

# **Pevnost spojů vytvořených oboustrannými lepícími pásky**

Michal Hnaníček

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal HNANÍČEK**

Osobní číslo: **T10247**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Pevnost spojů vytvořených oboustrannými lepícími pásy**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Připravte zkušební tělesa pro mechanické zkoušky**
- 3. Proveďte experimentální zkoušky**
- 4. Získané výsledky vyhodnoťte z hlediska praktických aplikací**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Milan Žaludek, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

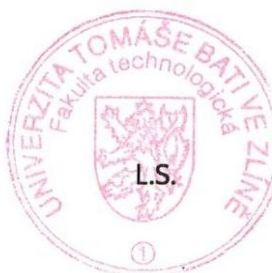
**10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
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 užít 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 23.5.2014



.....

---

<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 nevdělečně 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). Odpírá-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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá pevností spojů vytvořených oboustrannými lepicími pásky. Teoretická část popisuje technologii lepení, vlastnosti lepených spojů, druhy lepidel, činitele ovlivňující kvalitu a pevnost lepeného spoje. Praktická část se zabývá experimentálním vyhodnocením pevnosti lepených spojů.

Klíčová slova: lepidlo, pevnost, oboustranná lepicí páska, kvalita, lepený spoj

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the strength of joints created by double-sided adhesive tape. The theoretical part describes the technology boxing properties of adhesive joints, types of adhesives, the factors affecting the quality and strength of the bonded joint. The practical part deals with the experimental evaluation of the strength of bonded joints.

Keywords: adhesive, strength, double-sided adhesive tape, quality, adhesive joint

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Milanu Žaludkovi, Ph.D. za spolupráci, vynaložený čas, cenné rady a připomínky, které mi věnoval při zpracování bakalářské práce. Největší poděkování patří mé rodině za podporu v mém studiu na vysoké škole.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TEORIE LEPENÍ</b> .....	<b>13</b>
1.1 PŘEDNOSTI A NEDOSTATKY LEPENÍ .....	13
1.2 ADHEZE A KOHEZE .....	14
1.2.1 Teorie adheze .....	14
1.2.2 Teorie koheze .....	15
<b>2 LEPICÍ PÁSKY</b> .....	<b>16</b>
2.1 HISTORIE LEPICÍCH PÁSEK .....	16
2.2 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ K VÝROBĚ PÁSEK.....	16
2.2.1 Materiály nosné pásky - nosiče .....	16
2.2.2 Pěnové hmoty .....	17
2.2.3 Lepicí hmoty .....	17
2.3 JEDNOSTRANNĚ LEPICÍ PÁSKA .....	18
2.4 OBOUSTRANNĚ LEPICÍ PÁSKA .....	18
<b>3 ČINITELÉ OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI LEPENÝCH SPOJŮ</b> .....	<b>20</b>
3.1 ÚPRAVY POVRCHU LEPENÉHO MATERIÁLU .....	20
3.1.1 Drsnost povrchu .....	20
3.1.2 Čistota povrchu .....	21
3.1.3 Soudržnost povrchu.....	21
3.1.4 Smáčivost .....	21
3.1.5 Rozpustnost a bobtnavost.....	22
3.1.6 Teplotní délková roztažnost .....	22
3.2 LEPIDLO-ADHEZIVO .....	23
3.2.1 Viskozita lepidla.....	23
3.2.2 Polymerační stupeň .....	24
3.2.3 Kyselost a alkalita .....	24
3.2.4 Homogenita .....	24
3.2.5 Přídavek změkčovadla .....	24
3.2.6 Obsah rozpouštědla .....	25
3.3 TECHNOLOGICKÉ PODMÍNKY LEPENÍ .....	25
3.3.1 Základní princip lepicího procesu .....	25
3.3.2 Předběžná úprava spojovaných ploch .....	26
3.3.3 Příprava lepicích směsí .....	26
3.3.4 Nanášení lepidla .....	26
3.3.5 Význam tlaku .....	27
3.3.6 Vliv teploty.....	27
<b>4 LEPIDLA</b> .....	<b>29</b>
4.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ LEPIDEL .....	29
4.1.1 Přehled dělení dle konzistence .....	29
4.1.2 Přehled dělení dle původu:.....	29
4.1.3 Dle dosažení pevnosti spoje .....	30
4.1.4 Dle teploty zpracování .....	31



