	Zbytková napětí v lepeném spoji
Barevné a průhledné spoje + tlumení vibrací	Viditelnost spáry
Nepropustnost spojů plyny a kapalinami	

4.8 Struktura lepeného spoje

Lepený spoj si lze představit jako systém složený z pěti vzájemně vázaných vrstev. Jedná se o tři hlavní vrstvy a dvě mikrovrstvy. Pevnost je určena fyzikálními a chemickými vlastnostmi lepidla i spojovaného materiálu. (Tesařová, 2014)



Obr. 7 - Struktura lepeného spoje (Tesařová, 2014)

Legenda:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1) Adherend (základní materiál) | 4) Nános lepidla (soudržnost kohezní síly) |
| 2) Adhezní zóna | 5) Přejížděcí kohezní síla |
| 3) Přejížděcí kohezní zóna | 6) Adhezní zóna |

5 Technologie olepení bočních ploch

Tato kapitola je zaměřena na technologii olepování bočních nábytkových ploch. Součástí této kapitoly je i technologie SLIM-LINE a olepování bočních ploch pomocí laseru. Na závěr byly podrobně popsány jednotlivé druhy nábytkových hran, které se používají na olepování bočních ploch.

5.1 Olepování bočních ploch

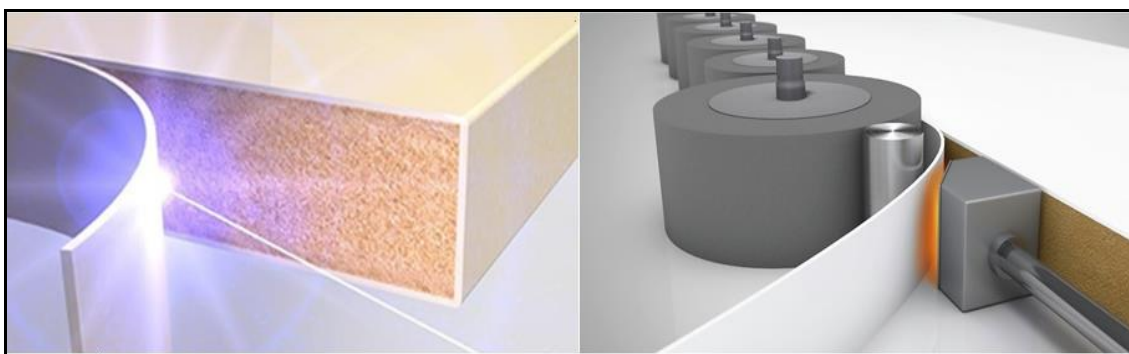
Z hlediska technologie výroby patří olepování mezi nejnáročnější operace. Je to díky složitějšímu výrobnímu zařízení, které obsahuje nejrůznější typy agregátů. Mezi základní agregáty klasického olepovacího stroje patří například: předfrézovací, olepovací, ořezávací, frézovací, kopírovací, zalešťovací agregát a může být vybaven plošnou nebo profilovou cidlinou. Náročné jsou i z toho pohledu, že se zde pracuje s vysokými teplotami a velkými posuvnými rychlostmi. To vyžaduje odbornější znalosti obsluhy. Samotné olepování obsahuje hned několik činností: nános lepidla, přiložení a přitlačení olepovaného materiálu, vytvrnutí lepidla či odstranění přesahů.

Olepování bočních ploch se uskutečňuje na průběžných olepovacích strojích, které mohou být jednostranné nebo oboustranné. Na těchto strojích se dílec pohybuje po řetězové dráze přes různé pracovní agregáty, kdy každý z nich vykonává jiné technologické operace. Nejdříve dílec putuje k frézovacímu agregátu, který odfrézuje přesahy dílců. Poté putuje k olepovacímu agregátu, do kterého jsou přivedeny dýhy. Ty jsou ve formě samostatných pásků nebo ve formě rolí, které se postupně odvíjí. Poté se na dílec nanáší lepidlo pomocí válečků. Nejvíce používanými lepidly pro olepování jsou tavná lepidla na bázi EVA kopolymerů nebo na bázi PUR. PUR lepidlo se používá v místě, kde je vyžadována větší odolnost vůči teplotě a vlhkosti. Následně dojde k přitlačení dýhového pásku k bokům dílců za pomoci tlačných válečků. Po přitlačení putuje dílec k frézovacímu agregátu, který upraví šířku olepovacího pásku přesně na konečnou tloušťku dílce. Nakonec jsou hrany broušeny brousícím agregátem. Kromě klasických ABS hran je možné olepovat i dýhové hrany, které mohou mít tloušťku až 3 mm. Tyto stroje nalepí i náklížky, které mohou mít šířku až 30 mm.

Klasické olepovací stroje se vyznačují nanášením lepidla pomocí válečků nebo trysek. V poslední době se objevují novější způsoby olepování bočních ploch. Jedná se o olepování pomocí laseru, plazmy, horkého vzduchu nebo technologie SLIM-LINE, která nanáší lepidlo na olepovací pásky, nikoliv na dílec. (Krontorád, 2015)

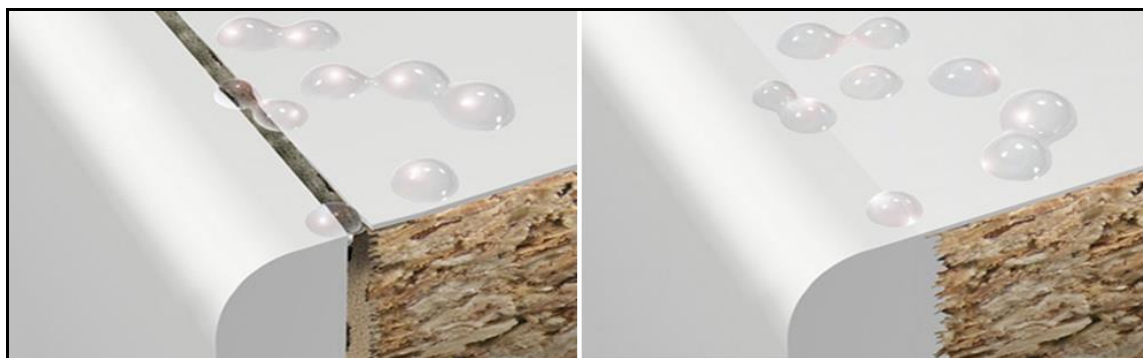
5.2 Laserové olepování

Olepování laserovou technologií patří mezi nejmodernější způsoby olepování bočních nábytkových ploch. Laserové olepení přináší bezspárové spojení mezi lepeným materiálem a nábytkovou hranou. Laserová technologie dotváří konečný vzhled výrobku tak, jako kdyby byl materiál odlitý v jednom kuse. Tento typ technologie nevyžaduje lepidlo, což snižuje náklady spojené s jeho koupí. Princip spočívá v tom, že systém nanášení lepidla je nahrazen vysokofrekvenčním laserem, popřípadě plazmovým agregátem. Pomocí vysokofrekvenčního laseru jsou roztaveny styčné plochy nábytkové hrany a následně jsou přitlačeny vysokým tlakem na boční plochu desky. Na obrázku č. 8 lze vidět princip laserové technologie, kterou využívá společnost REHAU, s.r.o. (Kejval, 2013)



Obr. 8 - Spojování pomocí laseru (zdroj: www.rehau.com)

Laserová technologie se používá u různých tloušťek laminovaných DTD nebo u MDF. Mezi výhody patří: čistota spoje, žádné uvolňování škodlivin z lepidla, kratší příprava lepicí směsi a odolnost vůči teplotě. Nevýhodou laseru je nutnost speciálních hran, které nevyrobí velké množství výrobců. Mezi další nevýhody patří například vysoké pořizovací náklady na koupi stroje a vysoké výdaje na užívání. Tato technologie přináší vizuálně velmi atraktivní výrobek, který zvyšuje jeho hodnotu. Použití laserové technologie na olepení bočních nábytkových hran je poměrně široké. Například se využívá k olepení hran u kuchyňského nebo kancelářského nábytku. Dále se mohou využít v saunách, laboratořích, restauracích nebo v nemocnicích. V dnešní době tuto technologii využívá akciová společnost TECHO, a.s. Na obrázku č. 9 lze vidět rozdíly mezi klasickým a laserovým olepováním. (Zomont, 2017)



Obr. 9 – Klasické (vlevo) a laserové (vpravo) olepování (zdroj: www.zomont.rs)

Tab. 4 – Porovnání klasického a laserového olepování (www.zomont.rs)

Parametry	Klasické olepování ABS hrana + EVA lepidlo	Laserové olepování ABS hrana + funkční vrstva
Lepicí síla	12 N / cm ²	40 N / cm ²
Teplotní odolnost	Do 70 °C	Do 140 °C
Odolnost vůči změnám teploty	Nízká	Vysoká
Odolnost proti vlhkosti	Nízká	Vysoká
Odolnost proti páře	Nízká	Vysoká
Viditelnost spoje	Jasně viditelná	Minimální viditelnost

Mezi výrobce nábytkových hran pro laserovou technologii lze například zařadit firmu REHAU, s.r.o. Tato firma nabízí širokou škálu nábytkových hran. Laserovou hranu je možné označit jako polymerní hranu, která je nejčastěji konstruována jako dvouvrstvá. Funkční vrstva, která je integrována přímo na zadní straně, se skládá ze speciálního polymeru. Ten bývá většinou sladěn se základní barvou nábytkové hrany. (Rehau, 2017)

5.3 Technologie SLIM-LINE

S touto novinkou přišla společnost Stefani. Jde o zcela novou technologii olepování, která zajišťuje nejvyšší pevnost pro rovné i profilované hrany. Tato nová technologie překonává ve všech parametrech staré verze olepování pomocí válečků. SLIM-LINE pracuje na principu nanášení roztaveného PUR lepidla na olepovací pásek (nikoliv na podklad), a to za pomoci speciální šterbinové hlavy. Díky tomu se nanáší jen slabá vrstva lepidla, která je v tloušťce od 0,05 mm do 0,1 mm. (Höchsmann, 2017)

Tab. 5 – Porovnání technologií (zdroj: www.hanak-nabytek.cz)

	EVA TERMOPLAST	SLIM-LINE
Odolnost proti teplotě	90 °C	150 °C
Odolnost proti vodě	Ne	Ano
Vrstva lepidla	0,1–0,2 mm	0,05–0,1 mm
Nános lepidla	150 g/m ²	80–90 g/m ²
Nanášení	Na dílec	Na olepovací pásku
Viditelnost spoje	Viditelný	Téměř neviditelný

Tato technologie je od roku 2015 využívána firmou Hanák nábytek a.s., která pomocí ní lepí boční plochy korpusu nábytku nebo dvířka. Firma pravidelně testuje své výrobky v nestandardních podmínkách. Jedině tak si může ověřit kvalitu olepených dílců. Provádí také nejrůznější zátěžové testy, především na voděodolnost (obr. 10), oděruschopnost, chemickou a teplotní odolnost. Nezávislé kontroly si nechává provádět ve Zkušebně nábytku brněnské Mendelovy univerzity.

Výhodou technologie SLIM-LINE je finanční úspora lepidla a nižší energie na jeho tavení v porovnání s EVA lepidly. Tato technologie se vyznačuje velmi tenkou spojovací spárou, která zvyšuje užitnou a estetickou hodnotu výrobků. Vzhledem k nízkým nánosům lepidla nevznikají na plochách dílců velké přetoky, takže jejich odstraňování je jednodušší než u EVA lepidel. Štěrbinový systém na aplikaci lepidla vylučuje použití vaničky na lepidlo a tím významně redukuje čas a finanční náklady spojené s údržbou nanášecí jednotky. Olepování pomocí SLIM-LINE dosahuje stejných výsledků jako laserová technologie. (Hanák – nábytek, 2017)



Obr. 10 – Testování voděodolnosti (zdroj: www.hanak-nabytek.cz)

5.4 Hrany na boční plochy

Výběr dekoračních materiálů na boční plochy je velmi široký a nabízí mnoho řešení. V dnešní době se mohou používat například dřevěné materiály, které jsou v podobě dýh, sortimentu dýhových hran různé tloušťky, nebo masivního dřeva (náklížky). Dále to mohou být reaktoplastické fólie, lamináty na bázi polyesterové nebo melaminové pryskyřice, PVC, ABS hrany. Materiály na boční plochy se vyrábí zpravidla silnější v porovnání s materiálem na plochy. Je to z toho důvodu, že kvalita konstrukčních materiálů na příčném řezu je horší, což se eliminuje tloušťkou nalepovaného materiálu. Olepování bočních ploch plní dvě zásadní funkce:

- **Technickou**
- **Estetickou**

Technická funkce chrání boční plochy před mechanickým poškozením a před vlhkostí. Estetická funkce zvyšuje vzhled konstrukčních materiálů. Olepené boční plochy snižují únik volného formaldehydu z nosného materiálu. Při hodnocení kvality nábytku se klade velký důraz na boční plochy, proto se lepení nesmí nijak výrazně podceňovat. (Němec et al. 1986)

5.4.1 Dýhové hrany

Dýhové hrany se používají při hranění dýhovaného nebo masivního nábytku. Vyrábí se krájením dýh různé tloušťky, které jsou nastavovány na délku. Dýhové hrany mohou být s lepidlem nebo bez nánosu lepidla, které se aplikuje na vrubovou stranu. Dýhy s nánosem se používají jen v malých truhlářských dílnách, proto se v dnešní době více využívají hrany bez nánosu lepidla. Tenká dýhová hrana je ze zadní strany ve spoji podlepena flísem nebo zpevněna tenkým nánosem tavného lepidla. Dále jsou standardně přebrušovány a řezány od šíře 15 mm do 300 mm.

Dýhové hrany se mohou vyrábět i jako vrstvené. Ty se používají u nábytku, kde zvyšují především odolnost a kvalitu. Vrstvená dýha přináší ve srovnání s klasickou dýhou významný nárůst kvality s nepatrným rozdílem v nákladech. Mohou se použít jako alternativa masivních náklížek, což je cenově výhodnější. Dnešní vrstvené hrany se vyrábějí v tloušťce od 1 mm do 5 mm a v šířce 22 mm, 24 mm, 32 mm, 34 mm a 42 mm. Výhodou vrstvených hran je možnost provedení zaoblení. (Demos trade, 2017)



Obr. 11 – Dýhové hrany (zdroj: www.dyhyvecera.cz)

Výroba spočívá ve slepení dvou a více vrstev na sebe, vždy to však záleží na konkrétní tloušťce. Dýhy jsou na sebe napojovány pomocí vysekávaného mikroozubu nebo nepravidelné prstové spáry (popřípadě i natupo), což umožňuje vytvořit nekonečný pas dýhové hrany. Díky tomu nelze poznat, kde dýha začíná a kde končí. (Knight E. Vernon, 1930)

Dodání dýhových hran je v rolích nebo pouze v podobě hran nastříhaných ze svazkové dýhy. Druhý způsob se v dnešní době používá při aplikacích speciálních dých korespondující s dýhou na ploše. Nejvíce se však dýhové hrany dodávají v rolích. Ty se vyrábí na automatickém podávacím zařízení, kde se dýhy plynule navijí do rolí. Tento způsob dodání je efektivnější a ekonomičtější v porovnání s hranou nastříhanou ze svazkové dýhy. (Dib, 2017)

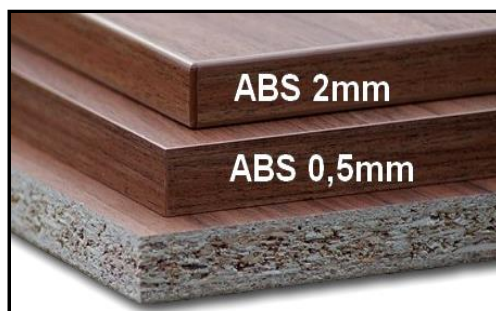


Obr. 12 – Nepravidelná prstová spára (zdroj: www.ludymachinery.com)

5.4.2 ABS hrany

Patří k nejmodernějším a nejpoužívanějším způsobům dokončení bočních nábytkových ploch. Jedná se o termoplastické polymery (granuláty), které patří do polyesterových plastů. ABS znamená spojení akrylonitrilu – butadienu – styrenu. Akrylonitril přispívá k vyšší tepelné a chemické odolnosti. Butadien způsobuje vyšší tažnost a houževnatost. Styren zlepšuje obrobiteľnosť, snižuje nákladovosť a prispívá k vyšší lesklosti hran. ABS hrany se vyznačují velkou pevností, stálostí a jsou odolné proti různým kyselinám, alkoholům, solím či olejům. Jsou také odolné proti změnám

teploty a vlhkosti. V případě použití UV stabilizátorů, je možné ABS hrany použít pro venkovní užití. Rubová strana hrany je potažena speciálním adhezivním prostředkem tzv. primerem, který zvyšuje přilnavost běžných tavných lepidel. Výhodou ABS hrany je vysoká životnost a stálobarevnost. Mezi další výhody patří velká škála barevného provedení a samotná recyklovatelnost materiálu. (Nutsch 2006)



Obr. 13 – ABS hrana (zdroj: www.nakup-nabytek.cz)

ABS hrany se používají k dokončení rovných, ale i zakřivených ploch. Nejčastěji se aplikují u kuchyňského, kancelářského a dětského nábytku. Jsou vyráběny s lepidlem nebo bez lepidla (více užívané) a jsou dodávány rovněž v rolích. Provedení hran může být hladké, perlička, gravír a ve zvláštních případech i ve vysokém lesku. Olepení probíhá na klasických olepovacích strojích pomocí tavného lepidla. Tyto stroje zajistí odstranění šířkových přesahů a zaoblení hran. Hrany jsou vyráběny v tloušťkách od 0,4 mm do 3 mm a jsou dodávány v šířce od 19 mm do 45 mm. (Dřevotrust, 2017)

5.4.3 Masivní náklížky

Tento typ hrany je vyráběn z masivního materiálu jakéhokoliv druhu dřeva. Náklížky se používají k ohranění dýhových materiálů. Tloušťka náklížky se pohybuje zpravidla v rozmezí od 3-10 mm, což umožňuje vytvořit nejrůznější profily. Náklížky se opracovávají jako klasický masivní nábytek a musí mít vlhkost okolo 6-9 %. Nalepení náklížků se provádí stejně jako u ABS hrany, tedy na klasických olepovacích strojích. Náklížky mohou být použity i k ohranění laminované dřevotřískové desky. Jedná se o police, které pak z čelní strany vypadají jako z masivu. (NUTSCH, 2006)



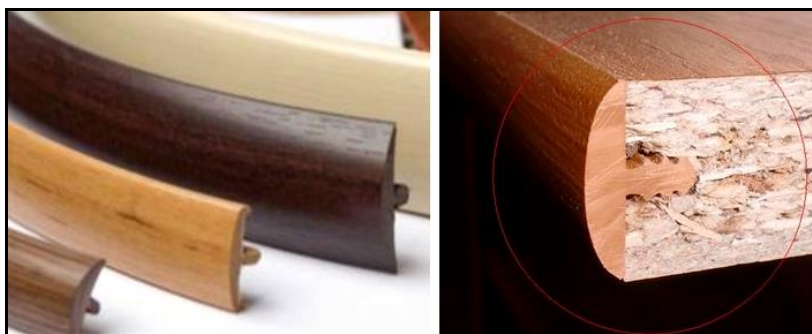
Obr. 14 – Masivní náklížek na konstrukční desce (zdroj: www.decospan.com)

5.4.4 Melaminové hrany

Melaminové hrany jsou vyrobeny z papíru impregnovaného pryskyřicí. Tloušťka papíru se doporučuje od 0,3 mm do 0,5 mm a šířka v rozmezí od 16 mm do 80 mm. Melaminové hrany jsou vyráběné ve dvojím provedení. Mohou být v matném nebo lesklém provedení. Výhodou těchto hran je vysoká pevnost a tvrdost povrchu, který je zabezpečen ochrannou fólií, aby nedošlo k jeho porušení. Fólie se odstraňuje až po dokončení dílce, popřípadě až u samotného zákazníka. (Němec et al. 1986)

5.4.5 Narážecí hrany

Narážecí hrana je plastový profil, který je ve tvaru hříbku. Spodní část této hrany je tvořena perem, které se používá na ukotvení hrany do materiálu. Ukotvení nárazecí hlavy probíhá pouhým naražením do připravené vyfrézované drážky. Výhodou je, že tento způsob nevyžaduje lepidlo a složité strojní vybavení. Stačí pouze vyfrézovat drážku do materiálu, a to vždy dle konkrétního typu pera.



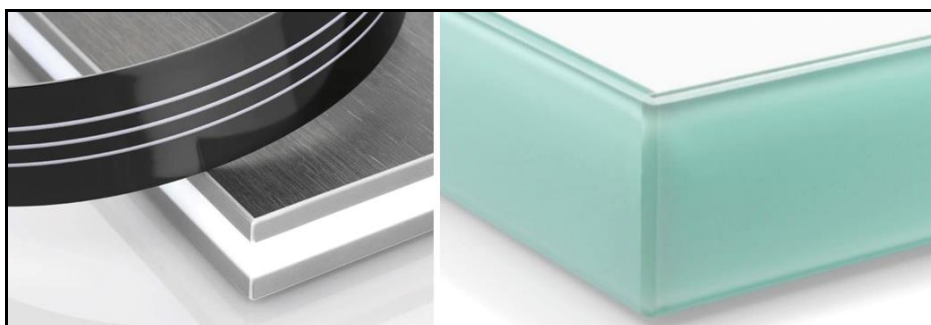
Obr. 15 – Narážecí hrana s perem (zdroj: www.fest.olsztyn.pl)

Existuje i nárazecí hlava bez pera. Tento typ nedosahuje takové pevnosti jako u nárazecí hrany s perem. Další výhodou nárazecích hran je vysoká trvanlivost spoje a široká škála barevného provedení. Oblé rohy hran poskytují větší bezpečnost. Tyto hrany se uplatňují především v dětských pokojích, kde hrozí nebezpečí poranění dítěte.

5.4.6 Další možnosti hran

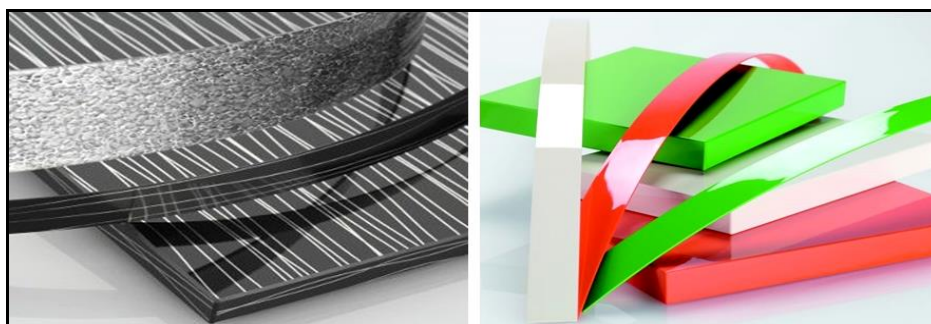
Do této skupiny patří lamino hrany. Jedná se o papírové hrany, které patří mezi nejlevnější nábytkové hrany. Nevýhodou těchto hran je nízká odolnost proti poškození a opotřebením. V současné době se používají jen ve velmi malé míře, a to především u méně namáhaných míst nábytku. Na základě toho jsou nahrazeny odolnějšími a elastičtějšími ABS hranami. (Dřevotrust, 2017)

Pro zajímavost byly vybrány nábytkové hrany od firmy REHAU, s.r.o., která nabízí širokou škálu nábytkových hran. Vybrané hrany jsou z kolekce RAUKANTEX premium selection, která nabízí z oblasti velkoobchodu a řemeslné výroby nové perspektivy v moderním nábytkovém designu. Tyto hrany jsou vyráběny v několika provedení. První možností jsou hrany RAUKANTEX lite, které lze vedle tradičního použití využít i pro podsvícení. Díky tomu se každý pult a každá police stanou jedinečným klenotem a postarají se o útulnou atmosféru. Další možností je hrana RAUKANTEX visions, která má vzhled pravého skla s pozitivními charakteristickými vlastnostmi polymerních materiálů. (Rehau, 2017)



Obr. 16 – RAUKANTEX lite (vlevo) a visions (vpravo) (zdroj: www.rehau.com)

Jako další laserová hrana byla vybrána RAUKANTEX magic 3D a mirror gloss. Hrana RAUKANTEX magic 3D utváří jedinečný trojrozměrný efekt. Je v kombinaci ABS hrany a průhledné vrstvy akrylu, která tvoří 3D efekt. Tato hrana je také známa pod názvem 3D akrylové hrany k lesklým deskám. Další je hrana RAUKANTEX mirror gloss, která se vyznačuje vysokým leskem. Tyto hrany jsou velmi žádané u exkluzivních interiérů jak v komerčních, tak v soukromých objektech. (Rehau, 2017)



Obr. 17 – RAUKANTEX Magic 3D (vlevo) a mirror gloss (vpravo) (zdroj: www.rehau.com)

6 Přeprava nábytku

Tato kapitola je zaměřena na problematiku přepravy nábytku. Jsou zde popsány výhody a nevýhody jednotlivých druhů přepravy. Jelikož dřevo je hygroskopický materiál, je v práci řešena i hygroskopicitata zboží. Součástí této kapitoly je teorie sorpce a mikroklima v kontejneru, které působí na výrobek během přepravy a může vést k poklesu jeho některých vlastností. V kapitole je i řešeno rozložení teploty v kontejneru, které vzniká během přepravy. Na závěr kapitoly je vyhotoven export nábytku v České republice, kde je porovnána produkce nábytku s exportem a importem za posledních 6 let.

6.1 Způsoby přepravy zboží

V dnešní době je možné se setkat z nejrůznějšími způsoby přepravy zboží. Konkrétní typ přepravy vychází v závislosti na vzdálenosti cíle a má vždy své plusy a mínusy. Nábytek se v dnešní době přepravuje ve dvou stavech. Je to ve smontovaném nebo demontovatelném stavu, který je výhodnější hned z několika hledisek. Je to například v důsledku dobré skladovatelnosti, nižších nákladů na montáž a využití větší ložné plochy u dopravních prostředků. Naopak demontovatelný nábytek dosahuje nižší pevnost a vyžaduje speciální spojovací kování, které je dražší v porovnání se smontovaným nábytkem. Přeprava ve smontovaném stavu se používá u exkluzivního nábytku, který je vyráběn na zakázku. (Hlavatý, 2014)

6.1.1 Silniční nákladní doprava

Patří mezi nejpoužívanější způsoby dopravy a volí se u kratších vzdáleností v rámci kontinentu. Tato doprava je ovlivněna neregulovaným nárůstem počtu dopravců. Lze ji rozdělit na tři druhy. První je celovozová přeprava, kde zboží je přemísťováno pouze k jednomu odesílateli, a to jednou jízdou. Tato přeprava obvykle nepřesahuje 2,5 tuny. Další je sběrná služba, kde je různé zboží od různých dodavatelů sdružováno ve sběrných střediscích. Poslední je nadgabaritní přeprava, kde zboží přesahuje povolenou hmotnost a rozměry vozidla. Výhodou silniční dopravy je relativní rychlost, dostupnost, rychlé zareagování na případné změny poptávky. V porovnání s železniční dopravou je dražší. Nevýhodou je značná závislost na počasí a hustotě dopravy.

6.1.2 Železniční nákladní doprava

I když tento typ dopravy je cenově výhodný pro výrobce, dochází k jejímu poklesu. Je to z toho důvodu, že na mnoha tratích dochází k omezování provozu. To je způsobeno nejrozličnějšími přestavbami nebo výstavbami nových železničních tratí. Volí se stejně jako u silniční dopravy na kratší vzdálenost. Výhodou této dopravy je možnost přepravy velkého množství zboží a rychlejší průjezd větších měst. Nevýhodou této dopravy je menší přizpůsobivost, pravidelnost a spolehlivost.

6.1.3 Letecká nákladní doprava

Tento typ dopravy se volí pro zaoceánskou dopravu mezi různými kontinenty. Nevýhodou této dopravy je to, že musí být kombinovaná s železniční nebo silniční dopravou a je poměrně drahá. Naopak mezi výhody patří rychlost (i na větší vzdálenosti), relativní spolehlivost a především bezpečnost. Letecká doprava je nastavena na transport kusového zboží, které je paletizováno nebo kontejnerováno. Palety pro leteckou dopravu jsou odlišné od klasických palet. Je to především z důvodu maximálního využití prostoru a nosnosti letadla. Paleta pro leteckou dopravu se od klasických palet liší v rozměrech, hmotnosti a také tvarem. V České republice je tento typ dopravy značně omezen a používá se jen na přepravu pošty.

6.1.4 Námořní nákladní doprava

Patří mezi nejrozšířenější a nejvýznamnější způsob přepravy. Tento typ dopravy se volí pro zaoceánskou dopravu mezi různými kontinenty. Doprava je zajištěna námořními plavidly, která se podle způsobu plavby dělí na pobřežní, dálkovou, říční. Dálková doprava se provádí na větší vzdálenosti a její nevýhodou je pomalá rychlost. Naopak námořní doprava umožňuje přepravit velké množství nákladů přes různé kontinenty. (Pernica, 2001)

U této dopravy se k přepravě zboží používají kontejnery, které poskytují obecnou mechanickou a klimatickou ochranu. Kontejnery obecně používají jednotný systém mezinárodně používaných přepravních jednotek. Jedná se o kontejnery ISO, které usnadňují přepravu. Výhodou přepravy v kontejnerech je zabezpečení zboží proti odcizení, pravidelnost linek kontejnerových lodí a nižší náklady v porovnání s ostatními způsoby přepravy. Nevýhodou kontejnerové přepravy je složitější nakládka a vykládka z lodi. Nevýhodou je i nemožnost vizuální kontroly během přepravy. Zboží přepravované v kontejnerech může být vystaveno vysokým i nízkým teplotám díky

střídání dne a noci, popřípadě přechody mezi teplotními pásy. To může vyvolat nežádoucí přeměnu jako je změna barvy, tvaru a vnitřní kvality zboží. (Rožek, 2007)



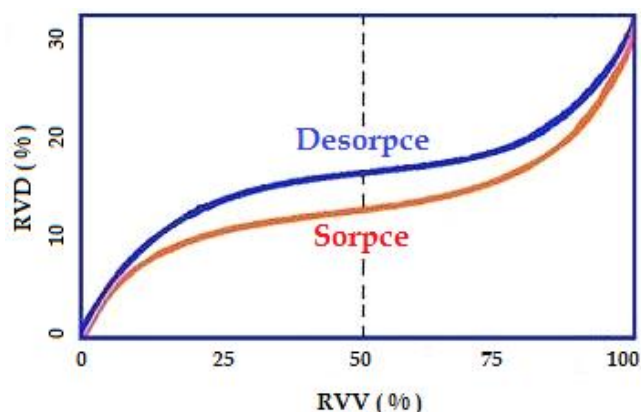
Obr. 18 – Kontejnerová lodní doprava (zdroj: www.gapcontainers.com)

6.2 Hygroskopické zboží v dopravě

Dřevo a výrobky zhotovené ze dřeva lze zařadit mezi hygroskopické materiály. Ty jsou popisovány sorpčním chováním. To je chápáno jako přijímání vlhkosti z okolního vzduchu (adsorpce) nebo její uvolňování (desorpce). Vždy záleží na samotné teplotě a vlhkosti obsažené v materiálech. Uvolňování vlhkosti probíhá až do rovnovážné vlhkosti materiálu s okolním vzduchem. (Matovič, 1993)

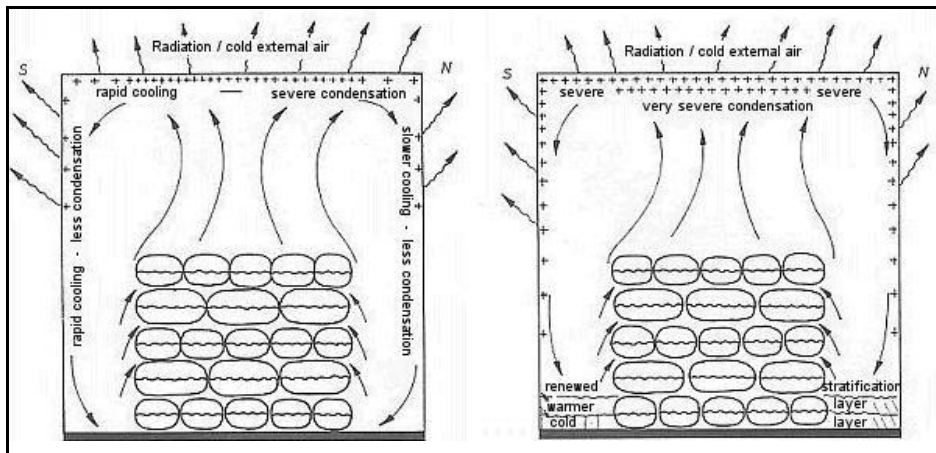
6.3 Teorie sorpce

V případě, že vystavíme materiál na bázi dřeva prostředí o určité teplotě a relativní vlhkosti vzduchu, tak nastává průnik vzdušné vlhkosti do dřeva. Tento pochod se nazývá adsorpce. U obráceného pochodu, kdy dřevo ztrácí vodu odpařováním do okolního vzduchu, nazýváme desorpce. Adsorpce a desorpce jsou považovány za vratnou reakci, ale nikoli po stejné křivce. Rozdíl mezi adsorpcí a desorpcí je označován jako hystereze sorpce. Sorpční izoterma popisuje vztah mezi obsahem vody v látce a relativní vlhkosti okolního vzduchu při teplotě. (Matovič, 1993)



Obr. 19 – Sorpční izoterma dřeva (Sharnow, 1998)

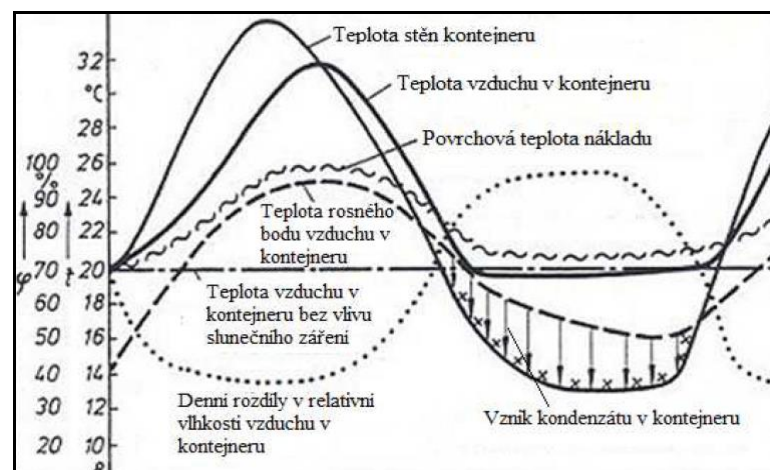
U výrobků s vyšším obsahem vlhkosti dochází v uzavřených přepravních jednotkách k desorpci vlhkosti, kterou způsobuje stoupající teplota. Díky tomu dojde k většímu obsahu vodních par ve vzduchu a stoupá teplota rosného bodu. V případě, kdy teplota v přepravní jednotce klesne pod teplotu rosného bodu, dojde ke tvorbě kondenzátu a následujícím navlhnutí zboží. Příčinou navlhnutí zboží může být vzduch obsažený v kontejneru, přivedený větráním nebo obsažený ve zboží. Může to také způsobit obalový nebo pomocný materiál, popřípadě počasí (dešťové srážky) při nakládání zboží do kontejneru. (Matovič, 1993)



Obr. 20 – Tvorba kondenzátu (zdroj: www.interdy.wordpress.com)

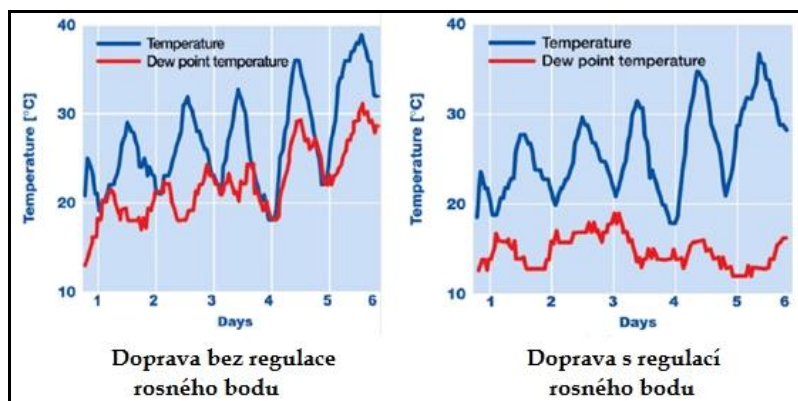
Na obrázku č. 20 je názorně zobrazena tvorba kondenzátu na stropě a stěnách kontejneru při jeho ochlazení. Na obrázku vlevo je znázorněn začátek kondenzace na stropu a vpravo je znázorněn průběh tvorby kondenzace po několika dnech.

