

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

**Vliv vlhkosti na pevnost lepeného spoje při olepení bočních ploch dílců
koupelnového nábytku**

Diplomová práce

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci: *Vliv vlhkosti na pevnost lepeného spoje při olepení bočních ploch dílců koupelnového nábytku* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, 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 o tom, 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

Děkuji ing. Josefu Hlavatému, Ph.D. za odborné vedení práce, poskytování rad a pomoc v celém průběhu diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti HANÁK NÁBYTEK a.s. za poskytnutí zkušebních vzorků a vstřícnost společnosti. Mimo jiné bych chtěla poděkovat rodině a nejbližším za trpělivost a podporu v průběhu studia i při samotném psaní diplomové práce.

ABSTRAKT

Jméno autora: Michaela Landová

Název tématu: Vliv vlhkosti na pevnost lepeného spoje při oлеpení bočních ploch dílců koupelnového nábytku

Tato diplomová práce je zaměřena na vliv lepidla na pevnost lepeného spoje u DTD-L a ABS hrany za zvýšené vlhkosti a spolupůsobení tepla. Tato problematika se týká nejen nábytku, který je umístěn v prostorách se zvýšenou vlhkostí, jako jsou koupelny a kuchyně, ale i nábytku, který je vystaven těmto podmínkám v oblasti logistiky v době přepravy, skladování apod. Z tohoto hlediska má velký vliv na kvalitu produktu i výběr správného lepidla.

Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části je popsána metodika a základní přehled problematiky. V praktické části se jedná o experimentální měření teplotních a vlhkostních podmínek v interiéru a exteriéru. V druhé části byl využit plošný materiál DTD-L, kdy byla testována pevnost lepených spojů s využitím PUR lepidla. Vzorky byly zatěžovány zvýšenou vlhkostí 90 % a 70 % a teplotám od 25 °C po 80 °C a následně byla testována pevnost lepeného spoje s využitím metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° a metoda odlupu pod úhlem 90°. Výsledky měření byly zpracované, analyzované a vyhodnocené.

Klíčová slova: Lepený spoj, lepidlo, PUR lepidlo, šikmý smyk, odlup, DTD, ABS, vlhkost, teplota

ABSTRACT

Name of student: Michaela Landová

Name of theme: Effect of moisture on the gluent joint strength at beplaster the side surfaces of sections of bathroom furniture.

This thesis is focused on the effect of glue to bonding strength at DTD-L and ABS edge for increased moisture and heat interaction. This problems is concerned not only furniture, which is located in rooms with increased moisture, as are bathrooms and kitchens, but also furniture, which is exposed to these conditions in logistics during transport, storage etc. In this regard selection of right glue has a great impact on produce quality.

This work is divided into two parts, theoretical and practical. There is description of methodology and formal view of problematics in the theoretical part. Experimental measurement of temperature and moisture conditions in interior and exterior are introduced in the practical part. Surface material DTD-L was used in practical part, when was tested strength of glued joints with using PUR adhesive. The samples were burden with increased moisture 90 % and 70 % and with temperatures from 25 ° C to 80 ° C. Subsequently was tested strength of gluent joints with using method of angle pressure shear angle-wise 45 ° and a peeling method angle-wise 90 °. The results were processed, analyzed and evaluated.

Keywords: Glued joints, glue, PUR glue, angle shear, peel, DTD, ABS, humidity, temperature

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍL PRÁCE	11
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1. Technologické faktory a podmínky ovlivňující pevnost lepených spojů.....	12
3.1.1. Vlhkost vzduchu	12
3.1.2. Relativní vlhkost vzduchu	12
3.1.3. Rosný bod	12
3.1.4. Teplota	12
3.2. Lepení.....	13
3.2.1. Teorie lepení	13
3.2.2. Faktory ovlivňující kvalitu lepeného spoje.....	13
3.2.3. Parametry lepení	14
3.3. Druhy lepidel.....	18
3.3.1. Lepidla přírodního původu	18
3.3.2. Syntetická lepidla	18
3.4. Koupelnový nábytek	23
3.4.1. Požadavky na koupelnový nábytek.....	23
3.4.2. Provedení koupelnového nábytku.....	23
3.4.3. Konstrukce koupelnového nábytku	23
3.4.4. Materiál při výrobě koupelnového nábytku.....	24
3.5. Přeprava nábytku.....	29
3.5.1. Vývoz nábytku.....	30
3.6. Pevnost lepeného spoje	31
3.6.1. Zkoušení pevnosti lepeného materiálu	31
3.6.2. Vliv teploty na mechanické vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva a pevnost dřeva	32
3.6.3. Stav vlhkostní rovnováhy, bobtnání a sesychání, borcení	32
3.6.3.1. Stav vlhkostní rovnováhy SVR.....	32
3.6.3.2. Sesychání.....	33
3.6.3.3. Bobtnání	33
3.6.3.4. Borcení	33
4. VYUŽITÉ MATERIÁLY A STROJE, METODIKA PRÁCE	35

4.1.	Použitý materiál	35
4.1.1.	Dřevotřísková deska (DTD).....	35
4.1.2.	ABS hrana.....	35
4.1.3.	Lepidlo	35
4.1.4.	Trhací stroj INSTRON 3365.....	36
4.1.5.	Tepelná komora INSTRON model 3119-409-22	38
4.1.6.	Klimatizační komora Memmert HPP 108	38
4.1.7.	Teplotní datalogger Testo 174H	39
4.1.8.	Parní komora Siemens HB 36D570.....	40
4.1.9.	Zkušební vzorky	40
5.	PRAKTICKÁ ČÁST	43
5.1.	Experimentální měření vlhkosti a teploty v domácích podmínkách.....	43
5.2.	Experimentální měření vlhkosti a teploty ve venkovních podmínkách.....	46
5.3.	Klimatizování vzorků.....	49
5.4.	Metodika zkoušek	50
5.4.1.	Tlakový smyk pod úhlem 45°	50
5.4.2.	Odlup pod úhlem 90°	51
5.4.3.	Postup zkoušky pevnosti v lepené spáře – šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°	51
5.4.4.	Postup zkoušky odlupování pod úhlem 90°	52
5.4.5.	Zkouška paření vzorků v parní komoře	53
5.4.6.	Postup zkoušky paření vzorků v parní komoře.....	53
5.4.7.	Zkouška máčení vzorků v akváriu	54
5.4.8.	Postup zkoušky máčení vzorků v akváriu.....	54
5.5.	Metodika zpracování výsledků	55
5.5.1.	Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°	55
5.5.2.	Zkouška odlupování pod úhlem 90°	55
6.	VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	57
6.1.	Zkouška šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°	57
6.1.1.	Pevnost v lepené spáře pro šikmý tlakový smyk (zatížení F).....	58
6.1.2.	Pevnost v lepené spáře pro šikmý tlakový smyk (napětí τ)	60
6.2.	Zkouška odlupování pod úhlem 90°	63
6.2.1.	Pevnost v lepené spáře při odlupu pod úhlem 90° (zatížení F)	64
6.3.	Výsledky měření pro zkoušku paření v parní komoře	66

6.4.	Výsledky měření pro zkoušku máčení v akváriu	70
7.	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	72
7.1.	Vyhodnocení výsledků pro šikmý tlakový smyk	72
7.2.	Vyhodnocení výsledků pro odlup	73
7.3.	Vyhodnocení výsledků páření v parní troubě	74
7.4.	Vyhodnocení výsledků máčení vzorků v akváriu	76
8.	DISKUSE A PŘÍNOS PRO PRAXI.....	79
9.	ZÁVĚR	84
10.	SUMMARY	86
11.	SEZNAM ZKRATEK	88
12.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	89
12.1.	Internetové zdroje	91
12.2.	Normy.....	91
13.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	92
14.	SEZNAM TABULEK	96
15.	SEZNAM PŘÍLOH.....	97

1. ÚVOD

V dnešní moderní době je kladen vysoký důraz na spokojenost zákazníka a snaha jednotlivých nábytkářských firem dostat se na co nejvyšší post v konkurenčním boji na českém i světovém trhu. Zákazník žádá vysokou kvalitu, za přijatelnou cenu s co možná nejkratší dobou dodání. Dále žádá funkční a estetický design, který podporují olepené hlavní plochy a boční plochy při výrobě nábytku z aglomerovaných materiálů. Olepování bočních ploch má funkci nejen estetickou, ale také ochrannou vůči mechanickým vlivům a vlivům okolního prostředí (teplota, vlhkost). Výrobní linky se snaží využívat co nejkvalitnější lepidla v oblasti výroby aglomerovaných materiálů, a snaží se využívat kvalitní materiály i v oblasti olepování bočních ploch či lepení spojů.

Zvláště v oblasti koupelnového a kuchyňského nábytku dochází k vystavení produktů vlivům, jako je vysoká vlhkost či teplota. Tyto vlivy způsobují nemalé škody na nábytku, nejčastěji v oblasti olepení bočních ploch a lepených spojů. Za vzniklé vady odpovídá druh lepidla a způsob technologie jeho nanášení. Z tohoto důvodu mnoho firem přistupuje k volbě nových inovativních technologií v oblasti olepování hran.

Nové inovativní stroje jsou finančně nákladnou stránkou firmy, tudíž je v jejím zájmu zajímat se o návratnost takové obrovské investice a to z pohledu trvanlivosti a pevnosti olepených ploch. Velkou roli v této oblasti hraje druh lepidla, jelikož každý druh lepidla je různě finančně nákladný a požaduje různé velikosti nánosu, které jsou technologiemi ovlivněny.

Z důvodu hygroskopicity dřeva, tudíž i materiálů na bázi dřeva, kdy materiál je schopen přijímat, ale i odevzdávat vodu do okolního prostředí, a to v jakémkoliv skupenství, je nutno dodržovat určité podmínky nejen při výrobě produktu, ale i při následné logistice produktu. Je nutné, aby se zachovala kvalita a byly dodrženy základní vlastnosti produktu. Meziročně stoupá export nábytku z České republiky jak do EU, tak i za její hranice. V takovém případě se při exportu vystřídá několik klimatických pásem s extrémními teplotami, různou vlhkostí apod. Totéž platí i u nábytku, který je následně vystaven působení faktorů v interiéru, či exteriéru jako takovém. Takovéto extrémní podmínky nepříznivě ovlivňují dřevo a materiály na bázi dřeva, tudíž je nutno uzpůsobit veškeré podmínky výroby, transportu a exponování produktu vlastnostem využitého materiálu.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo vypracování přehledu odborné literatury o dané problematice (*Vliv vlhkosti na pevnost lepeného spoje při olepení bočních ploch dílců koupelnového nábytku*) a zjištění změny pevnosti olepených hran při jejich vystavení zvýšené vlhkosti za spolupůsobení teploty.

Diplomová práce byla rozdělena na následující body:

1. Experimentálně zjistit a analyzovat podmínky prostředí, ve kterém je nábytek vystaven zvýšené vlhkosti (koupelna, kuchyň).
2. Vystavit vzorky, které jsou vyrobeny z DTD-L a ABS hrany s využitím PUR tavného lepidla, vlhkosti dle naměřených hodnot s postupným zvyšováním teploty, a testováním zjistit, k jakým změnám přídržnosti olepené plochy došlo. K testování budou využity metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° a metoda odlupu pod úhlem 90°.
3. Vystavit vzorky, které jsou vyrobeny z DTD-L a čtyřstranně olepeny ABS hranou za využití PUR tavného lepidla v jedné variantě a EVA tavného lepidla v druhé variantě, extrémním podmínkám, kdy dochází při 100 °C k paření vzorků v laboratorní parní troubě. (vizuální porovnání s referenčním vzorkem)
4. Vystavit vzorky působení vody tzv. akváriovou zkouškou. Vzorky jsou vyrobeny ve dvou provedeních. První varianta je DTD-L čtyřstranně olepena ABS hranou za využití PUR tavného lepidla, druhá varianta je s využitím EVA tavného lepidla. (vizuální porovnání s referenčním vzorkem)

Výsledným výstupem práce bude zanalyzovat výsledky výzkumu a jejich interpretace pro využití v praxi. Zda zvýšená vlhkost v interiéru významně ovlivňuje pevnost lepeného spoje u olepené hrany.

Pozn.: Body 3. a 4. byly zvoleny v průběhu řešení, jako doplňkové vystavení vzorků razantnímu působení vlhkosti.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1. Technologické faktory a podmínky ovlivňující pevnost lepených spojů

Technologické faktory a podmínky, které ovlivňují nejen pevnost, ale i trvanlivost lepených spojů nábytku jsou relativní vlhkost, teplota a rosný bod. Tyto podmínky můžeme shledat při užívání nábytku, při přepravě a samotné výrobě nábytku.

3.1.1. Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je základní vlastností vzduchu. Vlhkost vzduchu udává, jaké množství vody v plynném stavu obsahuje dané množství vzduchu. Množství vodní páry v gramech v krychlovém metru vzduchu udává absolutní vlhkost vzduchu. Vlhkost vzduchu je s teplotou proměnlivá, existuje stav nasycení. To znamená, že pro každou teplotu existuje určitá hodnota obsahu vlhkosti vzduchu, kterou nelze překročit. [23]

3.1.2. Relativní vlhkost vzduchu

Nejběžnější veličinou pro vlhkost vzduchu je relativní vlhkost vzduchu. Tato veličina udávaná v % nám ukazuje, kolik procent z maximální absolutní vlhkosti vzduchu se právě ve vzduchu nachází. [23]

3.1.3. Rosný bod

Teplota, při níž je vzduch nasycen vodní párou, se nazývá rosný bod. Vzduch je nasycen vodní párou natolik, že není schopen pojmout vyšší množství vodní páry. Pokud poklesne teplota, dojde k vysrážení vodní páry ve formě kapiček.

3.1.4. Teplota

Teplotou lze charakterizovat tepelný stav hmoty. Je udávána v celsiově stupnici. Tato stupnice vychází ze dvou důležitých teplot, teplota tání vody 0°C a teplota varu vody 100°C.

Nábytek a jeho lepené spoje jsou vlivem prostředí, ve kterém jsou umístěny, vystavovány různým faktorům. V interiéru jsou nejčastějším zdrojem např. spotřebiče umístěné a zabudované v kuchyňské lince, topná tělesa, nábytek umístěný v koupelně atd. Zpravidla se však jedná o krátkodobé vystavení zvýšené vlhkosti, či teplotě. V opačném případě je tomu při přepravě nábytku do delších vzdáleností s dobou expozice faktorům výrazně delší. Zde musíme brát v potaz změny podnebí.

3.2. Lepení

3.2.1. Teorie lepení

Lepením rozumíme spojení dvou lepených materiálů za pomoci lepidla – adheziva. V lepeném spoji působí dvě důležité mezimolekulární síly, adheze a koheze. Adheze působí mezi molekulami lepidla a lepeného materiálu. Koheze působí mezi molekulami téhož materiálu, nazývá se též soudržnost.

3.2.2. Faktory ovlivňující kvalitu lepeného spoje

Kvalitu lepeného spoje ovlivňuje několik důležitých faktorů:

a) Druh lepidla (viz dále)

b) Vlhkost lepeného materiálu

Vlhkost lepeného materiálu musíme brát v potaz vždy. Materiály na bázi dřeva mají schopnost přijímat vodu z lepicí směsi, proto je důležité, aby materiály byly vysušeny vždy na nižší vlhkost, než je konečná vlhkost výrobku. Zároveň ve spoji vznikají napětí a lepené spoje je nutno před dalším obráběním nejprve klimatizovat. Vysoká vlhkost lepeného materiálu může způsobit vady lepeného materiálu nebo prodloužit dobu vytvrzování lepidla.

c) Hrúbost povrchu lepeného materiálu

Lepený spoj je s čím hladším povrchem pevnější. Čím je hladší povrch dřeva, tím tenčí je nutný nános lepidla a tím je lepený spoj pevnější. Lepené plochy je nutno frézovat nebo brousit, výjimečně se připouští plochy jemně řezané.

d) Tloušťka nánosu lepidla

Tloušťka nánosu lepidla závisí na druhu použitého lepidla, na hrúbosti lepeného materiálu a jeho opracovaných ploch a podle účelu lepení. Pro montážní lepení se užívají nánosy obvykle 180-250 g/m², při výrobě překližek 130-220 g/m², u DTD 105-115 g/m².

e) Viskozita, hustota lepidla

Při nánosu lepidla je důležitý co nejtenčí nános lepidla, avšak musí pokrývat celou plochu lepeného spoje. Lepidla s vysokou viskozitou se špatně nanášejí a mají špatnou přilnavost k lepenému materiálu. Lepidla s nízkou viskozitou zbytečně zvyšují vlhkost v lepeném spoji.

f) Lisovací tlak

Lisovací tlak se liší od způsobu lepení, pro montážní lepení se užívají tlaky 0,2-0,6 MPa, při dýhování 1 MPa, při výrobě překližek do 2 MPa, výroba DTD až 3 MPa, výroba DVD až 8 MPa. Při lepení měkkých dřevin platí, že se používá nižších lisovacích tlaků, aby nedocházelo ke zhušťování dřeva. Pokud je však lisovací tlak malý, spoj nedrží a bývá křehký. Lisovací tlak se vyvozuje hydraulickými lisami, mechanickými lisami, pneumatickými nebo hydraulickými válci, protlačovacím lisem atd.

g) Lisovací teplota

Rozlišujeme lepení za studena 18 – 25 °C, které se nachází v běžných dílenských podmínkách. Platí však, že by teplota lepeného materiálu neměla být nižší než 15 °C. Nižší teplotou materiálu se prodlužuje doba vytvrzování. Druhý způsob lepení je za vysokých teplot. Teplota je závislá na druhu lepidla. Například močovinoformaldehydová lepidla vytvrzují při 100 až 220 °C podle druhu výroby (dýhování, výroba aglomerovaných materiálů, apod.), fenolformaldehydová lepidla vytvrzují při 140-150 °C.

h) Lisovací doba

Lisovací doba udává čas, při kterém působí v lepeném spoji lisovací tlak. Je důležité, aby po ukončení lisovacího tlaku měl lepený spoj manipulační pevnost. Celková doba vytvrzování je však delší, následně je potřeba lepený spoj klimatizovat. Při klimatizaci dochází k několika procesům, dokončuje se vytvrzování a dozrávání lepidla, vyrovnává se napětí v materiálu, které vzniklo změnou teploty a vlhkosti materiálu. Klimatizace se provádí za dílenských podmínek 18 – 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu cca 65 % po dobu až 24 hodin. Platí, že čím vyšší je lisovací teplota, tím kratší je lisovací doba.

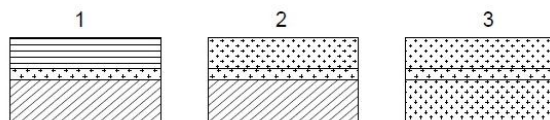
3.2.3. Parametry lepení

Pevnost lepeného spoje závisí na čtyřech parametrech

- a) Na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (adheze)
- b) Na soudržnosti hmoty lepidla, neboli na vnitřní pevnosti lepidla (koheze)
- c) Na smáčivosti lepeného povrchu kapalným lepidlem

3.2.3.1. Adheze

Pro úspěšné lepení je základní předpoklad adheze. Jedná se o síly vyvolávající přilnavost lepidla (adheziva) a lepeného materiálu (adherendu). Má-li lepidlo a spojovaný materiál stejné složení, poté se jedná o autoadhezi. Autoadheze může být jednostranná nebo oboustranná. [18]



- 1 - SLOŽENÍ LEPIDLA JE ODLIŠNÉ OD SLOŽENÍ LEPENÝCH DÍLCŮ, BĚŽNÝ ADHEZNÍ VZTAH
- 2 - LEPIDLO A JEDNA Z LEPENÝCH PLOCH MAJÍ SHODNÉ CHEMICKÉ SLOŽENÍ - JEDNOSTRANNÁ (ČÁSTEČNÁ) AUTOADHEZE
- 3 - LEPIDLO A OBA LEPENÉ MATERIÁLY MAJÍ SHODNÉ CHEMICKÉ SLOŽENÍ - ÚPLNÁ AUTOADHEZE

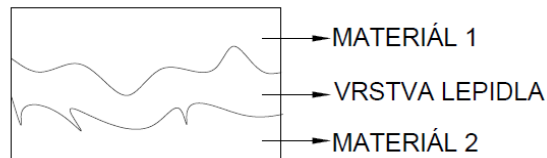
Obr. 1: Vztah lepidla k lepenému materiálu (dle Ostena, 1975)

Důležitou vlastností lepidla pro pevný lepený spoj je nejen adheze, ale i soudržnost filmu lepidla po ztuhnutí nebo vytvrzení. Tento jev se nazývá koheze a závisí na složení filmu lepidla v konečné fázi lepení. Podstatu adhezních jevů vysvětluje několik různých teorií. Především teorie mechanické adheze a teorie specifické adheze. [18]

a) Mechanická adheze

Mezi prvními osobnostmi, které vyslovily názor na podstatu adheze, byli McBain a D. G. Hopkins. Teorie mechanické adheze vychází z předpokladu, že lepidlo nejprve pronikne do pórů lepeného nerovného povrchu, kde po ztuhnutí vytvoří mechanický prolutý systém. Avšak tuto teorii následně zpochybnil McLaren, který prokázal, že spoje dřeva na podélných řezech prokazují vyšší mechanické pevnosti, nežli spoje k čelním řezům, které obsahují více pórů. Teorie mechanické adheze je nepoužitelná zejména u neporézních materiálů, jako je sklo či kov. [18]

Jedná se o nejstarší teorii adheze. Mechanická adheze se na celkové pevnosti spoje podílí z 10 až 30 %.



Obr. 2: Mechanická vazba lepidla s povrchem (vznik mechanického „zámku“)

b) Specifická adheze

1b) Polarizační teorie

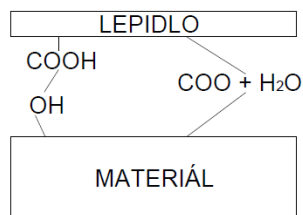
Jedná se o vztah adheze a vzájemné účinnosti molekul lepené hmoty a lepidla. Je známo, že atomy prvku jsou v molekule spojeny pevnými chemickými vazbami. Tyto vazby mají tři různé podoby, elektrokovalentní (iontové), kovalentní a kovové. Kromě těchto primárních vazeb se vyskytují ve hmotě i přitažlivé síly, které označujeme jako sekundární vazby. Tyto síly nazýváme Van der Waalsovy. Vznik specifické adheze závisí na co nejtěsnějším přiblížení molekul lepidla a molekul adherendu a následném zachycení molekul lepidla na lepeném povrchu vlivem sekundárních přitažlivých sil. [18]

2b) Teorie difúze

Vznik adheze mezi materiály na základě tzv. mikro-Brownova pohybu molekul, který umožňuje přechod molekul lepidla do lepeného materiálu a naopak. Je nutné, aby makromolekuly adheziva i adherendu vykazovaly pohyblivost, ta se dá zvýšit pomocí zvýšeného tlaku, teploty, doby kontaktu adherendů a lepidla. [18]

3b) Teorie chemických vazeb

Přímé působení lepidla na lepený povrch má vliv na pevnost lepeného spoje. Dobře se lepí materiály, které mají reaktivní povrch, nebo povrch chemicky upravený tak, aby mohla proběhnout chemická reakce mezi lepidlem a povrchem za vzniku kovalentní vazby. Velmi dobře se lepí oxidované povrchy (kovy, oxidované plasty), povrchy přírodních polymerů (dřevo, papír, celulóza) s volnými chemickými skupinami oxy-, hydroxy-, karbonyl-, karboxymethyl-, amino- (-O,-OH, -CO, -COCH₃, -NH₂) a jinými. Lepidlo musí obsahovat volné skupiny, které jsou schopné reakce s povrchem lepeného materiálu. Vysoce reaktivní skupiny u lepidel: epoxy-, hydroxy-, karboxy- (kyseliny), isokyanáto- a další. [18]



Obr. 3: Chemická vazba lepidla s povrchem (vznik chemické vazby)

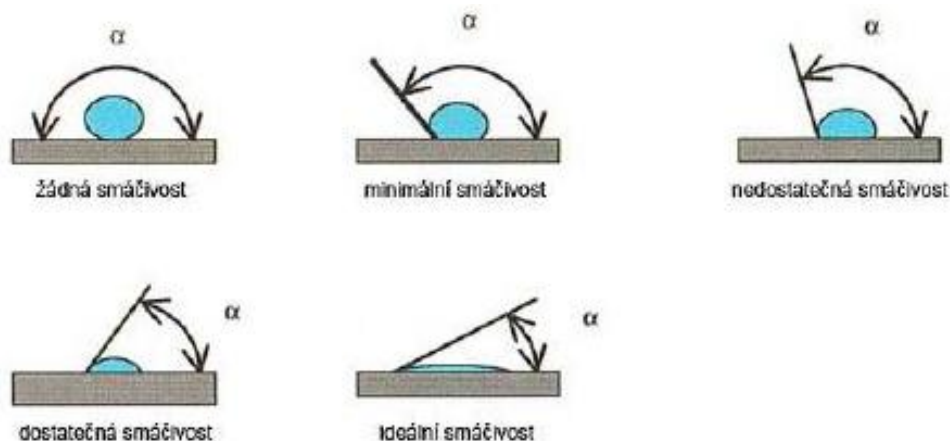
3.2.3.2. Koheze

Vnitřní molekulová soudržnost téhož materiálu se nazývá koheze. Pevnost lepeného spoje není závislá pouze na adhezi, ale i na dobré vnitřní soudržnosti molekul lepidla. Vliv na kvalitu koheze má velikost a struktura makromolekul lepidla po jeho vytvrzení. Platí, že soudržnost lepidla v lepeném spoji musí být vyšší než soudržnost lepeného materiálu. [17]

3.2.3.3. Smáčivost povrchu

Schopnost kapaliny udržovat kontakt s pevným povrchem se nazývá smáčivost. Tato vlastnost vychází z mezimolekulární interakce. Stupeň smáčení je dán projevem kohezních a adhezních sil povrchových vrstev dvou stýkajících se látek. Stupeň smáčení kapaliny na pevném povrchu se vyjadřuje velikostí tzv. úhlu smáčení, který svírá tečna k povrchu kapky kapaliny. Podle velikosti úhlu smáčení θ můžeme rozlišit, zda kapalina je schopna povrch smáčet či nikoli. Jestliže je úhel $\theta < 90^\circ$ pak kapalina tuhou látku dobře smáčí (tuhý povrch je lyofilní). Pokud je úhel $\theta > 90^\circ$ znamená to, že kapalina tuhou látku špatně smáčí nebo nesmáčí (tuhý povrch je lyofobní). U vody tyto povrchy nazýváme hydrofilní nebo hydrofobní.