4.1.5	Dle chemické reakce lepidla .....	31
4.2	HLAVNÍ SLOŽKY LEPIDLA .....	31
4.3	DRUHY AKRYLÁTOVÝCH ADHEZIV .....	32
4.3.1	Vteřinová adheziva na bázi metakrylátů .....	32
4.3.2	IPS weld-on 1100 .....	32
4.3.3	Aerobní akrylátová adheziva .....	33
4.3.4	Kyanoakrylátová adheziva .....	33
4.3.5	Polyamidová adheziva .....	33
4.3.6	Polyesterová adheziva .....	34
4.3.7	Polyoleofiny .....	34
<b>5</b>	<b>ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ .....</b>	<b>35</b>
5.1	METODY DESTRUKTIVNÍ.....	35
5.1.1	Pevnost lepených spojů ve smyku.....	35
5.1.2	Pevnost lepených spojů v tahu .....	35
5.1.3	Zkouška lámavosti lepených spojů .....	36
5.1.4	Pevnost lepených spojů v odlupování .....	36
5.1.5	Zkouška trvalé pevnosti a stárnutí.....	36
5.2	ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ – METODA NEDESTRUKTIVNÍ .....	37
5.2.1	Akustická defektoskopie .....	37
5.2.2	Optické zkušební metody .....	37
5.2.3	Defektoskopie pomocí radioizotopů .....	37
5.2.4	Ultrazvuková defektoskopie.....	37
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ .....</b>	<b>40</b>
7.1	MĚŘENÍ PEVNOSTI LEPENÝCH SPOJŮ .....	40
7.2	PŘÍPRAVA LEPENÉHO SPOJE PODLE NORMY ČSN EN 28510-1 .....	41
7.3	VYHODNOCOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....	42
<b>8</b>	<b>PEVNOSTI MĚŘENÝCH VZORKŮ .....</b>	<b>43</b>
8.1	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU VHB 3M-9473 .....	43
8.2	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU VHB 3M-4611 .....	45
8.3	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU VHB 3M-4910 .....	47
8.4	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU GT 3M-6008.....	49
8.5	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU AFTC 8502.....	51
8.6	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU AFTC AM-9308.....	53
8.7	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU AFTC 5011.....	55
8.8	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU AFTC 5310.....	57
8.9	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ U VZORKU HI-BOND 6080.....	59
8.10	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU VST HI-BOND 4110.....	61
8.11	PEVNOST V ODLUPOVÁNÍ VZORKU VST HI-BOND 4100.....	63
<b>9</b>	<b>VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>70</b>

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>71</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>73</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>74</b>

## ÚVOD

Technika spojování konstrukčních materiálů lepením nebo-li adhezní spojování dílců v dnešní době z části, nebo plně nahrazuje klasické způsoby spojování materiálů (nýtování, šroubové spoje, sešívání, svařování, stloukání), lepení poskytuje nové kombinační možnosti a dovoluje získat spoje takových tvarů a vlastností, které nejsou dosažitelné při klasickém spojování materiálů. Pokud chceme dosáhnout kvalitního lepeného spoje, musíme dodržovat technologické postupy, které jsou popsány v návodech od výrobce. Nejčastější kritické místo se stává úprava povrchu, pokud není dostatečně ošetřen povrch tak nás pak nemile překvapí lepený spoj. Také je důležité určit správný druh lepidla na správný materiál. Nesmíme tedy počítat, že jakýkoliv druh lepidla se hodí na každý druh materiálu. Ještě neexistuje univerzální lepidlo vhodné na lepení všeho. [1]

V dnešní době se lepení rozšířilo do všech průmyslových odvětví na, které si jen vzpomeneme. Díky jeho výborným vlastnostem a přednostem se dostal např. do zdravotnictví, letectví, stavebnictví, automobilismu atd. V domácnostech si našlo taky své místo, především jako pomocník, když něco popravujeme či upravujeme. Ustálil se výraz, co nejde slepit samolepicí páskou tak to už nemá cenu spravovat. [1]

