

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



Bakalářská práce

**Vliv tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje
PVAC lepidly**

Jiří Fáber

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Fáber Jiří

Dřevařství

Název práce

Vliv tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje PVAC lepidly

Anglický název

Influence of the thickness of the bonded joints on strengths of PVAC adhesives bond

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je posoudit vliv tloušťky lepeného spoje na pevnost a vodovzdornost u PVAC disperzí.

Metodika

Na základě rozboru literatury zpracovat literární rešerši na dané téma. Zhotovit vzorky dle ČSN EN 204 a ČSN EN 205 a provést příslušná měření. Zpracování výsledků a stanovení závěrů.

Harmonogram zpracování

1. Zadání práce: 2/2013
2. Příprava informačních zdrojů: 7/2013
3. Terénní průzkum: 8/2013 - 10/2013
4. Tvorba finálního dokumentu diplomové práce: 12/2013 - 3/2014
5. Odevzdání diplomové práce: 20. 4. 2014



Rozsah textové části

30-40 stran textu; 15-20 stran příloh

Klíčová slova

PVAC disperze, tloušťka lepeného spoje, pevnost,

Doporučené zdroje informací

Mleziva J.: Polymery, struktura, vlastnosti a použití, Sobotáles 2000
Liptáková S., Sedláčik M.: Chemia a aplikácia pomocných látok v drevarskom priemysle, Alfa 1989
Sedláčik M., Sedláčik J.: Chemické látky v drevarskom priemysle, Skripta TU Zvolen, 1998
Juran J.M., Gryna F.M.: Juran's Quality Control Handbook McGraw-Hill, 1998
Lewis G.R., Smizh, D.H.: Total Quality in Higher Education, St. Lucie Press, 1995
ISO 9000: 2000 Výklad ČSNI 1999
Komentované vydání souboru revidovaných norem ISO 9000

Vedoucí práce

Bomba Jan, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2014



doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan fakulty

V Praze dne 31.7.2013

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje PVAC lepidly“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Bomby Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 30. 4. 2014

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval především Ing. Janu Bombovi Ph.D., za pomoc a trpělivost při vedení této práce.

Abstrakt

Hlavním cílem této práce je prakticky otestovat PVAC lepidla, která jsou využívána především ve stavebním truhlářství a výrobě nábytku. V první části práce je popsáno vlastní lepení dřeva, rozdělení lepidel a hlavní charakteristiky PVAC lepidel. V praktické části práce bylo zjišťováno, zda tloušťka lepeného spoje nějak ovlivňuje jeho pevnost. Pro vlastní zkoušku byla použita dvě PVAC lepidla: jedno třídy D3 a druhé třídy D4. Při přípravě zkušebních těles a jejich testování bylo vycházeno z norem ČSN EN 204 a ČSN EN 205.

Klíčová slova

PVAC disperze, tloušťka lepeného spoje, pevnost lepeného spoje

Abstract

The main goal of this bachelor thesis is to empirically test certain PVAC adhesives, that are used primarily in construction carpentry and furniture manufacture. First the use of PVAC adhesives is described, its differentiations and characteristics. In the essential part are then two types of PVAC adhesives tested in terms of whether there is a dependence between thickness of the adhesive joint and its solidity. Two kinds of adhesives were used for the testing itself, one of class D3 and one of class D4. For the preparation of test specimens and their testing the ČSN EN 204 and ČSN EN 205 norms were applied.

Key words

PVAC dispersal, thickness of an adhesive joint, solidity of an adhesive joint

Obsah

1	Úvod	3
2	Cíl práce	4
3	Literární rešerše	5
3.1	Lepení dřeva	5
3.2	Lepidla na dřevo	6
3.2.1	Rozdělení lepidel na dřevo	6
3.2.2	Syntetická lepidla	7
3.3	Polyvinylacetátová lepidla	8
3.4	Pevnost lepených spojů	9
3.4.1	Tloušťka nánosu lepidla	10
3.4.2	Vliv tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje	10
4	Metodika	12
4.1	Norma ČSN EN 204	12
4.1.1	Předmět normy	12
4.1.2	Klasifikace	13
4.1.3	Požadavky na pevnost lepených spojů pro zařazení do tříd trvanlivosti	13
4.2	Norma ČSN EN 205	14
4.2.1	Předmět normy ČSN EN 205	15
4.2.2	Postup při přípravě zkušebních těles	15
4.2.3	Smyková zkouška tahem	15
4.3	Zkušební tělesa	16
4.3.1	Příprava lepených sestav	16
4.3.2	Příprava zkušebních těles	17
4.4	Použitá lepidla	17
4.5	Vlastní měření pevnosti v tahu	18
4.5.1	Zkušební zařízení	18
4.5.2	Průběh zkoušky	19
5	Výsledky	21
5.1	Vyhodnocení pevnosti lepené spáry u zkoušky č. 1	22
5.1.1	Vyhodnocení analýzy rozptylu pro faktor tloušťka lepené spáry a třída odolnosti u zkoušky č. 1	23
5.2	Vyhodnocení pevnosti lepené spáry u zkoušky č. 3	23
5.2.1	Vyhodnocení analýzy rozptylu pro faktor tloušťka lepené spáry a třída odolnosti u zkoušky č. 3	24
5.3	Vyhodnocení pevnosti lepené spáry u zkoušky č. 4 a č. 5	25
5.3.1	Vyhodnocení analýzy rozptylu pro faktor tloušťka lepené spáry a třída odolnosti u zkoušek č. 4 a č. 5	26
6	Diskuze	27
7	Závěr	29
8	Seznam použitých zdrojů	30
9	Přílohy	32

Seznam obrázků

Obrázek 1: Závislost pevnosti lepeného spoje na tloušťce lepené spáry	10
Obrázek 2: Měřicí zařízení	19
Obrázek 3: Porušení spoje v materiálu	20
Obrázek 4: Porušení spoje v lepidle	20

Seznam tabulek

Tabulka 1: Popis tříd trvanlivosti	13
Tabulka 2: Minimální hodnoty pevnosti tenkých slepů	14
Tabulka 3: Porovnání vlastností použitých lepidel	19
Tabulka 4: Zjištěné stat. charakteristiky pro výběrový soubor vzorků lepidla D3	23
Tabulka 5: Zjištěné stat. charakteristiky pro výběrový soubor vzorků lepidla D4	23

Seznam grafů

Graf 1: Vyhodnocení vlastností při zkoušce č. 1	22
Graf 2: Vyhodnocení vlastností při zkoušce č. 3	24
Graf 3: Vyhodnocení vlastností při zkouškách č. 4 a č. 5	25

1 Úvod

Využití lepidel sahá hluboko do historie lidstva. Již v dobách Babylonské říše, tedy 4000 let př. n. l., se v hojné míře používaly živice, přírodní pojiva rostlinného či živočišného původu. Postupem času lepidla pronikla do většiny výrobních odvětví. Ve dvacátém století došlo k prudkému rozvoji chemického průmyslu a tím i k vývoji syntetických lepidel. Syntetická lepidla díky schopnostem slepit velké množství nejrůznějších materiálů jsou používána ve strojírenském, automobilovém, leteckém, dřevařském průmyslu i dalších odvětvích.

V dřevařském průmyslu mají lepidla největší zastoupení při výrobě nových materiálů na bázi dřeva. Díky lepidlům se mohou efektivněji využívat materiály, které dříve byly považovány za odpad. Správně zvolený druh lepidla dokáže pozitivně ovlivnit výsledné vlastnosti lepeného materiálu nebo konstrukce. Použití lepidla je také výhodné v tom, že může spojovat i tenké materiály, spoje jsou těsné a odolné proti plísním a korozi, ve velké míře se tím i v neposlední řadě snižují výrobní náklady.

Ačkoliv má lepení mnoho výhod, existují zde i negativní aspekty. Hlavní nevýhodou je, že většina lepidel je málo odolná proti zvýšení teploty, které pak následně snižuje pevnost lepeného spoje. Použití lepidel nejen v dřevařství se nicméně neustále vyvíjí, a jelikož jsou moderní lepidla celkem mladou technologií, jejich použití bude s dalším vývojem získávat stále větší význam.

2 Cíl práce

Cílem této práce je posoudit vliv tloušťky lepeného spoje na pevnost a vodovzdornost u PVAC disperzí. Dále z naměřených a vypočítaných hodnot zjistit, zda zkoušená lepidla můžeme zařadit podle třídy trvanlivosti, kterou udává jejich výrobce. Při zjišťování vlivu tloušťky lepeného spoje na pevnost lepeného spoje pak posoudit, která tloušťka lepeného spoje má nejlepší vlastnosti.

3 Literární rešerše

3.1 Lepení dřeva

Dřevo jako konstrukční materiál je používáno od nepaměti. Postupným zdokonalováním technologií pro opracování dřeva začaly vznikat i vyšší požadavky pro jeho spojování. K lepení dřeva se z počátku používaly přírodní lepidla živočišného nebo rostlinného původu. Největší rozvoj lepidel pak přišel ve dvacátém století, kdy s pomocí chemického průmyslu došlo k vývoji nových syntetických lepidel, která jsou již úzce specializovaná. Lepidla na dřevo vychází ze specifických vlastností dřevěného materiálu. (Pokorný, 2000)

Nejdůležitější vlastnosti dřeva určují především jeho hlavní složky, tj. celulóza, hemicelulóza a lignin. Kromě těchto složek dřevo obsahuje také doprovodné látky, např. přírodní pryskyřice, minerální soli, vosky, bílkoviny. Dřevo se vyznačuje tím, že je jako materiál nehomogenní, porézní, nasákavé a objemově nestabilní. Další vlastností dřeva, kterou je nutné při lepení zohlednit, je rovnovážná vlhkost, která odpovídá koncentraci vodních par obsažených v prostředí, kde je materiál uložen. Velikost rovnovážné vlhkosti má vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva. Pro lepení je ideální vlhkost dřeva 8-10 %. (Osten, 1975)

Kvalita lepených spojů masivního dřeva záleží z velké části na způsobu opracování povrchu slepovaných materiálů. Pro zajištění co největší pevnosti lepeného spoje je důležité, aby lepené povrchy byly co nejhladší. Povrch se upravuje hoblováním, frézováním, nebo broušením. Dalším faktorem, který může ovlivnit výslednou pevnost při lepení, je orientace vláken v daných materiálech vůči sobě. Při lepení masivního dřeva se rozlišují čtyři možnosti spoje:

- Spoj tupý (čelní)
- Spoj příčný (přes letokruhy)
- Spoj hvězdicový (letokruhy jdou šikmo a jsou navzájem překřížené)
- Spoj rovnoběžný

Podle růstové struktury dřeva bylo zjištěno, že nejvyšší pevnosti dosahují spoje s rovnoběžným a hvězdicovým uspořádáním. Menší pevnost bývá docílena u spojů tupého a příčného. Pevnost spoje však neovlivňuje jen způsob spojení, ale i velikost lepené plochy. Všeobecně platí, že čím je lepená plocha větší, tím je lepený spoj pevnější. Proto se lepené spoje konstrukčně upravují pomocí kolíků, lamel, či ozubů. (Osten, 1975; Brockmann et al., 2009)

3.2 Lepidla na dřevo

Lepidla jsou důležitým pomocným materiálem v dřevařském průmyslu. Vhodné použití lepidel významně přispívá ke zvýšení kvality výrobků. Rozdělení lepidel na dřevo je uvedeno v následující kapitole. (Sedliačik a Sedliačik, 1998)

3.2.1 Rozdělení lepidel na dřevo

Lepidla na dřevo můžeme rozdělit podle několika hledisek:

- Podle původu (živočišná, rostlinná, minerální, syntetická)
- Podle charakteru po vytvrnutí (vratná, nevratná)
- Podle formy a skupenství (kapalná, prášková, fólie)
- Podle vodovzdornosti (vysokovodovzdorná, vodovzdorná, nevodovzdorná)
- Podle použité teploty (aplikovaná za studena, aplikovaná za tepla, aplikovaná za horka)
- Podle způsobu dosažení pevnosti spoje (odpařením a oddifundováním rozpouštědla, chemickou reakcí, změnou teploty, nebo tlakem)

(Liptáková a Sedliačik, 1989)