Pokud dojde k roztečení kapky na tenkou souvislou vrstvu, poté mluvíme o „dokonalém smáčení“ neboli o roztírání. [22]



Obr. 4: Smáčivost povrchu (dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/> 15. 11. 2015)

3.3. Druhy lepidel

Lepidla se rozdělují podle původu do dvou skupin:

3.3.1. Lepidla přírodního původu

3.3.1.1. Glutinová lepidla

Použití glutinového lepidla se využívá u konstrukčních spojů, které nejsou vystaveny povětrnostním vlivům a působení vody. Glutinová lepidla mají navíc obrovskou nevýhodu v jejich složité a zdouhavé přípravě. Glutin ve formě perliček nebo prášku se musí nechat nejprve nabobtnat ve studené vodě, poté je nutno jej ohřívat ve vodní lázni do teploty 70°C, aby nedošlo k rozkladu bílkoviny, která je zde obsažena. Kdyby došlo k rozkladu bílkoviny, přestal by mít glutin vlastnost lepení. K vytvrzení lepidla dochází za normální teploty odpařením vody.

3.3.1.2. Kaseinová a albuminová lepidla

V současné době jsou tato lepidla nahrazena lepidly syntetickými z důvodu jejich složité přípravy. Dříve se využívala při lepení vodovzdorných spojů a vyráběla se z krve a mléka jatečných zvířat.

3.3.2. Syntetická lepidla

3.3.2.1. Fenolformaldehydová lepidla

Spoje lepené pomocí FF lepidly jsou vodovzdorné, odolávají povětrnostním vlivům a vyznačují se vysokou tvrdostí, čímž jsou špatně obrobitelné. Lepidla vytvrzují za chemické reakce mezi základní pryskyřicí a tvrdidlem. Tvrdidlem v tomto případě je

kyselina paratoluensulfonová. Při přípravě lepicí směsi vzniká endotermická reakce, která je doprovázena zvýšením teploty. Je nutné chladit nádobu, ve které je směs připravována, aby nedošlo k předběžnému vytvrzení směsi, ke které může dojít již při teplotě 40°C. Dále je nutné brát zřetel na dávkování tvrdidla. Kyselina, která není spotřebována při chemické reakci, může následně snižovat pevnost dřevních vláken v oblasti lepeného spoje. [18]

Použití FF lepidel: lepení venkovních konstrukcí za studena, lepení vodovzdorných překližek za teploty 140 – 180 °C.

3.3.2.2. Močovinoformaldehydová lepidla

Spoje vytvořené za pomoci UF lepidla nejsou odolné proti vodě a povětrnostním vlivům. UF lepidlo vytvrzuje chemickou reakcí při teplotách 100 – 180 °C. Lepicí směs se skládá z močovinoformaldehydové pryskyřice, tvrdidla, ředidla, nastavovadel a zušlechťujících látek. Jako tvrdidlo se v případě UF lepidel využívá chlorid amonný a ředidlo zastupuje voda. Nastavovadla mají vlastnost, že jsou sama o sobě lepivá, zlevňují lepení, ale snižují lepivost směsi a prodlužují dobu vytvrzování. K tomuto účelu se používá technická mouka. Při lepení za zvýšených teplot je nutno používat tzv. bohatší směsi s malým obsahem nastavovadel. Životnost lepicí směsi UF lepidel je asi 8 hodin. Parafinu se využívá jako zušlechťující přísady, která zabezpečuje snížení nasákavosti, fungicidy, insekticidy apod. [18]

Použití UF lepidel: ve výrobě aglomerovaných materiálů na bázi dřeva nebo při dýchování.

3.3.2.3. Polyuretanová lepidla

PUR lepidla vytváří pružné a pevné spoje, proto se hodí ke spojování dynamicky namáhaných spojů a rychle vytvrzují. Rozdělujeme je na jednosložková a dvousložková. Jednosložková lepidla však obsahují zdraví škodlivá nehořlavá rozpouštědla. [18]

Použití PUR lepidel: výroba sportovního nářadí, lepené nosníky, lepení dřeva s jinými materiály např. kovy, sklem apod., použití při nalepování fólií na konstrukční desky.

3.3.2.4. Epoxidová lepidla

Jedná se o dvousložková lepidla, která se pro svou vysokou cenu využívají spíše pro speciální lepení např. kovů, skla či porcelánu.

3.3.2.5. Tavná lepidla

Tavná lepidla jsou termoplasty, které se vyznačují tím, že za zvýšené teploty měknou a stávají se lepivými. Po jejich následném ochlazení dochází k zatvrdnutí lepené směsi. Výhodou tohoto procesu je možnost jeho opakování. Tavná lepidla tuhnou velmi rychle, k změkčení a následnému ztuhnutí dochází při malém rozdílu teplot. Lepidla se běžně dodávají ve formě granulí, drobků apod. anebo jsou již nanoseny na rubové straně olepovacího materiálu. [18]

Rozdělení tavných lepidel:

- Tavná lepidla polyamidová – jedná se o lepidla na bázi dimerních mastných kyselin a přísad, lepidla slouží pro rychlé spojování syntetické a přírodní kůže
- Tavná lepidla polyesterová – jedná se o lepidla na bázi polyesteru, lepidla slouží k lepení především podešví ke svrškům obuvi, k lepení plastů, plechových obalů, kovů, dřeva i porcelánu
- **Tavná lepidla z kopolymerů etylen-vinylacetát [EVA – kopolymery]** – jedná se o lepidla určená především k olepování bočních ploch v nábytkářství, k lepení papíru a kartonu, lepení kovů. Vyznačují se dobrou adhezí ke dřevu a k některým dalším materiálům, jako jsou polyesterové a melaminformaldehydové lamináty aj. Dále se vyznačují dobrou kohezí a mísitelností s organickými látkami. Tento jev má vliv na vlastnosti lepicí směsi, kdy přidáním např. kalafuny či jejích derivátů se zvyšuje jejich lepivost a snižuje viskozita taveniny lepidla. Vyznačují se tepelnou odolností 60 až 80 °C. Lepidla vytvrzují čistě fyzikálně (zchlazení na pokojovou teplotu, případně krystalizací). Nános lepidla je zhruba 150 – 300 g/m². [23]
- **Reaktivní tavná lepidla na bázi polyuretanu** - jedná se o lepidla, která se vyznačují vytvrzením nejen fyzikálním (ochlazením na pokojovou teplotu), ale zároveň vzniká reakce se vzdušnou vlhkostí a dochází k chemickému zesíťování. Dále se tyto lepidla oproti tavnému lepidlu na

bázi EVA – kopolymerů vyznačují vlastností, kdy lepidla po následném působení teploty již neměknou. Díky této vlastnosti mají lepidla vysokou tepelnou odolnost (min. 140 °C). Lepidla se využívají v dnešní době především pro kvalitní olepování nábytkových bočních dílců. Spoj se vyznačuje využitím nižšího množství lepicí směsi, zhruba 100 g/m².

- Tavná lepidla další – jedná se o lepidla např. z polyvinylacetátu, ethylencelulózy a polyetyleny [18]

Použití tavných lepidel: olepování hran, výroba dýhových sesazenek, pomocné lepidlo při montážním lepení, kdy se kombinují např. s disperzními PVAc lepidly.

3.3.2.6. Rozpouštědlová lepidla

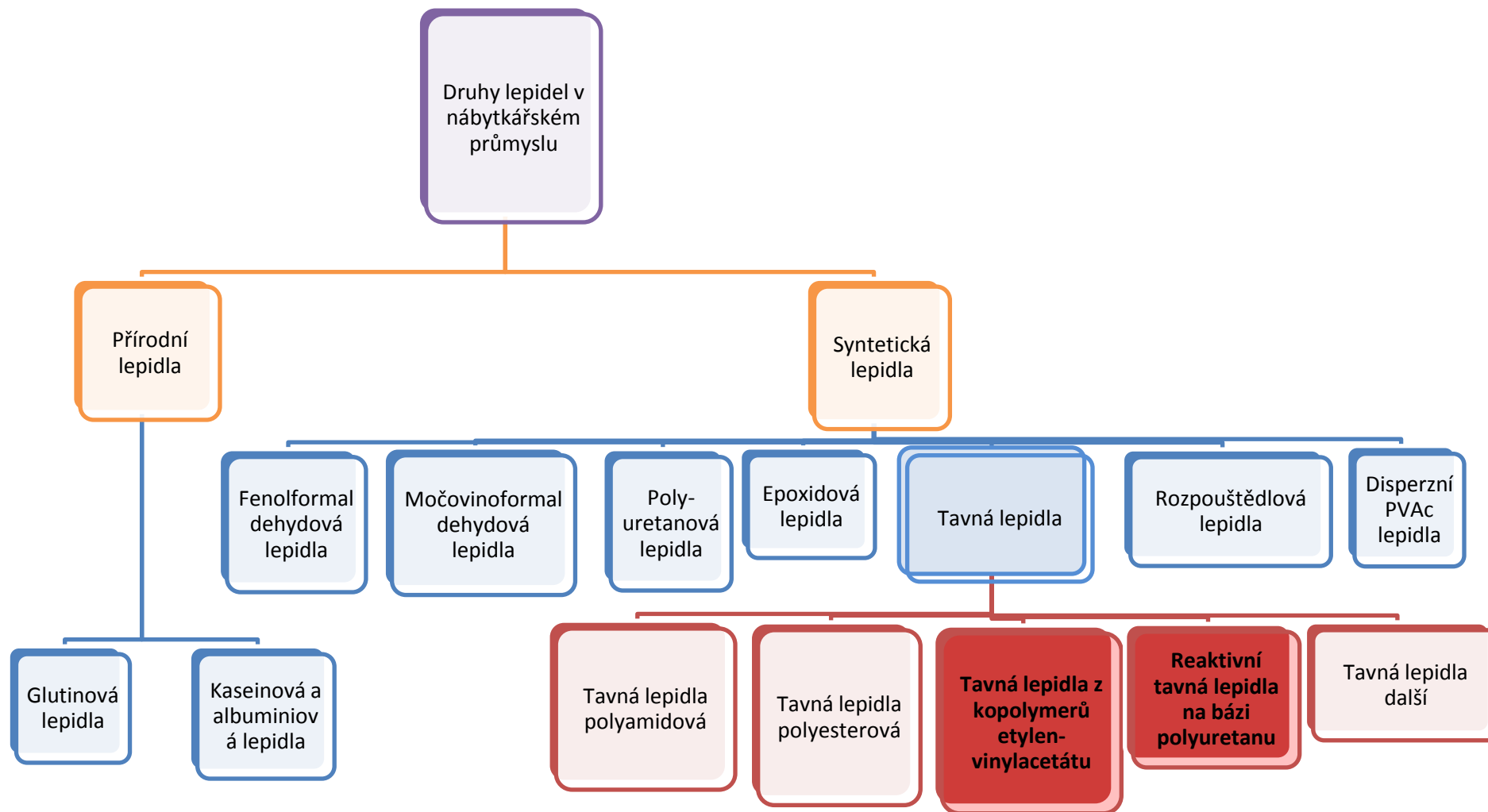
Jedná se o lepidla, která obsahují organická rozpouštědla jako např. benzen či toluen. Při práci s těmito lepidly je nutno přísně dodržovat hygienické předpisy. Toto lepidlo je specifické nutností nánosu na obě lepené plochy. Před spojením těchto ploch je nutné, aby došlo k tzv. zavadnutí lepidla, tzn. odpaření části rozpouštědel.

Použití rozpouštědlových lepidel: lepení dřeva a kůže, textilu, koženky nebo lepení podlahových krytin např. korku.

3.3.2.7. Disperzní PVAc lepidla

PVAc lepidla vytvrzují odpařením rozpouštědla, v tomto případě vody. Modifikovaná lepidla jsou odolná proti vodě a povětrnostním vlivům.

Použití PVAc lepidel: konstrukční spoje dřeva, výroba oken.



Obr. 5: Druhy lepidel a červeně znázorněné využití dvou hlavních lepidel v diplomové práci (zdroj: autor)

3.4. Koupelnový nábytek

3.4.1. Požadavky na koupelnový nábytek

Na koupelnový nábytek se vztahuje zákon č. 102/2001 Sb. O obecné bezpečnosti, jak je tomu i u ostatních výrobků vcházejících na trh. Výrobky dle tohoto zákona musí splňovat požadavky na bezpečnost pro spotřebitele. České technické normy jsou dle zákona č.102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti závazné. Výrobci i distributoři jsou však též podřízeni dalším zákonům a vyhláškám zabývající se odpovědností za škodu způsobenou vadou výrobku, ochranou spotřebitele, ochranou ovzduší, či zákony o obalech a odpadech.

Normy jsou nezávazným právním předpisem, mají spíše informační funkci o obecně uznávaných pravidlech. Základní normou pro nábytek je ČSN 91 0000. V této normě můžeme najít základní definice a rozdělení nábytku. [1]

Koupelnový nábytek můžeme zařadit do skupiny úložného nábytku, znění z normy ČSN 91 0000: „*nábytek určený k uložení věcí a potravin nebo pro jiný účel ukládání*“. [28]

3.4.2. Provedení koupelnového nábytku

Provedení koupelnového nábytku, jakožto i ostatního, je hodnoceno vizuální stránkou a zda splňuje účel, pro který byl vyroben. Z vizuální stránky je nutné, aby viditelné plochy nábytku byly opatřeny vhodným materiálem či povrchovou úpravou. Dále je nutné, aby na viditelných plochách byla shodná barva a textura povrchu. Vady nejsou přípustné, ať již na materiálu, či vzniklé při výrobě. Vady v žádném případě nesmí snižovat užité vlastnosti výrobku a nesmí působit rušivě. [2]

3.4.3. Konstrukce koupelnového nábytku

Při konstrukci nábytku musí být brán zřetel na účel, pro který byl nábytek zhotoven. Nábytek musí splňovat požadavky na stabilitu, musí být zabezpečeno, aby nevznikaly nebezpečné spáry či mezery, vnitřní vybavení musí být dostatečně upevněno tak, aby nedošlo k jeho uvolnění či vypadnutí. „*Koupelnový nábytek musí mít obdobné vlastnosti jako nábytek pro kuchyně, s výjimkou požadavku na odolnosti proti suchému a vlhkému teplu.*“ [24]

3.4.4. Materiál při výrobě koupelnového nábytku

Při výrobě nábytku je nutné zvolit vhodný materiál dle předpokládaného použití výsledného výrobku. Materiál musí být odolný vůči namáhání při běžném užívání a musí splňovat limity emisí VOC látek, nesmí být příčinou vzniku statické elektřiny a elektrického pole. Dále musí být materiál zabezpečen proti vzniku plísní a bakterií a nesmí ohrožovat zdraví pracovníků při výrobě, ani konečného uživatele.

Koupelnový nábytek je často vystavován vodě a vysoké vzdušné vlhkosti, proto je nutno, aby povrchy a konstrukční spoje byly dokončeny vhodnou povrchovou úpravou materiálu. Je vhodné využívat materiály, které jsou hladké a nemají výraznou strukturu. Je důležité, aby povrch bylo možno ošetřovat běžnými čisticími prostředky. Je důležité, aby bylo zabráněno vzniku plísní či případnému borcení materiálu. [24]

V současné době se stále využívají k výrobě koupelnového nábytku materiály na bázi dřeva. Objevují se však i výrobky na bázi kompozitních materiálů či výrobky, z kovu a skla. Je důležitá vysoká odolnost proti působení vlhkosti.

3.4.4.1. Dřevovláknité desky

Výroba dřevovláknitých desek je zajištěna zpracováním dřevní hmoty, která je rozdrčena na dřevní vlákna. Po přidavku syntetického lepidla (fenolformaldehydové) se vlákna lisují za zvýšené teploty do podoby desek. Pro zvýšení přilnavosti se využívá zplstnatění dřevních vláken. [16]

Nejčastěji využívanou dřevovláknitou deskou při výrobě nábytku je MDF deska s hustotou 600 – 800 kg/m³. Desky je možné vyrábět v různých tloušťkových provedeních dle výrobce a lze je přidavky látek upravit tak, aby měly vyšší odolnost vůči vlhkosti. Desky jsou snadno brousitelné a mají vlastnosti, které podporují snadné dokončení povrchovými úpravami, jako je lakování, laminování, dýhování, foliování.

Další často využívanou dřevovláknitou deskou je HDF deska. Jedná se o tvrdou dřevovláknitou desku s hustotou nad 900 kg/m³. Tyto desky se nejčastěji využívají pro záda skříní. [20]

3.4.4.2. Dřevotřískové desky

Výroba dřevotřískových desek je zajištěna zpracováním dřevní hmoty v podobě třísek. Po přidání syntetické pryskyřice (fenolformaldehydové, močovinoformaldehydové) se třísky lisují za tepla. DTD desky je možno vyrábět

v různých tloušťkových provedeních dle výrobce. Rozlišují se dva způsoby výroby dle lisování: lisování plošné a lisování výtlačné. Desky se vyznačují snadnou opracovatelností, je možné je oplášťovat dýhami nebo olepovat za pomoci fólií. [16]

3.4.4.3. Překližované desky

Výroba překližované desky je zajištěna zpracováním loupaných dýh. Několik vrstev loupané dýhy je spojeno močovinoformaldehydovým lepidlem a následně jsou navrstvené dýhy zalisovány. Desky jsou lepeny pod úhlem 90° vždy v následující vrstvě. Překližované desky jsou vyráběny v několika tloušťkových provedeních a je možné vyrábět i desky ohebné. [20]

3.4.4.4. Povrchová úprava materiálů

a) Dýhy

Jedná se o tenké listy různých dřevin vzniklé krájením, loupáním nebo řezáním. Dýhy mohou být dekorační pro vytvoření estetické povrchové úpravy, nebo je možné je využívat i pro konstrukční materiál při výrobě velkoplošných materiálů. Pro dýhování se užívají sesazenky. Sesazenky jsou listy dýh slepené pomocí tavného lepidla nebo vlákna do požadovaného formátu. Při výrobě nábytku je nutné povrch dýhy dokončit tak, aby se zvýšila její odolnost proti vlhkosti a zabezpečila se její barevná stálost. K tomuto účelu se využívají transparentní laky. [13]

b) Laminování

Na povrchu konstrukční desky dojde k zalisování vrstvy papíru, který je napuštěný močovino-melaminformaldehydovou pryskyřicí. Takto vzniklé „lamino“ může mít požadovanou strukturu, která je dána požadavky na konečný dekor. U koupelnového nábytku je kladen důraz na materiály hladké pro snadné čištění. [25]

c) Fólie a kašírování

Při výrobě levného nábytku či dveří se používá technologie kašírování nebo nanášení fólie na deskový materiál. Jedná se o dokončení pomocí papíru či fólie. [25]

d) Nátěrové hmoty

Nátěrových hmot se na trhu nachází obrovské množství: nátěrové hmoty pigmentové, transparentní, hmoty pro moření, bělení, olejování, voskování nebo lazurování. Všechny nátěrové hmoty se liší svým složením, schopností zakrývat

podkladový povrch či způsobem jejich vytvrzování a s tím související náročností na vybavenost výroby. Film vytvořený pomocí nátěrové hmoty zabezpečuje po jeho vytvrnutí zvýšení odolnosti, zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností a zvyšuje estetickou hodnotu povrchu a konečného výrobku. Při výrobě koupelnového nábytku se často využívají polyuretanové či akrylátové laky, které jsou odolné proti vlhkosti. [25]

3.4.4.5. Olepování bočních ploch

Konstrukční materiály na bázi dřeva je nutno upravit nejen na vrchních plochách, ale i na plochách bočních. Tento technologický postup je zabezpečen díky různým materiálům, jako jsou ABS hrany či náklížky z masivu. Existují různé technologie nanášení hran a využívají se různá lepidla pro lepení hran. Pro bezspáré či tvarové olepení se využívají technologie postforming a softforming. Po nanesení hran je důležitá jejich následná úprava: zkosení či zaoblení, aby nedošlo k poranění o ostrou hranu. [16]

Vzhledem k namáhání, kterému jsou povrchy vystaveny, se doporučuje olepování pomocí hran tloušťky alespoň 2 mm. Olepuje se však i od 0,5 do 3 mm tloušťky hrany.

a) ABS hrany

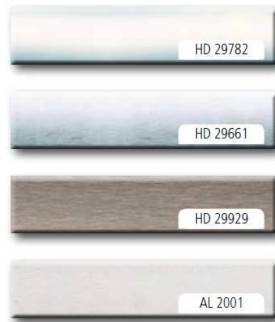
Hrany jsou vyrobeny z akrylonitrilbutadienstyrenu (ABS). Hrany jsou extrudované, výhodou extruze je probarvení hranovací pásky. Díky tomuto jevu lze snadno napodobit např. texturu dřeva, která je patrná nejen na povrchu pásky, ale po celé šířce hrany. Hrany jsou většinou sériově opatřeny univerzálním pojivem, které je vhodné pro použití lepidel na bázi EVA, PA a PUR. ABS hrany vynikají vysokou odolností a možností následné recyklace.