Ale tou největší výhodou lepených spojů je, že sníží hmotnost výrobku. Nemusí se využívat šroubů, nýtů a různých spojovacích materiálů, takže se sníží i náklady, které by firma vynaložila na tyto spojovací materiály. [1]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TEORIE LEPENÍ

Lepení plastů lze charakterizovat jako technologický proces, při kterém se vytváří nerozebíratelné spojení dvou stejných nebo odlišných materiálů za použití zvoleného adheziva (lepidla), které má dobrou přilnavost k oběma plochám. Každé lepidlo je v okamžiku lepení v kapalném stavu, protože jedině tak může zajistit dokonalé přilnutí k povrchům lepeného materiálu. [2]

Pevnost slepeného spoje závisí na čtyřech parametrech:

- na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (adheze),
- na soudržnosti hmoty lepidla, nebo-li vnitřní pevnosti lepidla (koheze),
- na smáčivosti lepeného povrchu kapalným lepidlem,
- na pevnosti (soudržnosti) lepeného materiálu. [2]

### 1.1 Přednosti a nedostatky lepení

Tak jako jiné zpracovatelské metody, vyznačuje se i lepení nejen mnoha přednostmi, ale i některými zápornými i limitujícími činiteli. Při rozhodování typu spoje je třeba uvážit přednosti lepení ve srovnání s tradičními způsoby spojování. [2]

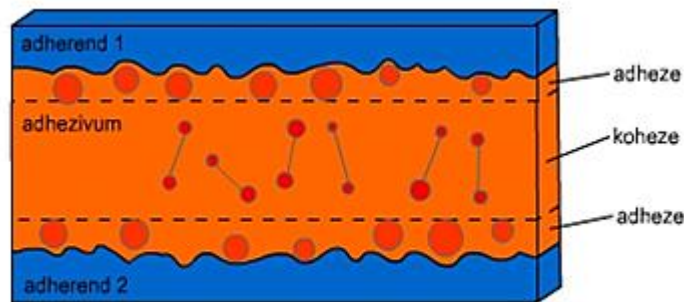
**Mezi přednosti lepení patří:**

- zvýšení pevnosti,
- lepením se nezvyšuje hmotnost,
- není narušena celistvost spojovaných dílců,
- možnost spojení velkých ploch a velmi tenkých materiálů,
- těsnost spoje, zvýšená odolnost proti korozi,
- snížení výrobních nákladů. [2]

**Mezi nedostatky lepení patří:**

- malá odolnost proti zvýšení teploty a odlupování,
- nutnost úpravy ploch před lepením, vysoké nároky na rovinnost a čistotu,
- konstrukčně použitelné spoje nejsou rozebíratelné,

- maximální pevností je dosaženo až po určité době,
- lepení je náročnější na vybavení pracoviště,
- dochází ke screepu (tečení).[2]



Obr. 1. Princip lepeného spoje. [7]

## 1.2 Adheze a koheze

### 1.2.1 Teorie adheze

Vyvolání vzájemné přitažlivosti mezi dvěma tuhými materiály bez použití lepidla by předpokládalo, že spojované plochy budou k sobě přiblíženy na molekulární vzdálenost. Tento požadavek nelze v podstatě splnit, protože kontaktní plochy musí být absolutně rovné, souběžné a čisté. Snadněji než mezi pevnými látkami vzniká přilnavost mezi povrchy pevných a tekutých, ztekucených nebo měkkých látek. Aby se kapalina stala lepidlem, musí lepený povrch dobře smáčet a za určených podmínek přejít do pevného stavu. Síly vyvolávající přilnavost lepidla (adheziva) a lepeného materiálu (adherentu) označujeme jako adhezi. Má-li lepidlo a spojovaný materiál stejné složení, jde o autoadhezi jednostrannou nebo oboustrannou. [2]

#### *Sorpční teorie adheze*

Adsorpční teorie adheze vychází z analogie jevu smáčení, adsorpce a adheze. Za nejvýznamnější síly, působící v lepeném spoji přes fázové rozhraní pokládá síly van der Waalsovské (síly, působící na krátké vzdálenosti), které vzhledem k jejich universálnímu charakteru a četnosti považuje, přes poměrně nízký energetický obsah postačující k dosažení dobré pevnosti adhezního spojení. [2]

