

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Lepení kovových a nekovových materiálů

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Brožek, CSc

Autor práce: Bc. Lukáš Holpuch

©2016



Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

- Autor práce: Lukáš Holpuch
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Obchod a podnikání s technikou
- Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Brožek, CSc.
Garantující pracoviště: Katedra materiálu a strojírenské technologie
- Název práce: **Lepení kovových a nekovových materiálů**
Název anglicky: **Adhesive bonding of metallic and non-metallic materials**
- Cíle práce:
- shromáždit informace o technologii lepení a lepidlech dostupných na tuzemském trhu,
 - experimentálně posoudit vlastnosti lepených spojů vybraných kovových a nekovových materiálů zhotovených vybranými lepidly,
 - provést technicko-ekonomické zhodnocení.
- Metodika:
- současný stav řešeného problému (literární rešerše)
 - cíl práce a metody jejího zpracování,
 - výsledky experimentů a jejich diskuse,
 - závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce: cca 60 stran

Klíčová slova: spojování kovových materiálů, spojování nekovových materiálů, lepení

Doporučené zdroje informací:

1. BROCKMANN, W. et al.: Adhesive bonding: materials, applications and technology. Weinheim, Wiley-VCH 2009. xviii, 414 s.
2. COGNARD, P.: Adhesives and sealants: general knowledge, application techniques, new curing techniques. Oxford, Elsevier 2006. xlii, 487 s.
3. Časopisy: Manufacturing Technology, MM Průmyslové spektrum, Res. Agr. Eng., SDSM (Svařování, dělení, spojování materiálů), Strojárstvo / Strojírenství, Strojírenská technologie, Svět svaru, Technický týdeník, Technik, Zváranie / Svařování.
4. EBNEAJJAD, S.: Adhesives technology handbook. 2nd ed. Norwich, William Andrew 2008. xxi, 363 s.
5. Firemní literatura: katalogy, prospekty, prezentace.
6. KAŠPAR, Z.: Lepení konstrukčních materiálů v zemědělství (Doktorská disertační práce, školitel Milan Brožek). Praha, ČZU 2005. 125 s.
7. KOVAČIČ, Ľ.: Lepenie kovov a plastov. 2. oprav. vyd. Bratislava, Alfa 1984. 398 s.
8. MÜLLER, M.: Lepení kovových a nekovových materiálů (Doktorská disertační práce, školitel Milan Brožek). Praha, ČZU 2006.
9. Normy ČSN, ČSN ISO, ČSN EN, DIN, BS, ASTM, ASME, GOST, ...
10. PETERKA, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství. Praha, Nakladatelství technické literatury 1980. 788 s.

Předběžný termín obhajoby: 2015/16 LS - TF

Elektronicky schváleno: 20. 4. 2015
doc. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 27. 4. 2015
prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma lepení kovových a nekovových materiálů vypracoval sám pod vedením prof. Ing. Milan Brožek, CSc. A uvedl jsem všechnu literaturu, kterou jsem použil.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce za odborné konzultace, vhodné rady a strávený čas. Dále děkuji mé rodině za podporu a trpělivost nejen při psaní práce, ale při celém studiu.

Abstrakt:

Cílem diplomové práce bylo shromáždění informací o technologii lepení a lepidel dostupných na tuzemském trhu. Dalším cílem bylo experimentálně posouzení vlastností lepeného spoje vybraných zkušebních vzorků a to jak kovových, tak nekovových, které byly zhotoveny vybranými lepidly. Celý proces je vyhodnocen a doplněn o ekonomicko-technické vyhodnocení pro každé lepidlo a materiál.

Diplomová práce je rozdělena do 4 hlavních kapitol. V první části je popsána technologie lepení. Její historie, podstata, struktura, příprava povrchu před lepením, volba lepidla a všechny důležité faktory, které se musí zohlednit při lepení. V další části je zahrnutá experimentální zkouška pevnosti pro kovové a nekovové materiály. V následující části je podrobné vyhodnocení pevnosti pro použité lepidla. V závěru práce je kompletní technicko-ekonomické zhodnocení, které je doplněno o tabulky a grafy.

Abstrakt:

The aim of diploma thesis was to collect information of the bonding technology and adhesives available in the local market. Another aim was to assess experimentally the properties of adhesive joints made of metallic and non-mettalic materials which were made by selected adhesives. The whole process is evaluated and complemented by techno-economic evaluation of each adhesive and material.

This thesis is divided into 4 main chapters. The first part describes the bonding technology. Its history, nature, structure, surface preparation prior to bonding, the choice of adhesive and the all important factors which must be taken into account when bonding. The next section includes experimental test of strength for metallic and non-metallic materials. In the following part is a detailed evaluation of the strength of the adhesive used. The conclusion is a complete techno-economic assessment, which is supplemented by tables and graphs.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika diplomové práce.....	2
2.1	Cíl práce a metodika	2
2.2	Praktická část	2
3	Technologie lepení	3
3.1	Historie lepení.....	4
3.2	Struktura lepeného spoje	4
3.2.1	Důležité vlastnosti procesu lepení	5
3.2.2	Podstata lepení.....	6
3.3	Způsoby lepení.....	6
3.4	Namáhání lepeného spoje.....	8
3.5	Příprava materiálu pro technologii lepení.....	9
3.5.1	Kapková zkouška	9
3.5.2	Tryskání	10
3.5.3	Leštění	10
3.5.4	Broušení.....	10
3.6	Volba Lepidla	11
3.7	Použitá lepidla v diplomové práci.....	12
3.7.1	Den Braven - Tectane 1001 U.....	12
3.7.2	Den Braven – Zwaluw D2	12
3.7.3	Pattex Wood Expres	12
3.7.4	Herkules.....	13
3.7.5	Soudal – univerzální kontaktní lepidlo	13
3.7.6	Termik 251.....	13
3.7.7	CHS Epoxy 1200.....	14
3.7.8	UHU metall	14

3.8	Vytvrzování lepených spojů	14
3.9	Rozdělení lepidel.....	15
3.10	Výhody a nevýhody lepení kovových a nekovových materiálů	20
3.11	Faktory ovlivňující pevnost lepeného spoje	21
3.11.1	Typ materiálu	22
3.11.2	Vhodnost použití lepidla	22
3.11.3	Prostředí pro ideální lepení.....	23
3.11.4	Teplota lepení.....	23
3.11.5	Množství lepidla	23
3.11.6	Dávkování lepidla	24
3.11.7	Skladování lepidla.....	24
3.12	Lepení materiálu	25
3.12.1	Lepení kovových materiálů	26
3.12.2	Lepení nekovových materiálů	27
3.13	Bezpečnost při lepení.....	28
3.13.1	Technologie lepení použitá v praxi.....	29
4	Praktická část diplomové práce	30
5	Metodika měření.....	31
5.1	Norma ČSN EN 1465	31
5.2	Univerzální zkušební stroj.....	32
5.2.1	Postup zjištění pevnosti.....	32
5.2.2	Výpočty.....	34
5.3	Zpracování výsledků kovových materiálů.....	35
6	Vyhodnocení.....	37
6.1	Zpracování výsledků kovových materiálů.....	37
6.1.1	Lepidlo Soudal – univerzální kontaktní lepidlo	38

6.1.2	Lepidlo UHU Metall	39
6.1.3	Lepidlo CHS EPOXY 1200	40
6.1.4	Lepidlo TECTANE 1001 U	41
6.2	Nekovové materiály.....	42
6.3	Zpracování výsledku nekovových materiálů.....	43
6.3.1	Lepidlo Herkules	44
6.3.2	Lepidlo Termik 251	45
6.3.3	Lepidlo Tectane 1001 U.....	46
6.3.4	Lepidlo CHS EPOXY 1200	47
6.3.5	Lepidlo PATTEX WOOD.....	48
6.3.6	Lepidlo Zwaluw D2	49
7	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	50
7.1.1	CHS EPOXY 1200.....	50
7.1.2	Tectane 1001 U	52
7.1.3	Zwaluw D2	53
7.1.4	Pattex Wood.....	54
7.1.5	Herkules.....	56
7.1.6	UHU Metall.....	57
7.1.7	Soudal – univerzální kontaktní lepidlo	59
7.2	Shrnutí ekonomického zhodnocení.....	60
8	Závěr	61
9	Seznam použité literatury	63
9.1	Seznam tabulek.....	65
9.2	Seznam obrázků.....	66
10	Přílohy.....	I

1 Úvod

Tato práce pojednává o technologii lepení a to jak kovových, tak nekovových materiálů. Technologie lepení je v dnešní době progresivní metoda, která je velmi používaná a to z důvodu relativně velké pevnosti a nízkých nákladů. Technologie spojování pomocí lepení se v dnešní době používá v letectví, zdravotnictví, ale hlavně v automobilovém průmyslu.

Úvod diplomové práce se věnuje stručné teorii. Především samostatné technologii, faktorů, které mohou razantně ovlivnit výsledek lepení. V teoretické části je také popsáno srovnání výhod a nevýhod lepení kovových a nekovových materiálů.

Diplomová práce se zaměřuje na shromáždění informací o technologii lepení konkrétních materiálů. Jedná se o materiály, které jsou nekovové (bříza, smrk, borovice, třešeň, ipe) a kovové (ocel, měď, pozinkovaná ocel, hliník, dural, mosaz). Tyto materiály jsou spojeny pomocí různých lepidel, které jsou popsány v kapitole použité lepidla v diplomové práci. Kovové materiály byly před lepením otryskány. Každý vzorek v diplomové práci je vyhodnocen pomocí tahové zkoušky a následné ekonomické zhodnocení poukazuje na ekonomickou stránku daného lepidla a pevnosti vzorku.

V praktické části jsou vyobrazeny grafy a tabulky, popisující pevnost a vyhodnocení pevnosti pro dané materiály. Nalezneme zde vykalkulované náklady a porovnání pevnosti u stejných materiálů při použití různorodých materiálů. Kompletní vyhodnocení poskytuje jak technologický, tak i ekonomický náhled nad použitou technologií lepení při použití totožných materiálů jaké jsou uvedeny v praktické části. V závěru práce je ekonomické zhodnocení technologie lepení pro konkrétní materiály. Tyto závěry nejsou jen ve formě slovního popisu, ale i v grafickém vyobrazení.

2 Cíl práce a metodika diplomové práce

V následujících podkapitolách je rozepsán cíl a metodika diplomové práce.

2.1 Cíl práce a metodika

Cíl práce je podrobné shromáždění literárních podkladů a uvedení do problematiky lepení. Diplomová práce se zaměřuje na kompilaci literární rešerše a vědeckých pramenů dostupných v dnešním světě. Jejich zpracování a uvážení, která lepidla a metody lepení mají nejpříznivější vlastnosti. Dále sestavení technicko-ekonomického zhodnocení pro jednotlivá lepidla. Pro zviditelnění daných faktů jsou použity grafy a přílohy, které vycházejí z praktické části práce.

2.2 Praktická část

Praktická část je zaměřena na experimentální stanovení pevnosti kovových a nekovových lepených spojů, které jsou spojeny pomocí různých lepidel. Lepené spoje jsou ovlivněny faktory, jako příprava povrchu materiálu, ale i adhezními a kohezními vlastnostmi.

3 Technologie lepení

Technologie lepení je v současné době velmi často používaná metoda a to pro spojování kovových i nekovových materiálů. Lepení je však vhodné i pro mnoho dalších materiálů. Tato technologie se používá v různých průmyslových odvětvích. Jako je například automobilový nebo letecký průmysl, zdravotnictví atd. (LENFELD, 2002).

Tato technologie je progresivní metoda, která umožňuje vytvářet vazby na povrchu materiálu, které chceme slepit dohromady. Kvalita lepeného spoje je však závislá na přípravě povrchu materiálu a na použitém lepidlu, přesněji na jeho druhu a množství. (EBNESAJJAD, 2011).

Lepení je spojení dvou sourodých nebo různorodých materiálů pomocí lepidla. Pevnost lepeného spoje je ovlivněna přilnavostí a soudružností lepidla. Pro lepší přilnutí jsou lepidla převážně v kapalném stavu. Technologie lepení v sobě zahrnuje již od počátku kapku zdravého rozumu, proto se musí brát ohled na vhodné lepidlo, materiál a použití správného způsobu slepení spoje. (LEAR, 2010).

Celý proces spojení je složen z určitých fází. V první fázi se musí zvolit, jaké lepidlo se použije. V další fázi se musí materiál připravit pro lepení. Poté následuje nanášení lepidla na materiál, kde se musí dbát na pečlivost, přesnost nanášení a množství lepidla. V poslední fázi se vyčká na vytvrzení lepidla. Poté lze vizuálně zhodnotit celý spoj.

Všechny procesy se musí vykonávat s velkou pozorností, protože chyby se během lepení vizuálně neprojeví. Projeví se ve finálním výrobku a to přesněji v pevnosti lepeného spoje. (BROCKMANN, GEIß, KLINGEN, SCHRÖDER, 2009).

Technologie lepení doplňuje některé postupy spojení dvou a více materiálů příkladem jsou technologie pájení, nýtování, svařování. Avšak před lepením musí být pečlivě mechanicky, případně chemicky očištěny lepené plochy. Procesy vykonané pro očištění ploch výrazně zvyšují pevnost lepeného spoje. Tyto procesy se stávají nezbytné pro dosažení kvalitních výsledků lepení. (ZÁRUBA, 2015).

Teorie lepení se opírá o vztahy a vzájemné působení molekul. Při lepení se také uplatňují fyzikální síly, mezimolekulární síly a chemické vazby. Lepení se proto stává velmi

používanou metodou. Výhody převyšují nevýhody a to je základ k úspěchu. (BROCKMANN, GEIß, KLINGEN, SCHRÖDER, 2009).

3.1 Historie lepení

Pojem lepidlo a lepení sahá do raného období lidských dějin. První prokázané používání lepidla bylo zaznamenáno již 4000 př. n. l. Lepidla byla vyrobena z pryskyřice, kaučuku a přírodní gumy. Nicméně první výrobky lepidla se datují již kolem roku 1700 v USA a Anglii. Ještě dříve Číňané vyráběli ze šťáv a jmelí směs (ptačí lepidlo), kterým natírali části stromů, aby ulovili ptactvo. (PETERKA, 1980).

Lepení je tedy velmi stará metoda spojování. Tento fakt dokazují i dnes zbývající domorodci na naší planetě, kteří využívají ke spojení např. včelí vosk ke spojování rozbitého nádobí. (SVĚT LEPIDEL, 2010).

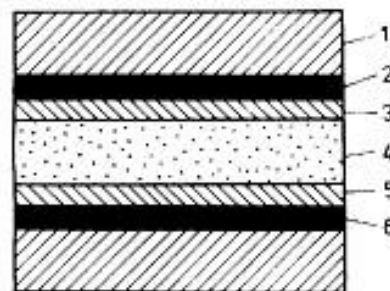
Pro lepení nekovových materiálů, především dřeva, se dříve používal klíč, který byl postupem času nahrazen lepidly rozpouštědlovými, tavnými, epoxidovými a dalšími. Lepení dřeva v sobě skrývá více, než se na první pohled zdá, dřevo je tvořeno strukturou, která se různě roztíná, a na tuto vlastnost si musíme dát velký pozor při návrhu lepeného spoje. (LENFELD, 2002).

Naopak u kovových spojů se dříve používali a nadále používají metody spojení pomocí nýtování, svařování a pájení. Tyto metody jsou v dnešní době nahrazovány lepením, samozřejmě pouze tam, kde to lze nahradit. Lepení nahrazuje tyto metody hlavně z důvodu skvělých vlastností, které lepení má, oproti zmiňovaným metodám. Především se jedná o ekonomickou stránku metody. (BROCKMANN, GEIß, KLINGEN, SCHRÖDER, 2009).

3.2 Struktura lepeného spoje

Lepený spoj se skládá z tzv. struktury lepeného spoje. Jedná se o spojovaný materiál jinak řečeno substrát nebo adherend a lepidlo jinak řečeno adhezivum. Grafické znázornění struktury lepeného spoje je na obr. 1. (GREGOR, 2015).

- 1) Lepený materiál (adherend)
- 2) Přilnavostí oblast lepidla
- 3) Přejížděvací oblast lepidla
- 4) Nanesené množství lepidla (adhezivum)



Obr. 1 Struktura lepeného spoje (GREGOR, 2015).

5) Přejchodová oblast lepidla

6) Přilnavostí oblast lepidla

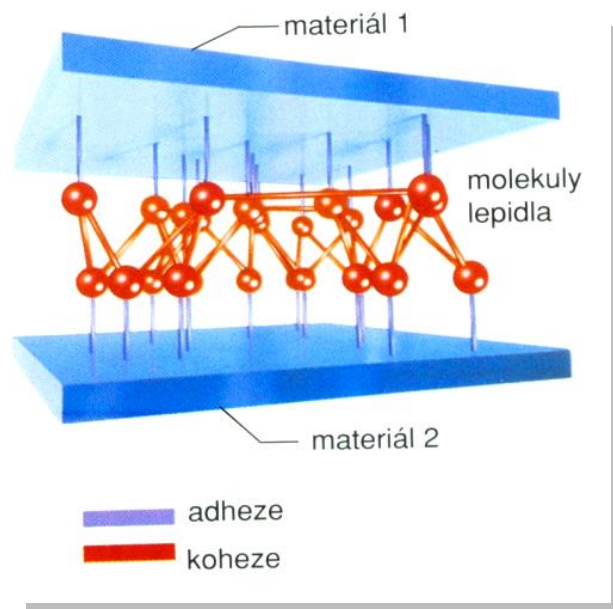
V praxi rozlišujeme spojení různého a stejného materiálu. V případě spojování různého materiálu se jedná o heteroadhezi. Naopak když spojujeme stejnorodé materiály, tak se jedná o autoadhezi. (GREGOR, 2015).

Celková lepivost lepidla je udávána z adheze a koheze, tato lepivost závisí na mnoha faktorech, především na slepovaném materiálu, povrchu materiálu, pórovitosti, teplotě, druhu lepidla, schnutí a vlhkosti atd. (LEAR, 2010).

3.2.1 Důležité vlastnosti procesu lepení

Lepení je spojení stejných nebo různorodých materiálů pomocí lepidla. Aby spoj správně držel, měl by splňovat vlastnosti, jako jsou adheze a koheze. Záleží i na dalších vlastnostech materiálu, jako je např. tvrdost, pevnost, křehkost.

Adheze je přilnavost lepidla. Jsou to chemické a fyzikální síly, které působí mezi lepidlem a materiálem. Koheze můžeme charakterizovat jako schopnost, při které jsou síly vzájemně vázány. Koheze je tedy soudržnost materiálu. (MRŇA, 2014). Na obr. 2, je znázorněno, kde se vyskytuje adheze a koheze.



Obr. 2 Adheze a Koheze (MRŇA, 2014)

3.2.2 Podstata lepení

Shrneme-li všechny přednosti a nedostatky technologie lepení, zjistíme, že lepení je velmi důležitým doplňkem tradičních metod spojování součástí. Technologie lepení, je používána tam, kde ostatní metody být použity nemohou. Technologie lepení má své kladné a záporné stránky. Obě tyto stránky jsou shrnuty v tab. 1. (PETERKA, 1980).

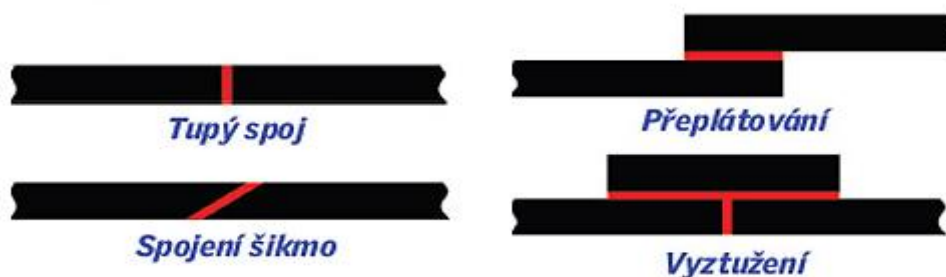
Tab. 1 Přednosti a nedostatky lepení (PETERKA, 1980)

Přednosti:	Nedostatky:
Zvýšení pevnosti	Malá odolnost proti vysokým teplotám
Tlumení vibrací	Nutná pečlivá úprava ploch před lepením
Snížení hmotnosti	Vytvrzovací doba pro dosažení úplné pevnosti
Těsnost spoje	Potřeba dalšího strojního zařízení (v průmyslu např. dávkovače).

3.3 Způsoby lepení

Vzniklý lepený spoj potřebuje pevné přilnutí lepidla. Pevnost lepeného spoje závisí na přípravě spoje, druhu lepidla, velikosti překládaných ploch, spojovaném materiálu, ale také na způsobu lepení.

Spojení materiálů lze provést různými způsoby lepení viz obr. 3. Vyobrazené způsoby patří k nejčastějším způsobům lepení. Mezi další závažné faktory, které ovlivní výsledný slepený spoj, je nanášení lepidla. Nanášením lepidla docílíme souvislé, rovnoměrné vrstvy o určité tloušťky. Lepidlo se obvykle nanáší na obě strany vzorků. (ZÁRUBA, 2015).



Obr. 3 Způsoby lepení (ZÁRUBA, 2015)

V praktické části byl použit postup lepení pomocí přeplátování, jak lze vidět na obr. 4. Po slepení materiálů byl spoj zatížen závaží, aby se dosáhlo lepších pevnostních výsledků a také z důvodu, aby se daný spoj neposouval. (ZÁRUBA, 2015).



Obr. 4 Způsob lepení pomocí přeplátování (vlastní foto)

Lepené plochy musí být tedy důkladně očištěné a to jak mechanicky, tak chemicky, abychom dosáhli maximálních výsledků pevnosti. Lepidlo se nanáší u drsných povrchu na obě strany slepovaného materiálu a naopak u hladkých vzorků se nanáší na jednu stranu.



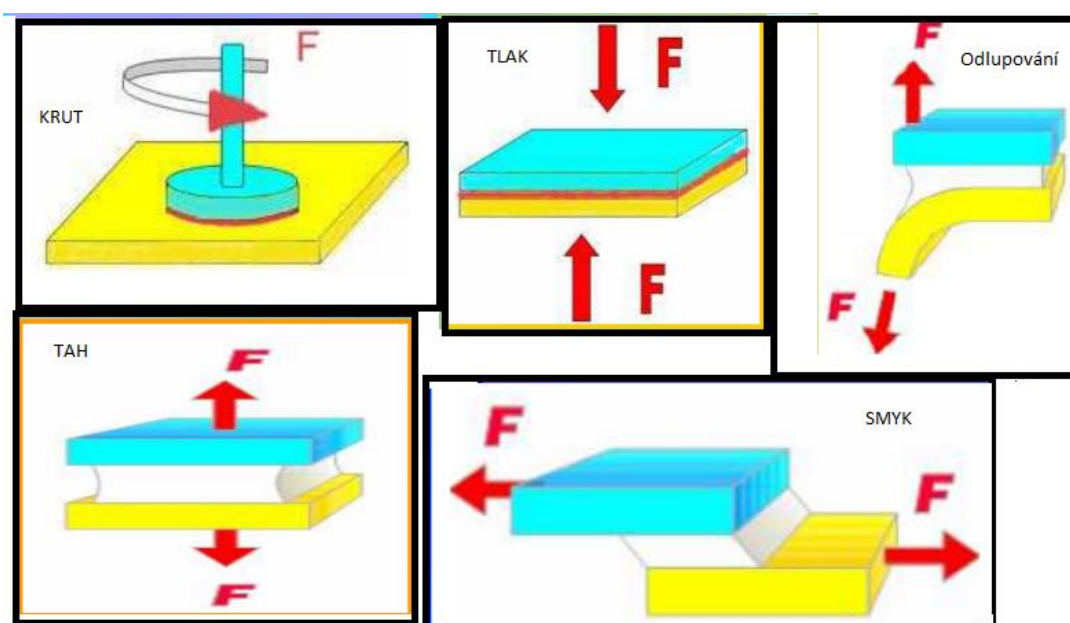
Obr. 5 Čistící souprava (vlastní foto)

Ovšem toto pravidlo nemusí vždy platit, rozhoduje konkrétní povrch materiálu. Slepovaný spoj musí být důkladně zatížen a zafixován. Všechny kovové vzorky, které byly v této diplomové práci slepeny, byly před slepením otryskány, odmaštěny a osušeny (fénem) pomocí perchlorethylenu a štetěčku, jak je vyobrazeno na obr. 5. (EBNESAJJAD, 2011).

3.4 Namáhání lepeného spoje

Lepný materiál a lepidlo způsobují vnitřní pnutí. Místa ve spoji, kde dochází k nejvyššímu pnutí, se uvolní nejdříve a tím způsobí zmenšení pevnosti celého spoje. Obvykle zde dochází k namáhání v tahu, tlaku a smyku.

Nicméně lepené spoje velmi dobře snášejí tato namáhání, ale naopak jsou velmi náchylná k namáhání odlupování. U běžně lepených spojů dochází ke kombinaci všech namáhání. Příklady namáhání jsou znázorněny níže na obr. 6. (GREŠKO, 2012).



Obr. 6 Příklady namáhání (GREŠKO, 2012).

Při lepení materiálu je důležité zvolit vhodné lepidlo. Tato volba, může mít katastrofické následky, když není zvolena správně. Je nutné při lepení dodržovat technologické podmínky.

Lepené spoje by měly vyhovovat předepsaným požadavkům. Abychom těchto požadavků mohli dosáhnout, musíme se seznámit s fyzikálními, mechanickými a chemickými vlastnostmi lepidla a lepeného materiálu. (GREŠKO, 2012).