Obr. 6: ABS hrana (dostupné z: <http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html> 02. 12. 2015)

b) Hrany hliníkové, ABS hrany s ALU povrchem

Hrany vyráběné ve variantách masivního hliníku (Al2001). Jedná se o pásy tvořené pravým hliníkem, které po konečném zpracování nabídnou luxusní vzhled hliníku. Druhou možností jsou hrany ABS, které jsou potaženy ALU fólií v několika dekorových provedeních (hladký hliník, broušený hliník, ocel – nerez). [26]



Obr. 7: Hrany hliníkové (dostupné z: <http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html> 02. 12. 2015)

c) 3D akrylové hrany

3D akrylové hrany jsou kombinací ABS hran a průhledné vrstvy akrylu. Tato vrstva vytváří na hraně 3D efekt, který má za následek plastičnost podkladového dekoru. [26]



Obr. 8: 3D akrylové hrany (dostupné z: <http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html> 02. 12. 2015)

d) Dýhové hrany

Jedná se o hrany, které jsou běžně vyráběny ze všech druhů dřív (loupané, krájené, řezané). Délkové spojení dřív je vytvářeno nepravidelným prstovým spojem nebo na tupo. Dýha bývá ze spodní strany opatřena netkanou textilií nebo zpevněna tenkým nánosem tavného lepidla pro neprůmyslové využití. Dýhová hrana bývá předbroušena a vyrábí se v šíři 15 až 300 mm. [26]



Obr. 9: Dýhové hrany (dostupné z: <http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html> 02. 12. 2015)

e) Vrstvené dýhové hrany

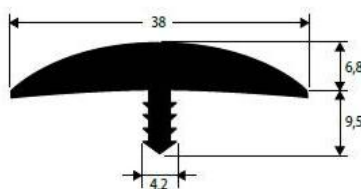
Výhodnější alternativou oproti náklížkům jsou vrstvené dýhové hrany. Jedná se o slisování více vrstev dýhových hran až do tloušťky 5 mm. Již pouhé dvě vrstvy přináší významný nárůst kvality (tloušťka hrany 1 mm). Vrstvy dýh jsou slepeny pomocí PVAc lepidla. [26]

f) Lamino hrany

Při olepení hran méně namáhaných desek se využívají lamino hrany. Hrany bývají s nánosem lepidla i bez lepidla. Tato hrana je však již překonána a využívají se ABS hrany. [26]

g) Narážecí hrany

Pro dosažení oblé linie desky se využívají narážecí hrany. Tyto hrany jsou vyráběny v mnoha dekorech, v různých šířkách a s různým rádiusem zaoblení hrany. Je nutné mít opatřenou konstrukční desku vyfrézovanou drážkou, do které se hrana zaráží. Tyto hrany jsou však podobně jako lamino hrany vytěšňovány ABS hranami. Narážecí hrany však stále mají místo v konstrukcích nábytku pro děti či u hracích automatů. [26]



Obr. 10: Narážecí hrana (dostupné z: <http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html> 02. 12. 2015)

3.4.4.6. Vysokotlaký laminát (HPL)

Výroba vysokotlakého laminátu je zajištěna zpracováním několika vrstev papíru, který je impregnovaný syntetickou pryskyřicí a za působení vysoké teploty a tlaku slisován. HPL se vyznačuje svou vysokou tvrdostí, odolností, neporézností a snadnou čistitelností. Vzniklé HPL desky se lisují na nosné desky (DTD, MDF, apod.) za použití disperzních nebo kontaktních lepidel. Dle výrobců jsou desky dodávány v různých dekorech, tloušťkách či strukturách povrchu. [20]

3.4.4.7. Umělý kámen

Umělý kámen je odolný vůči kapalinám, vůči nárazu a jedná se o homogenní materiál. Jeho největší výhodou je možnost oprav nedokonalostí či poškrábání v důsledku výroby či samotného užívání. Materiál je snadno opracovatelný (brousitelný, tvarovatelný, leštitelný). Umělý kámen je možné na trhu najít pod různými označeními, jako jsou CORIAN, LG HI-MACS, Varicor apod. [20]

3.4.4.8. Sklo

V případě koupelnového nábytku se se sklem setkáváme hlavně v případě polic, čelních ploch či v případě desky, do které je vsazeno umyvadlo. V mnoha případech se jedná o sklo pískované. Je důležité, aby se jednalo o sklo bezpečnostní, aby nedošlo k poranění uživatele a jeho hrany je nutno patřičně zaoblit. [20]

3.4.4.9. Kov

Kov se v případě koupelnového nábytku využívá v několika podobách. Ať už se jedná o konstrukci samotného nábytku, či v podobě kování, armatur nebo sanitárního vybavení. Jedná se nejčastěji o prvky z nerezavějící oceli a hliníků. [20]

3.5. Přeprava nábytku

Nábytek je z České republiky exportován ve dvou nejčastějších stavech, v demontovatelném stavu nebo ve smontovaném stavu. Výhodou demontovatelného stavu jsou jeho nižší nároky na ložnou plochu v dopravních prostředcích, skladovatelnost výrobku, snížení nákladů na montáž. Jeho obrovskou nevýhodou jsou vyšší náklady na spojovací kování a nižší pevnost demontovatelného spoje. Smontovaný nábytek, který se vyváží ve velké míře i z České republiky, je určen pro vyšší cenovou kategorii zákazníků.

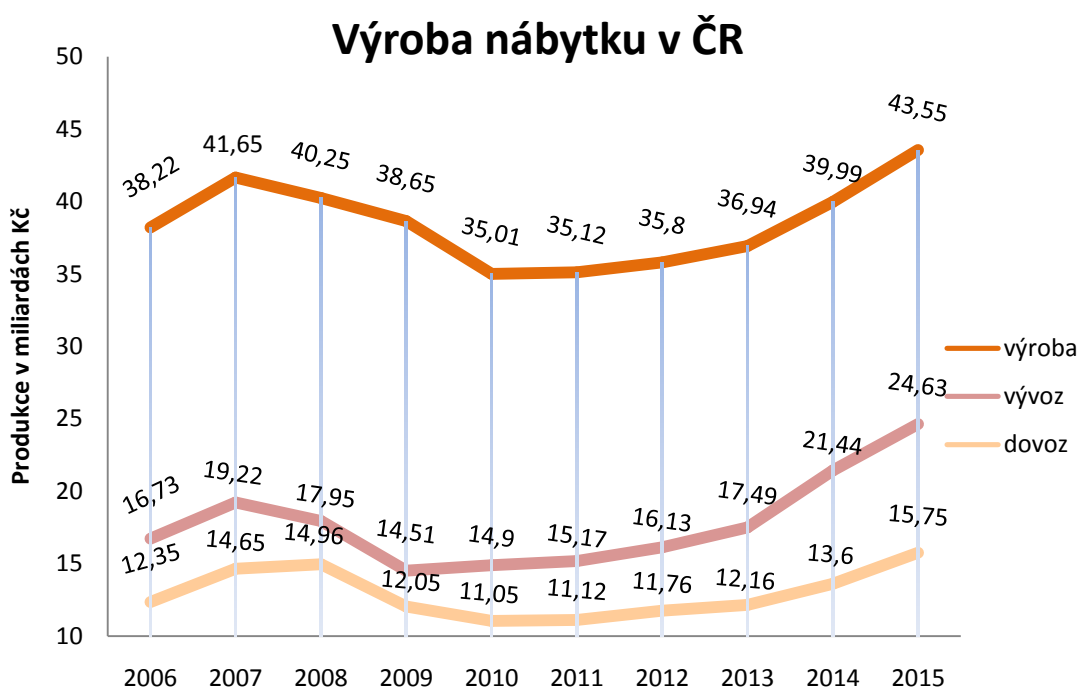
Stoupá tlak na kvalitu dodávaného nábytku a tím i tlak na kvalitu přepravy zboží. Během přepravy nábytku však zboží podléhá dynamickému namáhání, které je podřízeno klimatickým vlivům a mechanickým silám při dynamickém namáhání. Dále dochází k fyzikálně-mechanickému namáhání společně s chemickými, tepelnými a vlhkostními změnami provázenými tepelně-chemickými reakcemi, vlivy oxidace a hydrolyzy za působení vody a vodní páry, UV zářením atd. [12]

Často po doručení zboží dochází k nalezení poškození nábytku, byť je konstrukčně řešen tak, aby odolal zvýšenému dynamickému namáhání během dopravy. Tento jev vede k reklamacím a snížení image společnosti, která zboží nejen vyrábí, ale i expeduje.

3.5.1. Vývoz nábytku

Přeprava nábytku je zřizována několika typy nákladní dopravy. Členíme ji na dopravu silniční, železniční, lodní, námořní a leteckou. Všechny tyto typy dělíme na dopravu vnitrostátní či zahraniční. Výběr typu dopravy je volen dle vzdálenosti cíle dopravovaného zboží, dle finančních nákladů a prostředků na přepravu nábytku společnosti a dle nároků kladených na přepravovaný materiál.

Nulová koncepce státu ve věci podpory exportu výrobků na bázi dřeva má vliv na hodnotu vyváženého množství. Export nábytku byl donedávna zanedbatelný, ale v roce 2014 a 2015 skokově vzrostl. Na vývoz jde zhruba 20 % nábytku vyrobeného v České republice. V roce 2009 se jednalo pouze o 6,3 % nábytku vyrobeného na území České republiky. Nábytek je řazen mezi důležité české exportní komodity. Vývoz má velký vliv na vzestup celého odvětví, produkce tuzemských nábytkářských firem stoupla na 40 miliard korun. Tento nárůst je meziročně o tři miliardy více. Tyto údaje zveřejnila Asociace českých nábytkářů, Český statistický úřad a společnost Apicon. Export nábytku měl za rok 2015 finanční objem 24,6 miliardy korun. Nejčastější destinací pro dovezený český nábytek je Německo, Slovensko a Francie. Nejčastěji se vyváží kovový a lékařský nábytek.[27]



Obr. 11: Graf vývoje výroby nábytku v České republice (zdroj: autor dle AČN)

3.6. Pevnost lepeného spoje

Adheze a koheze určují především vlastnosti lepeného spoje. Lepidla s vysokou adhezí a kohezí mají dobrou lepivost. Síla potřebná k odtržení dvou ploch udává lepivost lepidla. Dobrý lepený spoj se vyznačuje neporušením v lepeném spoji, ale porušením v materiálu. Porušení v lepení spáře se vyznačuje nízkou kohezí. Odlepením filmu lepidla od povrchu druhého slepovaného materiálu zapříčiňuje nedostatečná adheze. [21]

Základní druhy poškození:

- V olepovaném adherendu
- V přechodu mezi lepeným adherendem a lepidlem
- V přechodu mezi lepidlem a nalepovaným adherendem
- V nalepovaném adherendu

3.6.1. Zkoušení pevnosti lepeného materiálu

Zkoušením pevnosti lepeného spoje se měří především síla potřebná k jeho narušení. Při zkoušení se sleduje průběh sil narušujících pevnost lepeného spoje. Tyto síly se značí jako F_{min} a F_{max} . Průběh je znázorňován graficky a následně se z tohoto

grafu vyhodnotí, jaké příčiny a rozdíly ovlivnily pevnost lepeného spoje. Samotná pevnost je potom výsledná síla vztažená na jednotku plochy.

3.6.2. Vliv teploty na mechanické vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva a pevnost dřeva

Kompozitní materiály na bázi dřeva se skládají ze základních, jednodušších materiálů. Jako základní surovina v nábytkářském průmyslu se využívá dřevo nebo jiné lignocelulózové částice. Kompozitní materiály si uchovávají většinu vlastností dřeva, přestože tyto materiály překonávají některé nevýhody, jako heterogenitu, rozměrovou nestálost a anizotropii. [9]

Dle výsledků autorů Sondereggera a Niemze došlo v důsledku růstu teploty v rozmezí teplot $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ u materiálů MDF, DTD, OSB, překližka BK a SM k poklesu pevnosti v ohybu a modulu pružnosti.

Při působení zvýšené teploty dochází u dřeva ke snížení pružnosti. Tento jev je způsoben plastifikací ligninu, jenž je hydrofobní a termoplastická látka. Působením teploty do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ se pevnost a pružnost snižují dočasně, kdy nedochází k porušení vzájemně rovnovážných poloh molekul. Trvalé změny vznikají ve dřevě až při vyšších teplotách nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy dochází k porušení rovnovážně kmitajících molekul a degradaci lignino-sacharidového komplexu. [8]

3.6.3. Stav vlhkostní rovnováhy, bobtnání a sesychání, borcení

3.6.3.1. Stav vlhkostní rovnováhy SVR

Dřevo je hyroskopický materiál, tedy má schopnost přijímat vlhkost ze vzduchu a odevzdávat vlhkost do okolí.

Stav vlhkostní rovnováhy nastává v případě, kdy je vlhké dřevo uloženo v suchém prostředí. Toto dřevo odevzdává vlhkost do okolí do té doby, než nastane rovnováha mezi vlhkostí dřeva a vlhkostí vzduchu při určité teplotě, tj. když tlak vodních par v povrchové vrstvě dřeva je stejný jako tlak vodních par ve vzduchu. V případě kdy se změni teplota a vlhkost vzduchu, začne se dřevo opět přizpůsobovat svému prostředí. [6]

3.6.3.2. Sesychání

Řetězce celulózy se k sobě vzájemně přibližují v případě, kdy dochází k vypařování vody pod bod nasycení vláken z buněčných stěn, a tím se zmenšují buněčné stěny. V mikroprostorech dochází k poklesu tlaku páry mezi mikrofibrilami celulózy, kde je pára stlačena velkým tlakem na malý objem a tlačí mikrofibrily od sebe. Tento jev je navenek k vidění jako změna rozměrů dřeva, tzv. sesychání. Sesychání má různý charakter podle směru vláken a podle druhu dřeva. [15]

Změna rozměrů v jednotlivých směrech (vypaření vody vázané pod BNV do 0% vlhkosti):

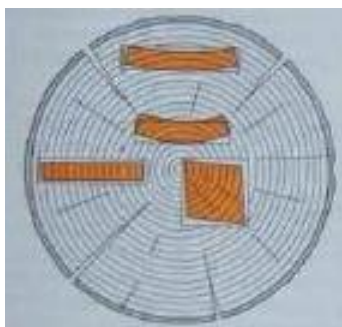
- V podélném směru 0,1 – 0,6 %
- V radiálním směru 3 – 7 %
- V tangenciálním směru 6 – 12 %
- Objemové sesychání 11 – 19 %

3.6.3.3. Bobtnání

Opačným procesem oproti sesychání je bobtnání, kdy dochází ke zvětšování rozměrů dřeva při pohlcování vody vázané. Voda se ukládá do buněčných stěn a vniká mezi mikrofibrily a tlačí je od sebe. Tím dochází ke zvětšování buněčných stěn a celého dřeva. Proces bobtnání probíhá jen do bodu nasycení vláken. Na počátku procesu bobtnání dochází k největšímu nárůstu rozměrů dřeva a buněčných stěn, s přibližováním k BNV se rychlost přijímání vody zpomaluje a tím i bobtnání v rámci zmenšení ztenčenin. Mechanické vlastnosti dřeva se s přibývajícím vlhkostí a bobtnáním zhoršují. [8]

3.6.3.4. Borcení

Tvarové změny ve dřevě způsobené nerovnoměrným sesycháním v rozdílných směrech dřeva, nazýváme borcení. Rozlišujeme dva druhy tvarových změn. Jedním z nich je změna příčného průřezu, která je ovlivněna rozdílným tangenciálním a radiálním sesycháním a rozdílnou vlhkostí v povrchových a vnitřních vrstvách. Druhou změnou je změna v podélném směru. [11]



Obr. 12: Ukázka borcení na různých průřezech dřeva (Malý, 2009)

4. VYUŽITÉ MATERIÁLY A STROJE, METODIKA PRÁCE

4.1. Použitý materiál

4.1.1. Dřevotřísková deska (DTD)

Pro diplomovou práci byla jako podkladový materiál (adherend) zvolena dřevotřísková deska laminovaná. Tloušťka desky DTD-L je 25 mm. Dřevotřískové desky jsou nejčastěji používaným materiálem pro výrobu nábytku, z tohoto důvodu byla zvolena i pro práci.

Dřevotřísková deska je vyrobena ze slisovaných třísek, tyto se dělí na povrchové a středové, a příměsí syntetického lepidla, nejčastěji močovinoformaldehydového, fenolformaldehydového, melaminformaldehydového a nebo izokyanátového pojiva. Třísky jsou následně navrstveny do souvislého koberce a zalisovány do požadované tloušťky v etážových nebo kontinuálních lisech při teplotě 145 – 150 °C při tlaku 3 – 4 N/mm². [9]

Nejčastěji se v nábytkářském průmyslu využívá třívrstvá dřevotřísková deska oboustranně broušená. Tento typ byl využit i v práci.

Povrchová vrstva je tvořena laminátem. Laminát se vyrábí vrstvením papírů, které jsou impregnované různými živicemi a následně jsou slisované, díky čemuž získají svou pevnost a odolnost. Tímto procesem vznikne list o tloušťce až 5 mm. Lamináty se vyznačují širokou škálou barev, dezénů a struktur povrchu. Lamináty se na podkladovou vrstvu lepí pomocí disperzního lepidla (PVAc lepidlo), kontaktního a kondenzačního lepidla (močovinoformaldehydové, fenolformaldehydové apod.)

4.1.2. ABS hrana

Pro tuto diplomovou práci byla na olepení hran využita ABS hrana. Tyto hrany jsou vyrobené z kvalitního maximálně odolného a teplotně stálého plastu ABS (AkrylonitrilButadienStyren). ABS hrany se vyznačují světlostálostí, vysokou rázovou pevností, snášejí velké zatížení, splňují ekologické normy EU.

4.1.3. Lepidlo

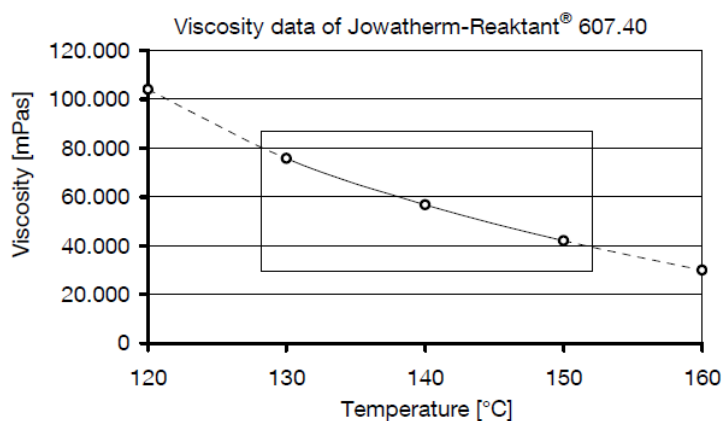
4.1.3.1. Tavné reaktivní PUR lepidlo

Pro olepení bočních ploch DTD-L, která byla využita pro výrobu vzorků pro diplomovou práci, bylo využito tavné PUR lepidlo 607.40/41/43. Toto tavné lepidlo je

vhodné použít pro olepení dílců pomocí HPL či CPL hran, polyesterových, PVC, ABS, PP hran, papírem ošetřeným pryskyřicí, náklížky či dýhami. Lepidlo bylo využito na vzorcích pro zkoušku šikmý tlakový smyk, odlup pod úhlem 90°, paření v parní troubě a máčení vzorků v akváriu.

Aplikační teplota ... cca 140 °C

Objemová hmotnost ... 1,3 g/cm³.



Obr. 13: Změna viskozity využitého lepidla dle teploty (zdroj: technický list – viz Příloha č. 5)

4.1.3.2. Tavné EVA lepidlo

Pro olepení bočních ploch DTD-L, která byla využita pro výrobu vzorků pro diplomovou práci, bylo využito tavné lepidlo Zika Schmelzkleberpatronen 1587. Jedná se o lepidlo na bázi EVA kopolymerů. Toto tavné lepidlo je vhodné použít pro olepení dílců pomocí dýh, ABS a PVC hran, hran na bázi PE a melaminové pryskyřice. Lepidlo bylo využito na vzorcích pro zkoušku paření v parní troubě a máčení vzorků v akváriu.

Aplikační teplota ... 210 – 220 °C

Doba tání ... 2 – 4 min

4.1.4. Trhací stroj INSTRON 3365

Trhací stroj INSTRON 3365 je elektromechanické zkušební zařízení, které se využívá k testování rozličné škály materiálů pro namáhání v tahu a tlaku. Zařízení se skládá z několika částí, tj. pojízdného příčnicku, ocelového rámu, regulátoru a snímacího zařízení. Veškeré naměřené hodnoty zaznamenává a zpracovává počítač s využitím programu Bluehill. Zkouška probíhá na základě předem připraveného skriptu metodiky.

Tab. 1: Parametry trhačického stroje INSTRON 3365

Parametry trhačického stroje	
Vnější rozměry	1582 x 756 x 707 mm
Hmotnost komory	110 kg
Světlost mezi kleštinami	650 mm
Horizontální světlost	420 mm
Maximální zatížení	5 000 N
Maximální posuvná rychlost	1 000 mm/min
Minimální posuvná rychlost	0,01 mm/min



Obr. 14: Trhačický stroj INSTRON 3365 (dostupné z: <http://www.instron.us/products/testing-systems/universal-testing-systems/electromechanical/3300/3360-dual-column> 15. 03. 2016)

Pro smykovou tlakovou zkoušku při zatížení pod úhlem 45° bylo nutno univerzální trhačický stroj doplnit speciálním agregátem pro tuto zkoušku určený.



Obr. 15: Speciální agregát pro zkoušku šikmý smyk (zdroj: autor)

4.1.5. Tepelná komora INSTRON model 3119-409-22

Pro zkoušku odlupu pod úhlem 90° i pro smykovou zkoušku pod úhlem 45° byla využita tepelná komora INSTRON model 3119-409-22. Tepelná komora sloužila k zahřátí vzorků na požadovanou teplotu před provedením zkoušky. Vzorky byly vystaveny teplotě: 35 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C a 80 °C, kdy došlo postupně k zahřátí vzorků z každé sady (sada po 30 vzorcích). Vzorky byly zahřívány po dobu 30 minut. Teplotní rozsah tepelné komory INSTRON model 3119-409-22 je od -160 °C po +260 °C.



Obr. 16: Tepelná komora INSTRON (zdroj: autor)

4.1.6. Klimatizační komora Memmert HPP 108

Klimatizační komora s technologií Peltierova článku je určena k simulaci různých vnějších podmínek. Klimatizační komora má funkce pro vytápění, zvlhčování, chlazení a odvlhčování. K zvlhčování prostředí uvnitř komory se využívá destilovaná voda, která je do prostředí přiváděna z externí nádrže.

Tab. 2: Parametry klimatizační komory Memmert HPP 108

Parametry klimatizační komory	
Vnější rozměry komory	710 x 760 x 640 mm
Vnitřní rozměry komory	560 x 400 x 480 mm
Hmotnost komory	66 kg
Objem	108 l
Teplotní rozsah	5 – 70 °C
Teplotní odchylka v čase	± 0,1 °C
Vlhkostní rozsah	10 – 90 % rh
Přesnost senzoru vlhkosti	0,5 % rh



Obr. 17: Klimatizační komora Memmert HPP 108 (dostupné z: <https://www.memmert.com/products> 15. 03. 2016)

4.1.7. Teplotní datalogger Testo 174H

V praktické části diplomové práce byl využit teplotní datalogger, kdy jím byly měřeny teplotní a vlhkostní stavy v interiéru domácnosti, zejména v koupelně a kuchyni, v oblasti s nejvyšším výskytem vlhkosti a teplotních změn. Dále jím byly měřeny změny teploty a vlhkosti vzduchu v podmínkách venkovního nábytku (porovnání s ČHMÚ). Pro zaznamenávání změn teploty a relativní vlhkosti vzduchu v klimatizační komoře bylo též využito zařízení Testo 174H.

Tab. 3: Parametry dataloggeru Testo 174H

Parametry dataloggeru	
Měřící rozsah teploty	-20 až +70 °C
Přesnost měření teploty	±0,5 °C (-20 do +70 °C)
Rozlišení	0,1 °C
Měřící rozsah vlhkosti	0 až +100 %rF
Přesnost měření vlhkosti	±3 %rF
Rozlišení	0,1 %rf
Paměť	16 000 hodnot
Interval měření hodnot	1 min až 1 hod



Obr. 18: Datalogger Testo 174H (zdroj: <https://www.testo.cz/Pristroje-detailnes/index.jsp?productNo=0572+0566> 15.03.2016)

4.1.8. Parní komora Siemens HB 36D570

Pro zkoušku paření vzorků v parní komoře byla využita trouba Siemens HB 36D570, kdy zde byly uloženy vzorky s dvěma druhy lepidel a následně vizuálně vyhodnocena změna vlastností materiálu po působení 16 hodin. Pro přísun páry byla využita destilovaná voda.

Tab. 4 Parametry parní komory Siemens HB 36 D570

Parametry parní komory	
Rozměry komory	454 x 594 x 520 mm
Objem komory	32 l
Rozsah teploty	30 – 230 °C
Vlhkost	Až 100 %
Nádoba a destilovanou vodu	1,3 l



Obr. 19: Parní komora Siemens v laboratořích v Útěchově u Brna (zdroj: autor)

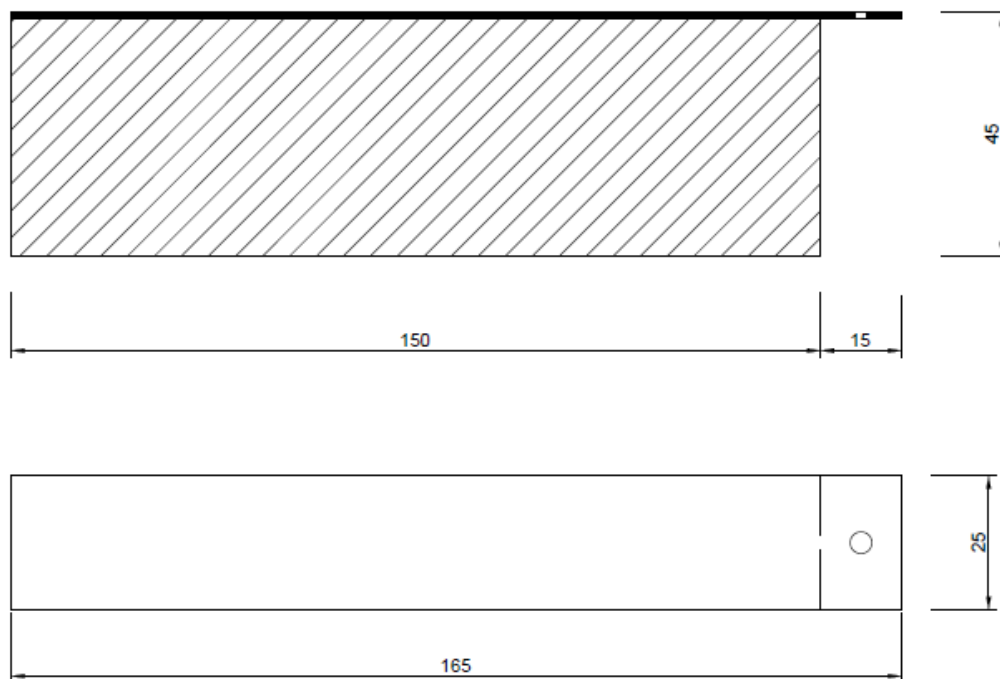
4.1.9. Zkušební vzorky

Pro praktickou část diplomové práce byly poskytnuty vzorky vyrobeny společností HANÁK NÁBYTEK a.s., kde proběhlo jednostranné olepení boční plochy DTD-L pomocí ABS hrany na průběžné jednostranné olepovačce, kdy společnost následně vzorky rozřezala na požadované rozměry a dodala již ve stavu připraveném na následné zkoušení.