Za předpokladu dostatečného kontaktu adherentu a adheziva postačují van der Waalsovské síly k dobré pevnosti adhezního spojení. Malé pevnosti adhezního spoje je spatřována pře-

devším v omezeném kontaktu polymerů adherentu a adheziva. Adheziva se vždy aplikují v kapalné formě a podmínka dosažení dobrého kontaktu s polymerem adherentu úzce souvisí s dokonalostí smáčení tohoto povrchu kapalným adhezivem. Nedokonalé smáčení může být skutečnost, že rovnovážný stav smáčení neodpovídá dokonalému smáčení, nebo že nelze dosáhnout rovnovážného stavu smáčení v čase, který je k dispozici pro tvorbu adhesního spoje. [2]

### **1.2.2 Teorie koheze**

Koheze (soudržnost) představuje vnitřní pevnost lepidla. Je to souhrn všech přitažlivých sil, které brání oddálení jednotlivých molekul lepidla od sebe. Jestliže se lepený spoj roztáhne ve vrstvě lepidla, znamená to, že adheze i pevnost lepeného materiálu je vyšší než koheze. Kohezní pevnost závisí na charakteru lepidla a na tepelném namáhání lepeného spoje. [2]

## 2 LEPICÍ PÁSKY

### 2.1 Historie lepicích pásek

Historie lepicí pásky se datuje od roku 1920, kdy Richard Drew využívá celofán k vytvoření pásky s lepicím povrchem. První „lepicí páska“ byla vytvořena k maskování dělicích čar na dvoubarevné lakování na automobilu. Proto dostala první název celofánová páska vzhledem k materiálu, z které byla poprvé vytvořena. Poté pan Drew vynalezl první vodotěsnou, průhlednou a odolnou vůči vlhkosti celofánovou pásku, která byla využívána pro uzavírání balíčků s potravinami. Avšak největšího rozmachu pásky bylo dosaženo za hospodářské krize, kdy ji začali lidé používat na opravy v domácnosti. [11]

### 2.2 Materiály používané k výrobě pásek

#### 2.2.1 Materiály nosné pásky - nosiče

Tab. 1. Nejběžnější materiály nosné pásky. [11]

<b>Papír</b>	Krepový, hladký nebo různě elastický	<b>Polyester</b>	Pevný v tahu odolný proti stárnutí, teplotně stabilní do 130°C
<b>Tkanina</b>	Z viskózové stříže, bavlny, polyamidu nebo skleněných vláken	<b>Polyamid</b>	Má vysokou tepelnou stabilitu
<b>Folie</b>	Měkký PVC- pružný, poddajný, dobré izolační vlastnosti	<b>Polyethylen</b>	Elastický, odolná vůči nízkým teplotám
<b>Hliník</b>	Necitlivý vůči vlhkosti, odolávající teplu	<b>Hydrát celulózy</b>	Rukou odtržitelný, bez odolnosti proti vlhkosti, snadno zpracovatelný



### 2.2.2 Pěnové hmoty

Tab. 2. Pěnové hmoty u oboustranně lepicích pásek. [11]

<b>Polyuretan</b>	měkký, elastický
<b>Polyethylen</b>	Odolný vůči UV záření, stálý vůči rozpouštědlům
<b>PVC</b>	Vodotěsný stabilní, savá, velmi tenká, dobře se přizpůsobující nerovnostem
<b>Rouna</b>	Teplotně stabilní, savá, velmi tenká, dobře se přizpůsobují nerovnostem
<b>Lamináty</b>	Spojení dvou nebo více materiálů-dochází k zlepšení vlastností

### 2.2.3 Lepicí hmoty

Tab. 3. Nejběžněji využívaná lepidla. [11]

<b>Syntetické a přírodní kaučuky</b>	Dobrá schopnost čelního lepení, možné snadné uvolnění, dobrá pevnost slepení na kritických podkladech (PP nebo PE)
<b>Čisté akryláty</b>	Teplotně stabilní, odolné proti stárnutí, stálé proti UV záření, odolné vůči chemikáliím
<b>Modifikované akryláty</b>	Přidaná pryskyřice, teplotně stabilní, odolné vůči UV záření, stárnutí a chemikáliím. Vhodné pro trvalé lepení na kritické podklady.
<b>Silikony</b>	Mimořádně tepelně stabilní a odolné proti stárnutí, pro lepení na antiadhézní podklady (silikon)
<b>Tavná lepidla</b>	Umělé pryskyřice, vysoká lepivost do 60°C, bezrozpouštědlová, omezená tepelná stabilita.
<b>Akrylátové disperze</b>	Bezrozpouštědlové vodnaté akrylátové lepidlo, pro okolí nezávadné, teplotně stabilní a odolné vůči UV záření.