3.2.2 Syntetická lepidla

Syntetická lepidla tvoří nejvýznamnější skupinu lepidel v dřevařském průmyslu. Od roku 1930 stále více nahrazují lepidla z přírodních surovin a stále více se uplatňují i tam, kde dříve použití lepidel nebylo možné. Syntetická lepidla mají oproti lepidlům z přírodních surovin lepší pevnost lepeného spoje, lepší tepelnou a chemickou odolnost. Syntetická lepidla se rozdělují podle kritérií popsanych v předchozí kapitole. Dále je možné je třídit podle stavby makromolekul na termoreaktivní a termoplastická. (Liptáková a Sedliačik, 1989)

3.2.2.1 Termoreaktivní lepidla

Termoreaktivní lepidla (termosety) mají zesíťované molekuly, jsou proto netavitelná a nerozpustná. Do této skupiny lepidel patří:

- Močovinoformaldehydová lepidla
- Melaminformaldehydová lepidla
- Fenolformaldehydová lepidla
- Rezorcinoformaldehydová lepidla
- Epoxidová lepidla
- Izokyanátová lepidla
- Polyesterová lepidla

(Sedliačik a Sedliačik, 1998)

3.2.2.2 Termoplastická lepidla

Termoplastická lepidla je možné zahřátím přivést do plastického stavu (jsou plastifikovatelná). Oproti termoreaktivním lepidlům jsou rozpustná v některých organických rozpouštědlech a mají malou tepelnou odolnost. Používají se ve formě roztoků v organických rozpouštědlech, některé ve formě vodních emulzí. Do této skupiny patří:

- Tavná lepidla
- Kaučuková lepidla
- Polyvinylchloridová lepidla
- Polyvinylacetátová lepidla

(Sedliačik a Sedliačik, 1998)

3.3 Polyvinylacetátová lepidla

Polyvinylacetátová lepidla (zkráceně PVAC) se připravují z acetylenu a kyseliny octové za přítomnosti rtuťnatých solí. Vinylacetát je bezbarvá tekutina štiplavého zápachu, která má teplotu varu 73°C. Z vinylacetátu se disperzním způsobem ve vodní suspenzi připravuje polymer PVAC. Někteří výrobci proto uvádějí místo PVAC lepidel název disperzní lepidla (Sedliačik a Sedliačik, 1998; Skeist, 1962).

PVAC lepidla se vyznačují dobrou afinitou ke dřevu vzhledem k jejich polárním charakteru a umožňují velmi pevné a pružné spoje. Pružnost spoje je možné ještě zlepšit pomocí plastifikátorů, mezi které patří dibutylftalát, nebo trikrezylfosfát. Plastifikátory jsou však oproti PVAC lepidlům fyziologicky škodlivé látky, proto se jich přidává k disperzi do 5 %. (Liptáková a Sedliačik, 1989)

Vytvrzování PVAC lepidel probíhá fyzikálně, kdy dřevo odebírá postupně z PVAC lepidla vodu a tak se na jeho povrchu vytváří souvislý film. PVAC lepidla jsou nehořlavá, odolná proti mikroorganismům a mají průhledný bezbarvý spoj. Odolnost proti vodě u těchto lepidel je malá. (Sedliačik a Sedliačik, 1998)

PVAC lepidla lze dělit na jednosložková a dvousložková. Na rozdíl od jednosložkových lepidel, která obsahují tvrdidlo přímo v lepící směsi, se do dvousložkových tvrdidlo přidává až těsně před použitím lepidla.

Dvousložková PVAC lepidla se díky použitým tvrdidlům používají převážně v prostředí se zvýšenou vlhkostí. Dosažená vodovzdornost je však v porovnání např. s fenolformaldehydovými lepidly stále nízká. Při aplikaci nejsou PVAC lepidla tak závislá na přesnosti opracování lepených ploch a nános lepidla se pohybuje v rozmezí 100-400 g.m⁻². Plnicí způsobilost lepidel není velká a nadbytek PVAC lepidla má nepříznivý vliv na pevnost spoje. Optimální tloušťka nánosů by tak neměla přesáhnout 0,2 mm. Otevřený čas se pohybuje okolo 3 – 5 -ti minut a je limitován tvorbou zaschnutého filmu na povrchu, který zabraňuje spojení s druhou plochou lepeného materiálu. (Liptáková a Sedliačik, 1989)

Čas lisování je u PVAC lepidel podstatně kratší, při pokojové teplotě se pohybuje v rozmezí od 5 do 30 minut, v závislosti na druhu použitého sortimentu. Při vytvrzování na optimální pevnost je čas vytvrzování také zkrácený a optimální hodnoty je dosaženo již po 60 – 90 minutách. Lisovací čas se dá dále výrazně zkrátit použitím vyhřívacích plechů vyhřátých na teplotu 60 – 90 °C. Lepený spoj PVAC lepidel se vyznačuje dobrou pevností ve smyku, ale při zvýšené teplotě vykazuje pokles pevnosti, protože patří do skupiny termoplastických lepidel (Sedliačik a Sedliačik 1998).

3.4 Pevnost lepených spojů

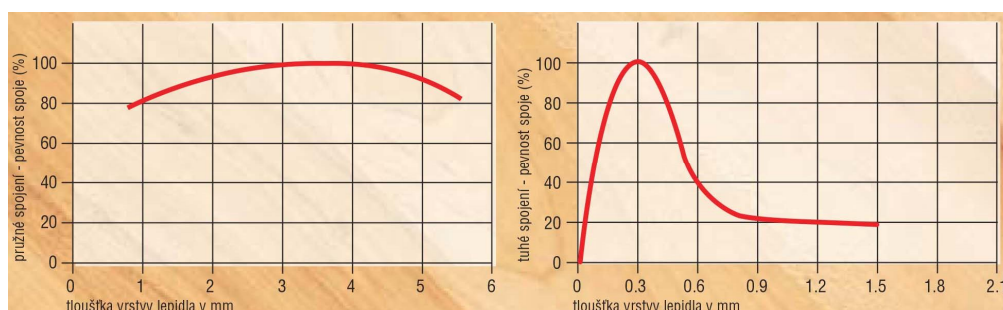
Lepidla pro nekonstrukční aplikace musí splňovat podmínky, které udává norma ČSN EN 204, kdy minimální pevnost při tahovém namáhání v normálním prostředí nesmí být menší než 10 MPa. Pevnost lepených spojů je závislá na prostředí, ve kterém se lepený spoj nachází. Největší vliv na pevnost lepeného spoje má působení vlhkosti okolí. U termoplastických lepidel může pevnost lepeného spoje negativně ovlivnit i zvýšená teplota. Další faktor, který ovlivňuje vlastnosti lepeného spoje, je tloušťka nánosů lepidla.

3.4.1 Tloušťka nánosu lepidla

Množství naneseného lepidla v určité míře ovlivňuje vlastnosti lepeného spoje. Tloušťka nánosu by neměla převyšovat 0,2 mm, jelikož nadbytek lepidla má nepříznivý vliv na pevnost spoje. Při vytvrzování dochází k odpařování rozpouštědel, které při velkém nánosu porušují strukturu spoje a tím mohou ovlivnit i pevnost spoje. (Liptáková a Sedláčik 1989; Cagle, 1973)

3.4.2 Vliv tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje

Zda má tloušťka lepené spáry vliv na pevnost lepeného spoje zjišťovala firma SIKA CZ u polyuretanového lepidla SikaBond. Z výsledků měření vyplývá, že lepidlo dosahovalo stejné pevnosti lepeného spoje při tloušťkách lepené spáry 1 mm i 5 mm. Tento výsledek byl odůvodněn tím, že se jednalo o pružné lepidlo. Při zkoušce u nepružného lepidla byla pevnost lepeného spoje na tloušťce lepené spáry závislá. Čím byla tloušťka lepené spáry větší, tím klesala pevnost lepeného spoje. Výsledné závislosti je možné vidět na obrázku č. 1 (Sika CZ, 2004).



Obrázek 1: Závislost pevnosti lepeného spoje na tloušťce lepené spáry (Sika CZ 2004)

Problému pevnosti lepeného spoje v závislosti na tloušťce lepené spáry se věnují také Mall s Ramamurthym v publikovaném článku „Effect of Bond Thickness on Fracture and Fatigue Strength of Adhesively Bonded Composite Joints.“ Pomocí epoxidového lepidla slepují kovové vzorky. Pracují se třemi tloušťkami lepené spáry (0,102; 0,254; 0,508 mm), u kterých zjišťují při statickém zatěžování jejich chování v lomu a únavovou pevnost. Z jejich výsledků vyplývá, že při tloušťce 0,508 mm dochází ke zvýšené tvorbě lomových trhlin. Bylo však zjištěno, že v porovnání s menšími tloušťkami lepené spáry byla odolnost proti únavě při pomalém odlepování téměř shodná. (Mall a Ramamurthy, 1989)

S problematikou lepení kovů pracuje i Brožek, který ve své práci „Vliv tloušťky vrstvy lepidla na pevnost lepeného spoje“ pracuje se sekundovými lepidly. Pro sedm různých lepidel zjišťuje, jak se změní pevnost lepeného spoje v závislosti na tloušťce lepené vrstvy. Pro každé lepidlo testuje pět různých tlouštěk (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 mm). Z jeho výsledků vyplývá, že maximální pevnost spoje je pro každé lepidlo rozdílná, protože se pohybuje od 14 do 28 MPa a nelze přesně definovat optimální tloušťku lepeného spoje, která by platila pro všechna sekundová lepidla zároveň. Na druhou stranu bylo možné konstatovat, že největších pevností bylo dosaženo ve spáře v rozmezí 0,05-0,15 mm (Brožek, 2003).

4 Metodika

Při zjišťování vlivu tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje u PVAC lepidel byly použity normy ČSN EN 204 a ČSN EN 205. Podle těchto norem bylo postupováno při výrobě zkušebních těles, stanovení pevnosti a klasifikaci lepidel.

Pro zkoušku byla použita dvě lepidla: Jednosložkové třídy D3 a dvousložkové třídy D4. Pro každé lepidlo se zkoušely vzorky, které měly tři rozdílné hodnoty tloušťky lepené spáry. Jednotlivé tloušťky spáry byly: tenká (0,1 mm), střední (0,3 mm) a tlustá (0,5 mm). Větší tloušťky lepené spáry bylo dosaženo tím, že se při přípravě lepených sestav do jedné desky vyfrézovaly drážky o dané hodnotě. Ze slepených sestav se řezaly zkušební tělesa o rozměrech $(150 \pm 5) \times (20 \pm 0,2)$.

Vyrobená zkušební tělesa byla kondicionována 7 dní podle ČSN EN 205 a následně vložena do prostředí, které udává ČSN EN 204. Po vyjmutí zkušebních vzorků ze stanoveného prostředí byly vzorky zkoušeny na trhacím stroji na smykové namáhání tahem podle normy ČSN EN 205. Podle reálné pevnosti lepených spojů bylo zjišťováno, zda lepidla vyhovují dané třídě trvanlivosti. U vyšší tloušťky lepené spáry se zjišťovalo, zda také vyhoví dané třídě trvanlivosti a jaký má vliv na pevnost lepeného spoje.

4.1 Norma ČSN EN 204

Norma ČSN EN 204 klasifikuje termoplastická lepidla do čtyř tříd, podle použití při různých klimatických podmínkách.

4.1.1 Předmět normy

Předmětem normy ČSN EN 204 je zařazení termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace do tříd trvanlivosti D1 až D4. „Klasifikace je založena na namáhání slepů za sucha i za mokra.“ (ČSN EN 204, 2001, s. 6) Pro měření jsou předepsány přesně dané podmínky podle způsobu kondicionování. Lepidla zařazená do tříd trvanlivosti podle této normy je možné používat pro lepení nábytku, dveří, oken, schodů, a dalších výrobků ze dřeva, nebo z dřevitých materiálů. Tato norma se nezabývá teplotní odolností slepu. (ČSN EN 204, 2001)

4.1.2 Klasifikace

Lepidla jsou rozdělena do tříd trvanlivostí podle toho, pro které prostředí je slepený díl určen. Klasifikace vychází ze zkoušek na tenkých vrstvách slepu. Jednotlivé třídy trvanlivosti jsou popsány v tabulce 1.