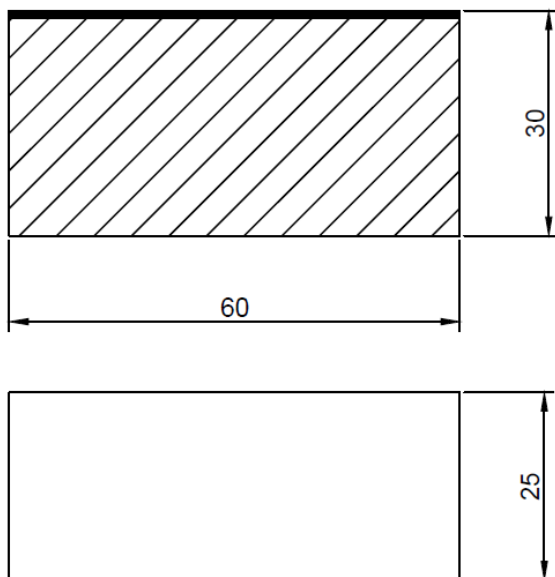
Dodané vzorky se skládaly ze dvou adherendů (DTD-L a ABS) a lepidla. ABS hrana byla tloušťky 1 mm a byla nalepena pomocí PUR lepidla. Dřevotřísková deska byla o tloušťce 25 mm.

Vzorky pro zkoušku šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° měly základní rozměr 60 x 25 x 30 mm, vzorky pro zkoušku odlupu pod úhlem 90° měly základní rozměr 150 x 25 x 45 mm.

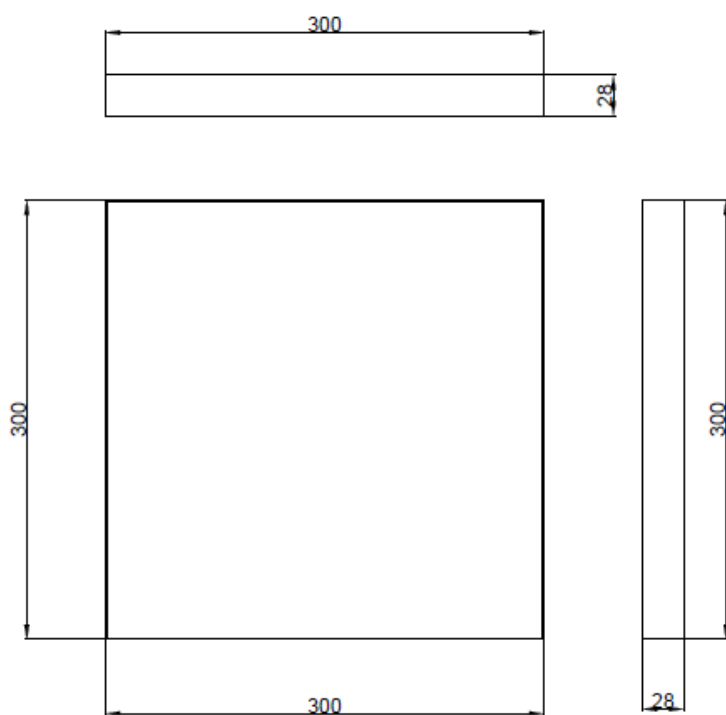
Vzorky pro zkoušku paření v parní komoře a zkoušku ponoření do akvária měly základní rozměr 300 x 300 x 28 mm a byly olepeny ve dvou provedeních, provedení č. 1 s tavným PUR lepidlem a provedení č. 2 s tavným EVA lepidlem.



Obr. 20.: Rozměrové požadavky vzorků pro metodu odlup 90° (zdroj: autor)



Obr. 21: Rozměrové požadavky vzorků pro metodu šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°
(zdroj: autor)



Obr. 22: Rozměrové požadavky vzorků pro metodu páření v parní komoře a metodu ponoření do vody (zdroj: autor)

5. PRAKTICKÁ ČÁST

5.1. Experimentální měření vlhkosti a teploty v domácích podmínkách

V rámci praktické části diplomové práce došlo k měření vlhkostních a teplotních podmínek v domácnosti. Měření bylo zaměřeno především na oblasti, kde dochází k nejvyššímu výskytu zvýšené vlhkosti vzduchu a teploty. Vlhkost a teplota byla měřena v koupelně na místech, kde dochází k nejčastějšímu a nejvyššímu styku nábytku se vzdušnou vlhkostí a vodou, tj. oblast okolo vany, sprchového koutu a především umyvadlové skříňky. Dále byla měřena vlhkost a teplota v kuchyni, především v oblasti dřezu a myčky nádobí, kde je nábytek, a zvláště hrany, vystaven působení vysoké vlhkosti a páry při otevření myčky na nádobí po ukončení mycího cyklu.

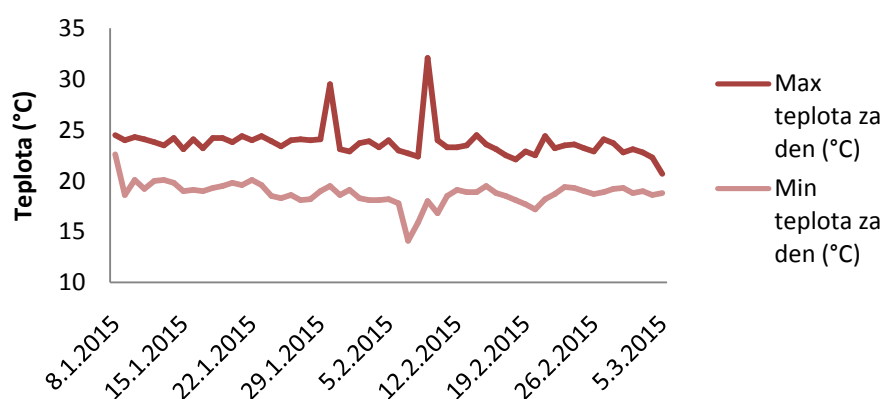
Veškeré měření bylo prováděno pomocí teplotního dataloggeru Testo 174H, kdy po ukončení 57 denního měření byla veškerá data z dataloggeru stažena a upravena do podoby grafu a vyhovující tabulky. Měření bylo započato 08. 01. 2015 v 21:00 hod a ukončeno 05. 03. 2015 v 10:10 hod. Zařízení zaznamenávalo změnu teploty a vlhkosti vždy po 10 minutovém intervalu. Paměť zařízení je 16 000 naměřených hodnot vlhkosti a teploty, z tohoto hlediska měření probíhalo po dobu 57 dnů.

Výsledky měření vlhkosti a teploty v domácích podmínkách byly zpracovány v programu MS Excel do podoby grafu a tabulky, kde jsou uvedeny základní statistické hodnoty.

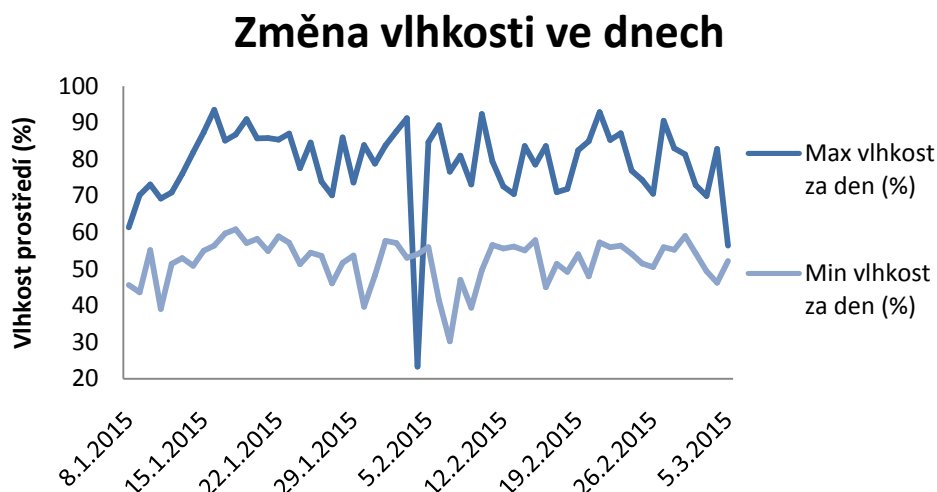
Tab. 5: Experimentálně naměřené hodnoty v domácnosti (zdroj: autor) (kompletní tabulka viz Příloha č. 1)

Umístění v domácnosti	Datum (dd.mm.rr)	Max teplota za den (°C)	Min teplota za den (°C)	Max vlhkost za den (%)	Min vlhkost za den (%)	Průměrná teplota (°C)	Průměrná vlhkost (%)
Oblast umyvadla a umyvadlové skříňky	08.01.15	24,5	22,6	61,4	45,6	23,55	53,5
	09.01.15	24	18,6	70,2	43,6	21,3	56,9
	10.01.15	24,3	20,1	73,1	55,2	22,2	64,15
Oblast sprchového koutu	13.01.15	23,5	20,1	76	53	21,8	64,5
	16.01.15	24,1	19,1	93,5	56,4	21,6	74,95
	17.01.15	23,2	19	85,1	59,7	21,1	72,4
	21.01.15	24,4	19,6	85,8	54,9	22	70,35
Oblast nad myčkou nádobí	30.01.15	29,5	19,5	83,9	39,7	24,5	61,8
Oblast sprchového koutu a vany	31.01.15	23,1	18,6	78,8	48,3	20,85	63,55
	03.02.15	23,9	18,1	91,2	53,1	21	72,15
	05.02.15	24	18,2	84,7	56	21,1	70,35
	07.02.15	22,7	14,1	76,6	30,2	18,4	53,4
Oblast nad myčkou nádobí	09.02.15	32,1	18	73,1	39,4	25,05	56,25
Oblast sprchového koutu a vany	10.02.15	24	16,8	92,4	49,7	20,4	71,05
	14.02.15	24,5	18,9	83,6	55,1	21,7	69,35
	21.02.15	24,4	18,2	92,9	57,3	21,3	75,1
	05.03.15	20,7	18,8	56,4	52,2	19,75	54,3

Změna teploty ve dnech



Obr. 23: Graf změny teploty v rámci dnů (zdroj: autor)

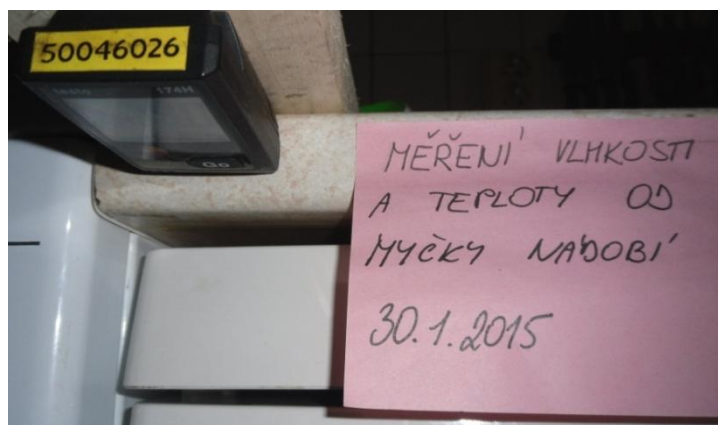


Obr. 24: Graf změny vlhkosti v rámci dnů (zdroj: autor)

Měření probíhalo na následujících místech a v dobu:

- období od 08. 01. 2015 až 12. 01. 2015 byl datalogger umístěn v oblasti umyvadla a umyvadlové skříňky – zde došlo k nejvyšší vlhkosti 73,1 % a teplotě 24,5 °C
- období 13. 01. 2015 až 29. 01. 2015 byl datalogger umístěn v oblasti sprchového koutu za podmínek, kdy v době využívání sprchového koutu bylo zamezeno větrání zvýšené vlhkosti – nejvyšší vlhkost 93,5 % a teplota 24,4 °C
- období 30. 01. 2015 byl datalogger umístěn nad myčkou nádobí, u styku hrany kuchyňské linky, kde dochází k největšímu styku se zvýšenou vlhkostí a teplotou – nejvyšší vlhkost 83,9 % a teplota 29,5 °C
- období 31. 01. 2015 až 05. 03. 2015 byl datalogger umístěn v oblasti sprchového koutu a vany, kdy došlo i k naměření nejnižší vlhkosti 30,2 % a teplotě 14,1 °C, kdy došlo k celodennímu větrání místnosti.
- 09. 02. 2015 byl datalogger opět umístěn do oblasti myčky nádobí kdy došlo k naměření vlhkosti 73,1 % a teplotě 32,1 °C (nejvyšší naměřená teplota)

Z výše uvedené tabulky a grafu je patrné, že nejvyšší teplota 32,1 °C byla naměřena 09. 02. 2015 v důsledku otevření myčky nádobí hned po skončení mycího a sušícího cyklu. Nejvyšší vlhkost 93,5 % byla naměřena 16. 01. 2015 v oblasti sprchového koutu.



Obr. 25: Měření vlhkosti a teploty v prostoru myčky nádobí pomocí dataloggeru (zdroj: autor)



Obr. 26, 27: Měření vlhkosti a teploty v prostoru koupelny pomocí dataloggeru (zdroj: autor)

5.2. Experimentální měření vlhkosti a teploty ve venkovních podmínkách

V rámci praktické části diplomové práce došlo i k experimentálnímu měření venkovních podmínek, které mohou působit na nábytek, jež je umístěn ve venkovním prostoru, či je přepravován v rámci logistiky. Zjištěné hodnoty naměřené pomocí dataloggeru jsou porovnány s oficiálními hodnotami naměřenými Českým hydrometeorologickým ústavem. Měření probíhala na Vysočině v oblasti Vatín v období od 24. 07. 2015 do 18. 09. 2015.

K porovnání s daty z ČHMÚ došlo z hlediska rozdílných měřicích podmínek. Datalogger byl umístěn v oblasti venkovního částečného přístřešku (pergola), kdy samotný datalogger má černou barvu, dochází tedy ke zvýšené kumulaci tepla, a dále byl umístěn na stole ve výšce 750 mm, který měl též tmavou barvu. Meteorologické stanice naproti tomu měří podmínky ve výšce 2 000 mm v uzavřeném prostoru, jež je bílé barvy a většinou se tyto budky nachází v polostínu, aby nedošlo ke zkreslování naměřených hodnot.

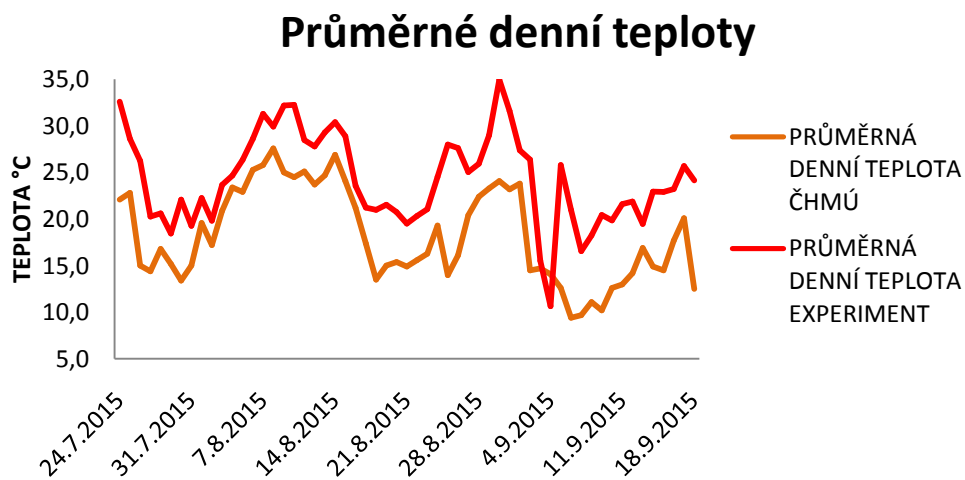


Obr. 28: Meteorologická stanice (zdroj: <http://mendelmuseum.muni.cz/cs/g-j-mendel/mendel-a-meterologicka-stanice> 10. 02. 2016)

Naměřené hodnoty byly zpracovány v programu MS Excel.

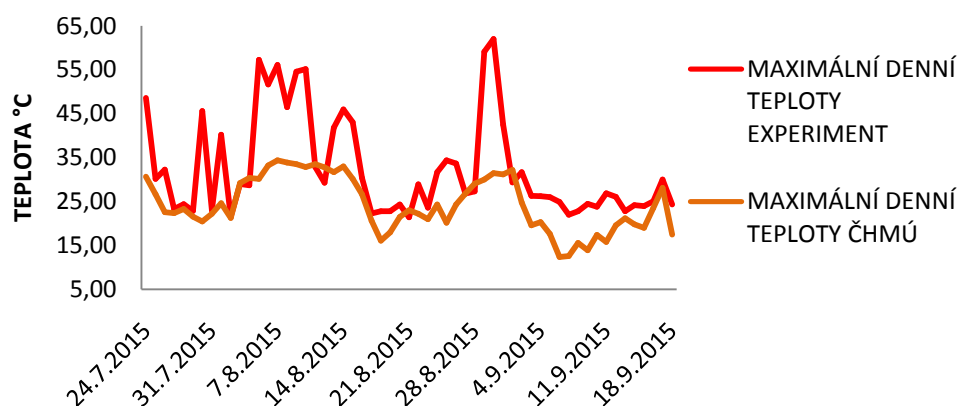
Tab. 6: Porovnání hodnot ČHMÚ s experimentálně naměřenými daty (zdroj: ČHMÚ a autor) (kompletní tabulka viz Příloha č. 2 a 3)

Datum (dd.mm.rr)	Data poskytnuta ČHMÚ				Experimentální data		
	T (°C)	TMA (°C)	TMI (°C)	H (%)	T prům. (°C)	TMA (°C)2	TMI (°C)3
24.07.15	22,1	30,7	16,6	67	32,6	48,6	29,1
25.07.15	22,8	26,7	18,1	59	28,6	30,2	26,2
26.07.15	15,0	22,6	11,9	54	26,2	32,3	21,5
27.07.15	14,4	22,4	10,9	85	20,3	23,3	14,2
15.09.15	14,5	19,0	8,1	90	22,9	24,0	21,0
16.09.15	17,7	23,5	9,6	82	23,2	25,1	21,4
17.09.15	20,1	28,1	13,7	68	25,7	30,0	22,1
18.09.15	12,5	17,5	11,1	96	24,2	24,3	24,0



Obr. 29: Graf průměrných denních teplot (zdroj: ČHMÚ a autor)

Maximální denní teploty



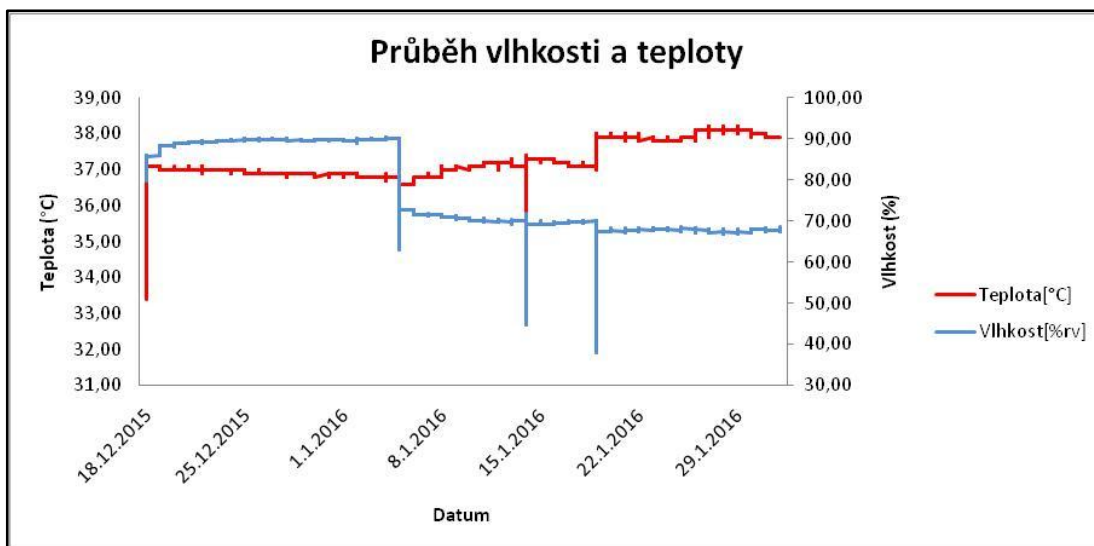
Obr. 30: Graf maximálních denních teplot (zdroj: ČHMÚ a autor)

5.3. Klimatizování vzorků

Z hlediska již vytvořených vzorků od dodavatele vzorků nedocházelo již k úpravě vzorků do požadované velikosti, tudíž se přistoupilo ke klimatizování vzorků na Ústavu nábytku, designu a bydlení ve zkušební nábytku.

Pro klimatizování zkušebních vzorků byla použita klimatizační komora Memmert HPP 108. Z hlediska naměřených hodnot uvedených v kapitolách 5.1. a 5.2. byla zvolena vlhkost pro klimatizování 40, 70 a 90 %. Relativní vlhkost 40 % reprezentuje typickou relativní vlhkost v budovách. Relativní vlhkost 70 a 90 % představuje vlhkost, které je často dosahováno v místnostech se zvýšeným výskytem tekoucí vody, či v přepravních kontejnerech a přístavních městech. Tato vlhkost je měřitelná i v zimních obdobích, ve venkovních prostorech.

Vzorky vystavené vlhkosti 40 % byly uloženy ve zkušební nábytku, kde byly teplotní podmínky 25 °C. Vzorky uloženy v klimatizační komoře byly vystaveny působení vlhkosti 90 % po dobu 2 týdnů, následně byla vlhkost snížena na 70 % za působení konstantní teploty 35 °C. Změna vlhkosti představuje skutečnost, že vlhkost prostředí se mění v různých závislostech (přeprava a následné uložení do skladu či meziskladu). Vzorky byly klimatizovány po dobu 6 týdnů, poté došlo k jejich vyjmutí a následným zkouškám.



Obr. 31: Graf znázorňující průběh vlhkosti a teploty v klimatizační komoře (zdroj: autor)

5.4. Metodika zkoušek

5.4.1. Šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°

Metoda šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° vychází z kombinace normálního napětí σ a smykového napětí τ pod úhlem γ působícího v hodnotě 45° při zatížení tlakem. [4];[7]

Výpočet smykového napětí τ je dán rovnicí:

$$\tau = \frac{F_{\max}}{S \cdot \sqrt{2}} \quad [4]$$

Legenda: τ ... smykové napětí [MPa]

F_{\max} ... zatížení [N]

S ... plocha [mm²]

Výhodou této metody je možnost testování tavných lepidel, které jsou zatěžovány teplotou a vlhkostí, v lepené spáře pomocí šikmého smyku. Další výhodou je možnost využití této metody pro materiály, které se vyznačují vyšší křehkostí a nelze u nich využít metodu odlupu pod úhlem 90°.

Laboratorní podmínky:

- Teplota ... 25 °C
- Vlhkost ... 41 %

5.4.2. Odlup pod úhlem 90°

Zkouška odlupu pod úhlem 90° probíhala v souladu s normou ČSN EN 28510-1 Lepidla – Zkouška v odlupování zkušební tělesa z ohebného a tuhého adherendu – Část 1: Odlupování pod úhlem 90°.

Zkouška probíhala na trhacím stroji INSTRON 3365, který byl doplněn o speciální agregát pro odlupování ABS hrany pod úhlem 90°. Trhací stroj vyvíjel tahovou sílu za konstantní rychlosti pohybu čelisti, kdy doporučená rychlost čelisti je 50 ± 5 mm/min. Přístroj byl napojen na PC s programem Bluehill, který zaznamenával průběh zkoušky. Při použití trhacího zařízení není přesně docíleno konstantního úhlu odlupování 90°.