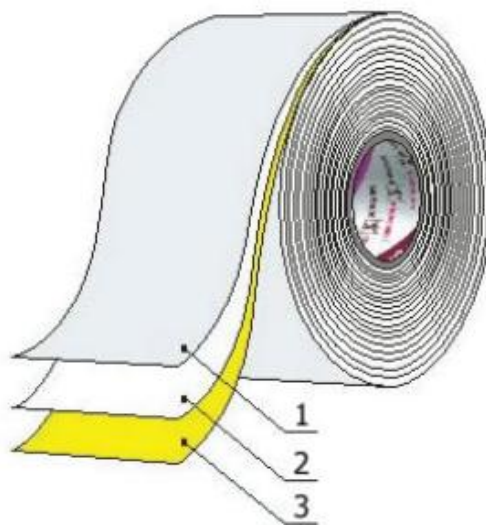
### 2.3 Jednostranně lepicí páska

Skládá se z lepidla citlivého na tlak naneseného na nosný materiál (nosič), který je obvykle z papíru, plastové folie, tkaniny nebo kovové folie. Některé pásy mají oddělitelný krycí papír, který chrání lepidlo, dokud není tento papír odstraněn. Některé pásy mají lepidlo ve vrstvách, jiné jsou opatřeny potiskem, výztužnými skleněnými vlákny, či UV odolným nosičem apod. Páska obvykle lepí okamžitě, u mnohých časem lepicí schopnost ještě vzrůstá vytvrzováním lepidla. K lepení stačí pouze tlak na stlačení, ne však teplo, navlhčování vodou nebo rozpouštědly. [12]

Jednostranně lepicí páska se skládá: 1. Nosič

2. Adhezní můstek

3. Lepidlo



Obr. 2. Jednostranně lepicí páska. [12]

### 2.4 Oboustranně lepicí páska

Pokud jsou na nosiči nanesené dvě vrstvy lepidla – z obou stran nosiče, tak se jedná o lepicí pásku oboustrannou. Její horní lepicí strana je potom ještě krytá další vrstvou a to vrstvou separační, nebo-li oddělovací. Separační vrstva je tu jednak proto, aby umožňovala bezproblémové navinutí oboustranně lepicí pásky na roli a jednak zaručuje jednoduchou

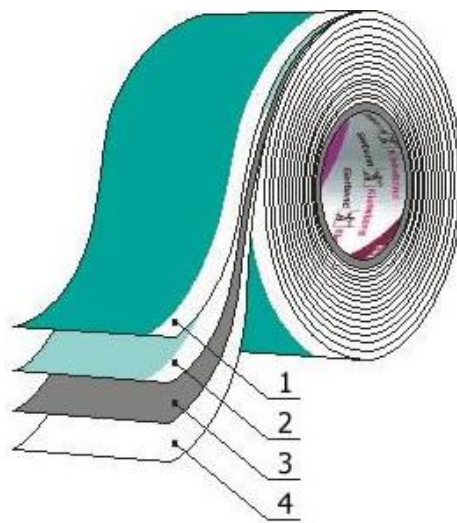
manipulaci s páskou při další práci s ní. Separální nebo oddělovací funkci plní silikonový papír.[12]

Oboustranně lepicí páska se skládá: 1. Oddělovací vrstva

2. Lepidlo

3. Nosič

4. Lepidlo



Obr. 3. Oboustranně lepicí páska. [12]