3.5 Příprava materiálu pro technologii lepení

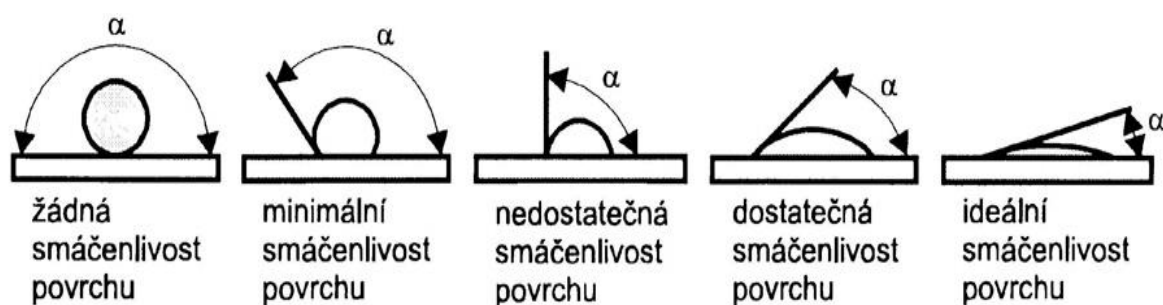
Příprava materiálu je nezbytná pro dosažení správné pevnosti lepeného spoje. Lze tedy prohlásit, že čím je plocha materiálu lépe připravená, tím jsou dosaženy lepší výsledky pevnosti spoje. Materiál lze upravit pomocí fyzikálně mechanických nebo chemických metod. Také lze použít jejich kombinaci. Mezi fyzikální úpravy povrchu lze například zařadit kartáčování, broušení, tryskání a mezi chemické úpravy lze zařadit odmašťování, moření aj. (KOVAČIČ, 1984, BROŽEK, 2001, MÜLLER, 2006).

Příprava materiálu by se rozhodně neměla podceňovat. Jedná se totiž o proces, který může významně ovlivnit pevnost spoje. Před samotným lepením by se mělo dohlédnout na to, aby na povrchu materiálu nebyla žádná nečistota, která by významně ovlivnila pevnost lepeného spoje. Povrchy, které mají povrch upravený, dosahují oproti povrchům neupraveným, až o 90 % lepších výsledků. (PETERKA, 1980, MELEZÍNEK, 1961).

V této diplomové práci byly konkrétně použity metody přípravy povrchu pomocí tryskání a povrchového očištění. Zlepšení povrchu pomocí tryskání je popsáno v podkapitole č. 3.5.2.

3.5.1 Kapková zkouška

Při lepení materiálu je vhodné provést kapkovou zkoušku. Tato zkouška nám pomůže zjistit slepitelnost materiálu. Kapková zkouška se provádí tak, že na lepený materiál nanese kapku vody (případně lepidlo) a podle svíraného úhlu mezi kapkou a základním materiálem lze velmi jednoduše vyhodnotit, zdali je materiál slepitelný. Vzniklý úhel α by měl být menší než 25° , aby vznikl předpoklad pro vznik lepeného spoje o správné kvalitě (někteří autoři ovšem uvádí uhel 20° i 15°). Jak vypadá smáčenlivost pro určité úhly je znázorněno na obr. 7. (DROBNÝ, 2015).



Obr. 7 Kapková zkouška (DROBNÝ, 2015).

3.5.2 Tryskání

Otryskávání je známo také pod pojmem pískování. Tato technologická metoda se používá k opracování rozdílných povrchů. Obvykle jsou to tvrdé materiály. Celý postup spočívá v proudu jemných částic (abrazivních částic), které dopadají na povrch materiálu. (DROBNÝ, 2015).

Mezi velmi používané abraziva patří ocelová nebo litinová drť, dále jsou to ocelové nebo litinové granuláty. V praxi se tryskání používá velmi často ve strojírenství. Konkrétně k očištění stroje před lakováním, tryskání má však i další využití např. ve stavebnictví k úpravě fasád atd. Proces tryskání jsem použil pro své vzorky z kovového materiálu. Zkušební vzorky byly otryskány pomocí tryskací tlakové komory, která je zobrazena na obr. 8. Mezi další abraziva, která se v praxi běžně používají, musíme zařadit balotinu, růžový korund, bílý korund, sekaný ocelový drát, ocelový granulát, plast a dokonce i drcené ořechové skořápky. (PS WORKS, LEAR, 2016, 2010).



Obr. 8 tryskací kabina
(PS WORKS, 2016)

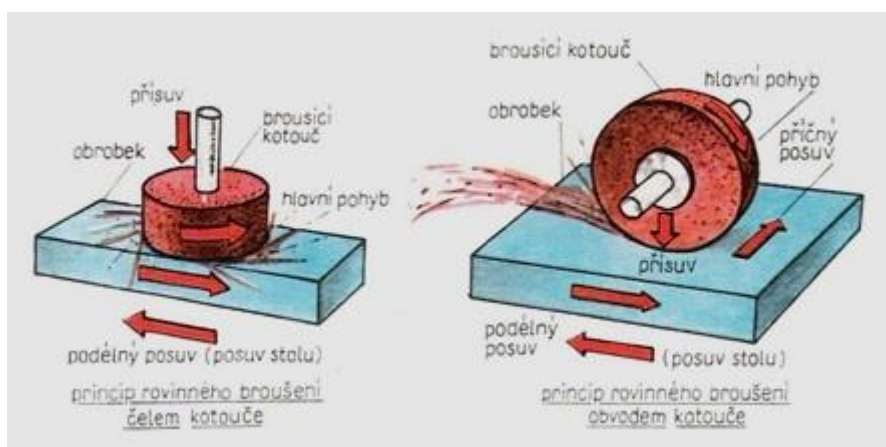
3.5.3 Leštění

Leštění je další operace, která dopomáhá ke zlepšení povrchové jakosti výrobku. Výhodou této metody je, že nedochází k dalšímu úbytku materiálu, ale dochází k úpravě povrchové drsnosti. Úprava povrchu se provádí pomocí mechanického, elektrolytického nebo chemického leštění. (OSTEN, 1986).

3.5.4 Broušení

Broušení patří mezi starší metody, při kterých dochází k odebírání velmi tenké vrstvy materiálu brousicím nástrojem, který je silou přitlačován k broušenému povrchu. Pomocí broušení se odstraňují nežádoucí nečistoty na povrchu, jako je například rez a oxidové vrstvy. V praxi se však častěji pro tato nežádoucí nečistoty využívá technologie tryskání než broušení. (HLUCHÝ, 1978).

Princip broušení materiálu využívá rotační kotouč, který má po obvodu nalepené brusivo s potřebnou zrnitostí. Velikost zrn záleží na jakosti, kterou chceme docílit u broušeného materiálu. Základní princip broušení je vysvětlen na obr. 9.(HLUCHÝ, 1978).



Obr. 9 Rovinné broušení (HLUCHÝ, 1978).

3.6 Volba Lepidla

Správné zvolení lepidla je základní kámen pro zhotovení spoje o požadované kvalitě. Volba lepidla závisí na určitých parametrech. Tyto parametry jsou uvedené v tab. 2 a výrazně ovlivňují vlastnosti lepeného spoje. (LEAR, 2010).

Tab. 2 Parametry volby lepidla

Parametry závislé na volbě lepidla	
1	Chemická podstata (dřevo, kov aj.)
2	Požadovaná technologie (nanášení ručně, strojně, za tepla atd.)
3	Savost / nesavost lepeného materiálu
4	Požadavky na rychlost, teplotní odolnost
5	Požadavky na pevnost, vodovzdornost, tuhost

V diplomové práci byla použita lepidla od různých distributorů z České republiky. Konkrétní lepidla jsou shrnuta níže v tab. 3.

Tab. 3 Použitá lepidla

Použitá lepidla
Den Braven (Tectane 1001 U), Den Braven (Zwaluw D2), Pattex Wood, Druchema (Herkules), UHU Metall, Soudal – univerzální kontaktní lepidlo, Termik 251, CHS EPOXY 1200.

3.7 Použitá lepidla v diplomové práci

V následujících kapitolách jsou vypsána konkrétní lepidla, která byla použita v diplomové práci.

3.7.1 Den Braven - Tectane 1001 U



Lepidla Tectane 1001 U jsou od nizozemské společnosti Den Braven. Lepidla Tectane 1001 U jsou vhodná pro lepení plastů, kovu, skla, keramiky, kůže i dřeva. Internetové stránky pro lepidlo Tectane 1001 U: <http://www.denbraven.cz/>. Na obr. 10, lze vidět konkrétní použité lepidlo.

Obr. 10 Lepidlo Tectane 1001 U

3.7.2 Den Braven – Zwaluw D2



Lepidla Zwaluw D2 jsou od nizozemské společnosti Den Braven, která je nabízí již přes 40 let. Lepidla mají širokou škálu použití, nejen pro domácí kutily, ale i pro profesionální truhláře. Internetové stránky pro lepidlo Zwaluw D2: <http://www.denbraven.cz/>. Na obr. 11, lze vidět konkrétní použité lepidlo.

Obr. 11 Lepidlo Zwaluw D2

3.7.3 Pattex Wood Express



Lepidla Pattex pochází ze společnosti Henkel. Jeho historie je velmi bohatá a již v roce 1958 se považovalo za standard u většiny obuvníků pro opravy obuvi. Internetové stránky pro lepidlo Pattex: <http://www.pattex.cz/cs>. Na obr. 12, lze vidět konkrétní použité lepidlo.

Obr. 12 Lepidlo Pattex Wood

3.7.4 Herkules

Univerzální lepidlo vhodné jak pro papír, dřevo, kůži a další savé materiály. Pochází od společnosti Druchema, kdy byl uveden na trh v 50-60 letech. Internetové stránky pro lepidlo Herkules: <http://www.herkules-lepidlo.cz/>. Na obr. 13, lze vidět konkrétní použité lepidlo.



Obr. 13 Lepidlo Herkules

3.7.5 Soudal – univerzální kontaktní lepidlo

Lepidla Soudal pochází ze společnosti INVA, která nabízí lepidla Soudal již od roku 1994. Nabízí široký sortiment jak lepidel, tak tmelů a pěn. Internetové stránky společnosti: <http://www.soudal.cz/>. Na obr. 14, lze vidět konkrétní použité lepidlo.



Obr. 14 Lepidlo Soudal – univerzální kontaktní lepidlo

3.7.6 Termik 251

Jedná se o lepidlo do tavné pistole, jsou to tavné tyčinky. Vhodné pro lepení dekorací. Na obr. 15a, lze vidět tavnou pistoli a na obr. 15b, použité tavné tyčinky.



Obr. 15a, b Tavná pistole a tavné tyčinky

3.7.7 CHS Epoxy 1200

Jedná se epoxidovou pryskyřici, která se používá pro lepení kovů, skla, keramiky a další má velikou škálu použití. Aktivátorem je zde tvrdidlo. Internetové stránky výrobce lepidla CHS epoxy 1200 jsou: <http://www.sincolor.cz/>. Na obr. 16, lze vidět CHS epoxy 1200 a na obr. 17, lze vidět použité tvrdidlo.



Obr. 16 Lepidlo
CHS EPOXY 1200



Obr. 17 Tvrdidlo P 11

3.7.8 UHU metall

Jedná se o kontaktní lepidlo určené především pro lepení kovů a jemných povrchů. Jeho velkou výhodou je jeho velká odolnost proti velkým teplotám. Internetové stránky výrobce lepidla uhu: <http://www.uhu.cz/cs/>. Na obr. 18, lze vidět jak lepidlo UHU metall vypadá.



Obr. 18 Lepidlo UHU metall

3.8 Vytvrzování lepených spojů

Na pevnosti lepeného spoje závisí doba vytvrzení. Aby lepený spoj dosáhl maximální pevnosti, potřebuje k tomu určitou dobu, která se liší podle použitého lepidla při lepení materiálů. U sekundových lepidel výrobci obvykle doporučují vyčkat 24h po slepení (tato doba se liší podle výrobce). Poté je možné spoj zatížit. U všech lepidel, by se měla dodržovat doba vytvrzení uvedená na obalu lepidla. (LEAR 2010, MÜLLER, 2003).

Podle vytvrzování se dají lepidla rozdělit do určitých kategorií:

- Vytvrzená anaerobní reakcí
 - Lepidla se vytvrzují v pokojové teplotě, obvykle se jedná o jednosložkové látky.
- Vytvrzená ultrafialovým zářením
 - Vytvrzení závisí na intenzitě, vlnové délce ultrafialového záření.
- Vytvrzení aniontovou reakcí
 - Lepidla zde polymerují ve styku s alkalickými povrchy, k vytvrzená dochází obvykle během několika sekund.
- Vytvrzovací aktivátory
 - Použitím aktivátoru dochází k vytvrzení spoje, obvykle během pokojové teploty.
- Vytvrzení okolní vlhkostí
 - Lepidla obvykle polymerují kondenzační reakcí, patří sem silikony a polyuretany.
- Vytvrzování teplem
 - Jedná se o jednosložková lepidla, čím vyšší je teplota vytvrzení, tím kratší je doba vytvrzení. Typickým příkladem jsou epoxidová lepidla.

3.9 Rozdělení lepidel

V současnosti existuje mnoho způsobů rozdělení lepidel. V této kapitole najdeme obecné rozdělení, které by mělo pokrýt použitá lepidla v praktické části práce. Jednotlivé druhy lepidla jsou doplněny o vytvrzení, vhodnost a použití. Lepidla se dají rozdělit například podle těchto druhů:

- chemického druhu lepeného materiálu,
- fyzikálních vlastností lepeného materiálu,
- velkou roli zde hraje i požadovaná kvalita lepeného spoje,
- posledním faktorem je použitá technologie lepení.

Mezi základní rozdělení lepidel, lze zařadit rozdělení lepidel podle stavu, v kterém se lepidlo nachází:

- Kapalný – reaktivní (dvousložková, jednosložková), rozpouštědlová, vodná roztoková, vodná disperzní.
- Pevný – tavná, redispergovatelné prášky.

V následujících tab. 4 až 9, lze vidět rozdělení druhů lepidel z pohledu vytvrzení, vhodnosti a použití. Reaktivní lepidla jsou lepidla, která tuhnou vlivem zvýšení teploty, kontaktu s kovem nebo přidáním tvrdidla. Více v tab. 4. (LEAR 2010, MÜLLER, 2003).

Tab. 4 Reaktivní lepidla

Reaktivní lepidla			
Druh lepidla	Vytvrzení	Vhodnost	Použití
Epoxidová	Chemická reakce mezi tvrdidlem a pryskyřicí	Dřevo, kov, keramika, sklo	Konstrukční lepení dřeva, automobilový průmysl
Polyuretanová	Chemická reakce mezi tvrdidlem a pryskyřicí	Termoplasty, dřevo, kov, kůže	Strojírenství, spojování plastových folií
Silikonová	Vlivem vlhkosti	Pružné těsnicí hmoty zabraňující protékání	Sanitární technika, stavebnictví
Fenol formaldehydová	Působení silně kyselého katalyzátoru	Pevné vodovzdorné konstrukční lepení dřeva,	Dřevozpracující průmysl
Kyanoakrylátová	Vlivem vlhkosti	Kov, plast, pryž, dřevo	Strojírenství

Rozpouštědlová lepidla jsou lepidla, která mají dobrou adhezi k ostatním materiálům, jako základní pojivo jsou zde, přírodní a syntetické látky. Pracují na principu vytvrzení a vsáknutí do materiálu přičemž následuje odpaření rozpouštědla. Více v tab. 5.

Tab. 5 Rozpouštědlová lepidla

Rozpouštědlová lepidla			
Druh lepidla	Vytvrzení	Vhodnost	Použití
Chloroprenová	Odpaření rozpouštědel a vulkanizace kaučuku	Kontaktní lepení kůže, pryže, kovu, plastů,	Obuvnictví, stavebnictví,
Polyuretanová	Odpaření rozpouštědel nebo reakce s tužidlem	Kontaktní lepení kůže, některých plastů (PVC)	Dopravní prostředky, obuvnictví
Kaučuková	Odpaření rozpouštědel	Kůže, pryže, PU pěny	Stavebnictví, výroba nábytku
Polyvinylacetátová	Odpaření rozpouštědel	Dřevo, papír, textil, sklo	Výroba nábytku a hraček
Nitrocelulózová	Odpaření rozpouštědel	Dřevo, papír, kůže, textil	Hračky, hobby

Vodná roztoková lepidla jsou specifická tím, že se vytvrzují pomocí odpaření vody. Nejčastěji se používají v papírenském průmyslu, bývá také použito např. při lepení tapet. Jejich rozdělení je shrnuto v tab. 6.

Tab. 6 Vodná roztoková lepidla

Vodná roztoková lepidla			
Druh lepidla	Vytvrzení	Vhodnost	Použití
Škrobová	Odpaření vody	Papír, pytle, trubice	Papírenský průmysl
Dextrinová	Odpaření vody	Papír, pytle, trubice	Papírenský průmysl
Kaseinová	Odpaření vody	Papír, etikety	Obalový průmysl
Klíhová	Odpaření vody	Dřevo, kartonáž	Hudební nástroje
Vodní sklo	Odpaření vody	Pytle, trubice	Papírenský průmysl

Vodná disperzní lepidla jsou víceúčelová, jsou nehořlavé a v tekutém stavu. Obsahují malé množství organických rozpouštědel. Velkou výhodou je jejich odolnost proti UV záření a

stárnutí. Další výhodou je nízká pořizovací cena a rychlý nárůst počáteční lepivosti. Mají velké spektrum použití v průmyslu více v tab. 7.

Tab. 7 Vodná disperzní lepidla

Vodná disperzní lepidla			
Druh lepidla	Vytvrzení	Vhodnost	Použití
Akrylátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Papír, plast, textilie	Obalový průmysl, stavebnictví,
Styrenakrylátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Keramika, PVC, beton	Stavebnictví přípravky do malt a betonu)
Polyvinylacetátová	Odpaření vody	Dřevo, papír	Papírenský a dřevozpracující průmysl, knih
Kaučuková	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Upravený papír, plastové folie	Obalový průmysl, polygrafie, knihy
Polyuretanová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Plastové folie, PU pěny	Automobilový průmysl, obalový průmysl, výroba čalounění

Tavná lepidla jsou při normální teplotě ve formě pevné látky, avšak při zahřátí se mění jejich stav na tekutý, roztaví se a mohou se nanést na lepený spoj. Další možností je, že lepidlo je ve formě granulí, nebo fólie, které se nanese na povrch lepeného spoje a zahřeje se. Musíme však použít i minimální tlak, kterým materiál spojíme. Velkou výhodou je, že po opětovném zahřátí materiálu lze lepený spoj opět rozpojit.

Z toho plyne, že materiál musí po zalepení zůstat v klidu, aby lepený spoj dostatečně ztuhl a dosáhl požadovaných vlastností, kterých chceme dosáhnout. Rozdělení tavných lepidel je shrnuto v tab. 8.

Tab. 8 Tavná lepidla

Tavná lepidla			
Druh lepidla	Vytvrzení	Vhodnost	Použití
EVA kopolymery	Ochlazení taveniny	Dřevo, papír	Výroba nábytku, obalový průmysl, knihařství, auta
APAO polymery	Ochlazení taveniny	Pěnové hmoty, plasty	Čalounění
Polyuretany	Ochlazení taveniny + zesíťování vlhkostí	Plasty, pryž	Dopravní průmysl
Polyamidy	Ochlazení taveniny	Kůže, pryž, plasty	Obuvnictví, dopravní prostředky

Prášková lepidla jsou velmi moderní, používají se v dřevařském průmyslu především pro montážní účely. Velkou výhodou je neomezená životnost skladování tohoto lepidla a i poměrně nízká pořizovací cena. Nevýhodou však je, že se dá použít pouze na nekovové materiály, především jsou vhodná pro dřevo. Jednotlivé druhy jsou v tab. 9.

Tab. 9 Prášková lepidla

Prášková lepidla			
Druh lepidla	Vytvrzení	Vhodnost	Použití
Polyvinylacetátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Dřevo, keramika, beton	Stavebnictví
Močovinoformaldehydová	Odpaření vody a vytvrzení chem. reakcí s katalyzátorem	Dřevo	Nábytkářství

3.10 Výhody a nevýhody lepení kovových a nekovových materiálů

Z obecného hlediska je technologie spojení pomocí lepení velmi produktivní činností, která obsahuje svoji kladnou i zápornou stránku. Tato technologie má své pro a proti. Pozitivní a negativní vlivy jsou shrnuty v tab. 10, 11. (BROŽEK 2001, OSTEN, 1982).

Tab. 10 Výhody technologie lepení

Výhody technologie lepení
Možnost dosažení vysoké pevnosti u spojů namáhaných převážně ve smyku nebo rázové pevnosti
Umožnění spojení variabilní tloušťky materiálů
Spojení různorodých materiálů
Vizualizace celého spoje nenarušuje estetiku, protože spoj může být přizpůsoben barvě spoje.
Lepení nezvyšuje hmotnost lepeného spoje (jen minimálně)
Nenarušuje celistvost spoje
Dokáže tlumit vibrace
Umožňuje zvýšení tuhosti a vzpěrové pevnosti spoje

Tab. 11 Nevýhody technologie lepení

Nevýhody technologie lepení
Vysoké nároky, a to jak na čistotu, tak rovinnost lepeného povrchu
Nejvyšší pevnost, lze dosáhnout až po určitém časovém úseku
Limitovaná odolnost proti působení vyšších teplot
V některých případech je nutná speciální úprava povrchu lepených spojů
V některých případech se neobejdeme bez použití vytvrzovacích přípravků
Dochází k úbytku pevnosti u lepených spojů, které jsou vystaveny vysokým povětrnostním podmínkám
Konstrukční lepené spoje bývají nerozebíratelné
Náročnost na vybavení pracovního prostoru (přípravky, atd.), jen u některých metod lepení

3.11 Faktory ovlivňující pevnost lepeného spoje

Na požadovanou pevnost lepení působí během lepení hned několik faktorů. Tyto faktory, by se měly minimalizovat, abychom dosáhli maximálních vlastností. Činitele, které ovlivňují proces lepení, jsou popsány v následujících podkapitolách. Nicméně se všechny faktory, které ovlivňují proces lepení, nedají shrnout, jsou zde vybrány jen ty, které jsou považovány za nejdůležitější. (MÜLLER, 2003, BROŽEK 2001, OSTEN, 1982).

- typ materiálu,
- vhodnost lepidla,
- prostředí,
- teplota,
- množství lepidla
- dávkování lepidla.

Abychom dosáhli požadovaných vlastností, musíme dodržovat technologické zásady, jako jsou: (KŘÍŽ a VÁVRA, 1994).

- navržení lepeného spoje tak, aby nedocházelo k odlupování,
- před lepením dbát pokynů od výrobce lepidla (množství, typ materiálu, prostředí atd.),
- nutné dodržet čas vytvrzení lepidla po slepení lepených materiálů,
- před lepením je vhodné a přínosné provést konzultaci s odborníky na dané téma,
- při provádění lepení, je velmi důležité mít správné pomůcky a vybavení pro provedení lepení,
- velmi také záleží na výběru lepidla,
- příprava povrchu je velmi důležitou složkou, protože může velmi ovlivnit celý výsledek lepení,
- přesnost a pečlivost jsou dvě základní vlastnosti, kterými se musíme řídit při lepení.

3.11.1 Typ materiálu

Každý materiál má svou pevnost a své vlastnosti, které ovlivňují celkovou pevnost lepeného spoje. Nejběžnější materiály, které se používají pro spojení pomocí lepidla, jsou vypsány v tab. 12.

Tab. 12 Nejčastější používané materiály

Nejčastější používané materiály
Plasty, dřevo, překližka, kovy, textil, pryž, sklo, keramika, papír

Podle použitého materiálu se volí druh lepidla. Tato volba je prováděna na základě vlastností, kterých chceme dosáhnout slepením daných materiálů. Problémové faktory při výběru mohou nastat při spojení různorodých materiálů, při lepení stejnorodých materiálů obvykle tyto faktory nejsou markantní. (MÜLLER, 2003, BROŽEK 2001, OSTEN, 1982).

Materiály můžeme rozdělit na kovy a nekovy. Mezi kovové materiály lze zařadit železné (oceli, pozinkovaná ocel, surové železo, litina aj.) a neželezné materiály (slitiny neželezných kovů, olovo, hliník). Mezi nekovy patří plasty a pomocné hmoty (například maziva a paliva). Materiály se liší chemickým složením a právě toto složení určuje jejich vlastnosti a použití. (LEAR, 2010).

V diplomové práci byly slepeny materiály, které byly ze stejného materiálů. Byla, zde porovnána pevnost materiálu při použití různých druhů lepidel viz praktická část.

3.11.2 Vhodnost použití lepidla

Každé lepidlo má své přednosti, některá lepidla se používají jen na dřevo jiná zase na kovy atd. Záleží na osobě, co bude provádět lepení, jaký druh lepidla zvolí. Podle této volby lepidla, se dají očekávat výsledky a to ať už kladné nebo naopak záporné.

Při volbě lepidla se nesmí zapomenout na to, že každé lepidlo má svůj postup použití, který se musí dodržet, abychom dosáhli maximálního výsledku pevnosti lepeného spoje. (LEAR, 2010).

3.11.3 Prostředí pro ideální lepení

V prostředí, ve kterém budeme lepit, by neměla být velká ani malá vlhkost a to z důvodu toho, že by větší množství vlhkosti mohla ovlivnit vytvrzování lepeného spoje. Protože dlouhodobé působení vlhkosti na lepený materiál velmi snižuje pevnost lepidla, vlastně se dá říct, že rozrušuje celkový spoj. (BIESTERFELD SILCOM, 2014).