Laboratorní podmínky:

- Teplota ... 23 °C
- Vlhkost ... 37 %

5.4.3. Postup zkoušky pevnosti v lepené spáře – šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°

- Vyjmutí vzorků z klimatizační komory
- Vložení klimatizovaných vzorků do tepelné komory INSTRON a jejich prohřátí na požadovanou teplotu
- Vyjmutí vzorku z tepelné komory, umístění vzorku do zkušební agregátu a spuštění testu
- Po ukončení zkoušky vyjmutí vzorku
- Zdokumentování proběhlé zkoušky
- Zkouška byla opakována na třiceti vzorcích z každé sady při teplotách 35 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, tyto vzorky byly umístěny v klimatizační komoře při vlhkosti 70 %, a dále bylo využito třiceti vzorků při vlhkosti 40 % a teplotě 25 °C.



Obr. 32, 33: Umístění vzorku do speciálního agregátu, zdokumentování vzorku po zkoušce (zdroj: autor)

5.4.4. Postup zkoušky odlupování pod úhlem 90°

- Vyjmutí vzorků z klimatizační komory
- Vložení klimatizovaných vzorků do tepelné komory INSTRON a jejich prohřátí na požadovanou teplotu
- Vyjmutí vzorku z teplené komory a následné připevnění vzorku na odnímatelnou část agregátu pro odlupování. Připevnění prováděno pomocí dvou vrutů
- Upevnění přídatného zařízení pro uchycení k háčku, vložení vzorku do stroje a spuštění testu
- Po ukončení zkoušky návrat stroje do výchozí polohy a vyjmutí vzorku ze zkušebního agregátu
- Zkouška byla opakována na třiceti vzorcích z každé sady při teplotách 35 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, tyto vzorky byly umístěny v klimatizační komoře při vlhkosti 70 %



Obr. 34, 35: Umístění vzorku do speciálního agregátu, zdokumentování vzorku po zkoušce (zdroj: autor)

5.4.5. Zkouška paření vzorků v parní komoře

Zkouška paření vzorků v parní komoře je založena na principu, kdy čtyřstranně olepené vzorky složené z DTD-L, ABS a tavného lepidla jsou vystaveny extrémním vlhkostním a teplotním podmínkám. Vzorky jsou uloženy v parní komoře, jež vyvíjí teplotu 100 °C a vlhkost 100 %, jež působí na vzorky. Výsledkem zkoušky je vizuální a rozměrové porovnání změn oproti původním vzorkům. Zkoumá se schopnost materiálu odolávat extrémním podmínkám.

Vzorky pro tuto zkoušku v praktické části diplomové práce byly vyrobeny z DTD-L, v prvním případě olepeny tavným PUR lepidlem a ABS hranou, v druhém případě tavným EVA lepidlem s ABS hranou.

5.4.6. Postup zkoušky paření vzorků v parní komoře

- Příprava a popis vzorků
- Nastavení požadované teploty a vlhkosti v parní komoře a doplnění destilované vody
- Vložení vzorků do parní komory, nutné proklady mezi vzorky pro proudění tepla a vlhkosti
- Kontrola průběhu zkoušky, otáčení vzorků z hlediska vyššího působení tepla a vlhkosti od dna parní komory.

- Ukončení zkoušky po odpadnutí hran na všech vzorcích
- Vizuelní a rozměrové vyhodnocení zkoušky

5.4.7. Zkouška máčení vzorků v akváriu

Zkouška máčení vzorků v akváriu je založena na principu, kdy čtyřstranně olepené vzorky složené z DTD-L, ABS a tavného lepidla jsou vystaveny působení vody. Vzorky jsou uloženy v akváriu s 10 cm vody. Výsledkem je vizuelní a rozměrové porovnání změn oproti původním vzorkům. Zkoumá se schopnost materiálu odolávat působení vody.

Vzorky pro tuto zkoušku v praktické části diplomové práce byly vyrobeny z DTD-L, v prvním případě olepeny tavným PUR lepidlem a ABS hranou, v druhém případě tavným EVA lepidlem s ABS hranou.

5.4.8. Postup zkoušky máčení vzorků v akváriu

- Příprava a popis vzorků
- Naplnění akvária vodou do výšky 10 cm
- Vložení vzorků do akvária s vodou
- Ukončení zkoušky po 8 hodinách
- Vizuelní a rozměrové vyhodnocení zkoušky



Obr. 36, 37: Vzorky ponořené do vody na dobu 8 hodin (zdroj: autor)

5.5. Metodika zpracování výsledků

Výsledky zkoušek byly zaznamenávány programem Bluehill. Výsledky byly zaznamenány do grafické podoby a do podoby tabulky.

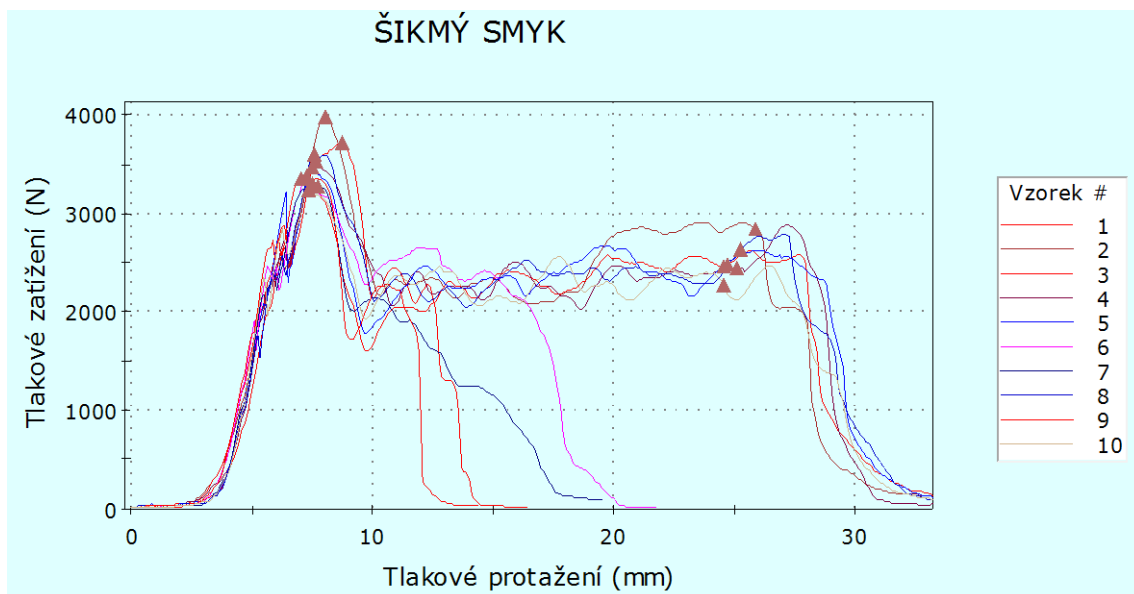
5.5.1. Zkouška šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°

U zkoušky šikmého tlakového smyku byly zaznamenány hodnoty maximálního zatížení [N], maximální pevnost [MPa], modul pružnosti [MPa], průsečík X při modulu pružnosti [mm/mm].

Maximální zatížení F [N] a jeho hodnoty byly zpracované a graficky vyjádřené pomocí krabicového grafu. Pro získání hodnot smykového napětí τ bylo nutno využít vzorec

$$\tau = \frac{F_{\max}}{S \cdot \sqrt{2}} \text{ [MPa]}. \quad [4]$$

Vypočtené hodnoty byly dále zpracované do grafické podoby (krabicový graf). Pro přehlednost byl využit graf pro znázornění vlivu teploty a vlhkosti na smykové napětí.



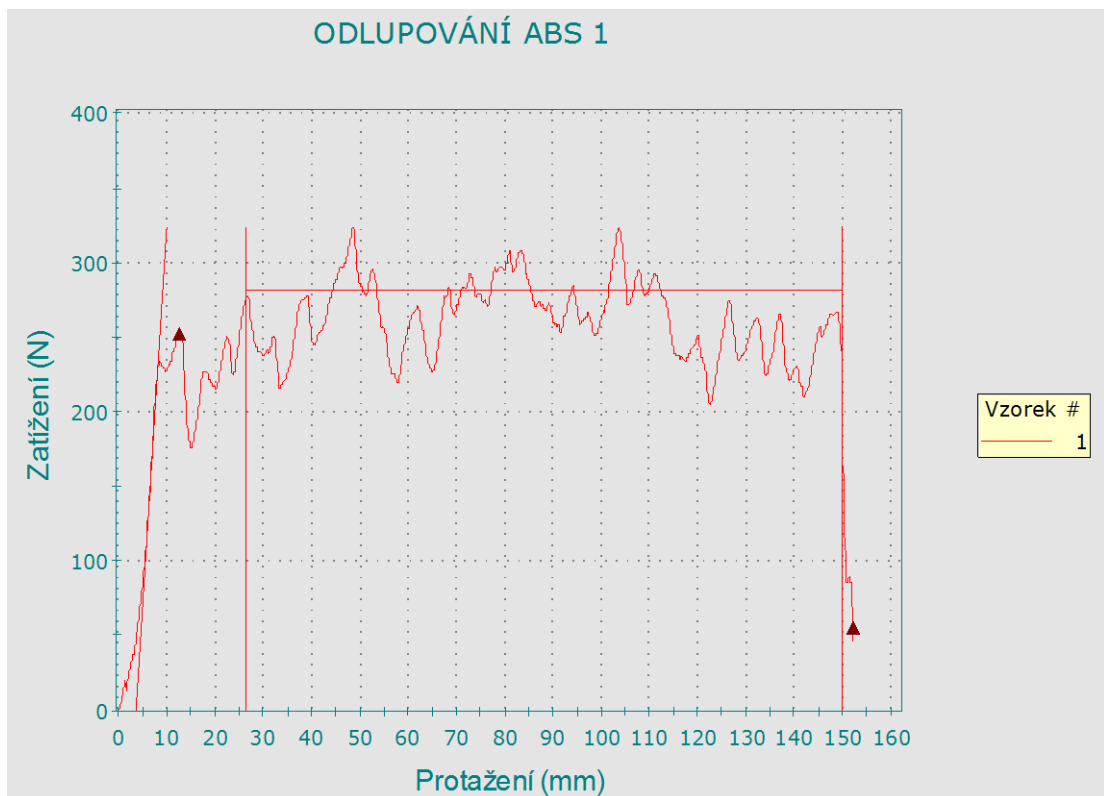
Obr. 38: Ukázka grafického výstupu zkoušky při teplotě 80 °C a vlhkosti 70 %

5.5.2. Zkouška odlupování pod úhlem 90°

U zkoušky odlupování pod úhlem 90° byly programem Bluehill zaznamenány hodnoty průměrného zatížení [N], zatížení při porušení [N], medián špiček při průměrné hodnotě [N], počet špiček při průměrné hodnotě, rozsah špiček při průměrné hodnotě [N], protažení při odlupování při porušení [mm]. Výsledky zkoušky program zpracovával na základě proložení planimetrické přímky grafickým zápisem, kdy došlo

k výpočtu průměrné síly nutné pro odloupení hrany [N]. Z důvodu nedodržení úhlu 90° při započítání zkoušky se do výsledného vyhodnocení neuvažuje prvních 10% délky vzorku.

Hodnoty průměrného zatížení F [N] byly zpracované a graficky vyjádřené pomocí krabicového grafu. Pro přehlednost byl využit graf pro znázornění vlivu teploty a vlhkosti na potřebné zatížení při odlupování.



Obr. 39: Ukázka grafického výstupu zkoušky při teplotě 35 °C a vlhkosti 70 %

6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

6.1. Zkouška šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°

Při zkušebním měření byla využita dřevotřísková deska jednostranně olepena ABS hranou. Pevnost se zde vyjadřuje jako schopnost odolávat silám, jež vycházejí z kombinace normálního napětí σ a smykového napětí τ pod úhlem γ působícího v hodnotě 45°. Zatížení působí na ABS hranu, která je bočně nalepena k pevnému adherendu (DTD) pomocí tavného PUR lepidla. Napětí je vyjadřováno v [MPa]. [4]; [7]

Vlastnost lepidla odolávat výše zmíněným silám byla ověřována na vzorcích o plošných rozměrech 60 x 25 mm v toleranci $\pm 0,1$ mm.

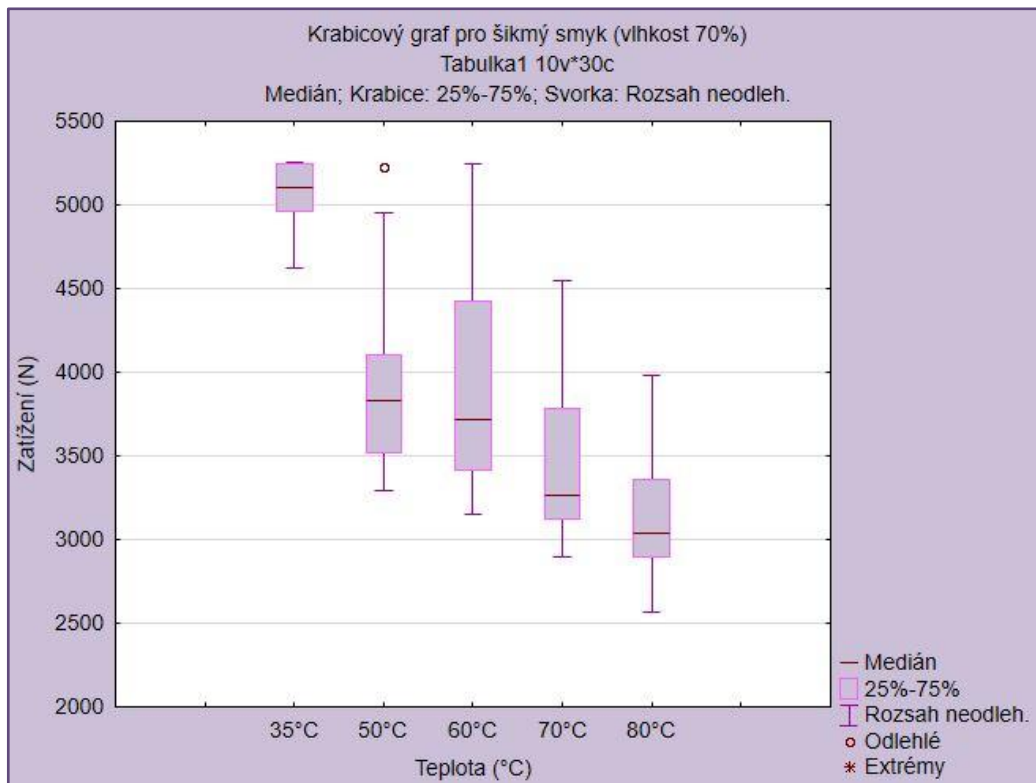


Obr. 40: Šikmý tlakový smyk pod úhlem 45° (Dubovský, J. 1990)

6.1.1. Pevnost v lepené spáře pro šikmý tlakový smyk (zatížení F)

Tab. 7: Hodnoty zatížení v lepené spáře

Teplota		35 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C		25 °C
Číslo vzorku		Zatížení (N)	Zatížení (N)	Zatížení (N)	Zatížení (N)	Zatížení (N)		Zatížení (N)
1		5251,89	5225,85	4642,29	4544,83	3722,96		5250,95
2		4968,77	3808,42	4424,79	3295,13	3977,85		5250,47
3		5251,50	3733,80	3778,24	3139,16	3295,32		5251,97
4		5250,28	3290,78	4660,38	4023,78	3524,82		5251,28
5		5251,10	3904,48	4181,56	3146,01	3480,68		5252,81
6		5250,63	4377,80	5250,20	3945,36	3375,99		5251,12
7		5250,43	3777,01	4177,84	4283,03	3282,64		5252,33
8		5250,28	3352,82	4587,31	3834,93	3601,73		5251,25
9		5250,02	3311,58	4557,80	3832,86	3356,92		5250,22
10		5250,54	3375,57	4621,29	3783,19	3240,53		5251,23
11		5250,25	4665,23	3652,11	3152,15	3008,45		5252,94
12		5248,32	3521,33	4007,22	2996,54	2965,14		5251,21
13	V	4952,33	3965,45	4120,55	3257,69	2832,40	V	5250,97
14	L	4903,48	4512,33	3213,84	3415,21	2687,66	L	5250,19
15	H	5250,95	4951,41	3854,36	3002,65	3045,15	H	5250,66
16	K	5102,33	3664,15	3602,45	3654,23	3698,12	K	5252,64
17	O	4963,32	3854,33	3152,32	4023,15	3025,98	O	5251,22
18	S	5000,70	4009,45	3184,97	3521,30	2901,35	S	5252,16
19	T	4932,98	4321,32	3298,45	3121,06	2987,62	T	5250,49
20		4962,37	3452,41	3654,11	3215,07	3254,65		5248,34
21	70	5200,96	3312,78	4003,15	3012,98	3189,54	40	5250,65
22	%	4958,33	4006,49	4520,63	3415,87	3025,96	%	5252,46
23		5078,32	4105,65	3621,20	3026,14	2974,36		5251,64
24		4803,79	3560,14	3162,55	2897,32	2658,12		5250,32
25		5009,85	3954,21	3457,88	3014,98	2854,36		5248,65
26		4852,45	4623,41	3254,67	3265,56	3012,96		5250,88
27		4625,65	3941,84	3412,59	3178,98	2569,14		5251,97
28		5109,35	3659,41	3598,63	3286,06	2889,66		5241,12
29		5250,96	3745,97	3248,77	3122,22	2841,56		5246,16
30		4868,34	3415,74	3652,20	3040,20	3111,20		5251,75
Průměr		5085,02	3913,37	3885,14	3414,92	3146,43		5250,67
Max		5251,89	5225,85	5250,20	4544,83	3977,85		5252,94
Min		4625,65	3290,78	3152,32	2897,32	2569,14		5241,12
Medián		5105,84	3831,37	3716,18	3261,63	3035,57		5251,17
Směr. odchylka		173,93	494,74	560,85	424,13	331,69		2,24

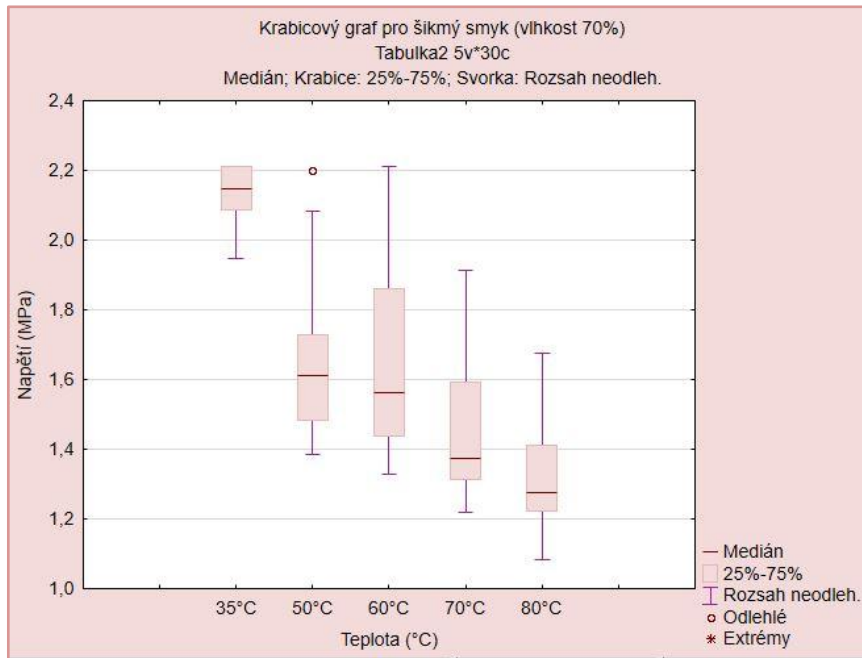


Obr. 41: Krabicový graf pro hodnoty v lepené spáře při zkoušce šikmý tlakový smyk, vzorky zatěžovány vlhkostí (zdroj: autor)

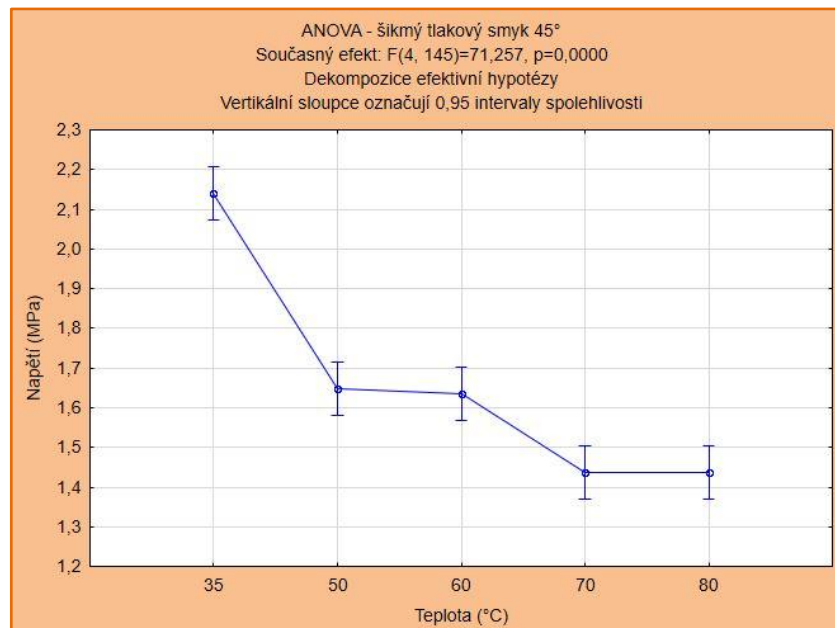
6.1.2. Pevnost v lepené spáře pro šikmý tlakový smyk (napětí τ)

Tab. 8: Hodnoty pevnosti v lepené spáře - napětí τ

Teplota		35 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C		25 °C
Číslo vzorku		Napětí (MPa)	Napětí (MPa)	Napětí (MPa)	Napětí (MPa)	Napětí (MPa)		Napětí (MPa)
1		2,21	2,20	1,95	1,91	1,57		2,21
2		2,09	1,60	1,86	1,39	1,67		2,21
3		2,21	1,57	1,59	1,32	1,39		2,21
4		2,21	1,39	1,96	1,69	1,48		2,21
5		2,21	1,64	1,76	1,32	1,47		2,21
6		2,21	1,84	2,21	1,66	1,42		2,21
7		2,21	1,59	1,76	1,80	1,38		2,21
8		2,21	1,41	1,93	1,61	1,52		2,21
9		2,21	1,39	1,92	1,61	1,41		2,21
10		2,21	1,42	1,95	1,59	1,36		2,21
11		2,21	1,96	1,54	1,33	1,27		2,21
12		2,21	1,48	1,69	1,26	1,25		2,21
13	V	2,08	1,67	1,73	1,37	1,19	V	2,21
14	L	2,06	1,90	1,35	1,44	1,13	L	2,21
15	H	2,21	2,08	1,62	1,26	1,28	H	2,21
16	K	2,15	1,54	1,52	1,54	1,56	K	2,21
17	O	2,09	1,62	1,33	1,69	1,27	O	2,21
18	S	2,10	1,69	1,34	1,48	1,22	S	2,21
19	T	2,08	1,82	1,39	1,31	1,26	T	2,21
20	70	2,09	1,45	1,54	1,35	1,37	40	2,21
21	%	2,19	1,39	1,68	1,27	1,34	%	2,21
22		2,09	1,69	1,90	1,44	1,27		2,21
23		2,14	1,73	1,52	1,27	1,25		2,21
24		2,02	1,50	1,33	1,22	1,12		2,21
25		2,11	1,66	1,46	1,27	1,20		2,21
26		2,04	1,95	1,37	1,37	1,27		2,21
27		1,95	1,66	1,44	1,34	1,08		2,21
28		2,15	1,54	1,51	1,38	1,22		2,21
29		2,21	1,58	1,37	1,31	1,20		2,21
30		2,05	1,44	1,54	1,28	1,31		2,21
Průměr		2,14	1,65	1,64	1,44	1,32		2,21
Max		2,21	2,20	2,21	1,91	1,67		2,21
Min		1,95	1,39	1,33	1,22	1,08		2,21
Medián		2,15	1,61	1,56	1,37	1,28		2,21
Směr. odchylka		0,07	0,21	0,24	0,18	0,14		0,00



Obr. 42: Krabicový graf pro hodnoty v lepené spáře při zkoušce šikmý tlakový smyk, vzorky zatěžovány vlhkostí (zdroj: autor)



Obr. 43: Graf ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° (zdroj: autor)

Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	413,0710	1	413,0710	11871,20	0,00
NProm	9,9179	4	2,4795	71,26	0,00
Chyba	5,0454	145	0,0348		

Obr. 44: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°

Z výše uvedeného Obr. 44: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° je patrné, že p-hodnota v řádku nazvaném NProm je menší nežli hodnota pravděpodobnosti α (0,05). Tento fakt potvrzuje, že hypotéza o shodných středních hodnotách je zamítnuta. Předpokládáme tedy, že posuzovaný faktor má statisticky významný vliv na měřenou veličinu a střední hodnoty základních souborů, ze kterých pochází analyzované výběry, se liší. Z tohoto hlediska se v diplomové práci pokračuje testem mnohonásobného porovnání, jmenovitě Tukeyův HSD test.