### 3 ČINITELE OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI LEPENÝCH SPOJŮ

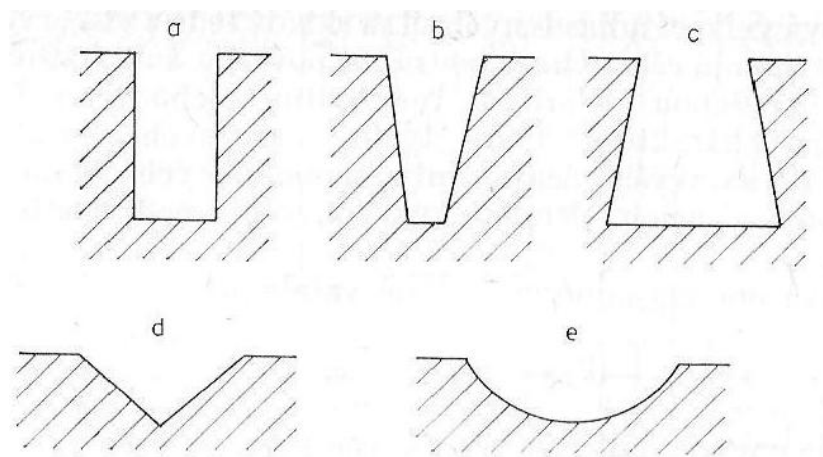
#### 3.1 Úpravy povrchu lepeného materiálu

##### 3.1.1 Drsnost povrchu

U lepených ploch rozeznáváme tři druhy lepených povrchů:

- Geometrický povrch, který je určen vnějšími rozměry lepené plochy.
- Mikropovrch, jenž zahrnuje plochu veškerých nerovností.
- Účinný povrch, který je částí mikropovrchu, skutečně smáčenou lepidlem.

Má-li se ve spoji vytvořit souvislý, stejnoměrný film lepidla, je nutné, aby stykové plochy obou adherendů byly maximálně souběžné. Není-li úprava rovinnosti adherendů proveditelná, je nutné aplikovat lepidla se 100%ním obsahem filmotvorného polymeru (zahuštěná do konzistence lepivého tmelu), aby se vyrovnaly nerovnosti podkladu. Pro vznik soudržného spoje tuhými materiály jsou tedy výhodnější plochy hladce a ostře opracované (frézované, hoblované a ostře otryskované), nikoli hrubě zdrsňené nebo leštěné. Nejvhodnější hloubka zdrsňení bývá udávána v rozmezí 1 až 6  $\mu\text{m}$ . Lepidla vytvrzující za studena jsou citlivější na tvar nerovnosti povrchů než lepidla vytvrzovaná za tlaku a při zvýšené teplotě. [2,4]



Obr. 4. Typy nerovností u lepených ploch. [2]

*a-válcová, b-kónická otevřená, c-kónická uzavřená, d-kónická plochá, e-kónická misková*

### 3.1.2 Čistota povrchu

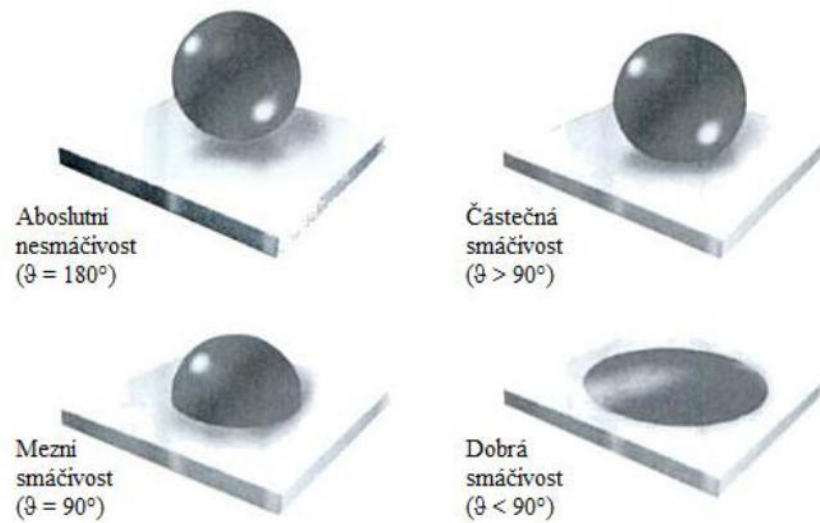
Pro dosažení soudržného spoje je maximální kontakt lepidla s mikropovrchem adherendu (lepeného materiálu). Pokud jsou kontaktní plochy znečištěny korozními produkty (rez, zbytky nátěrů, lepidel) nebo mastnotou a separačními prostředky z výrobního procesu (vosk, prach, pot, olej atd.), není možné očekávat dobré výsledky. Lepidlo se nedostane k povrchu lepeného materiálu, ale pouze jen k povrchu nečistoty. K odmašťování se používá moření chemickými látkami a rozpouštědla. Často se využívá metanol nebo lehký benzin. [2]