Náklad v kontejneru nakumuluje teplotu v průběhu celého dne, kterou následně uvolňuje do jeho prostoru při nízkých nočních teplotách. Tyto teploty ochlazují strop a svislé boční stěny kontejneru. Tím dojde ke kondenzaci vodních par na stěnách kontejneru. Tato skutečnost je zobrazena na obrázku č. 20. (Matovič, 1993)



Obr. 21 – Denní rozdíly teplot vlivem slunečního záření (Sharnow, 1998)

Na obrázku č. 21 lze vidět denní rozdíly teplot, které jsou způsobeny slunečním zářením (vznik kondenzátu). Tvorba kondenzátu může způsobit tvorbu plísní, korozi nebo to může vést až k deformování výrobku. Existuje několik možností, jak eliminovat nebo částečně snížit tvorbu kondenzátu. Jednou z možností je použití vysoušedla. Jedná se o hygroskopickou látku, která vytváří nebo udržuje stav sucha.

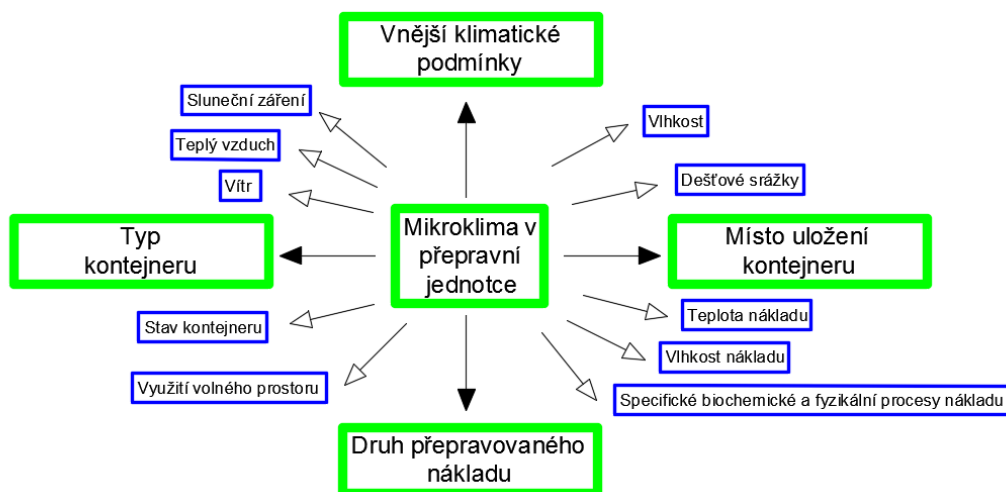


Obr. 22 – Vliv vysoušedla na rosný bod (zdroj: www.litco.com)

Na obrázku č. 22 lze vidět rozdíl mezi použitím a nepoužitím vysoušedla ve stejné přepravní jednotce. V případě nepoužití vysoušedla je povrchová teplota a teplota rosného bodu stejná, což vede k tvorbě kondenzace. V případě použití vysoušedla se teplota rosného bodu (červená křivka) pohybuje pod povrchovou teplotou (modrá křivka), což zabraňuje tvorbě kondenzace. (Litco, 2017)

6.4 Mikroklima v kontejneru

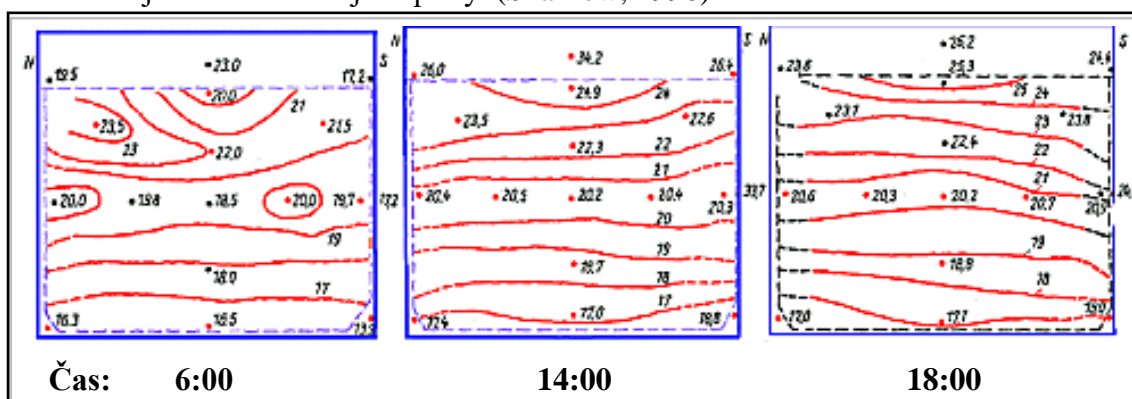
Během přepravy zboží působí na kontejner mnoho faktorů. Ty ovlivňují jeho vnitřní mikroklima, což může směřovat k poklesu některých požadovaných vlastností přepravovaného zboží. Mezi tyto faktory patří mechanické vlivy, které vznikají při pohybu materiálů. Tyto vlivy jdou částečně eliminovat. Nejčastěji vznikají při jízdě v jakémkoliv dopravním prostředku, při manipulaci, nakládání, vykládání nebo při překládce. Dalšími faktory jsou klimatické vlivy, které nelze ovlivnit. Například se může jednat o déšť, mráz, vítr, vlhkost, sluneční záření, roční období, popřípadě o geografické údaje. Mikroklima je dále ovlivněno typem a místem uložené přepravní jednotky nebo i druhem přepravovaného zboží. (Sharnow, 1998)



Obr. 23 – Faktory ovlivňující mikroklima v přepravní jednotce (Sharnow, 1998)

6.5 Rozložení teploty v kontejneru

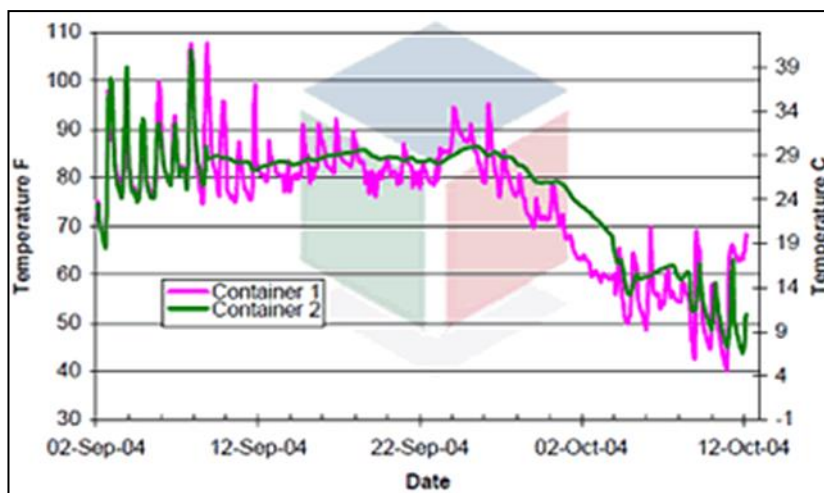
Samotná teplota stěn kontejneru a vnitřního ovzduší je ovlivněna teplotou samotného nákladu. Nevýhodné je, aby mezi nákladem a stěnou byl dostatečný prostor pro proudění vzduchu. Je to z toho důvodu, že větší prostor umožní snadněji rozptýlit vodní páru. Díky této skutečnosti je výhodné přepravovat více zaplněné kontejnery, které jsou méně náchylné na tvorbu kondenzátu vlivem změny teploty. Nejvyšší teploty se projevují v horní části kontejneru (u stropu) a naopak nejnižší jsou ve spodní části (u podlah). Tento fakt je způsoben tím, že sluneční paprsky zahřívají většinou horní část kontejneru. Na obrázku č. 24 si lze všimnout, že teplota uvnitř nákladu se pozvolna aklimatizuje na změnu vnější teploty. (Sharnow, 1998)



Obr. 24 – Teplota vzduchu a zboží během dne (Sharnow, 1998)

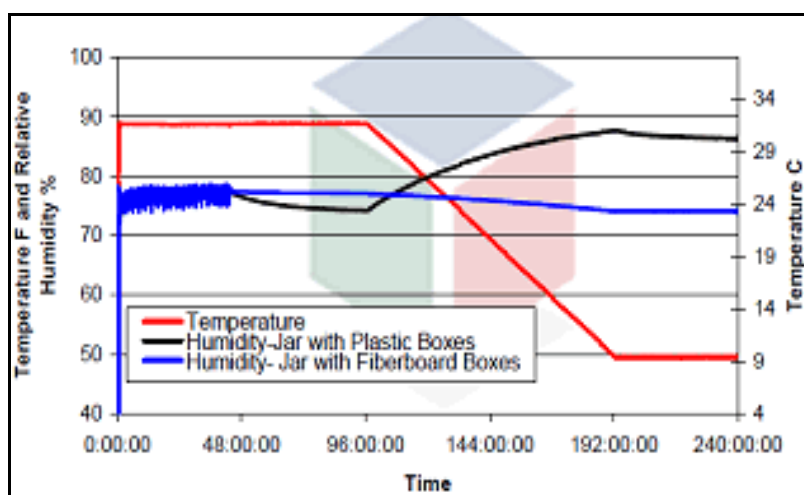
U námořní nákladní dopravy lze minimalizovat nebo úplně odstranit vliv teploty v kontejneru, a to vhodným umístěním kontejneru. Ten se ukládá do podpalubí nebo na palubu loď. Na palubě lodi může být kontejner umístěn na bocích, pod sebou eventuálně přímo na vrcholu paluby loď. Umístění na vrcholu loď je nevýhodné z toho hlediska, že kontejner je vystaven přímému působení slunečních paprsků. Umístění

kontejneru do podpalubí je výhodnější, protože je chráněn před slunečním zářením, deštěm či stříkající vodou. Na druhou stranu je zde nízký pohyb vzduchu a současně může být kontejner vystaven zdroji tepla (například při temperování nádrže paliva). Vztah mezi kontejnerem na palubě (Container 1 – růžová barva) a v podpalubí (Container 2 – zelená barva) lze vidět na obrázku č. 25.



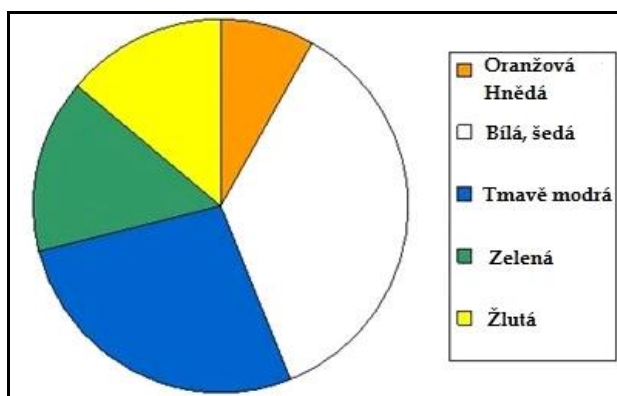
Obr. 25 – Teplotní výkyvy uvnitř kontejneru na lodi (zdroj: www.armorvci.com)

Při přepravě nábytku je důležitý i samotný obal zboží. V dnešní době je velké množství používaných obalů a záleží vždy na každém, jaký druh použije. Porézní obaly, jako jsou například vlnité krabice, papír, dřevěné materiály, pomalu absorbují vlhkost ze vzduchu. Tím zabráníme kondenzaci při nižších teplotách na oceánu. Tato skutečnost se nastává obvykle v nočních hodinách. Na obrázku č. 26 lze vidět chování vlhkosti na obalu, který je opatřen plastovým materiálem (černá křivka) nebo dřevěným materiálem (modrá křivka). Lze si všimnout, že dřevěný materiál absorboval daleko méně relativní vlhkosti v porovnání s plastovým materiálem. (Armorvci, 2017)



Obr. 26 – Rozdíl mezi obalem opatřený plast. nebo DVD deskou (zdroj: www.armorvci.com)

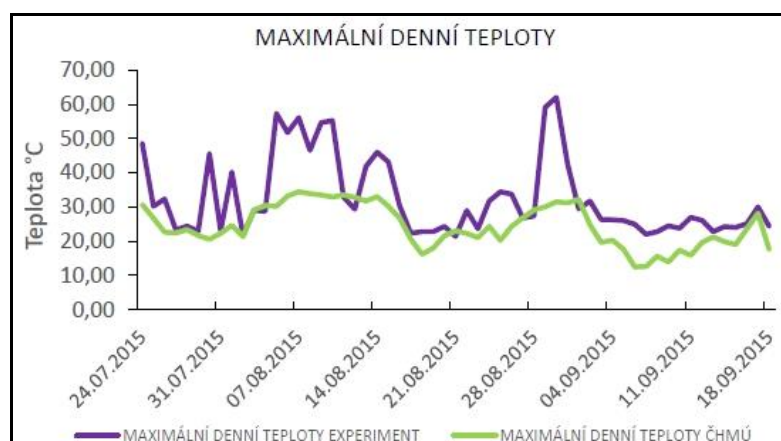
Dalším faktorem, který ovlivňuje mikroklima uvnitř přepravní jednotky je barva vnější strany kontejneru. Tento faktor patří mezi ty, které lze ovlivnit. Teplota u kontejnerů s bílým nátěrem je daleko stabilnější (nemění se tolik) v porovnání s tmavšími nátěry. Je to z toho důvodu, že světlejší barvy absorbují daleko méně slunečního záření. V přepravní jednotce hnědé nebo červené barvy se teplota pohybuje až okolo 55 °C. Na obrázku č. 27 lze vidět, jaké barvy se používají nejvíce a nejméně na nátěry kontejnerů. (Interdy wordpress, 2017)



Obr. 27 – Procento výskytu barevného kontejneru (zdroj: www.interdry.wordpress.com)

6.6 Teploty v České republice při experimentálním měření

V dnešní době přibývá dnů s extrémními teplotami. V období letních měsíců se často teplota ve stínu podle ČHMÚ pohybuje okolo 35 °C. Tyto vysoké teploty mohou vést k porušení pevnosti lepidla. Na obrázku č. 28 jsou hodnoty z ČHMÚ, která sídlí v Brně na ulici Kroftova. U tohoto typu měření byla meteorologická stanice umístěna ve stínu dva metry nad zemí (zelená křivka). Data z experimentálního měření (fialová křivka) byla získána z měření v obci Vatín. Poloha meteorologické stanice byla zvolena tak, aby více simulovala prostředí v kontejneru. Tento typ měření byl ovlivněn slunečním zářením. Na obrázku č. 28 lze vidět rozdíl v naměřených hodnotách, který byl až 30 °C. Ten je způsobený účinkem slunečního záření. (Vlčková, 2016)



Obr. 28 - Max. denní teploty dle ČHMÚ a experimentálního měření (Vlčková, 2016)

6.7 Export nábytku

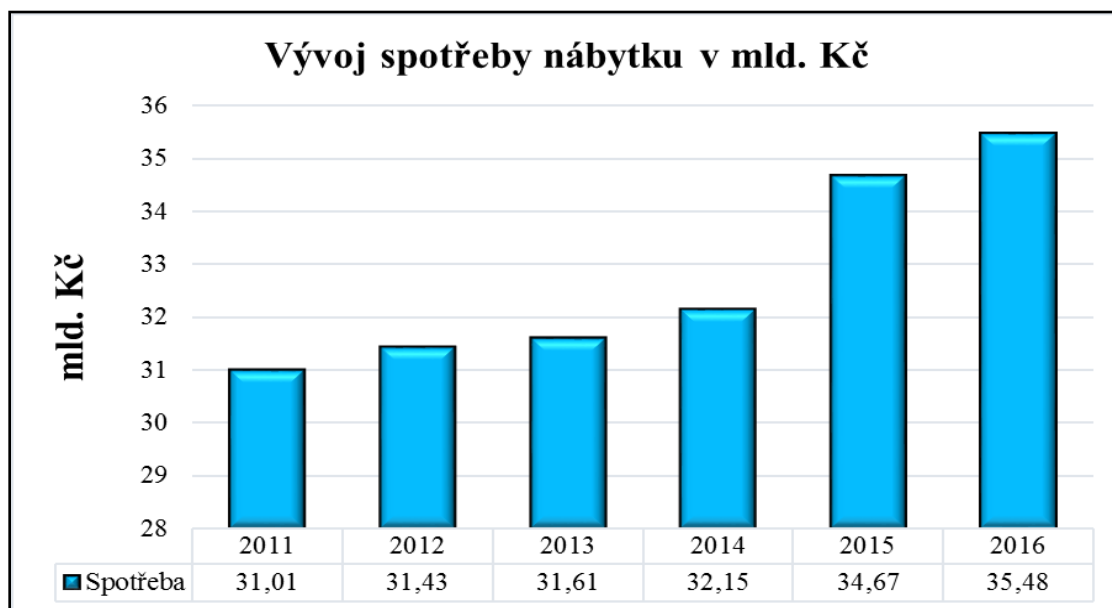
Do roku 2014 byl export nábytku z České republiky zanedbatelný. Po tomto roce výrazným způsobem vzrostl. Produkce nábytku v ČR se zvedla ze 43,55 mld. Kč v roce 2015 na 44,64 mld. Kč. Oproti roku 2015 se jedná o nárůst 1,09 mld. Kč. Hodnota importu dosáhla hodnoty blížící se 18 mld. Kč. Hodnota exportní výkonnosti českých výrobců od roku 2009 trvale roste. Export dosáhl hodnoty 27,02 mld. Kč, což je o 2,39 mld. Kč více v porovnání s rokem 2015. Ve spotřebě nábytku se stále nacházíme na předkrizové hodnotě, neboť před devíti lety (v roce 2007) přesáhla hodnota spotřeby až 37 mld. Kč. Současně dochází k permanentnímu růstu objemu dováženého nábytku ze zahraničí. Za výrazným podílem importovaného nábytku podle AČN stojí zejména velké specializované nábytkářské markety. Dovážet nábytek se však snaží i někteří menší prodejci, kteří využívají možnosti internetu. U těch samozřejmě hrozí riziko nákupu nábytku z neproověřených zdrojů nebo vyrobený z neproověřených materiálů.

Největší podíl na importu nábytku do České republiky má podle informací AČN Polsko, odkud bylo v roce 2016 dovezen nábytek za více jak 4,6 mld. Kč. Druhým největším dovozcem je Německo (cca 3,23 mld. Kč) a v těsném závěsu za ním je Čína, která podle předpokladu dovezla nábytek do České republiky za zhruba 3,22 mld. Kč. Polsko společně s Čínou tvoří téměř 45 % podílu na celkovém importu nábytku. Nábytek za stovky milionů korun byl v roce 2016 dovezen do ČR i z Itálie, Slovenska, Rakouska. Největší část exportu nábytku mířila do Německa a s větším odstupem následuje do Francie a na Slovensko. (Lukeš, 2017)



Obr. 29 - Porovnání českého nábytku (zdroj: www.acn.cz)

Tuzemská spotřeba nábytku zaznamenala mírný nárůst o 0,81 mld. Kč, tedy z 34,67 mld. Kč na 35,48 mld. Kč. V porovnání s dalšími roky lze říct, že spotřeba nábytku v roce 2016 opět lehce zvolnila. Dobré výsledky nábytkářského průmyslu se ještě více opírají o exportní úspěšnost. Faktor růstu objemu dováženého nábytku ze zahraničí zůstává v podstatě vyrovnaný. Současně se zvyšuje podíl importu na tuzemské spotřebě, který v roce 2015 přesáhl hodnotu 50 %. Naopak exportní výkonnost nábytkářského průmyslu v ČR přesahuje pouze 20,5 %. (Lukeš, 2017)



Obr. 30 – Spotřeba nábytku v ČR (zdroj: www.acn.cz)

Z obrázku č. 29 a 30 je patrné, že spotřeba nábytku v České republice od roku 2011 stoupá až po současný rok. V roce 2016 přesáhla spotřeba nábytku hranici 35 mld. Kč. Z obou obrázků je také patrné, že spotřeba nepřesahuje v žádném roce produkci výroby nábytku. (Lukeš, 2017)

7 Použité materiály a zařízení

Tato kapitola je zaměřena na strojní zařízení a materiály, které byly použity pro vypracování diplomové práce. Pro výrobu zkušebních vzorků byla použita dřevotřísková deska, které byla olepena nábytkovou hranou z exotického dřeva. K olepení byly použity dva druhy lepidel. Prvním lepidlem je tavné lepidlo na bázi EVA kopolymerů a druhé lepidlo je na bázi PUR. Zkouška odlupování a zkouška šikmého tlakového smyku byla prováděna na trhacím stroji INSTRON 3365. Pro každou zkoušku byl vždy použit jiný agregát, který napomáhal k jejich vykonání.

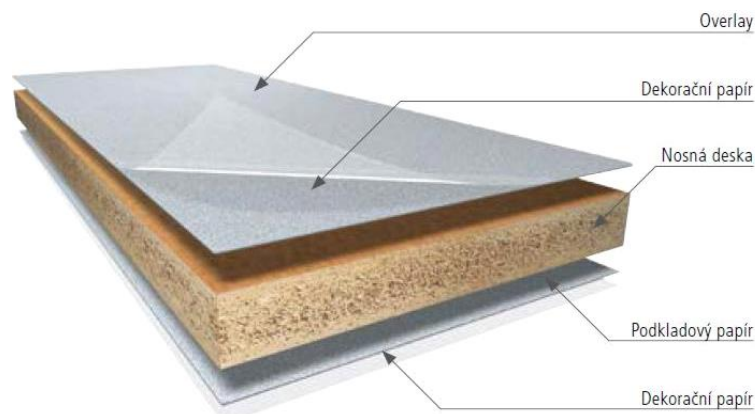
7.1 Použité materiály pro aplikace v testování

7.1.1 Dřevotřísková deska laminovaná

Jako podkladový materiál u této práce byla použita třívrstvá dřevotřísková deska laminovaná. Tyto desky patří v dnešní době k nejvíce používaným materiálům pro výrobu nábytku. Pro práci byla použita deska tloušťky 25 mm, a to i přesto, že v nábytkářství je více používána tloušťka 18 mm.

Dřevotřísková deska je materiál, který je vyrobený slisováním a ohřevem částic. Ty mohou být dřevěné (třísky, hobliny, piliny) nebo z jiných lignocelulosových materiálů (pazdeří, konopí, bagasa, sláma). Tyto částice jsou s přídavkem polymerního lepidla. Hlavním materiálem pro výrobu třískových desek je dřevní hmota. Pro výrobu mají zásadní význam některé parametry, kterými jsou: hustota dřeva, velikost třísek (nejlépe třísky jehlicové), podíl běle a jádrového dřeva nebo pH dřeviny. (Josten et al., 2010)

Laminace dekoračního materiálu vzniká vrstvením papíru (impregnovaný melaminformaldehydovými pryskyřicemi) a jejich následným slisováním do stálého a pevného listu. Jako pojivo k lepení se používají disperzní (např. PVAc) nebo kondenzační lepidla. Laminované desky mají své pro a proti. Mezi výhody patří nízká cena, odolnost proti oděrům, nárazům a lze tam i zařadit snadnou údržbu. V dnešní době poskytují DTD-L širokou škálu barev, dezénu a struktury povrchu. Je to od hladkého povrchu až po hluboký pór, který se může přiblížit struktuře masivního dřeva. Nevýhodou je nemožnost plošného frézování. (Demos trade, 2017)

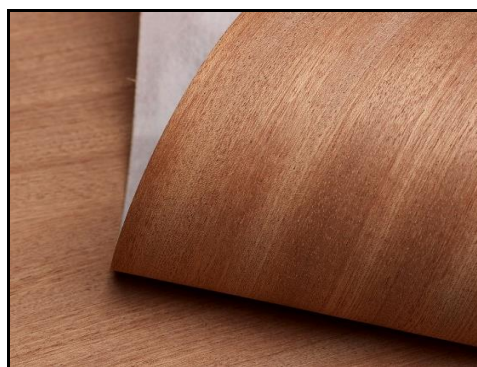


Obr. 31 – Dřevotřísková deska laminovaná (zdroj: www.demos-trade.cz)

7.1.2 Dýhová hrana

Dýhová hrana se v dnešní době využívá na oplenění nábytku vyrobeného z dýhovaných dřevotřískových desek. Pro aplikaci vzorků k testování byla zvolena dýhová hrana z exotického mahagonového dřeva. Šíře hrany byla 34 mm, která byla následně nalepována na dřevotřískovou desku tloušťky 25 mm. Tloušťka hrany byla zvolena 2 mm, jedná se tedy o vrstvenou hranu.

Mahagon lze charakterizovat jako exotické červenohnědé dřevo, které se vyznačuje vysokou lesklostí. Typickým znakem pro mahagon jsou pruhy na radiálním řezu s dobře viditelnými póry. Mahagonové dřevo patří mezi dřeviny s vysokým obsahem tříslovin. Díky dobré voděodolnosti se dřívě mahagon používal na stavbu lodí. V dnešní době se využívá na výrobu luxusního nábytku. (Libros, 2017)



Obr. 32 – Mahagonová dýha (zdroj: www.thewoodveneerhub.co.uk)

7.1.3 Lepidlo

Pro oplenění zkušebních vzorků byly použity dva různé typy lepidel. Jedná se o tavné lepidlo na bázi EVA kopolymerů a tavné lepidlo na bázi PUR. Tato lepidla se v současnosti často používají na oplenění bočních nábytkových ploch.

7.1.3.1 Tavné lepidlo EVA

Pro diplomovou práci byly nejdříve zkušební vzorky ošlepeny tavným lepidlem Zika Schmelzkleberpatronen 1587 (viz technický list v příloze). Toto lepidlo používá firma DSP nábytek, ve které byla ošlepena první polovina zkušebních vzorků. Tento typ lepidla je ze syntetických pryskyřic na bázi EVA kopolymerů. Lepidlo se vyznačuje vysokou univerzálností použití. Lze ho používat pro lepení dílců ABS hranou, PVC a dýhovou hranou, nebo pro hranu z masivního dřeva. Lepidlo dle výrobců lze použít u kuchyňského nábytku, kde mohou působit vyšší teploty.

Tab. 6 – Technické parametry tavného lepidla na bázi EVA kopolymerů

Parametry lepidla	
Aplikační teplota	220-240 °C
Teplotní odolnost	cca -20 až +95 °C
Materiál a okolní teplota	nad 18 °C
Doba tání	2–4 min
Dřevo a vlhkost materiálů	8–12 %
Doba skladování	cca 24 měsíců

7.1.3.2 Tavné lepidlo PUR

Jako druhé lepidlo pro ošlepení vzorků bylo vybráno lepidlo PUR-hranovací tavné lepidlo (viz technický list v příloze). Výrobcem je firma Jowatherm, která současně vyrábí a testuje velké množství lepidel. Tento typ lepidla používá firma Démos trade, ve které byla ošlepena druhá polovina zkušebních vzorků. Lepidlo Jowatherm – Reaktant má široké možnosti použití. Například ho lze použít pro ABS hrany, dýhové, vrstvené, polyesterové, papírové hrany, popřípadě pro hrany z masivního dřeva. Tento typ lepidla lze použít i tam, kde požadujeme málo viditelné spáry. Lze ho použít i u nábytku, který vyžaduje vysokou odolnost vůči horku a vodě.

Tab. 7 – Technické parametry tavného lepidla na bázi PUR

Parametry lepidla	
Aplikační teplota	140 °C
Teplotní odolnost	120 °C
Reakční čas	cca 3 dny
Hustota	cca 1,3 g/m ³
Doba skladování	cca 6 měsíců

7.2 Použité zařízení

7.2.1 Trhací stroj INSTRON 3365

Zkušební vzorky byly testovány na stolním trhacím stroji INSTRON 3365. Jedná se o elektromechanické zkušební zařízení, pomocí kterého se zkouší široký sortiment materiálu, který je namáhaný v tahu a tlaku.

Stroj je ovládán pomocí počítače, ve kterém je nainstalován řídicí program Bluehill verze 2.22. Zkouška může probíhat na základě předem připravené metodiky. Pro zkoušku odlupování pod úhlem 90° je potřeba trhací stroj osadit speciálním agregátem (obr. 41). To platí i pro zkoušku šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° (obr. 42) a v neposlední řadě i pro ohybovou zkoušku. (obr. 43).

Tab. 8 – Technické parametry trhacího stroje INSTRON 3365

Parametry zařízení	
Rozměry stroje	1 582 x 756 x 707 mm
Celková váha zařízení	110 kg
Světlost mezi kleštinami	650 mm
Horizontální světlost	420 mm
Maximální zatížení	5 000 N
Maximální posuvná rychlost	1 000 m/min
Minimální posuvná rychlost	0,01 m/min
Max. vertikální testovací prostor	1 193 mm



Obr. 33 – Trhací stroj INSTRON 3365 (vlastní foto)

7.2.2 Klimatizační komora Incucell-V111

Tento typ sušárny byl použit pro prohřívání (cyklické namáhání) zkušebních vzorků po dobu 2 týdnů. Cirkulace vzduchu je zajištěna patentovaným systémem proudění vzduchu, díky kterému dosáhneme potřebnou teplotu. Součástí komory je odvětrávací klapka a bezpečnostní skleněné dveře.

