

# Lepení kovů

Martin Červenka

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ČERVENKA**  
Osobní číslo: **T090672**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Lepení kovů**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Příprava zkušebních vzorků pro experimentální část**
- 3. Provedení experimentu**
- 4. Vyhodnocení naměřených výsledků**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. David Mañas, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18. 5. 2012



<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je určit nejvhodnější lepidlo pro lepení kovů. Teoretická část se zabývá technologií lepení, použitím nejvhodnějších lepidel, spojů a jejich vlastností.

V praktické části se zkoumá pevnost lepeného spoje za daných podmínek, lepidel, použitých materiálů. Získané výsledky jsou zaznamenány ve formě tabulek a grafů a následně porovnány.

Klíčová slova: Adheze, koheze, smáčivost, druh lepidla, způsob nanášení, výhody a nevýhody lepení kovů

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to determine the best adhesive for bonding metals. The theoretical part deals with bonding technology, using the most appropriate adhesives, joints, and their properties.

In the practical part examines the strength of the bond under the circumstances, adhesives, materials used. The results obtained are listed in tables and graphs and then compared.

Keywords: Adhesion, cohesion, wettability, type of adhesive, method of application, advantages and disadvantages of metal bonding.

## Poděkování

Tímto bych chtěl velmi moc poděkovat doc. Ing. Davidu Maňasovi, Ph.d. za poskytnutí odborného vedení a cenných rad při psaní bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům za podporu ve studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 18. 5. 2012

.....

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TECHNOLOGIE LEPENÍ</b> .....	<b>13</b>
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY .....	13
1.1.1 Adheze.....	13
1.1.2 Koheze.....	14
1.1.3 Smáčivost .....	14
1.2 ZÁKLADY TEORIE LEPENÍ.....	15
1.2.1 Molekulová teorie .....	15
1.2.2 Elektrostatická teorie.....	16
1.2.3 Difuzní teorie .....	16
1.2.4 Chemická teorie.....	16
1.2.5 Reologická teorie.....	16
<b>2 TECHNOLOGIE LEPENÍ KOVŮ</b> .....	<b>17</b>
2.1 KONSTRUKCE LEPENÝCH SPOJŮ.....	18
2.2 VOLBA MATERIÁLU .....	19
2.3 VOLBA LEPIDLA.....	19
2.4 PŘÍPRAVA POVRCHU ADHERENTU.....	20
2.4.1 Fyzikální operace .....	20
2.4.2 Chemické operace .....	21
2.5 PŘÍPRAVA LEPIDLA .....	21
2.5.1 Druh lepidla.....	21
2.5.2 Stav lepidla po uskladnění .....	23
2.5.3 Způsob nanášení.....	24
2.6 MONTÁŽ SPOJE.....	24
2.6.1 Utvoření mechanických podmínek pro vznik spoje .....	25
2.6.2 Utvoření podmínek pro vznik adhezních vazeb.....	25
<b>3 ROZDĚLENÍ LEPIDEL</b> .....	<b>26</b>
3.1 ROZDĚLENÍ PODLE ÚČELU .....	26
3.2 ROZDĚLENÍ PODLE FYZIKÁLNÍHO STAVU.....	26
3.3 ROZDĚLENÍ PODLE PŮVODU .....	26
3.3.1 Přírodní lepidla.....	26
3.3.2 Syntetická lepidla .....	26
<b>4 VLASNOSTI SPOJE</b> .....	<b>28</b>
4.1.1 Tepelná odolnost .....	28
4.1.2 Chemická odolnost.....	28
4.1.3 Pevnost při daném namáhání.....	28
4.1.4 Životnost, spolehlivost a bezpečnost.....	29



4.2	VÝHODY A NEVÝHODY LEPENÍ KOVŮ .....	30
4.2.1	Výhody lepení .....	30
4.2.2	Nevýhody lepení.....	32
<b>5</b>	<b>VLIVY PŮSOBÍCÍ NA PEVNOST SPOJE.....</b>	<b>33</b>
5.1	VLIV TEPLoty .....	33
<b>6</b>	<b>CHYBY LEPENÝCH SPOJŮ.....</b>	<b>34</b>
6.1	NÍZKÁ PEVNOST.....	34
6.1.1	Nepravý spoj.....	34
6.1.2	Velké koncentrace napětí .....	34
6.1.3	Skryté chyby .....	34
6.2	SLABÁ ODOLNOST SLOŽEK.....	35
6.3	NÍZKÁ ŽIVOTNOST .....	35
6.4	CHYBY VZHLEDU.....	35
6.5	FUNKČNÍ NEDOSTATKY.....	35
6.6	JINÉ NEDOSTATKY .....	35
<b>7</b>	<b>ZKOUŠENÍ LEPENÝCH SPOJŮ .....</b>	<b>36</b>
7.1	MECHANICKÉ ZKOUŠKY .....	36
7.1.1	Dělení mechanických zkoušek .....	36
7.2	STATICKÉ ZKOUŠKY.....	36
7.3	ZKOUŠKA TAHEM .....	38
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>43</b>
8.1	CÍL LABORATORNÍCH TESTŮ .....	43
8.2	PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ .....	44
8.3	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKU MĚŘENÍ .....	47
8.3.1	Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 1008 bez primeru.....	47
8.3.2	Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 1008 s primerem.....	48
8.3.3	Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 2008 bez primeru.....	49
8.3.4	Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 2008 s primerem.....	50
8.3.5	Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 1008 bez primeru a cyberbond 1008 s primerem.....	51
8.3.6	Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 2008 bez primeru a Cyberbond 2008 s primerem.....	53
8.3.7	Naměřené hodnoty lepidla Plexus MA 832 .....	54
<b>9</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>56</b>
9.1.1	Porovnání daných druhů lepidel.....	56
9.1.2	Procentuální orovnění lepidel.....	57
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>65</b>

## ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá technologií lepení kovů a pevnosti lepených spojů. V praktické části jsou použita lepidla, která se v praxi skutečně používají.

**Lepení kovů** je proces spojování materiálů (adherendů), při kterém se dosahuje trvalého spojení stejných, popřípadě různých materiálů prostřednictvím lepidel (adhezi). Lepidlo na kovy je možné definovat jako látku schopnou vytvořit pevné o trvalé spojení mezi dvěma kovovými materiály. Uvedená schopnost závisí od adheze k povrchům lepených materiálů a od koheze samotného lepidla.

Lepení kovů doplňuje postupy spojování materiálů nýtováním, pájením a svařováním. Lepeny jsou dnes vnější plochy letadel, mostů, střešních a okenních konstrukcí, části automobilů. Dalším příkladem je lepení trubek, nalepování brzdového nebo umělohmotného obložení na kovové součásti, břitových destiček na řezné nástroje. Zvláštní výhody skýtá lepení při spojování různých materiálů (hliník na ocel nebo ocel na sklo). Vznikají přitom hladké povrchy, švy bez štěrbin, stejná pevnost po celém průřezu, dochází k izolačnímu působení a úsporám na hmotnosti. Má v porovnání s jinými technologiemi spojování materiálů nesporné výhody. Např. vysoká pevnost, těsnost spojů, odolnost vůči korozi, možnost spojování různých kovových materiálů navzájem (kombinační lepení), možnost spojování velmi tenkých kovových materiálů, výroba lepených spojů s velmi dobrou tepelnou, zvukovou a elektrickou izolací ale také s možnou elektrickou vodivostí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE LEPENÍ

## 1.1 Základní pojmy

Kvalita lepeného spoje je závislá především na dvou nejdůležitějších faktorech:

adhezi a kohezi

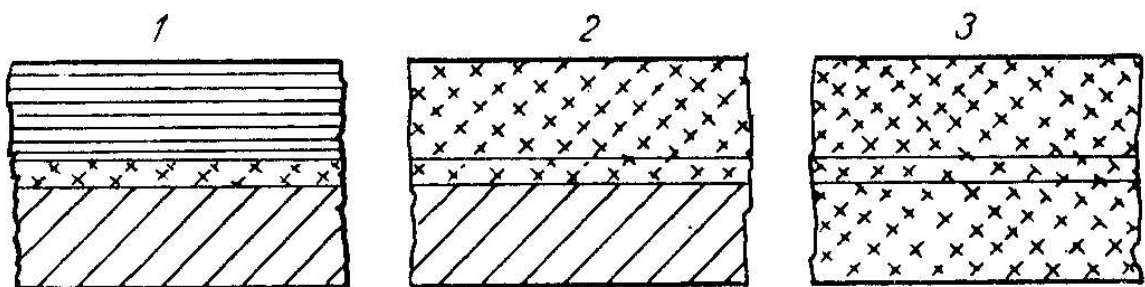
### 1.1.1 Adheze

Adheze (přilnavost) je schopnost lepidla (adheziva) dostatečně přilnout k povrchu spojovaného materiálu neboli vzájemné přitahování těchto dvou povrchů adhezními silami. Adheze může vzniknout dvojím způsobem, mechanickou vazbou nebo chemickou vazbou.

Mechanická vazba se více uplatní u pórovitých materiálů, lepidlo zde zatéká do nerovností a po ztuhnutí vytvoří jakési ukotvení lepidla ve spojovaném materiálu. Chemická vazba se

více uplatní u materiálů s jemným a hladkým povrchem, kde lepidlo přímo chemicky reaguje s povrchem adherentu. Dobře se tak lepí materiály, které mají reaktivní povrch. Jestliže lepidlo nemá schopnost navázat adhezní spojení mezi spojovaným materiálem a lepidlem, spoj se rozlepí na rozhraní lepidlo – lepený materiál a lepidlo je v tomto případě

nepoužitelné. [5]



Obr. 1 Vztah lepidla k lepenému materiálu [6]

1 složení lepidla je odlišné od složení lepených dílců, běžný adhezní vztah

2 lepidlo a jedna z lepených ploch mají shodné chemické složení – jednostranná (částečná) autoadheze [6]

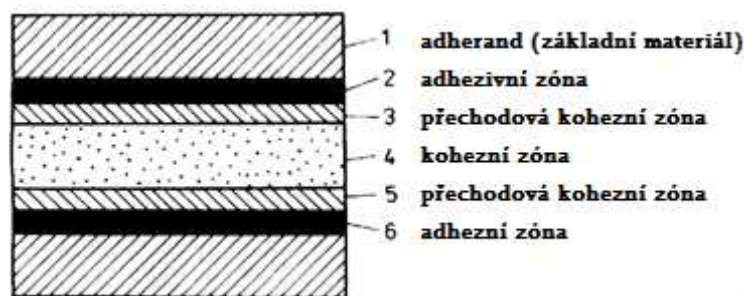
3 lepidlo a oba lepené materiály mají shodné chemické složení – úplná autoadheze [6]

### 1.1.2 Koheze

Koheze tzv. vnitřní adheze, znamená soudržnost. Udává pevnost vlastního lepidla. Charakterizuje stav látky (lepidla), ve kterém drží její částice pohromadě působením mezimolekulárních a valenčních sil (van der Waalsovo přitahování).

- velikost koheze je dána tzv. kohezní energií, která je potřebná k odtržení jedné částičky lepidla od druhé.

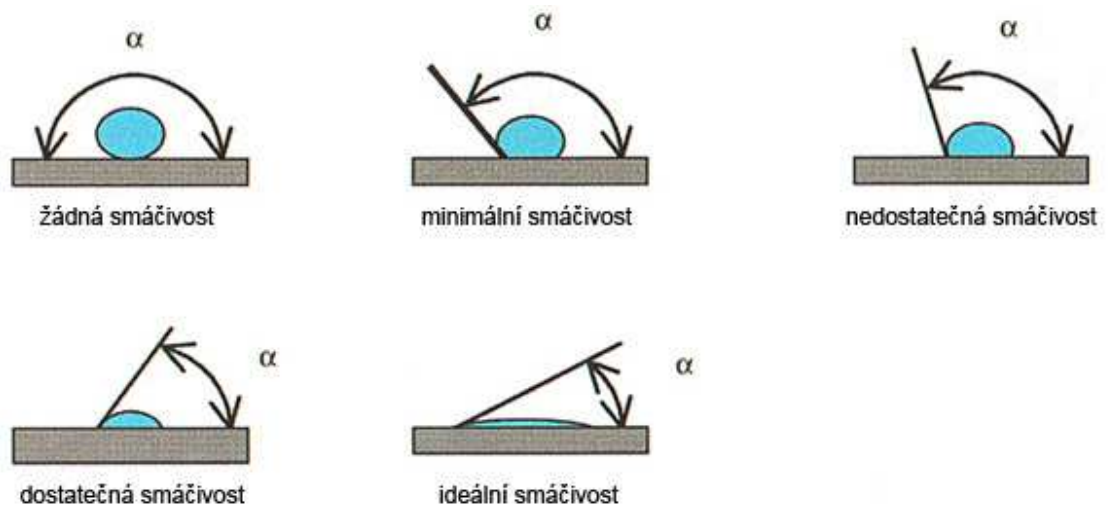
Z hlediska vnitřní struktury můžeme každý lepený spoj, konstrukčně pevný a dostatečně odolný, rozložit do tří hlavních vrstev a do dvou mikrovrstev. [5]



Obr. 2 Řez lepeným spojem [6]

### 1.1.3 Smáčivost

Smáčivost charakterizuje povrchové napětí lepidla. Má-li lepidlo smáčet povrch adherentu, musí být jeho hodnota povrchového napětí menší než hodnota povrchového napětí adherentu. Pokud má lepidlo vyšší hodnotu napětí, nedojde ke smočení a lepidlo se na adherentu neudrží a nevytvoří tak vhodné podmínky pro spojení. [5]



Obr. 3 Smáčivost lepidel [7]

## 1.2 Základy teorie lepení

Teorie lepení se opírá o vztahy molekul a jejich vzájemného působení. Adheze tedy souvisí s molekulovou strukturou. Při adhezi se budou mezi molekulami uplatňovat 1. fyzikální síly, 2. chemické vazby, 3. mezimolekulární síly. [1]

Nejčastěji citují tyto teorie adheze:

1. Molekulová teorie
2. Elektrostatická teorie
3. Difúzní teorie
4. Chemická teorie
5. Reologická teorie

Často se vzpomíná pojem Mechanická teorie, kterou však z oblasti teorie vyloučit, protože jde o jakýsi mechanický spoj, zachycení dvou povrchů a využitím povrchových nerovností, dutin, pórů, výstupků apod. [1]

### 1.2.1 Molekulová teorie

Základem adheze je vzájemné působení molekul adherentu a lepidla.