Tabulka 1: Popis tříd trvanlivosti

Třída trvanlivosti	Příklady klimatických podmínek a oblastí použití
D1	Interiér, kde vlhkost dřeva nepřekročí 15 %
D2	Interiér s příležitostným krátkodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody anebo občasnou vysokou vlhkostí vzduchu za předpokladu, že nárůst vlhkosti nepřesáhne 18 %
D3	Interiér s častým krátkodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody, anebo působením vysoké vlhkosti vzduchu. Exteriér chráněný před působením povětrnosti.
D4	Interiér s častým dlouhodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody. Exteriér vystavený povětrnosti, avšak opatřený přiměřenou povrchovou ochranou.

Zdroj: ČSN EN 204

4.1.3 Požadavky na pevnost lepených spojů pro zařazení do tříd trvanlivosti

Aby bylo možné lepidla klasifikovat podle tříd trvanlivosti, musí splnit následující požadavky na pevnost slepu. Hodnocení vychází z normy ČSN EN 205, kdy střední hodnota pevnosti slepu tenké vrstvy musí odpovídat hodnotám podle tabulky 2 a pro silnou vrstvu nesmí být nižší než 80 % z hodnot uvedených v tabulce 2.

Tabulka 2: Minimální hodnoty pevnosti tenkých slepů

Střídání podmínek		Pevnost slepu v N/mm ² Třídy trvanlivosti			
Číslo	Doba expozice a typ prostředí	D1	D2	D3	D4
1	7 dní, normální	≥10	≥10	≥10	≥10
2	7 dní , normální 3 hodiny, ve vodě (20 ±5) °C 7 dní, normální	-	≥8	-	-
3	7 dní, normální 4 dny, ve vodě (20 ±5) °C	-	-	≥2	≥4
4	7 dní , normální 4 dny, ve vodě (20 ±5) °C 7 dní , normální	-	-	≥8	-
5	7 dní , normální 6 hodin, ve vařící vodě 2 hodiny, ve vodě (20 ±5) °C	-	-	-	≥4

Zdroj: ČSN EN 204

Normálním typem prostředí pro účely provedení zkoušky je myšleno prostředí o teplotě (20 ± 2)°C a relativní vlhkosti (65 ± 5) %, nebo (23 ± 2)°C a (50 ± 5) % relativní vlhkosti.

4.2 Norma ČSN EN 205

Úplné znění názvu této normy, která určuje postup při zjišťování pevnosti lepeného spoje, je ČSN EN 205- Lepidla-Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace- Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání. Tato norma je důležitá pro zjišťování pevnosti slepu a následné zařazení lepidel do tříd trvanlivosti.

4.2.1 Předmět normy ČSN EN 205

Tato norma popisuje postup pro stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání. Podle této normy je možné zkoušet pevnost tenké i silné vrstvy slepu, ale není vhodná k testování lepidla pro konstrukční aplikace a lepidla pro výrobu dřevotřísky, vláknitých desek a překližek (ČSN EN 205, 2003).

4.2.2 Postup při přípravě zkušebních těles

Z bukového dřeva o nominální hustotě (700 ± 50) kg.m⁻³ se připravují panely, které se řezou na tloušťku (5 ± 1) mm a délku rovnající se násobku 300 mm s vůlí ponechanou pro prořez. Pro účely zkoušky se k sobě lepí vždy dva panely.

Při přípravě zkušebních těles se podél vláken ze slepených panelů vyřezou jednotlivá tělesa o šířce $(20 \pm 0,2)$ mm a délce (150 ± 5) mm. V každém zkušebním tělesu se následně provedou 2 výřezy kolmo ke směru vláken, které vytvoří přelep o délce $(10 \pm 0,2)$ mm, který je umístěn ve střední části zkušebního tělesa. Kolmé řezy musí oddělit jednotlivé vrstvy dřeva a proříznout lepidlo, ale neměly by proniknout do druhé části spoje (ČSN EN 205, 2003).

4.2.3 Smyková zkouška tahem

Jednotlivá zkušební tělesa se zkoušejí v tahovém zkušebním stroji. Konce těles se uchytí do čelistí zkušebního stroje tak, aby síla působila rovnoměrně v celé rovině slepu. Zkušební tělesa se zatěžují do doby, než dojde k porušení slepu. Pro účel zkoušky se zaznamenává nejvyšší vynaložená síla na přetržení F_{max} , v Newtonech. Při zkoušce lepidel z termoplastů se rychlost posuvu pohybuje přibližně 50 mm/min. (ČSN EN 205, 2003)

Z naměřených hodnot se pomocí rovnice vyjadřuje pevnost lepeného spoje τ , v Newtonech na milimetr čtvereční (N/mm²), nebo v megapascalích (MPa).

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{l_2 \cdot b}$$

Kde: F_{max} je největší vynaložená síla v Newtonech (N)

A slepená zkušební plocha v milimetrech čtverečních (mm²)

l_2 délka slepené zkušební plochy v milimetrech (mm)

b šířka slepené zkušební plochy v milimetrech (mm)

4.3 Zkušební tělesa

Při přípravě zkušebních těles bylo postupováno podle normy ČSN EN 205. Pro každé měření bylo připraveno minimálně 12 vzorků.

4.3.1 Příprava lepených sestav

Z nenapařených kondicionovaných desek z bukového dřeva (*Fagus sylvatica L.*) s rovnými vlákny o nominální hustotě (700 ± 50) kg/m³ a obsahem vlhkosti (12 ± 1) % byly připraveny testovací panely. Norma ČSN EN 205 udává šířku panelů 130 mm a délku rovnající se násobkům 300 mm. V podmínkách, které byly poskytnuty Českou zemědělskou univerzitou v Praze, tj. v truhlárně, nebylo možné použití materiálu odpovídající šíře, proto byly panely vyrobeny o šířce (50 ± 5) mm, délce (500 ± 10) mm a tloušťce (8 ± 0,5) mm. Nařezané panely byly 7 dní kondicionovány při teplotě (20 ± 2) °C a (65 ± 5) % relativní vlhkosti.

Před lepením sestav byly panely ohoblovány na tloušťku (5 ± 0,1) mm. Do dvanácti panelů bylo vyfrézováno po třech drážkách o hloubce 0,3 mm a šířce (12 ± 1) mm, do dalších dvanácti panelů bylo vyfrézováno po třech drážkách o hloubce 0,5 mm a šířce (12 ± 1) mm. Jednotlivé drážky byly umístěny tak, aby se při výrobě zkušebních vzorků nacházely v místě přelepu. Na panel s drážkami bylo nanášeno dostatečné množství lepidla tak, aby plně vyplnilo drážky a při stlačení panelem bez drážek bylo přebytečné lepidlo vytlačeno. Na lepenou sestavu bylo působeno tlakem 3-5 kg/cm² dle pokynů výrobce lepidla po dobu minimálně 24 hodin. Po stlačení a před řezáním se sestava kondicionovala minimálně 7 dní ve standardním prostředí.

4.3.2 Příprava zkušebních těles

Z každé slepené sestavy byly podél vláken vyříznuty dva proužky o šířce $b = (20 \pm 0,2)$ mm, přičemž byly odstraněny plochy až do vzdálenosti 7,5 mm od vnějších podélných okrajů. Z těchto proužků byla nařezána zkušební tělesa o délce $l_1 = (150 \pm 5)$ mm. Ve slepených oblastech byly provedeny ploché výřezy kolmo ke směru vláken tak, aby lepený spoj o délce $l_2 = (10 \pm 0,2)$ mm byl umístěn mezi nimi. Výřezy měly oddělit vrstvy dřeva a bylo dbáno na to, aby řez zcela prořízl vrstvu lepidla, ale pouze nepatrně pronikl do druhé části spoje. Jednotlivé vzorky byly označeny podle druhu lepidla a podle tloušťky lepené spáry.

4.4 Použitá lepidla

Pro účely zkoušky byla použita dvě různá PVAC lepidla. Prvním bylo lepidlo ze třídy D4 PROTOVIL VP244/2C od italské firmy Collanti Concorde, druhým lepidlo ze třídy D3 Rhenocoll Propellerleim 3W, 4B Plus od německé firmy Rhenocoll.

PROTOVIL VP244/2C je lepidlo na bázi syntetických pryskyřic ve vodní disperzi, se schopnostmi speciálně vyvinutými pro vodě odolné lepení. Před použitím lepidla je nutné přidat 5% katalyzátoru CTZ A20. Lepidlo se používá k lepení vícevrstevných parket, oken, dveří, částí koupelnového nábytku, dřeva umístěného v tropickém prostředí, sektorových kuchyní a jejich částí jako jsou pracovní desky, dvířka, police atd., a všude tam, kde je potřeba odolnost proti vodě. Lepidlo splňuje normu DIN EN 204/205.

Rhenocoll Propellerleim 3W, 4B Plus je jednosložkové polyvinylacetátové lepidlo na dřevo s vestavěným tvrdidlem, použitelné za tepla i za studena. Lepidlo je díky výborné spojovací síle určeno pro výrobu oken a domovních dveří, různých stavebních prvků, a pro vnější práce. Používá se pro lepení tvrdých i měkkých dřevin, exotických dřevin, překližek, dých a pro lepení rohových ploch a různých namáhaných ploch. Pro zpracování na nanášecích strojích může být dodáno nastavení s viskózně upravenou konzistencí s označením M10. Lepidlo splňuje normu DIN EN 205/D3 pro jednosložková lepidla. Lepidlo je mrazuvzdorné do -30 °C, ale je nutné ho chránit před trvalým působením mrazu.

Tabulka 3: Porovnání vlastností použitých lepidel

	PROTOVIL VP 244/2C	RhenocolPrpellerleim 3W, 4B Plus
Viskozita při 20°C dle RVT Brookfielda	18 000 ± 4 000 mPAs	9 000-15 000 mPas
Doporučený nános	150-300 g/m ²	120-150 g/m ²
Teplota prostředí a materiálu	18-20 °C	15-20 °C
Vlhkost dřeva	8-12 %	10-12 %
Otevřená doba při 20°C	5 min	5-8 min (dle teploty v místnosti)
Doba úplné pevnosti spoje	24 hodin	24 hodin
Tlak při lepení	3-5 kg/cm ²	2-5 kg/cm ²

4.5 Vlastní měření pevnosti v tahu

Zjišťování pevnosti v tahu bylo provedeno podle normy ČSN EN 205 na zkušebním stroji nastaveném na zkoušku v tahu.

4.5.1 Zkušební zařízení

Zkouška pevnosti v tahu byla prováděna na univerzálním zkušebním stroji UTS 50 s modernizovaným softwarem od firmy Tempos. Pomocí speciálního počítačového programu TIRATest je možné nastavit rozsah sil potřebných k provedení zkoušky od 0 do 50 kN. Tento program dále umožňuje přesně definovat další parametry zkoušky (nárůst síly, rychlost posuvu atd.). Na stroji je možné provádět zkoušky všech materiálů v uvedeném rozsahu sil.



Obrázek 2: Měřící zařízení

4.5.2 Průběh zkoušky

Měření byla rozdělena do dvou skupin. V první skupině byly měřeny vzorky lepidla Rhenocoll Propellerleim 3W, 4B Plus třídy trvanlivosti D3. Určité množství vzorků se kondicionovalo podle normy ČSN EN 204 podle pořadových čísel. Pro každou spáru se lepidlo D3 zkušelo podle pořadových čísel 1,3,4, kterým odpovídá daná doba expozice.

V druhé skupině bylo měřeno lepidlo PROTOVIL VP244/2C třídy trvanlivosti D4. U tohoto lepidla byla také kondicionována zkušební tělesa podle normy ČSN EN 204, kterému odpovídala pořadová čísla 1,3,5 s danou dobou expozice.

Po skončení kondicionování se zkušební tělesa testovala na stroji UTS 50 připraveném pro tahovou zkoušku. Na stroji byla nastavena rychlost posuvu pro zkoušení termoplastů na 50 mm/min. Zkušební tělesa byla upnuta do čelistí stroje, který následně konstantní rychlostí provedl zkoušku. Po porušení pevnosti lepeného spoje se posuv zastavil. Do připravené tabulky byly zapisovány výsledné hodnoty maximální síly v Newtonech vynaložené na přetržení jednotlivých vzorků.

Toto měření bylo prováděno pro obě lepidla a pro všechny hodnoty tloušťky lepených spár. Celkem bylo pro každé lepidlo naměřeno devět skupin po dvanácti vzorcích. Z každé skupiny bylo vybráno deset platných hodnot, ze kterých byla následně vypočítána pevnost lepeného spoje v MPa.