Tab. 9 – Technické parametry klimatizační komory Incucell–V 111

Parametry zařízení	
Objem sušárny	111 litrů
Nosnost	5 kg
Příkon	690 W
Teplotní nastavitelnost	20–70 °C
Odchylka teploty	± 0,1 °C
Přesnost nastavení	1 °C



Obr. 34 – Klimatizační komora Incucell – V 111 (vlastní foto)

7.2.3 Teplotní datalogger Testo 174 H

Tento typ zařízení byl vložen do klimatizační komory Incucell V-111, kde zaznamenával změnu teploty a vlhkosti během cyklického namáhání vzorků. Měření bylo provedeno z toho důvodu, aby simulovalo teplotní zatěžování vzorků během přepravy v kontejnerech. Datalogger Testo obsahuje interní teplotní senzor, který měří teplotu s přesností ± 0,5 °C. Současně je vybaven i vlhkostním senzorem, který měří vlhkost s přesností ± 3 % rv.

Tab. 10 – Technické parametry teplotního dataloggeru Testo 174 H

Parametry zařízení	
Rozsah teploty	- 20 °C až +70 °C
Přesnost měření teploty	± 0,5 °C
Interval měření	od 1 do 60 minut
Rozlišení	0,1 °C
Paměť zařízení	16 000 záznamů
Rozsah vlhkosti	0 až 100 % rv
Přesnost měřené vlhkosti	± 3 % rv
Rozlišení vlhkosti	0,1 %



Obr. 35 – Teplotní datalogger (zdroj: www.maneko.cz)

7.2.4 Teplotní komora INSTRON model 3119-409-22

Tento typ komory byl využit u všech třech zkoušek. Rozsah teploty uvnitř komory je od -160 °C až do +260 °C. Vzorky byly zahřáty před samotnými zkouškami na požadovanou teplotu. Pro testování vzorků se postupně zvyšovala teplota v teplotní komoře. U zkoušky odlupování a šikmého tlakového smyku byly vzorky postupně ohřívány při teplotě 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C a 70 °C. U ohybové zkoušky byly vzorky zahřáty při teplotě 20 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C.



Obr. 36 – Teplotní komora INSTRON model 3119-409-22 (vlastní foto)

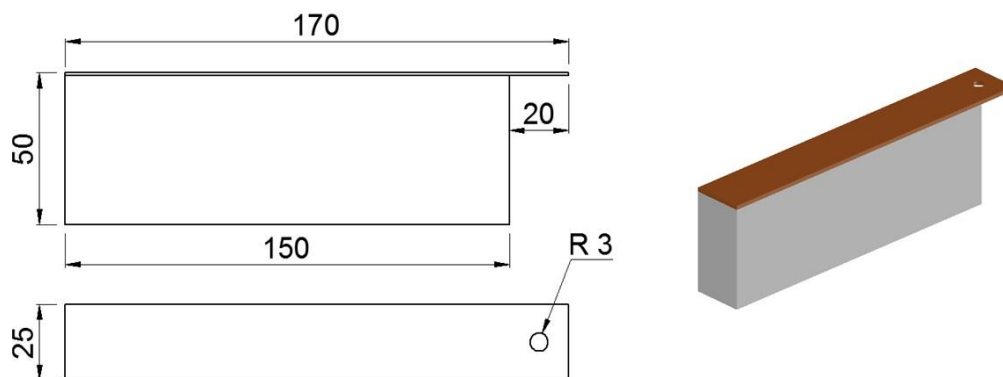
8 Metodika práce

Kapitola je členěna do pěti skupin. Metodika začíná výrobou vzorků, které jsou následně teplotně zatěžovány v klimatizačních komorách. Následuje zkouška odlupování pod úhlem 90°, která vychází z normy ČSN EN 28510-1. Po ní jde zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°. Doplňkovou metodou byla zvolena ohybová zkouška, která zkoumala velikost napětí uvnitř dýhové hrany. Na závěr je v této kapitole popsána metodika zpracování výsledků.

8.1 Výroba zkušebních vzorků

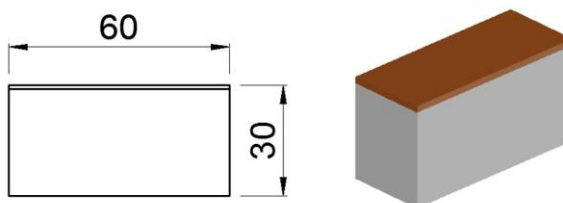
Pro měření pevnostních charakteristik tavného lepidla na bázi EVA kopolymerů byly vzorky vyrobeny a opeňeny u firmy DSP nábytek. Firma používá k opeňení bočních ploch klasickou jednostrannou olepovačku Holzher Sprint 1310. Vzorky pro měření pevnostních charakteristik tavného lepidla na bázi PUR byly vyrobeny a opeňeny u firmy Démos trade, a.s. Firma používá k opeňení bočních ploch speciální stroj Tornado Top WS. Zkušební dílce byly opeňeny nábytkovou hranou z exotického dřeva tloušťky 2 mm. Konkrétně se jednalo o mahagonovou dýhovou hranu.

Pro zkoušku odlupování byly vzorky zhotoveny z DTD-L tloušťky 25 mm. Opeňený materiál měl rozměr 550 x 105 mm (délka x šířka). V dalším kroku se tento dílec krátil již na potřebné rozměry, tedy 170 x 50 mm. Dílce byly řezány na formátovací pile ALTENDORF WA 80 x firmy DSP nábytek. Na tomto stroji byly všechny vzorky naříznuty 150 mm od okraje kolmo k nalepené nábytkové hraně. Zde se musel dávat velký pozor, aby nedošlo k poškození či proříznutí samotné hrany. Poté se odstranila část DTD-L za zářezem přímočarou pilou a díky tomu byl získán požadovaný tvar. Na přečnívající nábytkové hraně byl vyvrtán otvor o průměru 3 mm.



Obr. 37 – Vzorek pro zkoušku odlupování pod úhlem 90° (vlastní foto)

Pro měření pevnosti metodou šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° byly vyrobeny vzorky DTD-L tloušťky 25 mm. Olepený materiál měl rozměr 550 x 80 mm (délka x šířka). V dalším kroku se tento dílec krátil již na potřebné rozměry, tedy 60 x 30 mm. Dílce byly řezány na stejné pile, jako tomu bylo u zkoušky v odlupování.

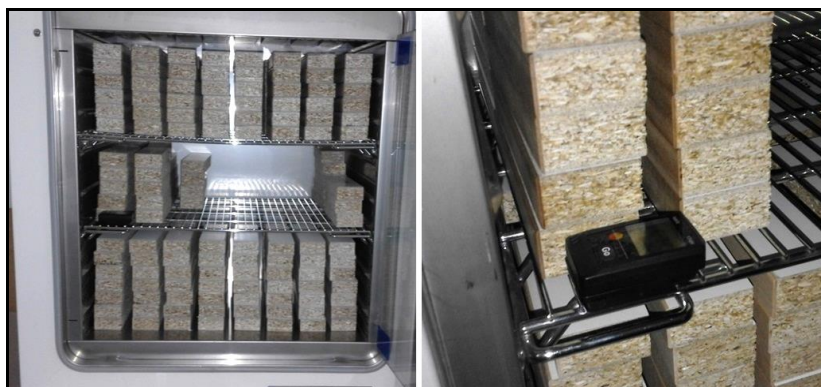


Obr. 38 – Vzorek pro zkoušku šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° (vlastní foto)

8.2 Teplotní zatěžování vzorků

Cyklické zkoušky u neočekávaných změn teploty patří mezi jedny z nejnáročnějších způsobů teplotních zkoušek lepených spojů. Nejnebezpečnější změna odolnosti je ve směru nízkých teplot. Je to z toho důvodu, že tuhost lepidla a přepětí zde stoupají, kdežto u zvyšování teploty napětí klesají. Pokud se u lepení nestejnorodých materiálů závažně zvyšuje napětí, tak tepelný náraz může způsobit oslabení lepeného spoje, popřípadě vést až k jeho rozkladu. Zvýšenou odolnost spoje proti tepelnému nárazu lze zajistit zvyšujícím se vrůstem elasticity lepidla. Elasticity je možné dosáhnout modifikací lepidla. (Frejdin, 1988)

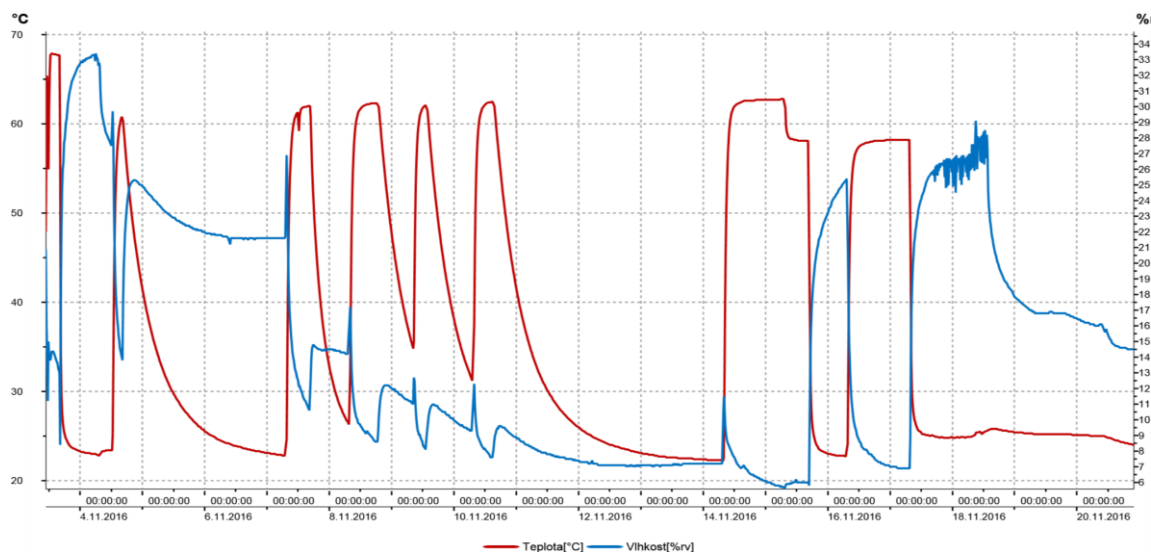
Po zhotovení byly vzorky přesunuty do klimatizační komory Incucell-V 111. Klimatizace vzorků se prováděla z toho důvodu, abychom na vzorcích simulovali teplotní podmínky v transportním kontejneru. Vzorky byly v klimatizační komoře cyklicky namáhány od 3. 11. 2016 do 20. 11. 2016, tedy po dobu 14 dnů. Pro zaznamenávání teplotních a vlhkostních rozdílů byl do komory umístěn teplotní datalogger Testo 174 H. Celý průběh klimatizování je zobrazen na obrázku č. 40.



Obr. 39 – Vzorky uvnitř komory s teplotním dataloggerem (vlastní foto)

Tab. 11 – Technické parametry teplotní komory INSTRON

Teplotní datalogger Testo 174 H				
Čas spuštění:	3. 11. 2016	Měřicí kanály: 2		
Čas ukončení:	20. 11. 2016	Naměřené hodnoty: 8 000		
	Minimum	Maximum	Střední hodnota	Mezní hodnoty
Teplota [°C]	19,1	67,9	25,643	-20.0/70.0
Vlhkost [% rv]	5,6	33,4	20,785	0.0/100.0



Obr. 40 – Průběh změny teploty a relativní vlhkosti v klimatizační komoře (vlastní foto)

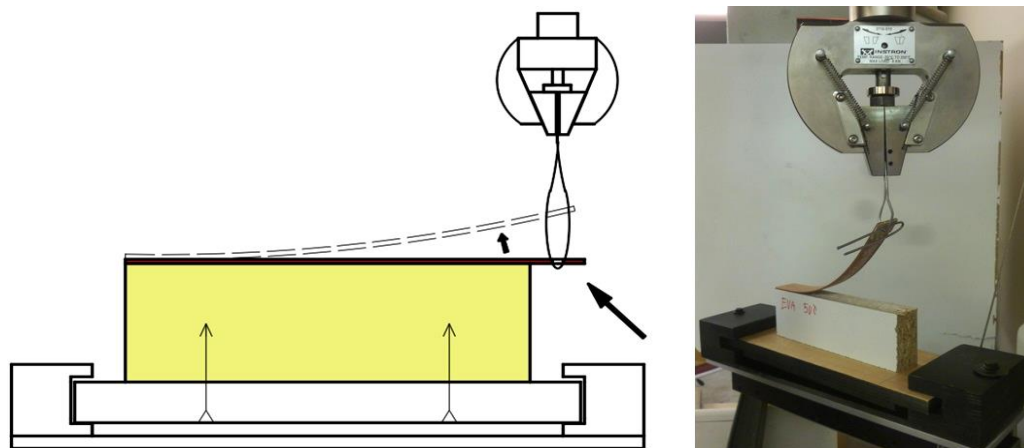
Po skončení cyklování se nechaly zkušební vzorky klimatizovat ve standardních podmínkách po dobu jednoho týdne. Po klimatizaci byly vzorky rozděleny do 6 skupin podle teploty (20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C a 70 °C). Před zkoušením byla každá skupina vzorků vložena do klimatizační komory po dobu 1 hodiny. Zde byla nastavena již požadovaná cílová teplota (v rozmezí 20–70 °C). Po nahřátí jednotlivých skupin následovala již samotná zkouška.

8.3 Zkouška odlupování pod úhlem 90°

Zkouška odlupování se prováděla podle normy ČSN EN 28510–1. Tato norma se nazývá: Lepidla – Zkouška v odlupování zkušebního tělesa z ohebného a tuhého adherendu – Část 1: odlupování pod úhlem 90 stupňů. Tento typ zkoušky je vhodný pro adherendy, které nejsou příliš ohebné a nelze u nich provést zkoušku odlupování pod úhlem 180°. Je to z důvodu nežádoucí tvorby trhlin nebo prasklin.

Vzorky se skládají ze dvou adherendů a hodnoceného lepidla. Šířka lepeného povrchu musí mít šířku $25 \pm 0,5\text{mm}$ a délku minimálně 150 mm. Oba dva adherendy

jsou od sebe odtlačovány rovnoměrnou rychlostí. Rychlost posuvu čelistí se doporučuje okolo 50 ± 5 mm/min. (ČSN EN 28510–1).



Obr. 41 – Agregát pro zkoušku odlupování pod úhlem 90° (vlastní foto)

8.3.1 Postup měření

Zkouška odlupování pod úhlem 90° probíhala na trhacím zařízení INSTRON 3365. Na úplném začátku bylo toto zařízení osazeno speciálním agregátem, který umožňoval vykonání této zkoušky. Po osazení stroje byly nastaveny jednotlivé parametry trhacího stroje a následovalo jeho spuštění. Součástí trhacího stroje je počítač se systémem Bluehill, který zapisoval požadované hodnoty. Mezitím byla potřeba vložit zkušební vzorky do teplotní komory. Následně byly zadány zkušební parametry do systému Bluehill, aby mohla proběhnout samotná zkouška. Zpočátku byly zkoušeny vzorky jednoho druhu lepidla a po jeho dokončení následovala zkouška druhého lepidla.

Jako první byly vyzkoušeny necyklované vzorky a až poté cyklované vzorky. Z teplotní komory byly vždy vytaženy jen dva vzorky, a to z toho důvodu, aby byla u nich zachována požadovaná teplota. Po vyjmutí vzorků z teplotní komory byly připevněny na odnímatelnou část agregátu, který byl určen pro odlupování. Připevnění k této části bylo zajištěno pomocí dvou vrutů. Poté byla odnímatelná část se vzorkem zasunuta zpět do agregátu. Protáhl se háček otvorem v dýchové hraně a připevnil se do čelistí stroje. Po vyvážení stroje probíhalo samotné testování vzorků. Po odzkoušení 15 vzorků byla zvýšená teplota v komoře vždy o 10°C . Měření bylo prováděno na teplotě 20°C , 30°C , 40°C , 50°C , 60°C a 70°C . Každý vzorek byl zdokumentován a následně vyhodnocen.

8.4 Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°

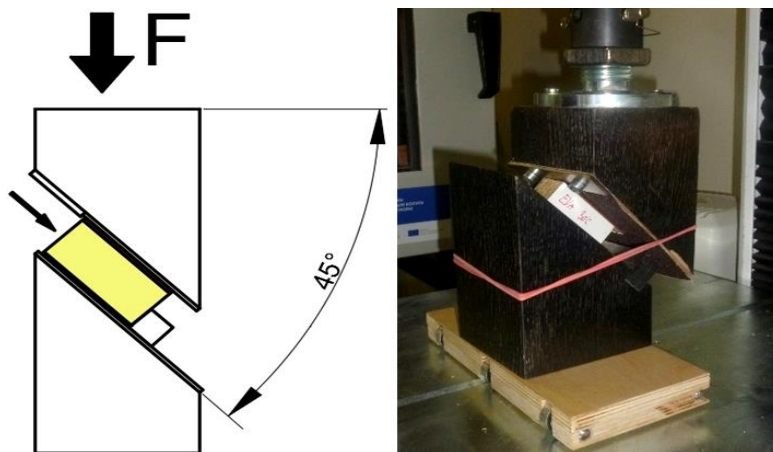
Tato metoda vychází z kombinace dvou druhů napětí. Jedním je normální napětí σ a druhým je smykové napětí τ , které působí proti úhlu v hodnotě 45° při zatížení tlakem. (Dubovský, 1990)

Jedná se o alternativní metodu přídržnosti s tahem kolmo k rovině lepené spáry, která je stanovena normou ČSN EN 311. Tato norma zní: Desky ze dřeva – přídržnost povrchu – zkušební metoda. Celý proces zkoušky byl zapisován pomocí softwaru Bluehill, který zapisoval několik parametrů. Jedním z nich bylo maximální zatížení, které se muselo přepočítat u všech dosažených výsledků, a to podle následujícího vzorce:

$$\tau = \frac{F_{max}}{S \cdot \sqrt{2}} = \quad [MPa] \quad [1]$$

Legenda: τ – smykové napětí [MPa]; F_{max} – maximální zatížení [MPa]; S – plocha [mm]

Tento typ zkoušky umožňuje testovat kvalitu lepidel při teplotním zatížení lepené spáry. Současně nevyžaduje složitou přípravu vzorků a lze ji použít i u některých křehkých materiálů jako jsou HPL lamináty.



Obr. 42 – Agregát pro šikmý tlakový smyk pod úhlem 45° (vlastní foto)

8.4.1 Postup měření

Zkouška smykové pevnosti probíhala na trhacím zařízení INSTRON 3365. Na úplném začátku byl stroj osazen pomocným zkušebním agregátem, který umožňoval vykonání této zkoušky. Po osazení stroje byly nastaveny jednotlivé parametry trhacího stroje a následovalo jeho spuštění. Součástí trhacího stroje je počítač se systémem Bluehill, který zapisoval požadované hodnoty.

Zpočátku byly zkoušeny vzorky jednoho druhu lepidla a po jeho dokončení následovala zkouška druhého lepidla. Jako první byly vyzkoušeny necyklované vzorky a až poté cyklované vzorky. Z teplotní komory byly vždy vytaženy jen dva zkušební vzorky, a to z toho důvodu, aby byla u nich zachována požadovaná teplota. Po vyjmutí byly vzorky připevněny na odnímatelnou část agregátu pro smykovou pevnost. Přitlačení obou agregátů k sobě bylo zajištěno pomocí gumičky. Po odzkoušení 15 vzorků byla zvýšená teplota v komoře vždy o 10 °C. Měření bylo prováděno na teplotě 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C a 70 °C. Každý vzorek byl zdokumentován a následně vyhodnocen.

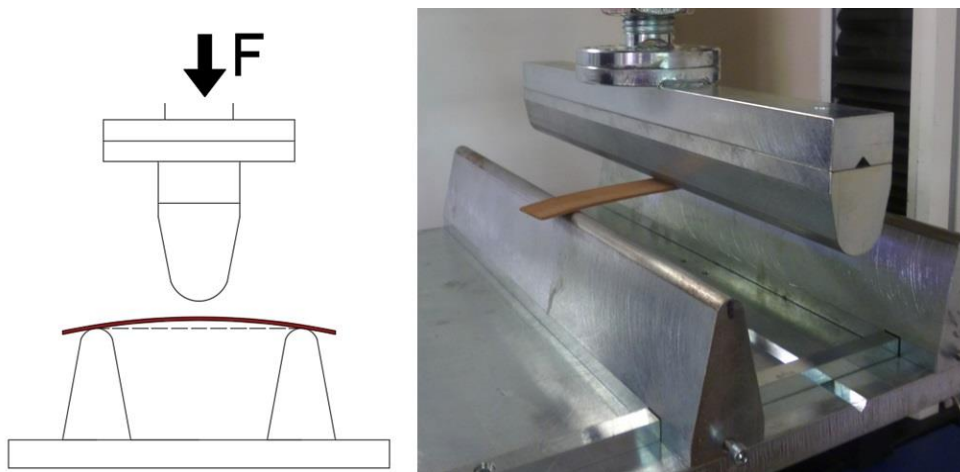
8.5 Zkouška ohybového napětí

V důsledku dalšího rozvedení práce byla provedena ohybová zkouška dýhové hrany. Cílem bylo zjistit, zda napětí v dýhové hraně mělo vliv na odtržení dýhové hrany z DTD-L. Tato metoda je založena na působení síly F na střed zkušebnímu materiálu, který je umístěn na dvou podpěrách. Tyto podpěry jsou od sebe vzdáleny 150 mm. Při výpočtu maximálního napětí vycházíme z Navierova vzorce:

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot F \cdot l_0}{2 \cdot b \cdot h^2} = \quad [MPa] \quad [2]$$

Legenda: σ – maximální napětí [MPa]; F – působící síla [N]; l_0 – vzdálenost mezi podpěrami [m]; h – výška [m]; b – šířka nosníku [m]

Jedná se o alternativní metodu, která předpokládá lineární průběh napětí až po mez pevnosti. Je dána normou ČSN EN 311, která zní: Desky ze dřeva – stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Celý proces zkoušky byl zapisován pomocí softwaru Bluehill, který zapisoval několik parametrů. Jedním z nich bylo ohybové zatížení, které bylo dále zpracováno.



Obr. 43 – Agregát pro ohybovou zkoušku (vlastní foto)

8.5.1 Postup měření

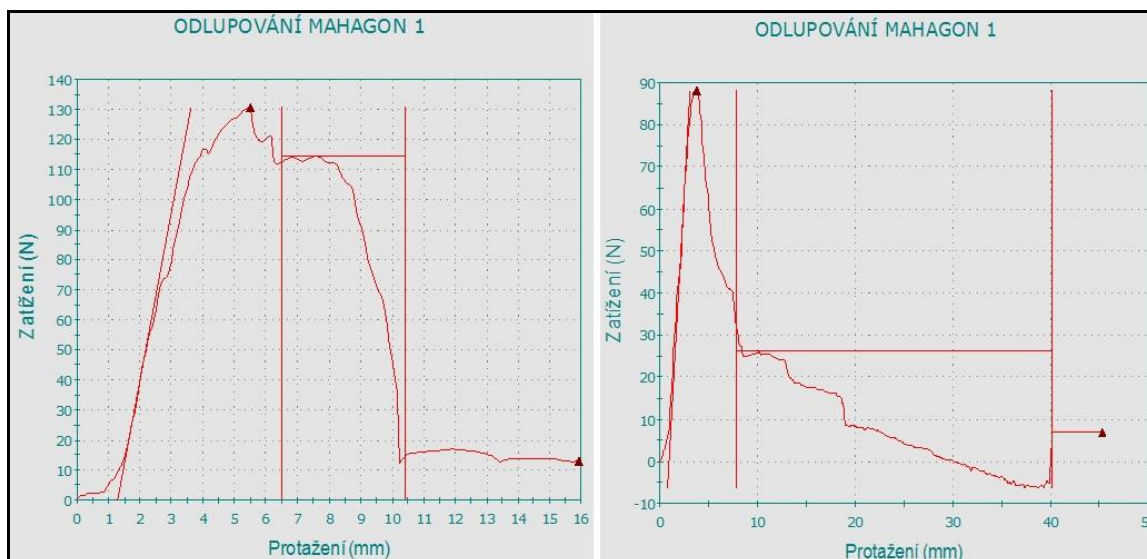
Tato zkouška probíhala na trhacím zařízení INSTRON 3365, které bylo opatřeno speciálním agregátem. Ten umožňuje vykonání této zkoušky. Vzdálenost mezi podpěrami byla stanovena na 150 mm. Velikost dýhové hrany byla 200 mm, šířka 30 mm a tloušťka 2 mm. Kvůli statistickému vyhodnocení bylo vždy zkoušeno 10 hran. Tyto hrany nebyly klimatizovány v klimatizačních komorách, jen byly teplotně zahřáty na příslušnou teplotu. Jako první byly zkoušeny hrany při teplotě 20 °C, poté zkouška proběhla při teplotě 40 °C, 50 °C a 60 °C. Z teplotní komory byly vždy vytaženy jen dva vzorky dýhových hran. Bylo to z toho důvodu, aby u nich byla zachována požadovaná teplota. Po vyjmutí zkušebních vzorků z teplotní komory byly vzorky položeny na podpěry a začalo samotné testování dýhových hran. Trhací stroj se vždy zastavil v místě, kde došlo k vyrovnání dýhové hrany mezi podstavci. Nejdříve byl proveden ohyb mahagonové hrany a poté další dřeviny, které byly zkoušeny pro porovnání s mahagonovou hranou. Konkrétně se jednalo o dřeviny BO, DB, BK, JV a JS. Každý druh hrany byl zdokumentován a následně vyhodnocen.

8.6 Metodika zpracování výsledků

Výsledky zkoušek byly zaznamenány pomocí programu Bluehill. Na základě přednastaveného skriptu byly výsledky graficky a statisticky vyhodnoceny. Pro každou zkoušku zvlášť zaznamenal program potřebné hodnoty.

8.6.1 Zkouška odlupování pod úhlem 90°

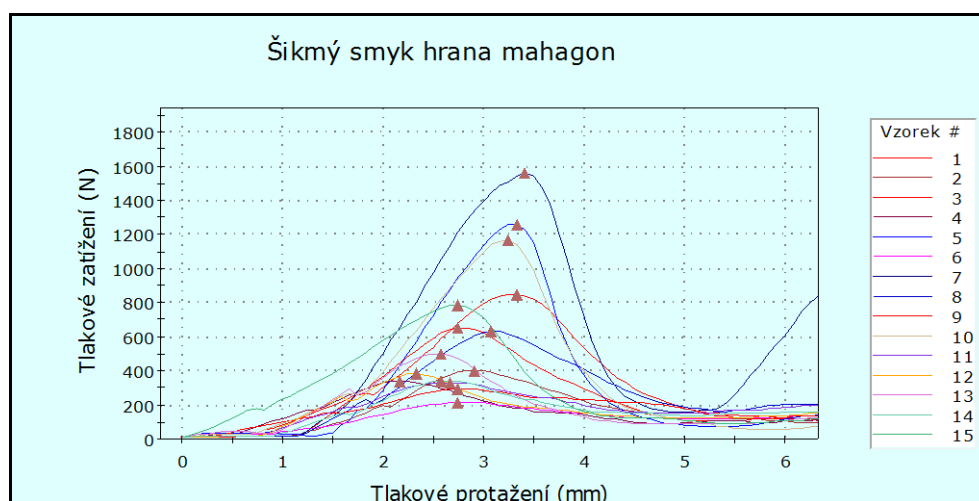
Při této zkoušce bylo pomocí programu Bluehill zaznamenáváno několik hodnot. Jednalo se o průměrné zatížení při průměrné hodnotě [N], zatížení při porušení [N], medián špiček při průměrné hodnotě [N], počet špiček při průměrné hodnotě, rozsah špiček při průměrné hodnotě [N] a protažení při odlupování při porušení [mm]. Program Bluehill zpracoval výsledky na základě proložení planimetrické přímky grafickým zápisem. Došlo tedy k výpočtu průměrné síly, která je potřebná pro odloupení hrany ze vzorků. V důsledku nedodržení požadovaného úhlu 90° mezi DTD a dýhovou hranou se do konečného vyhodnocení neuvazuje počátečních 10 % délky vzorků. Hodnoty průměrného zatížení byly podrobeny popisné statistice (aritmetický průměr, minimum, maximum, medián, směrodatná odchylka). Hodnoty byly graficky zpracovány do spojnicového a krabicového grafu. Pro lepší přehlednost byl zhotoven graf, který zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě.



Obr. 44 – Příklad graf. výstupu zkoušky u PUR (vpravo) a EVA lepidla (vlevo) při 30 °C (vlastní foto)

8.6.2 Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°

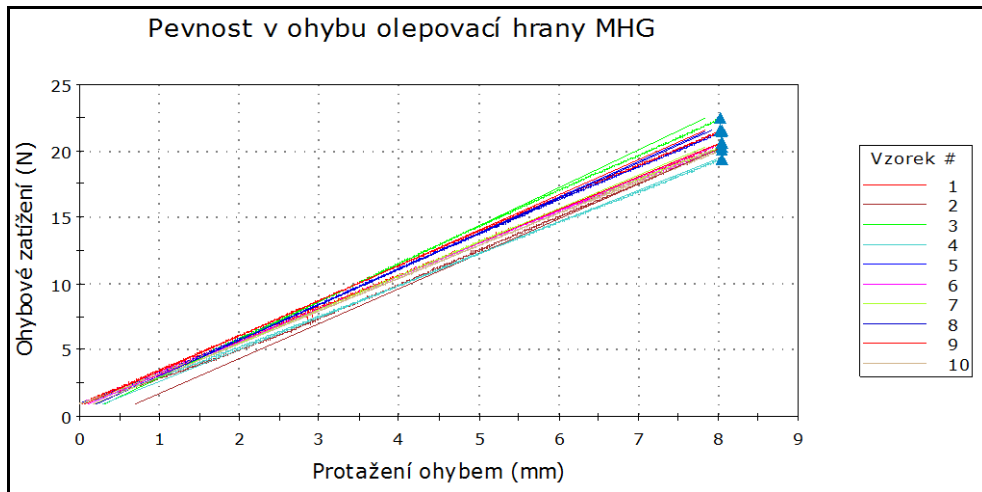
Při této zkoušce bylo pomocí programu Bluehill zaznamenáváno několik hodnot. Jednalo se o maximální zatížení, maximální pevnost, modul pružnosti a tlakové napětí při mezi kluzu. Přepočítané hodnoty maximálního napětí byly podrobeny popisné statistice (aritmetický průměr, minimum, maximum, medián, směrodatná odchylka). Hodnoty byly graficky zpracovány do spojnicového a krabicového grafu. Pro lepší přehlednost byl zhotoven graf, který zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě.



Obr. 45 – Příklad graf. výstupu zkoušky u EVA lepidla při 30 °C (vlastní foto)

8.6.3 Ohybová zkouška

Při této zkoušce bylo pomocí programu Bluehill zaznamenáváno několik hodnot. Jednalo se o protažení ohybem (mm), maximální ohybové zatížení (N) a maximální ohybové napětí (MPa). Z těchto hodnot bylo vybráno pouze maximální ohybové napětí, které bylo dále zpracováno v podobě tabulek a grafů.



Obr. 46 – Příklad graf. výstupu ohybové zkoušky u mahagonové hrany (vlastní foto)

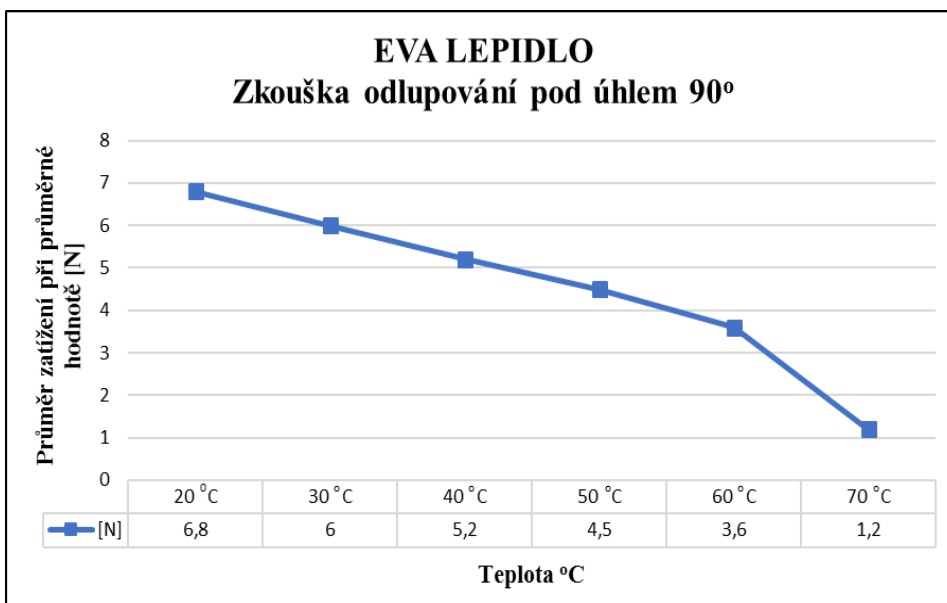
9 Výsledky měření

V této kapitole jsou vyhodnoceny naměřené výsledky laboratorních zkoušek, včetně statistického vyhodnocení a grafického znázornění. Výsledky ze zkoušky odlupování a šikmého tlakového smyku jsou pro lepší přehlednost znázorněny v tabulce a statisticky vyhodnoceny. U každé zkoušky je fotografická dokumentace, která zobrazuje názorný pohled na chování lepeného spoje. Ohybová zkouška je vyhodnocena pouze v podobě tabulek a spojnicových grafů.