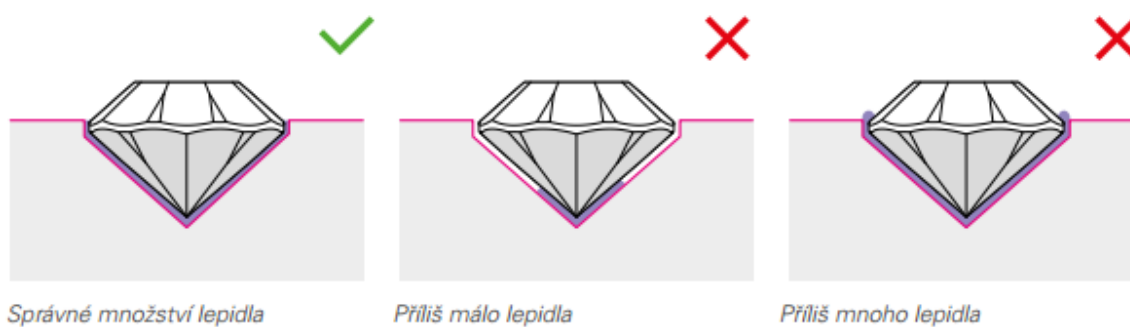
3.11.4 Teplota lepení

Téměř většina běžně dostupných a nejvíce používaných lepidel, potřebuje pro ideální slepení pokojovou teplotu. Mezi nimi se však najdou výjimky, např. epoxidová lepidla, které když jsou smíchány s tvrdidlem v teplotách pod 0°C např. -10°C, tak se nestane nic, protože nízká teplota neumožní, aby proběhly procesy potřebné k vytvoření lepidla. Naopak, některé lepené spoje dokáží vydržet až + 100°C (především jsou to epoxidová lepidla, např. CHS EPOXY 1200). (BIESTERFELD SILCOM, 2014).

3.11.5 Množství lepidla

Pro lepení by se měla používat přesně taková dávka, která je uvedena v příbalovém letáku k danému lepidlu. Neměli bychom dávat více lepidla, než je zapotřebí a přebytek lepidla odstranit například pomocí acetonu.

Naopak když použijeme pro slepení méně lepidla, může nastat určitý problém, jako je například mezera, která není zaplněna lepidlem. V tomto případě pak nedochází k požadované pevnosti v daném místě. Proto musíme dávkovat lepidlo, přesně podle potřeby. Jak by mělo vypadat správné množství použitého lepidla je znázorněno v na obr. 19. (PRECIUSA, 2014).

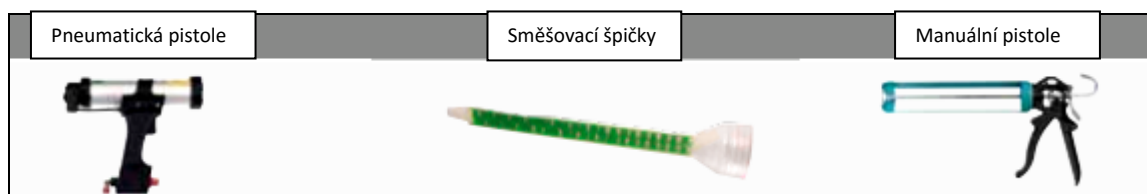


Obr. 19 Dávkování lepidla (PRECIUSA, 2014).

3.11.6 Dávkování lepidla

Dávkování lepidla je velmi důležitá součást procesu lepení. Při lepení musíme po lepené ploše rovnoměrně rozprostřít vrstvu lepidla. Pro dávkování lepidla se dnes používají aplikační pomůcky, jako jsou manuální vytlačovací pistole, pneumatické pistole, nebo například směšovací špičky a dávkovače.

Manuální vytlačovací pistole se používají pro jedno komponentní kartuše. Jsou vhodné pro vytlačování hustých materiálů. Naopak pneumatické pistole jsou profesionálnější, mají sníženou hlučnost a hlavní výhodou je, že vlastní integrovaný regulátor tlaku. Směšovací špičky jsou určeny pro dvou komponentní kartuše, nicméně mohou být v různých provedení. Na obr. 20. lze vidět příklad manuální vytlačovací pistole, pneumatické pistole, směšovací špičky. Všechny tyto aplikační pomůcky pochází od společnosti Biesterfeld Silcom s.r.o. (BIESTERFELD SILCOM, 2014).



Obr. 20 Aplikační pomůcky (BIESTERFELD SILCOM, 2014).

Dávkování může být tedy, automatizované (pomocí dávkovače) nebo ruční. Automatizované dávkovače mají velkou výhodou pokaždé přesné dávky oproti ručnímu nanášení lepidla, na zkušební vzorek. Ruční nanášení má velkou nevýhodu v nanášení lepidla, z důvodu nestejného použitého množství lepidla. V diplomové práci bylo pro zkušební vzorky zvoleno ruční nanášení lepidla. (BIESTERFELD SILCOM, 2014).

3.11.7 Skladování lepidla

Skladování lepidla, je nedílnou záležitostí, na kterou bychom neměli zapomenout. Většina dnes používaných lepidel, by se měla skladovat při pokojové teplotě. Nádoby, v nichž je lepidlo umístěno, by mělo být uzavíratelné a to z důvodu, aby se zabránilo samovolnému odpařování molekul složek.

Nedoporučuje se skladovat lepidlo pod bodem mrazu nebo naopak v prostorách, kde dochází ke zvýšení teploty nad pokojovou teplotu. Například u epoxidových lepidel by mohlo dojít k riziku znehodnocení lepidla prostřednictvím krystalizace daného lepidla.

Neměli bychom zapomínat na trvanlivost lepidel. Trvanlivost je vždy napsána na obalu stejně tak jako datum výroby. Při nedodržení těchto zásad, nemůžeme očekávat plnohodnotné účinky lepidla, které jsme mohli očekávat. (KŘÍŽ a VÁVRA, 1994).

3.12 Lepení materiálu

V této diplomové práci byly lepeny materiály kovové a nekovové. Kovové materiály byly z materiálu ocel, pozinkovaná ocel, měď, mosaz, hliník, dural. Na obr. 21, je uveden příklad lepení oceli. Konkrétně se jedná o připravené materiály k slepení.



Obr. 21 Lepení oceli (vlastní foto)

Nekovové materiály byly z materiálu překližky (bříza), smrku, borovice, třešně. Ipe. Na obr. č. 22, je uveden příklad lepení břízy 45° (vzorky na obrázku nejsou slepeny, jen připraveny před slepením).

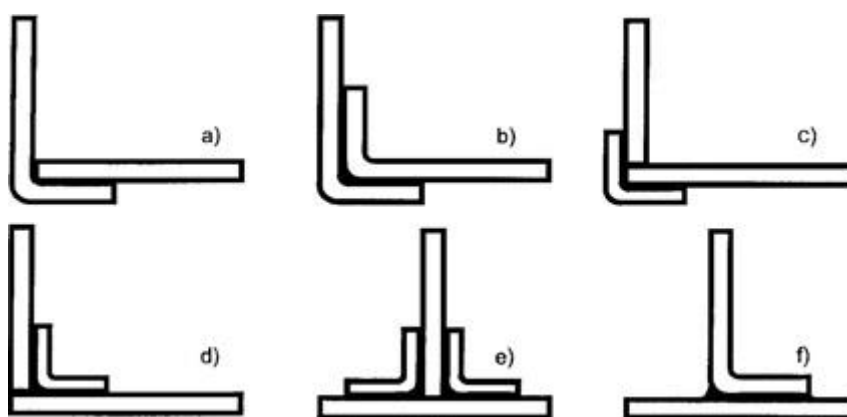


Obr. 22 Lepení břízy 45° (vlastní foto)

3.12.1 Lepení kovových materiálů

Lepení kovových materiálů je dnes běžná záležitost. Pro opravy, renovaci nebo konstruování se velmi často používají reaktivní epoxidové lepidla. Při výběru dbáme na dosažitelnou pevnost lepeného spoje. Pro domácí opravy se hodnota pevnosti pohybuje kolem 13 -15 MPa.

Lepidlo umožňuje vytvoření pevné spojení mezi dvěma kovovými materiály. Při lepení kovových konstrukcí se dbá na to, aby nedocházelo k dvojitému lepení. Musí se vzorně dodržovat technologický postup. Obvykle se konstrukce rozdělí na několik částí a začnou se lepit části vhodné k lepení. Na obr. 23, je znázorněno konstrukční provedení lepení koutových spojů. (GREGOR, 2015).



Obr. 23 Provedení lepení koutových spojů (GREGOR, 2015).

Před lepením se musí připravit materiál pro lepení. Jedná se o operace očištění, odmašťování atd. Cílem je dosáhnout perfektního povrchu, pro lepení. Pro odmaštění jsou vhodná odmašťovadla organická, příkladem je IPA (izopropylalkohol), technický aceton ad. Máme různé typy lepidel vhodná pro lepení kovových materiálů. Jako příklad lepidel lze uvést lepidla uvedená v tab. 13. (GREGOR, 2015).

Tab. 13 Lepidla pro kovové materiály (GREGOR, 2015).

Příklady lepidel vhodných pro lepení kovových materiálů	UHU Kontakt
	UHU Metall
	BISON Kit

3.12.2 Lepení nekovových materiálů

Lepení nekovových materiálů v sobě nese mnohá úskalí, na které se nesmí zapomínat. Například při lepení dřeva, si musíme dát pozor na strukturu dřeva, protože ovlivňuje vlastnosti materiálu.

U lepení dřeva je opět vhodné upravit povrch materiálu. A také je velmi důležité zvolit správný typ lepidla. Pro lepení dřeva se velmi často používají lepidla rozpouštědlová a reaktivní. Příklady lepidel vhodných pro lepení dřeva jsou uvedeny v tab. 14 níže.

Tab. 14 Lepidla pro dřevěné materiály

Příklady lepidel vhodných pro lepení dřevěných materiálů	BISON WOOD
	DEN BRAVEN
	PATTEX WOOD

Lepení platů je pohledu technologického trochu náročnější proces, než je tomu u lepení kovových nebo dřevěných materiálů. Při lepení plastů je obtížné určit, o jaký konkrétní plast se jedná. Tento problém často nastává při opravárenství. Základem je poznat zdali se jedná o reaktoplasty nebo termoplasty.

Reaktoplasty jsou takové plasty, které po zahřátí nabydou nerozpustného stavu. Dá se říct, že je to hmota, kterou teplem můžeme vytvrdit. Naopak termoplasty jsou takové plasty, které se dají použít opakovaně a mají schopnost si zachovat své vlastnosti i po opakovaném zahřátí a ztuhnutí. V následující tab. 15, jsou uvedeny příklady lepidel, které jsou vhodná pro lepení plastu. (KŘÍŽ a VÁVRA, 1994).

Tab. 15 Lepidla pro plastové materiály

Příklady lepidel vhodných pro lepení plastových materiálů	BISON Plastic
	UHU All plast
	CEYS

3.13 Bezpečnost při lepení

Před každým lepením, je velice nutné si přečíst příbalový leták (tzv. bezpečnostní list), abychom věděli jak s konkrétním lepidel dále zacházet. Je tam konkrétně popsáno, jaké množství je zapotřebí pro slepení materiálu, čas vytvrzení, identifikace nebezpečnosti, obsah a složení, zacházení a skladování, fyzikální a chemické vlastnosti daného lepidla, stálost a reaktivita a především jaké ochranné pomůcky jsou zapotřebí.

Tento příbalový leták je povinen každý výrobce vydávat ke každému potenciálnímu nebezpečí. Obvykle je zde i popsáno, jak se zachovat v situaci, že nastanou komplikace. Postup první pomoci a také zde objevíme, jak nakládat s použitým obalem.

Mezi další bezpečnostní prvky, které by se měly dodržovat při lepení, jsou vlastnosti a chování lepiče. Jedná se o opatrnost a dávku přesnosti. Vhodné je také dodržení dostatečného odvětrávání v místnosti, kde se lepení provádí. Při konkrétním lepením bychom měli dát pozor, aby nedocházelo ke znehodnocení oděvu a pokožky znečištěním od lepidla. Po každém vykonaném lepení je velice vhodné si umýt ruce. Ukázka symbolů na obr. 24, u kterých bychom si měli dát pozor a vnímat jejich vliv. (EUROCHEM, 2009).



Obr. 24 Symboly nebezpečnosti (EUROCHEM, 2009).

3.13.1 Technologie lepení použitá v praxi

Technologie lepení se dnes používá v širokém pásmu odvětví od stavby letadel, zdravotnictví, kosmický průmysl aj. Použití technologie lepení je velmi ekonomické a technologicky výnosné například v automobilovém průmyslu, kdy díky právě použití technologie lepení, se hmotnost automobilu razantně snížila. Velkou roli ve snížení hmotnosti samozřejmě hrají i nové materiály.

V automobilovém průmyslu, se konkrétně používá lepení pro jednotlivé díly karosérie, jako jsou dveře, kapoty aj. Jedná se především o lepidla, která v sobě obsahují rozpouštědla. Dále se v automobilovém průmyslu lepí okenní skla u automobilu. Nezadržitelnou výhodou této technologie je umožnění vytvořit spojení různých materiálů. Jako například kovu a pryže.

Technologie lepení najde velké uplatnění i v průmyslovém segmentu jako je stavebnictví. Mezi nejrozšířenější uplatnění technologie patří, tvorba ocelových konstrukcí, nebo lepení okenních rámců. Díky technologii lepení, má celá konstrukce nižší hmotnost a velmi dobré izolační vlastnosti. Při lepení ocelových konstrukcí se nesmí zanedbat odolnost proti povětrnostním vlivům. (BROCKMANN, GEIß, KLINGEN, SCHRÖDER, 2009).

Mezi další odvětví, kde se v posledních letech technologie lepení velmi rozšířila, je letectví. V dnešní době se snaží konstruktéři dosáhnout co nejnižší hmotnosti, aby mohli dosáhnout větší přepravní rychlosti. V tomto trendu se právě využívá technologie lepení, při které tomu lze vyhovět. V letectví se dá technologií lepení spojovat například části nosných ploch, části trupu, nebo vyztužené obvody oken.

Technologie lepení se často používá k opravám ve strojírenství. Je to z ekonomického důvodu a i technologického. Obě ty složky jsou velmi výhodné, a proto mají takový úspěch. U strojírenských výrobků se v praxi používá technologie lepení například pro opravy ložiskových pouzder, jednotlivých částí motoru, trhlin spalovacích motorů, odlitky aj.

Ze všeobecného pohledu se technologie lepení používá tam, kde je to výhodné a hlavně tam, kde je to možné. Některé technologie nelze nahradit lepením, a proto technologie lepení se v některých případech stává technologií doprovodnou. Nicméně je dnes technologie lepení velmi využívána pro její skvělé vlastnosti, které ostatní spojovací metody nemají. (POKORNÝ, 2000).

4 Praktická část diplomové práce

V praktické části byly pro diplomovou práci slepeny vzorky jak kovových, tak nekovových materiálů. Konkrétně byly slepeny materiály kovové a to z materiálu ocel, pozinkovaná ocel, měď, mosaz, hliník, dural. A z nekovových materiálů překližka (bříza), třešeň, borovice, smrk, ipe. Pro jednotlivé materiály byly použity rozdílná lepidla. Jak je uvedeno v tab. 16.

Tab. 16 Shrnutí

Použité lepidlo	Použito pro	
CHS EPOXY 1200	Kovové materiály	Nekovové materiály
TECTANE 1001U	Kovové materiály	Nekovové materiály
PATTEX Wood	x	Nekovové materiály
ZWALUW D2	x	Nekovové materiály
HERKULES	x	Nekovové materiál
UHU METALL	Kovové materiály	x
SOUDAL – Univ. kontakt. lep	Kovové materiály	x
TERMIK 251	x	Nekovové materiály

Celkem bylo slepeno 402 vzorků, z toho kovových bylo 144 a nekovových bylo 258. Celý proces lepení byl proveden pomocí normy ČSN EN 1465, která je popsána v následující kap. 9. Pro stanovení pevnosti byl použit univerzální zkušební stroj nazývaný trhačka, kde jsme zjistili, jaká je potřebná síla k přetržení zkušební vzorku. Na základě této síly, jsme stanovili výslednou pevnost, která je shrnuta v grafech pro jednotlivé materiály v následujících kapitolách. Během lepení bylo změřeno množství a spotřeba nanášeného lepidla pomocí analytické váhy, zobrazené na obr. 25.



Ob. 25 Analytická váha (vlastní foto)

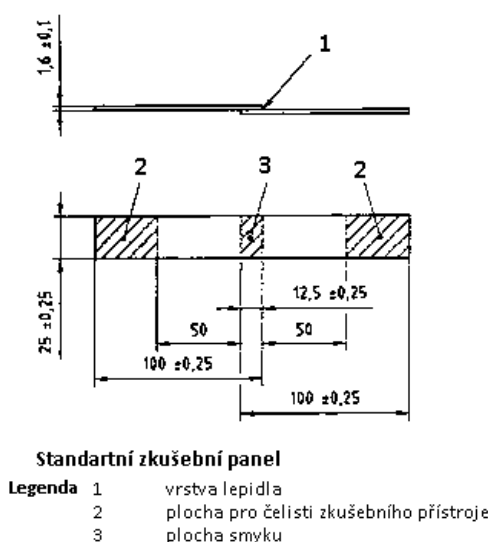
5 Metodika měření

Všechny zkušební vzorky byly lepeny podle normy ČSN EN 1465 a následně zatíženy silou na univerzálním zkušebním stroji. Poté následovalo vyhodnocení spoje.

5.1 Norma ČSN EN 1465

Následné stanovení pevnosti ve smyku při tahovém namáhání lepených soustav, bylo provedeno podle ČSN EN 1465. Tato norma uvádí, jak musí vypadat standardní zkušební tělesa a za jakých předepsaných podmínek mohou být zkoušeny. Pevnost lepeného přeplátovaného spoje ve smyku se stanoví smykovým namáháním přeplátovaného spoje. Výsledkem je síla nebo napětí, které se zjistí při poruše spoje. Tuto zkoušku provádíme na zkušebním zařízení, které musí odpovídat univerzálnímu zkušebnímu stroji třídy 1, jak je uvedeno v normě. Zkušební tělesa musí vyhovovat tvarem, šířkou a délkou (rozměrem) a uspořádáním jak je znázorněno na obr. 26, kde je doporučená délka přeplátování ($12,5 \pm 0,25$) mm.

Dále byl uveden počet zkušebních vzorků, který závisí na požadované přesnosti. Tento počet však nesmí být menší než 5. V diplomové práci se prováděla zkouška na 6 pracovních vzorcích, abychom když tak měli rezervu případného jednoho nepovedeného vzorku.



Obr. 26 Standardní model

5.2 Univerzální zkušební stroj



Obr. 27 Trhací stroj (vlastní foto)

Všechny vzorky a to jak kovové, tak nekovové byly roztrhány pomocí univerzálního zkušebního stroje. Tento stroj je univerzální a pracovní posuv byl nastaven tak, abychom dosáhli maximální přesnosti. Podle potřeb kalibrace byly vybrána závaží. Trhání vzorků probíhalo při pokojové teplotě (cca 21° C).

Při probíhající zkoušce jsme stanovili sílu v okamžiku přetržení zkušebního výrobku. Tato zkouška spočívá ve stanovení smykové pevnosti v tahu podle dodržené normy ČSN EN 1465. Na níže vyobrazeném obr. 27, lze vidět univerzální trhací stroj.

5.2.1 Postup zjištění pevnosti

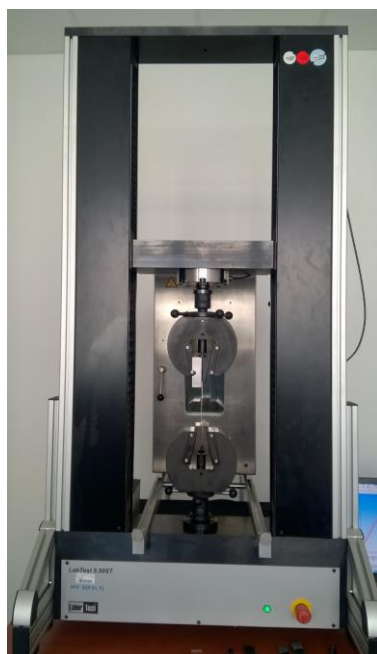
Jednotlivé vzorky byly upnuty do univerzálního zkušebního stroje, jak je znázorněno na obr. 28. Kde následně došlo k namáhání způsobené statickou silou bez rázu. Po následném přetržení, byl stroj nastaven do původní polohy a ze stupnice ukazující sílu, byla vyčtena maximální hodnota naměřená při zatížení zkušebního vzorku.

Po přetržení vzorku, se vzorek změřil, z něhož jsme dostali hodnoty šířky a délky přelepu. Poté se vizuálně kontrolovalo, zdali se spoj přetrhl v lepidle, nebo naopak sílu nevydržel materiál. Tabulky s naměřenými hodnotami jsou na uvedeny v příloze.



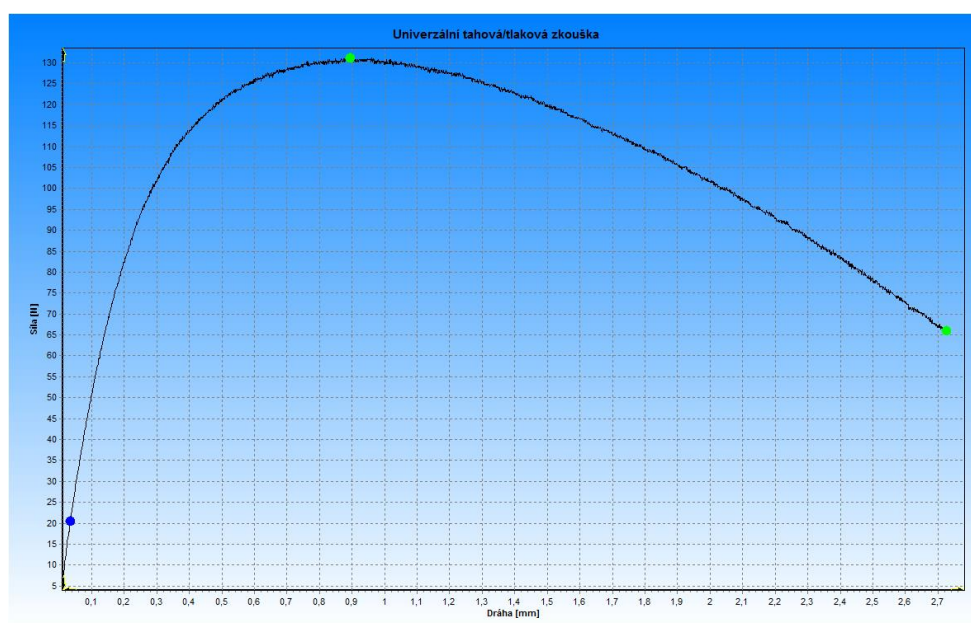
Obr. 28 Upnutí zkušebního vzorku
(vlastní foto)

Zkušební vzorky byly trhány i na univerzálním zkušebním stroji Lab Test 5.50ST, který je vyobrazen na obr. 29. Tento univerzální zkušební stroj umožňuje digitální zobrazení průběhu trhací zkoušky. Jak je zobrazeno v obr. 30, 31.



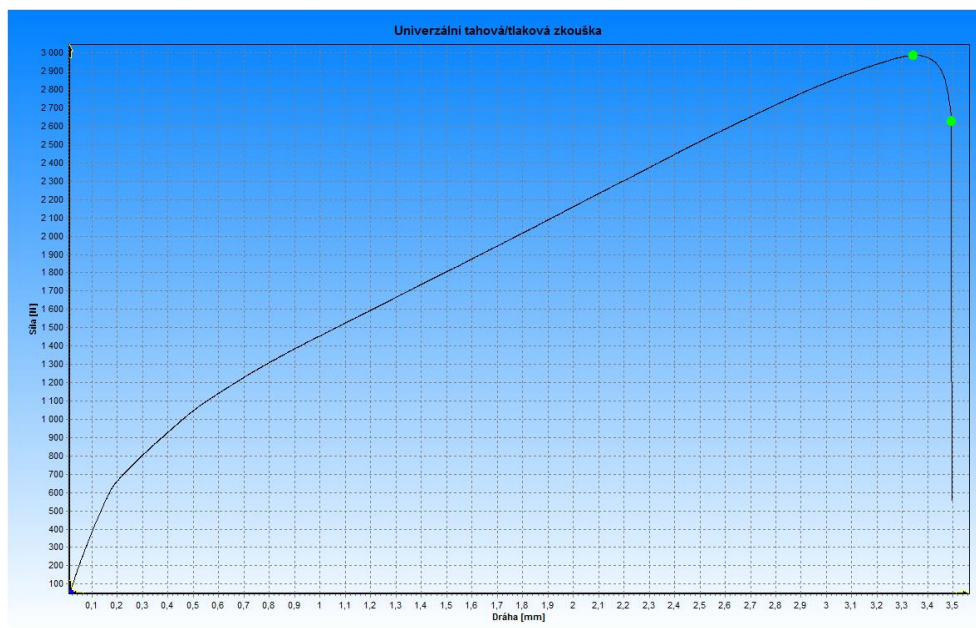
Obr. 29 Univerzální zkušební stroj LabTest 5.50ST (vlastní foto)

V následujících obr. 29, je zobrazen průběh trhací zkoušky, u materiálu hliník u lepidla UHU Metall.



Obr. 30 Průběh trhací zkoušky u lepidla UHU Metall

V následujícím obr. 30 je zobrazen průběh trhací zkoušky, u materiálu bříza 0° (podélně) u lepidla Herkules.



Obr. 31 Průběh trhací zkoušky u lepidla Herkules

5.2.2 Výpočty

Mez pevnosti ve smyku tahem byla vypočítána podle vztahu 1., kde F označuje sílu, která vzniká při porušení vzorku v [N] a naopak S je reálná (skutečná) plocha spoje v [mm²]. τ je výsledné napětí ve smyku tahem.

$$\tau = \frac{F}{S} [MPa]$$

Vztah 1 Stanovení pevnosti

Spolehlivost spojů je určena směrodatnou odchylkou, která vychází ze vztahu 2. Směrodatná odchylka poukazuje na vzájemné odlišnosti zkoumaných prvků. Směrodatná odchylka vychází z Gaussova rozdělení a každá pruh označuje jednu směrodatnou odchylku (HOŠEK, 2015).