Obrázek 3: Porušení spoje v materiálu



Obrázek 4: Porušení spoje v lepidle

5 Výsledky

Z naměřených hodnot byly podle normy ČSN EN 205 vypočítány jednotlivé pevnosti lepených spojů τ . Z příslušných skupin pevností zkušebních těles byly vypočteny nejdůležitější statistické charakteristiky pro dané pevnosti lepených spojů, tj. aritmetický průměr, směrodatná odchylka, variační koeficient, maximální a minimální pevnost daných spojů. Všechny vypočtené hodnoty jsou přehledně zpracované v tabulkách č. 4 a 5 pro každé lepidlo zvlášť podle čísla měření.

Tabulka 4: Zjištěné statistické charakteristiky pro výběrový soubor vzorků lepidla D3

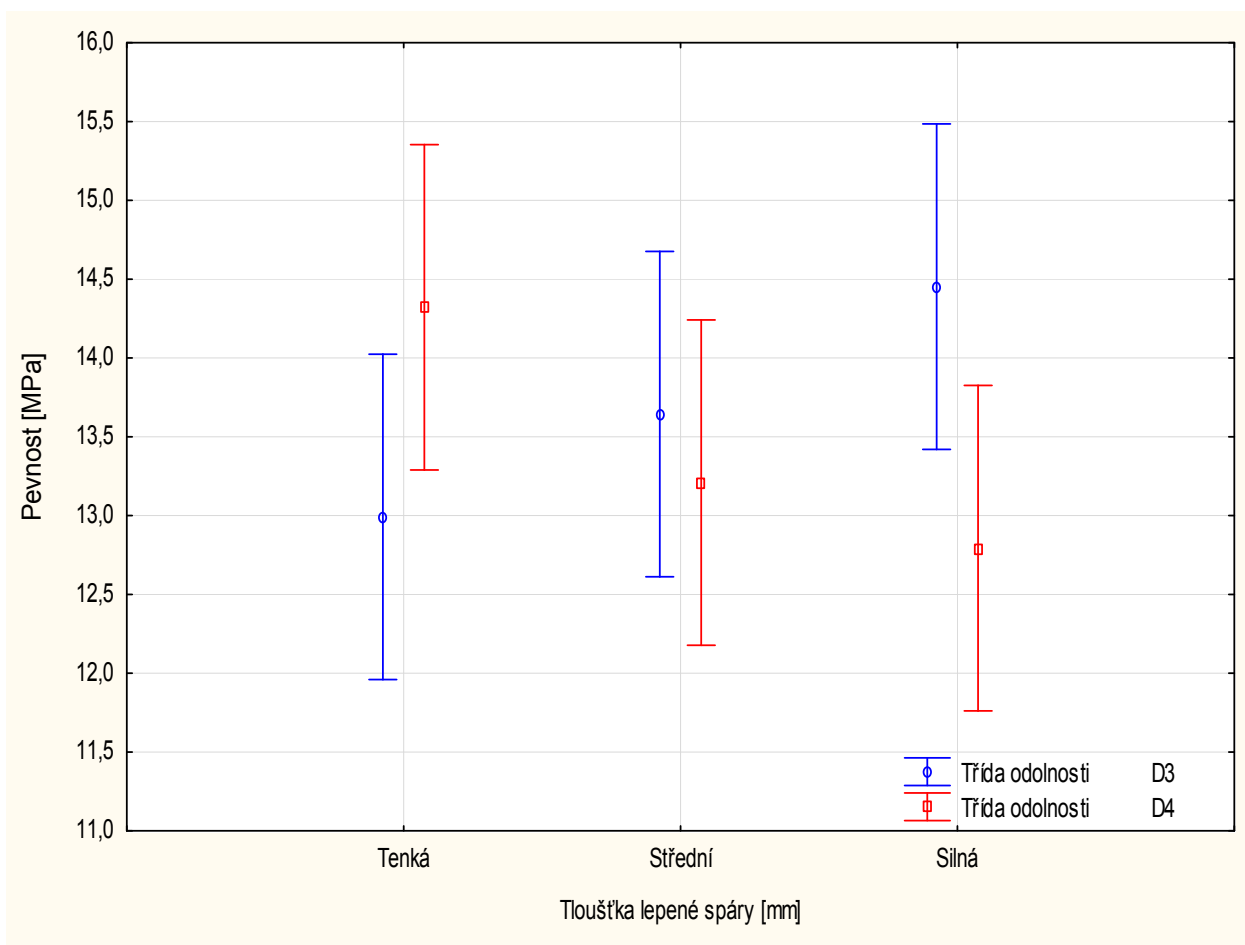
Lepidlo D3	Lepená spára								
	Tenká			Střední			Tlustá		
Číslo měření	1	3	4	1	3	4	1	3	4
Aritmetický průměr [MPa]	12,89	3,12	12,55	13,64	3,29	11,05	14,65	3,60	12,47
Směrodat. Odchylka [MPa]	2,56	1,05	1,41	1,01	0,43	1,55	1,59	0,48	1,78
Variační Koeficient [%]	20,0	34,0	11,0	7,0	13,0	14,0	11,0	13,0	14,0
Max [MPa]	16,61	4,30	14,33	15,40	4,08	14,69	18,01	4,18	14,61
Min [MPa]	8,69	0,35	9,52	11,97	2,83	9,37	12,91	2,64	9,43

Tabulka 5: Zjištěné statistické charakteristiky pro výběrový soubor vzorků lepidla D4

Lepidlo D4	Lepená spára								
	Tenká			Střední			Tlustá		
Číslo měření	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Aritmetický průměr [MPa]	14,52	0,02	0,06	13,21	5,14	3,65	12,79	4,95	4,64
Směrodat. Odchylka [MPa]	1,79	0,04	0,13	1,07	0,70	1,04	1,68	0,78	0,60
Variační Koeficient [%]	12,00	195	195	8,00	14,0	28,0	13,0	16,0	13,0
Max [MPa]	18,48	0,12	0,41	15,74	6,47	5,34	15,79	6,36	5,83
Min [MPa]	12,83	0,00	0,00	12,12	4,06	1,62	10,25	3,59	3,72

5.1 Vyhodnocení pevnosti lepené spáry u zkoušky č. 1

Ke statistickému vyhodnocení byla použita vícefaktorová ANOVA s interakcemi. Testem byl hodnocen vliv faktorů tloušťky lepené spáry na pevnost lepeného spoje u zkoušky č. 1. Data byla počítána s hladinou významnosti $\alpha=0,05$. Výsledek je graficky zobrazen v grafu č. 1.



Graf 1: Vyhodnocení vlastností při zkoušce č. 1

5.1.1 Vyhodnocení analýzy rozptylu pro faktor tloušťka lepené spáry a třída odolnosti u zkoušky č. 1

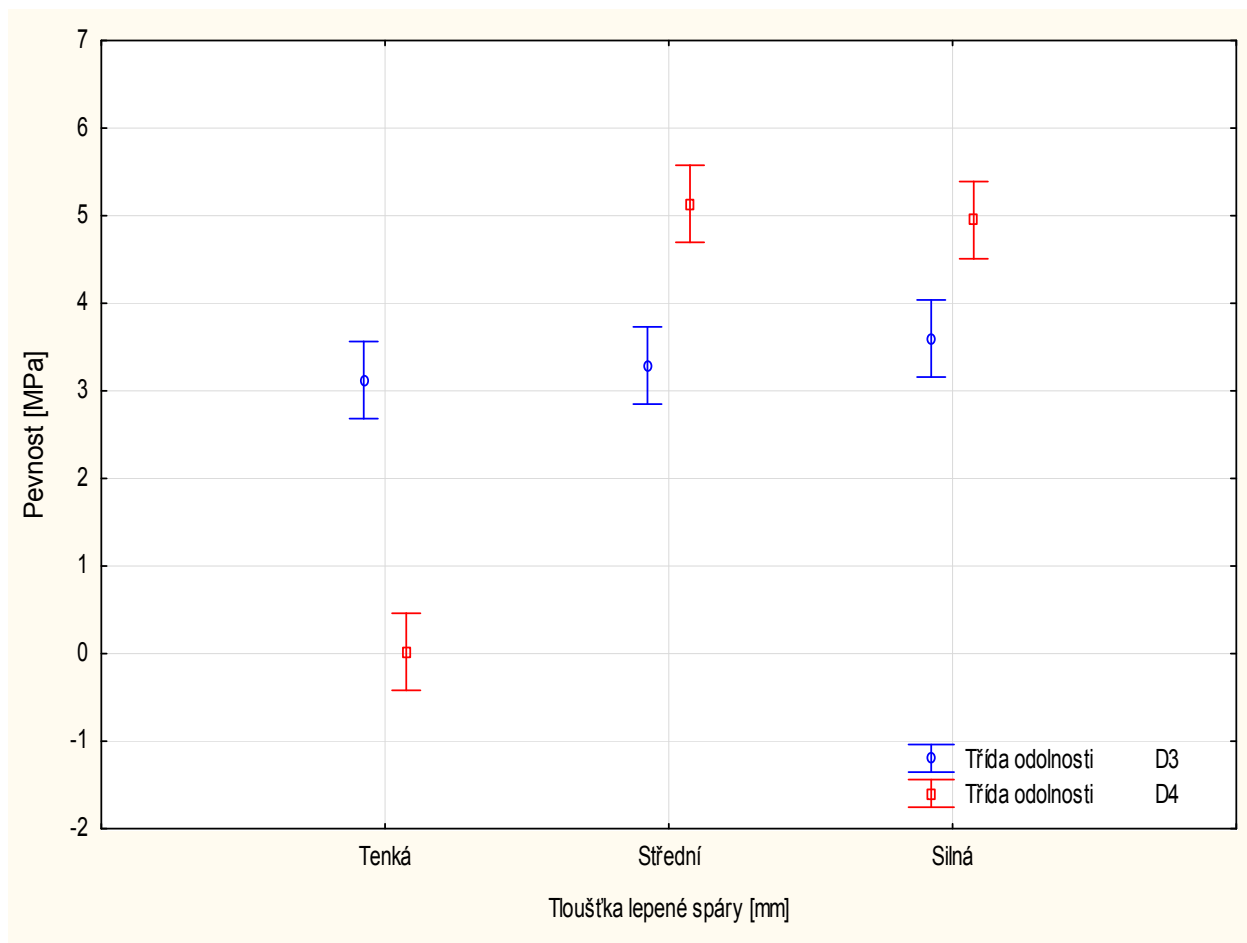
Pomocí Tukeyova HSD testu byl hodnocen vliv faktorů tloušťky lepené spáry a třídy odolnosti adheziva na pevnost lepeného spoje u zkoušky č. 1. Podle testu se neprokázal statistický rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Důvody neprokázání statistického rozdílu mohou být:

- Princip zkoušky č. 1 není principiálně dostatečně přesný, anebo zkušební tělesa nebyla kvalitně připravena
- Nepřesnost měření, respektive špatný výběr dat
- Hodnoty takto prostě vychází a rozdíl mezi pevnostmi lepidel třídy D3 a D4 při dané zkoušce není prokazatelný.

Při porovnání výsledků z grafu č. 1 je vidět, že obě lepidla splnila pro všechny tloušťky lepených spár požadované minimální požadavky pevnosti lepeného spoje pro tuto zkoušku uvedené v normě ČSN EN 204.

5.2 Vyhodnocení pevnosti lepené spáry u zkoušky č. 3

Pro vyhodnocení statistických hodnot byla použita vícefaktorová ANOVA s interakcemi. U tohoto testu byl hodnocen vliv faktorů tloušťky lepené spáry a třídy odolnosti adheziva na pevnost lepeného spoje u zkoušky č. 3. Data jsou vypočítána v intervalu spolehlivosti $\alpha = 0,05$. Výsledky jsou zobrazeny v grafu č. 2.