Tukeyův HSD test; proměnná Napětí (MPa) (Tabulka4 anova-napětí)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,03480, sv = 145,00						
Č. buňky	NProm	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,1403	1,6471	1,6352	1,4373	1,4373
1	35		0,000017	0,000017	0,000017	0,000017
2	50	0,000017		0,999185	0,000143	0,000143
3	60	0,000017	0,999185		0,000394	0,000394
4	70	0,000017	0,000143	0,000394		1,000000
5	80	0,000017	0,000143	0,000394	1,000000	

Obr. 45: Tukeyův HSD test pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°

Hodnoty v tabulce v Obr. 45: Tukeyův HSD test pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° znázorňují p-hodnoty zvoleného testu mnohonásobného porovnání pro všechny kombinace výběrů. Statisticky významné rozdíly jsou zobrazeny červeně. Tyto červené hodnoty znázorňují, že p-hodnota < pravděpodobnost α (0,05), tudíž hypotéza o rovnosti středních hodnot dvou porovnávaných souborů se zamítá, střední hodnoty dvou porovnávaných základních souborů se považují za statisticky významně odlišné. Hodnoty zobrazené černě znázorňují, že p-hodnota > pravděpodobnost α (0,05), tudíž hypotéza o rovnosti středních hodnot dvou porovnávaných souborů se nezamítá, střední hodnoty dvou porovnávaných základních souborů se považují za shodné. [3]

Za shodné se považují hodnoty pro 50 °C a 60 °C, v druhém případě i pro hodnoty 70 °C a 80 °C. Tento jev je patrný i z Obr. 43: Graf ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°, kdy je zde vidět, že intervaly spolehlivosti se v hodnotách pro 50 °C a 60 °C překrývají, a dále se intervaly spolehlivosti překrývají v hodnotách 70 °C a 80 °C.

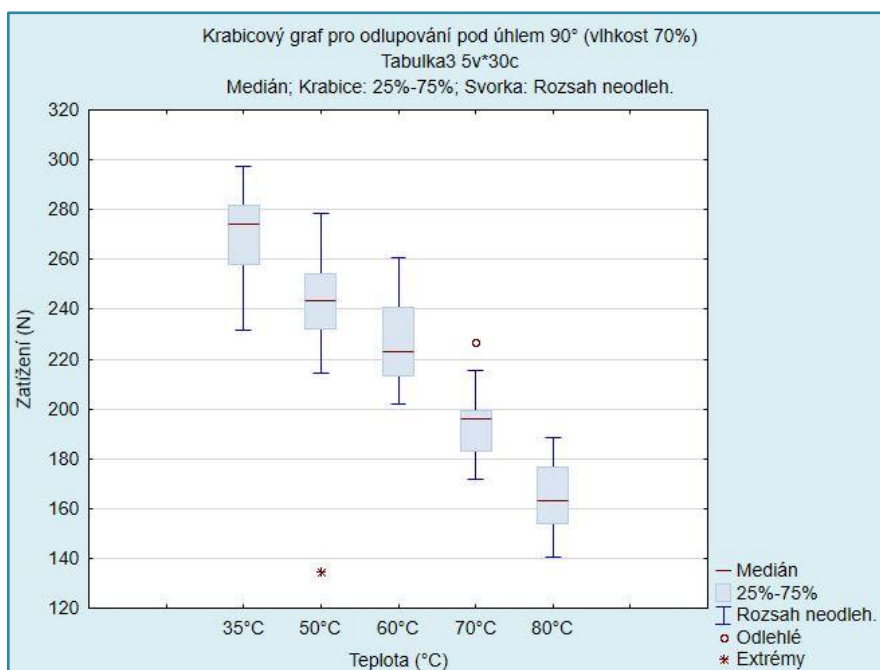
6.2. Zkouška odlupování pod úhlem 90°

Při zkušebním měření byla využita dřevotřísková deska jednostranně olepena ABS hranou. Pevnost se zde vyjadřuje jako schopnost odolávat tahovým silám, které na lepenou plochu působí v úhlu 90°. Tahové síly působí na ABS hranu, která je bočně nalepena k pevnému adherendu (DTD) pomocí tavného PUR lepidla. Tahové zatížení se vyjadřuje v [N]. Vlastnost lepidla odolávat výše zmíněným silám byla ověřována na vzorcích o plošných rozměrech 150 x 25 mm v toleranci $\pm 0,1$ mm.

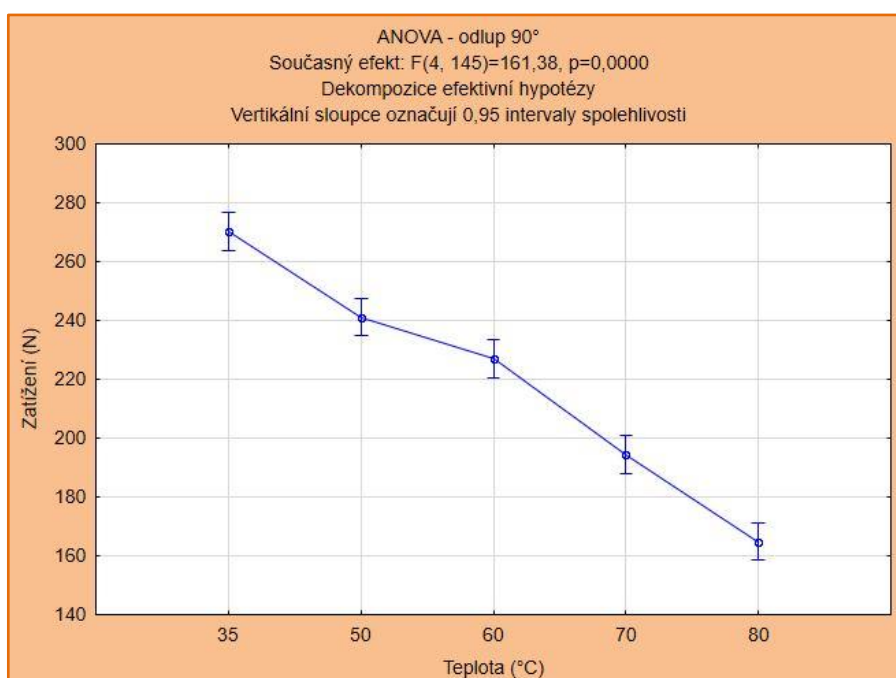
6.2.1. Pevnost v lepené spáře při odlupu pod úhlem 90° (zatížení F)

Tab. 9: Průměrná tahová zatížení [N]

Teplota		35 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C		50 °C
Číslo vzorku		Zatížení (N)	Zatížení (N)	Zatížení (N)	Zatížení (N)	Zatížení (N)		Zatížení (N)
1		280,88	258,28	260,82	196,98	180,93		287,10
2		291,66	134,46	206,55	193,44	188,30		280,85
3		281,50	268,72	223,27	176,77	182,87		285,29
4		271,55	232,95	251,53	198,64	172,78		270,41
5		252,73	278,68	213,53	199,10	156,10		265,46
6		273,64	242,51	229,46	196,65	163,15		289,14
7		276,60	220,25	248,70	198,59	168,90		293,16
8		265,69	231,21	218,78	182,37	170,63		287,69
9		282,96	249,51	229,41	199,48	153,01		301,67
10		265,37	260,27	206,15	203,69	183,15		298,27
11		295,47	254,45	219,01	205,31	158,03		291,56
12		289,66	230,03	236,15	190,03	163,14		287,77
13	V	258,31	241,02	227,96	182,93	171,99	V	293,74
14	L	243,99	265,22	222,34	199,15	155,40	L	281,99
15	H	281,68	253,79	209,56	209,22	149,01	H	267,21
16	K	279,68	249,03	223,21	179,41	179,35	K	297,22
17	O	269,54	228,88	241,01	195,57	181,97	O	275,32
18	S	255,67	235,95	220,39	183,95	163,49	S	296,14
19	T	231,62	248,31	216,66	211,63	153,99	T	274,14
20		297,63	251,56	205,04	195,75	146,99		267,08
21	70	287,32	239,75	236,97	183,05	159,70	40	260,36
22	%	259,85	257,62	250,36	171,67	140,55	%	298,65
23		274,32	224,01	203,96	194,52	176,46		305,95
24		291,14	232,21	247,66	180,50	183,64		284,06
25		245,32	261,55	229,85	179,99	157,06		271,00
26		274,55	214,15	211,36	196,17	149,96		285,14
27		280,48	235,18	221,50	188,17	168,78		263,85
28		263,71	253,86	201,99	199,22	172,11		291,02
29		250,32	237,16	248,64	215,66	150,02		270,66
30		235,68	244,96	251,54	226,65	143,95		299,45
Průměr		270,28	241,18	227,11	194,48	164,85		284,05
Max		297,63	278,68	260,82	226,65	188,30		305,95
Min		231,62	134,46	201,99	171,67	140,55		260,36
Medián		273,98	243,74	223,24	195,96	163,32		286,20
Směr. odchylka		17,34	24,73	16,58	12,09	13,29		12,54



Obr. 46: Krabicový graf pro hodnoty v lepené spáře při zkoušce odlup 90°, vzorky zatěžovány vlhkostí (zdroj: autor)



Obr. 47: Graf ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90° (zdroj: autor)

Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	7232330	1	7232330	23157,10	0,00
NProm	201609	4	50402	161,38	0,00
Chyba	45286	145	312		

Obr. 48: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90°

Z výše uvedeného Obr. 48: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90° je patrné, že p-hodnota v řádku nazvaném NProm je menší nežli hodnota pravděpodobnosti α (0,05). Tento fakt potvrzuje, že hypotéza o shodných středních hodnotách je zamítnuta. Předpokládáme tedy, že posuzovaný faktor má statisticky významný vliv na měřenou veličinu a střední hodnoty základních souborů, ze kterých pochází analyzované výběry, se liší. Z tohoto hlediska se v diplomové práci pokračuje testem mnohonásobného porovnání, jmenovitě Tukeyův HSD test.

Tukeyův HSD test; proměnná zatížení (N) (Tabulka5 anova-odlup)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = 312,32, sv = 145,00						
Č. buňky	NProm	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		270,28	241,18	227,11	194,48	164,85
1	35		0,000017	0,000017	0,000017	0,000017
2	50	0,000017		0,017450	0,000017	0,000017
3	60	0,000017	0,017450		0,000017	0,000017
4	70	0,000017	0,000017	0,000017		0,000017
5	80	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	

Obr. 49: Tukeyův HSD test pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90°

Hodnoty v tabulce v Obr. 49: Tukeyův HSD test pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90° znázorňují p-hodnoty zvoleného testu mnohonásobného porovnání pro všechny kombinace výběrů. Statisticky významné rozdíly jsou zobrazeny červeně. Tyto červené hodnoty znázorňují, že p-hodnota < pravděpodobnosti α (0,05), tudíž hypotéza o rovnosti středních hodnot dvou porovnávaných souborů se zamítá, střední hodnoty dvou porovnávaných základních souborů se považují za statisticky významně odlišné. [3]

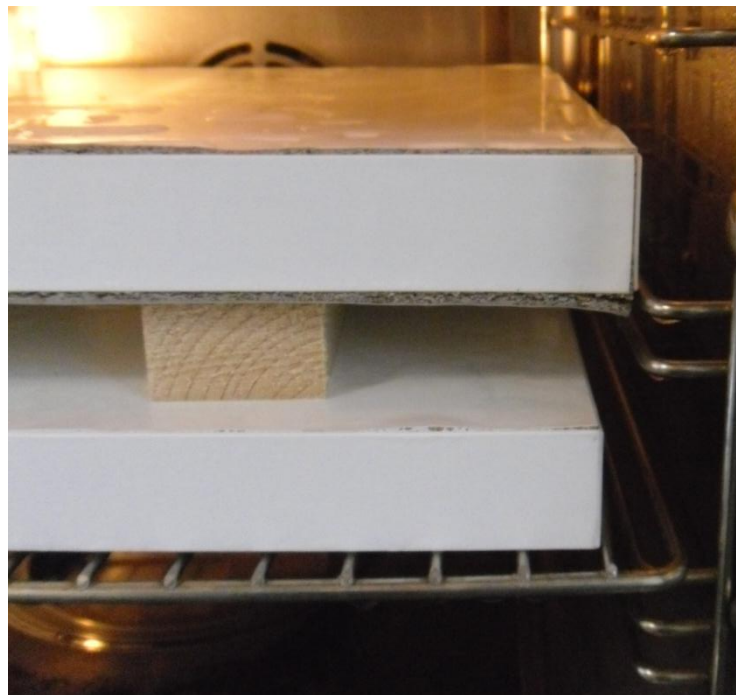
Tento jev je patrný i v grafu znázorněném na Obr. 47: Graf ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90°, kdy intervaly spolehlivosti pro rozdílné teploty se v žádném případě nepřekrývají.

6.3. Výsledky měření pro zkoušku paření v parní komoře

Vzorky s využitým PUR tavným lepidlem a EVA tavným lepidlem pro olepení bočních ploch DTD byly po dobu 16 hodin vystaveny působení 100% vlhkosti vyvolané působením 100 °C v parní komoře. Paření probíhalo do doby, než došlo k samovolnému uvolnění a následnému odpadnutí ABS hrany v parní komoře. Měření bylo započato 23.

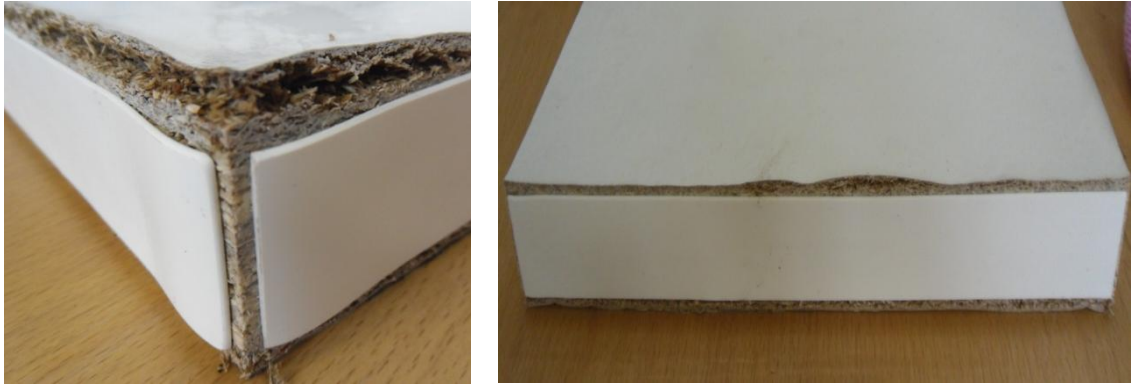
02. 2016 v areálu laboratoří v Útěchově v 7:00, kde byly nutné technologické přestávky, které zahrnovaly doplňování destilované vody, a dále bylo nutné vzorky nechat bez působení vlhkosti po dobu, kdy byl areál uzavřen (potřeba doplňování destilované vody).

Již po 40 minutách působení vlhkosti bylo patrné značné poškození na desce olepené pomocí EVA tavného lepidla. Po celém obvodu DTD desky došlo k nabobtnání desky oproti původnímu rozměru o 6 mm. V porovnání s DTD olepenou pomocí PUR tavného lepidla, kde došlo k mírnému nabourávání desky v oblasti skulin, jsou rozdíly v porušení markantní.



Obr. 50: Změny na olepených DTD deskách po 40 minutách působení extrémních podmínek (vrchní deska olepena pomocí tavného EVA lepidla, spodní deska olepena pomocí tavného PUR lepidla (zdroj: autor)

Po 4 hodinách vystavování vzorků extrémním teplotám došlo u vzorků olepených EVA tavným lepidlem ke stále většímu nabobtnání DTD a odpadávání třísek z desky, a k postupnému snižování pevnosti lepidla (odlupování hran od adherendu) a kroucení ABS hrany viz Obr. 51, 52: Působení extrémních podmínek po dobu 4 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené EVA tavným lepidlem.



Obr. 51, 52: Působení extrémních podmínek po dobu 4 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené EVA tavným lepidlem (zdroj: autor)

U vzorků olepených PUR tavným lepidlem došlo k porušení především v oblastech rohů, kde došlo k prostoupení vlhkosti do DTD a následnému značnému nabobtnání. Dále docházelo k stále většímu narušování spoje v oblasti prostoupení vlhkosti mezerami a k postupnému kroucení ABS hrany vlivem zvýšené teploty. Viz Obr. 53, 54: Působení extrémních podmínek po dobu 4 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené PUR tavným lepidlem.



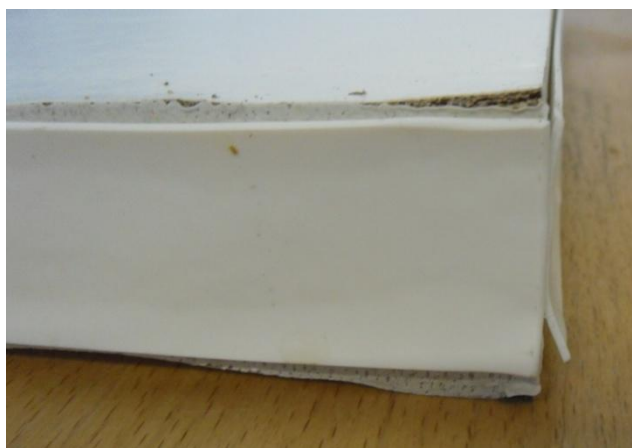
Obr. 53, 54: Působení extrémních podmínek po dobu 4 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené PUR tavným lepidlem (zdroj: autor)

Po 8 hodinách páření vzorků došlo k technologické přestávce v důsledku uzavření areálu. Na vzorcích olepených tavným EVA lepidlem bylo patrné značné poškození DTD, kde docházelo k vypadávání třísek a celkové degradaci desky. Docházelo i ke kroucení a degradaci vrchní povrchové úpravy pomocí melaminové fólie. Viz Obr. 55: Působení extrémních podmínek po dobu 8 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené EVA tavným lepidlem.



Obr. 55: Působení extrémních podmínek po dobu 8 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené EVA tavným lepidlem (zdroj: autor)

Na vzorcích olepených PUR tavným lepidlem byly patrné zvětšující se deformace, které vznikly v důsledku nedokonalého olepení vzorku, avšak v porovnání s EVA tavným lepidlem byly degradace DTD o poznání nižší.



Obr. 56: Působení extrémních podmínek po dobu 8 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené PUR tavným lepidlem (zdroj: autor)

Po 9 hodinách a 20 minutách paření vzorků došlo k odpadnutí dvou ABS hran ze vzorku olepeného pomocí tavného EVA lepidla. U vzorků olepených PUR lepidlem nedochází k velkým změnám, pouze se začínají postupně odlepovat ABS hrany po obvodu, avšak ve střední části je pevnost lepeného spoje stále vysoká.

Po 11 hodinách a 30 minutách odpadla třetí hrana u desky s využitím EVA lepidla, u desky s PUR lepidlem došlo k odlepení hrany o 2 cm od rohu desky. Viz Obr. 57: Změny na olepených DTD deskách po 11 hodinách a 30 minutách působení extrémních podmínek (vrchní deska olepena pomocí tavného EVA lepidla, spodní deska olepena pomocí tavného PUR lepidla).



Obr. 57: Změny na olepěných DTD deskách po 11 hodinách a 30 minutách působení extrémních podmínek (vrchní deska olepěna pomocí tavného EVA lepidla, spodní deska olepěna pomocí tavného PUR lepidla) (zdroj: autor)

Po 14 hodinách a 20 minutách paření vzorků došlo k odpadnutí poslední ABS hrany ze vzorku olepěného pomocí tavného EVA lepidla a ukončení zkoušky na tomto vzorku. U vzorku olepěného PUR lepidlem dochází k odpadnutí první ABS hrany.

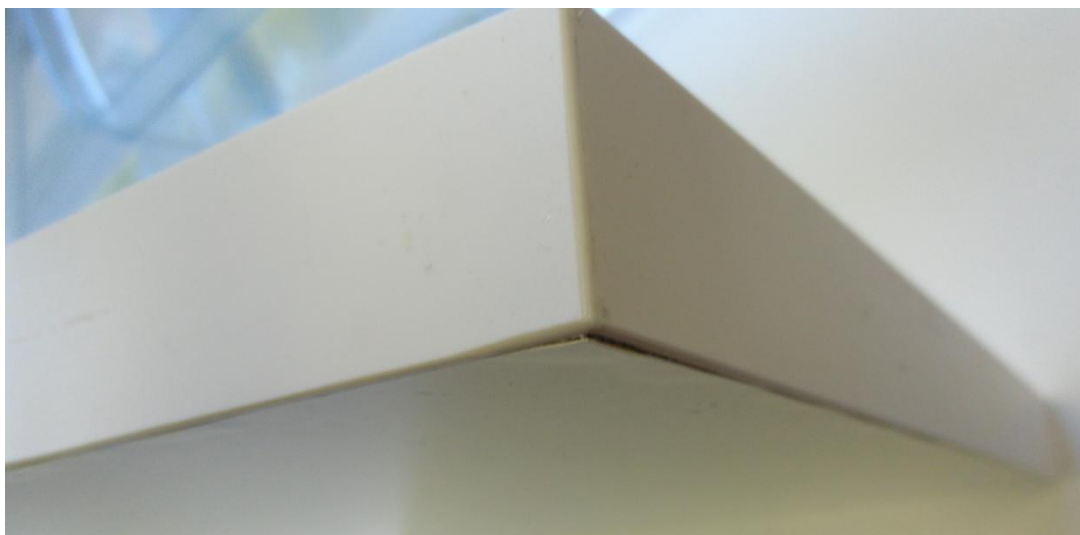
Po 15 hodinách dochází k odpadnutí druhé ABS hrany na vzorku s PUR tavným lepidlem, po 15 hodinách a 10 minutách dochází k odpadnutí třetí hrany a po 16 hodinách k odpadnutí čtvrté, poslední hrany na vzorku olepěném pomocí PUR tavného lepidla.

6.4. Výsledky měření pro zkoušku máčení v akváriu

Vzorky s PUR tavným lepidlem a EVA tavným lepidlem byly po dobu 8 hodin vystavovány působení vody v akváriu. Po vyjmutí vzorku došlo k porovnání rozměrových a vizuálních změn na obou exponovaných vzorcích. U vzorku s využitím EVA tavného lepidla došlo k nabobtnání po obvodu desky, jež byla ponořena ve vodě. U desky s využitím tavného PUR lepidla došlo k minimálnímu nabobtnání DTD v oblasti rohů desky.