Výpočet směrodatné odchylka je vyjádřen vztahem 2 kde:

n Počet změřených vzorků [-]

x_i Napětí vybraného n -tého vzorku [MPa]

\bar{x} Průměrné napětí vzorků [MPa]

σ Směrodatná odchylka zkušebních vzorků [MPa]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Vztah 2 Směrodatná odchylka

5.3 Zpracování výsledků kovových materiálů

Kovové materiály byly slepeny pomocí lepidel Soudal – univerzální kontaktní lepidlo, CHS EPOXY 1200, UHU Metall a Tectane 1001 U. Všechny zkušební kovové vzorky, byly před lepením upraveny pomocí metody otryskávání.

Drsnost povrchu kovových vzorků pro konkrétní materiály, byla po otryskávání změřena na drsnoměru MITUTOYOSURFTEST 301 při frakci (F80) pomocí korundu hnědého. Tento drsnoměr je vyobrazen na následujícím obr. 32.



Obr. 32 Drsnoměr MITUTOYOSURFTEST 301 (vlastní foto)

Hodnoty drsnosti byly u konkrétních materiálu zpracovány v následující tab. 17, níže kde: Průměrná hodnota Ra – aritmetická úchylna posuzovaného profilu [μm] a Rt – celková výška profilu [μm].

Tab. 17 Drsnost pro ocel, pozinkovaná ocel, hliník, měď, mosaz, dural

OCEL	Ra	Rt	POZINKOVANÁ OCELA	Ra	Rt	MĚĎ	Ra	Rt
	2,21	17,00		3,14	28,10		2,94	27,20
	1,77	15,60		3,38	21,00		2,73	23,60
	2,11	15,00		2,82	19,50		2,62	20,90
	2,07	14,60		3,49	26,50		2,85	20,60
	2,00	13,60		3,20	27,00		2,71	21,70
	1,72	13,20		2,42	19,20		3,27	21,60
	2,59	21,40		2,62	21,80		3,56	23,40
	1,88	15,70		2,72	21,40		3,62	24,00
	2,16	16,20		2,77	21,60		3,01	26,90
	2,22	15,90		2,74	18,30		4,45	35,60
Průměr [μm]	2,07	15,82	Průměr [μm]	2,93	22,44	Průměr [μm]	3,18	24,55

MOSAZ	Ra	Rt	HLINÍK	Ra	Rt	DURAL	Ra	Rt
	2,35	17,10		2,97	26,50		2,81	19,10
	2,65	20,00		3,08	23,60		3,23	32,30
	2,31	15,50		2,73	21,00		3,11	24,60
	2,60	20,40		3,23	26,00		3,16	25,20
	2,23	15,60		3,34	22,70		2,49	20,60
	2,39	21,10		4,01	33,90		2,69	19,60
	2,73	20,80		4,00	26,40		2,80	21,10
	2,52	20,80		4,74	30,00		3,08	24,20
	2,36	17,70		3,96	32,90		2,70	19,00
	2,42	19,20		3,68	29,20		2,55	23,90
Průměr [μm]	2,46	18,82	Průměr [μm]	3,57	27,22	Průměr [μm]	2,55	22,96

6 Vyhodnocení

V následujících podkapitolách je vyhodnocení pro kovové materiály. Jsou zde shrnuty minimální, tak maximální hodnoty pevnosti pro určité lepidla vztahující se ke zkušebním vzorkům. V souhrnném grafu jsou vyobrazeny kompletní výsledky všech pevností přiřazeny k materiálům.

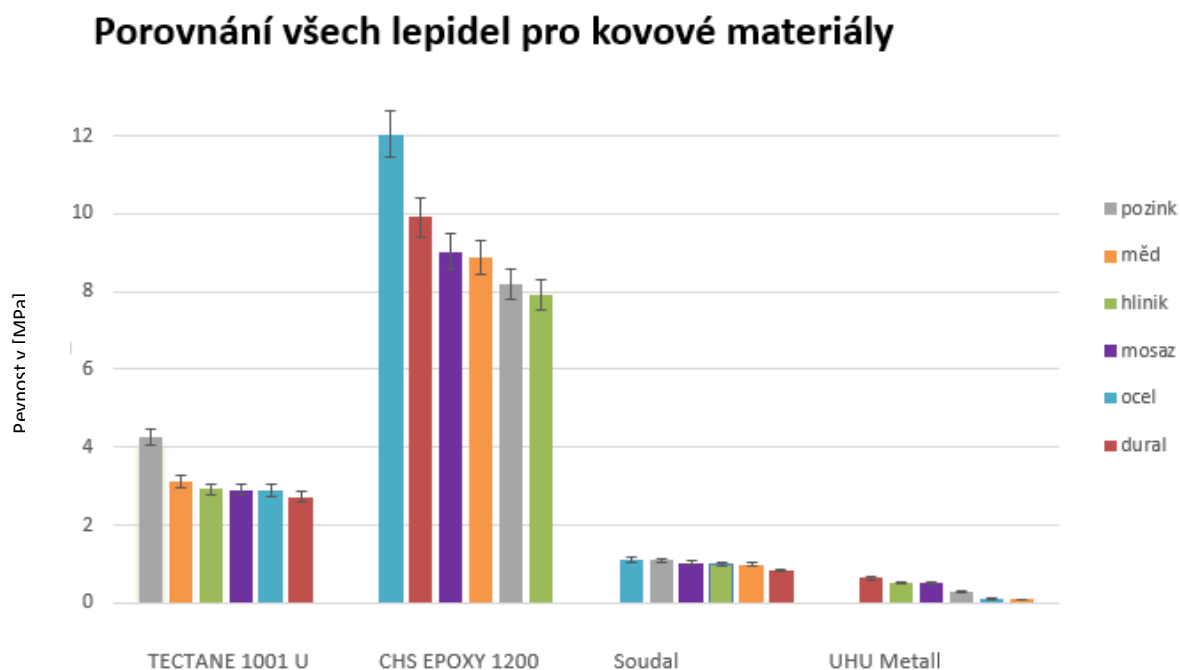
6.1 Zpracování výsledků kovových materiálů

Z pohledu nejvyšší pevnosti dosahovala nejlepšího výsledku ocel při použití lepidla CHS Epoxy 1200 a to 12,05 MPa, jak je shrnuto v tab. 18

Tab. 18 Výsledné shrnutí kovových materiálů s největší a nejmenší pevností

Max. vyhodnocená pevnost	12,05 [MPa]
Materiál	Ocel
Lepidlo	CHS EPOXY 1200
Min. vyhodnocená pevnost	0,097 [MPa]
Materiál	Měď
Lepidlo	UHU Metall

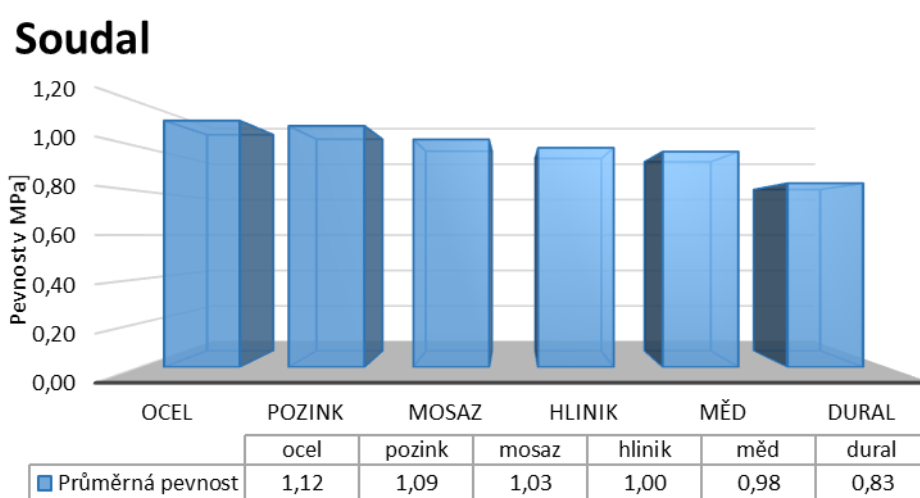
Naopak nejnižší pevnost dosáhlo lepidlo UHU Metall u materiálu měď a to 0,097MPa. V následujícím obr. 33, jsou shrnuta všechna použitá lepidla u kovových materiálů.



Obr. 33 Kompletní shrnutí lepidel pro kovové materiály

6.1.1 Lepidlo Soudal – univerzální kontaktní lepidlo

Vzorky z materiálu ocel, pozinkovaná ocel, měď, mosaz, hliník, dural byly slepeny pomocí lepidla Soudal – univerzální kontaktní lepidlo. U těchto materiálů byla dosažena maximální průměrnou pevnost ve výši 1,12 MPa a to u materiálu z oceli. Vzorky byly před lepením očištěny a upraveny pomocí otryskávání abychom dosáhli lepších pevnostních vlastností. Lepidlo dosahovalo poměrně stejné pevnosti u všech materiálů. Při tahové zkoušce praskali pouze v lepidle. Kovové materiály lepené pomocí lepidla Soudal – univerzální kontaktní lepidlo a jejich pevnosti jsou shrnuty v obr. 34.



Obr. 34 Dosažené pevnosti u lepidla Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

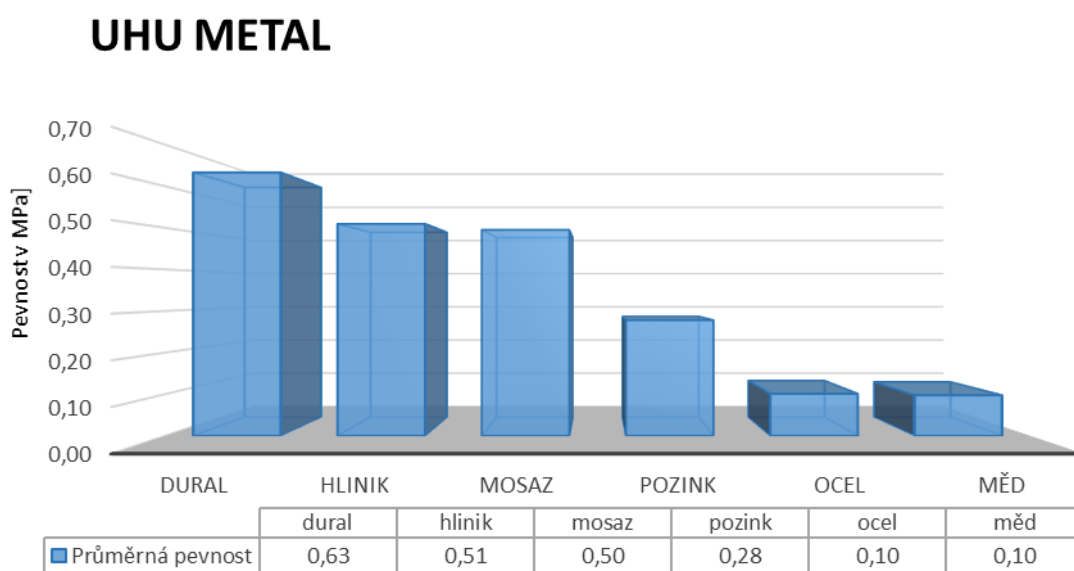
U všech kovových vzorků docházelo k adhezivnímu poškození. Nejnižší průměrná pevnost byla zjištěna u materiálu dural a to 0,83 MPa. V následující tab. 20 je znázorněná dosažená minimální a maximální hodnota u daného materiálu. V dalším sloupci tabulky je vypočítaná hodnota směrodatné odchylky.

Tab. 19 Shrnutí lepidla Soudal – univerzální kontaktní lepidlo

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Ocel	1,12	0,74	1,41	0,22
Pozinkovaná ocel	1,09	0,91	1,24	0,10
Mosaz	1,03	0,77	1,40	0,22
Hliník	1,00	0,85	1,22	0,12
Měď	0,98	0,68	1,29	0,23
Dural	0,83	0,63	0,97	0,11

6.1.2 Lepidlo UHU Metall

Kovové vzorky byly slepeny pomocí lepidla UHU Metall. U tohoto lepidla dosahovala nejvyšší pevnost u materiálu dural a to průměrnou hodnotu 0,63 MPa. Toto lepidlo podle výsledků není zcela vhodné pro lepení našich zvolených materiálu, a proto je pevnost poměrně menší. Výsledky pevnosti jsou shrnuty v obr. 35



Obr. 35 - Lepení kovových materiálu pomocí lepidla UHU Metall

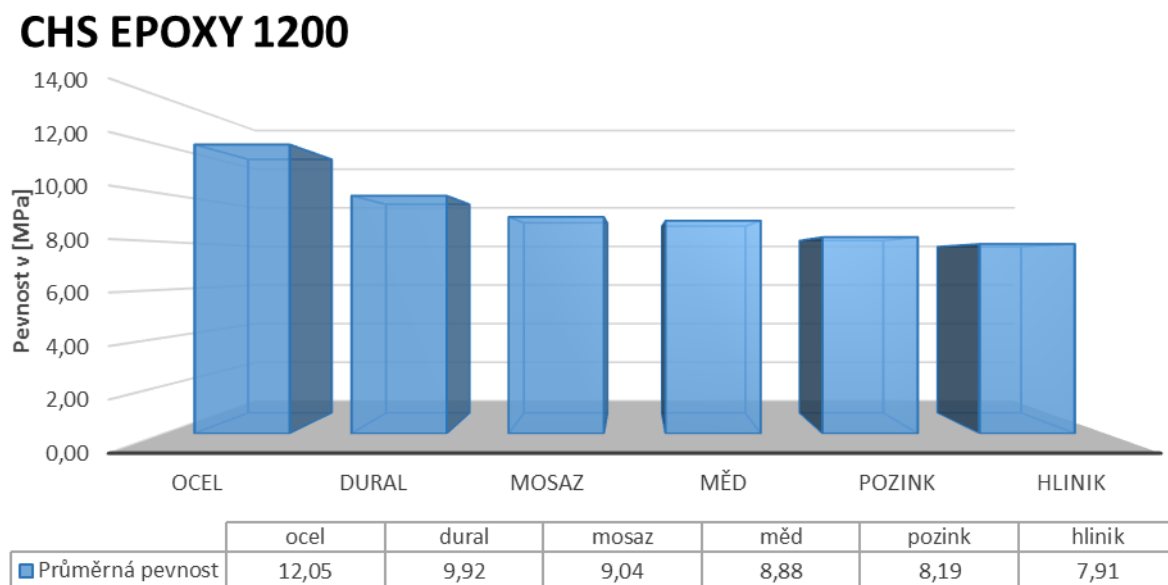
U kovových vzorků lepených pomocí lepidla UHU metall docházelo opět k adhezivnímu poškození. Nejnižší hodnotu průměrné pevnosti zde dosáhnul materiál měď a to 0,097 MPa. V následující tab. 21, jsou zobrazeny minimální a maximální hodnoty doplněné o směrodatnou odchylku.

Tab. 20 Shrnutí lepidla UHU metall

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Dural	0,63	0,47	0,94	0,16
Hliník	0,51	0,42	0,56	0,05
Mosaz	0,50	0,20	0,84	0,19
Pozinkovaná ocel	0,28	0,05	0,58	0,16
Ocel	0,10	0,02	0,17	0,06
Měď	0,10	0,03	0,22	0,09

6.1.3 Lepidlo CHS EPOXY 1200

U lepených vzorků lepidlem CHS Epoxy 1200 bylo dosaženo největší smykové pevnosti a to u materiálu z oceli, konkrétně 12,05 MPa. Vysoké výsledky pevnosti bylo dosaženo i u ostatních lepených materiálů jak je možné porovnat ve vyobrazeném obr. 36.



Obr. 36 - Lepení kovových materiálů pomocí lepidla CHS Epoxy 1200

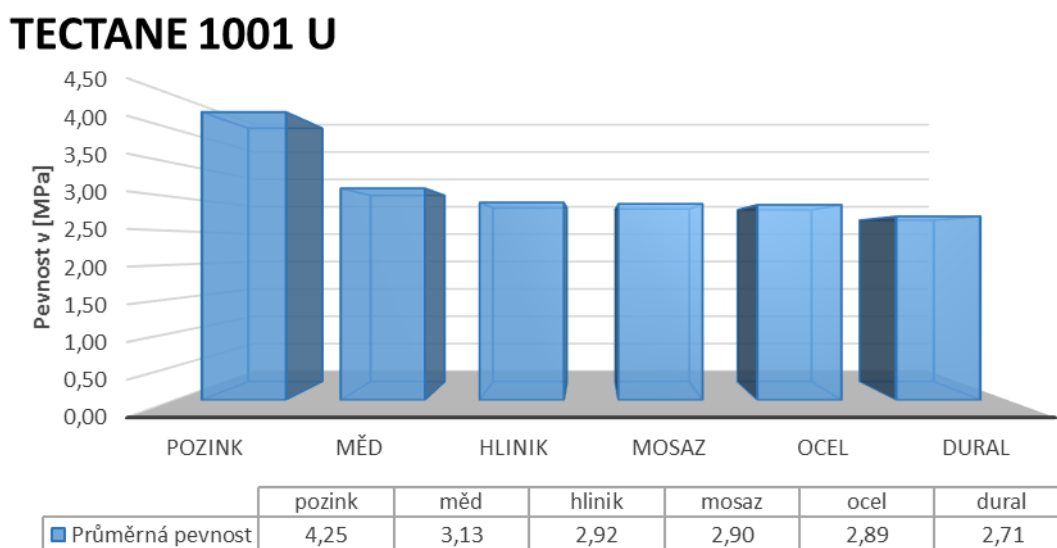
CHS Epoxy 1200 vykazovalo velmi výborné výsledky. Nejnižší průměrná pevnost byla zjištěna u materiálu hliník a to 7,907 MPa. V následující tab. 22, jsou opět minimální a maximální hodnoty doplněné o směrodatnou odchylku.

Tab. 21 Shrnutí lepidla CHS Epoxy 1200

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Ocel	12,05	11,15	13,00	0,77
Dural	9,92	7,85	12,91	1,82
Mosaz	9,04	7,15	15,67	2,99
Měď	8,88	7,48	10,65	1,17
Pozinkovaná ocel	8,19	7,23	8,93	0,58
Hliník	7,90	6,46	9,15	1,02

6.1.4 Lepidlo TECTANE 1001 U

Lepidlo Tectane 1001 U je sekundové lepidlo jak pro kovové, tak pro nekovové materiály. Dosahuje celkem slušné pevnosti. Jak lze vidět z grafu, tak maximální průměrná pevnost dosahovala u materiálu pozinkovaná ocel 4,25 MPa. Pevnosti jsou znázorněny v obr. 37.



Obr. 37 - Lepení kovových materiálů pomocí lepidla Tectane 1001 U

Naopak minimální průměrná hodnota pevnosti byla u materiálu dural 2,71 MPa. V následující tab. 23, jsou shrnuty maximální a minimální hodnoty pevnosti doplněné o směrodatnou odchylku.

Tab. 22 Shrnutí lepidla Tectane 1001 U

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Pozinkovaná ocel	4,25	3,29	5,55	0,68
Měď	3,13	2,74	3,75	0,39
Hliník	2,92	2,34	3,43	0,34
Mosaz	2,90	2,36	3,55	0,45
Ocel	2,89	1,88	3,59	0,62
Dural	2,71	2,47	3,30	0,29

6.2 Nekovové materiály

Nekovové materiály byly slepeny pomocí lepidel Herkules, Termik 251, Tectane 1001 U, CHS EPOXY, Pattex Wood, Zwaluw D2. Před každým lepením byl každý lepený vzorek očištěn, abychom dosáhli lepších pevnostních vlastností. V následujících podkapitolách budou zpracována data pevnosti pro jednotlivá použitá lepidla.

Jako nekovové vzorky byly vybrány materiály z třešně, borovice, smrku, břízy a ipe. Zkušební vzorky z břízy byly nařezány podle tří úhlů podle metodiky (BROŽEK, 2015). První úhel je 0° , což je nařezáno ve směru podélném. Druhý úhel je 45° , což je ve směru šikmém a poslední úhel je 90° , což je ve směru napříč. Právě díky nařezáním v jiných směrech se dají očekávat rozdílné pevnostní vlastnosti materiálu.

Všechny nekovové materiály byly slepeny po 6 vzorcích a následně natrhány na trhacím zařízení. Z trhací zkoušky, byla vypočítána pevnost na základě zatěžující síly. Tyto parametry se zanesly do grafu a pomocí matematického vzorce se dopočítala směrodatná odchylka.

Po každém vzorku, který byl zpracován na trhacím stroji, následovalo vizuální vyhodnocení, zdali zkušební vzorek, praskl ve spoji, v materiálu nebo naopak nevydrželo zatěžující sílu lepidlo. Jak je znázorněno na obr. 38.



Obr. 38 Vyhodnocení spoje po zatížení

6.3 Zpracování výsledku nekovových materiálů

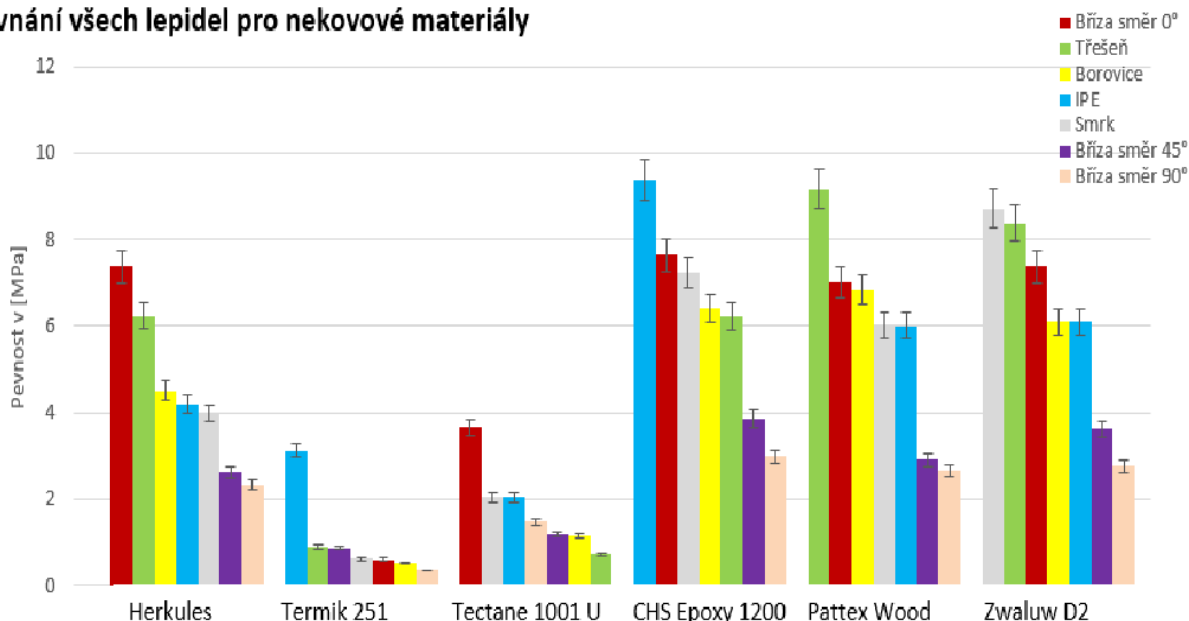
Z pohledu nejvyšší pevnosti dosahovala nejlepšího výsledku třešeň při použití lepidla Pattex Wood a to 9,17 MPa, jak je shrnuto v tab. 19

Tab. 23 Výsledné shrnutí nekovových materiálů s největší a nejmenší pevností

Max. vyhodnocená pevnost	9,17 [MPa]
Materiál	Třešeň
Lepidlo	Pattex Wood
Min. vyhodnocená pevnost	0,35 [MPa]
Materiál	Bříza směr 90 °
Lepidlo	Termik 251

Naopak nejnižší pevnost dosáhlo lepidlo Termik 251 u materiálu Bříza směr 90 ° a to 0,35 MPa. V následujícím obr. 39, jsou shrnuta všechna použitá lepidla u nekovových materiálů.

Porovnání všech lepidel pro nekovové materiály

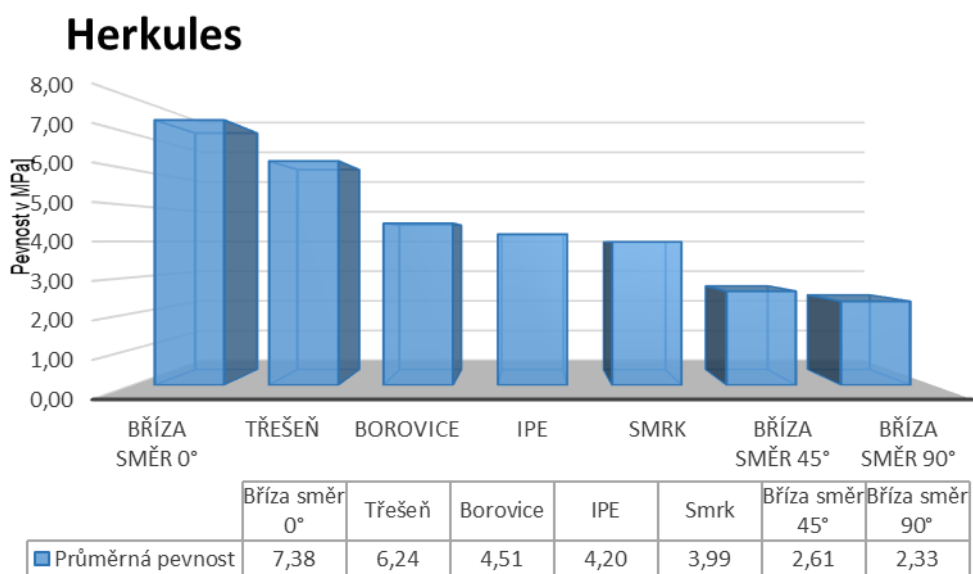


Obr. 39 Kompletní shrnutí lepidel pro nekovové materiály

V následujících podkapitolách budou podrobně rozepsána získaná data o pevnosti pro jednotlivá lepidla a konkrétní použité zkušební vzorky. Výsledné pevnosti jsou shrnuty v následující obr. od nejvyšší pevnosti po nejnižší.