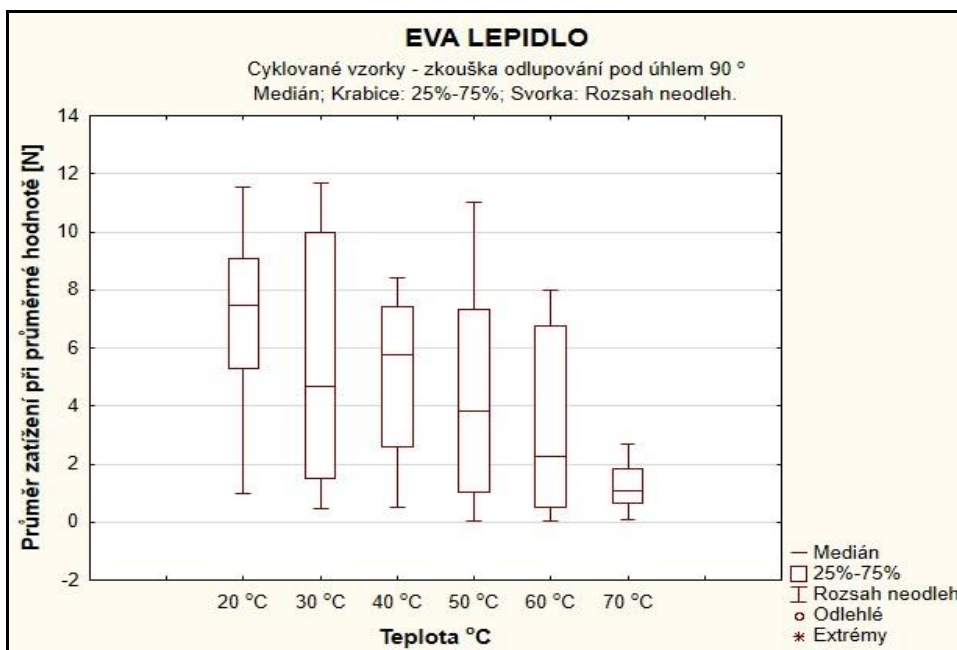
9.1 Zkouška odlupování pod úhlem 90°

Tab. 12 – Výsledky zkoušky odlupování u EVA lepidla

EVA LEPIDLO						
Cyklované vzorky	Průměr zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) [N]					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	8,48772	1,48597	5,77681	10,33942	7,96884	0,06656
2	9,09161	1,43056	7,10119	6,30282	6,75334	0,84998
3	6,28328	9,67102	2,13753	0,05081	2,25494	1,69943
4	0,96496	0,57343	8,42032	1,76614	6,47212	0,63261
5	5,46874	0,48597	2,60201	10,99935	1,25494	2,06413
6	11,53796	8,43784	7,42032	5,71899	0,02621	1,84998
7	5,28328	9,97679	2,14221	7,34563	0,52305	0,06656
8	8,09161	11,67102	0,52153	3,80435	7,96884	1,63261
9	5,46874	2,49663	3,66329	7,33942	4,25494	2,06413
10	7,48772	3,66792	5,77681	0,84791	5,47212	1,06413
11	8,09161	10,67102	8,4232	4,34563	2,25494	0,84998
12	0,96496	4,75681	5,42032	2,76614	0,52305	2,69943
13	10,53796	4,66792	8,10119	1,05081	1,52305	0,63261
14	10,09161	8,43784	3,66326	3,7189	0,02621	0,69943
15	5,28328	11,67102	7,10119	0,84791	6,75334	1,06413
Průměr	6,875669	6,006784	5,218079	4,482949	3,601995	1,1957133
Maximum	11,53796	11,67102	8,4232	10,99935	7,96884	2,69943
Minimum	0,96496	0,48597	0,52153	0,05081	0,02621	0,06656
Medián	7,48772	4,75681	5,77681	3,80435	2,25494	1,06413
Směrodatná odchylka	3,00651	4,07804	2,505112	3,338641	2,922944	0,74593416



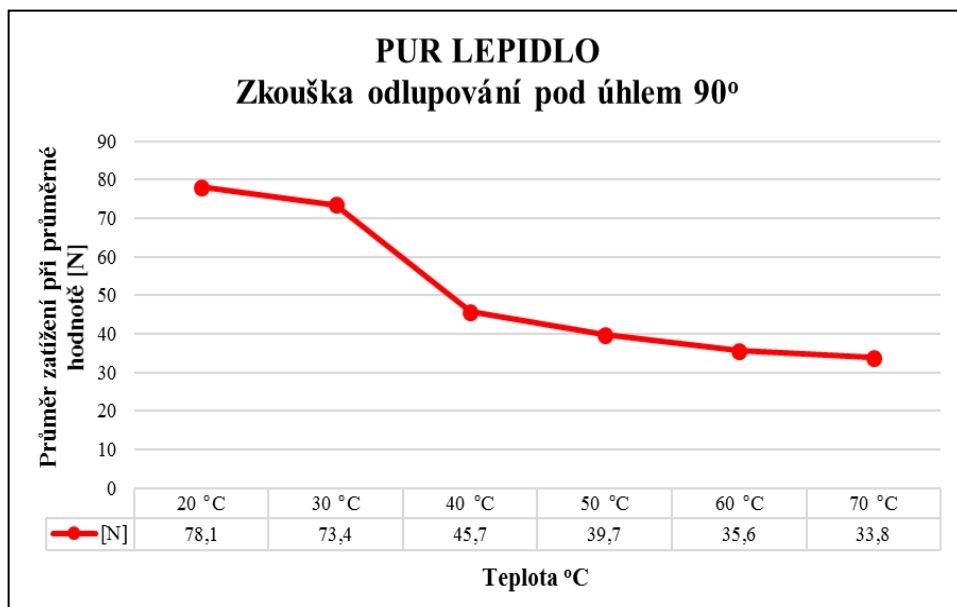
Obr. 47 - Křivka grafu zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě



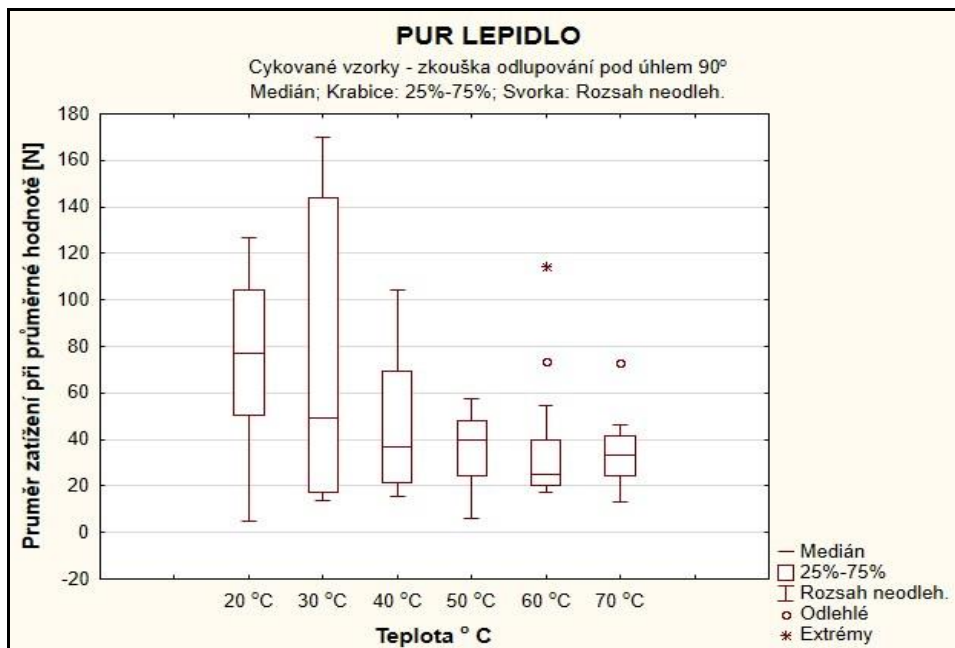
Obr. 48 - Krabicový graf pro zkoušku odlupování u EVA lepidla

Tab. 13 - Výsledky zkoušky odlupování u PUR lepidla

PUR LEPIDLO						
Cyklované vzorky	Průměr zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) [N]					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	100,2924	49,5454	15,6102	39,70948	114,2363	24,57749
2	4,60113	112,3747	27,4732	21,5837	25,09657	25,3313
3	61,30205	51,551	69,45745	48,25871	73,42581	39,01369
4	77,05817	19,40217	104,5557	57,47661	20,2813	41,48033
5	104,5465	168,1883	21,50744	24,1654	18,281	46,10481
6	127,0061	170,1883	36,60407	32,42032	25,09657	33,19627
7	50,27233	17,40217	39,16246	18,54059	24,7569	13,29041
8	100,2924	145,6466	100,9838	6,01588	18,281	17,6852
9	24,74108	13,97501	66,00649	26,91315	25,36329	37,21203
10	61,30205	112,3747	31,53618	40,25871	27,36329	39,01369
11	106,5465	49,54545	21,50744	48,26474	39,69479	72,81676
12	75,05817	15,97501	15,6102	48,25871	30,56412	43,48033
13	125,0061	17,40217	44,18573	42,25871	54,46172	25,3313
14	50,27233	143,6466	21,50744	39,70948	20,2813	15,29011
15	102,5465	13,97501	69,45745	55,47661	17,281	33,19627
Průměr	78,05625	73,41284	45,67768	39,70948	35,631	33,80133
Maximum	127,0061	170,1883	104,5557	21,5837	114,2363	72,81676
Minimum	4,60113	13,97501	15,6102	48,25871	17,281	13,29041
Medián	77,05817	49,54545	36,60407	57,47661	25,09657	33,19627
Směrodatná odchylka	34,69478	59,27789	28,62248	24,1654	25,72677	14,47892



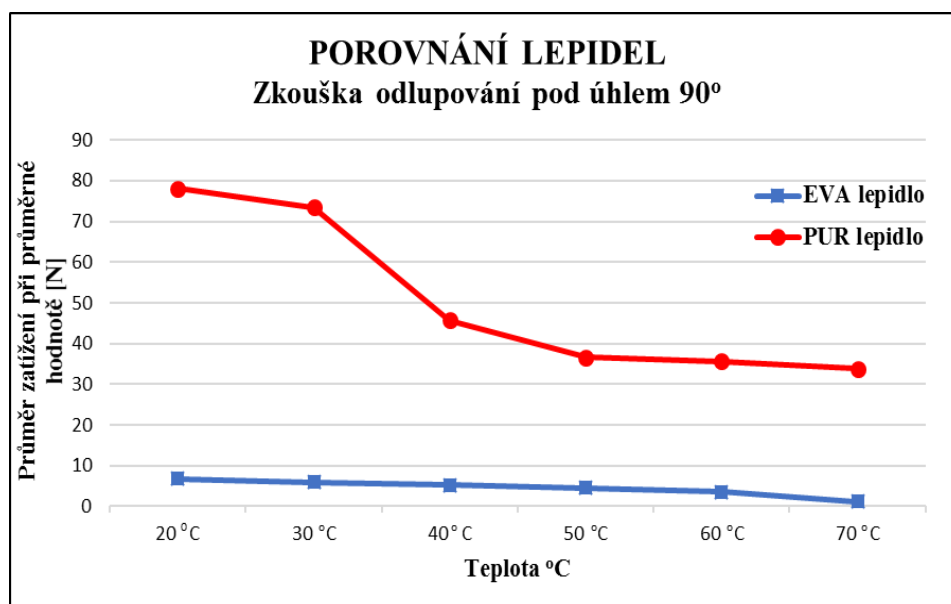
Obr. 49 - Křivka grafu zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě



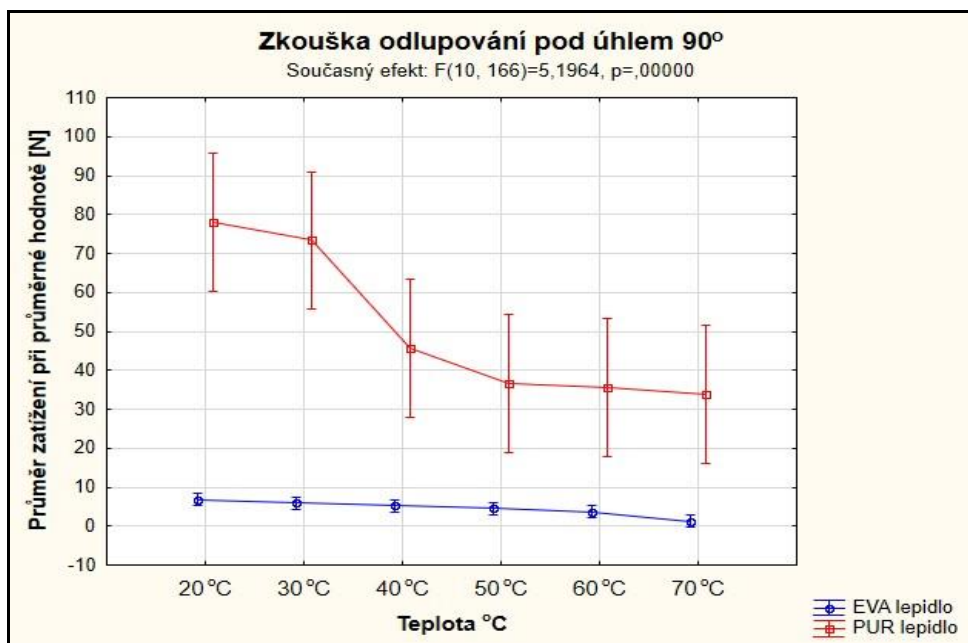
Obr. 50 - Krabicový graf pro zkoušku odlupování u PUR lepidla

Tab. 14 – Porovnání hodnot zatížení mezi PUR lepidlem a EVA lepidlem

Teplota [°C]	EVA lepidlo [N]	Procentuální snížení [%]	PUR lepidlo [N]	Procentuální snížení [%]
20 °C	6,8	0 %	78,1	0 %
30 °C	6,0	11,76 %	73,4	6,02 %
40 °C	5,2	23,53 %	45,7	41,48 %
50 °C	4,5	33,82 %	39,7	49,16 %
60 °C	3,6	47,05 %	35,6	54,41 %
70 °C	1,2	82,35 %	33,8	56,72 %



Obr. 51 - Srovnání zatížení mezi EVA a PUR lepidlem



Obr. 52 - Graf z výsledku vícefaktorové ANOVY u zkoušky odlupování

Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Odlup) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	Stupně volnosti	EVA lepidlo SC	EVA lepidlo PC	EVA lepidlo F	EVA lepidlo p
Abs. člen	1	1874,324	1874,324	201,1090	0,000000
Teplota	5	301,960	60,392	6,4799	0,000039
Chyba	84	782,875	9,320		
Celkem	89	1084,835			

Obr. 53 - Výsledky vícefaktorové ANOVY u zkoušky odlupování pro EVA lepidlo

Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Odlup) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	Stupně volnosti	PUR lepidlo SC	PUR lepidlo PC	PUR lepidlo F	PUR lepidlo p
Abs. člen	1	229825,3	229825,3	194,7221	0,000000
Teplota	5	30002,4	6000,5	5,0840	0,000404
Chyba	84	99143,0	1180,3		
Celkem	89	129145,4			

Obr. 54 - Výsledky vícefaktorové ANOVY u zkoušky odlupování pro PUR lepidlo

Tukeyův HSD test; proměnná EVA lepidlo (Odlup) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PC = 9,3199, sv = 84,000							
Č. buňky	Prom1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	20 °C	6,8757	0,970329	0,673502	0,274213	0,047523	0,000149
2	30 °C	0,970329		0,980612	0,746453	0,268966	0,000710
3	40 °C	0,673502	0,980612		0,985858	0,696723	0,006822
4	50 °C	0,274213	0,746453	0,985858		0,968510	0,046032
5	60 °C	0,047523	0,268966	0,696723	0,968510		0,268321
6	70 °C	0,000149	0,000710	0,006822	0,046032	0,268321	

Obr. 55 - Tukeyův HSD test u zkoušky odlupování pro EVA lepidlo

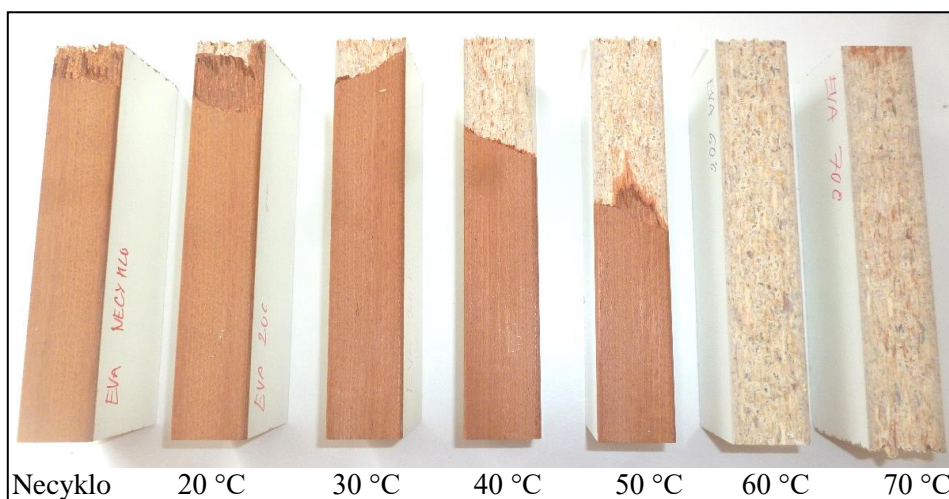
Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná PUR lepidlo (Odlup)						
	Prom1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		78,056	73,413	45,678	36,621	35,631	33,801
1	20 °C		0,999121	0,113491	0,017186	0,013622	0,008757
2	30 °C	0,999121		0,243896	0,048000	0,038922	0,026074
3	40 °C	0,113491	0,243896		0,978792	0,966656	0,933040
4	50 °C	0,017186	0,048000	0,978792		1,000000	0,999927
5	60 °C	0,013622	0,038922	0,966656	1,000000		0,999991
6	70 °C	0,008757	0,026074	0,933040	0,999927	0,999991	

Obr. 56 - Tukeyův HSD test u zkoušky odlupování pro PUR lepidlo

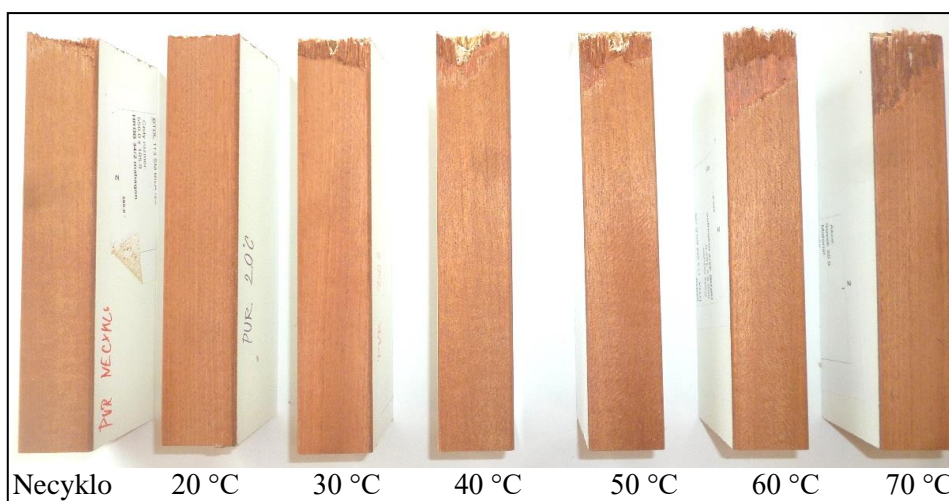
Tab. 15 - Porovnání hodnot zatížení mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky

Lepidlo [při 20 °C]	Cyklované vzorky [N]	Necyklované vzorky [N]	Procentuální snížení / zvýšení [%]
EVA lepidlo	6,87	7,49	8,2 %
PUR lepidlo	78,1	37,65	51,8 %

9.1.1 Ukázka zkušebních vzorků po zkoušce odlupování



Obr. 57 - EVA lepidlo u zkoušky odlupování (vlastní foto)



Obr. 58 - PUR lepidlo u zkoušky odlupování (vlastní foto)



Obr. 59 - Ukázka rozdílného chování vzorků u EVA (vlevo) a PUR lepidla (vpravo) (vlastní foto)



Obr. 60 - Detail vzorků EVA (dole) a PUR lepidla (nahore) při 70 °C (vlastní foto)

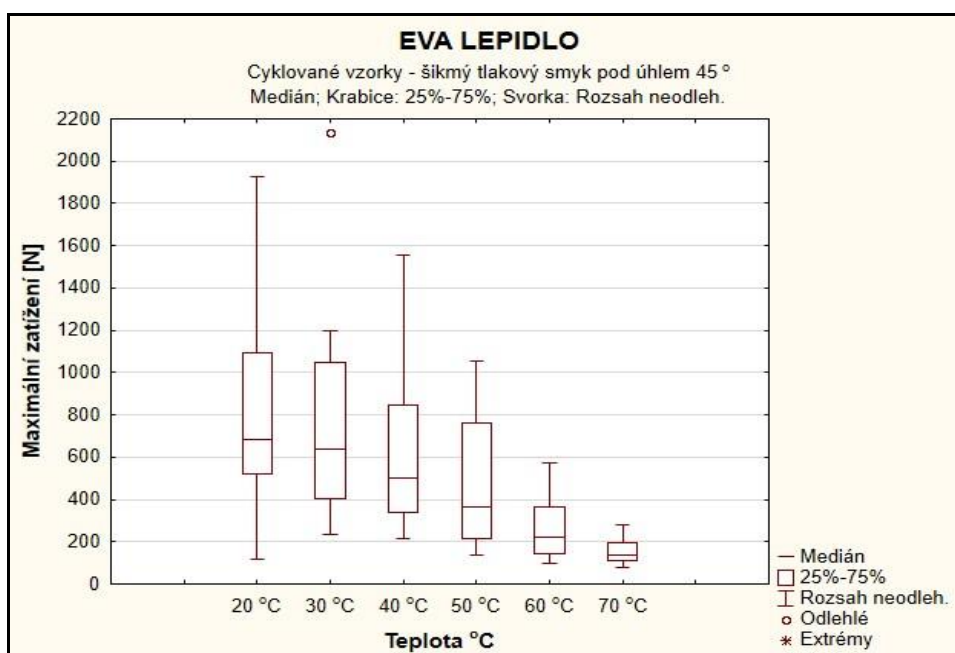


Obr. 61 - Odlepení dýhové hrany po vytažení z klimatizační komory (vlastní foto)

9.2 Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°

Tab. 16 - Výsledky zkoušky šikmého tlakového smyku u EVA lepidla

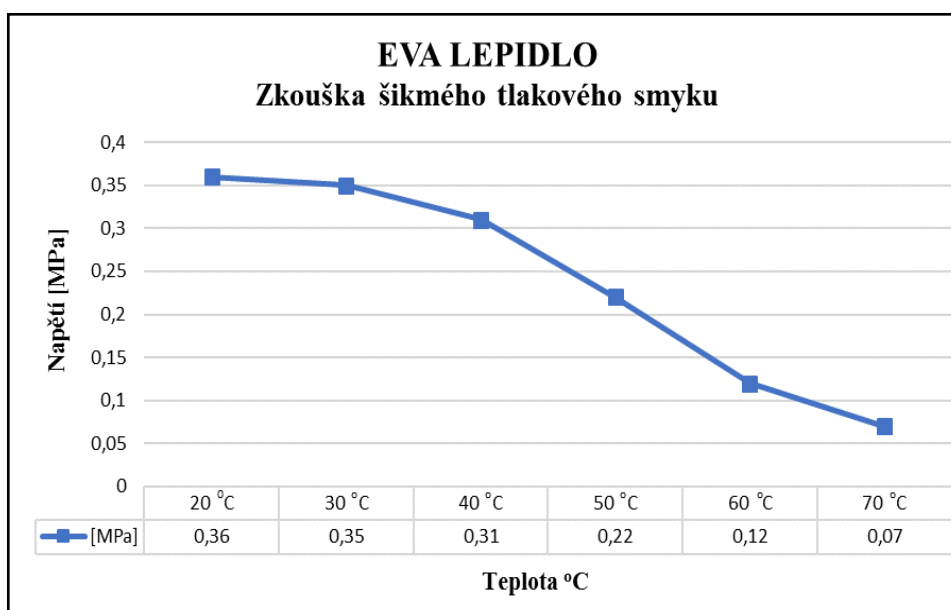
EVA LEPIDLO						
Cyklované vzorky	Maximální zatížení [N]					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	1926,25	1197,274	849,3942	874,0363	338,4563	137,5242
2	1372,534	724,3617	404,015	163,3826	366,1447	167,3624
3	718,5513	1047,654	651,9375	648,7494	345,7306	214,3652
4	681,2462	1053,683	341,29	758,7531	180,1365	136,8772
5	521,2996	547,1788	1260,237	364,7158	495,5828	112,3238
6	528,0504	400,7029	216,1294	1054,406	143,2026	254,7011
7	882,1926	638,6848	1557,148	214,4525	115,7908	100,3877
8	672,445	2135,267	630,8442	262,2586	285,3135	149,6932
9	116,1669	475,1014	294,8082	868,672	386,792	281,9964
10	520,4058	283,2432	1163,728	152,5019	95,78233	80,1761
11	1111,153	904,6446	333,4032	534,9664	219,1843	137,3571
12	426,02	550,5116	381,5562	249,7636	570,0984	194,0449
13	257,9576	313,0692	501,6054	134,4845	143,7414	117,2931
14	1091,466	232,7666	338,2528	637,6999	168,6721	110,7636
15	772,3353	905,0953	785,8389	226,4697	117,8347	176,2336
Průměr	773,2049	760,6158	647,3459	476,3542	264,8309	158,0733
Maximum	1926,25	2135,267	1557,148	1054,406	570,0984	281,9964
Minimum	116,1669	232,7666	216,1294	134,4845	95,78233	80,1761
Medián	681,2462	638,6848	501,6054	364,7158	219,1843	137,5242
Směrodatná odchylka	442,9344	470,0338	389,8219	299,5029	142,4351	55,57785



Obr. 62 - Krabicový graf pro zkoušku šikmého tlakového smyku u EVA lepidla

Tab. 17 - Přepočet výsledků zkoušky šikmého tlakového smyku EVA lepidla

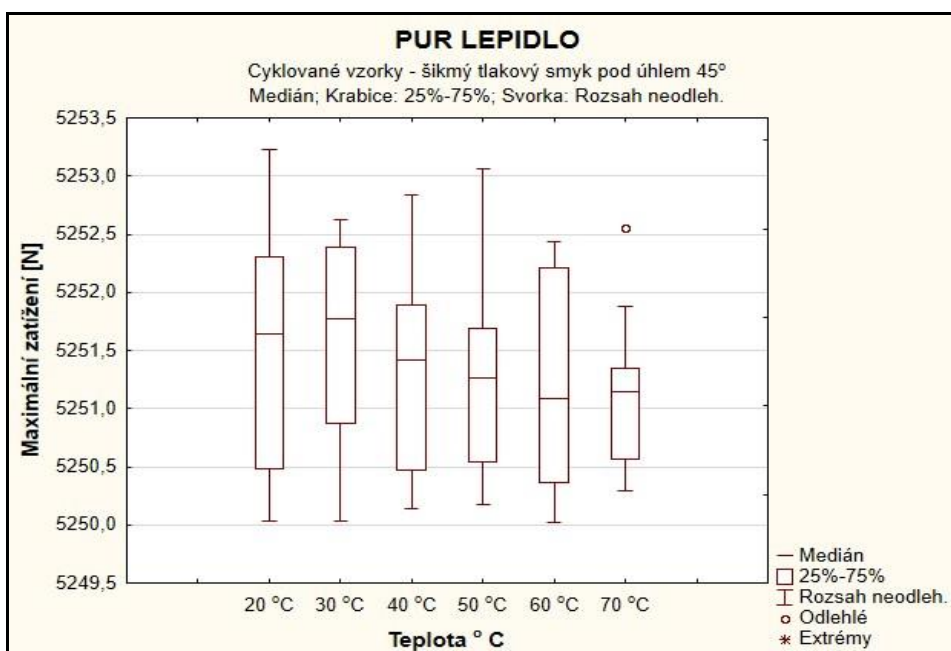
EVA LEPIDLO						
Cyklované vzorky	Pevnost ve spáře tlakový smyk- napětí r (MPa)					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	0,90804	0,56440	0,40041	0,41202	0,15955	0,06483
2	0,64702	0,34147	0,19045	0,07702	0,17260	0,07890
3	0,33873	0,49387	0,30733	0,30582	0,16298	0,10105
4	0,32114	0,49671	0,16089	0,35768	0,08492	0,06452
5	0,24574	0,25794	0,59408	0,17193	0,23362	0,05295
6	0,24893	0,18889	0,10188	0,49705	0,06751	0,12007
7	0,41587	0,30108	0,73405	0,10109	0,05458	0,04732
8	0,31699	1,00657	0,29738	0,12363	0,13450	0,07057
9	0,05476	0,22396	0,13897	0,40950	0,18234	0,13293
10	0,24532	0,13352	0,54859	0,07189	0,04515	0,03780
11	0,52380	0,42645	0,15717	0,25219	0,10332	0,06475
12	0,20083	0,25951	0,17987	0,11774	0,26875	0,09147
13	0,12160	0,14758	0,23646	0,06340	0,06776	0,05529
14	0,51452	0,10973	0,15945	0,30061	0,07951	0,05221
15	0,36408	0,42667	0,37045	0,10676	0,05555	0,08308
Průměr	0,3645	0,3586	0,3052	0,2246	0,1248	0,0745
Maximum	0,9080	1,0066	0,7340	0,4971	0,2687	0,1329
Minimum	0,0548	0,1097	0,1019	0,0634	0,0452	0,0378
Medián	0,3211	0,3011	0,2365	0,1719	0,1033	0,0648
Směrodatná odchylka	0,2088	0,2216	0,1838	0,1412	0,0671	0,0262