### 3.1.3 Soudržnost povrchu

Využívá se pro vznik spolehlivého spoje, který je dán složením adherendu a jeho strukturou či způsobem povrchové úpravy. Platí vztah, že čím vyšší je objemová hmotnost materiálu, tím je soudržnější i jeho povrch. Materiály s nízkou nebo sníženou soudržností nemohou vytvořit pevný spoj. I při malém zatěžování lepeného spoje dochází zpravidla k jeho destrukci stržením jedné z povrchových vrstev. Hmoty s nízkou soudržností jsou např. pěnové hmoty s nízkou objemovou hmotností, minerální plsti. [2]

### 3.1.4 Smáčivost

Pokud má kapalina smáčet pevnou látku, což je jeden z předpokladů adheze, tak musí být její povrchové napětí menší než povrchové napětí smáčené hmoty. Voda má ze všech kapalin největší povrchové napětí, můžeme díky jejímu chování na povrchu hmoty usuzovat, jak bude povrch smáčen jinými kapalinami nebo lepidly. Smáčivost povrchu lze usuzovat několika způsoby, z nichž nejběžnější je kapkový. Na povrch se nanese kapka vody o určitém průměru a pomocí optických přístrojů se změří dotkový úhel. Předpokladem adhezivní aktivity podkladu musí být dotkový úhel menší než  $30^\circ$ . [2]



Obr. 5. Smáčení povrchu kapalinami. [2]

### 3.1.5 Rozpustnost a bobtnavost

Hodně termoplastických polymerů se rozpouští nebo bobtná v organických rozpouštědlech. Organická rozpouštědla jsou obsažena v roztokových popřípadě disperzních lepidlech. Tato okolnost pro dosažení lepší přilnavosti je výhodou při práci s kompaktními tlustostěnnými materiály. Avšak při lepení folií není tato okolnost žádoucí, protože může být příčinou deformace povrchu. [2]

### 3.1.6 Teplotní délková roztažnost

Tuhé materiály zvětšují zahřátím svůj objem a po ochlazení se znovu smršťují, při tom ne vždy do původního rozměru a polohy. U kombinovaných spojů, není-li tomu zabráněno jejich zvláštní konstrukcí, se tato vlastnost může stát příčinou vzniku pnutí a následné deformace nebo porušení spoje. Velké rozdíly teplotní délkové roztažnosti jsou mezi kovy, keramikou a sklem. [2]

Tab. 4. Součinitelé délkové roztažnosti plastických hmot a klasických materiálů. [2]

Konstrukční materiál	Součinitel délkové teplotní roztažnosti $\alpha \cdot 10^6$ [deg <sup>-1</sup> ]
Polystyren	80
Polypropylen	200
Polykarbonát	60
Polyamid	100-120
Polyesterové hmoty -laminát vyztužený skelnou tkaninou	10-25
Hliník	5-8
Měď	16
Porcelán	4-6
Silikátové sklo	5-8
Železo	11

## 3.2 Lepidlo-adhezivo

### 3.2.1 Viskozita lepidla

Viskozita je funkce obsahu sušiny, polymeračního stupně filmotvorného polymeru, poměru rozpouštědla k teplotě a ředidlu. Čím je viskozita lepidla vyšší, tím se lepidlo hůře nanáší. Viskozita u reaktivních lepidel (např. fenolických a močovinových) stárnutím samovolně vzrůstá. Reaktivní lepidla je lépe uchovávat v chladu, přičemž je docíleno ustání polykondenzačních reakcí. U rozpouštědlových lepidel všech druhů je potřeba skladování v uzavřených nádobách, a to kvůli odpařování rozpouštědel, a tím i vzrůstu viskozity. [8]