Proces vzniku adhezního spoje (vazby) lze rozdělit na dvě stadia:

- transport molekul adheziva k povrchu adherentu [1]

- vzájemné působení mezimolekulárních sil po přiblížení se molekul

adheziva na vzdálenost menší než 0,5 nm. Tento proces trvá až do dosažení adsorpční rovnováhy. [1]

### 1.2.2 Elektrostatická teorie

Tato teorie předpokládá dvojitou vrstvu vytvořenou dotykem dvou rozličných substancí ve spoji jako základ pro vznik adheze. Podle toho je spoj kondenzátorem, kterého rozdílně nabitě desky se přitahují. Jakmile je oddělíme, vzniklý potenciálový rozdíl se musí vybit nebo vyzářit jako elektronová emise. [1]

### 1.2.3 Difuzní teorie

Pevnost spoje vzniká vzájemnou difúzí polymerů (nebo jiných materiálů) napříč rozhraním. Základem tohoto tvrzení je skutečnost, že některé látky (např. polymery) mohou navzájem difundovat a průběh této difúze, který závisí především na čase, teplotě. [1]

### 1.2.4 Chemická teorie

Pro získání pevného spoje, který nebude vykazovat adhezivní, ale jen kohezní lom je podle této teorie potřebné, aby materiály, které se mají navzájem spojit, reagovaly vytvoření primárních chemických (kovalentních) vazeb napříč rozhraním. Takové vazby sice někdy vznikají, všeobecně však lepení probíhá v termodynamických podmínkách, které vznik chemických vazeb neumožňují. [1]

### 1.2.5 Reologická teorie

Je to nejnovější teorie, podle které může cokoliv způsobit adhezi na rozhraní dvou materiálů, pevnost lepeného spoje je dána zásadně fyzikálně-mechanickými a reologickými vlastnostmi materiálů, které vytváří lepený spoj. Při podrobném zkoumání lomů se zjistilo, že roztržení spoje nikdy neproběhlo na jeho rozhraní, ale v jednom nebo v druhém materiálu, tedy lom je kohezní. Z toho vyplývá, že pevnost spoje je dána mechanickými vlastnostmi materiálů tvořících spoj a místními napětími ve spoji a ne mezifázovými silami, protože lom je v podstatě vždy kohezní. [1]

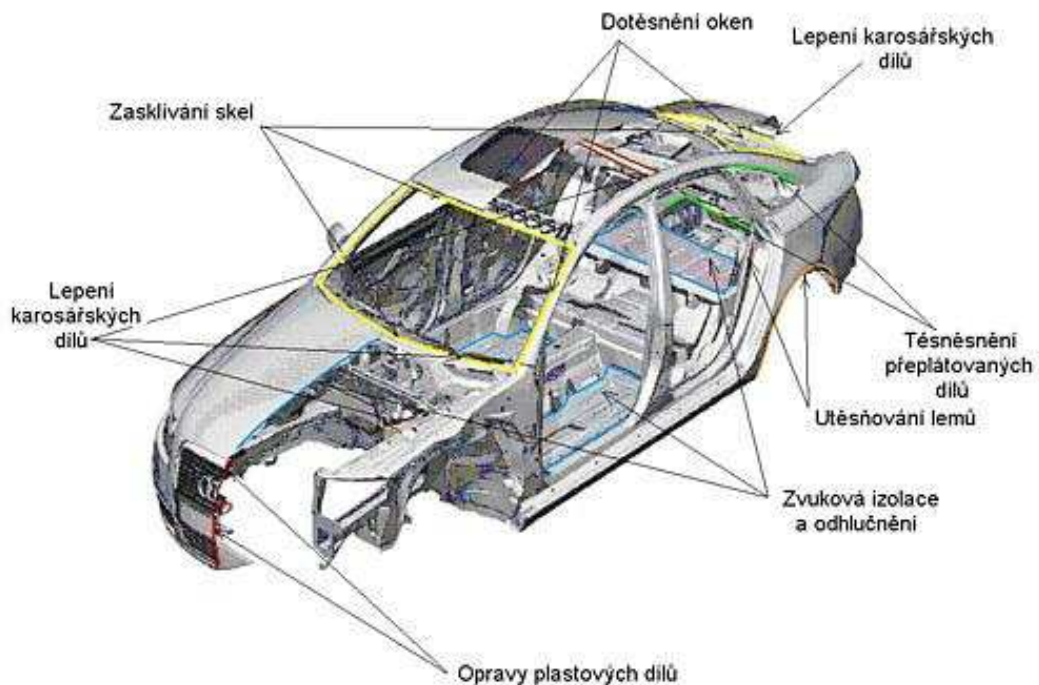


## 2 TECHNOLOGI LEPENÍ KOVŮ

Na základě teorie lepení můžeme určit tyto základní podmínky na tvorbu požadovaného lepeného spoje:

- správná volba lepeného materiálu a lepidla
- správný návrh konstrukce spoje
- vhodná povrchová úprava materiálů
- dodržování předepsaného postupu při lepení
- vytvoření fyzikálně-chemických a jiných podmínek vzniku pevných vazeb

Při volbě materiálů na lepení se přihlíží na jejich chemickou povahu (chemické složení), polaritu, mechanické, povrchové, fyzikální a chemicko-fyzikální vlastnosti. V případě lepidel jsou to: chemická povaha, viskozita lepidla, povrchové napětí, bod vzplanutí, způsob vytvrzování, tepelná roztažnost a mechanické vlastnosti. [3]



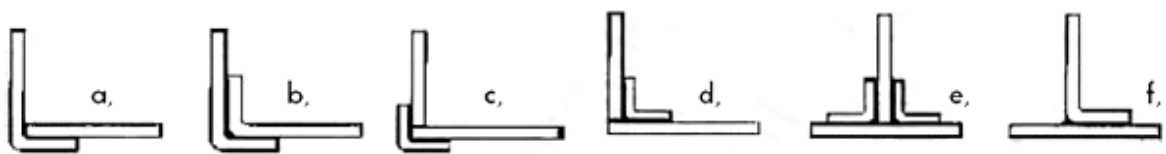
Obr. 4 Příklady lepených spojů ve stavbě karoserie [7]

## 2.1 Konstrukce lepených spojů

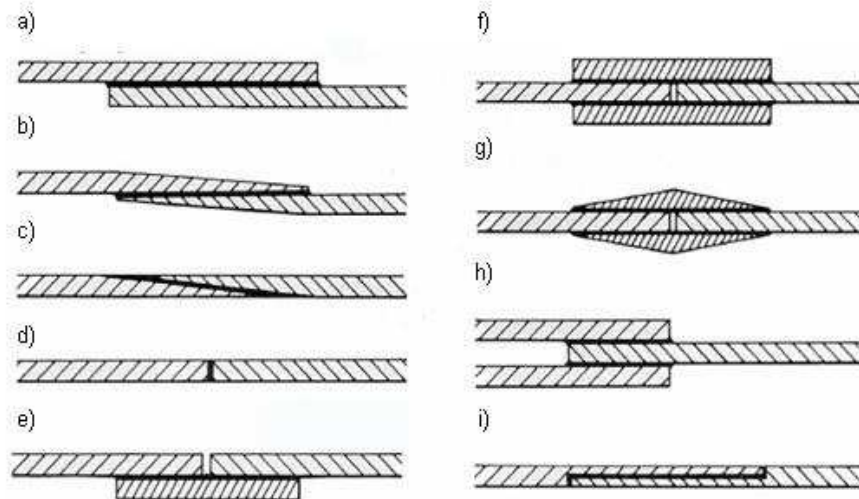
Většina konstrukčních lepidel má velmi dobrou pevnost ve smyku, ale jen malou pevnost v odlupování je potřeba těmto namáháním předcházet nebo se jim úplně vyhnout vhodnou konstrukcí spoje. Abychom dosáhli požadovanou pevnost, musíme respektovat tyto základní principy:

- největší pevnost spoje se musí orientovat ve směru maximálního namáhání
- plocha lepeného spoje musí být dostatečně velká
- lepicí vrstva musí být rovnoměrná, souvislá a v požadované tloušťce
- koncentraci napětí se snažíme snížit na minimum

Je nutné sledovat způsob namáhaného místa. Namáhání tahem se musí zabránit, jelikož by docházelo k nepříznivému namáhání spoje a pevnost lepidel v tahu není příliš velká. Lepenému spoji nevádí namáhání stříhem a smykem. Pevnost lepeného spoje je závislá rovněž na druhu lepidla, velikosti přeplátovaných ploch a síle vrstvy.[1]



Obr. 5 Konstrukční provedení koutových spojů [3]



a) jednoduchý překlátovaný spoj, b) zúžený překlátovaný spoj, c) zkosený spoj,  
 d) tupý čelní spoj, e) překlátovaný spojený pásem, f) dvojitě překlátovaný spojený  
 pásem, g) dvojitě překlátovaný spoj se zúženými pásy, h) dvojitě přeložený spoj,  
 i) stupňovitě přeložený spoj

Obr. 6 Druhy překlátovaných spojů [7]

## 2.2 Volba materiálu

Výběr materiálu musí však vyhovovat požadavkům kladeným na vlastní spoj na jeho realizaci a ekonomické podmínky. Výběr materiálu při řešení spoje podřizujeme pevnostním a tvarovým požadavkům. Vybraný materiál musí vyhovovat pevnostním nárokům v daných podmínkách namáhání. Poté se materiál hodnotí z hlediska chemické a korozní odolnosti a z vyhovujících materiálů vybere ekonomicky nejvýhodnější materiál. [1]

## 2.3 Volba lepidla

Nezákladnějším pravidlem pro výběr lepidla je že se lepidlo musí svými vlastnostmi co nejvíce přibližovat lepenému materiálu anebo představovat vhodný kompromis. Z tohoto kritéria vyplivají následující požadavky:

1. koheze lepidla a jeho adheze k adherentu má být tak velká jak se dá dosáhnout
2. modul pružnosti má být stejný anebo přibližný substrátu
3. lepidlo má mít maximální odolnost proti venkovním vlivům
4. lepidlo při tvrdnutí se má minimálně smršťovat [1]

5. lepidlo nemá při tvrdnutí uvolňovat látky, které by mohli korozně ovlivnit substrát
6. lepidlo má vyžadovat minimální úpravy a operace před lepením
7. lepidlo má mít dlouhou skladovatelnost a má se jednoducho nanášet [1]

## 2.4 Příprava povrchu adherentu

Rozhodujícím faktorem je zde smáčivost substrátu lepidlem. Cílem úpravy povrchu adherentu je dosažení maximální možné smáčivosti vybraným lepidlem. Tím se utváří co nejlepší podmínky pro dotyk lepidla s povrchem adherentu a vznikají předpoklady pro vznik adhezních vazeb. Čím větší část plochy se zúčastňuje vytváření těchto vazeb a čím větší je počet vazeb, tím větší je pevnost spoje. Při přípravě povrchů je důležité, aby na povrchu lepeného dílce nezůstaly žádné látky, vrstvy a nerovnosti, které by zhoršovaly přilnutí vrstvy lepidla. K dosažení optimálních vlastností povrchu lepeného dílce používáme v praxi fyzikálních a chemické operace. [1]

### 2.4.1 Fyzikální operace

Mechanické:

- broušení
- tryskování
- kartáčování
- pískování
- obrábění

Jiné fyzikální operace:

- odmašťování
- čištění ultrazvukem
- ozařování ultrafialovým zářením
- doutnavý výboj
- iontové bombardování [4]

### 2.4.2 Chemické operace

Podobně jako mechanické i chemické je možné rozdělit do dvou skupin:

a) Operace odstraňuje hrubé nečistoty a antiadhezní vrstvy:

- odmašťování

b) Operace na zvýšení adheze:

- moření
- fosfátování
- anodická oxidace
- primery [1]

## 2.5 Příprava lepidla

Způsob přípravy lepidla závisí na čtyřech základních faktorech:

- druhu lepidla
- stavu lepidla po uskladnění
- způsobu nanášení

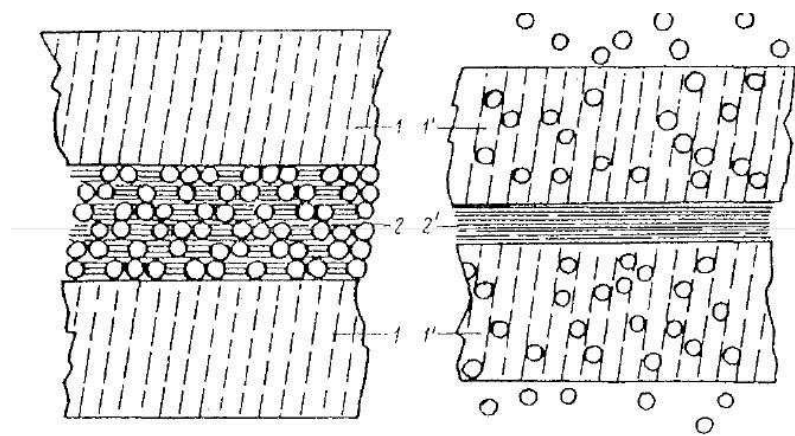
Ve všech případech platí, že je nutné dodržovat předpis výrobce lepidla. [5]

### 2.5.1 Druh lepidla

**Klížidlo** lepidlo, jehož adhezní základ je rozpustný ve vodě (klíž, škrob) [4]

**Disperzní lepidlo**, organického původu, nerozpustné ve vodě, vytváří v ní disperzi drobných kapiček-emulze drobných kapiček lepených polymerů ve vodním prostředí. Během jejich zasychání dochází k odpařování vody provázenému shlukování kapiček až do lepivého filmu. Tento pochod Koagulace nevratný disperzní lepidlo po zaschnutí, odolné vůči svému rozpouštědлу, vodě. Opětovným působením vody nelze převést zaschlý film zpět do stavu disperze. [4]

**Roztokové lepidlo**, pojivo rozpuštěné v těkavých organických rozpouštědlech tuhne vlivem vsáknutí a vytěkání rozpouštědla alespoň jedna z lepených ploch musí být prostupná pro plyny lepidla se nanášejí na obě lepené plochy a ihned se spojují při zasychání lepidla se původní objem vrstvy lepidla zmenšuje nelze použít tam, kde očekáváme současné vyplnění prostorové štěrbin či povrchových nerovností pro lepení malých a středně velkých ploch nevýhoda slepené spoje mohou být opětovně narušeny tím rozpouštědlem, ve kterém bylo původní lepidlo rozpuštěno. [4]



Obr. 7 Děj ve spoji lepeném rozpouštědlovým  
nebo disperzním lepidlem [4]

1 obě spojované plochy propustné plyny a páry, 2 vrstva lepidla, 1' rozpouštědlo vysychá a difunduje lepeným materiálem, 2' - film lepidla se ve spoji smršťuje o objem odpařeného rozpouštědla [4]

**Bezrozpouštědlová lepidla**, neobsahují těkavá rozpouštědla reaktivní pryskyřice (epoxidy polyesterové pryskyřice)

vytvoření nové pevné chemické struktury chemickou reakcí (vytvrzováním) [4]

**Přilnavá lepidla**, kontaktní obvykle na kaučukovém základě

přilnavá téměř ke všem materiálům [4]

po jejich nanesení na slepované plochy se nejprve ponechají určitou dobu volně odpařit zvýšení koncentrace lepidivé složky, a teprve potom se obě plochy k sobě přitlačí [4]

**Jednosložková**, reaktivní lepidla. Základ reaktivní pryskyřice citlivé na zvýšení teploty, vytvrzením dojde k vytvoření nové pevné chemické struktury jak pro lepení porézních tak i neporézních materiálů. [4]

**Dvousložková**, reaktivní lepidla, opět reaktivní pryskyřice, ale k vytvrzení dochází až chemickou reakcí dvou nebo více komponent reaktivní složky dodávané odděleně. Smísení teprve těsně před použitím nanášení na obě slepované plochy a po spojení obou dílů nastartuje po určité době reakce vytvrzování. Lepidlo po určitou dobu v tekutém nelepivém stavu, než začne houstnout, gelovatět, délka této prodlevy závisí na použitých pryskyřicích, ale zejména na druhu a koncentraci použitého iniciátoru a katalyzátoru. Úplné vytvrzení – obvykle za 12 až 48 hodin. [4]