6.3.1 Lepidlo Herkules

Nekovové vzorky z materiálu překližka - bříza a to ve směru s 0°, 45°, 90°, dále smrk, borovice, třešeň byly slepeny pomocí lepidla Herkules. Toto běžné a velmi používané lepidlo především pro domácí potřeby dosahovalo průměrné pevnosti 7,38 MPa a to u materiálu překližka - bříza 0°. Hodnoty pevnosti jsou shrnuty v obr. 40.



Obr. 40 lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Herkule

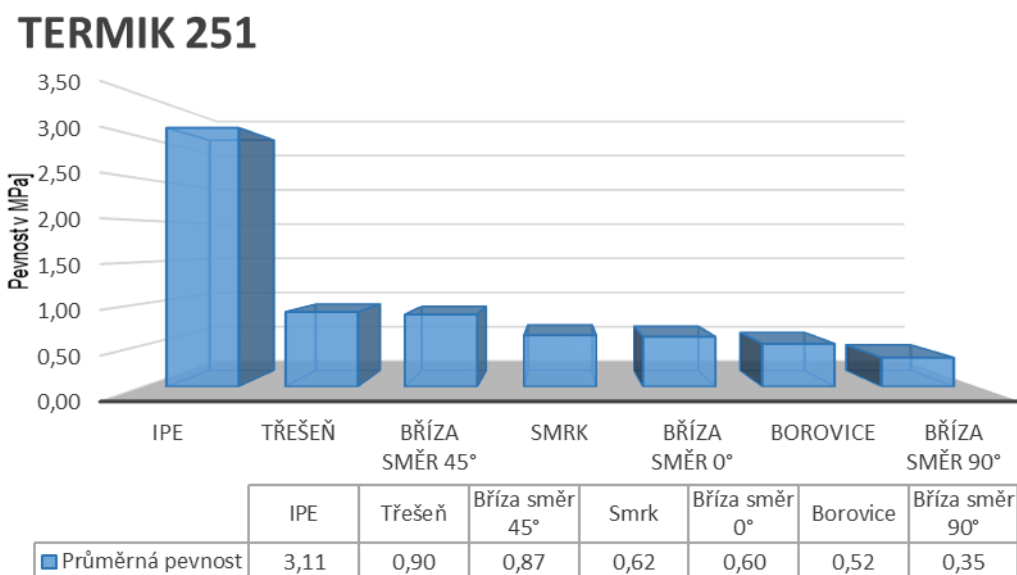
V následující tab. 22, lze vidět maximální a minimální hodnoty průměrné pevnosti doplněné o směrodatnou odchylku.

Tab. 24 Shrnutí lepidla Herkules

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Bříza směr 0°	7,38	5,05	8,16	1,06
Třešeň	6,24	4,59	6,97	0,78
Borovice	4,51	1,33	6,01	1,54
IPE	4,20	3,32	4,80	0,51
Smrk	3,99	2,79	6,39	1,37
Bříza směr 45°	2,61	1,51	3,62	0,81
Bříza směr 90°	2,33	1,68	3,12	0,50

6.3.2 Lepidlo Termik 251

Lepidlo Termik 251 je tavné lepidlo, které jsme nanášeli na zkušební vzorky z nekovového materiálu pomocí tavné pistole. Maximální pevnost byla dosažena u materiálu ipe a to 3,11 MPa. Data o získaných pevnostích jsou shrnuta v obr. 41.



Obr. 41 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Termik 251

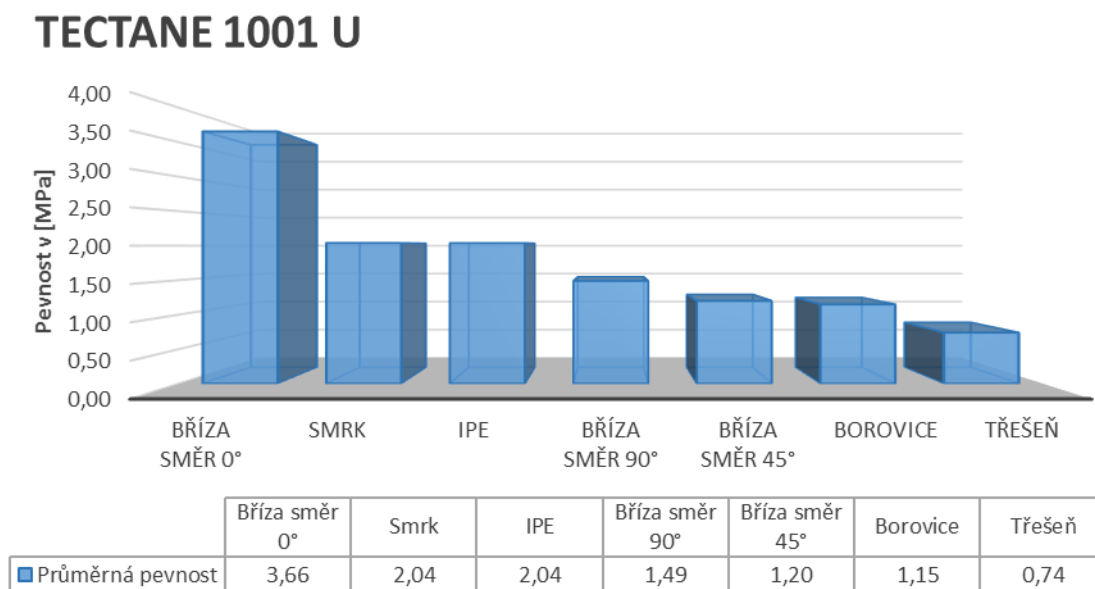
Naopak nejmenší hodnotu pevnosti měla bříza ve směru 90° a to 0,35 MPa. Celkové hodnoty pevnosti maximální a minimální hodnoty doplněnou o směrodatnou odchylku naleznete v tab. 23.

Tab. 25 Shrnutí lepidla Termik 251

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
IPE	3,11	2,39	3,88	0,46
Bříza směr 45°	0,90	0,53	1,00	0,15
Třešeň	0,87	0,42	1,33	0,36
Smrk	0,62	0,23	1,09	0,26
Bříza směr 0°	0,60	0,19	0,95	0,29
Borovice	0,52	0,25	0,91	0,20
Bříza směr 90°	0,35	0,27	0,43	0,06

6.3.3 Lepidlo Tectane 1001 U

Lepidlo Tectane 1001 u překvapí svou univerzálností, nicméně maximální pevnost která byla dosažena u materiálu bříza 0 ° byla pouze 3,65 MPa. V následujícím obr. 42, je poukázána změřená pevnost u nekovových materiálů.



Obr. 42 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Tectane 1001 U

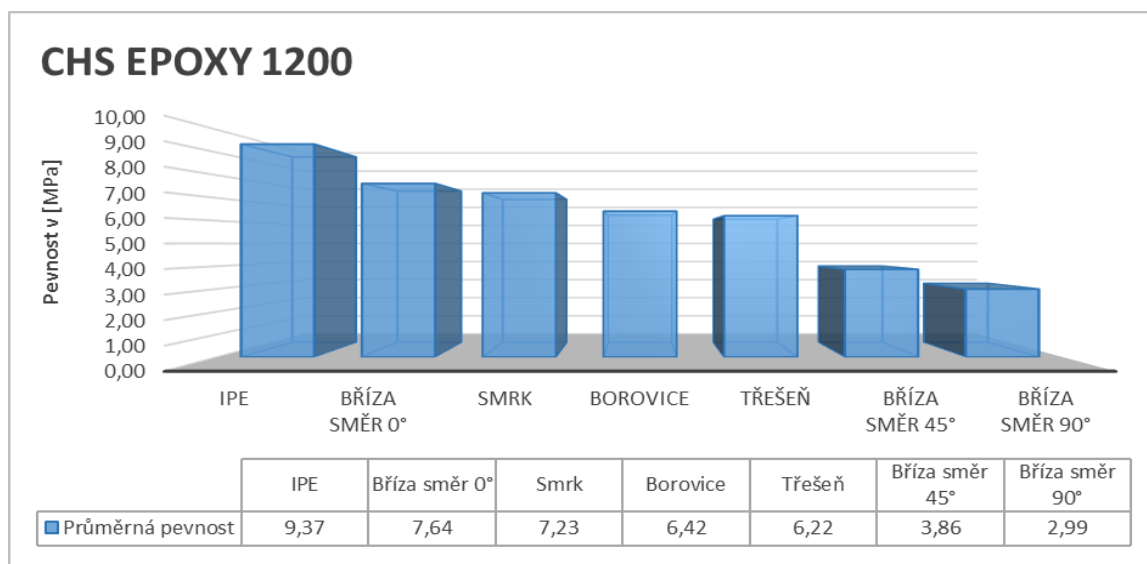
Naopak nejmenší hodnota byla naměřena u materiálu třešeň a to 0,74 MPa. V následující tab. 24, je souhrn minimální a maximální pevnosti doplněné o směrodatnou odchylku.

Tab. 26 Shrnutí lepidla Tectane 1001 U

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Bříza směr 0°	3,66	2,15	4,48	0,92
Smrk	2,04	1,51	2,65	0,41
IPE	2,04	1,44	2,54	0,39
Borovice	1,15	1,06	1,31	0,11
Bříza směr 90°	1,49	0,49	2,38	0,60
Bříza směr 45°	1,20	0,39	1,67	0,46
Třešeň	0,74	0,04	2,70	1,13

6.3.4 Lepidlo CHS EPOXY 1200

Lepidlo CHS EPOXY 1200 se ukázalo u nekovových materiálů jako velmi vhodné lepidlo. Jeho dosažená maximální průměrná pevnost byla 9,37 MPa u materiálu IPE. V následujícím obr. 43, je shrnutí dosahovaná pevnosti pro dané materiály.



Obr. 43 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla CHS EPOXY 1200

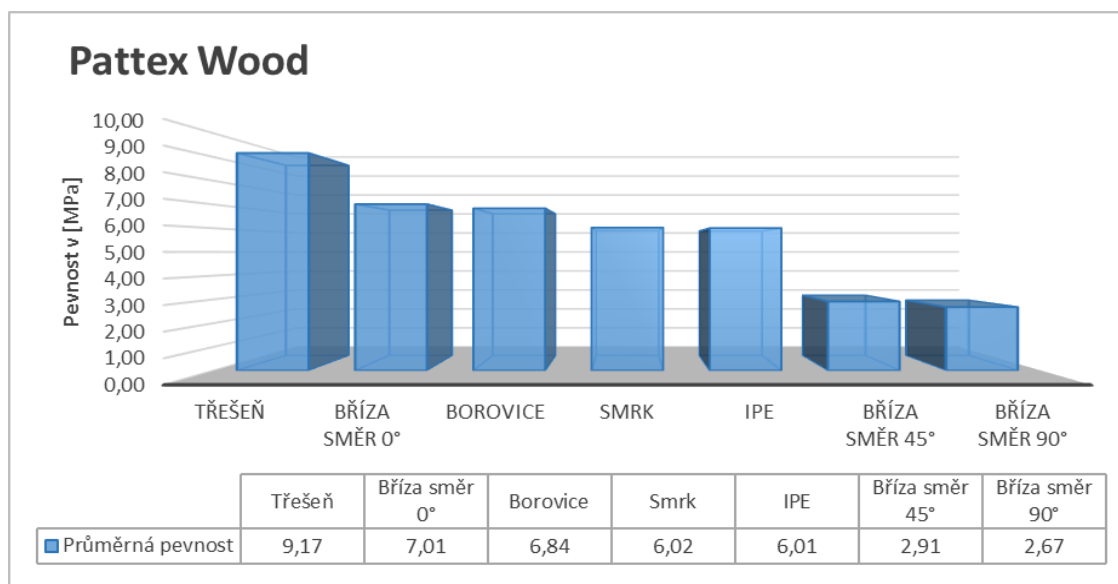
Naopak nejmenší hodnota dosáhla opět bříza ale se směrem 90° a to s pevností 2,99 MPa. V následující tab. 25, je shrnutí maximální a minimální pevnosti doplněné o směrodatnou odchylku.

Tab. 27 Shrnutí pro lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
IPE	9,37	7,37	10,81	1,33
Bříza směr 0°	7,64	6,12	10,34	1,56
Smrk	7,23	5,56	8,81	1,17
Borovice	6,42	0,12	10,94	3,75
Třešeň	6,22	0,05	9,01	2,92
Bříza směr 45°	3,86	2,40	5,46	0,96
Bříza směr 90°	2,99	2,05	3,45	0,50

6.3.5 Lepidlo PATTEX WOOD

Lepidlo Pattex Wood je velmi vhodné pro lepení nekovových materiálů. U námi zvolených zkušebních vzorků dosahovala průměrná pevnost 9,17 MPa u třešně. V následujícím obr. 44, je vyobrazení pevnosti v grafu pro určité materiály.



Obr. 44 Lepení nekovových materiálů pomocí Pattex Wood

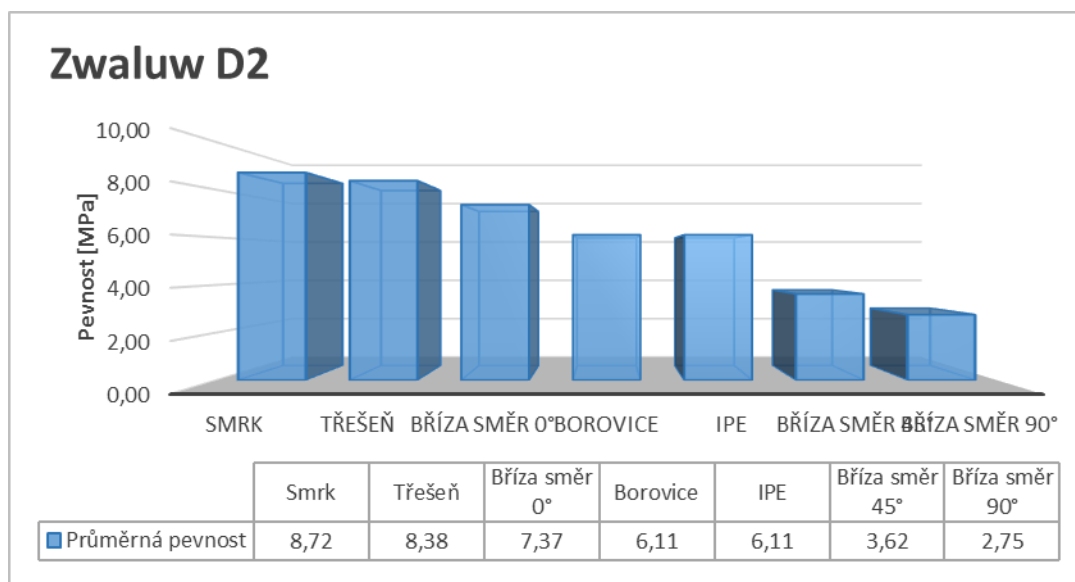
Naopak nejnižší hodnota průměrné pevnosti byla dosažena u břízy 90° a to 2,67MPa. V následující tab. 26, jsou shrnuta data o minimální a maximální průměrné pevnosti doplněnou o směrodatnou odchylku.

Tab. 28 Shrnutí lepidla Pattex Wood

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Třešeň	9,17	6,64	9,95	1,15
Bříza směr 0°	7,01	5,72	7,65	0,67
Borovice	6,84	4,57	7,67	1,11
Smrk	6,02	4,22	6,81	0,87
IPE	6,01	5,05	7,39	0,79
Bříza směr 45°	2,91	1,68	4,01	0,82
Bříza směr 90°	2,67	2,08	3,13	0,40

6.3.6 Lepidlo Zwaluw D2

Lepidlo Zwaluw D2 vykazuje u zvolených vzorků nejvyšší průměrnou pevnost 8,718 MPa u materiálu smrk. V následujícím obr. 45, jsou vyobrazeny průměrné pevnosti pro dané materiály.



Obr. 45 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Zwaluw D2

Naopak nejnižší hodnota průměrné pevnosti 2,75MPa je u břízy 90°. Celkové shrnutí pro minimální a maximální pevnosti jsou shrnuty v tab. 27 a jsou doplněny o směrodatnou odchylku.

Tab. 29 Shrnutí lepidla Zwaluw D2

Materiál	Průměrná pevnost v [MPa]	Min. pevnost [MPa]	Max. pevnost v [MPa]	Směrodatná odchylka [MPa]
Smrk	8,72	6,49	10,32	1,15
Třešeň	8,38	6,63	10,37	1,62
Bříza směr 0°	7,37	5,47	9,28	1,32
Borovice	6,11	4,65	7,55	0,99
IPE	6,11	5,40	6,60	0,38
Bříza směr 45°	3,62	3,03	4,70	0,56
Bříza směr 90°	2,75	2,22	3,12	0,37

7 Technicko-ekonomické zhodnocení

V následujících tabulkách je shrnuto ekonomické zhodnocení pro dané lepidla. Je zde analýza trhu dodatelů, kteří zvolené lepidla prodávají a komparace cen na trhu. Následuje technické zhodnocení pro každé použité lepidlo s konkrétní spotřebou pro zvolené materiály.

7.1.1 CHS EPOXY 1200

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo CHS EPOXY 1200. Z tohoto hodnocení v tab. 30, vyplývá, že nejlevnější prodejce lepidla Epoxy 1200 z vybraných je barvy a laky a pro tvrdidlo P11 je to dodavatel Jakub Hlaváč.

Tab. 30 Ekonomické zhodnocení pro CHS EPOXY 1200

CHS EPOXY 1200				Tvrdilo P 11 (DHC-SINCOLOR)			
Dodavatelé lepidla				Dodavatelé tvrdidla			
Dodavatelé	Náklady balení [535]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz	Dodavatelé	Náklady balení [55g/Kč]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
Nejlevnější Barvy.CZ s.r.o.	105,00 Kč	0,20 Kč	nejlevnejsi-barvy-laky.cz	1.Nejlevnější Barvy.CZ s.r.o.	32,00	0,58	nejlevnejsi-barvy-laky.cz
Maradan Team s.r.o.	176,00 Kč	0,33 Kč	RMcentrum.cz	Hana Burešová, f.o.	29,10	0,53	Drostra.cz
VE & PA, spol. s r.o.	195,00 Kč	0,36 Kč	Eshop Barvy-laky fasády	Jakub Hlaváč, f.o.	30,00	0,55	Barvy-eshop.eu
DCH - Sincolor, a.s.	203,00 Kč	0,38 Kč	Sincolor.cz	DCH - Sincolor, a.s.	39,00	0,71	Sincolor.cz
NETtechnik v.o.s.	179,00 Kč	0,33 Kč	X-zbozi.cz	PROLEP v.o.s	40,00	0,73	Prolep.cz

V následující tab. 31, je ekonomické zhodnocení pro dané prodejce a jak by vypadaly náklady na vyhotovení vzorků doplněné o poměr, který musí být dodržen u lepidla CHS EPOXY 1200.

Tab. 31 Náklady pro CHS EPOXY 1200

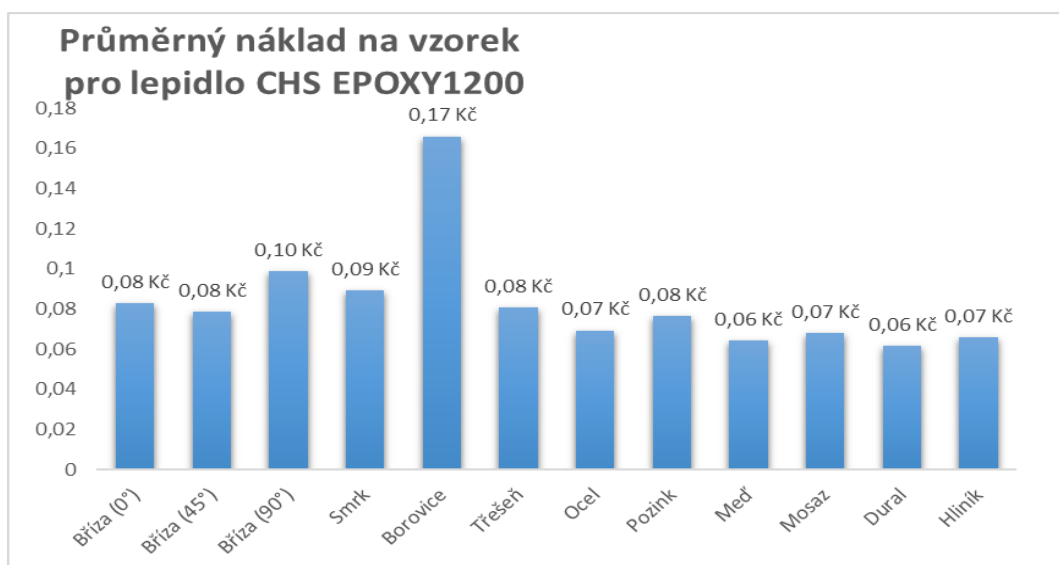
Dodavatelé	Náklady lepidla na g [Kč]	Náklady tvrdidla na g [Kč]	Náklady na g směsi [Kč]	Poznámka
Nejlevnější Barvy. CZ s.r.o.	0,18	0,04	0,22	100 : 7 hm. Dílům
Maradan Team s.r.o.	0,31	0,04	0,34	100 : 7 hm. Dílům
VE & PA, spol. s r.o.	0,34	0,04	0,37	100 : 7 hm. Dílům
DCH - Sincolor, a.s.	0,35	0,05	0,40	100 : 7 hm. Dílům
NETtechnik v.o.s.	0,31	0,05	0,36	100 : 7 hm. Dílům
Průměrné ceny	0,30	0,04	0,34	

V následující tab. 32, je souhrn použitého lepidla pro daný vzorek doplněné o spočítané náklady a spotřebu na jeden kus spoje. Materiály byly slepeny po nejdříve po 3 vzorcích a následně po dalších 3 vzorcích.

Tab. 32 Spotřeba lepidla CHS EPOXY 1200

Materiál	Po třech vzorcích				Po šesti vzorcích			
	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Bříza (0°)	25,67	0,74	0,24	0,08	24,95	0,71	0,23	0,08
Bříza (45°)	24,21	0,74	0,24	0,08	23,57	0,63	0,21	0,07
Bříza (90°)	22,67	0,90	0,30	0,10	21,84	0,82	0,27	0,09
Smrk	20,95	0,89	0,29	0,10	20,27	0,67	0,22	0,07
Borovice	19,26	1,01	0,33	0,11	18,38	1,89	0,63	0,21
Třešeň	17,65	0,72	0,24	0,08	16,96	0,69	0,23	0,07
IPE	32,41	0,41	0,13	0,04	31,70	0,40	0,13	0,04
Ocel	26,08	0,83	0,28	0,09	25,71	0,37	0,12	0,04
Pozink. ocel	24,93	0,77	0,25	0,08	24,36	0,56	0,18	0,06
Měď	23,70	0,65	0,21	0,07	23,23	0,47	0,15	0,05
Mosaz	22,59	0,63	0,21	0,07	22,04	0,55	0,18	0,06
Dural	20,36	0,51	0,17	0,05	19,80	0,56	0,18	0,06
Hliník	21,45	0,58	0,19	0,06	20,88	0,57	0,19	0,06

V následujícím obr. 46, lze vidět průměrný náklad na vzorek, ze kterého vyplývá, že nejvíce lepidla bylo použito u materiálu borovice, proto se cena vyšplhala až na 0,16,-Kč.



Obr. 46 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo CHS EPOXY 1200

7.1.2 Tectane 1001 U

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Tectane 1001U. Z tohoto hodnocení v tab. 34, vyplývá, že nejlevnější prodejce lepidla Tectane 1001U ze zvolených je Banat s.r.o a průměrná cena je zde 4, 78,-Kč na gram lepidla.

Tab. 33 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Tectane 1001 U

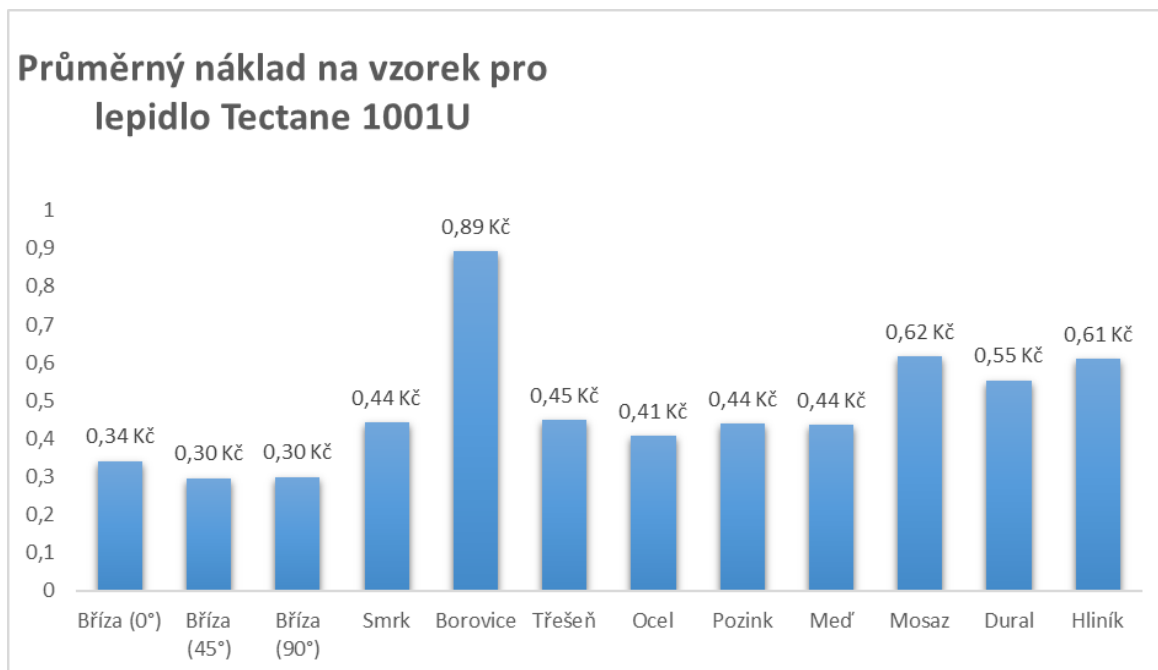
TECTANE 1001 U			
<i>Dodavatelé</i>	Náklady balení [20g/Kč]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
<i>Jareš Jiří, f.o.</i>	98,00	4,90	Automedik.cz
<i>Martin Mrázek, f.o.</i>	95,00	4,75	Mrzekcz.cz
<i>Autodily profi</i>	91,00	4,55	Profiautodily.cz
<i>Lukáš Adámek, f.o.</i>	119,00	5,95	Autokšeft
<i>Bonat s.r.o</i>	75,00	3,75	Superoleje.cz
Průměrné ceny		4,78,- Kč	

V následující tab. 35, je shrnuta spotřeba a náklady na zhotovení pro určitý materiál při použití lepidla Tectane 1001 U.