Graf 2: Vyhodnocení vlastností při zkoušce č. 3

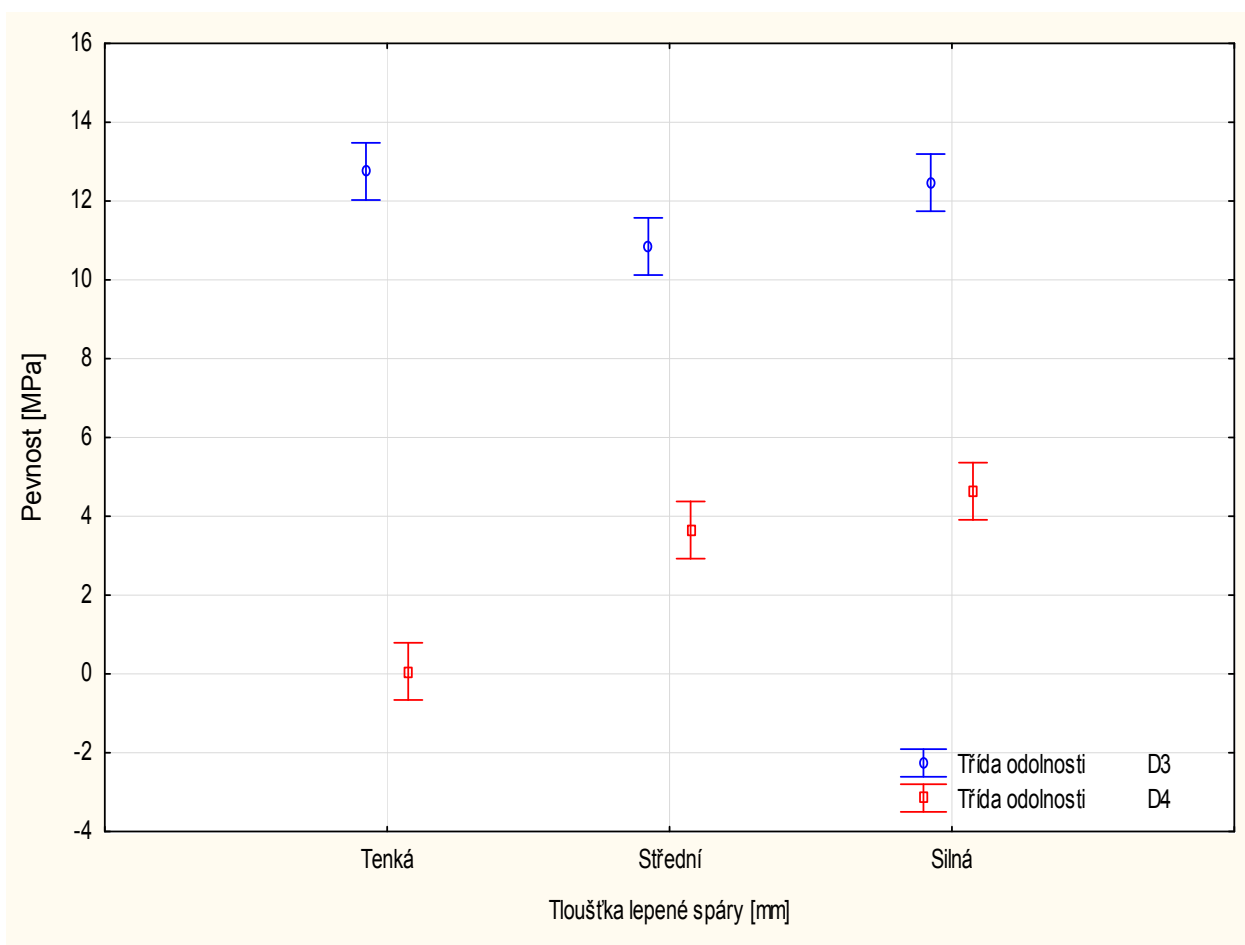
5.2.1 Vyhodnocení analýzy rozptylu pro faktor tloušťka lepené spáry a třída odolnosti u zkoušky č. 3

Pomocí Tukeyova HSD testu byl vyhodnocen vliv faktorů tloušťky lepené spáry a třídy odolnosti adheziva na pevnost lepeného spoje u zkoušky č. 3. Test ukázal, že na hladině významnosti $\alpha=0,05$ se neprokázal významný statistický rozdíl pro lepidlo třídy D3. Pro lepidlo třídy D4 byl na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zjištěn rozdíl mezi pevností tenké spáry a pevnostmi spár střední a silné.

Výsledky pevností lepených spojů jednotlivých lepidel byly porovnány s minimálními hodnotami lepených spojů pro dané měření uvedených v normě ČSN EN 204. Z grafu je vidět, že hodnoty lepidla třídy D3 se mezi sebou liší jen nepatrně a všechny tloušťky lepené spáry splňují požadavky pro minimální pevnost lepených spojů. U lepidla třídy D4 je zřejmé, že tenká spára nesplňuje minimální pevnost lepeného spoje. Ostatní tloušťky lepené spáry minimální pevnost lepeného spoje splňují.

5.3 Vyhodnocení pevnosti lepené spáry u zkoušky č. 4 a č. 5

Pro vyhodnocení statistických hodnot byla použita vícefaktorová ANOVA s interakcemi. U tohoto testu byl hodnocen vliv faktorů tloušťky lepené spáry a třída odolnosti adheziva na pevnost lepeného spoje u zkoušky č. 4 pro lepidlo třídy D3 a u zkoušky č. 5 pro lepidlo třídy D4. Data jsou vypočítána v intervalu spolehlivosti $\alpha = 0,05$. Výsledky jsou zobrazeny v grafu č. 3.



Graf 3: Vyhodnocení vlastností při zkouškách č. 4 a č. 5

5.3.1 Vyhodnocení analýzy rozptylu pro faktor tloušťka lepené spáry a třída odolnosti u zkoušek č. 4 a č. 5

Pomocí Tukeyova HSD testu byl hodnocen vliv faktorů tloušťky lepené spáry a třída odolnosti adheziva na pevnost lepeného spoje u zkoušky č. 4 a č. 5. Podle testu bylo na hladině významnosti $\alpha=0,05$ prokázáno, že faktory tloušťka lepené spáry a třída odolnosti významně ovlivňují pevnost lepeného spoje.

Výsledky pevností lepených spojů jednotlivých lepidel byly porovnány s minimálními hodnotami pevností lepených spojů uvedenými v normě ČSN EN 204. Z grafu č. 3 vyplývá, že pro lepidlo třídy D3 splňují minimální předepsanou pevnost lepeného spoje všechny tloušťky lepené spáry. Menší pokles pevnosti byl zaznamenán u střední tloušťky lepené spáry. Výsledná hodnota však stále splňuje minimální požadavek na pevnost lepeného spoje pro tuto zkoušku. Pro lepidlo třídy D4 je z grafu zřejmé, že se pevnost spoje tenké lepené spáry výrazně liší od zbylých dvou. Minimální pevnost spoje předepsanou normou ČSN EN 204 však nesplnily tenká i střední tloušťka lepené spáry. Tlustá lepená spára minimálním požadavkům pro pevnost lepeného spoje vyhověla.

6 Diskuze

Z výsledků uvedených v předchozí kapitole je možné vyhodnotit, zda zkoušená lepidla vyhovují požadavkům normy ČSN EN 204. Pro lepidlo třídy D3 jsou minimální hodnoty pevnosti lepených spojů: u zkoušky č. 1- 10 MPa; u zkoušky č. 3- 2 MPa; u zkoušky č. 4- 8 MPa. Lepidlo třídy D4 by mělo být více odolné a tak jsou minimální pevnosti lepených spojů určeny: zkouška č. 1- 10 MPa; zkouška č. 3- 4 Mpa a zkouška č. 5- 4 MPa.

Při porovnání pevností lepených spojů a jejich závislostí na tloušťce lepené spáry u lepidla třídy D3 je z grafů patrné, že výsledné průměrné hodnoty u zkoušky č. 1 s větší tloušťkou lepené spáry rostou. Průměrná hodnota pevnosti lepeného spoje u tenké spáry byla 12,9 MPa. U tlusté lepené spáry dosáhla hodnota lepeného spoje 14,65 MPa. U zkoušky č. 3 je s větší tloušťkou lepené spáry zaznamenán jen nepatrný růst průměrných pevností lepeného spoje. U zkoušky č. 4 měla největší pevnost lepeného spoje tenká tloušťka lepené spáry. U střední lepené spáry byl zaznamenán pokles pevnosti o 1,5 MPa. Pevnost lepeného spoje u tlusté spáry má však podobnou hodnotu jako tenká lepená spára. Pokud porovnáme jednotlivé vypočítané hodnoty pevností lepených spojů, můžeme konstatovat, že pro lepidlo třídy D3 byly splněny minimální požadavky pevnosti lepeného spoje u všech tloušťek lepených spojů. Lepidlo tedy vyhovuje podle normy ČSN EN 204.

Pokud porovnáme výsledné pevnosti lepených spojů u lepidla třídy D4, jsou z grafů dobře patrné rozdíly mezi jednotlivými tloušťkami lepených spojů. U zkoušky č. 1 je s větší tloušťkou lepeného spoje zaznamenán pokles pevnosti spoje. Největší pevnosti lepeného spoje 14,5 MPa dosahuje tenká lepená spára a nejmenší pevnosti 12,8 MPa dosahuje tlustá lepená spára. U zkoušky č. 3 je z grafu vidět výrazný rozdíl pevnosti lepených spojů v závislosti na tloušťce lepené spáry. U této zkoušky je pevnost lepeného spoje u tenké lepené spáry minimální. Oproti tomu však pevnost lepeného spoje u střední a tlusté spáry výrazně roste. Podobný průběh jako zkouška č. 3 měla i zkouška č. 5. Hodnota pevnosti lepeného spoje u tenké spáry je minimální. U střední tloušťky spáry pevnost roste na 3,6 MPa. U tlusté spáry pevnost ještě roste na 4,6 MPa.

Při porovnání hodnot lepených spár vypočítaných pro jednotlivé tloušťky lepených spojů lze konstatovat, že minimální požadavky podle normy ČSN EN 204 splnila jen tlustá lepená spára. Střední spára měla menší pokles u zkoušky č. 3. Tenká lepená spára však naprosto nevyhověla, protože jediné spolehlivé hodnoty u ní bylo dosaženo u zkoušky č. 1.

Největší pevnost lepených spojů byla dosažena u zkoušky č. 1. Z grafů je patrné, že pevnosti lepených spojů se u obou lepidel pohybují v rozmezí mezi 13 – 15 MPa. Tyto pevnosti jsou omezeny vlastnostmi materiálu, z kterého byly zkušební vzorky vyrobeny. Například Brožek (2003) u svého měření testoval pevnost na kovových zkušebních tělesech lepených vteřinovými lepidly, kde vycházely hodnoty pevnosti lepených spojů od 14 do 28 MPa. Brožek (2003) ve svém měření uvádí lepenou spáru tloušťky 0,05- 0,15 jako spáru s největší pevností lepeného spoje. V tomto měření se však jeho tvrzení nepotvrdilo. Pro lepidlo třídy D3 pevnost lepeného spoje stoupala se zvětšující se tloušťkou lepené spáry, u lepidla třídy D4 byl průběh pevnosti v závislosti na tloušťce lepené spáry zcela opačný. U většiny vzorků však dříve povolil materiál, z kterého byly vyrobeny zkušební vzorky, a tak není vyloučeno, že pevnost lepidla může být větší.

Jelikož PVAC lepidla tvoří pružný lepený spoj, jsou výsledky podobné těm, které naměřila firma Sika CZ u polyuretanového lepidla. Podle této firmy nezáleží tolik na tloušťce lepené spáry, ale hlavně na pružnosti lepidla. Tento závěr potvrzuje i měření při zkoušce č. 1, kdy byla pevnost lepených spojů u všech tlouštěk lepených spár téměř shodná. Výsledek je patrný z grafů, které vznikly pro jednotlivá měření. U polyuretanového lepidla pevnost lepeného spoje rostla do tloušťky lepené spáry 4 mm. U PVAC lepidla třídy D3 byl trend u zkoušky č. 1 také stoupající. Avšak nejtlustší zkoušená lepená spára měla tloušťku jen 0,5 mm a tak nelze s určitostí říci, zda by tento trend platil i pro větší tloušťky lepené spáry.

7 Závěr

Z výsledků provedených měření bylo zjištěno, že tloušťka lepeného spoje určitou měrou ovlivňuje pevnost lepeného spoje.