### 2.5.2 Stav lepidla po uskladnění

Lepidla se skladují v suchých místnostech za teploty maximálně 28°C, nemají být poblíž topení a nemá na ně přímo svítit slunce. To platí především pro lepidla dodávaná ve formě roztoku. [2]

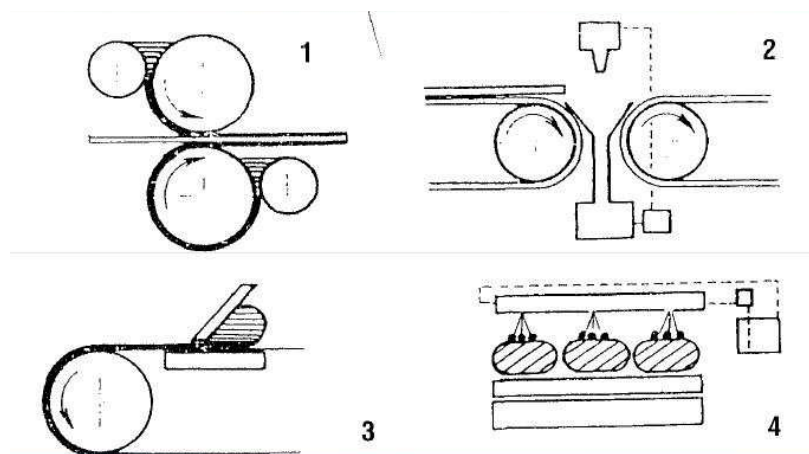
Změny lepidel se projevují v houstnutí, sedimentaci tuhých složek nebo zvýšením nebo snížením reaktivity lepidla. V každém případě lepidlo nesmí obsahovat nežádoucí tuhé složky a musí být dokonale homogenní. Při delším skladování zkusíme také jeho reaktivitu, která může být nízká, což způsobuje zpomalení technologického procesu, nebo vysoká, tj. lepidlo začne „želatinovat“ už během nanášení. V takovém případě nelze lepidlo použít. [1]

### 2.5.3 Způsob nanášení

Při nanášení nutno dosáhnout souvislou a rovnoměrnou vrstvu lepidla určité tloušťky. Lepidlo se většinou nanáší na obě součásti. Výjimku tvoří vysoko tekutá lepidla typu kyanoakrilátové a některá kaučuková lepidla. [1]

Čtyři hlavní skupiny nanášení lepidel:

- a) ruční nanášení
- b) nanášení pomocí přípravků
- c) nanášení pomocí velmi výkonných zařízení
- d) nanášení pomocí tepelných procesů [1]



Obr. 8 Průmyslové nanášení tekutých lepidel [4]

1 - nanášení lepidla dvouválcovým nanášecím strojem, 2 - nanášení lepidla clonovacím strojem, 3 - nanášení lepidla lištou (raklí), 4- nanášení lepidla tryskami [4]

## 2.6 Montáž spoje

Konečná fáze technologie lepení se rozděluje na dva druhy operací:

- operace na vytvoření mechanických podmínek pro vznik pevného spoje
- operace utváří vhodné podmínky pro vznik vazeb ve spoji [1]



### 2.6.1 Utvoření mechanických podmínek pro vznik spoje

Protože už při nanášení lepidla se projevuje viskozita, odpařování rozpouštědel nebo tuhnutí taveniny, je důležité, aby do přiložení druhé spojované části uplynul jen přesně ohraničený čas, který se označuje jako otevřený čas. Je závislý na složení lepidla, jeho reaktivitě, nánosu nebo teplotě. Od okamžiku přiložení druhé části probíhá tzv. uzavřený čas, který by měl být co nejkratší, aby lepidlo nezačalo tuhnout před vyvozením tlaku. Následuje působení tlaku, který je předepsán výrobcem lepidla. Tímto tlakem se utvoří určitá tloušťka nánosu a dosáhne se dokonalého přilnutí lepených ploch. Tlak současně pomáhá lepidlu proniknout do pórů a nerovností a zvyšuje tak mechanické ukotvení. Následuje zafixování spojovaných částí, které zamezí změně polohy, dokud neproběhne vytvrzení lepidla. [5]

### 2.6.2 Utvoření podmínek pro vznik adhezních vazeb

Základní podmínky pro utvoření vazeb se tvoří už při výběru lepidla, úpravě povrchu a lepidla. Někdy se mohou spojované části přikládat k sobě i po uběhnutí otevřeného času, ale lepicí vrstvu je nutno reaktivovat např. nanesením další vrstvy lepidla nebo působením tepla nebo rozpouštědla. Montáž spoje po uplynutí otevřeného času se používá hlavně tam, kde se spojují dva nesourodé materiály, kde si spoj vyžaduje dvě lepicí vrstvy. Lepidla tuhnou buď následkem vsakování a odpařování vody nebo rozpouštědel. Reaktivní lepidla tuhnou nebo se vytvrzují následkem chemické reakce v lepicí vrstvě vyvolané např. zvýšením teploty, přidávkem tvrdidla nebo kontaktem s kovy. Tavná lepidla tuhnou, po jejich předchozím roztavení, ochlazením na normální teplotu. [1]

### 3 ROZDĚLENÍ LEPIDEL

Jelikož lepidla tvoří rozsáhlou a chemicky velmi různorodou skupinu, tak je potřeba je rozdělovat do jednotlivých skupin. Lepidla můžeme dělit podle účelu, fyzikálního stavu, podle původu. [4]

#### 3.1 Rozdělení podle účelu

Rozdělení podle účelu bylo v minulosti velmi často používané, ale v dnešní době poskytuje už jen hrubou orientaci mezi lepidly a nic nám nevyovídá o chemické podstatě lepidla. Např. lepidlo na papír může být přírodní nebo syntetické. Podle tohoto rozdělení se lepidla dělí např. na lepidla na kov, dřevo, papír, kůži atd. [4]

#### 3.2 Rozdělení podle fyzikálního stavu

O tom, jak bude lepidlo používáno a nanášeno, vypovídá fyzikální stav lepidla. Podle toho se lepidla dělí na tekutá, pastovitá, pěnová, filmy a lepicí pásy. [4]

#### 3.3 Rozdělení podle původu

##### 3.3.1 Přírodní lepidla

Přírodní lepidla se dělí na rostlinná a živočišná lepidla. Mezi rostlinná lepidla patří mouky, škroby, dexteriny, pektiny, algináty, přírodní pryskyřice, přírodní kaučuk, rostlinné slizy a gummy. Mezi živočišná lepidla patří především různé druhy klišů: gutinové (kostní, kožní), kaseinové (z mléčné bílkoviny), albuminové (z bílkoviny zvířecí krve) a rybí. [4]

##### 3.3.2 Syntetická lepidla

Syntetická lepidla se dělí na termoreaktivní, termoplastická a polosyntetická.

Termoreaktivní lepidla se vytvrzují za přítomnosti tepla. Zahřátím vzniká chemická reakce, při níž vznikne makromolekulární látka, která má jednotlivé řetězce makromolekul prostoro-  
rově svázané. Po vytvrzení ztvrdnou a jsou nerozpustná. Patří sem např. epoxidová, polyesterová atd. lepidla. Termoplastická lepidla za působení teploty mění jen fyzikální vlastnosti a nedochází zde k chemické reakci. Po zahřátí změknou a stávají se tvárnými. Patří sem např. akrylátová, polyamidová atd. lepidla. Polosyntetická lepidla vycházejí z přírod-

ních [4] polymerů (např. celulózy, kaučuku) a byla důležitou základnou pro výrobu přírodních lepidel, než se vyvinula syntetická lepidla. Chemicky se upravují jejich vlastnosti a vznikají lepidla s vysokou kvalitou. [4]

## 4 VLASTNOSTI SPOJE

Před samotným lepením a výběrem lepidla je důležité znát, jaké vlastnosti od lepeného spoje požadujeme. Jsou to požadavky na tepelnou odolnost, chemickou odolnost a odolnost proti vodě, pevnost při daném namáhání, životnost v daných podmínkách, bezpečnost a spolehlivost spoje (možnost havárie aj.). [5]

### 4.1.1 Tepelná odolnost

Spolehlivost lepených spojů závisí od jejich odolnosti proti působení za zvýšených a snížených teplot tj. schopnost zachovat si vlastnosti i po dlouhodobém působení těchto teplot (tepelná stálost nebo odolnost proti tepelnému stárnutí) a odolnost proti náhlé změně teploty (tepelný náraz). Při změně teploty může v lepidle probíhat fázová přeměna a může se tak měnit jeho struktura. Krom toho je třeba brát do úvahy tepelné napětí ve spoji, které vzniká rozdílem v koeficientech tepelné roztažnosti lepených materiálů. [5]

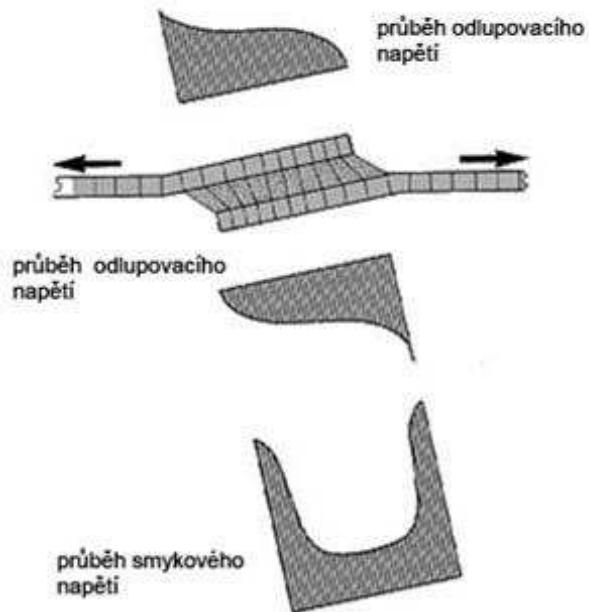
### 4.1.2 Chemická odolnost

Lepené spoje různých materiálů podléhají do určité míry působení vody, jejím parám a chemickému ovlivnění a to snižuje jejich pevnost. Voda, která se dostává do spoje, způsobuje nabobtnávání respektive vysychání lepidla, což vyvolává napětí ve spoji, které pak působí jako dlouhodobé zatížení a způsobuje únavu spoje. Pokud je nalhávání proměnlivé, které často probíhá v atmosférických podmínkách, napětí nabývá cyklického charakteru a výrazně urychluje proces destrukce. Při lepení kovů, přes které voda nemůže difundovat do spoje a dostává se tam tak jenom přes spáru, se odolnost proti vlhkosti značně zvyšuje. S velikostí plochy lepeného spoje, tak snižování pevnosti spoje působením vody klesá. Lepené spoje jsou v praxi často ovlivněny agresivními výpary, kapalinami, palivy atd. Obecně lze říci, že chemická odolnost se zvyšuje stupněm vytvrzení a při použití lepidel vytvrzovaných za vyšší teploty. [5]

### 4.1.3 Pevnost při daném namáhání

Lepené spoje jsou nejvíce odolné proti namáhání ve stříhu, proto by se spoje měli, pokud

možno, konstruovat tak, aby se předešlo jinému typu namáhání. Se vzrůstem pružnosti materiálu a sklesáním jeho tloušťky stoupá odolnost proti ohybu a odlupování, to však závisí i na pružnosti ztuhnutého lepidla. Při výběru lepidla je proto důležité, aby se mechanické konstanty lepidla co nejvíce přibližovaly konstantám adherentu. [5]



Tahová, tlaková a smyková napětí jsou pro lepený spoj výhodnější, protože působící síla se rozloží v celé ploše lepeného spoje. Při jejich výpočtu uvažujeme celou plochu lepidla, kdežto u odlupů je působiště sil v přímce a má tedy výrazně nižší schopnost odolávat zatížení při těchto způsobech namáhání.

Obr. 9 Průběh napětí u lepeného spoje [7]

#### 4.1.4 Životnost, spolehlivost a bezpečnost

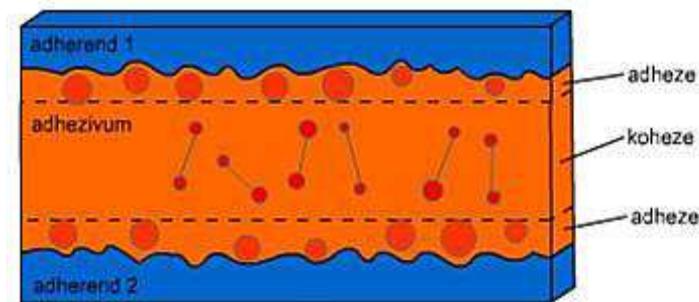
Životnost a spolehlivost je dána odolností spoje proti všem vlivům prostředí, kde se konstrukce nachází a tím i jak povrchovou úpravou, tak výběrem lepidla a správnou konstrukcí spoje. Co se týče bezpečnosti, konstruktér by měl lepený spoj navrhovat tak, aby v případě poruchy nedošlo ke zranění a k větší škodě na zařízení. [5]

## 4.2 Výhody a nevýhody lepení kovů

Tak jako jiné technologie spojování materiálů se lepení vyznačuje mnoha výhodami, ale i některými zápornými i limitujícími činiteli. Proto při rozhodování, zda využít lepení, je třeba uvážit jeho výhody a nevýhody ve srovnání s tradičními technologiemi spojování materiálů. [6]

### 4.2.1 Výhody lepení

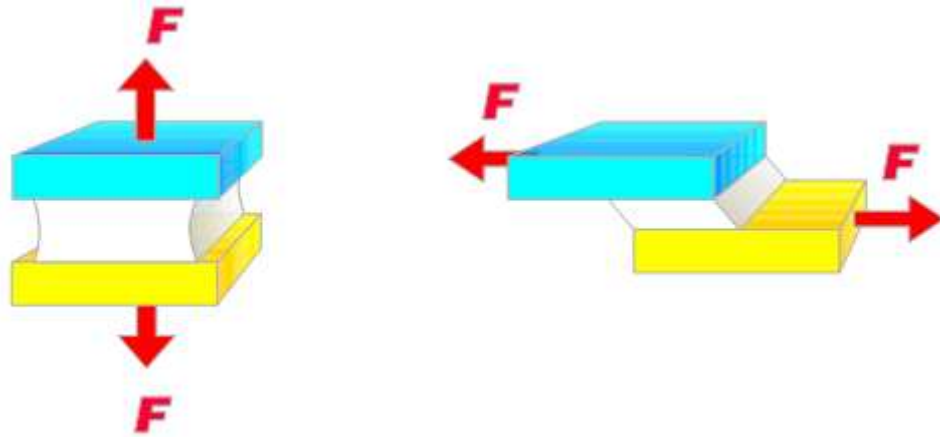
- lepení dovoluje spojovat stejné nebo různorodé materiály bez ohledu na jejich tloušťku a vyrovnat jejich případné výrobní tolerance
- aplikací lepidel není narušena celistvost spojovaných dílců
- lepením je možné zhotovit vodotěsné i plynotěsné spoje [6]