Tab. 34 Shrnutí nákladu a spotřeby pro lepidlo Tectane 1001 U

Materiál	Po třech vzorcích				Po šesti vzorcích			
	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Bříza (0°)	14,90	0,22	0,07	0,36	14,70	0,20	0,06	0,31
Bříza (45°)	14,52	0,18	0,06	0,28	14,33	0,19	0,06	0,30
Bříza (90°)	14,15	0,17	0,05	0,28	13,95	0,19	0,06	0,31
Smrk	13,60	0,35	0,11	0,56	13,39	0,20	0,06	0,32
Borovice	13,09	0,85	0,28	1,36	12,83	0,26	0,08	0,41
Třešeň	12,60	0,22	0,07	0,36	12,27	0,33	0,11	0,54
IPE	18,00	0,23	0,08	0,36	17,44	0,33	0,11	0,53
Ocel	19,78	0,15	0,05	0,25	19,42	0,35	0,11	0,56
Pozinkovaná ocel	19,15	0,26	0,08	0,42	18,87	0,28	0,09	0,45
Měď	18,61	0,25	0,08	0,41	18,32	0,28	0,09	0,45
Mosaz	18,00	0,32	0,10	0,51	17,55	0,45	0,15	0,71
Dural	16,45	0,33	0,11	0,53	16,09	0,35	0,12	0,57
Hliník	17,18	0,37	0,12	0,59	16,79	0,39	0,13	0,62

V následujícím obr. 47, lze vidět průměrný náklad na vzorek, ze kterého vyplývá, že nejvíce lepidla bylo použito u materiálu borovice a cena dosáhla 0,89,-Kč na vzorek.



Obr. 47 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo Tectane 1001 U

7.1.3 Zwaluw D2

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Zwaluw D2. Z tohoto hodnocení v tab. 36, vyplývá, že nejlevnější výrobce lepidla Zwaluw D2 z vybraných je Virtual Building s.r.o.

Tab. 35 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Zwaluw D2

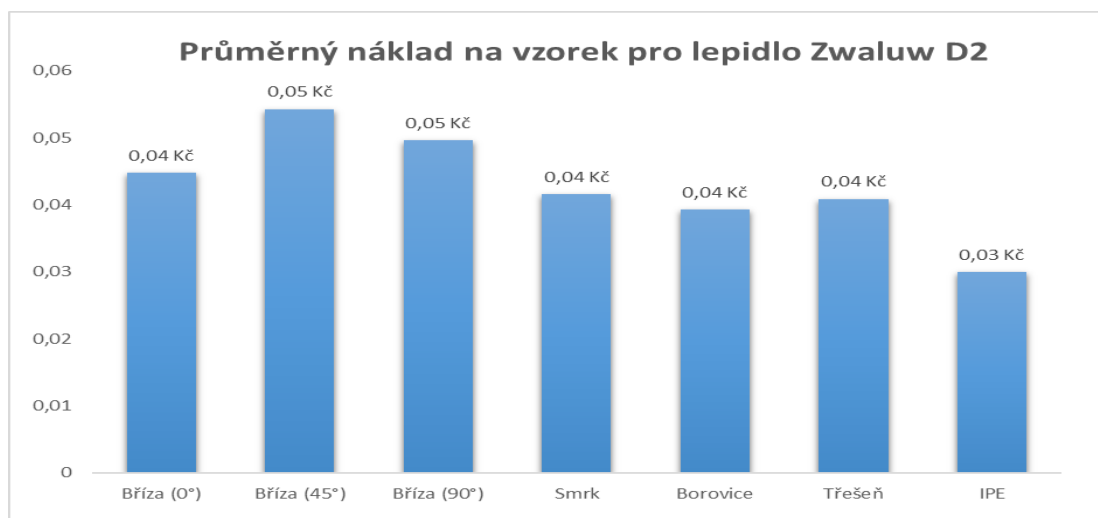
ZALUW D2 250g			
Dodavatelé	Náklady balení [250g/Kč]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
<i>Virtual Building, s.r.o.</i>	33,88	0,14	Stawebniny.com
<i>EUROHITY, s.r.o.</i>	50,00	0,20	Eurohity.cz
<i>Unima Plus, s.r.o.</i>	39,00	0,16	Elektro-internet.cz
<i>VISO TRADE s.r.o.</i>	85,40	0,34	Kukacka.cz
<i>Jaroslav Stehlík, f.o.</i>	43,00	0,17	Gola-sada-tona.cz
Průměrné ceny		0,20 Kč	

V následující tab. 37. je ekonomické zhodnocení pro dané výrobce a jak vypadaly náklady a spotřeba na vyhotovení vzorků lepidlem Zwaluw D2. Náklady na zhotovení zde byly velmi vyrovnané a pohybovali se kolem 0,04,- Kč.

Tab. 36 Shrnutí spotřeby a nákladu pro lepidlo Zwaluw D2

Materiál	Počáteční množství lepidla [g]	Po třech vzorcích			Po šesti vzorcích			
		Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Bříza (0°)	27,35	0,70	0,23	0,04	26,72	0,63	0,21	0,04
Bříza (45°)	25,83	0,88	0,29	0,05	25,10	0,73	0,24	0,04
Bříza (90°)	24,32	0,78	0,26	0,05	23,62	0,69	0,23	0,04
Smrk	22,98	0,63	0,21	0,04	22,37	0,60	0,20	0,04
Borovice	21,83	0,54	0,18	0,03	21,20	0,62	0,20	0,04
Třešeň	20,54	0,66	0,22	0,04	19,98	0,56	0,18	0,03
IPE	18,52	0,46	0,15	0,03	17,66	0,39	0,13	0,02

V následujícím obr. 48, lze vidět průměrný náklad na vzorek, ze kterého vyplývá, že náklady na zhotovení vzorků byly velmi vyrovnané a pohybovaly se kolem 0,05,-Kč na vzorek.



Obr. 48 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo Zwaluw D2

7.1.4 Pattex Wood

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Pattex Wood. Z tohoto hodnocení v tab. 38, vyplývá, že nejlevnější výrobce lepidla Zwaluw D2 z vybraných je dodavatel Veronika Eliášová.

Tab. 37 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Pattex Wood

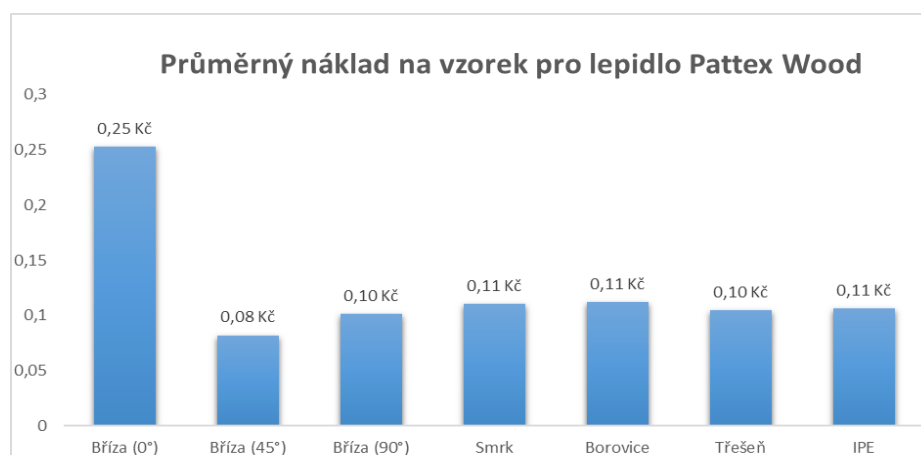
PATTEX WOOD 250g			
Dodavatelé	Náklady balení [250g]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
Veronika Eliášová, f.o.	77,75	0,31	Lepidlatmely.cz
Hoňka, s.r.o.	81,46	0,33	Proprumysl.cz
Zásobování, a.s.	105,00	0,42	Eva.cz
VISO TRADE, s.r.o.	166,40	0,67	Kuckacka.cz
FERRUM PLZEŇ spol. s r.o	110,00	0,44	Market-online.cz
Průměrné ceny		0,43 Kč	

V následující tab. 39, je ekonomické zhodnocení pro dané prodejce a jak vypadaly náklady na vyhotovení vzorků lepidlem Pattex Wood. Náklady byly velmi vyrovnané u všech zkoušených materiálů.

Tab. 38 Shrnutí nákladů a spotřeby u lepidla Pattex Wood

Materiál	Počáteční množství lepidla [g]	Po třech vzorcích			Po šesti vzorcích			
		Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Bříza (0°)	22,64	2,59	0,86	0,37	21,73	0,91	0,30	0,13
Bříza (45°)	21,00	0,72	0,24	0,10	20,59	0,41	0,13	0,05
Bříza (90°)	20,03	0,56	0,18	0,08	19,19	0,84	0,28	0,12
Smrk	18,43	0,75	0,25	0,10	17,66	0,77	0,25	0,11
Borovice	16,99	0,67	0,22	0,09	16,10	0,88	0,29	0,12
Třešeň	15,04	1,06	0,35	0,15	14,66	0,37	0,12	0,05
IPE	19,2	0,72	0,24	0,10	17,72	0,75	0,25	0,11

V následujícím obr. 49, lze vidět průměrný náklad na vzorek, ze kterého vyplývá, že cena dosáhla nejvyšší hodnoty u materiálu překližka (Bříza 0°) a to 0,25,-Kč.



Obr. 49 Náklady na vzorky pro lepidlo Pattex Wood

7.1.5 Herkules

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Herkules. Z tohoto hodnocení v tab. 40, vyplývá, že nejlevnější prodejce lepidla Herkules z vybraných je obchod Mall.

Tab. 39 Ekonomická zhodnocení pro lepidlo Herkules

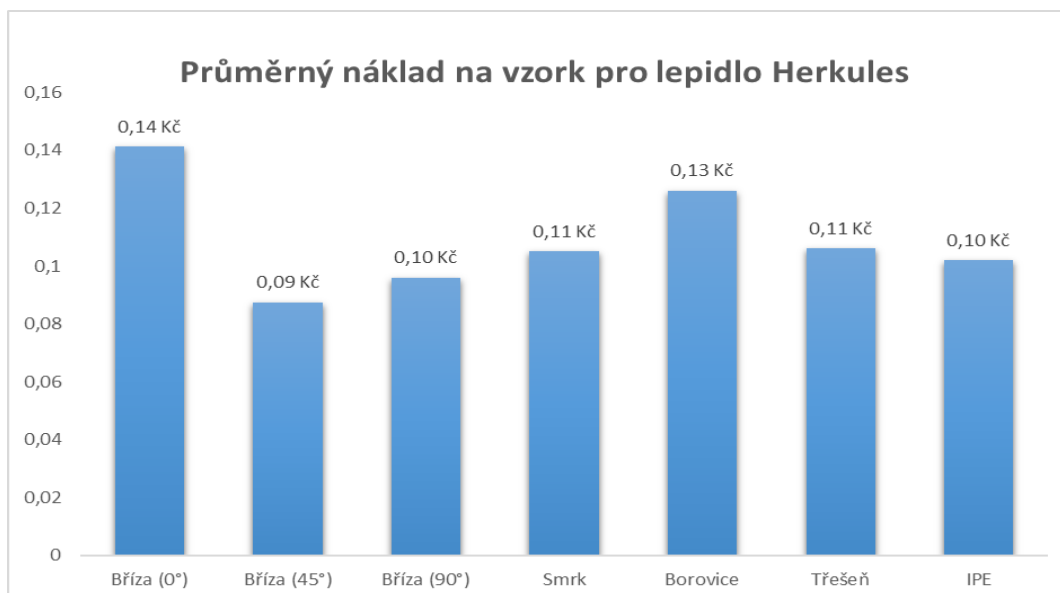
Dodavatelé	Náklady balení [250g/Kč]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
<i>Kolonial.cz s.r.o.</i>	59,90	0,46	Kolonial.cz
<i>Internet Mall, a.s.</i>	57,00	0,44	Mall.cz
<i>Secupack s.r.o.</i>	38,89	0,30	Top-obaly.cz
<i>Josef Chmelař,f.o.</i>	34,00	0,26	VMD-Drogerie.cz
<i>NWT a.s.</i>	45,00	0,35	Patro.cz
Průměrné ceny		0,36 Kč	

V následující tab. 41, je ekonomické zhodnocení pro dané prodejce. Jak vypadaly náklady a spotřeba na vyhotovení vzorků lepidlem Herkules.

Tab. 40 Shrnutí nákladu a spotřeby pro lepidlo Herkules

Materiál	Po třech vzorcích				Po šesti vzorcích			
	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Bříza (0°)	111,74	1,53	0,51	0,18	110,93	0,81	0,27	0,09
Bříza (45°)	110,09	0,83	0,27	0,10	109,47	0,61	0,20	0,07
Bříza (90°)	108,55	0,92	0,30	0,11	107,88	0,67	0,22	0,08
Smrk	106,93	0,94	0,31	0,11	106,13	0,79	0,26	0,09
Borovice	105,14	0,99	0,33	0,11	104,04	1,10	0,36	0,13
Třešeň	103,02	1,01	0,34	0,12	102,27	0,73	0,24	0,08
IPE	101,99	0,98	0,32	0,11	100,30	0,70	0,23	0,08

V následujícím obr. 50, jsou shrnuty náklady pro jednotlivé materiály při použití lepidla Herkules. Z nichž nejvyšší cenu obsadila překližka (Bříza 0°) a to 0,14,-Kč. Naopak nejmenší hodnota zde dosáhla 0,09,- Kč. Rozdílná částka není příliš markantní.



Obr. 50 Průměrný náklad na vzorky pro lepidlo Herkules

7.1.6 UHU Metall

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo UHU Metall. Z tohoto hodnocení v tab. 42, vyplývá, že nejlevnější výrobce lepidla UHU Metall z vybraných je prodejce Color centrum Vracov a Josef Chmelař.

Tab. 41 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo UHU Metall

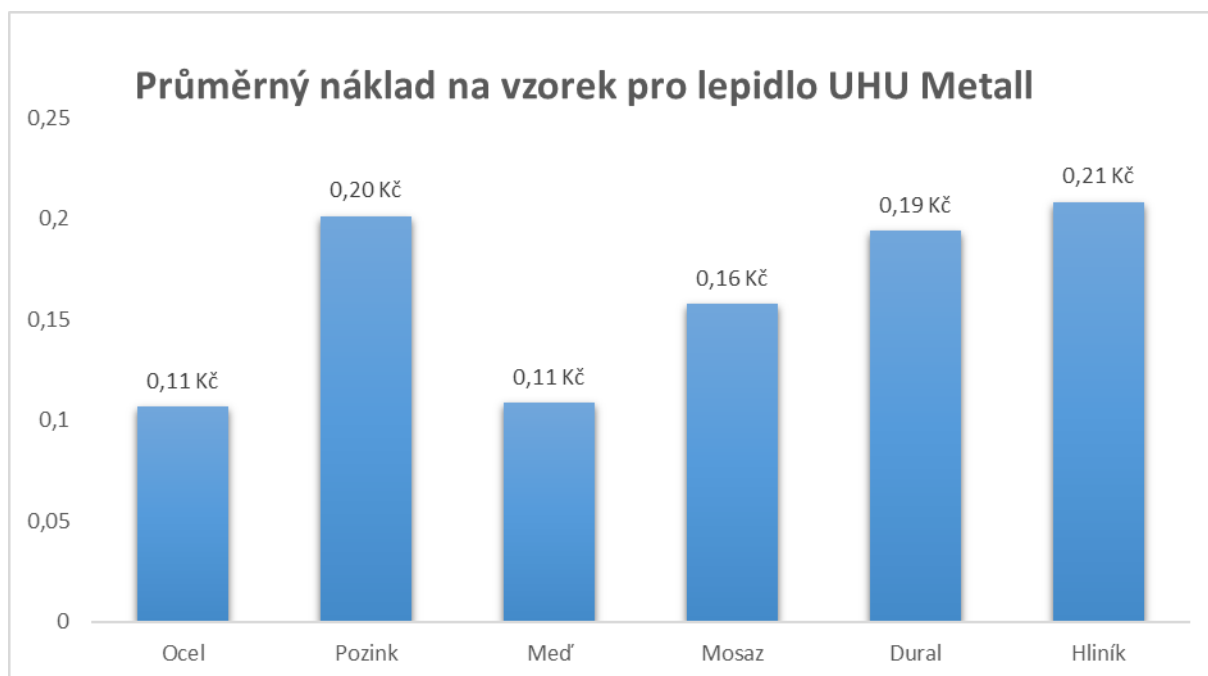
UHU METALL			
Dodavatelé	Náklady balení [30/Kč]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
Ladislav Paďour, f.o.	55,40	1,85	Prozahradkare.cz
Color Centrum Vracov	54,90	1,83	Autolaky-eshop.cz
Nejlevnější Barvy.CZ s.r.o.	56,00	1,87	Nejlevnejsi-barvy-laky.cz
PROFES GROUP spol. s r.o.	66,00	2,20	Naradiprofesional.cz
Josef Chmelař, f.o.	55,00	1,83	VMD-Drogerie.cz
Průměrné ceny		1,92 Kč	

V následující tab. 43, je ekonomické zhodnocení pro dané prodejce a jak vypadaly náklady a spotřeby na vyhotovení vzorků lepidlem UHU Metall. Nejnížší náklady byly zaznamenány u materiálu měď a ocel naopak nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u materiálu dural.

Tab. 42 Shrnutí nákladu a spotřeby pro lepidlo UHU Metall

Materiál	Po třech vzorcích				Po šesti vzorcích			
	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]	Počáteční množství lepidla [g]	Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Ocel	19,13	0,18	0,06	0,11	18,98	0,15	0,05	0,09
Pozinkovaná ocel	18,65	0,32	0,10	0,20	18,35	0,30	0,10	0,19
Měď	18,16	0,18	0,06	0,11	18,01	0,15	0,05	0,09
Mosaz	17,74	0,27	0,09	0,17	17,51	0,22	0,07	0,14
Dural	16,58	0,28	0,09	0,18	16,25	0,32	0,10	0,20
Hliník	17,13	0,38	0,12	0,24	16,86	0,27	0,09	0,17

Následuje obr. 51, kde jsou shrnuty náklady pro jednotlivé materiály při použití lepidla UHU Metall. Nejvyšší cenu zde dosahoval Hliník a to 0,21,-Kč.



Obr. 51 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo UHU Metall

7.1.7 Soudal – univerzální kontaktní lepidlo

Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Soudal – univerzální kontaktní lepidlo. Z tohoto hodnocení v tab. 44, vyplývá, že nejlevnější prodejce lepidla soudal z vybraných je obchod

Tab. 43 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Soudal

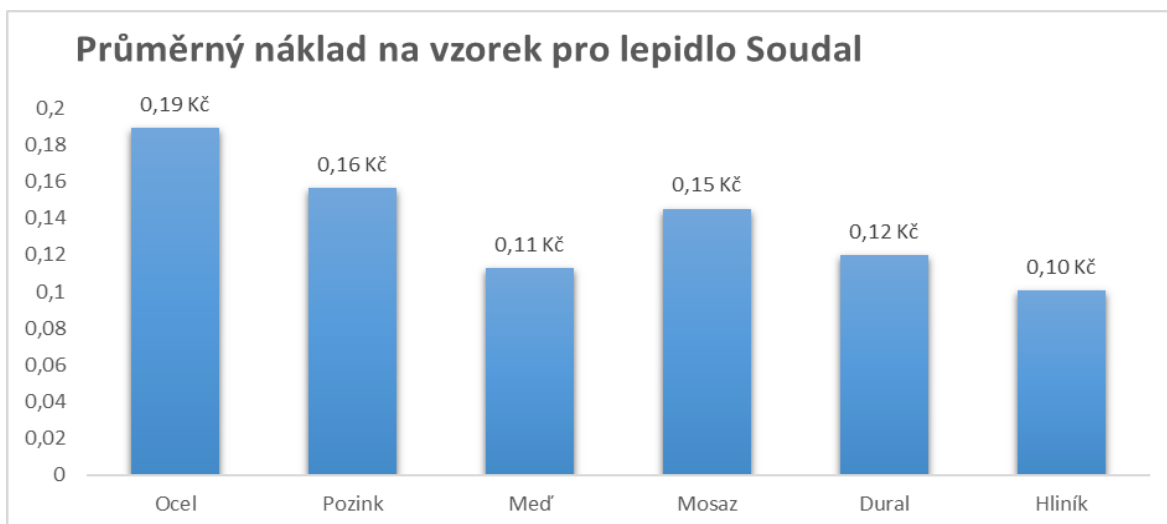
Dodavatelé	Náklady balení [50g/Kč]	Náklady měrné jednotky [g/Kč]	Odkaz
Obchod pro řemesla, s.r.o.	32,40	0,65	Obchodproremesla.cz
PROFES GROUP spol. s r.o.	30,00	0,60	Naradiprofesional.cz
Tesco Stores ČR a.s.	25,90	0,52	iTesco
Železářství KUTIL, s.r.o.	32,00	0,64	Kutil.eu
PEDDY Group s.r.o.	25,00	0,50	Peddy.cz
Průměrné ceny		0,58 Kč	

V následující tab. 45, je ekonomické zhodnocení pro dané prodejce a jak vypadaly náklady a spotřeba na vyhotovení vzorků lepidlem Soudal – univerzální kontaktní lepidlo.

Tab. 44 Souhrn nákladu a spotřeby pro lepidlo Soudal

Materiál	Počáteční množství lepidla [g]	Po třech vzorcích			Počáteční množství lepidla [g]	Po šesti vzorcích		
		Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]		Úbytek lepidla v [g]	Spotřeba lepidla na ks v [g]	Náklady na zhotovení ks spoje v [Kč]
Ocel	49,05	1,08	0,36	0,20	48,18	0,86	0,29	0,16
Pozinkovaná ocel	47,17	1,01	0,33	0,19	46,57	0,60	0,20	0,11
Měď	45,96	0,60	0,20	0,11	45,40	0,55	0,18	0,10
Mosaz	44,66	0,74	0,24	0,14	43,90	0,75	0,25	0,14
Dural	42,28	0,58	0,19	0,11	41,63	0,65	0,21	0,12
Hliník	43,38	0,51	0,17	0,10	42,86	0,52	0,17	0,10

Následuje obr. 52, kde jsou shrnuty náklady pro jednotlivé materiály při použití lepidla Soudal – univerzální kontaktní lepidlo.



Obr. 52 Průměrné náklady na vzorek pro lepidlo Soudal

7.2 Shrnutí ekonomického zhodnocení

Z předešlých tabulek a grafů, je patrné, že velmi záleží jak na ceně, tak na spotřebě lepidla. Rozhodně se zde potvrdilo pravidlo, že vždy neplatí, že více lepidla zaručí, lepší pevnost. Měli bychom vždy dodržovat předepsané množství, které je uvedeno od výrobce. Ušetříme tím tak, náklady a přitom dosáhneme stejné pevnosti.

Velmi zajímavým prvkem byla cena, která se při analýze prodejců pohybovala ve velkém rozpětí a mnohdy se lišila až o 5%, což pro větší objem nákupu lepidla, může hrát vysokou roli v ušetření si nákladů. Dnešní trh lepidel je opravdu rozmanitý a zvolení správného lepidla je základ úspěchu.

8 Závěr

V diplomové práci byly shrnuty poznatky a informace zabývající se technologií lepení kovových a nekovových materiálů. Na začátku diplomové práce byla popsána technologie lepení a krátký popis historie lepení. V nadcházející části byla podrobně rozepsána struktura lepeného spoje.

Další část práce se věnovala vlastnostem a podstatě celého procesu lepení. Podstatou lepení je navrhnutí lepeného spoje tak, aby vydržel namáhání, které na lepený spoj přímo nebo nepřímo působí. Abychom mohli dosahovat maximálních požadovaných vlastností, je nutné materiál před lepením připravit technologickou úpravou povrchu.

Následující kapitola je věnována volbě lepidla. Tento proces bývá podceňován, přesto je to velmi důležitá činnost, která velmi ovlivní výsledek lepení. Celkové výhody a nevýhody technologie lepení nesou důležitou roli ve spojovacích metodách. Především díky technologii lepení lze ušetřit velké množství finančních prostředků. Například v automobilovém průmyslu, je právě metoda lepení velmi využívána.

Vyhodnocené závěry byly dosaženy pomocí praktických laboratorních experimentů, kde bylo slepeno a na univerzálním zkušebním stroji roztrháno a následně vyhodnoceno 402 zkušebních vzorků. U zkušebních vzorků byla vyhodnocena pevnost při použití různých lepidel. Následně byly vzorky vizuálně vyhodnoceny.

Z pohledu, výsledné nejvyšší pevnosti dosahovalo nejlepších vlastností epoxidové lepidlo CHS Epoxy 1200. Toto epoxidové lepidlo dosahovalo pevnosti pro kovové materiály 12,05 MPa a to pro materiál ocel. U nekovových materiálů dosahovalo lepidlo CHS Epoxy 1200 pevnosti 9,36 MPa a to u materiálu překližka (bříza 0°). Konkrétně toto epoxidové lepidlo má výbornou pevnost, ale je náročnější na práci a přípravu. Rychle zasychá a musí se mísit s tvrdidlem.