U lepidla třídy D3 je z výsledků možné dojít k závěru, že tloušťka lepené spáry pevnost lepeného spoje neovlivňuje. Výsledné hodnoty pevnosti lepených spojů pro různé tloušťky spár se mezi sebou liší jen nepatrně, v rozmezí 1 – 2 MPa. Neukazuje se ani trend, že by se zvyšující se tloušťkou lepeného spoje pevnost rostla, nebo klesala.

Naprosto odlišný závěr lze udělat pro lepidlo třídy D4. U tohoto lepidla je z výsledků zřejmé, že tloušťka lepeného spoje ovlivňuje pevnost spoje. Při zkoušce č. 1 se sice výsledky lišily jen nepatrně v řádu 1-2 MPa. U zkoušky č. 3 a č. 5 jsou však rozdíly v pevnosti lepených spojů výraznější. Pro tenkou spáru tento test nedopadl vůbec pozitivně, kdy kromě zkoušky č. 1 byla pevnost lepených spojů téměř nulová. Tento výsledek mohl být způsoben malým nánosem lepidla, nebo nízkou kvalitou lepidla. U střední tloušťky lepené spáry byla pevnost lepených spojů výrazně vyšší, než u tenké. Nejvyšší pevnost lepeného spoje pak dosáhla tlustá lepená spára. Tento fakt asi nejvíce ovlivnilo to, že lepený spoj byl pružný a při zkouškách č. 3 a č. 5 na něho neměla takový vliv vlhkost prostředí.

Pokud bychom vyhodnocovali jednotlivá lepidla, zda splňují příslušnou třídu trvanlivosti uvedenou v normě ČSN EN 204, jsou výsledky následující. V případě lepidla třídy D3 splnily minimální požadavky pro pevnost lepených spojů všechny tři tloušťky lepené spáry. Lze tedy konstatovat, že lepidlo své třídě vyhovuje. U lepidla třídy D4 splnila minimální požadavky pevnosti lepených spojů jen tlustá lepená spára. Lepidlo tedy své třídě nevyhovuje.

Celkově se dá z výsledků vyčíst, že pevnost lepeného spoje nejvíce ovlivňuje správné použití lepidla a jeho aplikace. Větší tloušťka lepené spáry by mohla mít uplatnění v prostředí s vyšší vlhkostí, protože lepidlo má ve vodě lepší vlastnosti. Bohužel lepidla jsou většinou dražší než lepený materiál a tak by větší množství lepidla mělo nepříznivý vliv na cenu výrobku.

8 Seznam použitých zdrojů

BROCKMANN, Walter, Paul Ludwig GEI, Jürgen KLINGEN a Bernhard SCHRÖDER. *Adhesive bonding: Materials, Applications and Technology*. Weinheim: WILEY-VCH VerlagGmbH& Co. KGaA, 2009, 414 s. ISBN 978-3-527-31898-8.

BROŽEK, Milan. *Vliv tloušťky vrstvy lepidla na pevnost lepeného spoje*. In: Průmyslové spektrum [online]. 2003 [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vliv-tloustky-vrstvy-lepidla-na-pevnost-lepeneho-spoje.html>

CAGLE, Charles V. *Handbook of adhesive bonding*. United States of America: McGraw-Hill, 1973. ISBN 0-07-09588-4.

ČSN EN 204. *Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace*. Praha: Český normalizační institut, 2001, 8 s.

ČSN EN 205. *Lepidla-Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace-Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 16 s.

JURAN, Joseph M., Frank M. GRZYNA a Richard S. BINGHAM. *Quality control handbook*. 4d ed. New York: McGraw-Hill, 1988, 1600 s. ISBN 00-703-3175-8.

LIPTÁKOVÁ, Eva a Milan SEDLIČIK. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1989, 520 s. ISBN 80-05-00116-9.

MALL, S. a G. RAMAMURTHY. *Effect of bond thickness on fracture and fatigue strength of adhesively bonded composite joints*. INT.J.ADHESSION AND ADHESIVES [online]. 1989, č. 9 [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com.ezproxy.techlib.cz/0143749689901449/1-s2.0-0143749689901449-main.pdf?_tid=02d0ad1e-c0ca-11e3-8830-00000aacb360&acdnat=1397146141_cf0fe9c3c6492b4c4ab91910a28da03d

MLEZIVA, Josef. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. přeprac.* vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 80-859-2072-7.

OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely.* Praha: Nakladatelství technické literatury, 1975, 292 s. ISBN 04-330-75.

POKORNÝ, Jiří. *Lepení a tmelení v dílně i domácnosti.* 1. vyd. Praha: GradaPublishing, 2000, 108 s. ISBN 80-7169-857-1.

Pružné lepení dřevěných podlah. In: *Michal Pokorný - Stavební chemie, průmyslové podlahy* [online]. 2004 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z:<http://www.sika-diamondfloor.cz/data/obsah/technologie/5/Sikabond.pdf>

SEDLIAČIK, Milan a Ján SEDLIAČIK. *Chemické látky v dřevárskom priemysle.* 1. vyd. Zvolen: TU Zvolen, 1998, 286 s. ISBN 80-228-0745-1.

SKEIST, Irving. *Handbook of adhesives.* New York: Reinhold PublishingCorporation, 1962, 683 s. ISBN 62-18033.

9 Přílohy

Seznam příloh

- Příloha 1: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 1
- Příloha 2: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 3
- Příloha 3: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 4
- Příloha 4: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 1
- Příloha 5: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 3
- Příloha 6: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 4
- Příloha 7: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 1
- Příloha 8: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 3
- Příloha 9: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 4
- Příloha 10: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 1
- Příloha 11: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 3
- Příloha 12: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 5
- Příloha 13: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 1
- Příloha 14: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 3
- Příloha 15: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 5
- Příloha 16: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 1
- Příloha 17: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 3
- Příloha 18: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 5
- Příloha 19: Technický list Protovil VP 244/2C, strana 1.
- Příloha 20: Technický list Protovil VP 244/2C, strana 2.
- Příloha 21: Technický list Rhenocoll Propellerleim 3W, 4B Plus, strana 1.
- Příloha 22: Technický list Rhenocoll Propellerleim 3W, 4B Plus, strana 2.

Příloha 1: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 1

Třída trvanlivosti D3 1
lepená spára tenká

	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální	1	20,24	9,25	187,22	2623,8	14,01
	2	20,2	10,09	203,82	1771,85	8,69
	3	20,12	9,32	187,52	2584,55	13,78
	4	20,14	9,53	191,93	2083	10,85
	5	19,92	9,35	186,25	3094	16,61
	6	20,19	9,56	193,02	3010,05	15,59
	7	20,27	9,33	189,12	2728,55	14,43
	8	20,15	9,26	186,59	2685	14,39
	9	20,03	9,69	194,09	1794,65	9,25
	10	20,19	12,34	249,14	2817,65	11,31
AP		20,15	9,77	196,87	2519,31	12,89
Sm. Odchylka		0,10	0,89	18,13	449,52	2,56
Var. Koef		0,00	0,09	0,09	0,18	0,20
Max		20,27	12,34	249,14	3094,00	16,61
Min		19,92	9,25	186,25	1771,85	8,69

Příloha 2: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 3

Třída trvanlivosti D3

1

lepená spára tenká

	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě	1	21,36	9,74	208,05	604	2,90
	2	21,27	9,42	200,36	860,75	4,30
	3	21,23	9,38	199,14	748,9	3,76
	4	21,18	9,32	197,40	714,4	3,62
	5	21,15	9,62	203,46	619,05	3,04
	6	21,05	9,43	198,50	69,15	0,35
	7	21,28	9,74	207,27	671,75	3,24
	8	21,11	9,54	201,39	819,8	4,07
	9	21,2	9,39	199,07	665,5	3,34
	10	21,2	9,78	207,34	540	2,60
AP		21,20	9,54	202,20	631,33	3,12
Sm. Odchylka		0,08	0,16	3,84	209,04	1,05
Var. Koef		0,00	0,02	0,02	0,33	0,34
Max		21,36	9,78	208,05	860,75	4,30
Min		21,05	9,32	197,40	69,15	0,35

Příloha 3: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 4

Třída trvanlivosti		D3		1		
		lepená spára		tenká		
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě; 7 dní normální	1	20,1	9,46	190,15	2445,6	12,86
	2	20,19	9,49	191,60	1823,7	9,52
	3	20,14	9,24	186,09	2518,5	13,53
	4	20,17	9,54	192,42	2496,3	12,97
	5	20,23	9,55	193,20	2153,55	11,15
	6	20,27	9,33	189,12	2467	13,04
	7	20,42	9,71	198,28	2693,25	13,58
	8	20,35	9,18	186,81	2065,35	11,06
	9	20,37	9,44	192,29	2593,05	13,48
	10	20,38	9,37	190,96	2736,8	14,33
AP		20,26	9,43	191,09	2399,31	12,55
Sm. Odchylka		0,11	0,15	3,28	277,75	1,41
Var. Koef.		0,01	0,02	0,02	0,12	0,11
Max		20,42	9,71	198,28	2736,8	14,33
Min		20,1	9,18	186,09	1823,7	9,52

Příloha 4: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 1

Třída trvanlivosti D3

1-1

lepená spára Střední(0,3)

	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální	1	20,16	10,08	203,21	2432,20	11,97
	2	19,96	9,95	198,60	2726,25	13,73
	3	20,16	10,22	206,04	2781,75	13,50
	4	20,10	9,81	197,18	2769,20	14,04
	5	19,85	9,95	197,51	2839,85	14,38
	6	20,02	10,23	204,80	3153,80	15,40
	7	20,11	10,02	201,50	2457,25	12,19
	8	20,22	9,93	200,78	2774,95	13,82
	9	20,05	10,05	201,50	2928,90	14,54
	10	20,29	10,10	204,93	2638,60	12,88
AP		20,09	10,03	201,61	2750,28	13,64
Sm. Odchylka		0,12	0,12	2,99	201,20	1,01
Var. Koef		0,01	0,01	0,01	0,07	0,07
Max		20,29	10,23	206,04	3153,80	15,40
Min		19,85	9,81	197,18	2432,20	11,97

Příloha 5: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 3

Třída trvanlivosti D3 1-1
lepená spára Střední(0,3)

	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě	1	21,52	10,21	219,72	753,45	3,43
	2	21,28	10,38	220,89	625,90	2,83
	3	21,74	10,14	220,44	645,25	2,93
	4	21,21	10,43	221,22	901,70	4,08
	5	22,45	9,95	223,38	669,20	3,00
	6	21,41	10,31	220,74	680,55	3,08
	7	21,33	10,18	217,14	702,20	3,23
	8	21,74	10,26	223,05	636,45	2,85
	9	21,24	10,62	225,57	783,05	3,47
	10	21,25	10,40	221,00	882,10	3,99
AP		21,52	10,29	221,31	727,99	3,29
Sm. Odchylka		0,36	0,18	2,16	94,67	0,43
Var. Koef		0,02	0,02	0,01	0,13	0,13
Max		22,45	10,62	225,57	901,70	4,08
Min		21,21	9,95	217,14	625,90	2,83

Příloha 6: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 4

Třída trvanlivosti D3

1-1

lepená spára Střední(0,3)

	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě; 7 dní normální	1	20,30	9,85	199,96	2112,60	10,57
	2	20,39	10,28	209,61	1964,00	9,37
	3	20,56	10,08	207,24	1970,30	9,51
	4	20,14	10,01	201,60	2487,45	12,34
	5	19,96	10,00	199,60	2361,10	11,83
	6	20,52	10,24	210,12	2443,30	11,63
	7	20,35	10,25	208,59	3064,90	14,69
	8	20,09	9,95	199,90	1923,05	9,62
	9	20,90	9,72	203,15	2152,40	10,60
	10	20,33	9,98	202,89	2097,20	10,34
AP		20,35	10,04	204,27	2257,63	11,05
Sm. Odchylka		0,25	0,17	4,00	329,89	1,55
Var. Koef		0,01	0,02	0,02	0,15	0,14
Max		20,90	10,28	210,12	3064,90	14,69
Min		19,96	9,72	199,60	1923,05	9,37

Příloha 7: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 1

Třída trvanlivosti D3

1-3

lepená spára Tlustá(0,5)