Obr. 10 Princip lepeného spoje [7]

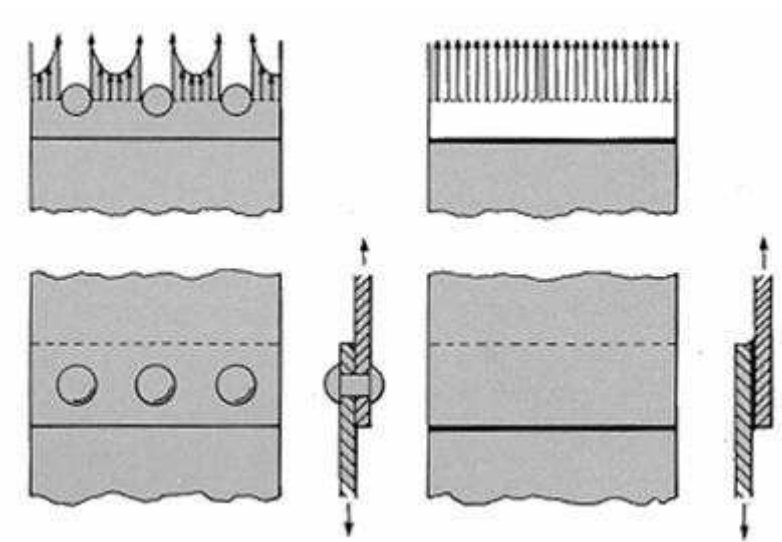
- lepením spojovaný materiál se nijak nedeformuje, ani vlivem teploty a tím nedochází k narušení vnitřní struktury materiálu a ovlivnění mechanických vlastností materiálu (jako u svařování)
- lepený spoj tlumí vibrace v konstrukci a zvyšuje tuhost i vzpěrnou pevnost souboru
- lepený spoj zabraňuje vzniku elektrolytické koroze kovových adherendů
- lepením se nezvyšuje hmotnost souboru, což je jedním z předpokladů miniaturizace
- lepené spoje se mohou povrchově upravovat nebo mohou zůstat průhledné [6]

- lepené spoje mohou dosáhnout vysoké pevnosti, především při namáhání ve smyku, tahu a rázové pevnosti [6]



Obr. 11 Zatížení lepeného spoje v tahu a smyku [6]

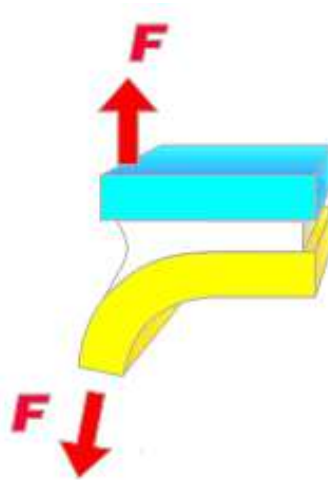
- lepením není narušen estetický vzhled lepeného souboru
- zatížení a napětí se rozloží po celé ploše spoje a rovnoměrně se přenesou i statické a dynamické zatížení a nikde se nekonzcentruje, jako je tomu u šroubovaných a nýtovaných spojů [6]



Obr. 12 Průběh napětí u nýtovaného a lepeného spoje [7]

#### 4.2.2 Nevýhody lepení

- klade vysoké nároky na rovinnost a čistotu povrchu lepených materiálů
- u adherendů, se špatnými adhezními vlastnostmi, se musí povrch speciálně upravovat
- lepením se vytváří nerozebíratelné spojení
- lepené spoje jsou málo odolné na namáhání v odlupování [6]



Obr. 13 Zatížení lepeného spoje odlupováním [6]

- životnost reaktivních lepicích směsí je časově omezena
- je nutné vytvrzení lepeného spoje, aby dosáhl maximální pevnosti
- lepené spoje jsou málo odolné vůči vyšším teplotám
- film termoplastických lepidel je citlivý na dlouhodobé statické namáhání, jelikož dochází k tečení polymerní složky lepidla
- lepení v průmyslovém měřítku je náročné na vybavení pracovišť, neboť jsou potřeba nanášecí zařízení, přípravky, lisy, atd. [6]



## 5 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA PEVNOST SPOJE

Pevnost spoje ovlivňují vnitřní vlivy, které jsou dané vlastnostmi a účinkem jednotlivých složek a jejich vzájemnými vztahy. Tyto vzájemné vztahy se ovlivňují venkovními vlivy, mezi které zahrnujeme síly a napětí, které spoj přenáší. Mezi nejvýznamnější venkovní faktory převažuje teplota, vlhkost, přímý kontakt s vodou, přímý kontakt s chemickými činidly a atmosférická koroze. [1]

### 5.1 Vliv teploty

Pozorováním velkého počtu křivek závislosti pevnosti spoje na teplotě pro rozdílná lepidla a rozdílné lepené spoje lze určit bod, který je možno označit jako tepelná odolnost spoje, nenastávají podstatné změny a často dochází k mírnému vzestupu pevnosti (při dotvrzování termoreaktivních lepidel). Do pojmu tepelná odolnost spoje je zahrnuta tepelná odolnost lepidla, změny tepelné dilatace lepidla i substrátu a vlastní tepelná odolnost substrátu. Při zvyšování teploty nastává pokles křivky závislosti pevnosti spoje na teplotě. Průběh této závislosti se mění podle typu lepidla a podle použitých plniv. [1]

## 6 CHYBY LEPENÝCH SPOJŮ

Hlavní chyby lepených spojů jsou: Nízká pevnost, slabá odolnost složek, nízká životnost, chyby vzhledu, funkční nedostatky a jiné nedostatky. [1]

### 6.1 Nízká pevnost

#### 6.1.1 Nepravý spoj

Příčinou je slabá vazbová vrstva, tyto příčiny spočívají:

- v nesprávné technologii lepení (neodstranění slabých vrstev, neodmaštění, nesprávné nanášení apod.)
- v nesprávném výběru materiálu (špatná smáčivost, vzájemné nevhodné mechanické vlastnosti apod.) [1]

#### 6.1.2 Velké koncentrace napětí

Příčinou jsou:

- bubliny v lepicí vrstvě, které vznikly buď při nanášení anebo vlivem nerovnoměrného povrchu adherentu.
- nerovnoměrnost lepicí vrstvy, kterou může zapříčinit špatná fixace při vytvrzování, vysoká viskozita lepidla, nerovnoměrná zrnitost lepidla.
- nevhodné hrudky lepicí vrstvy způsobené vysokou anebo nízkou viskozitou lepidla, nesprávnou fixací apod.
- nesprávnou konstrukcí spoje [1]

#### 6.1.3 Skryté chyby

Mezi skryté chyby patří: dutiny, praskliny, vnitřní napětí, nevhodné krystalické složení, únava materiálu, vnitřní napětí, nekvalitně připravené lepidlo apod. [1]

## 6.2 Slabá odolnost složek

Její příčinou je zpravidla proniknutí agresivních látek, nevhodný výběr materiálového spoje pro dané prostředí, vlivy způsobující stárnutí, rozpustnost, nízká tepelná odolnost složek spoje. [1]

## 6.3 Nízká životnost

Nízká životnost je ztráta pevnosti působením příčin ve spoji. Tyto chyby ve spoji vznikají z příčin, jako jsou: nevhodným výběrem materiálu, dynamické namáhání (vysoká frekvence kmitů, rezonance.) vyvolávají předčasnou únavu spoje a jeho destrukci. [1]

## 6.4 Chyby vzhledu

Jde o přetoky vytvrzeného lepidla (nutno obrousit), nevhodná barva lepidla oproti ostatním materiálům. [1]

## 6.5 Funkční nedostatky

Chyby spoje, které ovlivňují funkčnost výrobku:

- elektroizolační vlastnosti lepidla
- snížení průtoku např. v pájených potrubích
- nevhodné umístění spoje v celkové konstrukci [1]

## 6.6 Jiné nedostatky

- citlivost na náhlé změny teploty
- nerozebíratelnost lepeného spoje
- složitá oprava poškozeného spoje a jeho částí [1]

## 7 ZKOUŠENÍ LEPENÝCH SPOJŮ

### 7.1 Mechanické zkoušky

Mechanické vlastnosti umožňují kvantitativně hodnotit chování materiálů za působení vnějších sil, př. i dalších vlivů. Některé hodnoty mají fyzikální význam - lze je tedy přepočítávat pro jiný tvar a rozměr, jiné vystihují chování za určitých podmínek (nelze převádět) pro posouzení vlastností a zpracování materiálů (vrubová houževnatost). Celkové zkoušení je nezbytné pro kontrolu jakosti výrobků, jako důležitý poznatek výzkumných prací i k hodnocení úrovně technologie výroby. [8]

#### 7.1.1 Dělení mechanických zkoušek

Charakteru zatěžování (statické, dynamické)

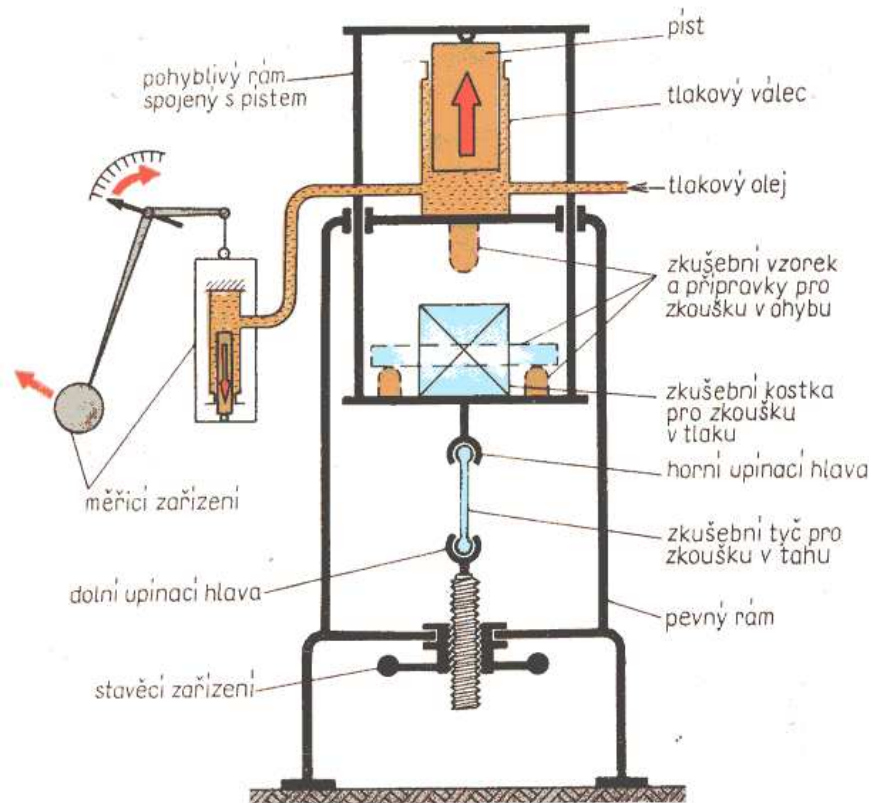
Zjišťovaných vlastností (pevnostní, tvrdostní, únavy ap.)

Druhu namáhání (tah, tlak, ohyb, krut ap.)

Teploty a prostředí [8]

### 7.2 Statické zkoušky

Základem těchto zkoušek jsou zkoušky pevnosti. Podle způsobu působení zatěžující síly rozdělujeme tyto zkoušky na zkoušky pevnosti v tahu, tlaku, ohybu, krutu a stříhu. Zkoušky pevnosti se mohou provádět na stroji jednoúčelovém nebo univerzálním. [9]



obr. 14 Schéma univerzální zkušebního stroje [9]

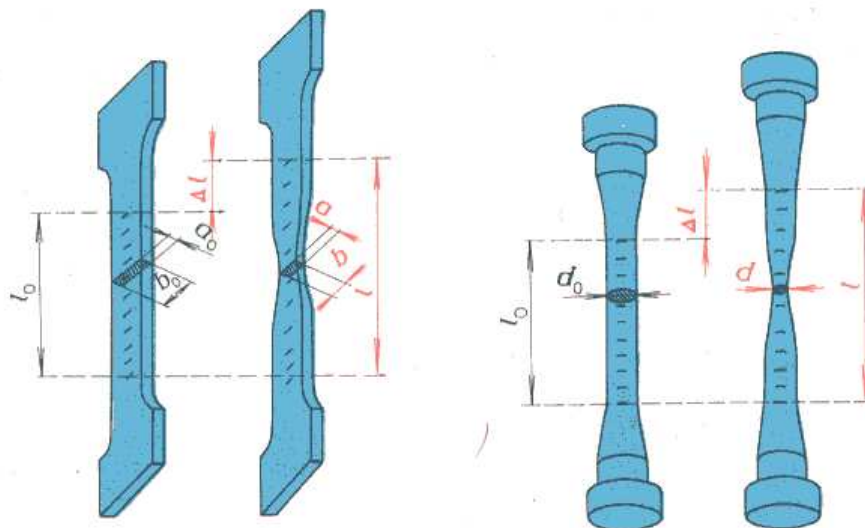
Univerzální zkušební stroj (viz. obr.) se skládá z rámu, upínacího ústrojí, zatěžovacího ústrojí, z měřicího a registračního zařízení. Do tlakového válce se přivádí tlakový olej, tím se zvedá pohyblivý (vnitřní) rám stroje. Zkušební tyče pro zkoušku pevnosti v tahu se upínají do upínacích hlav. Zkouška pevnosti v tlaku se koná na zkušební kostce nebo válečku, položeném na desce pohyblivého rámu. Při zkoušce pevnosti v ohybu se pokládá zkušební vzorek na dvě podpěry a namáhání je vyvozeno ohýbacím trnem připevněným na horní desku pevného rámu. Měřicí zařízení (tzv. kyvadlový manometr) je spojeno potrubím s pracovním prostorem tlakového válce. Tlak působící na píst měřicího tlakového válečku je vyvážen kyvadlem se závažím. Ručička na ramenu páky kyvadla ukazuje na stupnici měřicího zařízení zatížení v N. [9]

### 7.3 Zkouška tahem

je nejrozšířenější statickou zkouškou. Je nutná téměř u všech materiálů, protože jí získáme některé základní hodnoty potřebné pro výpočet konstrukčních prvků a volbu vhodného materiálu. [9]

Zkoušky tahem se zpravidla nedělají přímo na vyrobené součásti, ale na zkušebních tyčích, jejichž tvary a rozměry jsou normalizovány. Zkušební tyče mohou být kruhové nebo ploché, krátké nebo dlouhé. Zkušební tyče kruhové, krátké i dlouhé, se liší tvarem hlav. Volí se podle zkoušeného materiálu a upínacího zařízení trhacího stroje, které bývá výměnné. [9]

Vlastní měřená délka  $l_0$  závisí na průřezu zkušební tyče a je při kruhovém průřezu tyče  $10 d_0$  a u tyčí krátkých  $5 d_0$  ( $d_0$  = průměr zkušební tyče). Aby bylo možné měřit prodloužení zkušební tyče po přetržení, vyznačí se na ní před zkouškou rysky ve vzdálenosti 10 mm. Trhací zkouškou zjišťujeme pevnost v tahu, poměrné prodloužení tažnost a zúžení (kontrakci) zkoušeného materiálu. [9]



obr. 15 Tvary zkušebních tělísek [9]

U všech statických zkoušek vzniká v materiálu napětí. Je to míra vnitřních sil, které vznikají v materiálu působením sil vnějších. Číselná hodnota napětí se určí jako podíl síly a plochy, na níž síla působí. Rozeznáváme napětí normálové  $\sigma$  (tah, tlak, ohyb) a tečné (smykové)  $\tau$ . Podíl síly a skutečné plochy průřezu v kterémkoliv okamžiku zkoušky se nazývá skutečné napětí  $\sigma$ . Běžně se však používá smluvní jmenovité napětí  $R$ , protože se neuvazuje změna průřezu tyče. Zatížení se proto vztahuje na počáteční průřez tyče  $S_0$ . [9]

**Pevnost v tahu  $R_m$**  je smluvní hodnota napětí daného podílem největší zatěžující síly  $F_m$ , kterou snese zkušební tyč a původního průřezu tyče  $S_0$ . [9]

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad (\text{MPa}) = (\text{N/mm}^2)$$

Byla-li původní délka zkušební tyče  $L_0$  a délka zjištěná po přetržení  $L_u$ , je celkové (absolutní) prodloužení (změna délky): [9]

$$\Delta L = L_u - L_0$$

**Poměrné prodloužení  $\varepsilon$**  je dáno poměrem změny délky  $\Delta L$  k původní délce tyče  $l_0$ . [9]

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_u - L_0}{L_0} \quad (1)$$

**Tažnost  $A$**  je poměrné prodloužení v procentech počáteční délky:

$$A = \varepsilon \cdot 100 (\%)$$

Uvádí se s indexem ( $A_5$ ,  $A_{10}$ ), zda byla získána na krátké nebo dlouhé tyči.