Poměrně dobré výsledky dosáhlo sekundové lepidlo Tectane 1001U. Kde nejvyšší pevnost byla naměřena u materiálu pozinkovaná ocel a to 4,25 MPa. U nekovových materiálů dosáhlo lepidlo pevnosti 3,65 MPa a to u materiálu překližka (bříza 0°). Lepidlo Tectane 1001 U je velmi rozšířené v běžné veřejnosti a jeho výsledky pevnosti potvrdily, proč tomu tak je.

Z ekonomického pohledu byla ke konci praktické části podrobně rozepsána ekonomická stránka zvolených lepidla. V této ekonomické analýze vychází z pohledu dosažené pevnosti a ceny velmi dobře opět lepidlo CHS Epoxy 1200 u kovových materiálu. Průměrná cena za balení 535 g lepidla se pohybuje kolem 172,- Kč. V přepočtu jsou průměrné náklady na gram směsi 0,35,- Kč. Na zhotovení jednoho zkušebního vzorku byla spotřebováno přibližně 0,244 g směsi lepidla CHS Epoxy 1200.

U nekovových materiálu byla zvolená lepidla velmi vyrovnaná z pohledu dosahované pevnosti a ceny. Velmi dobré výsledky pevnosti dosahovala lepidla Pattex Wood, Zwaluw D2 a CHS Epoxy 1200. Z pohledu ekonomického u nekovových materiálů dosahovalo lepidlo Zwaluw D2 pevnosti 8,71 MPa a průměrná cena za 250 g balení se pohybuje kolem 55,- Kč. Průměrná spotřeba na jeden vzorek byla u lepidla Zwaluw D2 0,224 g a průměrné náklady na 1 g směsi byly 0,20,- Kč.

Technologie lepení se řadí k moderním způsobům spojování stejnorodých nebo naopak různorodých materiálů. Jeho potenciál je využíván v mnoha průmyslových odvětví a o jeho využití v budoucnu je postaráno právě díky jeho skvělým vlastnostem. Výrobci spolupracují s vědeckými pracovníky, aby mohla vznikat nová lepidla, která dokáží vytvořit spoj ještě pevnější, odolnější nebo dokáží prodloužit životnost lepidla.

9 Seznam použité literatury

BROCKMANN W., GEIß P. L., KLINGEN J., SCHRÖDER B. *Adhesive bonding Materials, Applications and Technology*. Weinheim: Wiley-VCH, (2009): 414 p. ISBN 978-3-527-31898-8.

BROŽEK, M. *Základy strojírenské technologie - návody na cvičení*. Praha: ČZU, 2001. ISBN 80213-0724-2.

BROŽEK, M. Bonding of wood. *Research in Agricultural Engineering (Zemědělská technika)*, 2015, roč. 61, č. 3, s. 134-139. ISSN: 1212-9151.

EBNESAJJAD, S. *Handbook of adhesives and surface preparation - technology, applications and manufacturing* Oxford. 2011. ISBN 978-1-4377.

HLUCHÝ, M. *Nauka o materiálu*. Praha: SNTL, 1978.

KOVAČIČ, L. *Lepení kovů a plastů*. Bratislava: Alfa, 1984.

KŘÍŽ R., VÁVRA P., *Strojírenská příručka sv. 5*. Scienta, Praha, 1994. 241s.

MELEZÍNEK, O. *Lepení kovů ve strojírenství*. 1. vyd. Praha, 1961. SNTL, 120 s. Knižnice strojírenské technologie, sv. 48.

MÜLLER, M. Teplota a čas – vliv na pevnost lepených spojů. *MM Průmyslové spektrum*. 2005, číslo 10, s. 34.

MÜLLER, M. Vliv tloušťky lepené vrstvy na pevnost lepených spojů. *Tematický magazín*. 2003, číslo 5, s. 24.

OSTEN, M. *Práce s lepidly a tmely*. Praha SNTL. 1986.

MÜLLER, M.; CHOTĚBORSKÝ, R.; HRABĚ, P. Degradation processes influencing bonded joints. *Research in Agricultural Engineering*. 2009, číslo 55, s. 29-34.

PETERKA, J. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. 1. vyd. Praha, 1980. SNTL. 792s.

POKORNÝ, J. *Lepení a tmelení v dílně a domácnosti*. 1. vydání Praha: Grada Publishing 2000. 108 s. ISBN 80-7169-857-1

BIESTERFELD SILCOM s.r.o, Lepidla a tmely. [online]. 2014 [cit. 2015-02.04]. Dostupné z [http://www.bisi.cz/cmsres.axd/get/cms\\$7CVwRhc3USVqgzxkKF96gI\\$2BEm6DtYR\\$2BPG1678dU PJCTLy\\$2BBcjoLW72Bi1xrV0BI3tP3ZYsF6Re1frD2IMr\\$2FTspg\\$3D\\$3D](http://www.bisi.cz/cmsres.axd/get/cms$7CVwRhc3USVqgzxkKF96gI$2BEm6DtYR$2BPG1678dU PJCTLy$2BBcjoLW72Bi1xrV0BI3tP3ZYsF6Re1frD2IMr$2FTspg$3D$3D)

DROBNÝ, D., Lepení plastů. [online]. 2015 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z <http://www.lepidla.cz/cs/a/lepeni-plastu.html>

EUROCHEM, Vzorová dokumentace. [online]. 2009 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z <http://www.eurochem.cz/index.php?MN=Vzorov%E1+dokumentace&ProdID=00025A06E9B FE1860002E8A8>

GREGOR, M., Technologie a technika lepení. [online]. 2015 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z <http://www.lepidla.cz/cs/a/technologie-a-technika-lepeni--zakladni-informace.html>

GREŠKO, M., Spojování dřeva lepením [online]. 2012 [cit. 2015-02-08]. Dostupné z http://www.zsbr.cz/soubory/VY_32_INOVACE_326.pdf

LEAR, a.s., Teorie lepení. ABC lepidla [online]. 2010 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z http://www.abclepidla.cz/Files/file/files/Teorie_lepeni.pdf

LENFELD, P. Technologie lepení v automobilovém průmyslu. [online]. 2002 [cit. 2015-11-23]. Dostupné z http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/lepeni.pdf

MRŇA L., Lepení materiálu [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv_specialni_metody_svarovani_lepeni_materialu_mrna.pdf

MÜLLER M., Ekologické aspekty povrchové přípravy lepených spojů. [online]. 2006 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/ekologicke-aspekty-povrchovepripravy-lepenych-spoju_12953.html

PRECIOUSA, Lepeni – Aplikační manuál. [online]. 2014 [cit. 2015-02.02]. Dostupné z <http://www.preciosa.com/filemanager/files/4761.pdf>

PS WORKS s.r.o. Abraziva. [online]. 2016 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z <http://www.enetextechnology.eu/o-spolecnosti/produkty/tryskani-automatizace/tryskaci-systemy-automatizace/abraziva/index.html>

SVĚT LEPIDEL, Krátce z historie [online]. 2010 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z <http://www.lepidla-lepidlo.cz/lepidlo/1-Vse-o-lepeni/2-Jak-spravne-vybrat-lepidlo>

ZÁRUBA, J. Lepidla a lepení různých materiálů. [online]. 2015 [cit. 2015-11-23]. Dostupné z <http://www.ireceptar.cz/pro-kutily/postupy-a-navody/lepidla-a-lepeni-ruznych-materialu-dreva-kovu-plastu/>

9.1 Seznam tabulek

Tab. 1 Přednosti a nedostatky lepení (PETERKA, 1980)	6
Tab. 2 Parametry volby lepidla	11
Tab. 3 Použitá lepidla.....	11
Tab. 4 Reaktivní lepidla.....	16
Tab. 5 Rozpouštědlová lepidla.....	17
Tab. 6 Vodná roztoková lepidla	17
Tab. 7 Vodná disperzní lepidla	18
Tab. 8 Tavná lepidla	19
Tab. 9 Prášková lepidla	19
Tab. 10 Výhody technologie lepení	20
Tab. 11 Nevýhody technologie lepení	20
Tab. 12 Nejčastější používané materiály	22
Tab. 13 Lepidla pro kovové materiály (GREGOR, 2015).	26
Tab. 14 Lepidla pro dřevěné materiály.....	27
Tab. 15 Lepidla pro plastové materiály	27
Tab. 16 Shrnutí.....	30
Tab. 17 Drsnost pro ocel, pozinkovaná ocel, hliník, měď, mosaz, dural	36
Tab. 18 Výsledné shrnutí kovových materiálů s největší a nejmenší pevností.....	37
Tab. 20 Shrnutí lepidla Soudal – univerzální kontaktní lepidlo	38
Tab. 21 Shrnutí lepidla UHU metall	39
Tab. 22 Shrnutí lepidla CHS Epoxy 1200.....	40
Tab. 23 Shrnutí lepidla Tectane 1001 U	41
Tab. 19 Výsledné shrnutí nekovových materiálů s největší a nejmenší pevností.....	43
Tab. 22 Shrnutí lepidla Herkules.....	44
Tab. 23 Shrnutí lepidla Termik 251.....	45

Tab. 24 Shrnutí lepidla Tectane 1001 U	46
Tab. 25 Shrnutí pro lepidlo CHS EPOXY 1200	47
Tab. 26 Shrnutí lepidla Pattex Wood	48
Tab. 27 Shrnutí lepidla Zwaluw D2	49
Tab. 30 Ekonomické zhodnocení pro CHS EPOXY 1200	50
Tab. 31 Náklady pro CHS EPOXY 1200	50
Tab. 32 Spotřeba lepidla CHS EPOXY 1200	51
Tab. 34 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Tectane 1001 U	52
Tab. 35 Shrnutí nákladu a spotřeby pro lepidlo Tectane 1001 U	52
Tab. 36 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Zwaluw D2	53
Tab. 37 Shrnutí spotřeby a nákladu pro lepidlo Zwaluw D2	54
Tab. 38 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Pattex Wood	55
Tab. 39 Shrnutí nákladů a spotřeby u lepidla Pattex Wood	55
Tab. 40 Ekonomická zhodnocení pro lepidlo Herkules	56
Tab. 41 Shrnutí nákladu a spotřeby pro lepidlo Herkules	56
Tab. 42 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo UHU Metall	57
Tab. 43 Shrnutí nákladu a spotřeby pro lepidlo UHU Metall	58
Tab. 44 Ekonomické zhodnocení pro lepidlo Soudal	59
Tab. 45 Souhrn nákladu a spotřeby pro lepidlo Soudal	59

9.2 Seznam obrázků

Obr. 1 Struktura lepeného spoje (GREGOR, 2015)	4
Obr. 2 Adheze a Koheze (MRŇA, 2014)	5
Obr. 3 Způsoby lepení (ZÁRUBA, 2015)	6
Obr. 4 Způsob lepení pomocí přeplátování (vlastní foto)	7
Obr. 5 Čistící souprava (vlastní foto)	7
Obr. 6 Příklady namáhání (GREŠKO, 2012)	8
Obr. 7 Kapková zkouška (DROBNÝ, 2015).	9
Obr. 8 tryskací kabina (PS WORKS, 2016)	10
Obr. 9 Rovinné broušení (HLUCHÝ, 1978).	11
Obr. 10 Lepidlo Tectane 1001 U	12

Obr. 11 Lepidlo Zwaluw D2.....	12
Obr. 12 Lepidlo Pattex Wood	12
Obr. 13 Lepidlo Herkules	13
Obr. 14 Lepidlo Soudal – univerzální kontaktní lepidlo.....	13
Obr. 15a, b Tavná pistole a tavné tyčinky	13
Obr. 17 Lepidlo CHS EPOXY 1200	14
Obr. 16 Tvrdidlo P 11	14
Obr. 18 Lepidlo UHU metall.....	14
Obr. 19 Dávkování lepidla (PRECIOUSA, 2014).	23
Obr. 20 Aplikační pomůcky (BIESTERFELD SILCOM, 2014).....	24
Obr. 21 Lepení oceli (vlastní foto)	25
Obr. 22 Lepení břízy 45° (vlastní foto).....	25
Obr. 23 Provedení lepení koutových spojů (GREGOR, 2015).....	26
Obr. 24 Symboly nebezpečnosti (EUROCHEM, 2009).	28
Ob. 25 Analytická váha (vlastní foto).....	30
Obr. 26 Standardní model	31
Obr. 27 Trhací stroj (vlastní foto)	32
Obr. 28 Upnutí zkušební vzorku (vlastní foto)	32
Obr. 29 Univerzální zkušební stroj LabTest 5.50ST (vlastní foto).....	33
Obr. 30 Průběh trhací zkoušky u lepidla UHU Metall.....	33
Obr. 31 Průběh trhací zkoušky u lepidla Herkules	34
Obr. 32 Drsnoměr MITUTOYSURFTEST 301 (vlastní foto).....	35
Obr. 33 Kompletní shrnutí lepidel pro kovové materiály.....	37
Obr. 34 Dosažené pevnosti u lepidla Soudal - univerzální kontaktní lepidlo.....	38
Obr. 35 - Lepení kovových materiálů pomocí lepidla UHU Metall.....	39
Obr. 36 - Lepení kovových materiálů pomocí lepidla CHS Epoxy 1200.....	40
Obr. 37 - Lepení kovových materiálů pomocí lepidla Tectane 1001 U	41
Obr. 38 Vyhodnocení spoje po zatížení.....	42
Obr. 39 Kompletní shrnutí lepidel pro nekovové materiály.....	43
Obr. 40 lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Herkule.....	44
Obr. 41 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Termik 251.....	45
Obr. 42 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Tectane 1001 U	46

Obr. 43 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla CHS EPOXY 1200.....	47
Obr. 44 Lepení nekovových materiálů pomocí Pattex Wood	48
Obr. 45 Lepení nekovových materiálů pomocí lepidla Zwaluw D2	49
Obr. 46 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo CHS EPOXY 1200	51
Obr. 47 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo Tectane 1001 U	53
Obr. 48 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo Zwaluw D2.....	54
Obr. 49 Náklady na vzorky pro lepidlo Pattex Wood	55
Obr. 50 Průměrný náklad na vzorky pro lepidlo Herkules	57
Obr. 51 Průměrný náklad na vzorek pro lepidlo UHU Metall	58
Obr. 52 Průměrné náklady na vzorek pro lepidlo Soudal.....	60

10 Přílohy

Naměřené hodnoty byly získány na univerzálním zkušebním stroji Lab Test 5.50ST pro jednotlivé materiály a lepidla jsou shrnuty v následujících tabulkách.

Lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál: DURAL

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
3299,9	3299,9	2,33	1,16	3263	3263	2,37	1,18	11,9
3138,2	3138,15	1,92	0,96	3050	3050	1,96	0,98	9,84
3999,1	3999,1	2,88	1,44	3997	3997	2,88	1,44	14,5
3085,6	3085,55	1,32	0,66	2899	2899	1,33	0,67	6,69
3718,9	3718,85	2,69	1,35	3714	3714	2,7	1,35	13,5
4300,7	4300,65	2,24	1,12	4288	4288	2,25	1,13	11,3

Lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál: OCEL

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
4492	4492	2,82	1,41	4449	4449	2,84	1,42	14,2
3374,1	3374,1	1,77	0,89	3324	3324	1,81	0,9	9,05
3965,9	3965,85	2,28	1,14	3935	3935	2,29	1,15	11,5
3877,8	3877,8	2,05	1,03	3798	3798	2,09	1,05	10,5
4428,3	4428,3	3,26	1,63	4407	4407	3,27	1,64	16,4
3867	3867	2,65	1,33	3826	3826	2,69	1,34	13,5

Lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál: Měď

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2848,3	2848,25	1,49	0,74	2836	2836	1,49	0,75	7,47
3411,8	3411,75	2,04	1,02	3411	3411	2,04	1,02	10,2
2597,4	2597,35	1,06	0,53	2597	2597	1,06	0,53	5,33
3017,2	3017,15	1,36	0,68	2880	2880	1,38	0,69	6,9
2795,1	2795,1	2,64	1,32	2783	2783	2,65	1,33	13,3
3703,6	3703,6	2,22	1,11	3703	3703	2,22	1,11	11,1

Lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál: HLINÍK

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2401,3	2401,3	1,35	0,68	2209	2209	1,38	0,69	6,91
3410,1	3410,1	2,49	1,24	3364	3364	2,52	1,26	12,6
3381,9	3381,85	2,31	1,15	3269	3269	2,35	1,17	11,8
2681,6	2681,55	1,37	0,68	2568	2568	1,4	0,7	7,04
2765,8	2765,75	1,51	0,76	2715	2715	1,54	0,77	7,72
3045,4	3045,4	3,36	1,68	2968	2968	3,39	1,7	17

Lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál: MOSAZ

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2891,2	2891,15	1,09	0,54	2891	2891	1,09	0,54	5,46
2670,5	2670,45	1,23	0,62	2670	2670	1,24	0,62	6,2
2757,7	2757,7	1,46	0,73	2740	2740	1,47	0,73	7,36
3617,3	3617,25	1,75	0,88	3617	3617	1,75	0,88	8,77
3049,3	3049,3	2,56	1,28	3042	3042	2,58	1,29	12,9
3410,1	3410,1	2,58	1,29	3384	3384	2,58	1,29	12,9

Lepidlo CHS EPOXY 1200

Materiál: POZNIK.OCEL

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2943,8	2943,8	1,62	0,81	2936	2936	1,64	0,82	8,2
3031,9	3031,85	2,05	1,03	3029	3029	2,06	1,03	10,3
2969,3	2969,25	1,83	0,92	2960	2960	1,84	0,92	9,22
2637,3	2637,25	1,25	0,62	2600	2600	1,26	0,63	6,3
2645,3	2645,3	1,32	0,66	2640	2640	1,32	0,66	6,64
3207,4	3207,4	1,96	0,98	3179	3179	1,97	0,99	9,89

Lepidlo Tectane 1001 U

Materiál: DURAL

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1149,7	1149,7	0,27	0,14	1131	1131	0,28	0,14	1,4
1101,8	1101,75	0,26	0,13	1102	1102	0,26	0,13	1,3
996,85	996,85	0,25	0,12	997	996,9	0,25	0,12	1,26
1348	1347,95	0,4	0,2	1348	1348	0,4	0,2	2,02
1015,4	1015,4	0,27	0,14	1015	1015	0,27	0,14	1,39
1028,4	1028,4	0,31	0,15	1025	1025	0,31	0,16	1,58

Lepidlo Tectane 1001 U

Lepidlo Tectane 1001 U

Materiál: Měď

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1505,5	1505,5	1,12	0,56	1506	1506	1,12	0,56	5,62
1164,1	1164,1	0,35	0,18	1164	1164	0,35	0,18	1,79
1212	1212	0,39	0,19	1212	1212	0,39	0,19	1,95
1088,5	1088,5	0,25	0,12	1089	1089	0,25	0,12	1,25
1434,9	1434,9	0,46	0,23	1435	1435	0,46	0,23	2,34

Lepidlo Tectane 1001 U

Materiál: Poznik.ocel

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1505,5	1505,5	1,12	0,56	1506	1506	1,12	0,56	5,62
1164,1	1164,1	0,35	0,18	1164	1164	0,35	0,18	1,79
1212	1212	0,39	0,19	1212	1212	0,39	0,19	1,95
1088,5	1088,5	0,25	0,12	1089	1089	0,25	0,12	1,25
1434,9	1434,9	0,46	0,23	1435	1435	0,46	0,23	2,34
1028,4	1028,4	0,31	0,15	1025	1025	0,31	0,16	1,58

Lepidlo Tectane 1001 U

Materiál: Mosaz

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1127	1126,95	0,3	0,15	1091	1091	0,31	0,15	1,56
1366,2	1366,2	0,33	0,17	1366	1366	0,33	0,17	1,69
1256,6	1256,55	0,46	0,23	1257	1257	0,46	0,23	2,34
1451,5	1451,5	0,4	0,2	1452	1452	0,4	0,2	2,01
1076,9	1076,85	0,33	0,17	1077	1077	0,33	0,17	1,68

Lepidlo Tectane 1001 U

Materiál: Ocel

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
848,4	848,4	0,18	0,09	848	848,4	0,18	0,09	0,9
896,05	896,05	0,13	0,06	896	896,1	0,13	0,06	0,65
1120,6	1120,6	0,39	0,19	1121	1121	0,39	0,19	1,96
1044,5	1044,45	0,16	0,08	1044	1044	0,16	0,08	0,82
1645,4	1645,35	1,5	0,75	1644	1644	1,5	0,75	7,54
1028,4	1028,4	0,31	0,15	1025	1025	0,31	0,16	1,58

Materiál: Hliník

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1357,1	1357,1	0,73	0,37	1357	1357	0,73	0,37	3,68
1255,8	1255,75	0,48	0,24	1256	1256	0,48	0,24	2,44
1004,6	1004,6	0,33	0,16	1005	1005	0,33	0,16	1,65
1216,4	1216,4	0,42	0,21	1216	1216	0,42	0,21	2,11
1318,9	1318,85	0,45	0,22	1319	1319	0,45	0,22	2,25
1191,5	1191,5	0,57	0,28	1192	1192	0,57	0,28	2,85

Lepidlo UHU Metall

Materiál: Ocel

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
80,35	80,35	0,35	0,18	40,5	40,45	0,64	0,32	3,22
46,25	46,25	0,05	0,03	29,4	29,35	0,07	0,04	0,39
7,75	7,75	0	0	-11,6	-11,6	0	0	0
36,25	36,25	0,05	0,02	29,4	29,35	0,07	0,04	0,39
70,25	70,25	0,35	0,15	38,5	40,45	0,54	0,32	3,22

Lepidlo UHU Metall

Materiál: Pozink. ocel

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
19,7	19,7	0	0	-1,65	-1,65	0	0	0
107,15	107,15	0,4	0,2	54,3	54,3	0,85	0,42	4,25
90,55	90,55	0,62	0,31	46	46	0,99	0,5	4,99
119,85	119,85	0,33	0,16	61,2	61,2	0,63	0,32	3,19
88,65	88,65	0,2	0,1	45,7	45,7	0,36	0,18	1,81
195,75	195,75	0,63	0,32	98,9	98,85	1,08	0,54	5,4

Lepidlo UHU Metall

Materiál: Mosaz

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
206,5	206,5	0,61	0,31	105	104,9	0,95	0,48	4,78
296,55	296,55	0,62	0,31	149	148,7	1,09	0,55	5,49
132,9	132,9	0,31	0,16	67,3	67,3	0,62	0,31	3,1
142,6	142,6	0,44	0,22	71,5	71,45	0,94	0,47	4,71
74,5	74,5	4,36	2,18	41,6	41,55	4,5	2,25	22,5
194,05	194,05	0,5	0,25	98,3	98,25	0,97	0,49	4,87

Lepidlo UHU Metall

Materiál: Měď

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
87,5	87,5	0,56	0,28	44,9	44,85	1,04	0,52	5,21
12,2	12,2	0	0	5,55	5,55	0	0	0
10,8	10,8	0	0	3,05	3,05	0	0	0
82,5	82,5	0,54	0,28	43,9	44,85	1,03	0,54	5,15
80,5	80,5	0,52	0,28	41,9	42,85	1,01	0,52	5,05

Lepidlo UHU Metall

Materiál: Hliník

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
202,65	202,65	0,83	0,42	102	102,1	1,33	0,66	6,66
222,3	222,3	0,63	0,32	112	111,6	1,17	0,58	5,86
167,75	167,75	0,77	0,38	86,1	86,05	1,14	0,57	5,74
171,6	171,6	0,58	0,29	86,4	86,4	1,02	0,51	5,12
190,2	190,2	0,27	0,13	96,3	96,3	0,74	0,37	3,73
3,9	3,9	0	0	1,95	1,95	0	0	0

Lepidlo UHU Metall

Materiál: Dural

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
170,25	170,25	0,44	0,22	86,4	86,35	0,89	0,44	4,47
248,9	248,9	0,76	0,38	125	125,2	1,23	0,62	6,19
178,05	178,05	0,72	0,36	91,1	91,05	0,99	0,5	4,98
277,15	277,15	0,86	0,43	139	138,7	1,35	0,67	6,77
341,35	341,35	0,62	0,31	172	171,7	1,19	0,6	5,98
189,6	189,6	0,57	0,29	95,8	95,75	0,96	0,48	4,83

Lepidlo: Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

Materiál: Ocel

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
383,2	383,2	1,66	0,83	192	192,2	2,3	1,15	11,5
396,2	396,2	1,7	0,85	199	198,8	2,48	1,24	12,4
294,9	294,9	0,95	0,48	148	147,9	4,54	2,27	22,7
430,3	430,3	1,55	0,78	215	215,4	2,37	1,19	11,9
548,8	548,8	2,01	1,01	275	275,2	2,78	1,39	13,9
635,2	635,2	1,92	0,96	318	317,9	2,82	1,41	14,1

Lepidlo: Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

Materiál: Pozinkovaná ocel

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
389,6	389,6	1,57	0,79	196	195,8	2,28	1,14	11,5
617,2	617,2	1,7	0,85	309	309	2,69	1,35	13,5
461,85	461,85	1,68	0,84	232	231,8	3,17	1,58	15,9
474,6	474,6	1,2	0,6	239	239	1,67	0,84	8,39
408,7	408,7	1,56	0,78	205	204,9	2,1	1,05	10,5
365,5	365,5	1,27	0,63	184	183,6	2,82	1,41	14,1

Lepidlo: Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

Materiál: Měď

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
408,95	408,95	1,27	0,63	205	205,5	2,01	1,01	10,1
291,25	291,25	1,11	0,55	146	145,9	1,45	0,73	7,29
9,4	9,4	0	0	-1,95	-1,95	0	0	0
284,35	284,35	0,98	0,49	142	142,3	1,8	0,9	9,01
492,3	492,3	1,26	0,63	248	247,5	1,73	0,87	8,68
16,6	16,6	0	0	-0,55	-0,55	0	0	0