	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální	1	20,03	10,09	202,10	2873,70	14,22
	2	20,15	10,02	201,90	3176,00	15,73
	3	20,07	9,93	199,30	2714,60	13,62
	4	20,24	10,20	206,45	2664,25	12,91
	5	20,21	10,10	204,12	3128,45	15,33
	6	20,09	9,98	200,50	2784,60	13,89
	7	20,07	9,90	198,69	3269,60	16,46
	8	20,06	10,16	203,81	2720,60	13,35
	9	20,16	9,97	201,00	2618,10	13,03
	10	19,82	9,96	197,41	3554,55	18,01
AP		20,09	10,03	201,53	2950,45	14,65
Sm. Odchylka		0,11	0,10	2,61	297,25	1,59
Var. Koef		0,01	0,01	0,01	0,10	0,11
Max		20,24	10,20	206,45	3554,55	18,01
Min		19,82	9,90	197,41	2618,10	12,91

Příloha 8: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 3

Třída trvanlivosti D3

1-3

lepená spára Tlustá(0,5)

	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě	1	21,68	10,48	227,21	826,60	3,64
	2	20,88	10,50	219,24	913,40	4,17
	3	20,97	10,07	211,17	831,10	3,94
	4	21,33	10,15	216,50	765,70	3,54
	5	20,97	10,40	218,09	910,85	4,18
	6	21,10	9,92	209,31	552,20	2,64
	7	21,12	10,08	212,89	756,00	3,55
	8	21,92	10,36	227,09	667,75	2,94
	9	21,12	10,30	217,54	749,50	3,45
	10	20,81	10,07	209,56	827,75	3,95
AP		21,19	10,23	216,86	780,09	3,60
Sm. Odchylka		0,34	0,19	6,15	104,01	0,48
Var. Koef		0,02	0,02	0,03	0,13	0,13
Max		21,92	10,50	227,21	913,40	4,18
Min		20,81	9,92	209,31	552,20	2,64

Příloha 9: Naměřené hodnoty lepidla D3 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 4

Třída trvanlivosti D3

1-3

lepená spára Tlustá(0,5)

	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě; 7 dní normální	1	20,29	10,07	204,32	2240,10	10,96
	2	20,42	9,56	195,22	1840,20	9,43
	3	20,68	9,95	205,77	2774,40	13,48
	4	20,16	10,01	201,80	2424,55	12,01
	5	20,21	9,95	201,09	2826,75	14,06
	6	20,91	10,00	209,10	3003,50	14,36
	7	20,59	9,85	202,81	2069,90	10,21
	8	20,51	10,28	210,84	2945,20	13,97
	9	20,23	9,95	201,29	2333,75	11,59
	10	20,25	10,16	205,74	3006,65	14,61
AP		20,43	9,98	203,80	2546,50	12,47
Sm. Odchylka		0,23	0,18	4,22	398,75	1,78
Var. Koef		0,01	0,02	0,02	0,16	0,14
Max		20,91	10,28	210,84	3006,65	14,61
Min		20,16	9,56	195,22	1840,20	9,43

Příloha 10: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 1

Třída trvanlivosti		D4				
		lepená spára	tenká	2		
	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální	1	20,10	9,25	185,93	2634,30	14,17
	2	20,42	9,45	192,97	2738,50	14,19
	3	20,52	9,11	186,94	2551,20	13,65
	4	20,23	9,45	191,17	2530,15	13,23
	5	20,42	9,36	191,13	2659,95	13,92
	6	20,30	9,27	188,18	3284,45	17,45
	7	20,47	9,23	188,94	2632,60	13,93
	8	20,35	9,42	191,70	2560,05	13,35
	9	20,36	9,16	186,50	2393,25	12,83
	10	20,45	9,06	185,28	3424,45	18,48
AP		20,36	9,28	188,87	2740,89	14,52
Sm. Odchylka		0,12	0,13	2,58	320,36	1,79
Var. Koef		0,01	0,01	0,01	0,12	0,12
Max		20,52	9,45	192,97	3424,45	18,48
Min		20,10	9,06	185,28	2393,25	12,83

Příloha 11: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 3

Třída trvanlivosti		D4				2	
		lepená spára		tenká			
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ	
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]	
7 dní normální; 4 dny ve vodě	1	21,89	9,45	206,86	0,00	0,00	
	2	21,94	9,59	210,40	0,85	0,00	
	3	21,09	9,46	199,51	24,80	0,12	
	4	21,55	9,44	203,43	2,00	0,01	
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	6	21,67	9,47	205,21	0,55	0,00	
	7	21,05	9,57	201,45	11,65	0,06	
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	9	21,70	9,33	202,46	0,00	0,00	
	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
AP		15,09	6,63	142,93	3,99	0,02	
Sm. Odchylka		9,88	4,34	93,61	7,73	0,04	
Var. Koef		0,65	0,65	0,65	1,94	1,95	
Max		21,94	9,59	210,40	24,80	0,12	
Min		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Příloha 12: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tenkou lepnou spáru u zkoušky č. 5

Třída trvanlivosti		D4					
		lepená spára		tenká	2		
		č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
			[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 6 hodin ve vařící vodě; 2 hodiny ve vodě	1	21,91	9,56	209,46	29,35	0,14	
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	7	22,02	9,28	204,35	18,50	0,09	
	8	22,13	9,57	211,78	87,35	0,41	
	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
AP		6,61	2,84	62,56	13,52	0,06	
Sm. Odchylka		10,09	4,34	95,58	26,47	0,13	
Var. Koef		1,53	1,53	1,53	1,96	1,95	
Max		22,13	9,57	211,78	87,35	0,41	
Min		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Příloha 13: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 1

Třída trvanlivosti		D4				2-1	
		lepená spára		Střední(0,3)			
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ	
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]	
7 dní normální	1	19,97	10,27	205,09	2964,50	14,45	
	2	20,14	9,84	198,18	2475,50	12,49	
	3	20,21	9,94	200,89	2737,65	13,63	
	4	20,03	9,82	196,69	2583,10	13,13	
	5	20,05	9,82	196,89	2441,05	12,40	
	6	20,06	10,10	202,61	2542,10	12,55	
	7	19,68	10,36	203,88	2472,10	12,12	
	8	19,90	9,89	196,81	2589,65	13,16	
	9	20,20	9,66	195,13	3071,20	15,74	
	10	20,26	9,74	197,33	2450,75	12,42	
AP		20,05	9,94	199,35	2632,76	13,21	
Sm. Odchylka		0,16	0,22	3,31	211,25	1,07	
Var. Koef		0,01	0,02	0,02	0,08	0,08	
Max		20,26	10,36	205,09	3071,20	15,74	
Min		19,68	9,66	195,13	2441,05	12,12	

Příloha 14: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 3

Třída trvanlivosti		D4				
		lepená spára		Střední(0,3)		
				2-1		
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě	1	21,48	10,04	215,66	934,20	4,33
	2	21,18	10,08	213,49	1309,35	6,13
	3	20,92	9,96	208,36	845,95	4,06
	4	21,16	10,23	216,47	1151,65	5,32
	5	21,70	10,00	217,00	1168,45	5,38
	6	21,42	9,88	211,63	1040,65	4,92
	7	21,16	10,24	216,68	1401,30	6,47
	8	21,75	10,20	221,85	1071,05	4,83
	9	20,67	10,05	207,73	1036,95	4,99
	10	21,52	10,21	219,72	1081,95	4,92
AP		21,30	10,09	214,86	1104,15	5,14
Sm. Odchylka		0,32	0,12	4,35	155,72	0,70
Var. Koef		0,02	0,01	0,02	0,14	0,14
Max		21,75	10,24	221,85	1401,30	6,47
Min		20,67	9,88	207,73	845,95	4,06

Příloha 15: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro střední lepnou spáru u zkoušky č. 5

Třída trvanlivosti		D4		2-1		
		lepená spára	Střední(0,3)			
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 6 hodin ve vařící vodě; 2 hodiny ve vodě	1	21,22	10,23	217,08	939,05	4,33
	2	21,30	10,18	216,83	1009,35	4,65
	3	20,95	10,20	213,69	345,25	1,62
	4	21,24	9,65	204,97	546,20	2,66
	5	22,14	10,15	224,72	957,25	4,26
	6	21,22	10,00	212,20	847,10	3,99
	7	21,88	9,77	213,77	1140,85	5,34
	8	21,44	10,38	222,55	687,40	3,09
	9	21,09	9,83	207,31	758,85	3,66
	10	21,32	10,01	213,41	621,35	2,91
AP		21,38	10,04	214,65	785,27	3,65
Sm. Odchylka		0,34	0,22	5,76	228,39	1,04
Var. Koef		0,02	0,02	0,03	0,29	0,28
Max		22,14	10,38	224,72	1140,85	5,34
Min		20,95	9,65	204,97	345,25	1,62

Příloha 16: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 1

Třída trvanlivosti		D4				
		lepená spára	Tlustá(0,5)	2-3		
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální	1	19,98	10,14	202,60	2486,90	12,28
	2	20,28	9,82	199,15	2349,70	11,80
	3	20,08	9,79	196,58	3103,10	15,79
	4	20,13	10,09	203,11	2190,60	10,79
	5	19,94	10,14	202,19	2323,20	11,49
	6	20,30	9,94	201,78	2712,35	13,44
	7	20,18	10,00	201,80	2688,70	13,32
	8	20,09	10,00	200,90	2830,45	14,09
	9	20,04	9,72	194,79	1997,55	10,25
	10	19,91	9,86	196,31	2884,25	14,69
AP		20,09	9,95	199,92	2556,68	12,79
Sm. Odchylka		0,13	0,14	2,86	327,32	1,68
Var. Koef		0,01	0,01	0,01	0,13	0,13
Max		20,30	10,14	203,11	3103,10	15,79
Min		19,91	9,72	194,79	1997,55	10,25

Příloha 17: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 3

Třída trvanlivosti		D4		2-3		
		lepená spára	Tlustá(0,5)			
	č. vzorku	b	l_2	A	F_{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 4 dny ve vodě	1	21,02	10,24	215,24	1044,35	4,85
	2	20,96	10,28	215,47	966,60	4,49
	3	21,51	10,13	217,90	1040,35	4,77
	4	21,18	10,11	214,13	1362,25	6,36
	5	20,95	10,17	213,06	765,65	3,59
	6	20,69	10,25	212,07	931,05	4,39
	7	21,00	9,81	206,01	1175,85	5,71
	8	21,49	10,02	215,33	1229,65	5,71
	9	21,52	9,96	214,34	929,05	4,33
	10	20,49	10,18	208,59	1101,55	5,28
AP		21,08	10,12	213,21	1054,64	4,95
Sm. Odchylka		0,33	0,14	3,35	162,72	0,78
Var. Koef		0,02	0,01	0,02	0,15	0,16
Max		21,52	10,28	217,90	1362,25	6,36
Min		20,49	9,81	206,01	765,65	3,59

Příloha 18: Naměřené hodnoty lepidla D4 pro tlustou lepnou spáru u zkoušky č. 5

Třída trvanlivosti		D4		2-3		
		lepená spára		Tlustá(0,5)		
	č. vzorku	b	l ₂	A	F _{max}	τ
		[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]
7 dní normální; 6 hodin ve vařící vodě; 2 hodiny ve vodě	1	20,74	9,83	203,87	1065,70	5,23
	2	21,75	9,99	217,28	1108,95	5,10
	3	20,69	9,98	206,49	872,45	4,23
	4	20,87	10,75	224,35	1021,85	4,55
	5	20,93	10,09	211,18	990,30	4,69
	6	20,76	10,00	207,60	1209,45	5,83
	7	21,35	9,74	207,95	876,15	4,21
	8	20,77	10,06	208,95	1007,65	4,82
	9	20,79	10,64	221,21	883,80	4,00
	10	21,57	10,01	215,92	803,25	3,72
AP		21,02	10,11	212,48	983,96	4,64
Sm. Odchylka		0,37	0,31	6,48	119,14	0,60
Var. Koef		0,02	0,03	0,03	0,12	0,13
Max		21,75	10,75	224,35	1209,45	5,83
Min		20,69	9,74	203,87	803,25	3,72

lignospol s.r.o.