**Kontrakce  $Z$**  je dána poměrem zúžení průřezu tyče po přetržení ( $S_0 - S_u$ ) k původnímu průřezu tyče [9]

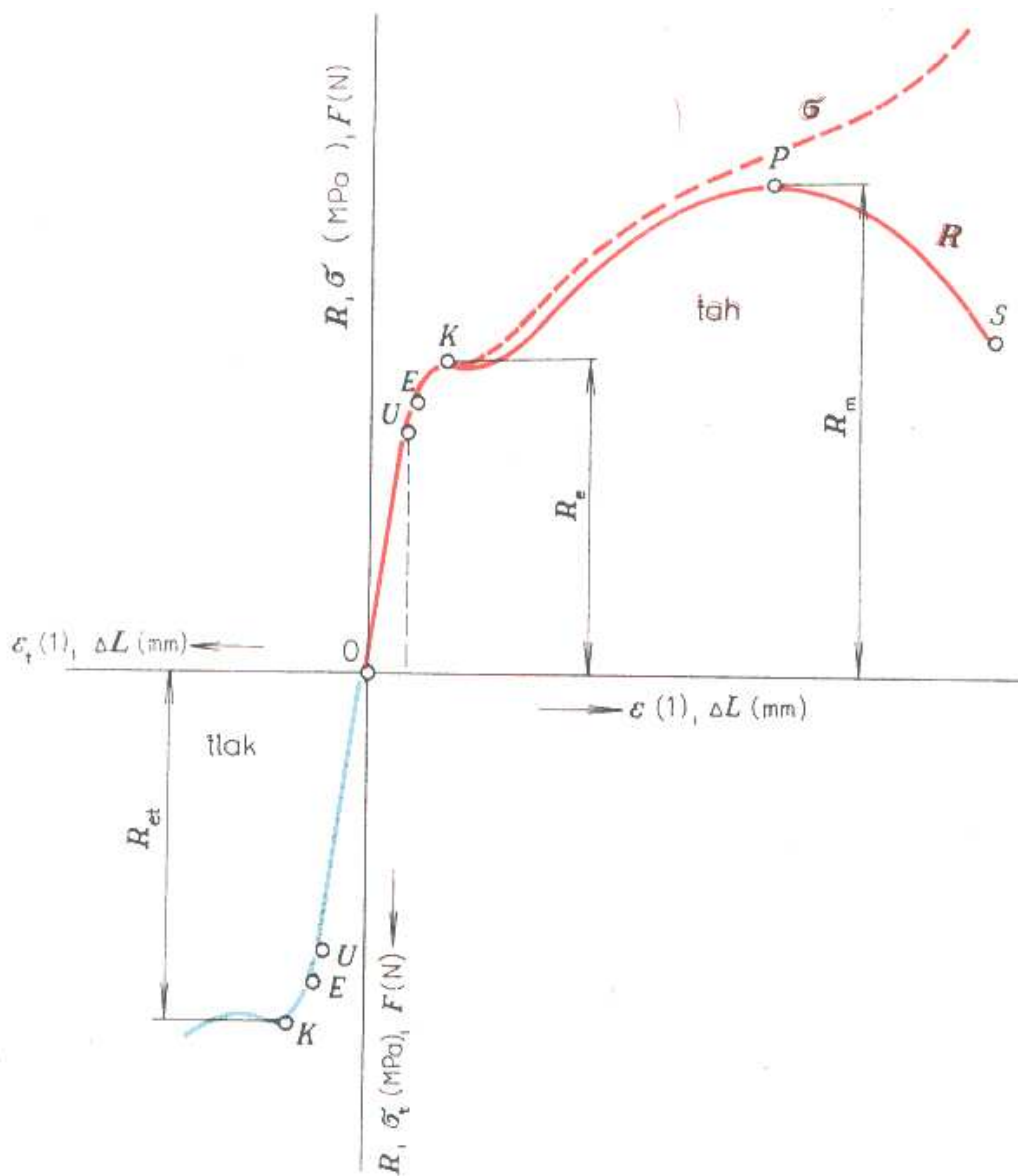
$S_0$ , vyjádřený v procentech:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100 (\%)$$

**Pevnost v kluzu** (mez pevnosti v kluzu) je napětí, při němž se zkušební tyč počne výrazně prodlužovat, aniž by stoupala zatěžující síla, nebo při němž nastává prodlužování doprovázené poklesem zatěžující síly. [9]

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

U uhlíkových ocelí (žíhaných) bývá poměr  $R_e: R_m = 0,5 - 0,6$  u slitinových až 0,9 [9]



obr. 16 Pracovní diagram zkoušky tahu a tlaku [9]



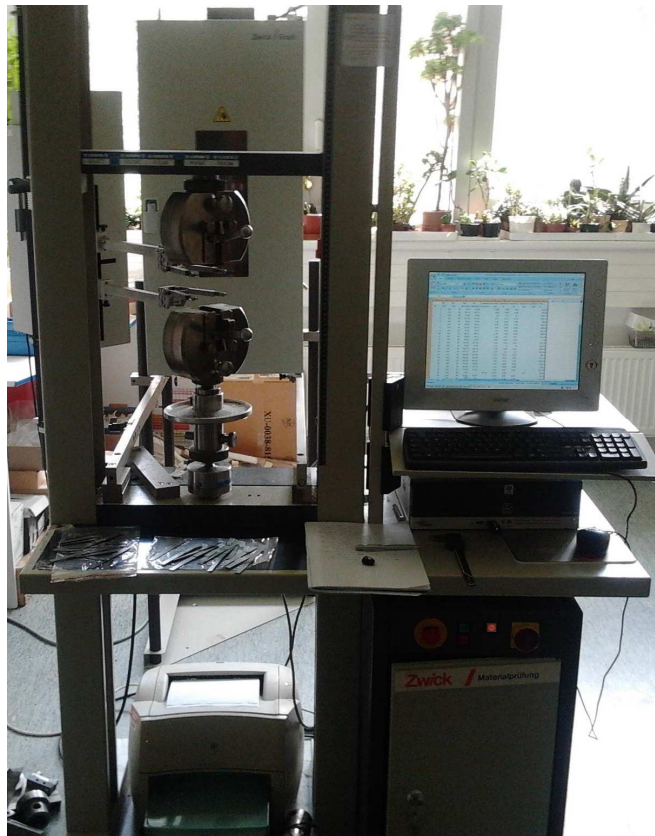
**Zapisovací zařízení** trhacího stroje kreslí v průběhu trhací zkoušky na milimetrový papír, upnutý na bubínek registračního přístroje, **pracovní diagram**, který udává závislost poměrného prodloužení  $\varepsilon$  na napětí  $\sigma$  (nebo celkové prodloužení  $\Delta L$  na zatěžující síle  $F$ ). Pro výpočty namáhání má význam jen diagram  $\varepsilon - \sigma$ . V diagramu je zpočátku závislost  $\varepsilon - \sigma$  přímková a to až do bodu U. Napětí odpovídající bodu U je definováno jako napětí, při němž je prodloužení ještě přímo úměrné napětí (Hookův zákon). V dalším průběhu zkoušky přestává být prodloužení přímo úměrné zatížení. Až do bodu E je deformace pružná (elastická), tj. po úplném odlehčení nabývá zkušební tyč počáteční délky. U některých materiálů prodleva nenastane a mez kluzu nelze zjistit. Proto jako běžnou smluvní hodnotu bereme napětí, které způsobí trvalé prodloužení 0.2%. Zjišťuje se graficky nebo průtahoměry. [9]

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 8 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 8.1 Cíl laboratorních testů

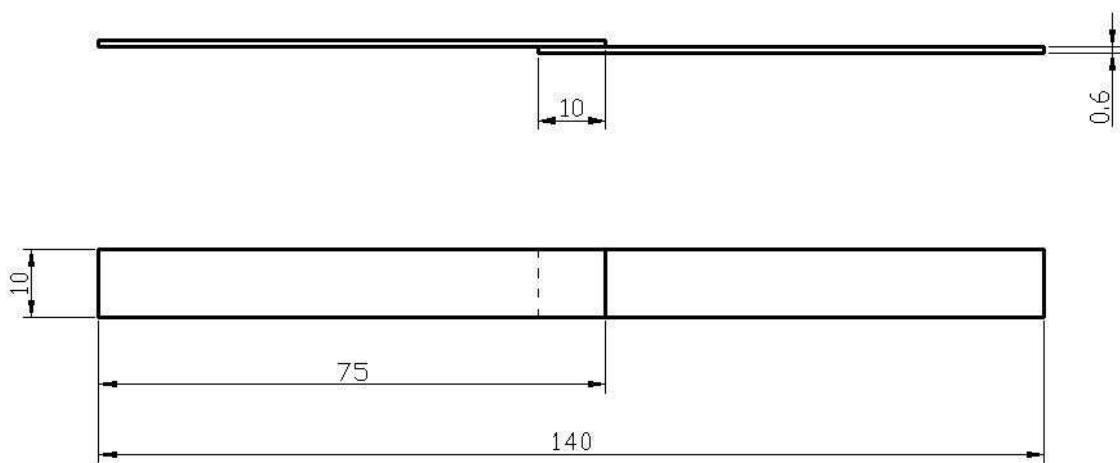
Cílem praktické části bylo zjistit, odolnost proti smykovému namáhání při teplotě  $t=20^{\circ}\text{C}$  pro daná lepidla ( Kyanakrylátové lepidlo 1008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 1008 s primerem, kyanakrylátové lepidlo 2008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 2008 s primerem a lepidlo Plexus MA 832). Hodnoty maximální síly byly vyhodnoceny v tabulkách a grafech pro jednotlivá lepidla, poté srovnány hodnoty jednotlivých lepidel mezi sebou a nakonec srovnány s hodnotou pro lepený materiál. Praktická část se stávala ze dvou částí, a to z přípravy vzorků a jejich zkoušení na univerzálním zkušebním stroji Zwick 1456. Jako zkušební tělíska byly použity ocelové plechy o rozměrech 75x10x0.6 mm a pozinkované plechy o rozměrech 75x10x0.6 mm. Smykového namáhání bylo dosaženo tahem v podélném směru lepidlem spojených zkušebních tělísek. Posuvová rychlost upínacího zařízení stroje byla 10mm/min.



Obr. 17 Univerzální zkušební stroj Zwick 1456

## 8.2 Příprava zkušebních vzorků

Zkušební tělíška byla nastříhána na požadovanou délku 75mm a následně ožehleny. U materiálu pozink a pozink byli použity lepidla: Kyanakrylátové lepidlo 1008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 1008 s primerem, kyanakrylátové lepidlo 2008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 2008 s primerem. Lepidla se nanášela malou vrstvou, u lepidla s primerem se nejdříve aplikoval Primer a následně lepidlo. Plocha lepeného spoje byla  $10\text{mm}^2$ . Lepený spoj se zafixoval proti pohybu (kolík na prádlo) a nechal se v laboratorních podmínkách zaschnout. U tělísek ocel a ocel, pozink a ocel se použily stejná lepidla a stejný pracovní postup.

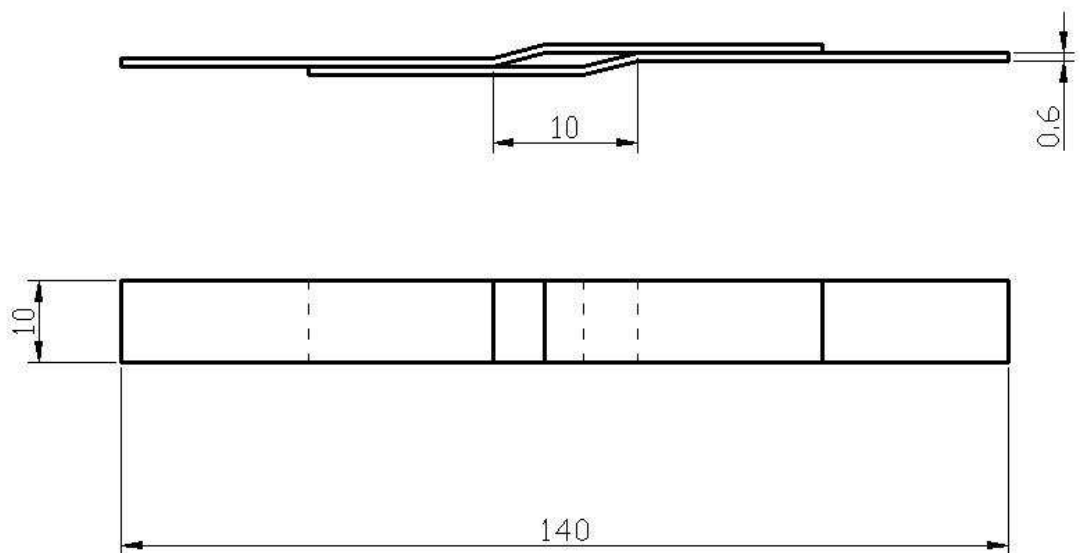


Obr. 18 Ukázka přeplátovaného vzorku, lepená plocha  $10\text{mm}^2$

U lepidla Plexus MA 832 se muselo použít přípravku na úpravu ocelového plechu a to z důvodu, aby mezi plechy vznikla mezera 1mm a do mezery se nanasla stejnoměrná vrstva lepidla a přiložil se protikus. Vzorky se zafixovali proti pohybu kolíkem na prádlo.