Obr. 63 - Křivka grafu zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě

Tab. 18 - Výsledky zkoušky šikmého tlakového smyku u PUR lepidla

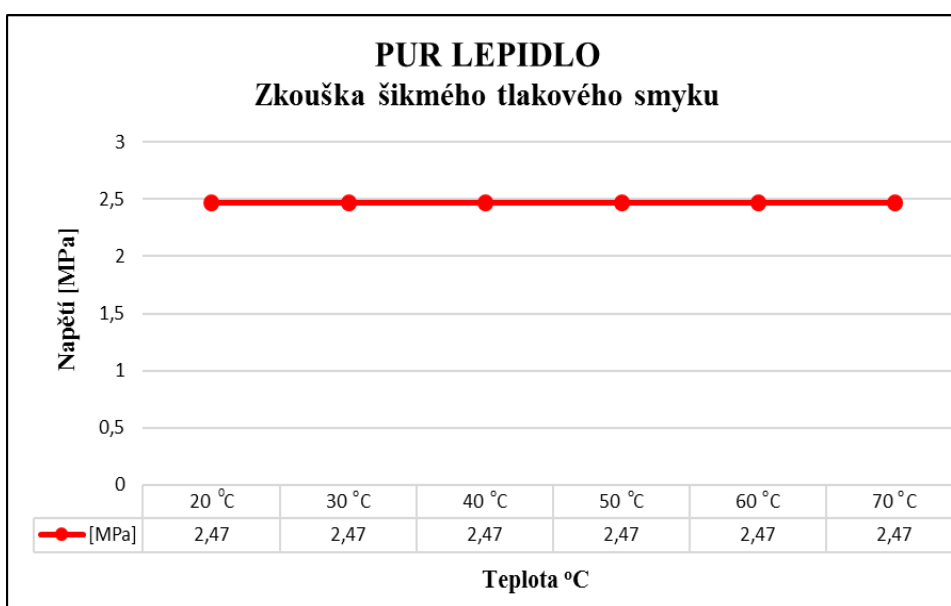
PUR LEPIDLO						
Cyklované vzorky	Maximální zatížení [N]					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	5252,624	5251,769	5250,275	5250,887	5250,121	5250,683
2	5251,646	5251,837	5252,837	5250,84	5251,448	5252,548
3	5250,268	5252,626	5250,978	5250,54	5251,992	5251,341
4	5250,037	5252,567	5251,469	5250,4	5250,831	5250,563
5	5252,235	5250,029	5251,89	5250,173	5251,083	5251,874
6	5250,478	5250,555	5250,137	5251,589	5250,017	5251,167
7	5251,33	5252,129	5250,392	5253,058	5250,292	5251,67
8	5250,936	5250,93	5250,469	5251,694	5250,944	5250,295
9	5252,311	5250,871	5251,469	5251,267	5252,213	5250,655
10	5253,234	5251,602	5251,039	5251,503	5252,431	5251,14
11	5251,65	5252,39	5250,689	5252,065	5250,687	5251,219
12	5250,27	5250,878	5251,423	5250,227	5250,369	5250,477
13	5251,33	5250,029	5252,837	5251,589	5252,213	5251,14
14	5253,234	5252,39	5251,469	5252,065	5251,992	5250,683
15	5251,646	5251,837	5251,89	5251,267	5252,431	5250,563
Průměr	5251,549	5251,496	5251,284	5251,278	5251,271	5251,068
Maximum	5253,234	5252,626	5252,837	5253,058	5252,431	5252,548
Minimum	5250,037	5250,029	5250,137	5250,173	5250,017	5250,295
Medián	5251,646	5251,769	5251,423	5251,267	5251,083	5251,14
Směrodatná odchylka	1,003383	0,857472	0,815634	0,766516	0,851769	0,591313



Obr. 64 - Krabicový graf pro zkoušku šikmého tlakového smyku u PUR lepidla

Tab. 19 - Přepočet výsledků zkoušky šikmého tlakového smyku u PUR lepidla

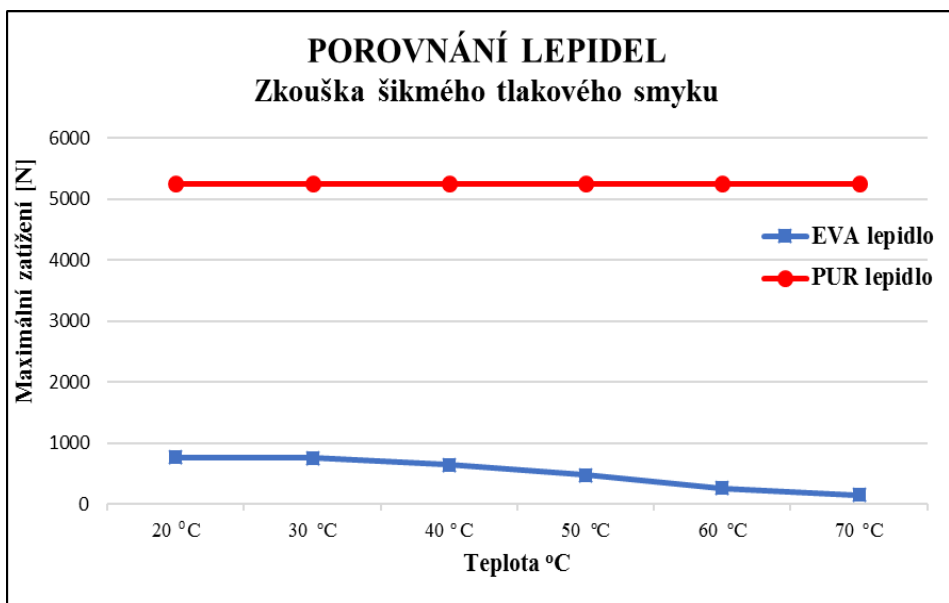
PUR LEPIDLO						
Cyklované vzorky	Pevnost ve spáře tlakový smyk- napětí r (MPa)					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	2,47611	2,47571	2,47500	2,47529	2,47493	2,47520
2	2,47565	2,47574	2,47621	2,47527	2,47556	2,47608
3	2,47500	2,47611	2,47533	2,47513	2,47581	2,47551
4	2,47489	2,47608	2,47557	2,47506	2,47527	2,47514
5	2,47593	2,47489	2,47576	2,47496	2,47538	2,47576
6	2,47510	2,47514	2,47494	2,47562	2,47488	2,47542
7	2,47550	2,47588	2,47506	2,47632	2,47501	2,47566
8	2,47531	2,47531	2,47509	2,47567	2,47532	2,47501
9	2,47596	2,47528	2,47557	2,47547	2,47592	2,47518
10	2,47640	2,47563	2,47536	2,47558	2,47602	2,47541
11	2,47565	2,47600	2,47520	2,47585	2,47520	2,47545
12	2,47500	2,47529	2,47554	2,47498	2,47505	2,47510
13	2,47550	2,47489	2,47621	2,47562	2,47592	2,47541
14	2,47640	2,47600	2,47557	2,47585	2,47581	2,47520
15	2,47565	2,47574	2,47576	2,47547	2,47602	2,47514
Průměr	2,4756	2,4756	2,4755	2,4755	2,4755	2,4754
Maximum	2,4764	2,4761	2,4762	2,4763	2,4760	2,4761
Minimum	2,4749	2,4749	2,4749	2,4750	2,4749	2,4750
Medián	2,4756	2,4757	2,4755	2,4755	2,4754	2,4754
Směrodatná odchylka	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003



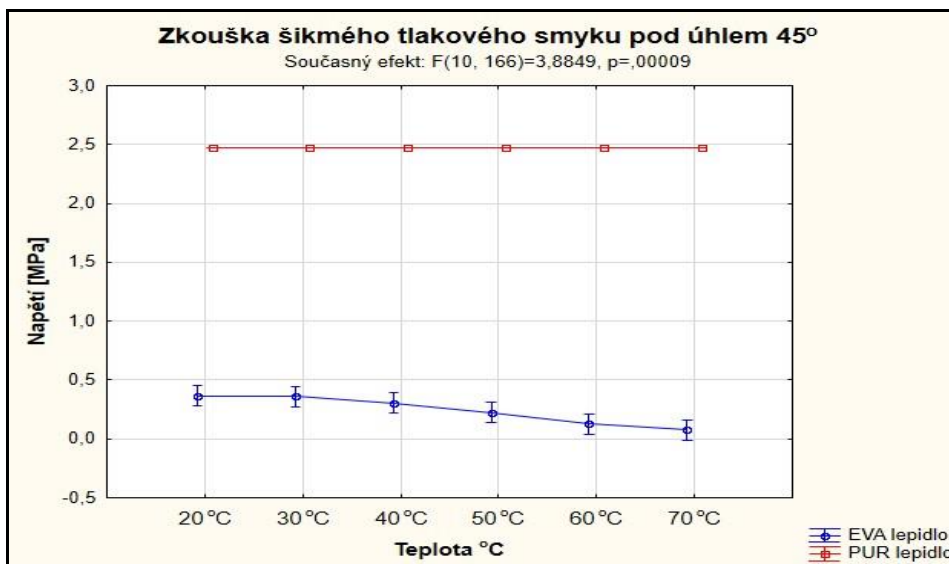
Obr. 65 - Křivka grafu zobrazuje stejnoměrné hodnoty zatížení při zvyšující teplotě

Tab. 20 - Porovnání hodnot zatížení mezi PUR lepidlem a EVA lepidlem

Teplota [°C]	EVA lepidlo [N]	Procentuální snížení [%]	PUR lepidlo [N]	Procentuální snížení [%]
20 °C	773,2	0 %	5251	0 %
30 °C	760,6	1,62 %	5251	0 %
40 °C	647,3	16,28 %	5251	0 %
50 °C	476,4	38,38 %	5251	0 %
60 °C	264,8	65,75 %	5251	0 %
70 °C	158,1	79,55 %	5251	0 %



Obr. 66 - Srovnání zatížení mezi EVA a PUR lepidlem



Obr. 67 - Graf z výsledku vícefaktorové ANOVY u zkoušky šikmého tlakového smyku

Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Smyk napětí) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	Stupně volnosti	EVA lepidlo SC	EVA lepidlo PC	EVA lepidlo F	EVA lepidlo p
Abs. člen	1	5,271660	5,271660	194,7421	0,000000
"Prom1"	5	1,119901	0,223980	8,2741	0,000002
Chyba	84	2,273877	0,027070		

Obr. 68 – Výsledky vícefaktorové ANOVY u šikmého tlakového smyku pro EVA lepidlo

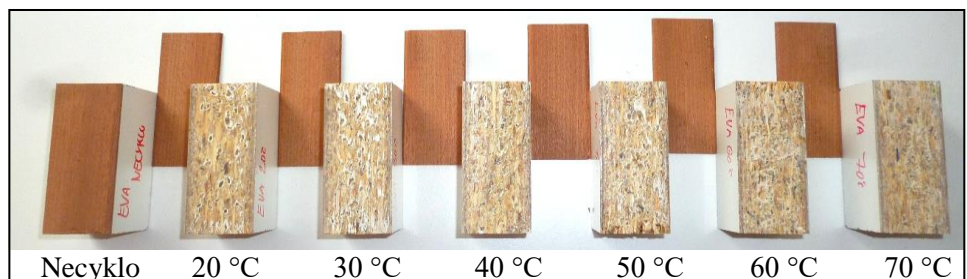
Tukeyův HSD test; proměnná EVA lepidlo (Smyk napětí) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PC = ,02707, sv = 84,000							
Č. buňky	Prom1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	20 °C	,36449	,35856	,30516	,22456	,12484	,07452
2	30 °C		0,999999	0,920751	0,194215	0,002009	0,000202
3	40 °C	0,999999		0,948266	0,235147	0,002763	0,000247
4	50 °C	0,920751	0,948266		0,761016	0,040016	0,003258
5	60 °C	0,194215	0,235147	0,761016		0,561984	0,136690
6	70 °C	0,002009	0,002763	0,040016	0,561984		0,959610
		0,000202	0,000247	0,003258	0,136690	0,959610	

Obr. 69 - Tukeyův HSD test u šikmého tlakového smyku pro EVA lepidlo

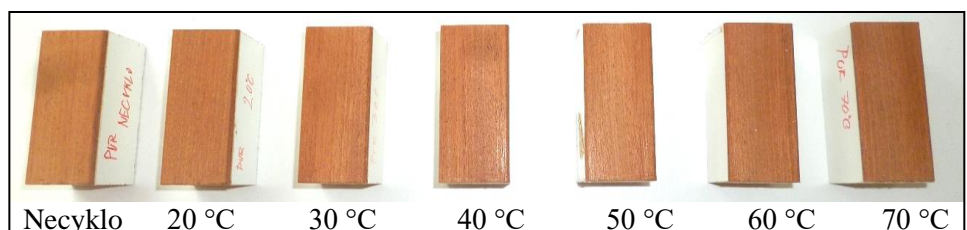
Tab. 21 - Porovnání hodnot zatížení mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky

Lepidlo [při 20 °C]	Cyklované vzorky [N]	Necyklované vzorky [N]	Procentuální snížení [%]
EVA lepidlo	773,2	5251	85,25 %
PUR lepidlo	5251	5251	0 %

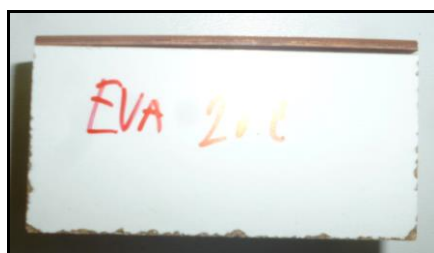
9.2.1 Ukázka zkušebních vzorků po zkoušce šikmého tlakového smyku



Obr. 70 - EVA lepidlo u zkoušky šikmého tlakového smyku (vlastní foto)



Obr. 71 - PUR lepidlo u zkoušky šikmého tlakového smyku (vlastní foto)

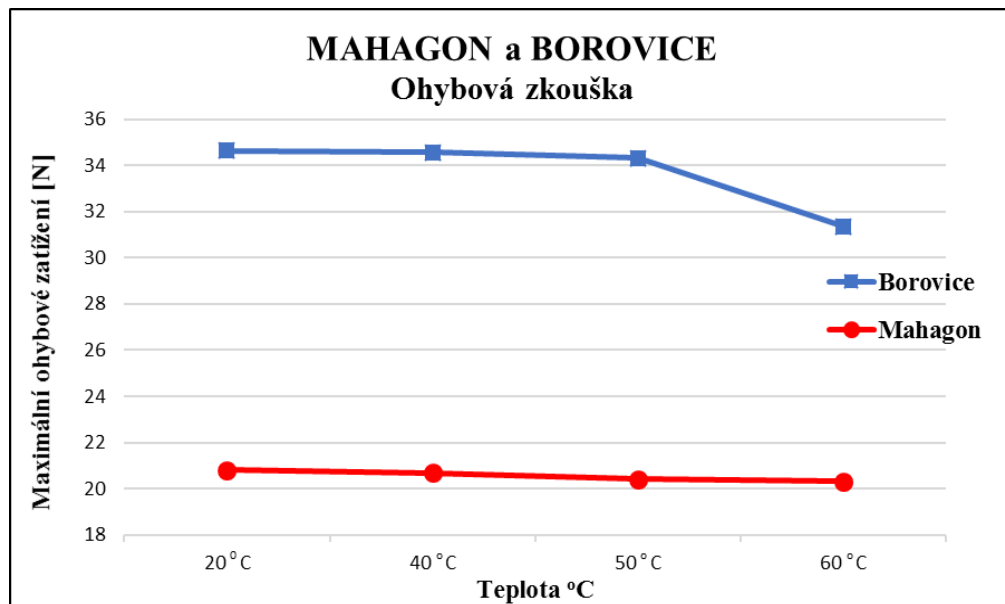


Obr. 72 - Odlepení dýhové hrany po vytažení z klimatizační komory (vlastní foto)

9.3 Ohybová zkouška

Tab. 22 - Výsledky ohybové zkoušky MHG a BO

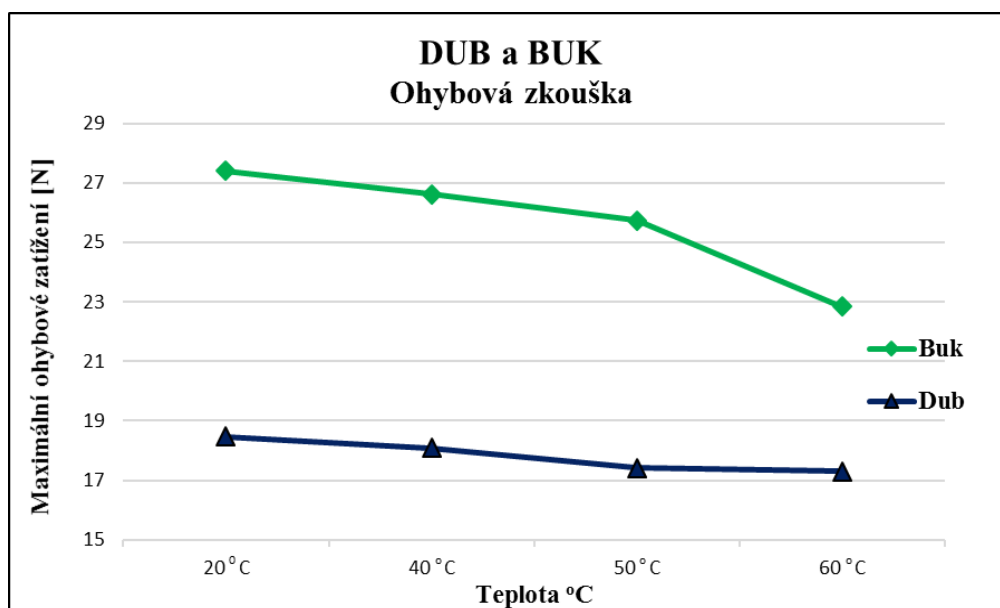
MAHAGON					BOROVICE				
Maximální ohybové zatížení [N]					Maximální ohybové zatížení [N]				
Teplota	20 °C	40 °C	50 °C	60 °C	Teplota	20 °C	40 °C	50 °C	60 °C
1	20,63	19,21	19,58	19,2	1	32,73	34,67	36,21	31,76
2	20,32	21,41	20,61	20,91	2	34,85	35,24	34,46	30,49
3	22,5	19,93	21,49	19,55	3	35,94	34,64	35,04	30,8
4	19,4	21,33	19,33	21,05	4	33,21	38,58	37,95	34,02
5	21,43	19,87	20,42	19,7	5	33,19	33,38	32,79	29,29
6	20,32	21,2	20,75	21,21	6	33,76	33,66	33,89	30,95
7	20,31	21,21	20,57	20,6	7	35,28	33,35	33,77	31,16
8	21,56	20,49	20,15	20,49	8	35,16	34,97	34,5	31,69
9	21,53	20,57	20,85	19,89	9	35,94	33,66	33,77	34,02
10	20,11	21,58	20,28	20,55	10	36,28	33,35	30,79	29,29
Průměr	20,81	20,68	20,40	20,32	Průměr	34,63	34,55	34,32	31,35
Maximum	22,50	21,58	21,49	21,21	Maximum	36,28	38,58	37,95	34,02
Minimum	19,40	19,21	19,33	19,20	Minimum	32,73	33,35	30,79	29,29
Medián	20,48	20,89	20,50	20,52	Medián	35,01	34,15	34,18	31,06
Smodch.	0,87	0,76	0,59	0,65	Smodch.	1,24	1,51	1,81	1,56



Obr. 73 - Maximální ohybové zatížení MHG a BO

Tab. 23 - Výsledky ohybové zkoušky DB a BK

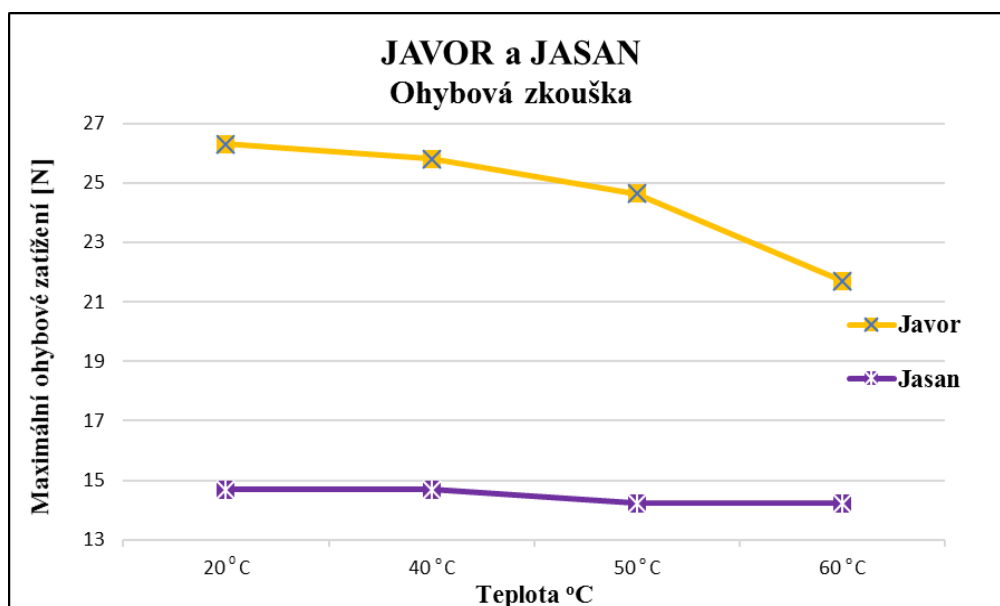
DUB					BUK				
Maximální ohybové zatížení [N]					Maximální ohybové zatížení [N]				
Teplota	20 °C	40 °C	50 °C	60 °C	Teplota	20 °C	40 °C	50 °C	60 °C
1	16,79	19,13	18,48	15,53	1	27,13	26,68	24,81	22,28
2	17,08	16,93	16,51	18,87	2	26,4	26,44	25,16	21,48
3	19,84	18,26	17,56	16,33	3	27,13	28,1	26,33	25,21
4	19,98	18,98	17,57	15,93	4	27,72	26,7	26,9	22,48
5	19,41	18,06	19,17	17,35	5	27,45	25,75	24,7	22,62
6	17,4	19,51	17,54	18,96	6	26,88	27,66	27,2	23,15
7	17,43	17,14	16,08	18,08	7	27,73	25,02	23,62	21,93
8	18,37	16,75	16,46	17,29	8	27,98	27,58	27,39	23,04
9	19,42	16,76	19,07	16,2	9	29,25	24,64	23,72	22,73
10	18,86	19,23	15,76	18,32	10	26,34	27,67	27,6	23,49
Průměr	18,46	18,08	17,42	17,29	Průměr	27,40	26,62	25,74	22,84
Maximum	19,98	19,51	19,17	18,96	Maximum	29,25	28,10	27,60	25,21
Minimum	16,79	16,75	15,76	15,53	Minimum	26,34	24,64	23,62	21,48
Medián	18,62	18,16	17,55	17,32	Medián	27,29	26,69	25,75	22,68
Smodch.	1,14	1,05	1,15	1,18	Smodch.	0,81	1,12	1,44	0,97



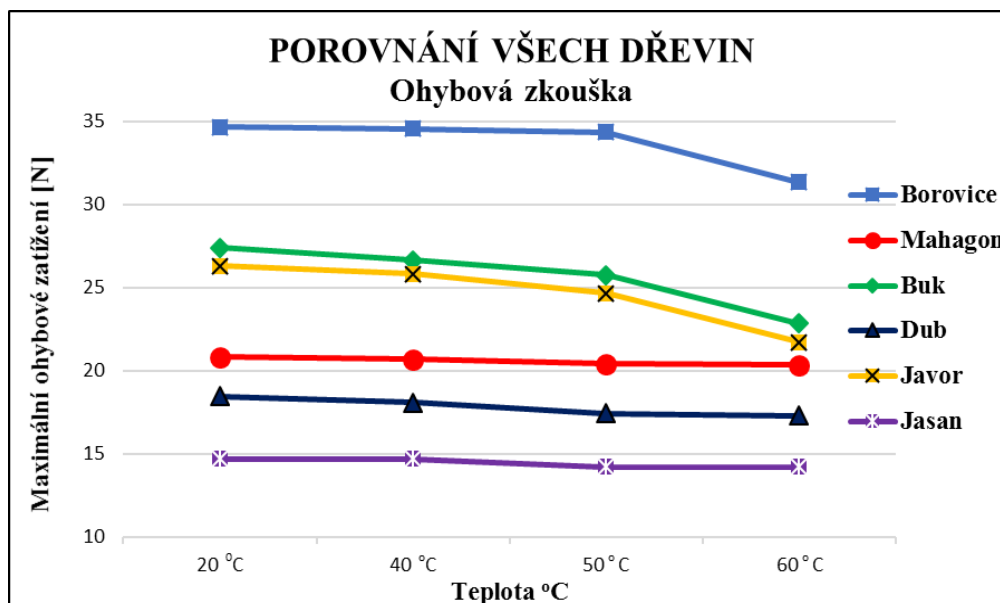
Obr. 74 - Maximální ohybové zatížení MHG a BO

Tab. 24 - Výsledky ohybové zkoušky JV a JS

JAVOR					JASAN				
Maximální ohybové zatížení [N]					Maximální ohybové zatížení [N]				
Teplota	20 °C	40 °C	50 °C	60 °C	Teplota	20 °C	40 °C	50 °C	60 °C
1	28,26	26,82	26,12	19,92	1	15,14	14,47	16,03	13,99
2	28,93	28,79	23,43	21,21	2	15,14	15,38	14,22	13,89
3	26,34	25,27	23,46	22,1	3	13,01	12,73	15,17	14,37
4	26,28	18,14	23,75	20,71	4	15,48	15,23	12,49	14,36
5	28,15	26,05	24,36	20,81	5	14,42	15,41	14,75	14,88
6	25,77	26,62	25,89	22,15	6	15,19	15,08	13,36	14,67
7	20,35	26,05	25,7	25,91	7	13,18	13,31	14,78	14,1
8	26,69	26,1	23,08	18,58	8	15,09	15,47	12,2	13,45
9	25,88	26,18	25,17	25,2	9	14,65	14,61	14,91	15,11
10	26,33	27,98	25,45	20,51	10	15,55	15,17	14,28	13,39
Průměr	26,30	25,80	24,64	21,71	Průměr	14,69	14,69	14,22	14,22
Maximum	28,93	28,79	26,12	25,91	Maximum	15,55	15,47	16,03	15,11
Minimum	20,35	18,14	23,08	18,58	Minimum	13,01	12,73	12,20	13,39
Medián	26,34	26,14	24,77	21,01	Medián	15,12	15,13	14,52	14,23
Smodch.	2,24	2,73	1,09	2,16	Smodch.	0,86	0,90	1,14	0,54



Obr. 75 - Maximální ohybové zatížení JV a JS



Obr. 76 - Maximální ohybové zatížení u všech vybraných dřevin

9.3.1 Ukázka zkušebních vzorků po ohybové zkoušce



Obr. 77 - Dýhová hrana po ohybové zkoušce (vlastní foto)

10 Vyhodnocení výsledků

10.1 Vyhodnocení výsledků pro zkoušku odlupování pod úhlem 90°

Tabulky č. 12–14, obr. č. 47-61, str. 61-67 ukazují na vzniklé rozdíly mezi lepidlem na bázi EVA a PUR při zatěžování zvýšenými teplotami. Při normální dílenské teplotě (okolo 20 °C) dosahuje EVA lepidlo maximální zatížení pouze okolo 7 N, což je o 11 x méně v porovnání s PUR lepidlem. U vzorků olepených EVA lepidlem se projevil vliv samotného klimatizování, který byl patrný již po vyjmutí z klimatizační komory (obr. 61). U těchto vzorků došlo při střídání vysokých a nízkých teplot k uvolnění dýhové hrany od DTD. Toto uvolnění je způsobeno tím, že dýhová hrana obsahovala vnitřní napětí a měla tendenci se vracet do původního stavu. Při zvyšující se teplotě se hodnota maximálního zatížení u EVA lepidla snižovala stejným trendem od 0 % do 47 % (vztaženo na vzorek při teplotě 20 °C) až do teploty 60°C. Po překročení této teploty docházelo k rychlému poklesu, tedy od 47 % až do 82 %. Tento prudký pokles je způsoben tím, že při teplotě 70 °C nebylo potřeba vyvinout velkou sílu na odtržení dýhové hrany. Díky tomu se hodnota maximálního zatížení pohybovala pouze okolo 1,2 N. Do teploty 50 °C docházelo k porušení zkušebních vzorků v dýhové hraně, která ve většině případů praskla. U teploty nad 60 °C zůstával na DTD souvislý film lepidla, dýhová hrana se během zkoušky odlupovala po celé délce dílce.

Při normální dílenské teplotě (okolo 20 °C) dosahuje lepidlo na bázi PUR maximální zatížení okolo 80 N. K porušení pevnosti docházelo ve většině případů v dýhové hraně nikoliv v lepidle. Při zvyšující se teplotě se hodnota maximálního zatížení výrazně snižovala od 6 % do 50 % (vztaženo na vzorek při teplotě 20 °C) až do teploty 50 °C. Po překročení této teploty docházelo jen k mírnému poklesu maximálního zatížení a to od 50 % do 56 % (vztaženo na vzorek při teplotě 20°C). Při teplotě 70 °C dosáhl vzorek o polovinu méně pevnosti jak vzorek při teplotě 20 °C, tedy hodnotu okolo 30 N.

Z obrázku č. 52-56 je patrné, že p-hodnota lepidla je menší než hodnota pravděpodobnosti (α 0,05) a to u obou typů lepidel. Díky tomu lze říct, že hypotéza o středních hodnotách je zamítnuta. Soudíme tedy, že posuzovaný faktor obsahuje statisticky významný vliv na měřenou veličinu a střední hodnoty základních souborů se liší. Na základě toho se provedl test mnohonásobného porovnání, a to konkrétně Tukeyův HSD test. Ten poukázal na fakt, že statisticky významné rozdíly jsou

na obr. č. 55-56 zobrazeny červeně. Na základě toho se střední hodnoty dvou porovnaných souborů považují za statisticky významně odlišné. Černé hodnoty značí, že střední hodnoty dvou porovnaných základních souborů se považují za shodné. Z obr. č. 55-56 lze vidět i několik hraničních případů, které se pohybují na hranici významnosti a nevýznamnosti měřených hodnot. U EVA lepidla je na rozdíl od PUR lepidla patrná malá variabilita dat. Za shodné jednotky se u obou lepidel považují hodnoty pro teplotu 20 °C a 30 °C, dále pak 30 °C a 40 °C, 50 °C a 60 °C a v poslední řadě i 60 °C a 70 °C. Z obrázku č. 52 je tedy patrné, že všechny intervaly spolehlivosti se překrývají. Rozdíly mezi výběrovými průměry jsou náhodné a v základním souboru statisticky neprokazatelné. Dále je také patrné, že PUR lepidlo lépe odolává působení zvýšených teplot v porovnání s EVA lepidly.

Rozdíl mezi EVA lepidlem a PUR lepidlem byl také patrný při samotném porušení. U PUR lepidla docházelo k porušení dýhové hrany hned na začátku zkušebních vzorků. Tento trend byl i u zvyšujících teplot. Naopak u EVA lepidla docházelo k porušení dýhové hrany při nízkých teplotách na začátku zkušebních vzorků. Se zvyšující teplotou se tato vzdálenost posouvala směrem k celé délce vzorků. U teploty nad 60 °C došlo k odloupení již celé dýhové hrany, která byla minimálně deformována. Z celého výstupu je tedy patrné, že pevnost spoje je u obou lepidel ovlivněna teplotou. To znamená, že čím větší teplota, tím menší pevnost spoje. Hodnoty EVA lepidla byly výrazně ovlivněny samotným klimatizováním.

V rámci zkoušky odlupování pod úhlem 90° byla provedena zkouška mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky (tab. 15). Tato zkouška byla provedena jen při normální dílenské teplotě (okolo 20 °C). Je to z toho důvodu, že cílem diplomové práce je stanovení vlivu teploty mezi EVA a PUR lepidlem, nikoliv mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky. U EVA lepidla nebyly pozorovány výrazné rozdíly mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky. Cyklované vzorky dosáhly hodnotu maximálního zatížení okolo 7 N a necyklované vzorky 7,5 N, což je zhruba 8 % navýšení hodnoty v porovnání s cyklovanými vzorky. U PUR lepidla již byly pozorovány větší rozdíly. Cyklované vzorky dosáhly hodnotu maximálního zatížení okolo 78,1 N a necyklované vzorky poloviční hodnotu 37,65 N, což je zhruba o 52 % méně v porovnání s cyklovanými vzorky.

10.2 Vyhodnocení výsledků pro zkoušku šikmého tlak. smyku

Z tabulky č. 16-20, obr. č. 62-72, str. 68-73 ukazují na vzniklé rozdíly mezi lepidlem na bázi EVA a PUR při zatěžování zvýšenými teplotami. Při normální dílenské teplotě (okolo 20 °C) dosahuje EVA lepidlo maximální zatížení okolo 770 N, což je 6 x méně než v porovnání s PUR lepidlem. Nízká hodnota EVA lepidla je dána tím, že u vzorků se projevil vliv samotného klimatizování (obr. 72). U těchto vzorků došlo při střídání vysokých a nízkých teplot k uvolnění dýhové hrany od DTD. Se zvyšující se teplotou se hodnota maximálního zatížení snižovala u teploty 20 °C a 30 °C pouze nepatrně, tedy v rozmezí od 0 % do 2 % (vztaženo na vzorek při teplotě 20 °C). Po překročení těchto teplot docházelo již k vyššímu poklesu, který se pohyboval od 2 % až po 80 %. Hodnota maximálního zatížení se pohybovala při teplotě 70 °C okolo 160 N, což je 5 x méně v porovnání se vzorky při teplotě 20 °C. U všech zkoušených teplot zůstával na dřevotřískové desce souvislý film a dýhová hrana se během zkoušky odlupovala po celé délce dílce. Odloupení celé dýhové hrany bylo způsobeno tím, že během klimatizace došlo k porušení pevnosti a přilnavosti lepidla mezi DTD a dýhovou hranou (obr. 72).