Sídlo firmy: LIGNOTRADE spol.s r.o., Dusíkova 900/3c, 638 00 Brno-Lesná
Telefon/fax: 548 521 529, tel.: 545 223 038, M.: 724 898 111
E-mail: lignospol@tiscali.cz, info@lignospol.cz
www.lignospol.cz

TECHNICKÝ LIST

PROTOVIL VP 244/2C

PROTOVIL VP244/2C je lepidlo na bázi syntetických pryskyřic ve vodní disperzi s vynikajícími schopnostmi speciálně vyvinuté pro vodě odolné lepení. Před použitím lepidla je nutné přidat 5% katalyzátoru CTZ A20. PROTOVIL VP244/2C se používá k lepení vícevrstvých parket, oken a dveří, částí koupelnového nábytku, dřeva umístěného v tropickém prostředí, sektorových kuchyní a jejich částí jako jsou pracovní desky, dvířka, police atd. a všude tam, kde je potřeba odolnosti vůči vodě. Odpovídá normě DIN EN 204/205.

Chemicko-fyzikální vlastnosti a optimální podmínky pro používání:

- Základ	: PVAC ve vodní disperzi
- Barva	: bílá
- Teplota pro vytvoření filmu	: +6°C (teoretický údaj)
- Viskozita při 20°C, dle RVT Brookfielda	: 18.000 ± 4.000 mPas
- Specifická hmotnost při 20°C	: 1,1g/ m ² ± 1
- Doporučený nános	: 150 - 300 gr/m ² dle druhu dřeva
- Teplota prostředí a materiálu	: 18 - 20°C
- Vlhkost dřeva	: 8 - 12%
- Relativní vlhkost	: od 50% do 70%
- Otevřená doba při 20°C	: 5min.
- Doba slepení na 55% konečné pevnosti spoje	: 30 - 40min.
- Doba úplné pevnosti spoje	: 24 hodin
- Způsob aplikace	: pouze na jednu stranu
- Zařízení pro aplikaci	: válečkem, štětcem, nanášečkou lepidla
- Způsob čištění	: horkou vodou
- Skladování a životnost výrobku	: min. 12 měsíců v suché a chladné místnosti
- Doba uskladnění namíchané směsi	: 10-12 dní v dobře uzavřené nádobě
- Stupeň nebezpečnosti	: žádný, není třeba nijak označovat
- Ředění	: Přidat 5% katalyzátoru CTZ A20. Ředění vodou snižuje přilnavost a mění konečnou kvalitu slepu.
- Tlak při lepení	: 3-5 kg/ cm ²

Charakteristika katalyzátoru:

- Barva	: čirá
- Použití	: 5% na přípravu Protovilu VP244/2C

Příprava směsi:

Smícháním PROTOVILU VP244/2C a katalyzátoru CTZ20A vytvořit homogenní směs.
Při práci používat ochranné rukavice.

Konečná odolnost vůči vodě nastane po 7 dnech od slepení.


Chcete-li uložit namíchané lepidlo, používejte čisté, dobře uzavíratelné nádoby, které nesmí být z kovu.



**COLLANTI
CONCORDE**

Colle speciali per applicazioni Industriali

Příloha 20: Technický list Protovil VP 244/2C, strana 2.



Sídlo firmy : LIGNOTRADE spol s r.o., Dusíkova 900/3c, 638 00 Brno-Lesná
Telefon/fax.: 548 521 529, tel.: 545 223 038, M.: 724 898 111
E-mail: lignospol@tiscali.cz, info@lignospol.cz
www.lignospol.cz


Praktický příklad časů lepení při tlaku 4 kg/cm² a při vlhkosti dřeva 10%:

Lepené materiály:	Teplota (°C):	Čas lepení:
Dřevo tvrdé/Dřevo tvrdé	20	30 – 40 min.
Dřevo tvrdé/Dřevo tvrdé	70	10 – 12 min.
Vysoká frekvence	-	60 – 80 sekund

Upozornění:

- použijte čisté a na sebe přiléhající materiály
- lepidlo se nanáší na jednu plochu, ale při práci s masivem, tvrdým a exotickým dřevy, doporučujeme nanést lepidlo na obě plochy
- množství nanášeného lepidla záleží na typu dřeva a jeho absorpčních vlastnostech a také v jakém stavu je lepený povrch
- v průběhu otevřené doby musí být lepené části přiloženy k sobě a lisovány tak dlouho, dokud nezískají dobrou počáteční pevnost
- respektujte doporučené nánosy a otevřené doby lepidla
- příliš nízké i vysoké nánosy způsobují nedokonalé slepení
- maximální odolnost slepeného spoje se dosáhne po 24 hodinách
- odolnosti slepeného spoje vůči vodě se dosáhne po 7 dnech od slepení
- lepidlo nemění barvu, ale je potřeba zabránit kontaktu s kovovými nádobami, protože sám tanin obsažený ve dřevě může změnit jeho barvu
- po použití je potřeba nádoby s lepidlem dobře uzavřít

Doba použitelnosti lepidla: minimálně 12 měsíců od data výroby
Teplota skladování: minimálně + 10°C
CHRAŇTE PŘED MRAZEM!!!!!!
Datum aktualizace technického listu: září 2008



**COLLANTI
CONCORDE**
Colle speciali per applicazioni industriali

Technický list
Propellerleim 3W, 4B Plus



Lepidlo na dřevo 3W, 4B Plus „vrtulový klíč“

- jednosložkové polyvinylacetátové lepidlo k použití připravené, vlhkosti, vodě, teple a chladu odolné
- Propellerleim 3W, 4B plus – nastavení standard
- Propellerleim 3W, 4B plus/M10 – nastavení pro strojní nanášení
- Propellerleim 3W, 4B plus – PROTECT

Oblasti použití:

Lepidlo 3W, 4B plus je k použití připravené lepidlo na dřevo s vestavěným tvrdidlem použitelné za studena i za tepla. Lepidlo je díky své výborné spojovací síle předurčeno zvláště pro výrobu oken a domovních dveří, různých stavebních prvků a pro vnější práce. Používá se pro lepení tvrdých a měkkých dřevin, exotických dřevin, překližek, dýh a pro lepení rohových ploch a různých namáhaných ploch (mimo PVC). Pro zpracování na nanášecích strojích může být dodáno nastavení s viskózně upravenou konzistencí s označením M10.

Propellerleim PROTECT- nastavení pro výrobce oken

Lepidlo Propellerleim 3W, 4B plus – PROTECT je speciální lepidlo zejména pro výrobce oken a dveří, které obsahuje ochranné komponenty proti pronikání vody do příčného dřeva a proti tvorbě plísní.

Vlastnosti a výhody lepidla 3W, 4B plus:

Atestováno IFT Rosenheim (institut okenní techniky) dle WATT '91, s výbornou pojivou silou při vyšších teplotách. Splňuje směrnici IFT „Lepení rohových spojů rámu dřevěných oken“.

Lepidlo k použití hotové, splňuje jako jednosložkové normu DIN EN 204/D3 a skupinu D4 ve vodotěsnosti. Dodatečně byl tento produkt testován na teplotní odolnost podle rosenheimského modelu s výsledkem výborné odolnosti. Zvláště při vysokých teplotách je dosahováno velmi dobrých výsledků cca 7,5 N/mm² při 80 °C. Lepidlo 3W, 4B plus bylo IFT podrobeno speciálnímu srovnávacímu testu s dvousložkovým lepidlem D4, kde docílilo výborných výsledků v těsnosti spáry a pojivě síle. I na povětrnosti bylo dosaženo výborných výsledků dle speciální směrnice IFT „Lepené profily dřevěných oken“.

Lepidlo 3W, 4B plus je mrazuvzdorné do -30 °C, ale nutno chránit před trvalým působením mrazu.

Doporučené podmínky pro zpracování:

Nanášené množství:	cca 120 - 150 g/m ² , podle druhu dřeva a nanášecího zařízení
Zpracování:	za studena i za tepla, pro ruční i strojový nános
Teplota zpracování:	15 - 20 °C doporučená teplota
Vlhkost dřeva:	10 - 12 %
Lisovací tlak:	2 - 5 kPa/cm ²
Pracovní čas:	5 - 8 minut (dle teploty místnosti). U nastavení pro strojní nanášení se prodlužuje pracovní čas na 15 minut
Bod tuhnutí:	3 - 5 °C (nejnižší teplota, při které lze pracovat)

Doby lisování:

Časový údaj v minutách	Teplota lepení			
	cca 20 °C	40 °C	70 °C	80 °C
Lepení spár	6 - 8	5	4	3
Dýhování	8 - 10	5	3	2
Plošné lepení DKS desky	10 - 12	5 - 6	3 - 4	2

Další zpracování:

Lepení za studena: po 25 - 20 minutách.

Lepení za tepla: po vychladnutí.

Směrnice pro zpracování:

Lepidlo před upotřebením ohřát na teplotu místnosti. Jestliže je lepidlo podchlazené nebo zmrzlé, mělo by se nechat roztát při normální teplotě (teplota místnosti) a před upotřebením dobře promíchat. Za těchto podmínek bude lepidlo homogenní. Po dobu schnutí musí být lepené spoje skladovány v temperovaných prostorech, aby mohlo lepidlo dobře prolnout a spára pevně zaschnout.

Technický list **Propellerleim 3W, 4B Plus**

Lepidlo na dřevo 3W, 4B Plus „vrtulový klíč“



Skladování:

V originálním balení možno skladovat 1 rok, chránit před mrazem, zabránit styku s kovovými předměty bez nerezové úpravy.

Bod vzplanutí a třída nebezpečnosti:

Není, ustanovení pro hořlaviny se nevztahují, není povinnost značit z důvodu obsahu nebezpečných látek. I při zpracování lepidel s nízkým obsahem škodlivin je nutno dodržet obvyklá ochranná opatření.

Klasifikace a označení přípravku:

Přípravek není ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb. v platném znění není klasifikován jako nebezpečný.

S 29 Nevylévejte do kanalizace

S 36/37 Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné rukavice

První pomoc:

Zamezit přístupu dětí. Chránit se před vniknutím lepidla do očí.

Při nadýchání – *žádná zvláštní opatření nejsou nutná, dýchat čerstvý vzduch.*

Při potřísnění kůže – *znečištěný a lepidlem promočený oděv ihned svléknout. Znečištěnou kůži důkladně omýt vodou a mýdlem nebo použít vhodný čistící prostředek. Nepoužívat žádná rozpouštědla nebo ředidla.*

Při zasažení očí – *roztáhnout víčka a minimálně 10 minut důkladně vymývat proudem čisté vody, poradit se s lékařem.*

Při požití – *vypláchnout ústa vodou a ihned konzultovat s lékařem. Nevymolávat zvracení.*

Ekologie:

Nevylévat do vodstva a odpadních vod, nekontaminovat zeminu.

Informace o odpadech:

Nevylévat do kanalizace. Zbytky lepidla nechat zaschnout. Zneškodnit v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb. Kontaminovaný obal odevzdejte ve sběrných místech. Podle zákona č. 185/2001 Sb., v platném znění, je zaschlý odpad možno přiřadit k druhu odpadu 08 04 10, kategorie O. Obal zbavený zbytků přípravku je zařazen podle druhu materiálu: 15 01 02, kategorie O plastové obaly.

Dodávaná balení:

500 g plastická lahev (jen nastavení standard)

750 g dóza (jen nastavení standard)

6 kg kbelík (jen nastavení standard)

12 kg kbelík

32 kg soudek

150 kg sud (jen nastavení standard a M10)

1000 kg kontejner (jen nastavení standard)

Upozornění:

Tyto údaje jsou údaji orientačními, jejich přesnost je ovlivněna teplotou místnosti, teplotou dřeva, relativní vlhkostí vzduchu, vlhkostí lepeného materiálu a dodržováním doporučených lisovacích a pracovních časů. Doporučujeme provést vždy zkoušku na konkrétní pracovní podmínky a druh výrobku. Výše uvedené údaje jsou údaji, jež ovlivňují konkrétní podmínky, proto nezakládají právní nárok.

S uveřejněním tohoto technického listu pozbývají veškeré dříve vydané technické listy platnosti.

Výrobce:

Rhenocoll-Werk e. K., Erlenhöhe 20, D-66871 Konken bei Kusel

Výhradní distributor pro ČR: Anna Bendová - RHENOCOLL, Havlovice 29, 34401 Domažlice

ISO 9001

tel.: 379 724 676 · fax: 379 724 676 · e-mail: rhenocoll@rhenocoll.cz · www.rhenocoll.cz