Obr. 19 Přípravek na úpravu plechu

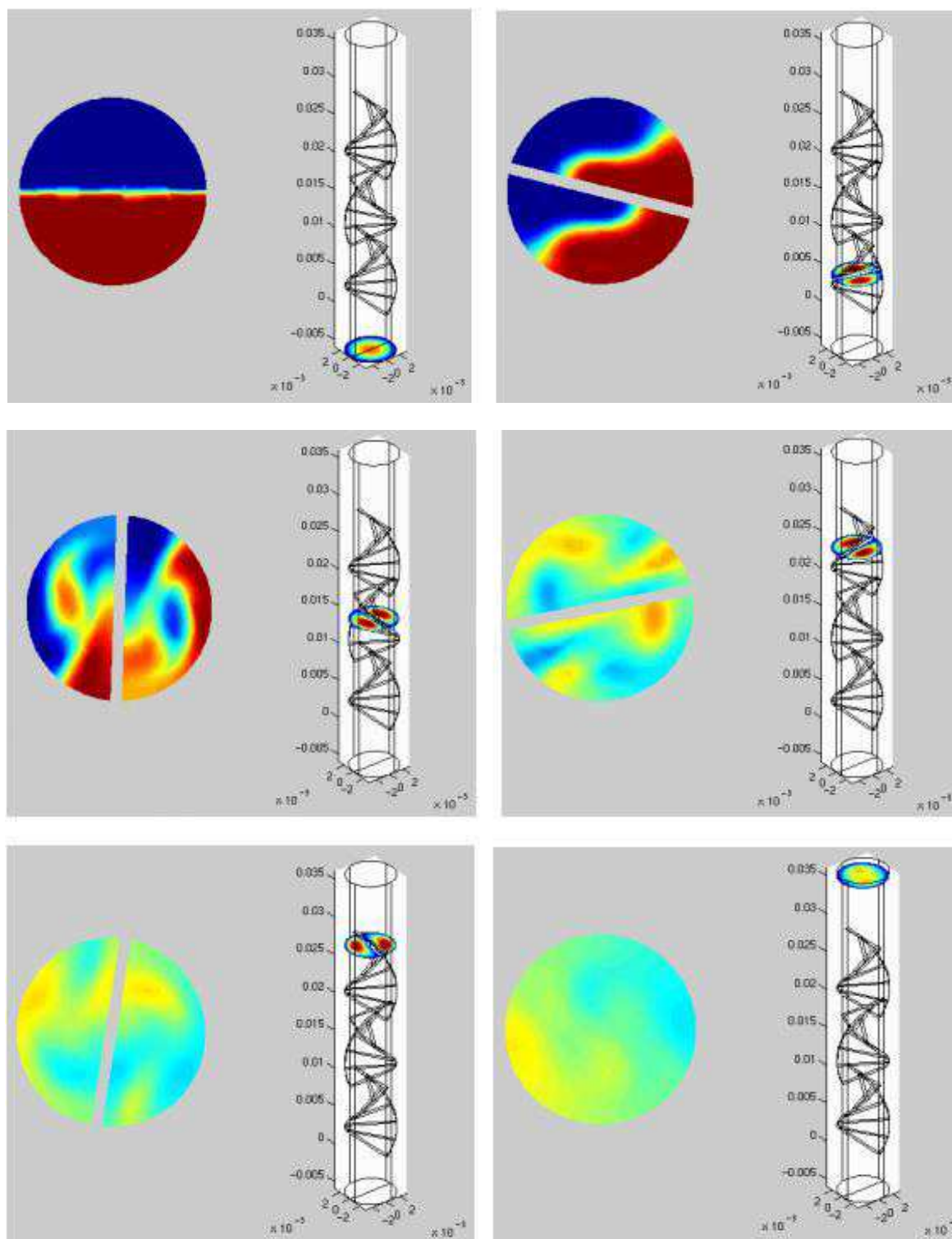


Obr. 20 Ukázka přeplátovaného vzorku, lepená plocha 10mm

Při nanášení dvousložkového lepidla se použilo statického mixeru z důvodu dokonalého promíchání směsi.



Obr. 21 Statický mixér



Obr. 22 Průběh promíchání lepidla ve statickém mixéru

### 8.3 Vyhodnocení výsledku měření

Při zkoušce jsme sledovali maximální sílu, při které dojde k porušení spoje. Lepidla vykazovala rozdílnou únosnost spoje. U lepidla Plexus MA 832 jsme viděli, že zkušební stroj dál měřil sílu i po překročení meze pevnosti. Spoj zůstal nepřetržen. To dává lepidlům výhodu. Jak se mění maximální síla u daných lepidel a materiálů se můžete přesvědčit v následujících tabulkách a grafech.

Při vyhodnocování jsem použil vzorec pro aritmetický průměr a směrodatnou odchylku.

#### Výpočtové vztahy:

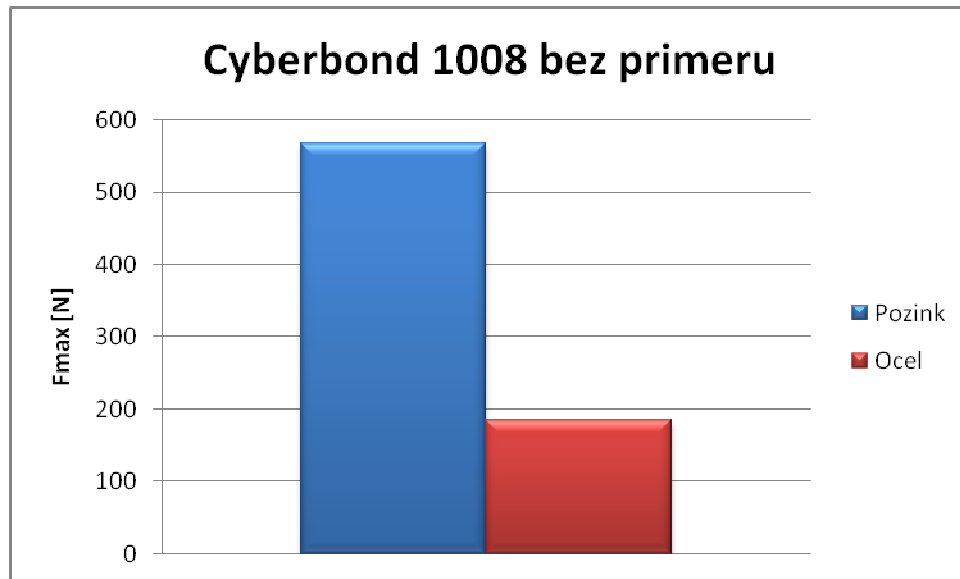
$$\text{Směrodatná odchylka: } \Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad \text{Aritmetický průměr: } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

#### 8.3.1 Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 1008 bez primeru

Tab. 1 Naměřené hodnoty Fmax [N] u lepidla

Cyberbond 1008 bez primeru

Cyberbond 1008 bez primeru		
Č. m.	Pozink	Ocel
1	329,00	266,96
2	767,59	64,54
3	315,92	337,33
4	640,42	158,25
5	826,64	85,49
6	605,90	229,12
7	621,24	128,67
8	616,95	210,88
9	576,16	132,45
10	378,10	248,68
$\bar{x}$	567,79	186,24
$\Delta x$	55,32	27,41



obr. 23 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem

Cyberbond 1008 bez primeru

U lepidla Cyberbond 1008 bez primeru vykazoval největší pevnost v tahu pozink  $567,79 \pm 55,32$  [N] a nejméně ocelový plech s hodnotou  $186,24 \pm 27,41$  [N]

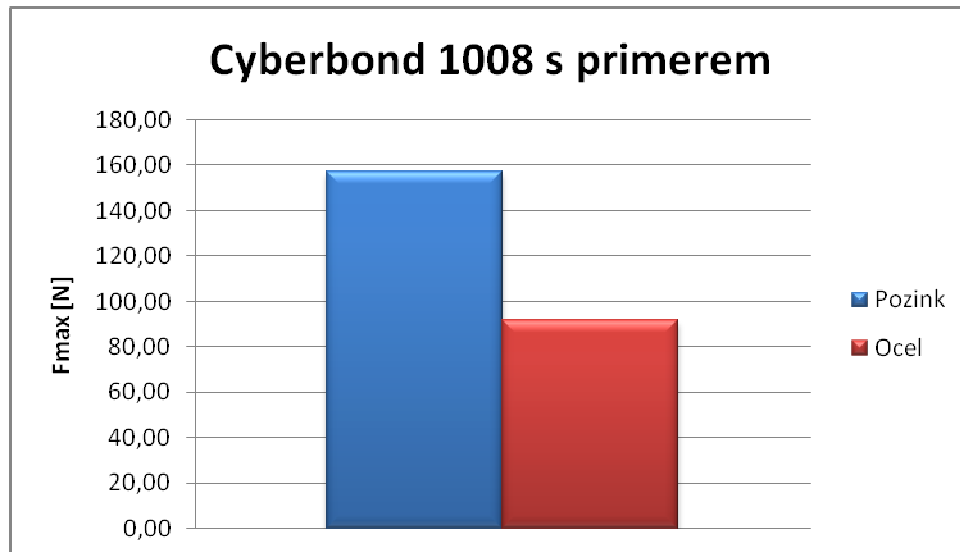
### 8.3.2 Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 1008 s primerem

Tab. 2 Naměřené hodnoty F<sub>max</sub> [N] u lepidla

Cyberbond 1008 s primerem

Cyberbond 1008 s primerem		
Č. m.	Pozink	Ocel
1	378,1	52,05
2	167,24	120,58
3	58,92	71,06
4	76,35	82,36
5	154,79	105,78
6	88,48	98,75
7	142,25	85,27
8	178,36	150,68
9	210,32	83,10
10	119,50	70,02
$\bar{x}$	157,43	91,97
$\Delta x$	28,82	8,96





obr. 24 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem

Cyberbond 1008 s primerem

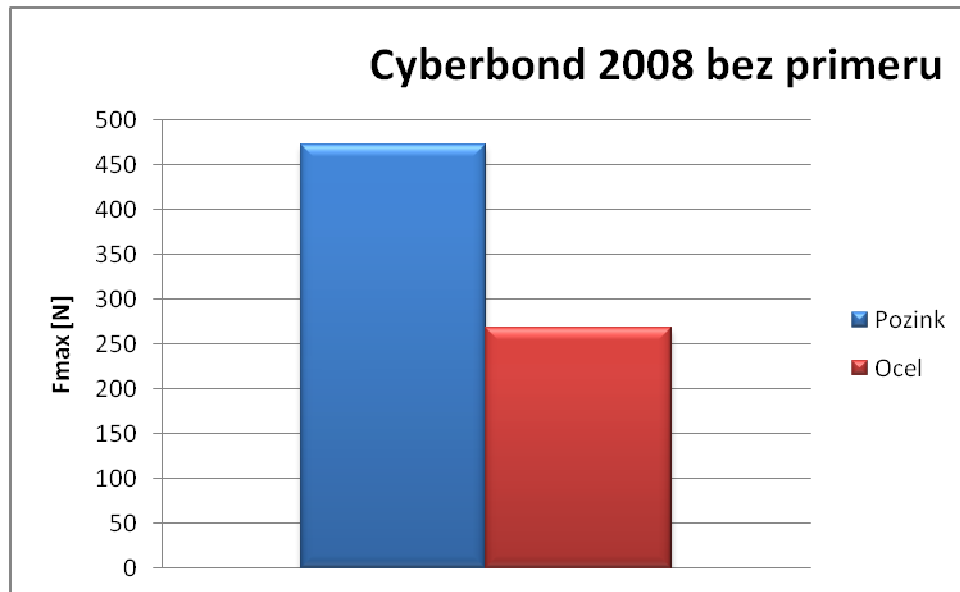
U lepidla Cyberbond 1008 s primerem vykazoval největší pevnost v tahu pozink  $157,43 \pm 28,82$  [N] a nejméně ocelový plech s hodnotou  $91,97 \pm 8,96$  [N]

### 8.3.3 Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 2008 bez primeru

Tab. 3 Naměřené hodnoty Fmax [N] u lepidla

Cyberbond 2008 bez primeru

Cyberbond 2008 bez primeru		
Č. m.	Pozink	Ocel
1	214,97	124,53
2	778,29	472,49
3	479,12	252,18
4	679,71	128,78
5	458,60	359,71
6	348,79	230,79
7	368,83	348,84
8	421,54	325,40
9	360,05	185,02
10	615,58	248,19
$\bar{x}$	472,55	267,59
$\Delta x$	54,24	34,79



obr. 25 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem

Cyberbond 2008 bez primeru

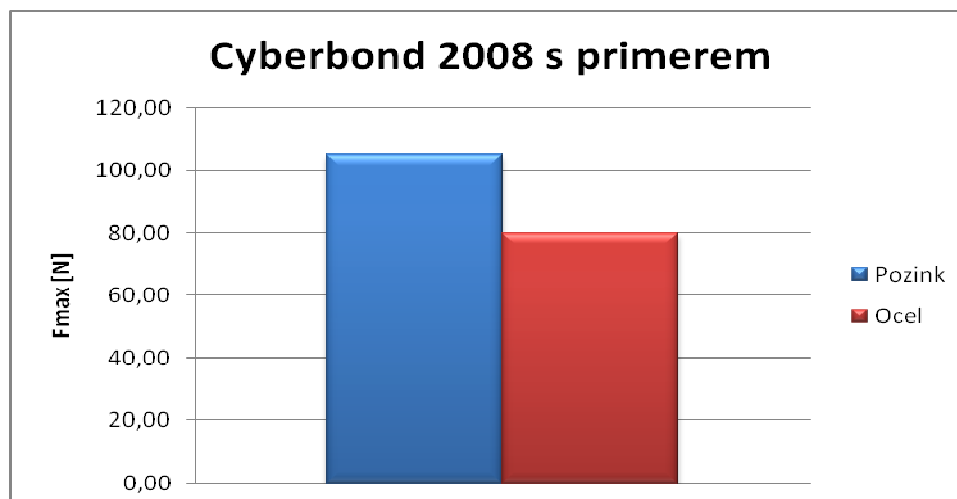
U lepidla Cyberbond 2008 bez primeru vykazoval největší pevnost v tahu pozink  $472,55 \pm 54,24$  [N] a nejméně ocelový plech s hodnotou  $267,59 \pm 34,79$  [N]

### 8.3.4 Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 2008 s primerem

Tab. 4 Naměřené hodnoty F<sub>max</sub> [N] u lepidla

Cyberbond 2008 s primerem

Cyberbond 2008 s primerem		
Č. m.	Pozink	Ocel
1	202,24	45,97
2	139,07	91,06
3	122,91	97,18
4	107,78	72,42
5	29,85	47,36
6	98,14	59,27
7	41,79	81,51
8	127,51	103,24
9	74,53	120,18
10	105,45	81,78
$\bar{x}$	104,93	80,00
$\Delta x$	15,66	7,67



obr. 26 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem

Cyberbond 2008 s primerem

U lepidla Cyberbond 2008 s primerem vykazoval největší pevnost v tahu pozink  $104,93 \pm 15,66$  [N] a nejméně ocelový plech s hodnotou  $80,00 \pm 7,67$  [N]