Obr. 58: Změna na vzorku DTD-L olepeného pomocí tavného EVA lepidla po 8 hodinách máčení ve vodě (zdroj: autor)



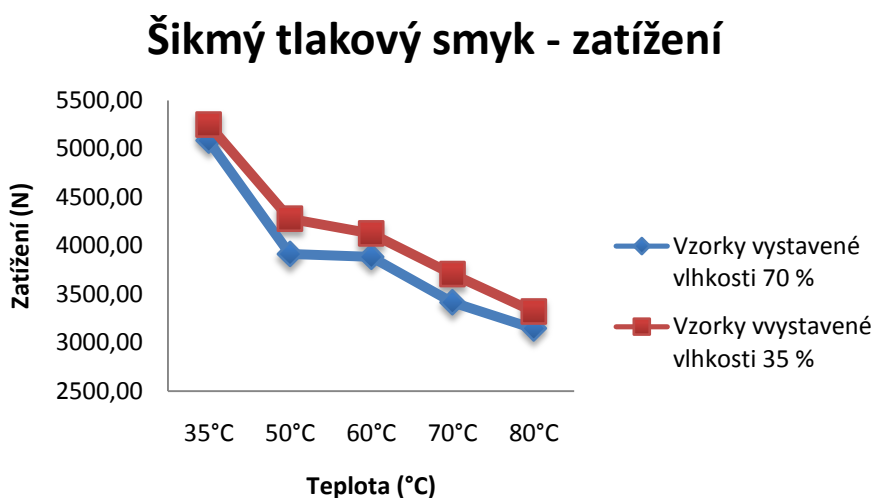
Obr. 59: Změna na vzorku DTD-L olepeného pomocí tavného PUR lepidla po 8 hodinách máčení ve vodě (zdroj: autor)

7. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

7.1. Vyhodnocení výsledků pro šikmý tlakový smyk

U metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° zkoumáme pevnost, která je dána vlastností odolávat silám vycházejícím z kombinace normálního napětí σ a smykového napětí τ proti úhlu γ působícího v hodnotě 45° při zatížení tlakem na ABS hranu nalepenou tavným PUR lepidlem na plochu aglomerovaného materiálu (DTD-L). [4]

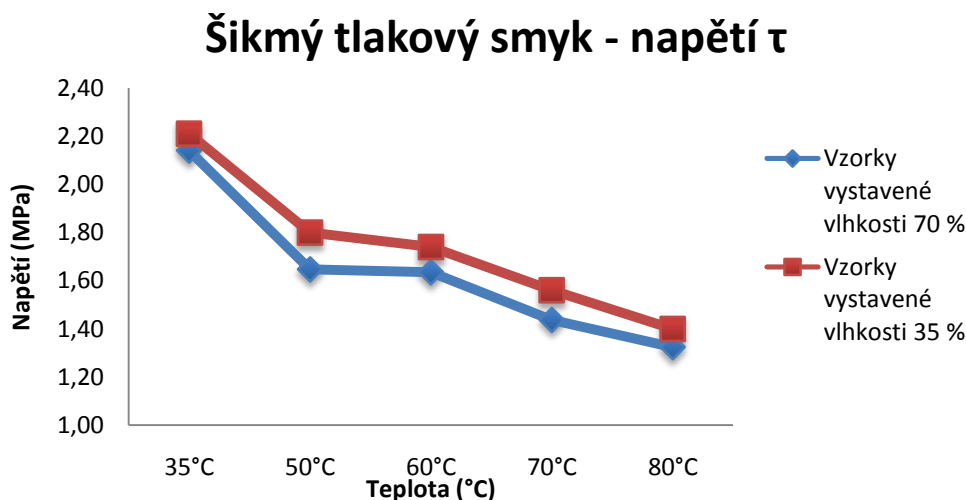
Pro názornost ovlivnění vzorků klimatizováním na požadovanou vlhkost, dochází ke grafickému porovnání s výsledky, které byly získané na stejných vzorcích od stejného výrobce, pouze řešeny v diplomové práci: *Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových hran (Bc. Romana Vlčková)*. Vzorky v této diplomové práci byly vystavovány teplotám 35°C , 50°C , 60°C , 70°C a 80°C . Rozdíl v hodnotách zatížení je patrný na Obr. 60: Šikmý tlakový smyk – zatížení a Obr. 61: Šikmý tlakový smyk – napětí.



Obr. 60: Šikmý tlakový smyk – zatížení (zdroj: autor)

Na Obr. 60: Šikmý tlakový smyk – zatížení je vyobrazeno porovnání vzorků, které byly a nebyly klimatizované. U vzorků, jež byly uloženy v klimatizační komoře po dobu 6 týdnů a jejich vlhkost byla v době testování 70 %, je vidět nepatrné snížení hodnoty zatížení [N]. Rozdíl mezi naměřenými hodnotami se pohybuje okolo 7 %, kdy hodnoty v 35°C udávají maximální možné zatížení trhačího stroje, kdy v této teplotě

kapacitní zatížení stroje nestačilo na strhnutí ABS hrany z podkladu ani v případě, kdy byly vzorky klimatizovány.



Obr. 61: Šikmý tlakový smyk – napětí (zdroj: autor)

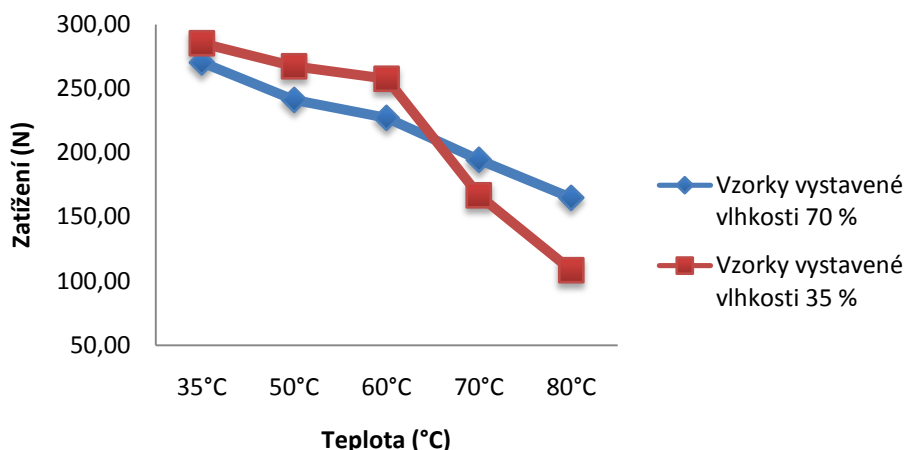
Na obr. 61: Šikmý tlakový smyk – napětí τ je vyobrazeno porovnání klimatizovaných a neklimatizovaných vzorků. Opět je zde vidět snížení napětí vyvolaného šikmým tlakovým smykem. Vzorky, které byly klimatizované na vlhkost 70 %, dosahovaly nižšího napětí [MPa], v průměru o 6 %.

7.2. Vyhodnocení výsledků pro odlup

Metoda odlupování pod úhlem 90° uvádí odolnost proti odlupování lepených spojů ze dvou adherendů. Na běžném trhacím zkušebním zařízení však nelze docílit konstantního působení úhlu 90° při odlupování. Principem zkoušky je, aby jeden adherend byl ohebný. Tato zkouška je vhodná pro adherendy, u kterých nelze využít zkoušku pod úhlem 180° z hlediska tvorby trhlin v adherendech, delaminace či praskání. Adherend však musí být dostatečně pevný, aby nedošlo ke stržení nebo protržení očka, které slouží k uchopení ke stroji. Tato metoda je vhodná pro popis kvality lepené spáry jakéhokoliv lepidla, jehož pevnost je zkoumána při spolupůsobení teploty a vlhkosti.

Pevnost lepeného spoje touto metodou je snadno ověřitelná. Při této metodě získáme průměrné hodnoty zatěžující síly na poměrně dlouhém úseku lepené spáry (150 mm). Výsledná síla je vyhodnocením pěti šipek a pěti poklesů jako průměrná hodnota.

Zatížení ve spáře - odlup 90°



Obr. 62: Zatížení ve spáře – odlup 90° (zdroj: autor)

Na Obr. 62: Zatížení ve spáře – odlup 90° je graficky znázorněn pokles pevnosti lepeného spoje v závislosti na teplotě. Pro porovnání závislosti klimatizování vzorků byly využity data z diplomové práce: *Vliv teploty na pevnost lepeného spoje nábytkových hran* (Bc. Romana Vlčková). Vzorky v obou případech byly vystaveny působení teplot 35 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C a 80 °C, v jednom případě byly vzorky po dobu 6 týdnů vystaveny působení zvýšené vlhkosti (70 %). V rozmezí teplot 35 °C až 60 °C bylo nutno vyvinout nižší zatížení na vzorky, jež byly klimatizovány. Rozdíl v těchto hodnotách je průměrně 5 – 13 %. V teplotách 70 °C a 80 °C je patrná změna, kdy bylo nutno vyvinout nižší zatížení na vzorky neklimatizované, a to až o 35 % nižší oproti klimatizovaným vzorkům v hodnotě 80 °C. Tento fakt mohla ovlivnit doba, po jakou byly vzorky vystavovány působení zvýšené teploty.

7.3. Vyhodnocení výsledků působení páry v parní troubě

Po celou dobu paření bylo patrné značné vylučování formaldehydu ze vzorků, které se projevovalo štiplavým oděrem a silnou kyselostí páry, která byla vylučována z komory při otevření. Docházelo k podráždění sliznice očí a nosu. U zkoušky byl kladen důraz na bezpečnost a ochranu zdraví.

Z hlediska vizuálního zhodnocení zkoušky došlo u vzorku s využitím tavného EVA lepidla k značnému poškození adherendů i adheziva. K samovolnému odpadnutí všech hran došlo po 14 hodinách a 20 minutách. Na všech odpadnutých hranách zůstala

stopa EVA lepidla a stopa třísek, které byly uvolněny z DTD desky. EVA lepidlo však ulpělo i na samotné DTD. Z hlediska rozměrových změn došlo k nabobtnání desky z původních 30 mm výšky na průměrných 43 mm výšky. Na vzorku bylo patrné poškození i povrchové úpravy DTD desky, kdy došlo k pokroucení vrchní melaminové fólie. Rozměrová změna vzorku je tedy o 43,33 % větší oproti původnímu vzorku před zkouškou.



Obr. 63: Vzorek s využitím tavného EVA lepidla po ukončení zkoušky (zdroj: autor)



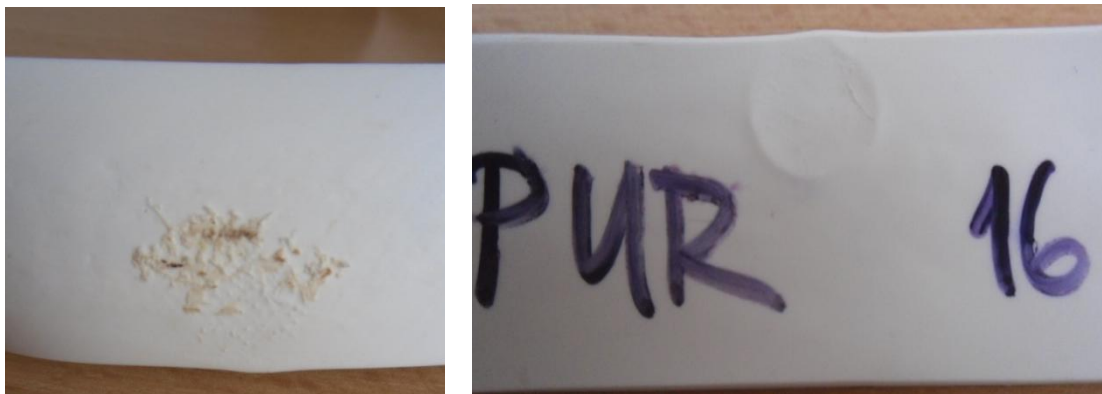
Obr. 64: ABS hrany se stopami EVA tavného lepidla a třískami uvolněnými z DTD-L po ukončení zkoušky (zdroj: autor)

Vizuální zhodnocení zkoušky u vzorku s využitím tavného PUR lepidla poukazuje na poškození adherendů i adheziva. K samovolnému odpadnutí všech hran došlo po 16 hodinách. Na uvolněných ABS hranách nezůstala stopa PUR tavného lepidla. Pouze na dvou hranách zůstala malá stopa lepidla a třísek z DTD, a to v důsledku působení vysoké teploty na část ABS hrany rozpálenou žárovkou, která byla umístěna vně

komory. Zde se zvýšila pevnost lepidla k adherendům, avšak došlo k poškození ABS hrany projevujícím se částečným roztavením. Veškeré PUR tavné lepidlo po odpadnutí všech ABS hran ulpělo na DTD, tento jev připisují k vyšší přilnavosti lepidla k DTD desce, nežli k ABS hraně. Je zde patrné, že „obal“ jež vytvořilo PUR lepidlo, se snažil zabránit vstupu vlhkosti do DTD desky, avšak i tak došlo k rozměrovým změnám vzorku v důsledku nabobtnání z původní výšky 28 mm na průměrnou výšku 41 mm. Rozměrová změna vzorku je tedy o 46,43 % větší oproti původnímu vzorku před zkouškou.



Obr. 65: Vzorek s využitím tavného PUR lepidla po ukončení zkoušky (zdroj: autor)



Obr. 66, 67: ABS hrana se stopou PUR tavného lepidla a třískami uvolněnými z DTD-L po působení horké žárovky na ABS hranu (zbytek ABS hrany bez známek lepidla). (zdroj: autor)

7.4. Vyhodnocení výsledků máčení vzorků v akváriu

U vzorku olepeného pomocí EVA tavného lepidla došlo k nabobtnání, po 8 hodinách působení vody, z původních 30 mm tloušťky desky na 36,03 mm tloušťky

desky. Rozměrová změna vzorku je tedy o 20,1 % větší oproti původnímu vzorku před zkouškou. K nabobtnání došlo po celé délce vzorku, jež byl do vody ponořen.

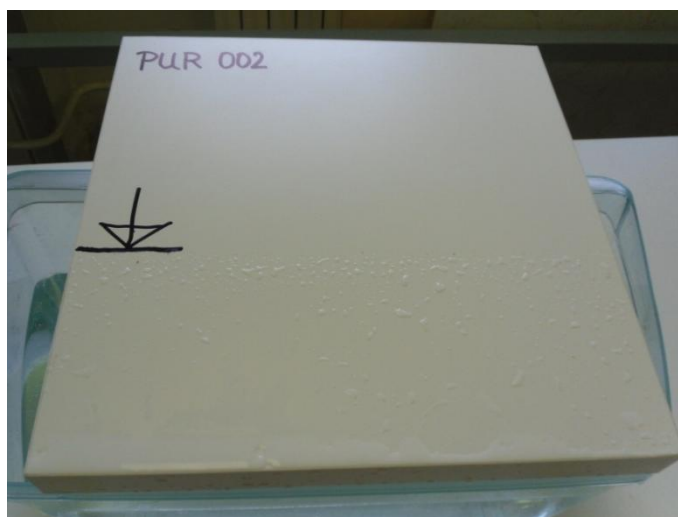


Obr. 68: Vzorek DTD-L olepen pomocí tavného EVA lepidla po vyjmutí z akvária s vodou (zdroj: autor)



Obr. 69: Rozměrová změna na DTD-L s využitím tavného EVA lepidla po 8 hodinách máčení ve vodě (zdroj: autor)

U vzorku olepeného pomocí PUR tavného lepidla došlo k nabobtnání, po 8 hodinách působení vody, pouze v oblasti rohů a mikrotrhliny. Změna rozměrů v rozích, jež podlely působení vody, byla z původních 28,04 mm na 28,23 mm. Rozměrová změna v tomto místě byla 0,67 %. V oblasti mikrotrhliny došlo k nabobtnání z původních 28,04 mm na 28,19 mm. Rozměrová změna v oblasti mikrotrhliny byla 0,53 %. Rozdíl mezi vzorkem olepeným EVA tavným lepidlem a PUR tavným lepidlem je patrná na obrázcích Obr. 68 až Obr. 71.



Obr. 70: Vzorek DTD-L olepen pomocí tavného EVA lepidla po vyjmutí z akvária s vodou (zdroj: autor)



Obr. 71: Nabobtnání DTD-L s využitím tavného PUR lepidla v oblasti mikrotrhliny po působení vody po dobu 8 hodin (zdroj: autor)

8. DISKUSE A PŘÍNOS PRO PRAXI

U nábytku rozeznáváme dva typy zatížení, a to zatížení funkční, které vzniká při běžném užívání a zatížení nefunkční, které vzniká při manipulaci, přemísťování či skladování. Působení vnějších mechanických sil na konstrukci můžeme definovat jako zatížení. Toto zatížení může být přímé, anebo nepřímé (změna teploty a vlhkosti), prvotní či druhotné, rovnoměrné a nerovnoměrné, statické či dynamické, jednorázové či opakovatelné, dočasně nebo trvalé. [10]

Jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují pevnost lepeného spoje, je okolní prostředí, které má měnící se příznaky spojené s pevností dřeva, materiálů na bázi dřeva a lepidel. Nábytek přichází čím dál častěji do styku s extrémními okolními podmínkami, ať již v případě přepravy (navyšování teploty a vlhkosti v přepravních kontejnerech vlivem stále častěji se vyskytujících tropických dnů v letním období a zajišťování stálé vlhkosti v kontejnerech při přepravě po moři a čekání v přístavech), ale také v průběhu užívání nábytku (koupelnový a kuchyňský nábytek ve vztahu k vlhkosti, stále vyšší vlhkost v interiéru způsobená zateplováním, výměnou oken apod.). Z tohoto hlediska je kladen větší důraz na zabránění průniku vlhkosti do aglomerovaných materiálů a následně jejich rozměrových změn bobtnáním, především tedy na kvalitu lepených spojů u olepených bočních ploch nábytku, hlavně ze strany výrobců a jejich snah na zvyšování kvality samotných výrobků.

Ve výrobě nábytku se v dnešní době zvyšují požadavky na využití tavných lepidel, tento fakt se projevuje na nutnosti náročnějšího testování nábytku. Zejména pak ověření kvality lepených spojů, které jsou namáhány extrémními teplotními a vlhkostními podmínkami. Extrémních vlhkostí můžeme dosáhnout nejen v přepravních kontejnerech, ale i v domácnostech, kde je výskyt časté tekoucí vody (koupelny až 90 % vlhkosti vzduchu) či exteriéru (nábytek vystaven tekoucí vodě). Tudíž je vhodné provádět zkoušky na vzorcích, jež byly vystaveny působení extrémních podmínek, které navozují podmínky podobné těm, při kterých je nábytek přepravován, či naopak používán.

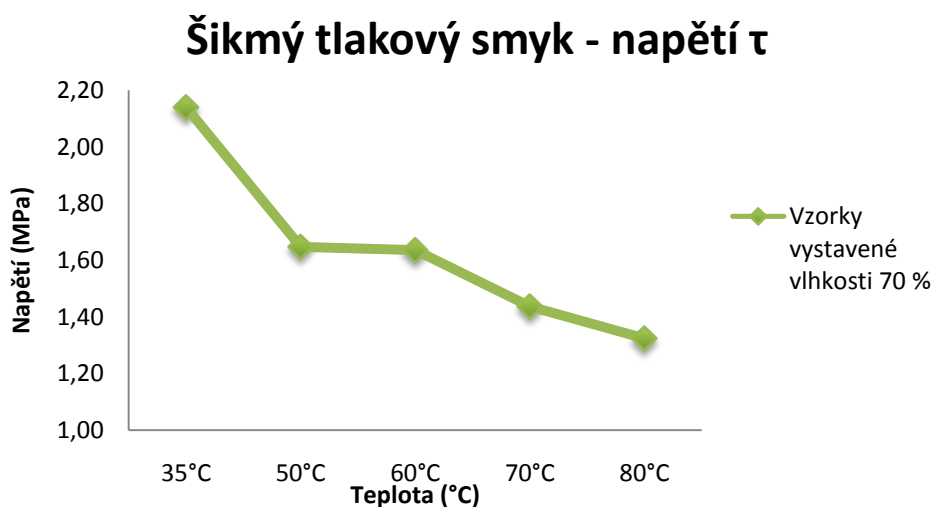
V metodě šikmého tlakového smyku bylo dosaženo výsledků, kdy s narůstající teplotou se zatížení nutné k oddělení ABS hrany od podkladu snižuje. Tento jev je znázorněn na Obr. 72: Šikmý tlakový smyk. Je zde patrné skokové snížení napětí mezi

teplotami 35 °C a 50 °C, které je způsobeno především sesycháním vnitřní části DTD desky, jelikož vzorky před započítáním samotné zkoušky byly klimatizovány na vlhkost 70 %. Pokles mezi zmiňovanými teplotami je o 29,7 %. Napětí potřebné pro porušení lepené spáry mezi teplotami 50 °C až 80 °C bylo následně pozvolné. V průběhu celé zkoušky byla patrná degradace především podkladového materiálu (DTD) a ABS hrany (viz Příloha č. 4 – chování vzorků).

Zkouška šikmého tlakového smyku s využitím zahřátí lepené spáry u olepených vzorků DTD pomocí ABS hrany, znázorňuje možnost, kdy nábytek přepravovaný v kontejnerech je vystaven působení teploty a vlivem pohybu může dojít k vzájemnému tření hran jednoho nábytku o druhý nábytkový kus a tímto třením může dojít i k mikroskopickému posunu ABS hrany po olepené ploše. Poté může dojít k mikrotrhlinám na celém povrchu lepené spáry a vznikne tak snadný přístup pro působení vlhkosti na aglomerovaný materiál.

Tab. 10: Hodnoty napětí pro šikmý tlakový smyk pod úhlem 45° [MPa]

Vlhkost	70 %					40 %
Teplota	35 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	25 °C
Průměr	2,14	1,65	1,64	1,44	1,32	2,21
Max.	2,21	2,20	2,21	1,91	1,67	2,21
Min	1,95	1,39	1,33	1,22	1,08	2,21
Medián	2,15	1,61	1,56	1,37	1,28	2,21
Směr. odchylka	0,07	0,21	0,24	0,18	0,14	0,00
Procentuální změna oproti předchozímu		29,7 %	0,61 %	13,89 %	9,09 %	



Obr. 72: Šikmý tlakový smyk – napětí τ (zdroj: autor)

Další metodou pro ověření kvality a pevnosti lepeného spoje, byla metoda odlupování pod úhlem 90°. Dle ČSN EN 28510-1 Lepidla uvádějící metodu odlupování pod úhlem 90° za účelem stanovení odolnosti lepených spojů proti odlupování. Jedná se o vypovídající metodu popisu kvality lepeného spoje za použití jakéhokoli lepidla, jehož pevnost klesá s působením teploty. Je však důležité, aby lepený spoj tvořily dva adherendy, z nichž jeden je ohebný.

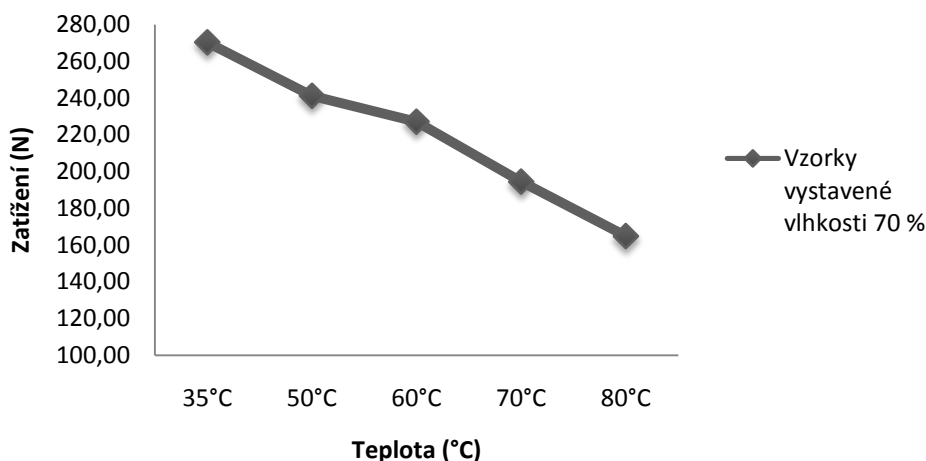
Výsledkem zkoušky byl pokles zatížení ve spáře, jež vedlo k odloupení ABS hrany od podkladového materiálu (DTD), v závislosti na teplotě, jíž byly vzorky vystaveny. Vzorky byly před započítáním zkoušky po dobu 6 týdnů klimatizovány na požadovanou vlhkost 70 %. Snižování zatížení potřebného pro odloupení ABS bylo pozvolné, tento jev je patrný viz níže Tab. 11: Statistika pro odlup pod úhlem 90°, kdy mezi teplotami 35 °C a 50 °C došlo k poklesu zatížení o 12,06 %, mezi teplotami 70 °C a 80 °C pak k poklesu o 17,97 %.

Snižující se tendence hodnot zatížení pro odlupování je dána vysycháním vnitřní části DTD desky, tepelným rozpínáním ABS hrany a působením teploty na PUR tavné lepidlo. Z kontrolních hodnot je patrné, že pro odloupení neklimatizovaného vzorku (vlhkost 40%) je zapotřebí zatížení o 17,78 % vyšší při zahřátí vzorku na 50 °C oproti vzorku, jež byl klimatizován (vlhkost 70% při vyjmutí z komory). K tomuto jevu došlo z důvodu sesychání vnitřní části DTD desky u klimatizovaných vzorků a následnému snížení pevnosti desky, kdy při odlupování došlo k odlupu ABS hrany s PUR tavným lepidlem včetně třísek z DTD (viz Příloha č.4 – chování vzorků).

Tab. 11: Hodnoty zatížení pro odlup pod úhlem 90° [N]

Vlhkost	70 %					40 %
	35 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	50 °C
Průměr	270,28	241,18	227,11	194,48	164,85	284,05
Max.	297,63	278,68	260,82	226,65	188,30	305,95
Min.	231,62	134,46	201,99	171,67	140,55	260,36
Medián	273,98	243,74	223,24	195,96	163,32	286,20
Směr. odchylka	17,34	24,73	16,58	12,09	13,29	12,54
Procentuální změna oproti předchozímu		12,06 %	6,19 %	16,77 %	17,97 %	

Zatížení ve spáře - odlup 90°



Obr. 73: Zatížení ve spáře – metoda odlup 90° (zdroj: autor)

Pro doplňkovou zkoušku v praktické části diplomové práce byla využita metoda paření vzorků v parní komoře. V dnešní moderní době se rozvíjí móda zdravého vaření, tudíž se ve světových i českých kuchyních rozvíjí spotřebiče, jež produkují značné množství vodní páry. Tato vodní pára působí na nábytek, především na lepenou spáru v oblasti aglomerovaného materiálu a olepovací hrany. Z tohoto hlediska bylo přistoupeno ke zkoušce přímého paření olepovaných vzorků v laboratorní parní troubě. Tato metoda byla předváděna společností HOLZ-HER, vyrábějící obráběcí stroje, na veletrhu LIGNA 2013 v Hannoveru. Tato společnost zdůrazňovala chování vzorků při působení páry v parní troubě. Vzorky olepené pomocí tavného EVA i PUR lepidla byly olepeny právě olepovacím strojem HOLZHER SPRINT 1310 se snadnou záměnou lepidlových patron.