U PUR lepidla se vliv teploty na pevnost lepeného spoje neprokázal. Je to z toho důvodu, že všechny zkušební vzorky v rozmezí teplot od 20 °C do 70 °C dosáhly maximální možné zatížení trhacího stroje, tedy okolo 5 250 N. Z toho lze usoudit, že vzorky olepeny PUR lepidlem u zkoušky šikmého tlakového smyku vykazují vysokou pevnost lepeného spoje. Zkušební vzorky nebyly jinak poškozeny, jen byly viditelné malé otlaky na dýhové hraně, které způsobil trhací stroj.

PUR lepidlo u zkoušky šikmého tlakového smyku dosáhlo maximální hodnotu trhacího stroje. Maximální hodnota 5 250 N není skutečná hodnota, při které došlo k porušení pevnosti lepidla. Na základě toho nebylo pro toto lepidlo možno provést statistické vyhodnocení. Skutečnou hodnotu, kdy dojde k porušení pevnosti lepidla, získáme nad hodnotou 5 250 N, což při současném používaném trhacím stroji není možné. Z obrázku č. 67-69 je patrné pro EVA lepidlo, že p-hodnota je menší než hodnota pravděpodobnosti ($\alpha = 0,05$). Díky tomu lze říct, že hypotéza o středních hodnotách je zamítnuta. Soudíme tedy, že posuzovaný faktor obsahuje statisticky významný vliv na měřenou veličinu a střední hodnoty základních souborů se liší. Na základě toho se provedl test mnohonásobného porovnání, a to konkrétně Tukeyův HSD test. Ten poukázal na fakt, že statisticky významné rozdíly jsou na obr. č. 69

zobrazeny červeně. Na základě toho se střední hodnoty dvou porovnaných souborů považují za statisticky významně odlišné. Naopak černé hodnoty značí, že střední hodnoty dvou porovnaných základních souborů se považují za shodné. Z obr. č. 69 lze vidět i několik hraničních případů, které se pohybují na hranici významnosti a nevýznamnosti měřených hodnot. Za shodné jednotky se u EVA lepidla považují hodnoty pro teplotu 20 °C a 30 °C, dále pak 30 °C a 40 °C, 50 °C a 60 °C a v poslední řadě i 60 °C a 70 °C. Z obrázku č.67 je tedy patrné, že všechny intervaly spolehlivosti se překrývají. Rozdíly mezi výběrovými průměry jsou náhodné a v základním souboru statisticky neprokazatelné.

Rozdíl mezi EVA a PUR lepidlem byl patrný i při samotném porušení. U PUR lepidla nedocházelo k odloupení dýhové hrany na rozdíl od EVA lepidla, kde došlo k uvolnění celé dýhové hrany. Z celého výstupu je tedy patrné, že pevnost spoje v lepené spáře u EVA lepidla je ovlivněna teplotou. To znamená, že čím větší teplota, tím menší pevnost spoje. U PUR lepidla tento fakt musíme vyloučit, protože naměřené výsledky neukázaly na žádné rozdíly mezi jednotlivými skupinami teplot. Současně EVA lepidlo bylo ovlivněno výrazným způsobem samotným klimatizováním.

Stejně jako u zkoušky odlupování byla provedena zkouška mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky šikmého tlakového smyku. Tato zkouška byla provedena jen při normální dílenské teplotě (okolo 20 °C). U EVA lepidla byly pozorovány velké rozdíly v naměřených hodnotách. Cyklované vzorky dosáhly hodnotu maximálního zatížení okolo 773 N a necyklované vzorky dosahují maximální hodnotu trhacího stroje, tedy okolo 5 250 N. U necyklovaných vzorků dosahujeme o 85 % navýšení hodnoty maximálního zatížení v porovnání s cyklovanými vzorky. U PUR lepidla nebyly zaznamenány žádné rozdíly. Cyklované i necyklované vzorky dosáhly maximální hodnotu trhacího stroje, tedy okolo 5 250 N. Díky tomu lze říct, že pro zkoušku šikmého tlakového smyku nemá cyklické zatížení vliv na PUR lepidlo.

10.3 Vyhodnocení výsledků pro ohybovou zkoušku

Z tabulky č. 22, obr. č. 73, str. 74 je patrné, že hodnota maximálního ohybového zatížení se u mahagonové dýhové hrany pohybovala okolo 21 N. Se zvyšující teplotou se ohybové zatížení téměř neměnilo. Docházelo pouze k poklesu hodnot o 0,1-0,3 N. Z toho lze usoudit, že u teplot nad 60 °C by nedocházelo k výraznému poklesu ohybového zatížení. Díky tomu lze konstatovat, že teplota nemá žádný vliv na velikost maximálního ohybového zatížení u mahagonové hrany. U borovice se hodnota maximálního ohybového zatížení pohybovala okolo hodnoty 35 N, což je zhruba 1,5 x vyšší zatížení v porovnání s mahagonem. Do teploty 50 °C se ohybové zatížení výrazně neměnilo. Vždy docházelo k poklesu pouze o 0,1 až 0,2 N. Až u teploty 60 °C došlo k výraznějším poklesu hodnoty o 3 N, tedy na hodnotu 31 N. Z toho je možné usoudit, že při teplotách nad 60 °C by docházelo k výraznějším poklesům ohybového zatížení. Na základě toho lze říct, že teplota má nepatrný vliv na velikost zatížení u borovicové hrany.

Z tabulky č. 23, obr. č. 74, str. 75 je patrné, že hodnota maximálního ohybového zatížení se u dubové dýhové hrany pohybovala okolo 18,5 N. Tato hodnota se nejvíce ze všech dřevin přibližuje mahagonové hraně. Se zvyšující teplotou se ohybové zatížení pozvolna snižovalo. Do teploty 50 °C to bylo pozvolným trendem, tedy o 0,4 -0,6 N. U teploty 60 °C je maximální ohybové zatížení téměř stejné jako u teploty 50 °C. Z toho lze usoudit, že při teplotách nad 60 °C by nedocházelo k výrazným poklesům ohybového zatížení. Díky tomu lze říct, že teplota nemá žádný vliv na velikost maximálního ohybového zatížení u dubové hrany. U buku se hodnota maximálního ohybového zatížení pohybovala okolo hodnoty 27 N. Do teploty 50 °C se hodnota zatížení snižovala stejným trendem. Vždy docházelo k poklesu hodnoty, a to pouze o 0,8-0,9 N. U teploty 60 °C došlo již k výraznějším snížení ohybového zatížení, a to o 3 N v porovnání s teplotou 50 °C. Z toho je možné usoudit, že při teplotách nad 60 °C by docházelo k výraznějším snížení ohybového zatížení. Na základě toho lze říct, že teplota má nepatrný vliv na velikost zatížení u bukové hrany.

Z tabulky č. 24, obr. č. 75, str. 76 je patrné, že hodnota maximálního ohybového zatížení se u javorové dýhové hrany pohybovala okolo 26 N. Se zvyšující teplotou se ohybového napětí snižovalo. Do teploty 50 °C se zatížení snižovalo stejným trendem. Vždy docházelo k poklesu zatížení o 0,5-1,2 N. U teploty 60 °C došlo k výraznějším poklesu zatížení, a to zhruba o 3 N. Z toho je možné usoudit, že při teplotách nad 60 °C

by docházelo k výraznějšímu snížení ohybového zatížení. Na základě toho lze říct, že teplota má nepatrný vliv na velikost zatížení u javorové hrany. U jasanu se maximální ohybové zatížení pohybovalo okolo hodnoty 15 N. Totožná hodnota je rovněž u teploty 40 °C. U teploty 50 °C došlo ke snížení ohybového zatížení o 0,4 N v porovnání s teplotou 40 °C. Totožná hodnota byla zaznamenána i u teploty 60 °C. Z toho je možné usoudit, že u teplot nad 60 °C by nedocházelo k výraznému poklesu ohybového zatížení. Díky tomu lze říct, že teplota nemá žádný vliv na velikost maximálního ohybového zatížení u jasanové hrany.

Z obr. č. 76 je patrné, že nejvyšších hodnot ohybového zatížení dosáhla borovicová hrana. Naopak nejmenší hodnoty byly zaznamenány u jasanové hrany. Se zvyšující se teplotou docházelo u všech dřevin k menšímu či většímu poklesu ohybového zatížení. Největší pokles hodnot zaznamenala borovice, buk a javor. Největší pokles byl zaznamenán při přechodu z teploty 50 °C na 60 °C. Jednalo se o pokles okolo 3 N. U těchto dřevin má vyšší teplota vliv na velikost ohybového zatížení. U ostatních dřevin (mahagon, dub, jasan) docházelo k menšímu poklesu ohybového zatížení v porovnání s předchozími dřevinami. Hodnoty při teplotě 20 °C se téměř shodovaly s hodnotami při teplotě 70°C. Jednalo se o pokles od 0,1–1 N. U těchto dřevin nemá vyšší teplota vliv na velikost ohybového zatížení. Z obrázku č. 76 je patrné, že buková hrana dosáhla téměř stejných hodnot jako javorová dýha.

11 Diskuze a přínos pro praxi

Tato kapitola je zaměřena na porovnání výsledků pevnosti dýhové hrany s ABS hranou, které byly podrobeny zkoušce odlupování a šikmého tlakového smyku. Pro porovnání výsledků byla převzata výstupní data ABS hrany z diplomové práce: Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových hran od Bc. Romany Vlčkové. Z chování vzorků během klimatizačního namáhání byla provedena ohybová zkouška dýhové hrany, která ověřila pevnostní chování dřevěné hrany během tepelného namáhání.

11.1 Porovnání dýhové hrany s ABS hranou

V dnešní době se ve větší míře používají ABS hrany v porovnání s dýhovou hranou. Existuje několik rozdílů mezi těmito hranami. Dýhová hrana se používá při olepování bočních ploch dýhovaného nábytku. ABS hrany se používají nejvíce u nábytku s povrchy laminovanými fóliemi (např. u kuchyňského, kancelářského a dětského nábytku). Hlavním rozdílem jsou mechanické vlastnosti. ABS hrana dosahuje daleko vyšší pevnosti než dýhová hrana. Dýhová hrana není v porovnání s ABS hranou tak odolná, takže u ní hrozí vyšší riziko jejího poškození.

V tabulce č. 25 a 26 jsou vidět výsledky ze zkoušky odlupování pod úhlem 90° a zkoušky šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° . Porovnána byla mezi sebou pouze ABS hrana s dýhovou hranou při různých teplotách (nikoli rozdíl mezi EVA a PUR lepidlem). Hodnoty ABS hrany jsou převzata z diplomové práce Bc. Romany Vlčkové.

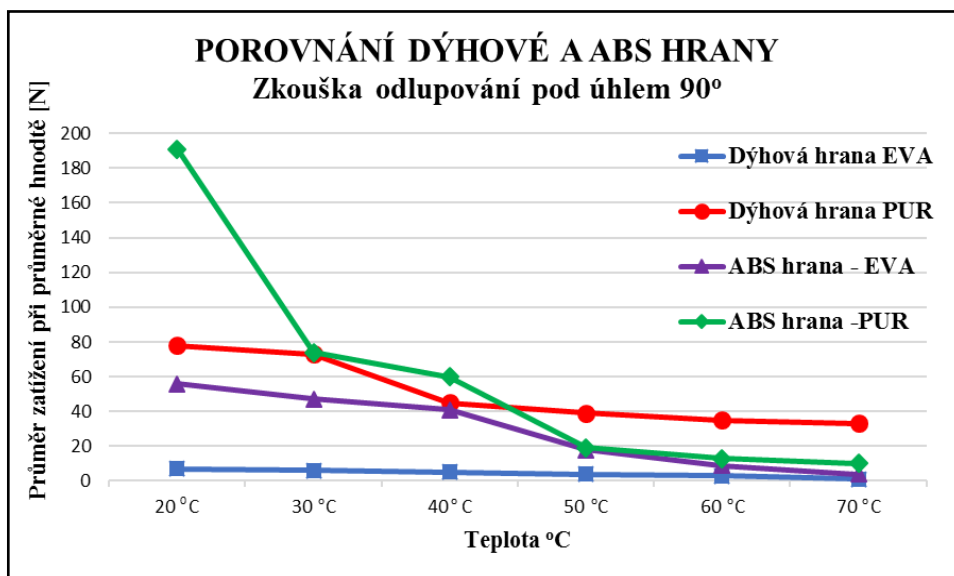
Tab. 25 - Srovnání dýhové hrany s ABS hranou u zkoušky odlupování

Zkouška odlupování pod úhlem 90°				
Průměr maximálního zatížení při průměrné hodnotě [N]				
Teplota	EVA lepidlo		PUR lepidlo	
	Dýhová hrana	ABS hrana	Dýhová hrana	ABS hrana
20 °C	7	56	78	191
30 °C	6	47	73	74
40 °C	5	41	45	60
50 °C	4	18	39	19
60 °C	3	9	35	13
70 °C	1	4	33	10

EVA lepidlo u ABS hrany dosahuje při teplotě 20 °C hodnotu okolo 56 N, což značí 8 x vyšší pevnost v porovnání s dýhovou hranou. U obou hran dochází při zvyšující se teplotě k poklesu pevnosti. Při teplotě 60 °C a 70 °C se hodnota dýhové hrany více přibližuje hodnotě ABS hrany. Z toho lze usoudit, že při vyšších teplotách dosahuje ABS hrana přibližně stejné pevnosti jako dýhová hrana. Naopak u nižších teplot dosahuje ABS hrana daleko vyšší pevnosti oproti dýhové hraně.

PUR lepidlo u ABS hrany dosahuje při teplotě 20 °C hodnotu okolo 191 N, což značí více jak dvojnásobně vyšší pevnost v porovnání s dýhovou hranou. U dýhové a ABS hrany dochází při zvyšující se teplotě k poklesu pevnosti. Z tabulky č. 25 je patrné, že při teplotě 30 °C dosahuje dýhová hrana téměř stejné pevnosti jako ABS hrana. Od teploty 40 °C nedochází u dýhové hrany tak k velkému poklesu hodnoty jako tomu je u ABS hrany. Při vyšších teplotách (nad 50 °C) přesahuje dýhová hrana pevnost ABS hrany. Při nižších teplotách (do 40 °C) dosahuje dýhová hrana menší pevnosti než ABS hrana.

Je potřeba si také uvědomit, že zkušební vzorky olepené dýhovou hranou byly tloušťky 2 mm, přičemž vzorky olepené ABS hranou pouze tloušťky 1 mm. Po zohlednění této skutečnosti lze říct, že ABS hrana by dosahovala daleko vyšších hodnot, kdyby byla olepena hranou tloušťky 2 mm.



Obr. 78 - Porovnání dýhové a ABS hrany u zkoušky odlupování

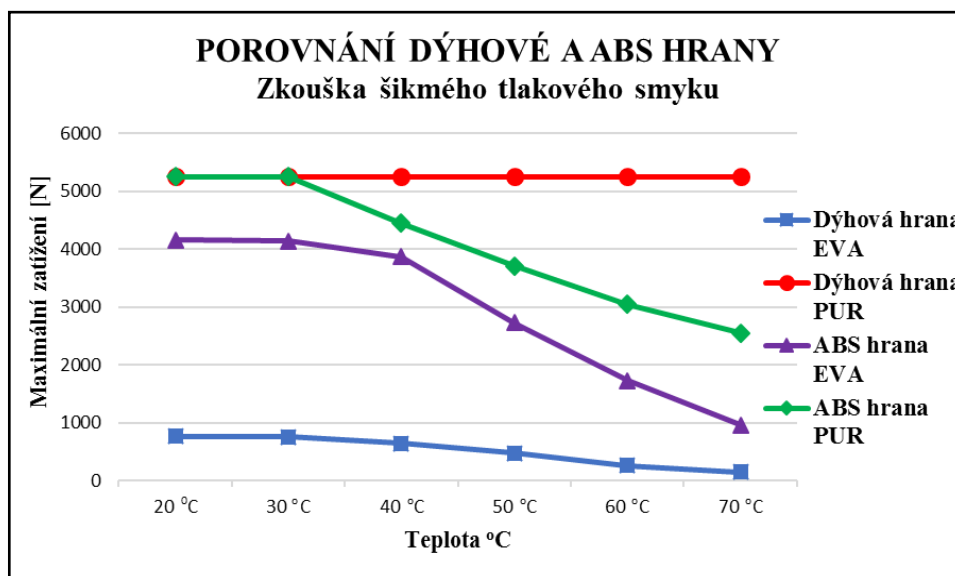
Tab. 26 - Srovnání dýhové hrany s ABS hranou u zkoušky šikmého tlak. smyku

Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°				
Maximální zatížení [N]				
Teplota	EVA lepidlo		PUR lepidlo	
	Dýhová hrana	ABS hrana	Dýhová hrana	ABS hrana
20 °C	773	4163	5251	5251
30 °C	760	4139	5251	5251
40 °C	647	3868	5251	4452
50 °C	476	2733	5251	3710
60 °C	265	1732	5251	3048
70 °C	158	962	5251	2556

EVA lepidlo u ABS hrany dosahuje při teplotě 20 °C maximální zatížení okolo 4 1635 N, což značí 5 x vyšší pevnost než dýhová hrana (hodnota 773 N). U obou hran dochází při zvyšující se teplotě ke snížení hodnoty. Z tabulky č. 26 je patrné, že pevnost dýhové hrany při 20 °C se přibližuje hodnotě ABS hrany při teplotě 70 °C.

PUR lepidlo u dýhové hrany dosahuje při teplotě 20 °C a 30 °C stejnou hodnotu jako ABS hrana. U dýhové hrany nebyl prokázán vliv teploty na pevnost lepeného spoje, protože bylo dosaženo hodnoty maximálního zatížení stroje. Z toho lze posoudit, že vzorky vykazují vysokou pevnost lepeného spoje. U ABS hrany dochází při zvyšující se teplotě k poklesu hodnoty. U teploty 70 °C došlo ke snížení maximálního zatížení o polovinu v porovnání s teplotou 20 °C.

Jako u zkoušky v odlupování je potřeba zohlednit tloušťku jednotlivých hran. Po zohlednění lze říct, že ABS hrana by dosahovala daleko vyšších hodnot, kdyby byla olepena ABS hranou tloušťky 2 mm.

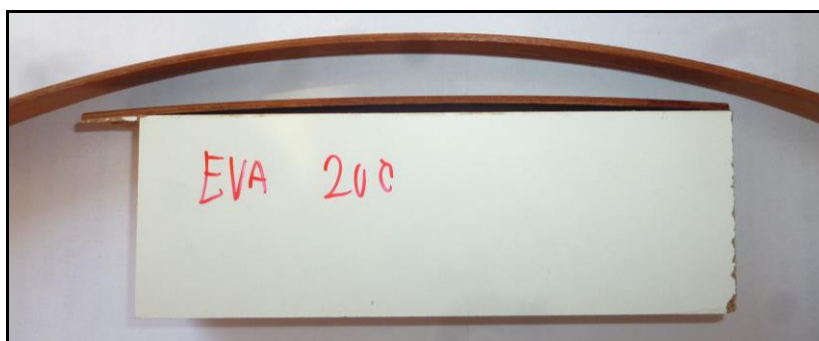


Obr. 79 - Porovnání dýhové a ABS hrany u zkoušky šikmého tlak. smyku

Z obou zkoušek jsou patrné rozdíly mezi ABS hranou a dýhovou hranou. Rozdíl byl ve způsobu porušení hrany. U ABS hrany docházelo při nižších teplotách ke srolování hrany, přičemž u dýhové hrany došlo k jejímu prasknutí. Bylo to způsobeno tím, že ABS hrany dosahují daleko vyšší pevnosti. U vyšších teplot došlo v obou případech k odloupení celé hrany z DTD. V dýhová hraně se vyskytuje na rozdíl od ABS hrany vnitřní napětí, které má tendenci vracet dýhovou hranu do původního stavu (do role). U ABS hrana se žádné vnitřní napětí nevyskytuje, díky tomu dosáhla daleko vyšších hodnot.

11.2 Ohybová zkouška

Jako doplňková metoda byla vybrána ohybová zkouška dýhové hrany, která zkoumala velikost vnitřního napětí. Vybrána byla z toho důvodu, že u některých vzorků došlo po vytažení z klimatizační komory k odlepení dýhové hrany od DTD (obr. č. 61 a 72). Dýhová hrana měla tendenci se vracet do původního ohnutého stavu, ve kterém byla dodána od dodavatele. Na obrázku č. 80 je možné vidět, že k odloupení dýhové hrany došlo uprostřed zkušební vzorku. Na okrajích dýhová hrana držela. Takové prohnutí značí, že v dýhové hraně je vnitřní napětí.



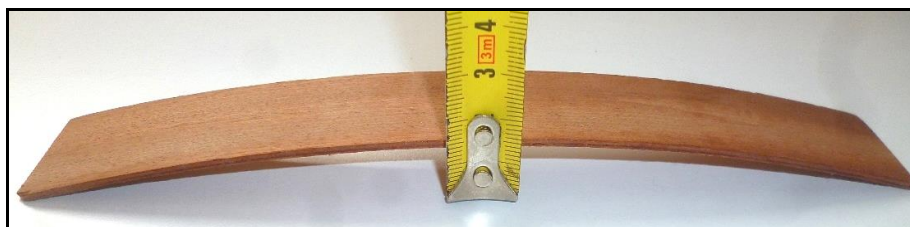
Obr. 80 - Odloupení dýhové hrany od DTD (vlastní foto)

Na základě tohoto zjištění byla odřezána z dodané role dýhová hrana velikosti 200 mm (obr. 81). Výška průhybu dýhové hrany dosahovala hodnotu okolo 15 mm (po odečtení tloušťky dýhové hrany). Na základě toho byla provedena ohybová zkouška dýhové hrany, abychom zjistili velikost síly, která je potřebná na vyrovnání hrany do roviny. Jelikož nebyly vzorky klimatizovány, tak u mahagonové dýhy bylo porovnáno ohybové zatížení dýhové hrany s pevností lepidla u necyklovaných vzorků. Bylo to z toho důvodu, aby se ověřilo pevnostní chování dřevěné hrany během tepelného namáhání. Ohybová zkouška se dále prováděla pro dřeviny BO, DB, BK, JV a JS. Tyto dřeviny byly zkoušeny jen z toho důvodu, abychom porovnali velikost vnitřního napětí s mahagonovou hranou.

Tab. 27 - Porovnání pevnosti lepidla a síly v dýhové hraně

Porovnání pevnosti lepidla a síly k vyrovnání dýhové hrany			
Typ zkoušky	Lepidlo / dýha	Necyklované vzorky při 20 °C [N]	Cyklované vzorky při 20 °C [N]
Odlupování	EVA	7,49	6,87
	PUR	37,65	78,1
Šikmý tlakový smyk	EVA	5251	773,2
	PUR	5251	5251
Ohybové zatížení dých. hrany	MHG	20,81	-

U mahagonové dýhy byl na rozdíl od ostatních dřevin porovnán vliv ohybového napětí. Cílem bylo zjistit, zda napětí v hraně má vliv na odtržení dýhové hrany z dřevotřískové desky. U zkoušky odlupování je patrné, že napětí v dýhové hraně u cyklovaných vzorků dosahuje daleko vyšších hodnot, než je samotná pevnost u EVA lepidla. Z toho lze usoudit, že napětí v dýhové hraně ovlivnilo odtržení dýhové hrany u EVA lepidla. Pevnost u cyklovaných vzorků olepených PUR lepidlem dosáhly vyšší hodnoty v porovnání s pevností v dýhové hraně. Díky tomu lze konstatovat, že napětí v dýhové hraně neovlivnilo odtržení dýhové hrany u PUR lepidla. U zkoušky šikmého tlakového smyku bylo nemělo napětí vliv na odtržení. Porovnání napětí s cyklovanými vzorky nelze v tom případě provést. Je to z toho důvodu, že tyto vzorky byly teplotně klimatizovány v klimatizační komoře.



Obr. 81 - Prohnutí dýhové hrany (vlastní foto)

Obsahem diplomové práce bylo zjištění účinku zvýšené teploty na nábytkové hrany nalepené tavným lepidlem na bázi EVA a PUR. Z výsledků je patrné, že zvýšená teplota ovlivňuje pevnost lepeného spoje a mění vlastnosti tavných lepidel. V období letních měsíců se často teplota ve stínu pohybuje okolo 35 °C, což demonstruje obr. č. 28. V přepravní jednotce hnědé nebo červené barvy se teplota pohybuje až okolo 55 °C. Tyto vysoké teploty mohou vést k porušení pevnosti lepidla mezi DTD a nábytkovou hranou vlivem ohybového napětí v hraně. To může způsobit odlepení nebo posunutí dýhové hrany, což může způsobit vnikání vlhkosti do podkladu. V takovém případě dojde k nabobtnání DTD, což je považováno za nevratnou změnu.

V důsledku toho jsou kladeny vyšší nároky na kvalitu lepených spojů u bočních nábytkových ploch. Na základě toho jsou firmami požadovány častější testy nábytku.

Faktorem, který naprosto ovlivňoval pevnost lepeného materiálu, bylo ohybové napětí v dýhové hraně. U zkušebních vzorků měla dýhová hrana tendenci se vracet do původního ohnutého stavu (do tvaru role). Tento trend byl již patrný u zkušebních vzorků, které byly vytaženy z klimatizační komory. Na obrázku č. 80 je vidět samotné prohnutí dýhové hrany uprostřed zkušebního vzorku. Z toho je tedy patrné, že dýhová hrana obsahovala vnitřní napětí, které způsobuje navrácení do původního obloukového tvaru. Soulep vrstev do oblouků vychází z potřeby manipulace s dýhovou hranou v rolích. Silná hrana nemůže být pro skladování a manipulaci v přímém provedení, ale srolovaná. Z toho důvodu výrobci dřevěných hran napětí nevyrovnávají. Dále se prokázalo, že teplota nemá vliv na velikost vnitřního napětí v dýhové hraně.

11.3 Přínos pro praxi

Testování zkušebních vzorků přineslo několik poznatků do praxe. Prvním poznatkem byl rozdíl mezi EVA a PUR lepidlem. PUR lepidlo dosahuje vyšší pevnost spoje při zvýšených teplotách nebo vlhkostech. Dále vykazují daleko vyšší odolnost vůči vlhkosti a teplotě. Tento typ lepidla je výhodnější pro koupelňový nebo kuchyňský nábytek, na rozdíl od EVA lepidla, které není tolik vhodné. U EVA lepidla se projevil vliv samotného klimatizování. Z toho lze usoudit, že nábytek olepený EVA lepidlem se může potýkat s nepříjemnými problémy při exportu nábytku do zahraničí ve standardizované přepravní jednotce. Může dojít například k odloupení dýhové hrany z pokladu.

Dalším poznatkem bylo to, že u dýhové hrany se objevilo vnitřní napětí. To způsobilo, že při klimatizaci vzorků (teploty kolem 60 °C) došlo u EVA lepidla k porušení přilnavosti mezi dýhovou hranou a DTD. Porušení bylo způsobeno velikostí vnitřního napětí uvnitř dýhové hrany, které bylo výrazně vyšší než pevnost samotného EVA lepidla. V praxi může tato skutečnost nastat například u nábytku, který je osazen vestavnou pečicí troubou nebo mikrovlnkou. U takového nábytku se mohou vyskytovat vyšší teploty. Díky vyšší teplotě a výskytu vnitřního napětí může dojít k odloupení dřevěné hrany.

Tyto poznatky mohou být námětem pro další navazující zkoumání, kde by se řešily eventuelní možnosti potřebné pro snížení vnitřního napětí v dýhové hraně.

12 Závěr

Diplomová práce řešila vliv zvýšené teploty na lepený spoj, který byl lepený tavným lepidlem na bázi EVA kopolymerů a lepidlem na bázi PUR mezi dýhovou hranou z exotického dřeva a dřevotřískovou deskou. Zkušební vzorky byly vystaveny cyklickému teplotnímu namáhání, které simulovalo extrémní podmínky vznikající při přepravě nábytku. Cyklické teplotní namáhání řadíme mezi nejobtížnější metody teplotních zkoušek lepených spojů. Na základě těchto zkoušek byla ověřena kvalita a pevnost lepeného spoje, ale současně i chování jednotlivých druhů tavných lepidel při zvýšených teplotách.

Zkušební vzorky byly podrobeny dvěma laboratorním zkouškám, které byly zaměřeny na pevnost spoje mezi dýhovou hranou a dřevotřískovou deskou. Prvním testem byla zkouška v odlupování pod úhlem 90° a druhým testem byla zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° . Každá zkouška se vždy prováděla zvlášť pro každý typ lepidla. Výsledky z těchto dvou laboratorních měření byly statisticky vyhodnoceny a jednotlivé druhy lepidel porovnány. Z výsledku lze konstatovat, že pevnost lepeného spoje je u tavných lepidel ovlivněna zvýšenou teplotou. Vyšší pevnosti u obou zkoušek dosáhlo tavné lepidlo na bázi PUR v porovnání s EVA lepidlem. V obou případech docházelo s narůstající teplotou k poklesu pevnosti lepidla.

U zkoušky šikmého tlakového smyku dosáhlo PUR lepidlo maximální hodnotu trhacího stroje, a to u všech testovaných teplot, což značí vysokou pevnost a odolnost těchto lepidel. U vzorků olepených EVA lepidlem se naplno projevil vliv samotného klimatizování, který byl patrný již po vyjmutí z klimatizační komory. U EVA lepidla se projevil vliv napětí v dýhové hraně, které bylo větší než pevnost lepidla.

Výsledky této diplomové práce prokazují jako výhodnější variantu použít tavné lepidlo na bázi PUR, které vykazuje vyšší pevnost při působení extrémních podmínek. Získané výstupy z diplomové práce mohou sloužit jako podklad do praxe. Na základě těchto výsledků lze firmě DSP nábytek doporučit, že transport nábytku na delší vzdálenost v letních měsících není při současném používaném lepidle zcela výhodný. Proto lze doporučit přepravu nábytku pouze na kratší vzdálenost, kde nedochází k tak vysokým teplotám.

13 Summary

Dissertation thesis search the influence of elevated temperature on the adhesive bond, which was glued with hotmelt adhesive based on EVA copolymers, and polyurethane-based adhesive between the veneer edges of exotic wood and chipboard. Test samples were subjected to cyclic thermal stress which simulates extreme conditions arising during transport furniture. Cyclic thermal stress belongs to the most difficult method of thermal testing of glued joints. Based on these tests verified the quality and bond strength, but also the behavior of different kinds of hotmelt adhesives at elevated temperatures.

Test samples were subjected to two laboratory tests that were focused on the bonding strength between the veneer and chipboard edge. The first test was a test to peel off under an angle of 90 ° and a second test was a test pressure shear oblique angle of 45 °. Each test is always carried out separately for each type of glue. Results from these two laboratory measurements were statistically analyzed and compared different types of adhesives. From the results it can be stated that the bonding strength at the hotmelt adhesives affected by elevated temperature. Higher strength in both trials achieved hotmelt PUR compared with EVA adhesive. In both cases occurred with increasing temperature to decrease the strength of the adhesive.

For testing of oblique pressure skid reached hotmelt adhesive based on PUR a maximum value of adhesive tensile testing machine, for all tested temperatures, indicating a high strength and durability of such adhesives. At samples with use of hotmelt adhesive based on EVA adhesive was fully reflected the result of changing temperatures during climate testing, which was already evident after removal from the conditioning chamber. For EVA glue and the effect of stress in the edge of the veneer that was greater than the adhesive strength.

The results of this thesis proving advantageous variant of the hotmelt adhesive based on polyurethane, which has a higher strength when exposed to extreme conditions. Outputs obtained from this thesis can serve as a basis in practice. Based on these results is to recommend to the company DSP furniture, that transport furniture on the longer distance during the summer months is not safe. Therefore it is advisable for the transport of furniture only a shorter distance where no such high temperatures.

14 Seznam použité literatury

14.1 Literární a časopisecké zdroje

BOUBLÍK, V. *Lepidla a jejich příprava*. 2., nezměněno. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. Polytechnická knižnice (SNTL).

DRÁPELA, J. *Výroba nábytku: technologie*, Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1980, 484 s.

DUBOVSKÝ, J. *Latest Achievements in Research of Wood Structure and Physics: proceedings: Zvolen - Czechoslovakia : September 4-7*, 2. nezm. vyd. Zvo-len: Vysoká škola lesnícka a drevárska, 1991, 372 s. ISBN 80-228-0139-9.

EBNESAJJAD, S. *Adhesives technology handbook*. 2nd ed. Norwich, NY: William Andrew Pub., c2008. ISBN 978-0-8155-1533-3.

FREJDIN, A., 1988. *Pevnosť a životnosť lepených spojov*. 1., slov. vyd. Bratislava, Alfa, 282 s.

HLAVATÝ, J. *Vývoj zkušebních metod pro testování pevnosti a trvanlivosti nábytku během jeho namáhání při dopravě*. Dizertační práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 2014, 101 s.

JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN. *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada, 2010. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.