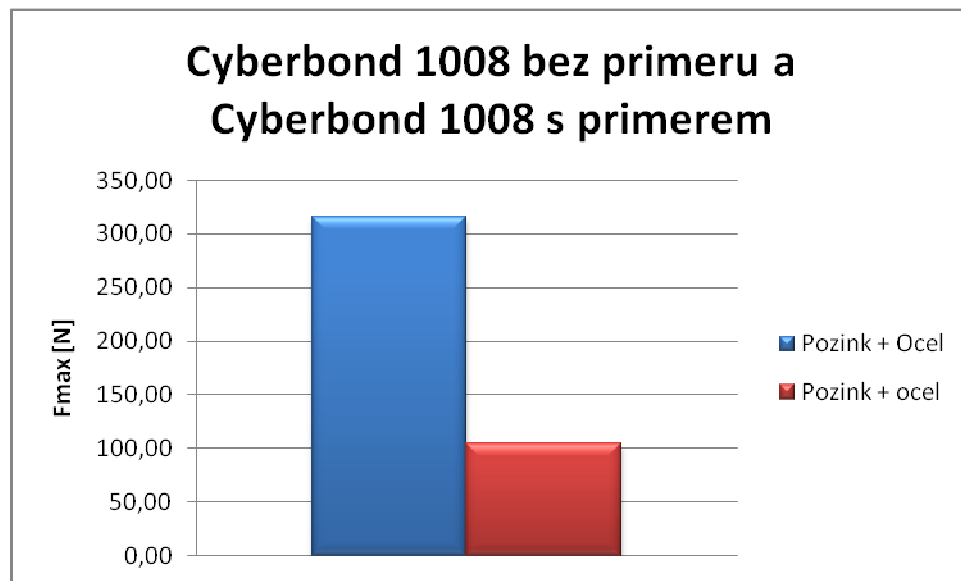
### 8.3.5 Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 1008 bez primeru a cyberbond 1008 s primerem

Tab. 5 Naměřené hodnoty F<sub>max</sub> [N] u lepidla

Cyberbond 1008 bez primeru a

Cyberbond 1008 s primerem

Cyberbond 1008 bez primerem a Cyberbond 1008 s primerem		
Č. m.	Pozink + Ocel	Pozink + Ocel
1	244,07	84,55
2	289,91	160,11
3	276,57	98,37
4	311,39	114,26
5	491,09	198,02
6	356,12	48,98
7	245,54	95,33
8	368,09	108,18
9	268,89	68,52
10	302,73	77,60
$\bar{x}$	315,44	105,39
$\Delta x$	23,52	13,97



obr. 27 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem Cyberbond 1008 bez primeru a Cyberbond 1008 s primerem

U lepidel Cyberbond 1008 bez primeru a Cyberbond 1008 s primerem vykazoval největší pevnost v tahu lepidlo Cyberbond 1008 bez primeru s hodnotou  $315,44 \pm 23,52$  [N] a nejméně Cyberbond 1008 s primerem s hodnotou  $105,39 \pm 13,97$  [N]

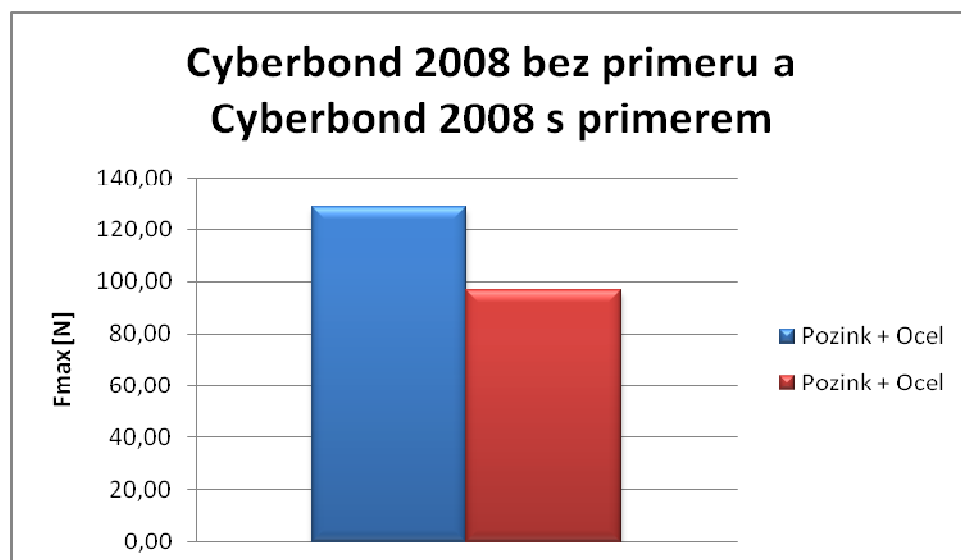
### 8.3.6 Naměřené hodnoty lepidla Cyberbond 2008 bez primeru a Cyberbond 2008 s primerem

Tab. 6 Naměřené hodnoty  $F_{max}$  [N] u lepidla

Cyberbond 2008 bez primeru

a Cyberbond 2008 s primerem

Cyberbond 2008 bez primeru a cyberbond 2008 s primerem		
Č. m.	Pozink + Ocel	Pozink + Ocel
1	82,11	99,58
2	53,80	29,37
3	138,90	84,55
4	196,58	160,11
5	44,87	44,15
6	97,41	68,35
7	210,12	152,63
8	36,12	180,25
9	250,78	38,02
10	179,25	110,01
$\bar{x}$	128,99	96,70
$\Delta x$	24,30	17,00



obr. 28 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem Cyberbond 2008 bez primeru a Cyberbond 2008 s primerem

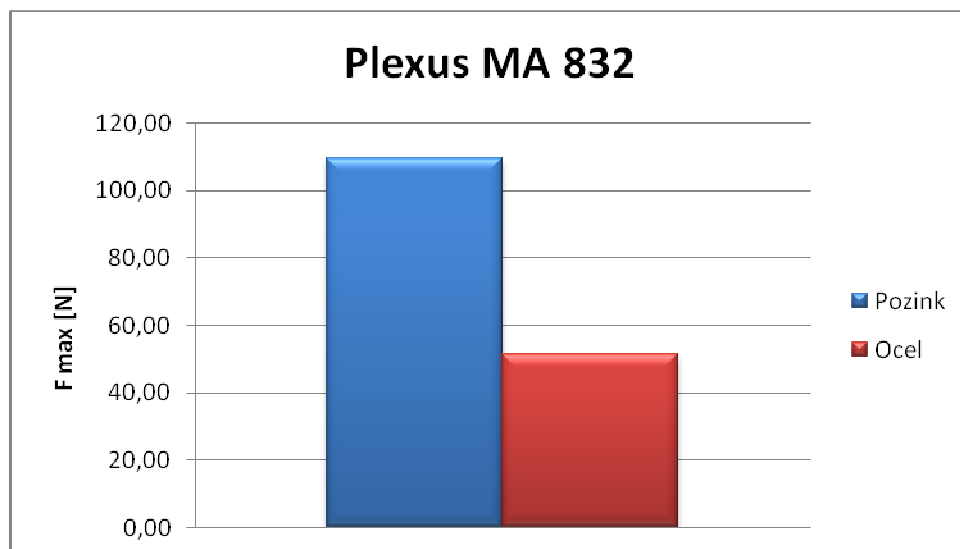
U lepidel Cyberbond 2008 bez primeru a Cyberbond 2008 s primerem vykazoval největší pevnost v tahu lepidlo Cyberbond 2008 bez primeru s hodnotou  $128,99 \pm 24,30$  [N] a nejméně Cyberbond 2008 s primerem s hodnotou  $96,70 \pm 17,00$  [N]

### 8.3.7 Naměřené hodnoty lepidla Plexus MA 832

Tab. 7 Naměřené hodnoty  $F_{max}$  [N] u

lepidla Plexus MA 832

Plexus MA 832		
Č. m.	Pozink	Ocel
1	141,1	4,87
2	112,17	7,41
3	57,17	33,9
4	143,50	68,7
5	92,44	101,4
6	168,87	87,16
7	48,12	8,58
8	90,13	68,11
9	62,60	115,08
10	180,12	19,81
$\bar{x}$	109,62	51,50
$\Delta x$	14,92	13,19



obr. 29 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem Plexus MA 832

U lepidla Plexus MA 832 vykazoval největší pevnost v tahu materiál pozink s hodnotou  $109,62 \pm 14,92$  [N] a nejméně ocelový plech s hodnotou  $51,50 \pm 13,19$  [N]. U lepidla jsme viděli, že zkušební stroj dál měřil sílu i po překročení meze pevnosti. Spoj zůstal nepřetržen, avšak po zkoušce jeho pevnost byla minimální.

## 9 DISKUSE VÝSLEDKŮ

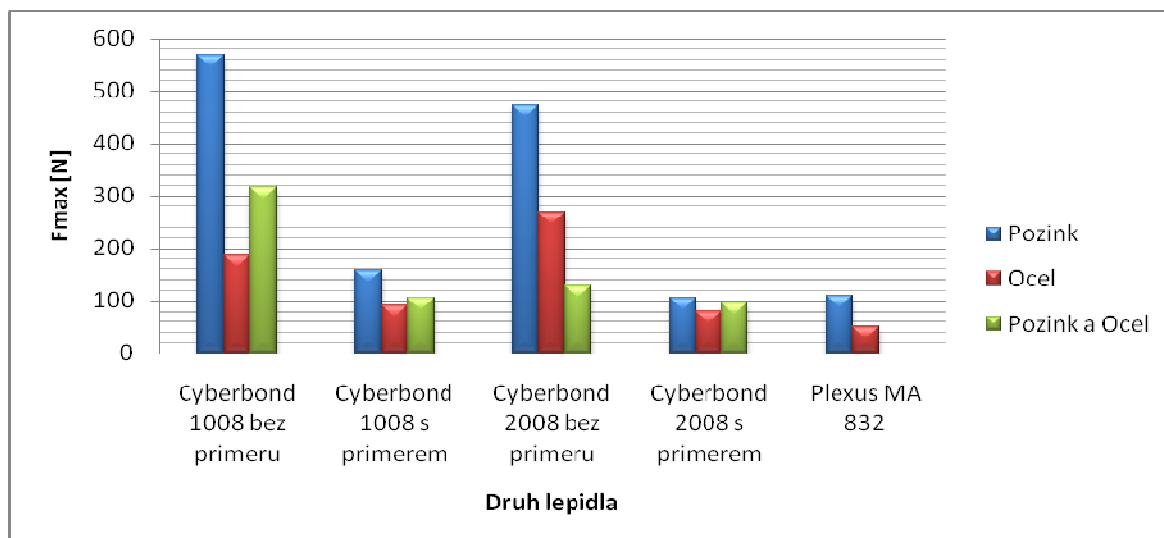
Bakalářská práce řeší problém odolnosti lepených spojů vybraných kovových materiálů proti smykovému namáhání při teplotě  $t=20^{\circ}\text{C}$  pro daná lepidla ( Kyanakrylátové lepidlo 1008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 1008 s primerem, kyanakrylátové lepidlo 2008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 2008 s primerem a lepidlo Plexus MA 832). Hodnoty maximální síly při zjištěné při tahové zkoušce byly vyhodnoceny v tabulkách a grafech pro jednotlivá lepidla, poté srovnány hodnoty jednotlivých lepidel mezi sebou a nakonec srovnány s hodnotou pro lepený materiál. Praktická část se stávala ze dvou částí, a to z přípravy vzorků a jejich zkoušení na univerzálním zkušebním stroji Zwick 1456. Zkušební tělíska pro tahovou zkoušku byly použity ocelové plechy o rozměrech 75x10x0.6 mm a pozinkované plechy o rozměrech 75x10x0.6 mm. Smykového namáhání bylo dosaženo tahem v podélném směru lepidlem spojených zkušebních tělísek. Posuvová rychlost upínacího zařízení stroje byla 10mm/min.

### 9.1.1 Porovnání daných druhů lepidel

Tab. 8 Porovnání  $F_{\max}$  [N] u daných druhů lepidel

Porovnání pevnosti lepidel			
Druh lepidla	Materiál		
	Pozink	Ocel	Pozink a Ocel
Cyberbond 1008 bez primeru	567,792	186,237	315,44
Cyberbond 1008 s primerem	157,43	91,97	105,39
Cyberbond 2008 bez primeru	472,548	267,593	128,99
Cyberbond 2008 s primerem	104,93	80,00	96,70
Plexus MA 832	109,62	51,50	-



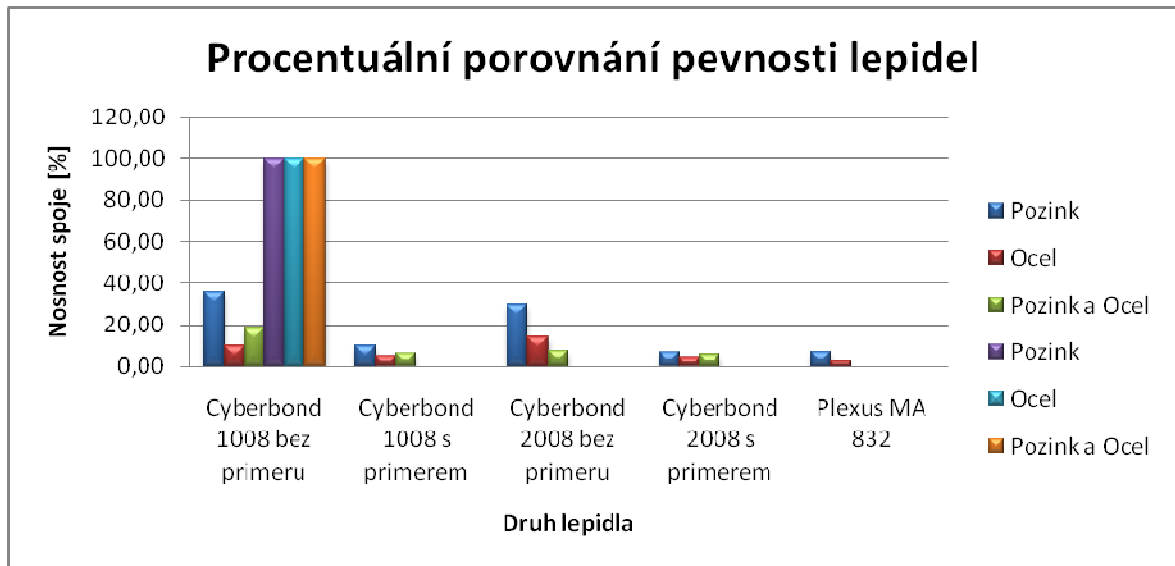
obr. 30 Graf porovnání F<sub>max</sub> [N] u daných druhů lepidel

Z výsledků tahové zkoušky vyplynulo, že největší pevnost lepeného spoje měřeného byla zjištěna u lepidla Cyberbond 1008, kdy byla naměřena hodnota maximální síly 567,7N. Nejmenší hodnota pevnosti lepeného spoje byla změřena u dvousložkového lepidla Plexus MA 832, kdy hodnota maximální síly dosáhla 109,6N. Lepidlo Cyberbond 1008 vykazoval nejvyšší pevnost lepeného spoje u všech použitých typů materiálů. Použití primeru nepřineslo očekávané zvýšení pevnosti lepených spojů, naopak zaznamenalo mírný pokles hodnot pevnosti u všech sledovaných testů. Použití dvousložkového lepidla nepřineslo očekávaný nárůst pevnosti lepeného spoje a došlo k výraznému poklesu jeho hodnoty.