Lepidlo: Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

Materiál: Mosaz

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
295,15	295,15	1,56	0,78	148	148,1	2,51	1,25	12,6
441,6	441,6	1,45	0,72	221	221,5	2,18	1,09	10,9
314,25	314,25	1,14	0,57	158	157,5	1,9	0,95	9,5
375,45	375,45	1,25	0,63	189	188,8	1,83	0,91	9,16
378,2	378,2	1,25	0,62	189	189,4	1,86	0,93	9,3
499,75	499,75	1,17	0,58	251	250,6	2,44	1,22	12,2

Lepidlo: Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

Materiál: Hliník

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
338,05	338,05	1,12	0,56	170	170,3	1,62	0,81	8,14
404,25	404,25	1,21	0,6	203	203	2,42	1,21	12,1
405,35	405,35	1,07	0,54	204	204,3	1,4	0,7	7,01
304	304	1,05	0,53	153	152,6	1,68	0,84	8,41
476,55	476,55	1,12	0,56	239	239	2,38	1,19	11,9
374,35	374,35	0,96	0,48	189	188,5	1,52	0,76	7,62

Lepidlo: Soudal - univerzální kontaktní lepidlo

Materiál: Dural

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
269,35	269,35	0,88	0,44	135	135,4	1,58	0,79	7,94
382,4	382,4	1,06	0,53	192	191,6	2,05	1,03	10,3
285,7	285,7	0,86	0,43	145	144,5	1,26	0,63	6,33
325,85	325,85	0,89	0,44	163	163,1	1,34	0,67	6,74
417,55	417,55	0,92	0,46	210	209,6	1,3	0,65	6,54
412,85	412,85	1,16	0,58	209	209,1	1,6	0,8	8,01

Lepidlo: Herkules

Materiál: Překližka (bříza 0°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
3005,05	3005,05	5,81	2,9	2975	2975	5,84	2,92	29,2
2942,45	2942,45	4,02	2,01	2919	2919	4,05	2,03	20,3
2987,6	2987,6	6,86	3,43	2956	2956	6,9	3,45	34,5
2967,65	2967,65	5,43	2,72	2941	2941	5,5	2,75	27,5
2938,05	2938,05	5,52	2,76	2936	2936	5,52	2,76	27,6
1745,7	1745,7	3,95	1,98	1728	1728	3,98	1,99	20

Lepidlo: Herkules

Materiál: Překližka (bříza 45°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1274,55	1274,55	3,8	1,9	1219	1219	3,96	1,98	19,8
657,15	657,15	3,48	1,74	650	650	3,69	1,84	18,5
1357,4	1357,4	4,89	2,45	1228	1228	5,39	2,7	27
1313,6	1313,6	4,13	2,07	1221	1221	4,32	2,16	21,6
631,65	631,65	3,29	1,65	567	567,4	3,45	1,73	17,3
934,5	934,5	3,61	1,81	902	901,6	3,79	1,9	19

Lepidlo: Herkules

Materiál: Překližka (bříza 90°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
998,25	998,25	1,61	0,8	510	510,1	1,87	0,93	9,37
911,55	911,55	2,04	1,02	824	824,4	2,12	1,06	10,6
1203,95	1203,95	2,77	1,38	621	620,8	3,22	1,61	16,1
1031,15	1031,15	1,58	0,79	596	595,9	1,86	0,93	9,3
652,95	652,95	1,16	0,58	486	486,3	1,25	0,63	6,28
656,8	656,8	1,8	0,9	495	494,9	2,09	1,05	10,5

Lepidlo: Herkules

Materiál: Smrk

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1879,9	1879,9	4,12	2,06	1481	1481	4,24	2,12	21,2
1418,9	1418,9	3,11	1,55	1104	1104	3,26	1,63	16,3
1064,2	1064,2	2,83	1,41	541	540,6	3,08	1,54	15,4
923,8	923,8	2,23	1,12	543	543,3	2,36	1,18	11,8
2306,65	2306,65	5,71	2,85	2010	2010	5,86	2,93	29,3
1115,1	1115,1	3,52	1,76	1112	1112	3,54	1,77	17,7

Lepidlo: Herkules

Materiál: Borovice

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2009	2009	5,64	2,82	1665	1665	5,87	2,94	29,4
2020,35	2020,35	9,38	4,69	1820	1820	9,65	4,83	48,3
2444,8	2444,8	7,33	3,67	2193	2193	7,56	3,78	37,8
481	481	1,49	0,75	376	376,3	1,71	0,85	8,55
1639	1639	3,92	1,96	821	821	4,88	2,44	24,4
2406,65	2406,65	7,31	3,66	1239	1239	7,84	3,92	39,2

Lepidlo: Herkules

Materiál: Třešeň

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2256,25	2256,25	5,28	2,64	1157	1157	5,59	2,8	28
2988,1	2988,1	6,66	3,33	2629	2629	6,96	3,48	34,8
2844,4	2844,4	6,67	3,33	2659	2659	6,93	3,46	34,7
1881,6	1881,6	3,64	1,82	942	942,3	4,03	2,02	20,2
2653,65	2653,65	5,86	2,93	2591	2591	5,92	2,96	29,6
2516,55	2516,55	6,07	3,04	2352	2352	6,19	3,1	31

Lepidlo: Termik 251

Materiál: Překližka (bříza 0°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
131,25	131,25	1,72	0,86	65,9	65,9	5,38	2,69	26,9
213,75	213,75	5,65	2,83	108	107,7	14,81	7,42	74,2
59,3	59,3	1,67	0,84	30	29,95	6	3,01	30,1
338,3	338,3	7,09	3,54	170	170	14,43	7,22	72,2
119,35	119,35	1,89	0,95	60,4	60,4	6,31	3,16	31,6
306,5	306,5	6,84	3,42	154	153,7	16,17	8,09	80,9

Lepidlo: Termik 251
 Materiál: Překližka (bříza 45°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
353,85	353,85	7,21	3,61	178	177,5	13,04	6,52	65,3
361,3	361,3	7,28	3,64	181	181,4	12,99	6,5	65
345,8	345,8	7,73	3,87	173	173	14,02	7,01	70,2
338,05	338,05	6,63	3,32	169	169,2	13,39	6,7	67
188,85	188,85	1,9	0,95	94,7	94,7	4,8	2,4	24
330,05	330,05	6,48	3,24	166	165,6	13,1	6,55	65,6

Lepidlo: Termik 251
 Materiál: Překližka (bříza 90°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
163,7	163,7	4,4	2,2	82,8	82,8	7,89	3,95	39,5
106,9	106,9	2,29	1,15	53,8	53,75	5,69	2,85	28,5
103,3	103,3	4,52	2,26	52,1	52,1	8,6	4,31	43,1
158,15	158,15	4,27	2,14	79,5	79,5	7,94	3,97	39,7
132,95	132,95	3,89	1,95	66,8	66,75	7,9	3,95	39,6
115,45	115,45	2,44	1,22	58,4	58,4	7,13	3,57	35,7

Lepidlo: Termik 251
 Materiál: Smrk

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
289,1	289,1	5,04	2,52	145	145,1	11,07	5,54	55,4
240,1	240,1	3,96	1,98	120	120,5	8,38	4,19	42
80,3	80,3	1,25	0,63	40,4	40,4	5,09	2,55	25,5
157,3	157,3	2,24	1,12	79,8	79,75	10,13	5,07	50,7
239,55	239,55	7,9	3,95	120	120,5	15,72	7,86	78,6
384,35	384,35	2,77	1,39	192	192,5	12,91	6,46	64,6

Lepidlo: Termik 251
 Materiál: Borovice

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
176,1	176,1	4,6	2,3	88,6	88,6	9,49	4,75	47,5
147,6	147,6	4,76	2,38	74,5	74,5	9,77	4,89	48,9
90,3	90,3	2,59	1,3	46,5	46,5	8,25	4,13	41,3
217,1	217,1	4,38	2,19	109	109,1	8,6	4,3	43
171,95	171,95	4,88	2,44	86,4	86,4	9,41	4,71	47,1
345,25	345,25	6,33	3,16	174	173,6	16,06	8,03	80,4

Lepidlo: Termik 251

Materiál: Třešeň

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
507,8	507,8	6,93	3,47	254	254,2	11,63	5,82	58,2
474,85	474,85	5,53	2,77	238	237,9	10,6	5,3	53
156,15	156,15	3,22	1,61	78,1	78,1	7,24	3,62	36,2
278,3	278,3	2,22	1,11	140	139,6	5,21	2,6	26,1
188,55	188,55	2,51	1,25	94,4	94,4	6,84	3,42	34,2
444,95	444,95	5,83	2,91	223	222,6	13,51	6,76	67,6

Lepidlo: Zwaluw D2

Materiál: Překližka (bříza 45°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1122,85	1122,85	2,63	1,32	1122,55	1122,55	2,64	1,32	13,210
1237,20	1237,20	2,72	1,36	1216,15	1216,15	2,75	1,38	13,780
1233,05	1233,05	2,37	1,19	1095,95	1095,95	2,42	1,21	12,140
1175,45	1175,45	2,16	1,08	1153,30	1153,30	2,20	1,10	11,010
1126,45	1126,45	2,31	1,16	1109,55	1109,55	2,36	1,18	11,850
1415,50	1415,50	2,81	1,41	1415,50	1415,50	2,81	1,41	14,090

Lepidlo: Zwaluw D2

Materiál: Třešeň

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2722,25	2722,25	1,47	0,73	2688,20	2688,20	1,49	0,75	7,490
3688,95	3688,95	4,37	2,18	3686,45	3686,45	4,37	2,19	21,900
2621,20	2621,20	2,07	1,04	2613,15	2613,15	2,09	1,04	10,470
2395,50	2395,50	2,90	1,45	2327,10	2327,10	2,95	1,48	14,790
3981,05	3981,05	4,16	2,08	3954,20	3954,20	4,18	2,09	20,940
3790,30	3790,30	3,85	1,92	3776,45	3776,45	3,86	1,93	19,330

Lepidlo: Zwaluw D2

Materiál: Borovice

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2715,60	2715,60	2,79	1,40	2700,35	2700,35	2,81	1,40	14,050
1664,75	1664,75	1,09	0,55	1660,85	1660,85	1,10	0,55	5,500
1919,75	1919,75	1,53	0,77	1918,95	1918,95	1,54	0,77	7,730
1993,15	1993,15	1,79	0,89	1942,50	1942,50	1,80	0,90	9,040
2072,35	2072,35	2,28	1,14	2062,65	2062,65	2,30	1,15	11,510
2706,75	2706,75	2,16	1,08	2706,45	2706,45	2,16	1,08	10,830

Lepidlo: Zwaluw D2

Materiál: Překližka (bříza 90°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
940,05	940,05	0,98	0,49	901,05	901,05	1,02	0,51	5,130
985,20	985,20	1,17	0,58	834,00	834,00	1,37	0,68	6,860
803,55	803,55	0,97	0,49	688,65	688,65	1,07	0,54	5,370
891,90	891,90	1,01	0,51	863,35	863,35	1,02	0,51	5,130
1046,70	1046,70	1,08	0,54	932,05	932,05	1,15	0,58	5,780
1024,55	1024,55	1,03	0,52	710,50	710,50	1,31	0,65	6,550

Lepidlo: Zwaluw D2

Materiál: Překližka (bříza 0°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2329,30	2329,30	2,19	1,09	2309,95	2309,95	2,21	1,10	11,070
2425,95	2425,95	1,93	0,96	2425,95	2425,95	1,93	0,96	9,660
2653,85	2653,85	2,85	1,43	2652,75	2652,75	2,85	1,43	14,300
2592,65	2592,65	2,31	1,15	2592,65	2592,65	2,31	1,16	11,570
2279,45	2279,45	2,17	1,09	2277,25	2277,25	2,18	1,09	10,940
2486,90	2486,90	2,11	1,05	2480,50	2480,50	2,12	1,06	10,640

Lepidlo: Zwaluw D2

Materiál: Smrk

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
3184,95	3184,95	4,83	2,42	3166,15	3166,15	4,85	2,42	24,250
3300,15	3300,15	5,13	2,57	3293,80	3293,80	5,15	2,58	25,780
3668,45	3668,45	4,21	2,11	3641,30	3641,30	4,23	2,12	21,170
3400,40	3400,40	8,82	4,41	3398,20	3398,20	8,84	4,42	44,210
2422,10	2422,10	3,16	1,58	2406,85	2406,85	3,16	1,58	15,840
2967,30	2967,30	6,19	3,10	2960,65	2960,65	6,20	3,10	31,020

Lepidlo: Pattex Wood

Materiál: Překližka (bříza 45°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1067,15	1067,15	1,94	0,97	1048,05	1048,05	2,00	1,00	10,020
1373,45	1373,45	2,94	1,47	1341,05	1341,05	3,00	1,50	15,030
1205,05	1205,05	2,43	1,22	1203,15	1203,15	2,44	1,22	12,220
726,85	726,85	1,30	0,65	697,50	697,50	1,40	0,70	7,020
585,65	585,65	1,18	0,59	471,00	471,00	1,27	0,63	6,360
1388,95	1388,95	2,94	1,47	1386,45	1386,45	2,98	1,49	14,900

Lepidlo: Pattex Wood
 Materiál: Překližka (bříza 0°)

FH[N]	RH[N/mm _č]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _č]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2099,50	2099,50	1,54	0,77	2095,60	2095,60	1,56	0,78	7,840
2296,65	2296,65	1,81	0,90	2296,65	2296,65	1,81	0,90	9,060
2883,15	2883,15	3,02	1,51	2883,15	2883,15	3,02	1,51	15,140
2487,70	2487,70	2,18	1,09	2487,70	2487,70	2,18	1,09	10,930
2535,35	2535,35	2,13	1,06	2535,35	2535,35	2,13	1,06	10,650
2574,65	2574,65	2,42	1,21	2574,10	2574,10	2,43	1,21	12,160

Lepidlo: Pattex Wood
 Materiál: Překližka (bříza 90°)

FH[N]	RH[N/mm _č]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _č]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
714,95	714,95	0,97	0,49	648,75	648,75	1,29	0,65	6,490
758,70	758,70	1,22	0,61	675,60	675,60	1,42	0,71	7,120
847,85	847,85	1,12	0,56	791,10	791,10	1,20	0,60	6,030
1362,10	1362,10	1,16	0,58	1362,10	1362,10	1,16	0,58	5,800
1149,15	1149,15	1,20	0,60	1136,40	1136,40	1,22	0,61	6,100
984,95	984,95	1,22	0,61	955,00	955,00	1,28	0,64	6,440

Lepidlo: Pattex Wood
 Materiál: Třešeň

FH[N]	RH[N/mm _č]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _č]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
3867,00	3867,00	3,34	1,67	3867,00	3867,00	3,34	1,67	16,740
4029,25	4029,25	3,62	1,81	4007,95	4007,95	3,63	1,82	18,180
3953,95	3953,95	6,87	3,44	3910,45	3910,45	6,88	3,44	34,440
4141,70	4141,70	4,87	2,44	3705,55	3705,55	5,09	2,54	25,460
4045,60	4045,60	4,21	2,11	4006,55	4006,55	4,25	2,13	21,280
2678,75	2678,75	3,42	1,71	2678,75	2678,75	3,45	1,73	17,270

Lepidlo: Pattex Wood
 Materiál: Smrk

FH[N]	RH[N/mm _č]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _č]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2232,65	2232,65	2,12	1,06	2232,40	2232,40	2,12	1,06	10,620
1370,65	1370,65	0,71	0,36	705,25	705,25	0,87	0,44	4,380
2058,20	2058,20	1,57	0,79	2033,60	2033,60	1,58	0,79	7,910
2394,10	2394,10	1,59	0,80	2388,00	2388,00	1,61	0,80	8,050
2113,60	2113,60	1,90	0,95	2071,25	2071,25	1,97	0,98	9,860
1881,00	1881,00	2,22	1,11	949,20	949,20	2,59	1,29	12,960

Lepidlo: Pattex Wood

Materiál: Borovice

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
3205,75	3205,75	5,88	2,94	3173,90	3173,90	5,90	2,95	29,520
2841,60	2841,60	5,62	2,81	2574,40	2574,40	5,78	2,89	28,940
1742,55	1742,55	2,35	1,17	1722,90	1722,90	2,44	1,22	12,210
2226,85	2226,85	2,38	1,19	2211,10	2211,10	2,40	1,20	12,000
2851,00	2851,00	7,41	3,71	2836,90	2836,90	7,46	3,73	37,310
2967,85	2967,85	7,16	3,58	2949,05	2949,05	7,20	3,60	36,020

Lepidlo: CHS EPOXY 1200

Materiál: Třešeň

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
3159,20	3159,20	2,32	1,16	3159,20	3159,20	2,32	1,16	11,630
2448,95	2448,95	1,44	0,72	2362,55	2362,55	1,47	0,73	7,350
3777,25	3777,25	4,08	2,04	3757,35	3757,35	4,11	2,05	20,570
23,85	23,85	0,00	0,00	23,85	23,85	0,00	0,00	0,010
2677,95	2677,95	2,62	1,32	2636,70	2636,70	2,65	1,34	13,420
2720,60	2720,60	2,05	1,03	2676,85	2676,85	2,08	1,04	10,430

Lepidlo: CHS EPOXY 1200

Materiál: Překližka (bříza 90°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1223,35	1223,35	1,20	0,60	1159,65	1159,65	1,29	0,64	6,460
986,60	986,60	1,19	0,60	709,15	709,15	1,36	0,68	6,800
1188,20	1188,20	1,04	0,52	939,80	939,80	1,04	0,52	5,220
800,50	800,50	0,76	0,38	469,60	469,60	0,99	0,49	4,970
1066,05	1066,05	1,24	0,62	1066,05	1066,05	1,24	0,62	6,230
1115,65	1115,65	1,09	0,54	972,45	972,45	1,35	0,68	6,780

Lepidlo: CHS EPOXY 1200

Materiál: Borovice

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1499,15	1499,15	1,05	0,53	1499,15	1499,15	1,05	0,53	5,290
3730,20	3730,20	6,09	3,05	3606,70	3606,70	6,15	3,07	30,760
2529,50	2529,50	3,40	1,70	2473,85	2473,85	3,50	1,75	17,500
3485,95	3485,95	8,90	4,45	3476,80	3476,80	8,91	4,46	44,580
39,90	39,90	0,01	0,01	26,05	26,05	3,41	1,71	17,070
2501,55	2501,55	2,41	1,21	2501,55	2501,55	2,41	1,21	12,080

Lepidlo: CHS EPOXY 1200
 Materiál: Překližka (bříza 45°)

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1424,40	1424,40	3,93	1,96	1420,50	1420,50	3,93	1,97	19,680
1530,45	1530,45	3,65	1,83	1519,65	1519,65	3,68	1,84	18,450
675,90	675,90	1,23	0,62	360,25	360,25	2,19	1,09	10,960
872,50	872,50	1,70	0,85	609,45	609,45	2,50	1,25	12,500
1162,70	1162,70	2,55	1,27	1161,85	1161,85	2,55	1,28	12,790
1469,80	1469,80	3,19	1,59	1465,35	1465,35	3,21	1,61	16,080

Lepidlo: CHS EPOXY 1200
 Materiál: Překližka (bříza 0°)

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2873,45	2873,45	3,44	1,72	2873,45	2873,45	3,44	1,72	17,210
3055,10	3055,10	3,00	1,50	3055,10	3055,10	3,00	1,50	15,010
2911,65	2911,65	3,34	1,67	2900,60	2900,60	3,34	1,67	16,730
2476,90	2476,90	2,43	1,22	2467,20	2467,20	2,44	1,22	12,200
2790,35	2790,35	2,69	1,34	2790,35	2790,35	2,69	1,34	13,460
2331,80	2331,80	2,47	1,24	2317,15	2317,15	2,48	1,24	12,450

Lepidlo: CHS EPOXY 1200
 Materiál: Smrk

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
2735,80	2735,80	2,06	1,03	2679,05	2679,05	2,10	1,05	10,540
3094,15	3094,15	3,22	1,61	3040,40	3040,40	3,23	1,61	16,160
2239,05	2239,05	2,53	1,27	2216,90	2216,90	2,55	1,28	12,770
2601,50	2601,50	2,53	1,27	2598,20	2598,20	2,54	1,27	12,710
2140,45	2140,45	2,00	1,00	2140,45	2140,45	2,00	1,00	10,030
3117,10	3117,10	6,28	3,14	3116,30	3116,30	6,32	3,16	31,610

Lepidlo: Tectane 1001 U
 Materiál: Překližka (bříza 90°)

FH[N]	RH[N/mm ₂]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm ₂]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
394,85	394,85	0,67	0,33	322,30	322,30	0,91	0,45	4,550
657,35	657,35	1,23	0,61	644,05	644,05	1,24	0,62	6,210
492,85	492,85	0,58	0,29	492,85	492,85	0,58	0,29	2,920
530,80	530,80	0,80	0,40	490,10	490,10	0,86	0,43	4,310
748,15	748,15	0,98	0,49	693,05	693,05	1,01	0,50	5,060
175,55	175,55	0,21	0,10	175,25	175,25	0,21	0,10	1,070

Lepidlo: Tectane 1001 U
 Materiál: Překližka (bříza 45°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
672,60	672,60	1,29	0,65	669,25	669,25	1,30	0,65	6,500
303,45	303,45	0,72	0,36	303,45	303,45	0,72	0,36	3,630
559,30	559,30	1,05	0,53	559,30	559,30	1,05	0,53	5,280
143,15	143,15	0,24	0,12	142,00	142,00	0,24	0,12	1,210
611,40	611,40	1,41	0,71	607,80	607,80	1,42	0,71	7,140
503,95	503,95	0,82	0,41	503,95	503,95	0,82	0,41	4,120

Lepidlo: Tectane 1001 U
 Materiál: Překližka (bříza 0°)

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
1022,60	1022,60	0,47	0,24	1022,60	1022,60	0,47	0,24	2,390
1545,65	1545,65	1,63	0,81	1545,65	1545,65	1,63	0,81	8,150
1445,65	1445,65	1,52	0,79	1445,65	1445,65	1,52	0,79	8,056
785,55	785,55	0,42	0,21	785,55	785,55	0,42	0,21	2,130
1689,40	1689,40	1,61	0,80	1689,40	1689,40	1,61	0,80	8,070
1540,95	1540,95	0,96	0,48	1540,95	1540,95	0,96	0,48	4,810

Lepidlo: Tectane 1001 U
 Materiál: Smrk

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
613,30	613,30	0,19	0,10	613,30	613,30	0,19	0,10	0,970
1130,05	1130,05	0,59	0,30	1122,55	1122,55	0,60	0,30	3,000
741,55	741,55	0,31	0,16	741,55	741,55	0,31	0,16	1,590
867,80	867,80	0,29	0,14	867,80	867,80	0,29	0,14	1,460
875,85	875,85	0,59	0,30	862,55	862,55	0,60	0,30	3,030
1053,60	1053,60	0,45	0,23	1053,60	1053,60	0,45	0,23	2,280

Lepidlo: Tectane 1001 U
 Materiál: Třešeň

FH[N]	RH[N/mm _c]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm _c]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
62,05	62,05	0,06	0,03	61,20	61,20	0,07	0,03	0,350
23,85	23,85	0,00	0,00	21,35	21,35	1,34	0,67	6,710
20,80	20,80	0,38	0,19	19,70	19,70	0,68	0,34	3,410
1256,85	1256,85	2,42	1,21	1256,85	1256,85	2,42	1,21	12,120
1053,60	1053,60	0,45	0,23	1053,60	1053,60	0,45	0,23	2,280

Lepidlo: Tectane 1001 U

Materiál: Borovice

FH[N]	RH[N/mm.]	AH[%]	dLH[mm]	FB[N]	RB[N/mm.]	AB[%]	dLB[mm]	t[s]
650,45	650,45	0,31	0,15	650,45	650,45	0,31	0,15	1,550
309,55	309,55	0,14	0,07	309,00	309,00	0,15	0,07	0,750
405,6	405,6	0,16	0,09	406	405,6	0,16	0,09	0,76
500,25	500,25	0,28	0,14	500	500,3	0,28	0,14	1,49
300,02	300,02	0,12	0,7	300	300	0,12	0,7	0,745
406,20	406,20	0,26	0,13	406,20	406,20	0,26	0,13	1,300

Pro materiál IPE byly hodnoty získány na Univerzálním zkušebním stroji a jsou shrnuty níže. Získané hodnoty jsou doplněny o jednotlivá lepidla, kterými byla slepeny.

Lepidlo	F	Šířka	Délka	Pevnost
	[N]	[mm]	[mm]	[MPa]

CHS EPOXY 1200	3800	14,76	24,39	10,55566
	2760	14,28	26,21	7,374182
	3420	13,27	24,42	10,55382
	3490	13,61	23,7	10,81979
	2900	13,55	25,87	8,272986
	3420	15,2	26,08	8,627301

Termik 251	950	12,05	20,30	3,883654
	800	13,13	20,66	2,949137
	900	13,2	20,26	3,365341
	900	13,8	19,99	3,262501
	790	14,2	23,26	2,391823
	750	12,5	21,2	2,830189

Pattex Wood	2000	14,9	26,54	5,057581
	2200	15,1	25,5	5,713544
	1950	14,95	24,6	5,302227
	2400	14,86	24,3	6,646395
	2600	14,3	24,6	7,390983
	2200	15,1	24,6	5,922576

Lepidlo	F	Šířka	Délka	Pevnost
	[N]	[mm]	[mm]	[MPa]

Herkules	1620	14,1	23,90	4,807264
	1740	15,3	24,1	4,7189
	1640	16,1	24,8	4,107393
	1300	15,4	25,4	3,323448
	1640	14,3	25,85	4,436569
	1580	16,6	24,9	3,822519

Tectane 1001 U	[N]	[mm]	[mm]	[MPa]
	880	15,3	23,5	2,447504
	900	16,2	26,2	2,120441
	600	14,3	25,2	1,665002
	760	15,6	24,3	2,004854
	600	16,2	25,6	1,446759

Zwaluw D2	2500	14,9	25,40	6,605718
	2300	14,3	25,66	6,268089
	2250	14,5	24,68	6,287375
	2400	15,2	25,4	6,216328
	2400	15,6	26,32	5,845219
	2200	14,9	27,3	5,408462