KEJVAL, J., 2013. *Techo bude od května olepovat hrany laserem*. Dřevařský magazín Odborný časopis pro podporu dřevařské a nábytkářské výroby s vybranými recenzovanými články: společné vydávání pro Českou a Slovenskou republikou. Banská Bystrica, Trendwood-twd. ISSN 1338-371X

KNIGHT E. Vernon a Meinhard WULPI. *Furniere und Sperrholz, Band 1: Eigenschaften und Herstellung von Furnier und Sperrholz*. Berlin: M. Krayn, 1930. ISBN 9783111426808

KRONTORÁD, K. *Výroba nábytku z deskových materiálů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-199-4.

LICARI, James J. a Dale W. SWANSON. *Adhesives technology for electronic applications: materials, processing, reliability*. 2nd ed. Boston: William Andrew Pub., 2011. ISBN 978-1-4377-7889-2

LUKEŠ, T., 2017. *Výroba nábytku v ČR loni díky exportu opět vzrostla o více než miliardu korun*. Dřevařský magazín Odborný časopis pro podporu dřevařské a nábytkářské výroby s vybranými recenzovanými články: společné vydávání pro Českou a Slovenskou republikou. Banská Bystrica, Trendwood-twd. ISSN 1338-371X

MATOVÍČ, A. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva: Určeno pro posl. les. fak. obor dřevař a les*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. ISBN 80-715-7086-9.

- NEMEC, Ľ. Et al. *Technológia výroby nábytku*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1985, 514 s.
- NUTSCH, W. *Příručka pro truhláře*. 2., přeprac. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-86706-14-1.
- OSTEN, M. a J. MLEZIVA. *Práce s lepidly a tmely*. Praha: Grada, 1996. Profi & hobby. ISBN 80-7169-338-3.
- OSTEN, M. 1975. *Práce s lepidly a tmely*. 1. Vyd., Praha: SNTL, 290 s.
- PERNICA, P. *Doprava a zasílatelství*. Praha: ASPI Publishing, 2001. ISBN 80-86395-13-8.
- ROŽEK, P. *Kontejnerizace námořní dopravy*, Institut Jana Pernera/SSL, 2007
- STROOCK, Daniel W. *Lectures on stochastic analysis: diffusion theory*. New York: Cambridge University Press, 1987. ISBN 0521333660.
- T. E. ROLANDO. *Solvent-free adhesives*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire: Rapra Technology, 1998. ISBN 1859571336.
- TESAŘOVÁ, D. *Povrchové úpravy dřeva*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4715-6.
- TRÁVNÍK, Arnošt a Jaroslav SVOBODA. *Technologické procesy výroby nábytku*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-056-5.
- TRÁVNÍK, A. *Technologické operace výroby nábytku*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. ISBN 80-7157-865-7.
- VLČKOVÁ, R., 2016. *Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových hran*. Diplomová práce. Brno, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 102 s.
- WITTCHEN, Bernd, Elmar JOSTEN a Thomas REICHE. *Holzfachkunde für Tischler/Schreiner und Holzmechaniker*. 4., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Teubner, 2006. ISBN 9783519359111.

14.2 Normy

1. ČSN EN 28510-1 Lepidla – Zkouška v odlupování zkušební tělesa z ohebného a tuhého adherendu – Část 1: odlupování pod úhlem 90 stupňů.
2. ČSN EN 311 (490159) Desky ze dřeva – přídržnost povrchu – zkušební metoda
3. ČSN EN 311 (490147) Desky ze dřeva – stanovení modulu pružnosti v ohybu a a pevnosti v ohybu
4. ČSN EN 204 (668503) Klasifikace lepidel pro nekonstrukční stavební díly ke Spojování dřeva a dřevitých materiálů

14.3 Internetové zdroje

ABC LEPIDLA. *Základy teorie lepení* [online] citováno [10.1.2017].
Dostupné z: http://www.abclepidla.cz/Files/file/files/Teorie_lepeni.pdf

ARMORVCI. *Shipping container position and contents and their impact on corrosion formation* [online] citováno [30.1.2017]. Dostupné z:
<https://www.armorvci.com/newsletters/corrosioncollegejuly2012.html>

BUEHNEN. *Tavné lepicí systémy – lepidla* [online] citováno [12.1.2017]. Dostupné z:
<http://www.buehnen.de/cs/lepidla/uvodni-strana-tavných-lepidel.html>

DÉMOS TRADE. *Nábytkové hrany* [online] citováno [18.2.2017]. Dostupné z:
<http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html>

DÉMOS TRADE. *Dřevotřískové desky laminované* [online] citováno [21.12.2016].
Dostupné z: <http://www.demos-trade.cz/plosny-material/lamino-desky.html>

DIP. *Dýhové hrany* [online] citováno [16.3.2017]. Dostupné z:
<http://www.dib.cz/page.php?src=products&lng=cs>

DŘEVOTRUST. *Nábytkové hrany* [online] citováno [20.1.2017].
Dostupné z: <http://www.drevotrust.cz/cz/rubriky/produkty/nabytkove-hrany/>

HANÁK NÁBYTEK. *Patentovaná technologie SLIM-LIME* [online] citováno [15.1.2017].
Dostupné z: <http://www.hanak-nabytek.cz/technologie-pur-termoset>

HÖCHSMANN. *SLIM LINE* [online] citováno [19.3.2017]. Dostupné z:
http://www.hoechsmann.com/en/lexikon/28540/Slim_Line

IGM. *Titebond II-lepidlo, které vyčnívá vlastnostmi.* [online] citováno [19.3.2017].
Dostupné z: <http://www.igm.cz/testy/titebond-ii-lepidlo-ktere-vycniva-vlastnostmi/>

INTERDY WORDPRESS. *Formation of condensation in container due to temperature changes by sunlight* [online] citováno [17.3.2017]. Dostupné z:
<https://interdry.wordpress.com/page/2/>

LIBROS. *Dřeviny* [online] citováno [1.2.2017]. Dostupné z:
http://www.libros.cz/?mod=clanky_rezivo&par=66

LITCO. *How to Prevent Excessive Cargo Container Condensation and Product Damage with Desiccants* [online] citováno [25.1.2017]. Dostupné z:
<http://www.litco.com/news/desiccant/how-to-prevent-excessive-cargo-container-condensation-and-product-damage-with-desiccants/>

REHAU. *Laserová technologie* [online] citováno [20.1.2017]. Dostupné z:
<https://www.rehau.com/cz-cs/prumyslovi-zakaznici/skladovy-program/nabytkove-hrany/laserova-technologie>

REHAU. *REHAU Express Collection* [online] citováno [20.1.2017]. Dostupné z:
<https://www.rehau.com/download/683898/express-collection-raukantex-premium.pdf>

SHARNOW. *Climatic conditions. Container handbook* [online] citováno [25.1.2017].
Dostupné z: [Dostupné z: www.containerhandbuch.de](http://www.containerhandbuch.de)

ZOMONT. *Laser edging* [online] citováno [16.3.2017]. Dostupné z:
<http://www.zomont.rs/en/materials/laser-edging/>

15 Seznam obrázků

Obr. 1 - Porovnání specifické a mech. adheze (zdroj: www.slideshare.net/Mrwoodwork).....	12
Obr. 2 - Schématické znázornění adheze a koheze (zdroj: www.prezi.com/klebstoffe).....	13
Obr. 3 - Posuzování smáčivosti podle okrajového úhlu (zdroj: www.bitumen-gestein.de).....	13
Obr. 4 - Pevnost při adhezním. a koh. porušením (zdroj: www.newworldencyclopedia.org)	18
Obr. 5 - Test lisovacího tlaku na pevnost lepeného spoje (zdroj: www.igm.cz).....	19
Obr. 6 - Test vlivu teploty na pevnost lepeného spoje (zdroj: www.igm.cz).....	20
Obr. 7 - Struktura lepeného spoje (Tesařová, 2014)	26
Obr. 8 - Spojování pomocí laseru (zdroj: www.rehau.com)	28
Obr. 9 - Klasické (vlevo) a laserové (vpravo) olejování (zdroj: www.zomont.rs).....	29
Obr. 10 - Testování voděodolnosti (zdroj: www.hanak-nabytek.cz)	30
Obr. 11 - Dýhové hrany (zdroj: www.dyhyvecera.cz).....	32
Obr. 12 - Nepravidelná prstová spára (zdroj: www.ludymachinery.com)	32
Obr. 13 - ABS hrana (zdroj: www.nakup-nabytek.cz).....	33
Obr. 14 - Masivní náklížek na konstrukční desce (zdroj: www.decospan.com).....	33
Obr. 15 - Narážecí hrana s perem (zdroj: www.fest.olsztyn.pl).....	34
Obr. 16 - RAUKANTEX lite (vlevo) a visions (vpravo) (zdroj: www.rehau.com).....	35
Obr. 17 - RAUKANTEX Magic 3D (vlevo) a mirror gloss (vpravo) (zdroj: www.rehau.com)..	35
Obr. 18 - Kontejnerová lodní doprava (zdroj: www.gapcontainers.com).....	38
Obr. 19 - Sorpční izoterma dřeva (Sharnow, 1998)	38
Obr. 20 - Tvorba kondenzátu (zdroj: www.interdy.wordpress.com)	39
Obr. 21 - Denní rozdíly teplot vlivem slunečního záření (Sharnow, 1998)	39
Obr. 22 - Vliv vysoušedla na rosný bod (zdroj: www.litco.com)	40
Obr. 23 - Faktory ovlivňující mikroklima v přepravní jednotce (Sharnow, 1998)	41
Obr. 24 - Teplota vzduchu a zboží během dne (Sharnow, 1998).....	41
Obr. 25 - Teplotní výkyvy uvnitř kontejneru na lodi (zdroj: www.armorvci.com)	42
Obr. 26 - Rozdíl mezi obalem opatřený plast. nebo DVD deskou (zdroj: www.armorvci.com)	42
Obr. 27 - Procento výskytu barevného kontejneru (zdroj: www.interdry.wordpress.com).....	43
Obr. 28 - Max. denní teploty dle ČHMÚ a experimentálního měření (Vlčková, 2016)	43
Obr. 29 - Porovnání českého nábytku (zdroj: www.acn.cz)	44
Obr. 30 - Spotřeba nábytku v ČR (zdroj: www.acn.cz)	45
Obr. 31 - Dřevotřísková deska laminovaná (zdroj: www.demos-trade.cz).....	47
Obr. 32 - Mahagonová dýha (zdroj: www.thewoodvenerhub.co.uk).....	47
Obr. 33 - Trhací stroj INSTRON 3365 (vlastní foto).....	49
Obr. 34 - Klimatizační komora Incucell – V 111 (vlastní foto).....	50
Obr. 35 - Teplotní datalogger (zdroj: www.maneko.cz)	51
Obr. 36 - Teplotní komora INSTRON model 3119–409–22 (vlastní foto)	51
Obr. 37 - Vzorek pro zkoušku odlupování pod úhlem 90° (vlastní foto).....	52
Obr. 38 - Vzorek pro zkoušku šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° (vlastní foto).....	53
Obr. 39 - Vzorky uvnitř komory s teplotním dataloggerem (vlastní foto).....	53
Obr. 40 - Průběh změny teploty a relativní vlhkosti v klimatizační komoře (vlastní foto).....	54
Obr. 41 - Agregát pro zkoušku odlupování pod úhlem 90° (vlastní foto).....	55
Obr. 42 - Agregát pro šikmý tlakový smyk pod úhlem 45° (vlastní foto).....	56
Obr. 43 - Agregát pro ohybovou zkoušku (vlastní foto)	57
Obr. 44 - Příklad graf. výstupu u PUR (vpravo) a EVA lepidla (vlevo) při 30 °C (vlastní foto)	59
Obr. 45 - Příklad graf. výstupu zkoušky u EVA lepidla při 30 °C (vlastní foto).....	59
Obr. 46 - Příklad graf. výstupu ohybové zkoušky u mahagonové hrany (vlastní foto)	60
Obr. 47 - Křivka grafu zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě.....	62
Obr. 48 - Krabicový graf pro zkoušku odlupování u EVA lepidla	62
Obr. 49 - Křivka grafu zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě.....	63
Obr. 50 - Krabicový graf pro zkoušku odlupování u PUR lepidla.....	64
Obr. 51 - Srovnání zatížení mezi EVA a PUR lepidlem.....	64
Obr. 52 - Graf z výsledku vícefaktorové ANOVY u zkoušky odlupování	65

Obr. 53 - Výsledky vícefaktorové ANOVY u zkoušky odlupování pro EVA lepidlo	65
Obr. 54 - Výsledky vícefaktorové ANOVY u zkoušky odlupování pro PUR lepidlo	65
Obr. 55 - Tukeyův HSD test u zkoušky odlupování pro EVA lepidlo.....	65
Obr. 56 - Tukeyův HSD test u zkoušky odlupování pro PUR lepidlo	66
Obr. 57 - EVA lepidlo u zkoušky odlupování (vlastní foto).....	66
Obr. 58 - PUR lepidlo u zkoušky odlupování (vlastní foto)	66
Obr. 59 - Ukázka rozdíl. chování vzorků u EVA (vlevo) a PUR lepidla (vpravo) (vlastní foto)	67
Obr. 60 - Detail vzorků EVA (dole) a PUR lepidla (nahore) při 70 °C (vlastní foto)	67
Obr. 61 - Odlepení dýhové hrany po vytažení z klimatizační komory (vlastní foto).....	67
Obr. 62 - Krabicový graf pro zkoušku šikmého tlakového smyku u EVA lepidla	68
Obr. 63 - Křivka grafu zobrazuje klesající hodnoty zatížení při zvyšující teplotě.....	69
Obr. 64 - Krabicový graf pro zkoušku šikmého tlakového smyku u PUR lepidla.....	70
Obr. 65 - Křivka grafu zobrazuje stejnoměrné hodnoty zatížení při zvyšující teplotě.....	71
Obr. 66 - Srovnání zatížení mezi EVA a PUR lepidlem.....	72
Obr. 67 - Graf z výsledku vícefaktorové ANOVY u zkoušky šikmého tlakového smyku	72
Obr. 68 - Výsledky vícefaktorové ANOVY u šikmého tlakového smyku pro EVA lepidlo	73
Obr. 69 - Tukeyův HSD test u šikmého tlakového smyku pro EVA lepidlo	73
Obr. 70 - EVA lepidlo u zkoušky šikmého tlakového smyku (vlastní foto).....	73
Obr. 71 - PUR lepidlo u zkoušky šikmého tlakového smyku (vlastní foto)	73
Obr. 72 - Odlepení dýhové hrany po vytažení z klimatizační komory (vlastní foto).....	73
Obr. 73 - Maximální ohybové zatížení MHG a BO	74
Obr. 74 - Maximální ohybové zatížení MHG a BO	75
Obr. 75 - Maximální ohybové zatížení JV a JS.....	76
Obr. 76 - Maximální ohybové zatížení u všech vybraných dřevin	77
Obr. 77 - Dýhová hrana po ohybové zkoušce (vlastní foto)	77
Obr. 78 - Porovnání dýhové a ABS hrany u zkoušky odlupování	85
Obr. 79 - Porovnání dýhové a ABS hrany u zkoušky šikmého tlak. smyku	86
Obr. 80 - Odlopnutí dýhové hrany od DTD (vlastní foto)	87
Obr. 81 - Prohnutí dýhové hrany (vlastní foto).....	88

16 Seznam tabulek

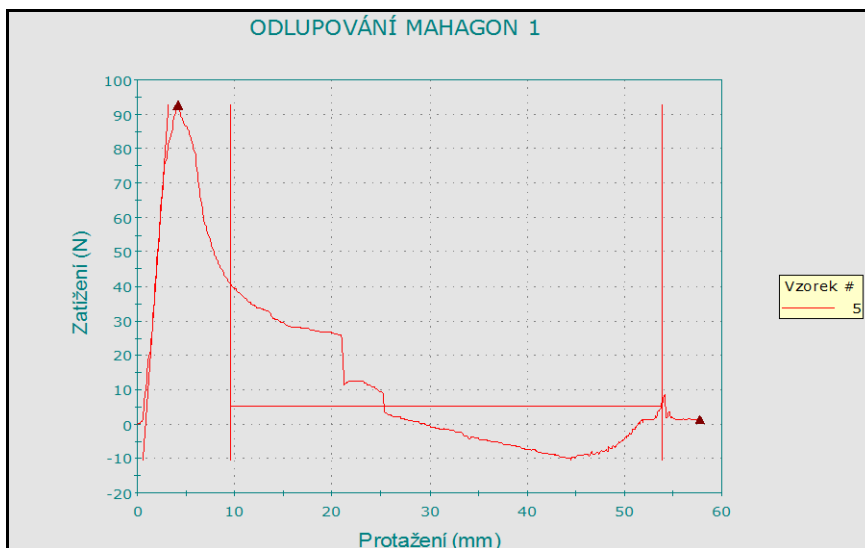
Tab. 1 - Druhy lepidel používaných ve výrobě nábytku. (Tesařová, 2014).....	14
Tab. 2 - Výhody a nevýhody tavných lepidel (Tesařová, 2014).....	15
Tab. 3 - Výhody a nevýhody lepených spojů (Osten, 1996).....	26
Tab. 4 - Porovnání klasického a laserového olepování (www.zomont.rs).....	29
Tab. 5 - Porovnání technologií (zdroj: www.hanak-nabytek.cz).....	30
Tab. 6 - Technické parametry tavného lepidla na bázi EVA kopolymerů.....	48
Tab. 7 - Technické parametry tavného lepidla na bázi PUR.....	48
Tab. 8 - Technické parametry trhacího stroje INSTRON 3365.....	49
Tab. 9 - Technické parametry klimatizační komory Incucell-V 111.....	50
Tab. 10 - Technické parametry teplotního dataloggeru Testo 174 H.....	51
Tab. 11 - Technické parametry teplotní komory INSTRON.....	54
Tab. 12 - Výsledky zkoušky odlupování u EVA lepidla.....	61
Tab. 13 - Výsledky zkoušky odlupování u PUR lepidla.....	63
Tab. 14 - Porovnání hodnot zatížení mezi PUR lepidlem a EVA lepidlem.....	64
Tab. 15 - Porovnání hodnot zatížení mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky.....	66
Tab. 16 - Výsledky zkoušky šikmého tlakového smyku u EVA lepidla.....	68
Tab. 17 - Přepočítání výsledků zkoušky šikmého tlakového smyku EVA lepidla.....	69
Tab. 18 - Výsledky zkoušky šikmého tlakového smyku u PUR lepidla.....	70
Tab. 19 - Přepočítání výsledků zkoušky šikmého tlakového smyku u PUR lepidla.....	71
Tab. 20 - Porovnání hodnot zatížení mezi PUR lepidlem a EVA lepidlem.....	72
Tab. 21 - Porovnání hodnot zatížení mezi cyklovanými a necyklovanými vzorky.....	73
Tab. 22 - Výsledky ohybové zkoušky MHG a BO.....	74
Tab. 23 - Výsledky ohybové zkoušky DB a BK.....	75
Tab. 24 - Výsledky ohybové zkoušky JV a JS.....	76
Tab. 25 - Srovnání dýhové hrany s ABS hranou u zkoušky odlupování.....	84
Tab. 26 - Srovnání dýhové hrany s ABS hranou u zkoušky šikmého tlak. smyku.....	86
Tab. 27 - Porovnání pevnosti lepidla a síly v dýhové hraně.....	88

17 Seznam zkratek

ABS	Akrylonitril-butadien-styren
AČN	Asociace českých nábytkářů
ANOVA	Analýza rozptylu
BK	Buk
BO	Borovice
ČHMU	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSN EN	Česká statní norma harmonizovaná s evropskými
DTD	Dřevotřísková deska
DTD-L	Dřevotřísková deska laminovaná
DB	Dub
EVA	Ethylenvinylacetát kopolymer
HPL	Vysokotlaký laminát
JS	Jasan
JV	Javor
MDF	Středně hustá dřevovláknitá deska
MFT	Minimální filmotvorná teplota
MHG	Mahagon
PA	Polyamid
PO	Polyolefin
PUR	Polyuretan
PVAc	Polyvinylacetátové lepidlo
VOC	Těkavé organické látky

Přílohy

VÝBĚR VÝSTUPŮ Z TRHACÍHO STROJE PRO ZKOUŠKU ODLUPOVÁNÍ EVA lepidlo při teplotě 20 °C

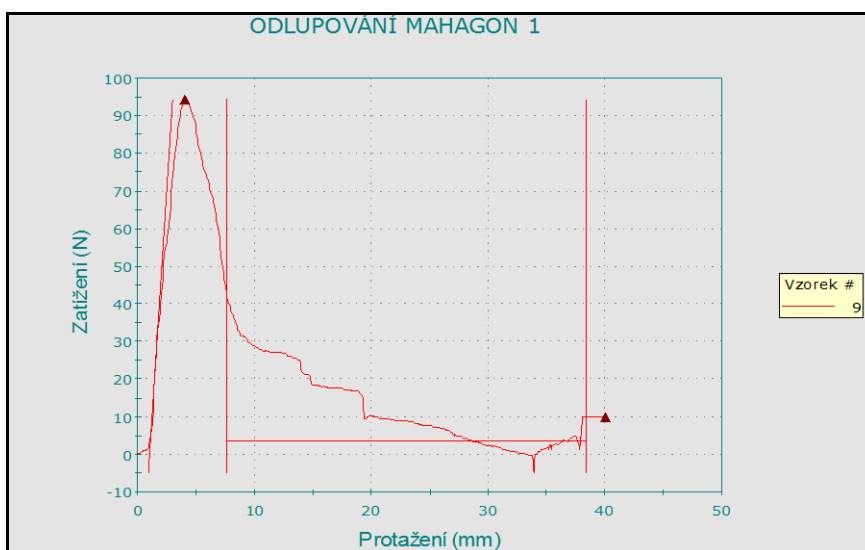


	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	8,48772	> 6,45	7,50	> 5	7,87551	43,18
2	9,09161	> 1,53	-10,71	> 16	14,15176	101,78
3	6,28328	> 5,53	5,28	> 1	0,00000	60,96
4	0,96496	> 2,74	0,96	> 2	0,07281	103,33
5	5,46874	> 1,44	2,44	> 3	11,39044	57,75
6	11,53796	< -6,23	-11,54	> 2	0,80648	42,67
7	5,28328	> 5,53	5,28	> 1	0,00000	60,96
8	8,09161	> 1,53	-10,71	> 16	14,15176	101,78
9	5,46874	> 1,44	2,44	> 3	11,39044	57,75
10	7,48772	> 6,45	7,50	> 5	7,87551	43,18
11	8,09161	> 1,53	-10,71	> 16	14,15176	101,78
12	0,96496	> 2,74	0,96	> 2	0,07281	103,33
13	10,53796	< -6,23	-11,54	> 2	0,80648	42,67
14	10,09161	> 1,53	-10,71	> 16	14,15176	101,78
15	5,28328	> 5,53	5,28	> 1	0,00000	60,96
Průměr	6,87566933	2,100667	-1,88533	> 6,066	6,459835	72,25733
Maximum	11,53796	6,45	7,50	16	14,15176	103,33
Minimum	0,96496	-6,23	-11,54	1	0,00000	42,67
Medián	7,48772	1,53	0,96	> 3	7,87551	60,96
Směrodatná odchylka	3,00650998	3,78512	7,666933	6,104279	6,110048	25,38108



Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky odlupování u lepidla EVA při teplotě 20 °C

EVA lepidlo při teplotě 40 °C

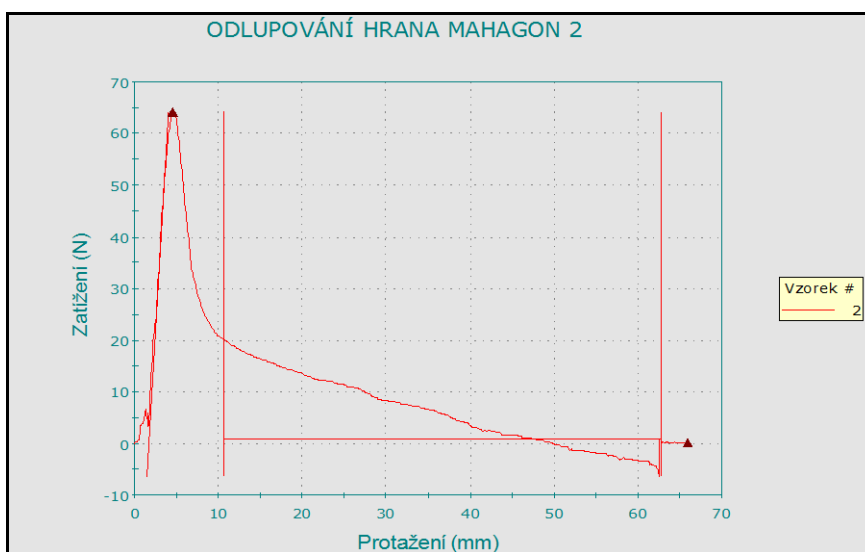


	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	5,77681	> 1,65	-----	-----	-----	38,83
2	7,10119	< -1,11	-5,67	> 9	12,61792	56,53
3	2,13753	> 8,90	-3,09	> 12	7,22511	76,42
4	8,42032	< -0,84	-9,47	> 8	9,58908	55,48
5	2,60201	< -1,25	-2,60	> 2	5,68039	109,18
6	7,42032	> 13,98	-----	-----	-----	39,86
7	2,14221	> 7,38	1,80	> 4	11,21485	52,01
8	0,52153	> 5,65	0,52	> 2	0,28345	39,02
9	3,66329	> 9,85	3,66	> 2	2,35399	40,08
10	5,77681	< -1,38	-3,23	> 7	11,53593	58,00
11	8,4232	> 13,98	-----	-----	-----	39,86
12	5,42032	> 1,65	-----	-----	-----	38,83
13	8,10119	< -1,11	-5,67	> 9	12,61792	56,53
14	3,66326	> 9,85	3,66	> 2	2,35399	40,08
15	7,10119	< -1,11	-5,67	> 9	12,61792	56,53
Průměr	5,21807867	4,406	-2,34182	>5,7	8,008232	53,14933
Maximum	8,4232	13,98	3,66	12	12,61792	109,18
Minimum	0,52153	-1,38	-9,47	2	0,28345	38,83
Medián	5,77681	1,65	-3,09	> 5,5	9,58908	52,01
Směrodatná odchylka	2,505111199	5,6113341	4,077042	3,551056	4,458078	18,34858



Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky odlupování u lepidla EVA při teplotě 40 °C

EVA lepidlo při teplotě 70 °C

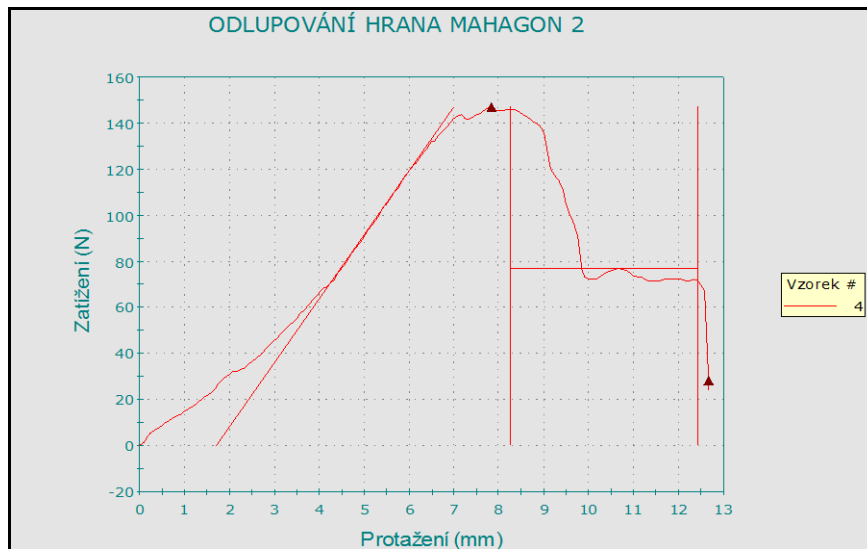


	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	0,06656	< -1,51	-----	-----	-----	37,83
2	0,84998	> 0,17	0,85	> 1	0,00000	66,00
3	1,69943	< -10,75	-----	-----	-----	41,53
4	0,63261	> 3,78	-0,63	> 1	0,00000	50,25
5	2,06413	> 2,85	-----	-----	-----	30,31
6	1,84998	< -1,72	-----	-----	-----	43,04
7	0,06656	< -1,55	-----	-----	-----	19,67
8	1,63261	< -0,67	-----	-----	-----	27,24
9	2,06413	< -8,88	-----	-----	-----	33,73
10	1,06413	< -8,88	-----	-----	-----	33,73
11	0,84998	> 0,17	0,80	> 1	0,00000	66,00
12	2,69943	< -10,75	-----	-----	-----	41,53
13	0,63261	> 3,78	-0,60	> 1	0,00000	50,25
14	0,69943	< -14,75	-----	-----	-----	44,53
15	2,06413	> 2,85	-----	-----	-----	30,31
Průměr	1,26238	-2,90933	0,11	> 1	0,00000	40,176
Maximum	2,69943	3,78	0,85	1	0,00000	66,00
Minimum	0,6656	-14,75	-0,63	1	0,00000	19,67
Medián	1,06413	-1,51	0,11	> 1	0,00000	41,53
Směrodatná odchylka	0,77530353	5,761387	0,74	0,00000	0,00000	13,63188

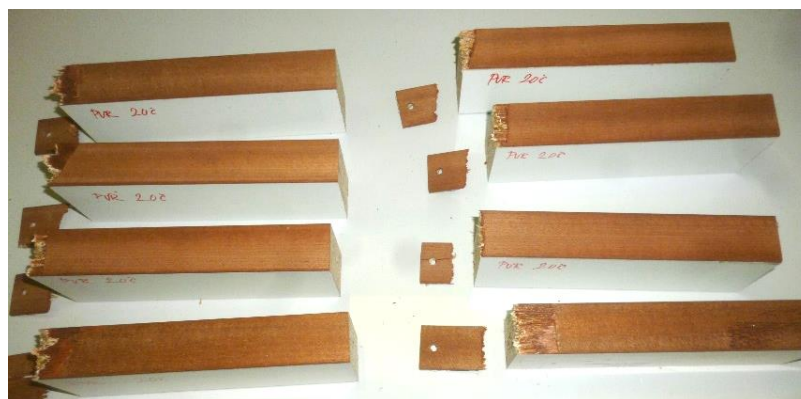


Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky odlupování u lepidla EVA při teplotě 70 °C

PUR lepidlo při teplotě 20 °C

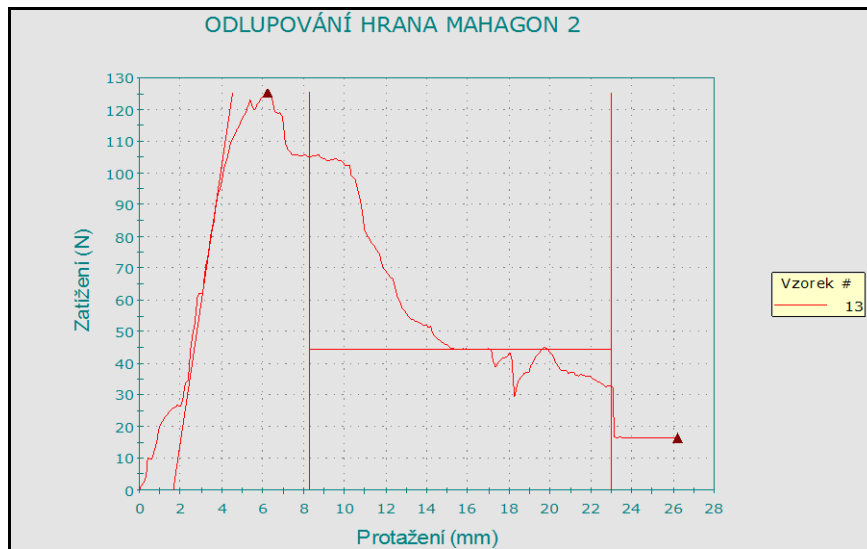


	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	100,2924	> 68,02	100,29	> 1	0,00000	14,83
2	4,60113	< -11,48	4,60	> 2	3,07228	19,91
3	61,30205	> 73,56	61,30	> 2	4,11361	14,42
4	77,05817	> 28,18	77,06	> 1	0,00000	12,67
5	104,54651	< -18,56	104,55	> 2	20,90576	20,58
6	127,00608	> 81,89	127,01	> 1	0,00000	13,08
7	50,27233	< -19,34	50,27	> 1	0,00000	17,12
8	100,29241	> 68,02	100,29	> 1	0,00000	14,83
9	24,74108	< -15,46	22,27	> 6	30,21638	20,65
10	61,30205	> 73,56	61,30	> 2	4,11361	14,42
11	106,54651	< -18,56	104,55	> 2	20,90576	20,58
12	75,05817	> 28,18	77,06	> 1	0,00000	12,67
13	125,00608	> 81,89	127,01	> 1	0,00000	13,08
14	50,27233	< -19,34	50,27	> 1	0,00000	17,12
15	102,54651	< -18,56	104,55	> 2	20,90576	20,58
Průměr	78,056254	25,466667	78,158667	>1,7333	6,9488773	16,436
Maximum	127,00608	81,89	127,01	6	30,21638	20,65
Minimum	-4,60113	-19,34	4,6	1	0,00000	12,67
Medián	77,05817	28,18	55,79	> 1	0,00000	14,83
Směrodatná odchylka	34,6947765	42,817274	48,08	1,236482	10,14285	3,1247225



Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky odlupování u lepidla PUR při teplotě 20 °C

PUR lepidlo při teplotě 40 °C

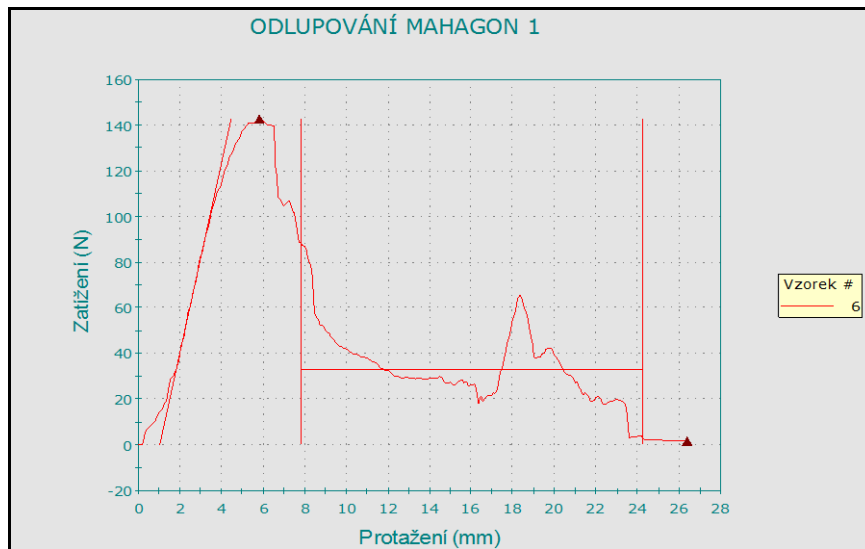


	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	15,61020	< -0,34	16,78	> 4	7,38009	41,58
2	27,47320	> 0,32	26,49	> 6	47,41816	34,68
3	69,45745	> 1,18	45,09	> 3	86,08965	29,41
4	104,55568	> 10,73	104,56	> 2	40,92720	14,33
5	21,50744	< -1,11	21,51	> 1	0,00000	18,58
6	36,60407	> 14,57	38,29	> 5	22,62047	27,81
7	39,16246	< -1,19	39,16	> 1	0,00000	29,17
8	100,98377	> 65,06	100,98	> 1	0,00000	8,83
9	66,00649	< -8,48	66,01	> 1	0,00000	28,33
10	31,53618	< -1,06	25,98	> 5	27,71413	26,86
11	21,50744	< -1,11	21,51	> 1	0,00000	18,58
12	15,61020	< -0,34	16,78	> 4	7,38009	41,58
13	44,18573	> 16,52	44,19	> 2	1,86793	26,25
14	21,50744	< -1,11	21,51	> 1	0,00000	18,58
15	69,45745	> 1,18	45,09	> 3	86,08965	29,41
Průměr	45,67768	6,3211333	42,262	> 2,66	21,83249	26,26533
Maximum	104,55568	65,06	104,56	6	86,08965	41,58
Minimum	15,61020	-8,48	16,78	1	0,00000	8,83
Medián	36,60407	-0,34	38,29	> 2	7,38009	27,81
Směrodatná odchylka	28,6224803	16,96075	27,13225	1,699673	29,42639	8,939569



Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky odlupování u lepidla PUR při teplotě 40 °C

PUR lepidlo při teplotě 70 °C

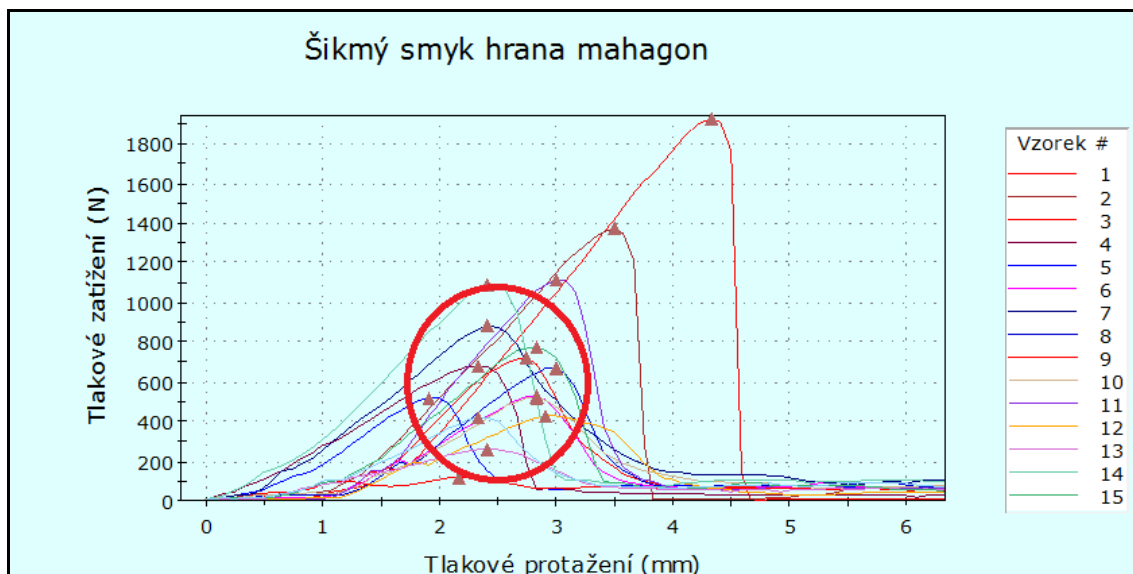


	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	24,57749	> 3,59	24,58	> 2	19,32559	32,67
2	25,33130	< -7,38	15,50	> 4	49,32790	29,37
3	39,01369	> 9,30	37,84	> 3	12,30782	31,00
4	41,48033	< -8,87	42,91	> 3	51,42565	15,84
5	46,10481	< -6,98	46,10	> 2	45,85205	30,07
6	33,19627	> 1,93	24,90	> 6	45,82751	26,39
7	13,29041	> 6,56	8,22	> 3	17,71201	32,58
8	17,68520	> 6,24	16,33	> 3	6,75118	26,74
9	37,21203	> 3,34	37,21	> 2	36,62379	22,75
10	39,01369	> 9,30	37,84	> 3	12,30782	31,00
11	72,81676	> 21,13	72,82	> 1	0,00000	12,21
12	43,48033	< -8,87	42,91	> 3	51,42565	15,84
13	25,33130	< -7,38	15,50	> 4	49,32790	29,37
14	15,29041	> 6,56	8,22	> 3	17,71201	32,58
15	33,19627	> 1,93	24,90	> 6	45,82751	26,39
Průměr	33,8013527	2,026667	30,38533	> 3,2	30,78363	26,32
Maximum	72,81676	21,13	72,82	6	51,42565	32,67
Minimum	13,29041	-8,87	8,22	1	0,00000	12,21
Medián	33,19627	3,34	24,9	> 3	36,62379	29,37
Směrodatná odchylka	14,4788941	8,28391	16,80533	1,32665	18,13779	6,464539

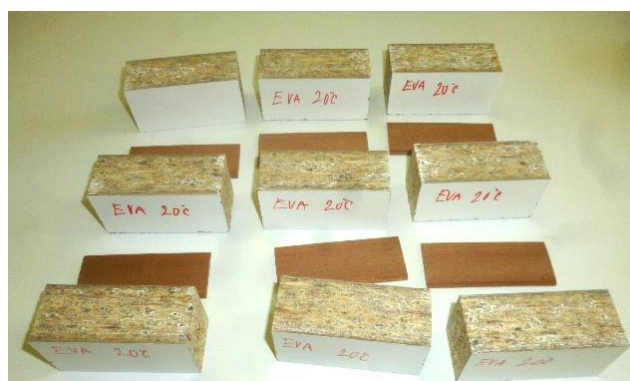


Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky odlupování u lepidla PUR při teplotě 70 °C

VÝBĚR Z TRHACÍHO STROJE PRO ZKOUŠKU ŠIKMÉHO TL. SMYKU EVA lepidlo při teplotě 20 °C

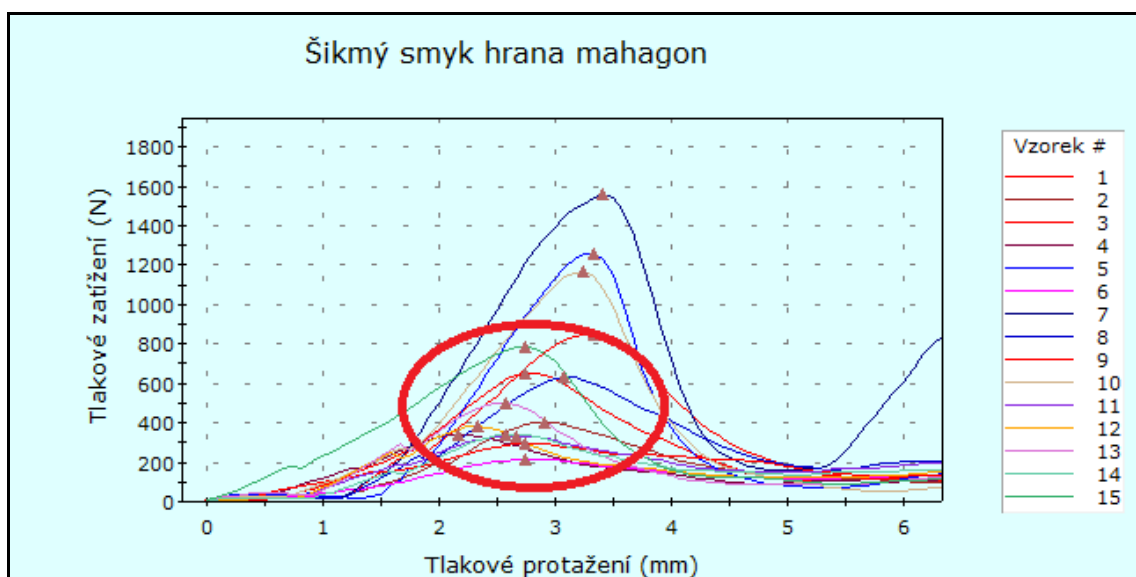


	Maximální zatížení (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	1926,25037	1,28417	4,94272	0,16886	-----
2	1372,53357	0,91502	4,27120	0,13471	-----
3	718,55133	0,47903	4,09604	0,13954	-----
4	681,24615	0,45416	2,51472	0,03358	0,01484
5	521,29962	0,34753	2,68409	0,06416	0,03825
6	528,05035	0,35203	2,35333	0,12269	-----
7	882,19263	0,58813	3,17106	0,05981	0,04058
8	672,44501	0,44830	3,19340	0,14639	0,04451
9	116,16694	0,07744	1,02453	0,05149	0,04007
10	520,40582	0,34694	2,53434	0,13454	0,03441
11	1111,15344	0,74077	5,38493	0,14457	0,04196
12	426,01996	0,28401	1,72182	0,12237	0,03741
13	257,95758	0,17197	1,11320	0,07703	-----
14	1091,46570	0,72764	3,95066	0,05986	-----
15	772,33533	0,51489	3,17731	0,11140	-----
Průměrná hodnota	773,20492	0,51547	3,07556	0,10473	0,0365
Maximální	1926,25037	1,28417	5,38493	0,16886	0,04451
Minimální	116,16694	0,07744	1,02453	0,03358	0,01484
Směrodatná odchylka	442,934411	0,29529	1,24531	0,04119	0,00867
Medián	681,24615	0,45416	3,17106	0,12237	0,03916



Ukázka vzorků ze zkoušky šikmého tlakového smyku u lepidla EVA při teplotě 20 °C

EVA lepidlo při teplotě 40 °C

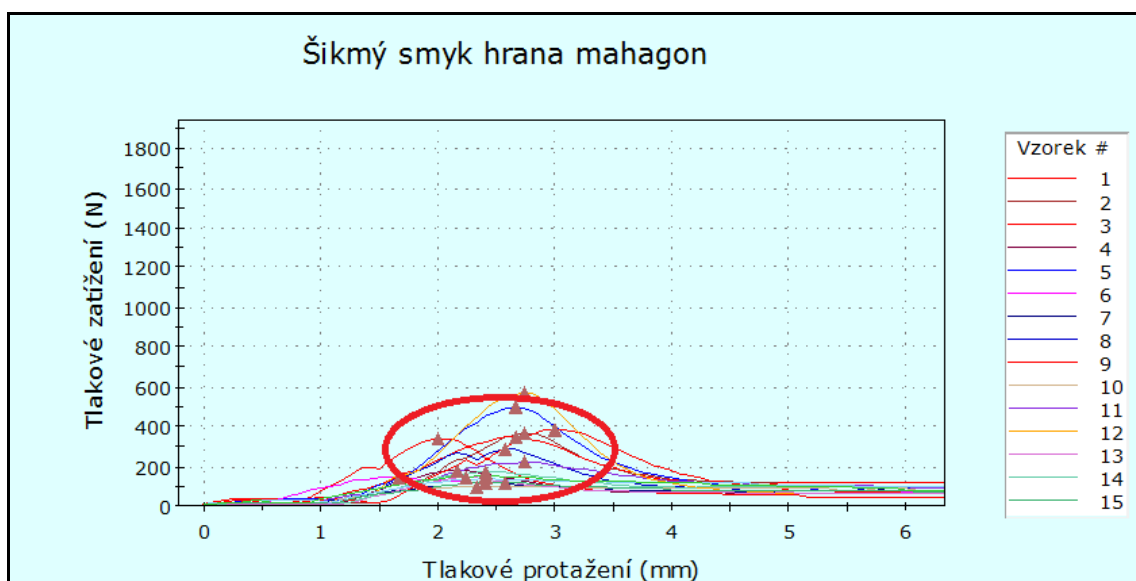


	Maximální zatížení (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	849,39423	0,56626	3,49257	0,15105	-----
2	404,01498	0,26934	-----	-----	-----
3	651,93750	0,43462	2,98160	0,12332	-----
4	341,28995	0,22753	1,68939	0,06868	0,07001
5	1260,23706	0,84016	0,57662	-0,01580	-----
6	216,12935	0,14409	0,88118	0,10181	-----
7	1557,14819	1,03810	6,37622	0,15332	-----
8	630,84418	0,42056	2,96184	0,15384	-----
9	294,80817	0,19654	1,10241	0,08282	-----
10	1163,72791	0,77582	4,82469	0,15201	-----
11	333,40323	0,22227	1,27177	0,06928	-----
12	381,55618	0,25437	1,89506	0,08276	-----
13	501,60538	0,33440	2,39852	0,09004	-----
14	338,25281	0,22550	1,82493	0,12290	-----
15	785,83887	0,52389	2,54140	0,05756	-----
Průměrná hodnota	647,34586	0,43156	2,48701	0,09954	0,07001
Maximální	1557,14819	1,03810	6,37622	0,15384	0,07001
Minimální	216,12935	0,14409	0,57662	-0,01580	0,07001
Směrodatná odchylka	403,50404	0,26900	1,59639	0,04800	-----
Medián	501,60538	0,33440	2,14679	0,09592	0,07001



Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky šikmého tlak. smyku u lepidla EVA při teplotě 40 °C

EVA lepidlo při teplotě 60 °C

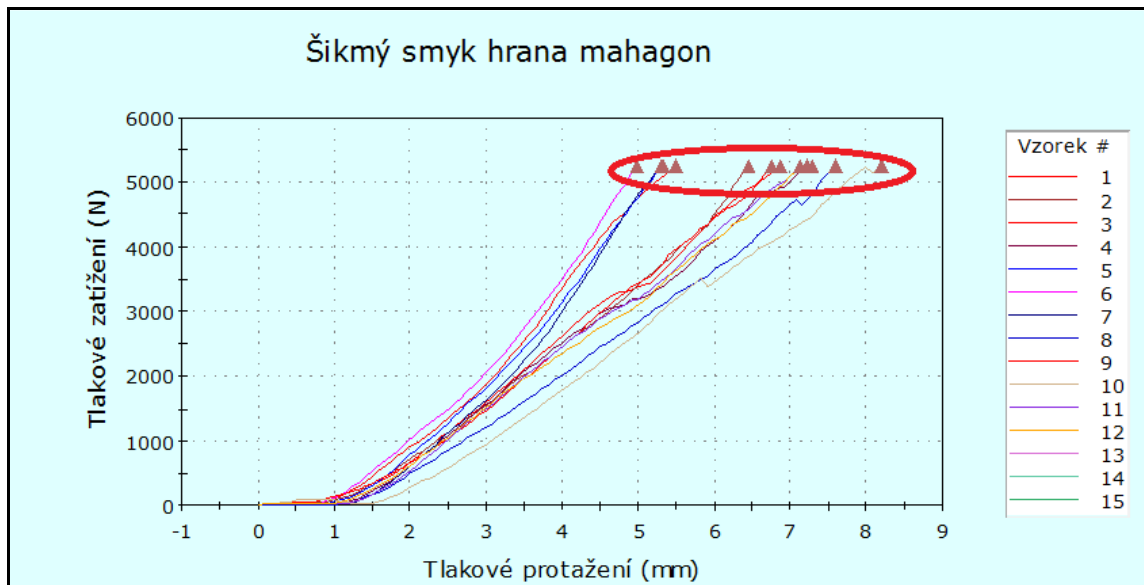


	Maximální zatížení (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	338,45633	0,22564	2,27313	0,08844	-----
2	366,14465	0,24410	2,47279	0,15806	-----
3	345,73059	0,23049	1,89911	0,12542	-----
4	180,13649	0,12009	1,35505	0,11503	-----
5	495,58279	0,33039	3,08040	0,14718	-----
6	143,20262	0,09547	1,04656	0,04485	-----
7	115,79079	0,07719	0,66292	0,08303	0,03944
8	285,31354	0,19021	-----	-----	-----
9	386,79202	0,25786	2,03308	0,15143	-----
10	95,78233	0,06385	0,69497	0,09178	-----
11	219,18427	0,14612	1,08592	0,11883	-----
12	143,74136	0,09583	1,01946	0,11891	-----
13	168,67213	0,11245	1,07824	0,11695	-----
14	117,83473	0,07856	0,79549	0,09876	-----
15	264,830868	0,17655	1,66347	0,11568	0,03944
Průměrná hodnota	570,09839	0,38007	3,79150	0,16085	0,03944
Maximální	95,78233	0,06385	0,66292	0,04485	0,03944
Minimální	142,435084	0,09496	0,92636	0,03152	-----
Směrodatná odchylka	219,18427	0,14612	1,22049	0,11789	0,03944
Medián	143,74136	0,09583	1,01946	0,11891	-----

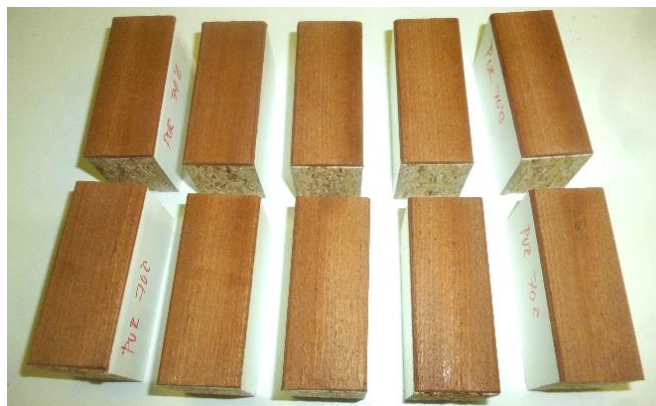


Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky šikmého tlak. smyku u lepidla EVA při teplotě 60 °C

PUR lepidlo při teplotě 70 °C

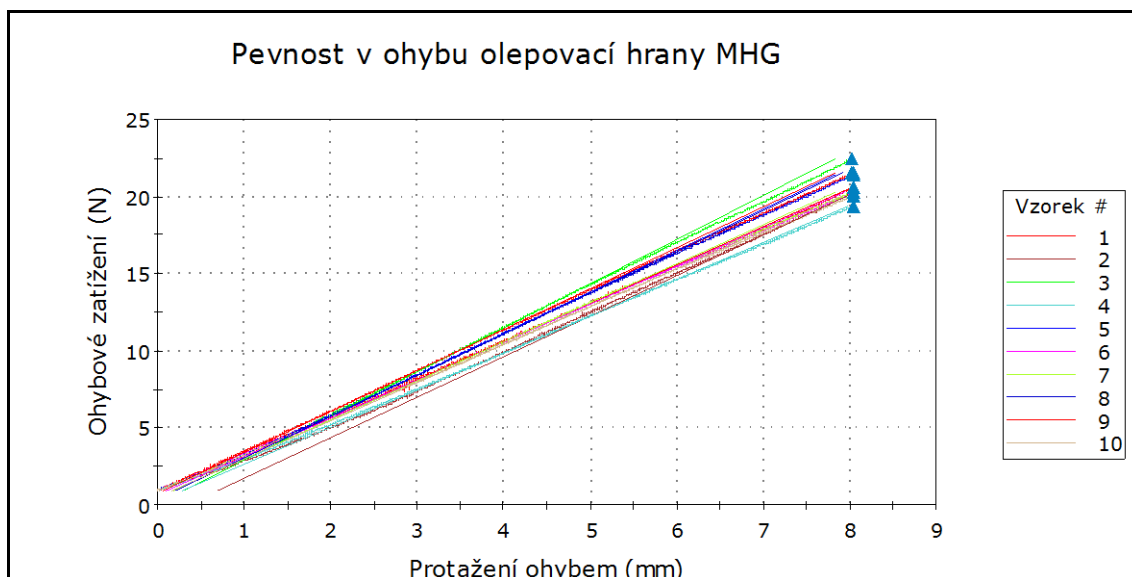


	Maximální zatížení (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	5250,68262	3,50046	8,13718	0,24962	-----
2	5252,54834	3,50170	11,35135	0,34441	-----
3	5251,34082	3,50089	10,87374	0,20219	-----
4	5250,56299	3,50038	6,25428	0,13847	-----
5	5251,87354	3,50125	11,19804	0,21910	-----
6	5251,16748	3,50078	11,57009	0,22514	-----
7	5251,66992	3,50111	12,02555	0,24505	-----
8	5250,29541	3,50020	6,51390	0,23825	-----
9	5250,65479	3,50044	6,91314	0,19142	-----
10	5251,14014	3,50076	5,97757	0,20877	-----
11	5251,21924	3,50081	6,86553	0,20291	-----
12	5250,47656	3,50032	6,68131	0,21173	-----
13	5251,14014	3,50076	5,97757	0,20877	-----
14	5250,68262	3,50046	8,13718	0,24962	-----
15	5250,56299	3,50038	6,25428	0,13847	-----
Průměrná hodnota	5251,06784	3,50076	8,69681	0,22309	-----
Maximální	5252,54834	3,50170	12,02555	0,34441	-----
Minimální	5250,29541	3,50020	5,97757	0,13847	-----
Směrodatná odchylka	0,591312788	0,00044	2,45716	0,04814	-----
Medián	5251,14014	3,50077	7,52516	0,21541	-----



Ukázka vybraných vzorků ze zkoušky šikmého tlak. smyku u lepidla PUR při teplotě 70 °C

VÝBĚR Z TRHACÍHO STROJE PRO OHYBOVOU ZKOUŠKU



	Protažení ohybem (mm)	Maximální Ohybové zatížení (N)	Maximální Ohybové napětí (MPa)
1	8,04	20,63	38,69031
2	8,04	20,32	38,10148
3	8,03	22,50	42,18718
4	8,04	19,40	36,36818
5	8,04	21,43	40,17264
6	8,04	20,32	38,10012
7	8,03	20,31	38,08724
8	8,04	21,56	40,42508
9	8,03	21,53	40,37801
10	8,04	20,11	37,70375
Průměr	8,04	20,81	39,02140
Maximum	8,04	22,50	42,18718
Minimum	8,03	19,40	36,36818
Standardní odchylka	0,01	0,92	1,71954
Medián	8,04	20,48	38,39590



Ukázka dýhové hrany během ohybové zkoušky



Schmelzkleber Patronen 1587

Schmelzkleber mit guten
Maschinenlaufeigenschaften

Eigenschaften

ZIKA-Schmelzkleber 1587 ist ein Kunstharzklebstoff auf Basis von EVA-Copolymeren mit guten Maschinenlaufeigenschaften und sehr guter Klebekraft in Patronenform.

Verarbeitungshinweis

Auftragstemperatur	
an der Düse:	210 - 220 °C
Aufschmelzzeit:	ca. 2 -4 Min.
Material- und Raumtemperatur:	nicht unter 18 °C
Holz- und Materialfeuchtigkeit:	8 - 12 %
Vorschubgeschwindigkeit:	höchste Geschwindigkeit ausnutzen

Bei niedrigerem Vorschub kann es vor allem bei ungünstigen Temperaturverhältnissen zu vorzeitiger Abkühlung des Klebers kommen, was zwangsläufig zu Fehlverleimungen führt.

Kennzeichnungspflicht

Nicht kennzeichnungspflichtig im Sinne der Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe.

Lagerung

Trocken und verschlossen 24 Monate.

Anwendungsgebiet

Universeller Einsatz bei allen bekannten Kantenmaterialien aus Furnier, Massivholz, PVC, Polyester und Melaminharz. Bei unbekanntem Material sind Vorversuche unerlässlich. Geeignet auch für den Küchenbereich.

Temperaturbeständigkeit:

Furnier- und	
Massivholzkanten:	- 20 bis + 95 °C
PVC-Kanten:	- 20 bis + 75 °C
Polyester- und	
Melaminharzkanten:	- 20 bis + 90 °C
Bei Wärmeprüfung ohne Fugenbelastung liegen die Werte um ca. 20 °C höher! (Aufsteigender Wärmetest)	

Alle ZIKA-Schmelzkleber werden einem Dauerbelastungstest unterzogen über 30 Tage bei + 50 °C. Kleber-Typen, die diesen Test nicht erfüllen, erhalten keine Freigabe!

Reinigung

Um zu verhindern, daß sich in den Schwertdüsen Verkrustungen ablagern, die einen vollflächigen Kleberauftrag verhindern, empfiehlt es sich, von Zeit zu Zeit eine Reinigungspatrone als "Putzgang" durchlaufen zu lassen bei ca. 200 °C.

Die Informationen auf diesem Merkblatt basieren auf sorgfältig durchgeführten Labor- und Anwendungsversuchen. Die Anwendungen sind jedoch sehr vielfältig. Deshalb sind eigene Versuche, die das Produkt hinsichtlich des speziellen Anwendungsgebietes testen, unbedingt erforderlich. Eine Garantie, welche über die Produktspezifikation hinausgeht, kann aus diesem Merkblatt oder einer Beratung nicht hergeleitet werden.

PUR - hranovacie tavné lepidlo

607.40, 41

Príklady použitia:

Pre automatické hranovacie zariadenia a rýchle oplášťovacie zariadenia. napr. Široká možnosť použitia napr. pre vrstvené, polyesterové, PVC, živičnaté papierové, dyhové hrany a hrany z masívneho dreva.

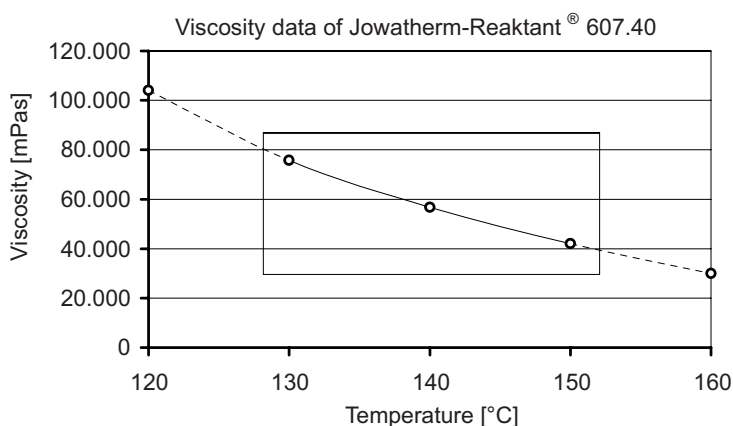
Vlastnosti / doporučený spôsob spracovania:

Rýchlo vytvrdzujúce, vysoká počiatková pevnosť. Zosieťovanie v priebehu niekoľkých dní. závisí od vlhkosti vzduchu a materiálu, dobrá elasticita za chladu a dobrá odolnosť voči rozpúšťadlám. Spracovanie so špeciálnou pištoľou príp. so špeciálnym zariadením z hliníkovej kartuše, dózy alebo suda vzduchotesne uzatvoreného.

Teplota spracovania [°C]: ca. 140
Reakčný čas: podľa podmienok okolia ca. 3 dni

Technické údaje:

Hustota (g/cm³): ca. 1,3
Vzhľad: koncové číslo 0 natur
koncové číslo 1 biely



Čistenie:

Po použití by mali byť roztavovacie a nanášacie zariadenia naplnené čističom Jowat® 930.30 (transparentný) alebo 930.34 (červený), aby boli vytlačené zvyšky tavného lepidla. Zosietený, pevne prilepený materiál musí byť rozpustený s čističom Jowat® 930.60. Bližšie informácie nájdete v doporučenom spôsobe spracovania Jowatherm® PUR - Hotmelt.

Skladovanie:

Minimálna doba uskladnenia v originálnych, neotvorených nádobách, v suchom a chladnom prostredí (15 - 25°C) je 6 mesiacov od vyskladnenia, v kartušiach 12 mesiacov.

Balenie:

Nádoby uzatvorené proti vlhkosti. Podľa požiadavky.

Poznámka:

Ďalšie upozornenia k manipulácii, transportu a odstraňovaniu sú uvedené v odpovedajúcom bezpečnostnom liste.

06/04 Informácie uvedené v tomto technickom prospekte sú založené na praktických skúsenostiach a výsledkoch našich laboratórnych testov.

Hodnoty sú priebežne aktualizované podľa posledného stavu technológie.

Toto vydanie nahrádza všetky doterajšie vydania a je platné k uvedenému dátumu.

Prosíme, oboznámte sa s informáciami uvedenými na opačnej strane prospektu.

PRODEJCE PRO ČR A SR:

Hranipex

Hranipex Czech Republic k.s.
J. Rýznerové 97, Komorovice
396 01 Humpolec
Česká republika

T +420 565 501 211
F +420 565 501 241-2
E hranipex@hranipex.cz
www.hranipex.com

Jowat
Klebstoffe

Jowat AG
Ernst-Hilker-Straße 10-14
32758 Detmold
Germany

T +49 (0)5231 749-0
F +49 (0)5231 749-105
E info@jowat.de
www.jowat.de

Informácia pre užívateľov

Lepenie je jednou z najracionálnejších techník spájania materiálov a neustále sa rozširuje do nových oblastí použitia. Zároveň narastá počet lepených materiálov a stále sa vyvíjajú nové metódy a zariadenia na spracovanie lepidiel.

Na tomto poli pôsobenia tiež intenzívne pracuje aj výskumno-vývojové oddelenie firmy Jowat. Jeho vysoko kvalifikovaná skupina chemikov a inžinierov pracuje intenzívne na tom, aby sme Vám ako zákazníkom optimálne poradili a aby ste získali najvhodnejšie lepidlo pre Vašu potrebu.

Naše odporúčenia sa opierajú o výsledky skúšok v našich laboratóriách a tiež o praktické skúsenosti našich zákazníkov. Nie je však možné zohľadniť všetky technické podmienky každého špecifického použitia. Preto je potrebné, aby si každý zákazník sám preveril vhodnosť použitia nami vyrobeného lepidla pre daný účel. To platí pri prvom použití a zavedení do výroby, ako aj v priebehu zmeny technológie výroby.

Novým zákazníkom doporučujeme overiť nami predstavené lepidlo v konkrétnych výrobných podmienkach. Takto pripravené lepené spoje je nutné preveriť podľa praktických kritérií a výsledky zhodnotiť. Tieto skúšky sú nevyhnutne potrebné. Všetkých zákazníkov, ktorí uskutočňujú zmeny vo svojich technologických procesoch prosíme, aby nám to oznámili. To sa vzťahuje aj na zmeny a nastavenie nových parametrov používaných strojno-technologických zariadení, alebo pri zmene lepených materiálov. Len potom budú pracovníci firmy Jowat schopní poskytnúť Vám najnovšie informácie zodpovedajúce aktuálnemu stavu vedeckého poznania.