### 9.1.2 Procentuální orovnění lepidel

Tab. 9 Procentuální porovnání lepidel

Procentuální porovnání pevnosti lepidel			
Druh lepidla	Materiál		
	Pozink	Ocel	Pozink a Ocel
Cyberbond 1008 bez primeru	35,54	9,76	18,00
Cyberbond 1008 s primerem	9,85	4,82	6,01
Cyberbond 2008 bez primeru	29,58	14,03	7,36
Cyberbond 2008 s primerem	6,57	4,19	5,52
Plexus MA 832	6,86	2,70	-



obr. 31 Graf procentuální porovnání pevnosti lepidel

Všechna lepidla byla porovnána se základním materiálem. Největší hodnotu dosáhlo lepidlo Cyberbond 1008 bez primeru na základní materiál pozink naopak nejméně dvousložkové lepidlo Plexus MA 832.

Pevnosti základních materiálů: Pozink 1597,78 [N], Ocel 1907,20 [N]

## ZÁVĚR

V bakalářské práci jsme měli zadáno celkem 5 druhů lepidel (Kyanakrylátové lepidlo 1008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 1008 s primerem, kyanakrylátové lepidlo 2008 bez primeru, kyanakrylátové lepidlo 2008 s primerem a lepidlo Plexus MA 832). Celkem se zhotovilo 120 vzorků, které se trhali na univerzálním zkušebním stroji Zwick 1456. Trhání vzorků probíhalo za teploty 20°C. Jako největší nosnost spoje vykazovalo lepidlo Cyberbond 1008 bez primeru na lepený materiál pozink s hodnotou 35% vtaženého k základnímu materiálu. Použití primeru k lepidlu Cyberbond 1008 nepřineslo zvýšení pevnosti lepeného spoje.

Druhou nejvyšší hodnotou bylo lepidlo Cyberbond 2008 bez primeru na lepený materiál pozink s hodnotou 29% vztaženého k základnímu materiálu. Zvolená kombinace materiálu pozink a ocel vykazovala u lepidla Cyberbond 1008 bez primeru 2x menší nosnost lepeného spoje než u kombinace materiálu pozink a pozink. U lepidla Cyberbond 2008 bez primeru na materiál pozink a ocel vykazovala únosnost spoje dokonce 4x menší než u materiálu pozink a pozink.

Jako méně vhodná lepidla na lepení kovů jsou: Cyberbond 1008 s primerem a Cyberbond 2008 s primerem. U Cyberbond 1008 s primerem vykazoval pozinkovaný plech hodnotu 9 % základního materiálu, ocelový plech 4 % k základnímu materiálu a kombinace pozinkovaného plechu a ocelového plechu s hodnotou 6 % k základnímu materiálu. Lepidlo Cyberbond 2008 s primerem vykazovalo podobné hodnoty jako předchozí lepidlo. U pozinkovaného plechu hodnotu 6%, u ocelového plechu 4% a u kombinace materiálu pozink a ocel hodnotu 5% k základnímu materiálu.

Jako nejméně vhodné lepidlo bylo Plexus MA 832. Lepidlo se nanášelo na pozinkovaný plech. Únosnost spoje byla 7% základního materiálu. U Ocelového plechu byla hodnota 3% k základnímu materiálu. Při použití tohoto dvousložkového lepidla se očekávalo zvýšení pevnosti spoje to však nenastalo.

U navrhnutí lepeného spoje je nejdůležitější zjistit, jak daný lepený spoj bude zatížen, u námi měřených vzorku byla relativně vysoká hodnota na tah, ale minimální hodnota na ohyb. Dále je také velmi důležité jaká kombinace, popřípadě jaký druh materiálu bude lepen. Velmi důležitým faktorem je druh lepidla a druh spoje. Dané lepidla byla porovnána

s technickým listem od výrobce lepidla, pevnosti lepidla se shodují s výrobcem. Ze všech druhů lepidel není vhodné žádné k lepení kovů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Kovačič, L.: Lepenie kovov a plastov, ALFA SNTL Bratislava 1980, 392 s
- [2] Peterka, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství, SNTL Praha, 1980 792 s
- [3] Lepení kovů [online] [cit. 2012-02-15] Dostupné z WWW:  
<<http://www.uhu.cz/lepeni-kovu>>
- [4] Doplnkové technologie [online] [ cit. 2012-02-08] Dostupné z WWW:  
<[http://web.ft.utb.cz/cs/docs/8.\\_Dopl\\_\\_kov\\_\\_\\_technologie.pdf](http://web.ft.utb.cz/cs/docs/8._Dopl__kov___technologie.pdf)>
- [5] KLUSÁČEK, L. Lepení kovů. Zlín, 2010. 62 s. Bakalářská práce . FT UTB
- [6] HAVELKA, Š. Lepení sendvičových střešních panelů při výrobě autobusů v podmínkách SOR Libchavy. Pardubice, 2011. 46 s. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera
- [7] Technologie II [online] [cit. 2012-03-10] Dostupné z WWW:<  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/12.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm)>
- [8] Zkoušení materiálů [online] [cit. 2012-05-12] Dostupné z WWW:<  
<http://tzs.kmm.zcu.cz/material2.pdf>>
- [9] Základní vlastnosti materiálů a jejich zkoušení [online] [cit. 2012-05-12] Dostupné z WWW:< [http://chemikalie.upol.cz/skripta/mvm/zkousky\\_mat.pdf](http://chemikalie.upol.cz/skripta/mvm/zkousky_mat.pdf)>
- [10] Technický list příloha [online] [cit. 2012-05-12] Dostupné z WWW:<  
<http://cybershopcz.com/katalog/lepidla-na-plasty-5>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Nm Nanometr je délková jednotka

F Síla [N]

N Jednotka síly

$d_0$  Průřez skutečné tyče [ $\text{mm}^2$ ]

R Jmenovité napětí [MPa]

$S_0$  Počáteční průřez tyče [ $\text{mm}^2$ ]

$S_u$  Konečný průřez tyče [ $\text{mm}^2$ ]

$\sigma$  Normálové napětí [MPa]

$\tau$  Tečné napětí [MPa]

$R_m$  Pevnost v tahu [ $\text{mm}^2$ ]

$F_m$  Síla maximální [N]

MPa Mega pascal (jednotka tlaku)

$\Delta L$  Rozdíl délek

$L_u$  Délka po přetržení [mm]

$L_0$  Původní délka [mm]

$\varepsilon$  Poměrné prodloužení [-]

A Tažnost [%]

Z Kontrakce [%]

$R_e$  Pevnost v kluzu [MPa]

E Modul pružnosti [MPa]

$\Delta x$  Směrodatná odchylka

$\bar{x}$  Aritmetický průměr

Č. m. Číslo měření

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Vztah lepidla k lepenému materiálu [6] .....	13
Obr. 2 Řez lepeným spojem [6] .....	14
Obr. 3 Smáčivost lepidel [7] .....	15
Obr. 4 Příklady lepených spojů ve stavbě karoserie [7].....	17
Obr. 5 Konstrukční provedení koutových spojů [3] .....	18
Obr. 6 Druhy přeplátovaných spojů [7] .....	19
Obr. 7 Děj ve spoji lepeném rozpouštědlovým.....	22
Obr. 8 Průmyslové nanášení tekutých lepidel [4] .....	24
Obr. 9 Průběh napětí u lepeného spoje [7].....	29
Obr. 10 Princip lepeného spoje [7] .....	30
Obr. 11 Zatížení lepeného spoje v tahu a smyku [6] .....	31
Obr. 12 Průběh napětí u nýtovaného a lepeného spoje [7] .....	31
Obr. 13 Zatížení lepeného spoje odlupováním [6] .....	32
obr. 14 Schéma univerzální zkušební stroje [9].....	37
obr. 15 Tvary zkušebních tělísek [9].....	38
obr. 16 Pracovní diagram zkoušky tahu a tlaku [9] .....	40
Obr. 17 Univerzální zkušební stroj Zwick 1456.....	43
Obr. 18 Ukázka přeplátovaného vzorku, lepená plocha 10mm <sup>2</sup> .....	44
Obr. 19 Přípravek na úpravu ocelového plechu.....	45
Obr. 20 Ukázka přeplátovaného vzorku, lepená plocha 10mm .....	45
Obr. 21 Statický mixér .....	45
Obr. 22 Průběh promíchání lepidla ve statickém mixéru .....	46
obr. 23 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem .....	48
obr. 24 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem .....	49
obr. 25 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem .....	50
obr. 26 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem .....	51
obr. 27 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem Cyberbond 1008 bez .....	52
obr. 28 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem Cyberbond 2008 bez .....	53
obr. 29 Graf maximální únosnosti spoje s lepidlem Plexus MA 832 .....	54
obr. 30 Graf porovnání Fmax [N] u daných druhů lepidel .....	57
obr. 31 Graf procentuální porovnání pevnosti lepidel .....	58

**Seznam tabulek**

Tab. 1 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Cyberbond 1008 bez primeru .....	47
Tab. 2 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Cyberbond 1008 s primerem.....	48
Tab. 3 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Cyberbond 2008 bez primeru .....	49
Tab. 4 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Cyberbond 2008 s primerem.....	50
Tab. 5 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Cyberbond 1008 bez primeru a Cyberbond 1008 s primerem .....	51
Tab. 6 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Cyberbond 2008 bez primeru a Cyberbond 2008 s primerem .....	53
Tab. 7 Naměřené hodnoty $F_{max}$ [N] u lepidla Plexus MA 832 .....	54



## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I: Technický list Cyberbond 1008

Příloha P II: Technický list Cyberbond 2008

# PŘÍLOHA P I: TECHNICKÝ LIST CYBERBOND 1008

Cyberbond Europe GmbH  
Werner-von-Siemens-St.2  
D-315 15 Wunstorf  
Tel.: +49-5031-9566-0  
Fax: +49-5031-9566-26  
e-mail: [info@cyberbond.de](mailto:info@cyberbond.de)  
http: [www.cyberbond.de](http://www.cyberbond.de)



## TECHNICKÝ LIST

### Cyberbond 1008

Krátký popis:

Pro kovové povrchy, nízkoviskózní, rychle tvrdnoucí

#### Fyzikální vlastnosti

*Monomerní kyanakrylát (tekutý)*

Základní monomer

Vzhled

etylster  
bezbarvé/  
čiré

Viskozita při 25°C

9 – 15

mPa·s

Hustota při 20°C

1,09

g / cm<sup>3</sup>

Bod vzplanutí

80

°C

*Manipulační pevnost spoje, doba pro vytvoření manipulovatelného spoje:*

kov (ocel)

20 – 35

sekund

plast (ABS)

4 – 6

sekund

gumu (EPDM)

3 – 6

sekund

dřevo (buk)

nedoporučuje  
se

Záruka na uskladnění\*

12

měsíců

\*př pokojové teplotě a neotvírané nádobě

#### Fyzikální vlastnosti

*Polymerní kyanakrylát (pevný)*

Pevnost v tahu na NBR (guma)

# 64

N / cm<sup>2</sup>

Smyková pevnost na oceli

10 – 22

N / mm<sup>2</sup>

Teplotní rozsah pro použití (polymer)

-55 do +95

°C

#=pružení materiálu

Údaje uvedené v tomto technickém listu, nízvláště návrhy ke zpracování výrobků Cyberbond, se zakládají na našich nejnovějších znalostech a zkušenostech. Protože se však materiály mohou velmi lišit a nemáme vliv na pracovní podmínky, doporučujeme provést dostatečný počet vlastních pokusů pro zjištění vhodnosti našich výrobků. Za škody vzniklé na základě zde uvedených pokynů nebo na základě ústního projednání neneseme, pokud by nám ovšem nebyl prokázán záměr nebo hrubá nedbalost.

vystaveno: leden 2008

Cyberbond CS, s.r.o., Cyberbond Group

■ Týništská 194, 41117 Lbocbovice, Czech Republic ■ Telefon + 420 416 591 802 ■ Telefex +420 416 533 188  
■ e-mail: [info@cyberbond.cz](mailto:info@cyberbond.cz) ■ Jednatelé: Ulrich Lipper • Holger Bleich • Petr Žalud  
■ IČO: 272 65 021, DIČ (VAT): CZ272 65 021 • Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeného Krajským soudem  
v Ústí nad Labem, oddíl C, vložka 21407

# PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST CYBERBOND 2008

Cyberbond Europe GmbH  
Werner-von-Siemens-Str.2  
D-315 15 Wunstorf  
Tel.: +49-5031-9566-0  
Fax: +49-5031-9566-26  
e-mail: [info@cyberbond.de](mailto:info@cyberbond.de)  
http: [www.cyberbond.de](http://www.cyberbond.de)



## TECHNICKÝ LIST

### Cyberbond 2008

*Krátký popis:*

Extrémně rychle spoje EPDM nepodléhající stárnutí  
USP třída VI povol.

#### Fyzikální vlastnosti

##### A. monomerní kyanakrylát (tekutý)

Základní monomer

Vzhled

etylester

bezbarvě/

čiré

Viskozita při 20°C

12 - 18

mPa·s

Hustota při 20°C

1,06

g / cm<sup>3</sup>

Bod vzplanutí

85

°C

*Manipulační pevnost spoje, doba pro vytvoření manipulovatelného spoje:*

kov (ocel)

18 - 28

sekund

plast (ABS)

2 - 4

sekund

gumu (EPDM)

1 - 3

sekund

dřevo (buk)

>60

sekund

Záruka na uskladnění\*

12

měsíců

\*př. pokojové teplotě a neustavené nádoby

##### B. polymerní kyanakrylát (pevný)

Pevnost v tahu na NBR (guma)

# 66

N / cm<sup>2</sup>

Smyková pevnost na oceli

11 - 20

N / mm<sup>2</sup>

Teplotní rozsah pro použití (polymer)

-55 do +95

°C

#=porušení materiálu

Údaje uváděné v tomto technickém listu, obzvláště návrhy ke zpracování výrobků Cyberbond, se zakládají na našich nejnovějších znalostech a zkušenostech. Protože se však materiály mohou velmi lišit a nemáme vliv na pracovní podmínky, doporučujeme provést dostatečný počet vlastních pokusů pro zjištění vhodnosti našich výrobků. Za škody vzniklé na základě zde uvedených pokynů nebo na základě ústního pojednání neručíme, pokud by nám ovšem nebyl prokázán záměr nebo hrubá nedbalost.

vystaveno leden 2008

Cyberbond CS, s.r.o., Cyberbond Group

- Tyrňovská 194, 41117 Libochovice, Czech Republic ■ Telefon + 420 416 591 802 ■ Telefax +420 416 533 188
- e-mail : [info@cyberbond.cz](mailto:info@cyberbond.cz) ■ Jednatelé : Ulrich Lipper • Holger Biech • Petr Žalud
- IČO : 272 65 021, DIČ (VAT) : CZ272 65 021 • Zapsáno v obchodním rejstříku , vedeného Krajským soudem v Ústí nad Labem, oddíl C, vložka 21407