V průběhu zkoušky se projevil obrovský rozdíl mezi vzorky olepými EVA tavným lepidlem a PUR tavným lepidlem. Již během 40 minut působení přímé vodní páry došlo k prostoupení vlhkosti do DTD desky olepené pomocí tavného EVA lepidla. Vzorek s využitím PUR tavného lepidla dosahoval lepších výsledků, avšak k degradaci desky postupem času též docházelo. Největší rozdíl mezi využitými lepidly je především v chování lepidla při zvýšené teplotě, kdy EVA tavné lepidlo měkne. PUR tavné lepidlo působením teploty neměkne. Měknutím tavného EVA lepidla postupně proniká vlhkost do podkladového materiálu a dochází k bobtnání a úplnému degradování desky během krátké chvíle. Po samovolném odpadnutí ABS hrany od

vzorku byl patrný rozdíl v chování EVA a PUR tavného lepidla. ABS hrany odpadlé od vzorku s využitím EVA tavného lepidla obsahovaly stopy nejen lepidla, ale i třísek z DTD, kdežto ABS hrany odpadlé od vzorku s využitím PUR tavného lepidla byly hladké beze stop lepidla či třísek z DTD. Veškeré PUR tavné lepidlo ulpělo na DTD a vytvořilo „obal“ desky, tento jev značí lepší přilnavost k aglomerovanému materiálu, nežli k ABS hraně.

Metoda paření vzorků v parní komoře byla volena jako doplňková a mohla by být dále metodicky rozpracována v dalších navazujících výzkumech, které by se zabývaly působením páry v kratších časových intervalech (např. 20 minut). Na vzorcích bylo patrné, že vlhkost prostupuje do aglomerovaného materiálu především v oblastech nedokonalého pracovního postupu (rohy – vlivem frézování hrany na koncích může dojít k malému posunutí hrany po lepené ploše a vznikne zde mikrotrhlina). Dalším důležitým jevem při zkoumání chování tavného PUR lepidla bylo nahřátí hrany pomocí rozpálené žárovky a docílení tak následného zvýšení přilnavosti PUR tavného lepidla k ABS hraně a celkovému zvýšení pevnosti lepeného spoje viz Obr. 66 a 67: ABS hrana se stopou PUR tavného lepidla a třískami uvolněnými z DTD-L po působení horké žárovky na ABS hranu v kapitole 7.3. Vyhodnocení výsledků paření v parní troubě. Tento jev by v praxi mohl vést k zdokonalení olepení hran s využitím tavného PUR lepidla. Lepších výsledků u zkoušky paření vzorků v parní troubě dosáhlo PUR tavné lepidlo, avšak u obou olepených vzorků došlo k absolutní degradaci aglomerovaného materiálu.

Další doplňkovou metodou pro zkoumání vlivu vlhkosti na dílce olepené různým druhem tavného lepidla byla zkouška máčení vzorků v akváriu. Do vodního sloupce o výšce 10 cm byly ponořeny dva vzorky, kdy jeden vzorek byl olepen tavným EVA lepidlem, druhý vzorek byl olepen PUR tavným lepidlem. Vzorky byly do vody uloženy na dobu 8 hodin, jež znázorňovala možný časový úsek, kdy si zákazník vytopí bydlení, když odchází do zaměstnání. Po vyjmutí vzorků z akvárií byl patrný značný rozdíl mezi deskami olepenými dvěma různými tavnými lepidly. Vzorek s využitím tavného EVA lepidla byl po celém obvodu, který byl ponořen do vody, nabobtnán. Vzorek s využitím PUR tavného lepidla byl nabobtnán pouze v oblasti nedokonalostí (roh – viz výše nedokonalosti při výrobě) a to v minimální míře. Z hlediska odolnosti vůči působení vody dosáhlo lepšího výsledku PUR tavné lepidlo.

9. ZÁVĚR

Z hlediska zvyšující se náročnosti na kvalitu provedení nábytku nejen na českém trhu, ale i na trzích zahraničních, je kladen neustále větší důraz na testování kvality nábytku. Rozumí se tím nejen testování stability apod., ale i testování kvality lepených spojů, které jsou namáhány nejen při přepravě, ale i samotném užívání nábytku. Konstrukce nábytku a samotné lepené spoje jsou namáhány i z hlediska působení extrémních okolních podmínek, jako je teplota a vlhkost.

Neustále se rozvíjí nejen export českého nábytku do zahraničí, ale také import nábytku do ČR. Na přepravovaný nábytek působí vysoká teplota, která se dokáže v letních měsících nakumulovat v přepravním kontejneru, kdy je zde dosaženo až teploty 70 °C, především u stropu takového kontejneru. Jako druhé hlavní hledisko, jež ovlivňuje kvalitu přepravovaného nábytku, je kondenzace vodní páry na kontejneru a zvýšená vlhkost s tím související. Z tohoto hlediska byla diplomová práce zaměřena na působení těchto dvou faktorů, s bližším zaměřením především na působení vlhkosti.

Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu nábytku jsou aglomerované materiály z hlediska jejich výhodných vlastností. Proto bylo v práci zkoumáno působení extrémních podmínek na DTD dílcích olepených ABS hranou a tavným lepidlem. Využití tavných lepidel pro olepování nábytkových hran se neustále rozvíjí a potřeba zkoumat působení faktorů, jež by mohly ovlivnit kvalitu spoje, se stále zvyšuje. Lepený spoj olepení bočních ploch dílců se jeví jako nejvíce náchylný pro prostoupení vlhkosti do samotného aglomerovaného materiálu, kde vlhkost způsobí degradaci desky. Tento fakt byl ověřen na základě okrajových zkoušek paření vzorků v parní komoře a máčení vzorků v akváriu s vodou. Vlhkost dokázala prostoupit jak do dílce, který byl olepen EVA tavným lepidlem, ale také do dílce, jež byl olepen tavným PUR lepidlem. Avšak zjevné chování obou zkoumaných materiálů poukazuje na lepší výsledky tavného PUR lepidla. PUR tavné lepidlo lépe přilne k aglomerovanému materiálu, nežli k ABS hraně, a tím vytvoří jakýsi „obal“, jež uzavře cestu vstupu vlhkosti do aglomerovaného materiálu.

Vliv působení teploty a vlhkosti na samotnou pevnost lepeného spoje byl zkoumán zkouškou šikmého tlakového smyku pod úhlem 45° a zkouškou dle ČSN EN 28510-1 Lepidla – Zkouška v odlupování zkušebního tělesa z ohebného a tuhého

adherendu – Část 1: Odlupování pod úhlem 90°. Provedené zkoušky potvrdily, že pevnostní charakteristiky jsou do značné míry ovlivněny expozicí zkušebních vzorků zvýšeným teplotám po jejich úpravě klimatizováním. Vliv klimatizování vzorků na požadovanou vlhkost 70 % byl patrný již po vyjmutí vzorků z komory, kdy došlo k nabobtnání vzorku i v oblasti olepené hrany. Následné zkoušky potvrdily, že pevnost klimatizovaných vzorků je nižší, než pevnost vzorků neklimatizovaných, kdy rozdíl mezi hodnotami se pohyboval okolo 7 %.

Výstupní údaje z diplomové práce mohou sloužit jako základ pro aplikování nových zkušebních metod testování nábytku, nábytkových dílců a především testování kvality lepených spojů z hlediska působení okolních extrémních podmínek. Výsledky lze využít jako zdroj pro další zkoumání vlivu především vlhkosti na olepené boční plochy, kde se neustále nachází problém ve vzniku mikroskopických nedolepených cest, jež následně působí jako vstupní brána pro vnik vlhkosti do podkladového, nejčastěji aglomerovaného, materiálu. Diplomovou prací bylo dokázáno výhodnější použití tavného PUR lepidla při olepování bočních ploch nábytkových dílců z hlediska jeho lepšího chování za působení extrémních podmínek. Doporučuji jeho využívání zejména pro nábytek do interiérů s výskytem zvýšené vlhkosti a teploty (koupelny, kuchyně).

10. SUMMARY

On the part of increasing quality intensity for furniture design not only on the Czech market but also on foreign markets, we place great emphasis on testing the quality of furniture. It means not only the stability testing etc., but also quality testing of glued joints which are tasked not only by transportation but also the actual using the furniture. The furniture construction and the glued joints are tasked in term of extreme environmental conditions such as temperature and humidity.

Constantly we evolve not only export of Czech furniture abroad, but also import of furniture to the Czech Republic. High temperature effects on transported furniture, which can accumulate in the summer months in a shipping container which is achieved till 70 ° C, in particular at roof of this container. As the second major aspect, which affects the quality of transported furniture, is condensation of water vapour on the container and the increased moisture associated with it. On this part of graduation theses was focused on the effect of these two factors, with near scope of moisture incidence.

Most used material for furniture production are agglomerated materials in terms of their advantageous properties. Therefore it was examined effect of extreme conditions on DTD sections beplastering with ABS edge and fusing adhesive. Using fusing adhesives for edge banding furniture is constantly evolved and increases a need to examine factors' effect, which could affect the connection quality. Glued joint beplaster of side sections face appears to be mostly subject for moisture penetration to the separate agglomerated material, where the moisture causes degradation of the plate. This fact was verified by testing of samples steaming in the steam room and dipping samples in an aquarium with water. The moisture proved penetrate into beplaster with EVA fusing adhesive component, but also to the component, which was glued with fusing polyurethane adhesive. However the apparent behavior both of examined materials adverts to better results of fusing polyurethane adhesive, which is characterized by its property that it doesn't soften by virtue of high temperature. PUR fusing adhesive adheres better to agglomerated material than the ABS edge and creates a "wrapper" that prevents the entry of moisture into the agglomerated material.

Influence of temperature and humidity on the actual bonding strength was investigated oblique pressure test shear angle-wise 45 ° and test according to DIN EN 28510-1 Adhesives - Test peel test specimen of flexible and rigid adherend - Part 1:

Peeling angle of 90 °. Performed tests confirmed that the strength characteristics are largely impressed with exhibiton to increased temperatures test samples after their treatment by conditioning.. Effect of conditioning the samples at the desired humidity of 70% was visible after removing samples from the chamber, when came about swelling of the sample in the field of coated edges. Subsequent tests confirmed to lower strength of the samples than the strength of the unconditioned samples, when the difference was around 7% between the values.

The output data from this thesis can serve as a basis for applying the new test methods for testing furniture, furniture parts and especially quality testing glued joints from the viewpoint of the surrounding extreme conditions. The work can serve as a basis for further investigation of the effect of moisture on the fletching primarily lateral surfaces, which is always a problem in the formation of microcracks in the actual banding operation. Incurred microcracks act subsequently as a gateway for the penetration of moisture into the substrate, usually agglomerated material. Dissertation was proved advantageous to use hot melt polyurethane adhesive during banding lateral surfaces of furniture parts in terms of improving its behavior under extreme conditions. I recommend its use especially for furniture interiors with the occurrence of elevated temperature and humidity (bathrooms, kitchens).

11. SEZNAM ZKRATEK

EVA	Etylenvinylacetát
PUR	Polyuretan
UF	Močovinoformaldehydová lepidla
FF	Fenolformaldehydová lepidla
PVAc	Polyvinylacetát
DTD	Dřevotřísková deska
DTD-L	Dřevotřísková deska laminovaná
DVD	Dřevovláknitá deska
HDF	Tvrdá dřevovláknitá deska (High Density Fibreboards)
MDF	Středně tvrdá dřevovláknitá deska (Medium Density Fibreboards)
OSB	Deska s orientovanými třískami (Oriented strand board)
BK	Buk
SM	Smrk
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PA	Polyamid
ALU	Aluminium – hliník
AČN	Asociace českých nábytkářů
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ANOVA	Analýza rozptylu
VOC	Těkavé organické látky (Volatile Organic Compound)
UV	Ultrafialové záření (Ultra Violet)

12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BRUNECKÝ, P., HÁLA, B. a KOVAŘÍK, M. 2010. *Nábytkářský informační systém "NIS": Část II., Všeobecné požadavky na nábytek*. Brno: Ircaes, 133 s. ISBN 978-80-254-8884-3.
- [2] BRUNECKÝ, P., HÁLA, B. a KOVAŘÍK, M. 2011. *Nábytkářský informační systém "NIS": Část III, Požadavky na úložný nábytek*. Brno: Ircaes, 117 s. ISBN 978-80-254-8884-3.
- [3] DRÁPELA, K. 2000. *Statistické metody II: (pro obory lesního, dřevařského a krajinného inženýrství)*. Vyd. 1. v Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 80-715-7474-0.
- [4] DUBOVSKÝ, J. 1991. *Latest Achievements in Research of Wood Structure and Physics: proceedings: Zvolen - Czechoslovakia : September 4-7*, 2. nezm. vyd. Zvolen: Vysoká škola lesnická a dřevařská, 372 s. ISBN 80-228-0139-9.
- [5] EISNER, K. 1966. *Příručka lepení dřeva*. Praha: SNTL
- [6] GANDELOVÁ, L., ŠLEZINGEROVÁ, J., HORÁČEK, P. 2002c1996. *Nauka o dřevě*. 2. nezměn. vyd. v Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 978-80-7157-577-1.
- [7] HLAVATÝ, J. 2014. *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, 101s.
- [8] HORÁČEK, P. 2008. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. 2. přeprac. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 124 s. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [9] HRÁZSKÝ, J., KRÁL, P. 2007. *Kompozitní materiály na bázi dřeva – Část I.: Aglomerované materiály*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzity v Brně, 253 s. ISBN 97880-7375-034-3.
- [10] JOŠČÁK, P. 2000. *Pevnostné navrhovanie nábytku*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-0921-7.

- [11] KŘUPALOVÁ, Z. 2008. *Nauka o materiálech: pro 1. a 2. ročník SOU učebního oboru truhlář*. 3., upr. vyd. Praha: Sobotáles, ISBN 978-80-86817-25-5.
- [12] LEINBEGER, D. *Temperature & Humidity in Ocean Containers* [online] [cit. 2015-12-14]. Dostupné na:
http://www.ista.org/forms/LEINBERGER_Dimensions06_paper.pdf.
- [13] LHOTÁKOVÁ, Z., TRNKOVÁ, K. 2005. *Rekonstrukce koupelen*. 1. vyd. Brno: ERA, 134 s. ISBN 80-7366-022-9.
- [14] LIPTÁKOVÁ, E., SEDLIČIK, M. 1989. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: Alfa, ISBN 80-05-00116-9.
- [15] MATOVIČ, A. 1993. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva*: určeno pro posl. lesnické fak., obor dřevařský a lesnický. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 212 s. ISBN 80-715-7086-9.
- [16] NUTSCH, W. 2012. *Konstrukce nábytku: nábytek a zabudované skříně*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, s. 18. ISBN 978-80-247-4244-1.
- [17] NUTSCH, W. 1999. Příručka pro truhláře. Praha: Sobotáles, 540 s. ISBN 80-85920-60-3.
- [18] OSTEN, M. 1975. *Práce s lepidly a tmely*. 1. Vyd., Praha: SNTL, 290 s.
- [19] SCHARNOW. *Climatic conditions. Container handbook* [online] [cit. 2015-12-14]. Dostupné na: http://www.containerhandbuch.de/chb_e/scha/index.html
- [20] SVOBODA, J., BRUNECKÝ, P., HÁLA, B a kol. 2012. *NIS část IX. Materiály na bázi dřeva a ostatní materiály pro výrobu nábytku*. 1. vyd. IRCAES Brno, 169 s. ISBN 978-80-87502-12-9.
- [21] TESAŘOVÁ, D. 2014. *Povrchové úpravy dřeva: [lakování, moření, lazurování a lepení]*. 1. vyd. Praha: Grada, 134 s. ISBN: 978-80-247-4715-6.

12.1. Internetové zdroje

- [22] Technická univerzita Liberec: Technologie spojování plastů [online]. [cit. 2015-12-12]. http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm#121
- [23] Geografický portál: Atmosféra [online]. [cit. 2015-08-01]. <http://www.zemepis.com/atmosf.php>
- [24] Nábytkářský informační systém: Úložný nábytek. [online]. ©2013 [cit. 2015-10-29]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/provedeni/page/191/>
- [25] *Materiály na bázi dřeva* [online]. 1. vyd. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012 [cit. 2015-11-02]. ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~bohmf/materialy_na_bazi_dreva.pdf
- [26] Demos Vše pro výrobu nábytku: Nábytkové hrany. [online]. [cit. 2015-12-05]. <http://www.demos-trade.cz/lepidla/nabytkove-hrany.html>
- [27] Asociace českých nábytkářů: Statistické údaje. [online]. [cit. 2016-22-03]. <http://www.czechfurniture.com/soubory/376cz.pdf>

12.2. Normy

- [28] ČSN 91 0000. *Nábytek: Názvosloví*. 2005. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [29] ČSN EN 28510-1 *Lepidla – Zkouška v odlupování zkušebního tělesa z ohebného a tuhého adherendu – Část 1. – Odlupování pod úhlem 90°*

13. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Vztah lepidla k lepenému materiálu
- Obr. 2: Mechanická vazba lepidla s povrchem (vznik mechanického „zámku“)
- Obr. 3: Chemická vazba lepidla s povrchem (vznik chemické vazby)
- Obr. 4: Smáčivost povrchu
- Obr. 5: Druhy lepidel a červeně znázorněné využití dvou hlavních lepidel v diplomové práci
- Obr. 6: ABS hrana
- Obr. 7: Hrany hliníkové
- Obr. 8: 3D akrylové hrany
- Obr. 9: Dýhové hrany
- Obr. 10: Narážecí hrana
- Obr. 11: Graf vývoje výroby nábytku v České republice
- Obr. 12: Ukázka borcení na různých průřezech dřeva
- Obr. 13: Změna viskozity využitého lepidla dle teploty
- Obr. 14: Trhací stroj INSTRON 3365
- Obr. 15: Speciální agregát pro zkoušku šikmý smyk
- Obr. 16: Tepelná komora INSTRON
- Obr. 17: Klimatizační komora Memmert HPP 108
- Obr. 18: Datalogger Testo 174H
- Obr. 19: Parní komora Siemens v laboratořích v Útěchově u Brna
- Obr. 20.: Rozměrové požadavky vzorků pro metodu odlup 90°
- Obr. 21: Rozměrové požadavky vzorků pro metodu šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°
- Obr. 22: Rozměrové požadavky vzorků pro metodu paření v parní komoře a metodu ponoření do vody
- Obr. 23: Graf změny teploty v rámci dnů

- Obr. 24: Graf změny vlhkosti v rámci dnů
- Obr. 25: Měření vlhkosti a teploty v prostoru myčky nádobí pomocí dataloggeru
- Obr. 26, 27: Měření vlhkosti a teploty v prostoru koupelny pomocí dataloggeru
- Obr. 28: Meteorologická stanice
- Obr. 29: Graf průměrných denních teplot
- Obr. 30: Graf maximálních denních teplot
- Obr. 31: Graf znázorňující průběh vlhkosti a teploty v klimatizační komoře)
- Obr. 32, 33: Umístění vzorku do speciálního agregátu, zdokumentování vzorku po zkoušce
- Obr. 34, 35: Umístění vzorku do speciálního agregátu, zdokumentování vzorku po zkoušce
- Obr. 36, 37: Vzorky ponořené do vody na dobu 8 hodin
- Obr. 38: Ukázka grafického výstupu zkoušky při teplotě 80 °C a vlhkosti 70 %
- Obr. 39: Ukázka grafického výstupu zkoušky při teplotě 35 °C a vlhkosti 70 %
- Obr. 40: Šikmý tlakový smyk pod úhlem 45°
- Obr. 41: Krabicový graf pro hodnoty v lepené spáře při zkoušce šikmý tlakový smyk, vzorky zatěžovány vlhkostí
- Obr. 42: Krabicový graf pro hodnoty v lepené spáře při zkoušce šikmý tlakový smyk, vzorky zatěžovány vlhkostí
- Obr. 43: Graf ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°
- Obr. 44: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°
- Obr. 45: Tukeyův HSD test pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody šikmého tlakového smyku pod úhlem 45°
- Obr. 46: Krabicový graf pro hodnoty v lepené spáře při zkoušce odlup 90°, vzorky zatěžovány vlhkostí
- Obr. 47: Graf ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90°
- Obr. 48: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90°

Obr. 49: Tukeyův HSD test pro hodnoty napětí v lepené spáře při využití metody odlupu 90°

Obr. 50: Změny na olepených DTD deskách po 40 minutách působení extrémních podmínek (vrchní deska olepena pomocí tavného EVA lepidla, spodní deska olepena pomocí tavného PUR lepidla)

Obr. 51, 52: Působení extrémních podmínek po dobu 4 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené EVA tavným lepidlem

Obr. 53, 54: Působení extrémních podmínek po dobu 4 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené PUR tavným lepidlem

Obr. 55: Působení extrémních podmínek po dobu 8 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené EVA tavným lepidlem

Obr. 56: Působení extrémních podmínek po dobu 8 hodin a deformace vzniklé na DTD olepené PUR tavným lepidlem

Obr. 57: Změny na olepených DTD deskách po 11 hodinách a 30 minutách působení extrémních podmínek (vrchní deska olepena pomocí tavného EVA lepidla, spodní deska olepena pomocí tavného PUR lepidla)

Obr. 58: Změna na vzorku DTD-L olepeného pomocí tavného EVA lepidla po 8 hodinách máčení ve vodě

Obr. 59: Změna na vzorku DTD-L olepeného pomocí tavného PUR lepidla po 8 hodinách máčení ve vodě

Obr. 60: Šikmý tlakový smyk – zatížení

Obr. 61: Šikmý tlakový smyk – napětí

Obr. 62: Zatížení ve spáře – odlup 90°

Obr. 63: Vzorek s využitím tavného EVA lepidla po ukončení zkoušky

Obr. 64: ABS hrany se stopami EVA tavného lepidla a třískami uvolněnými z DTD-L po ukončení zkoušky

Obr. 65: Vzorek s využitím tavného PUR lepidla po ukončení zkoušky

Obr. 66, 67: ABS hrana se stopou PUR tavného lepidla a třískami uvolněnými z DTD-L po působení horké žárovky na ABS hranu (zbytek ABS hrany bez známek lepidla).

Obr. 68: Vzorek DTD-L olepen pomocí tavného EVA lepidla po vyjmutí z akvária s vodou

Obr. 69: Rozměrová změna na DTD-L s využitím tavného EVA lepidla po 8 hodinách máčení ve vodě

Obr. 70: Vzorek DTD-L olepen pomocí tavného EVA lepidla po vyjmutí z akvária s vodou

Obr. 71: Nabobtnání DTD-L s využitím tavného PUR lepidla v oblasti mikrotrhliny po působení vody po dobu 8 hodin

Obr. 72: Šikmý tlakový smyk

Obr. 73: Zatížení ve spáře – metoda odlup 90°

14. SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Parametry trhačícího stroje INSTRON 3365

Tab. 2: Parametry klimatizační komory Memmert HPP 108

Tab. 3: Parametry dataloggeru Testo 174H

Tab. 4 Parametry parní komory Siemens HB 36 D570

Tab. 5: Experimentálně naměřené hodnoty v domácnosti

Tab. 6: Porovnání hodnot ČHMÚ s experimentálně naměřenými daty

Tab. 7: Hodnoty zatížení v lepené spáře

Tab. 8: Hodnoty pevnosti v lepené spáře - napětí τ

Tab. 9: Průměrná tahová zatížení

Tab. 10: Statistika pro šikmý tlakový smyk pod úhlem 45° hodnoty napětí [MPa]

Tab. 11: Statistika pro odlup pod úhlem 90°

15. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Experimentální data naměřená v interiéru

Příloha č. 2 – Data získaná z Českého hydrometeorologického ústavu (oblast Vatín)

Příloha č. 3 – Experimentální data naměřená v exteriéru (oblast Vatín)

Příloha č. 4 – Průběh zkoušky (chování vzorků)

Příloha č. 5 – Technický list lepidla PUR 607.40/41/43

Příloha č. 6 – Technický list lepidla ZikaSchmelzkleberpatronen 1587

Příloha č. 7 – Šikmý tlakový smyk pod úhlem 45° (70 °C, 70 %)

Příloha č. 8 – Odlupování pod úhlem 90° (70 °C, 70 %)