### 3.2.2 Polymerační stupeň

Vliv polymeračního stupně polymeru obsaženého v daném lepidle bývá do jisté míry protichůdný. S narůstající délkou makromolekul stoupá viskozita roztoku a koheze filmu lepidla, adheze však zpravidla klesá. Naopak, lepidla obsahující polymery s nižším polymeračním stupněm vzhledem k nižší viskozitě lépe difundují do mikropovrchu adherendu, poskytují však filmy s menší kohezí. Protože pro správnou funkci lepidla ve spoji je nutná jak vysoká adheze, tak koheze jeho filmu, musí být ve správně formulovaném lepidle zastoupeny vysokomolekulární i nízkomolekulární složky. Proto se zvyšují přísady nízkomolekulárních nereaktivních pryskyřic a změkčovadel. Nejvíce vhodné polymery pro lepidla mají polymerační stupeň od 50 do 300. [6]

### 3.2.3 Kyselost a alkalita

Určité typy dvousložkových lepidel jsou vytvrzovány velmi kyselými nebo velmi alkalickými tvrdícími katalyzátory, např. fenolické lepidlo Umacol B je vytvrzováno kyselinou p-toluensulfanovou.

Takové lepidla není možno použít k lepení povrchů, u kterých by potřebnou alkalitu nebo kyselost obsaženého tvrdidla otupovaly. [6]

### 3.2.4 Homogenita

Homogenita je u lepidel základem spolehlivého spoje. Z tohoto hlediska je nutné věnovat pozornost zejména lepidlům s obsahem nerozpustných přísad a lepidlům vícesložkových, které se musí před použitím důkladně promíchat, protože při dlouhodobějším uskladnění dochází k sedimentaci plniva. Aby se všechny složky lepidla dobře promíchaly, tak musíme určit správné pořadí přidávání plniva a tvrdidel. Většinou se tvrdidlo přidává jako poslední. [6,8]

### 3.2.5 Přídavek změkčovadla

Tuhost filmu lepidla, ale i přilnavost k podkladu lze ovlivnit přídavkem změkčovadla. Používá se arylfosfátů, ftalátů, glykolů a měkkých pryskyřicových produktů. Větší měkkost a přilnavost filmu obsahující změkčovadlo je vysvětlováno lepší pohyblivostí makromolekul a jejich snadnějšímu pronikání do mikroskopických pórů povrchu lepené hmoty. Obsah změkčovadel v lepidle nepřekračuje zpravidla 20%. Nejsou-li tekutá změkčovadla s polymerem obsažených v lepidle chemicky vázána, mohou po delší době migrovat do



sousedních vrstev, pokud je tyto vrstvy přijímají. V takovém případě dochází ke zhoršení spoje. [2,6]

### 3.2.6 Obsah rozpouštědla

Jako pomocný prostředek k usnadnění rovnoměrného nanesení polymeru na lepený povrch jsou určena rozpouštědla. Zvyšují taktéž smáčivost povrchu, což znamená i kontakt lepidla s mikropovrchem hmoty.

Je potřeba z filmu rozpouštědlo odstranit, a to lze těmito způsoby:

- a) předběžným odpařením ve fázi otevřeného sestavení spoje,
- b) vsáknutím do jedné nebo obou lepených ploch a poté následným odpařením,
- c) polymerací, jedná-li se o reaktivní rozpouštědlo (monomer). [2,6]

## 3.3 Technologické podmínky lepení

### 3.3.1 Základní princip lepícího procesu

Lepení představuje velmi důležitou spojovací techniku u kovových i kompozitních materiálů. Lepení často nahrazuje šroubování tam, kde jde o minimalizaci konečné hmotnosti výrobku. Návrh lepeného spoje může být do jisté míry velmi jednoduchý-určí se tvar spoje, přičemž se předpokládá, že lepidlo utvoří dostatečný spoj a že substrát má čistý povrch. V opačném případě je třeba zohlednit silové poměry, geometrie spoje, vlastnosti konstrukčních materiálů a jejich chování v zatížení při pracovních podmínkách. [9]

Pro dosažení žádaného úspěchu je třeba respektovat tyto základní principy:

- největší pevnost spoje musí být orientována ve směru maximálního namáhání,
- vrstva lepidla musí být pokud možno rovnoměrná, souvislá a co nejtenčí.

Při lepení tuhých materiálů je třeba vzít v úvahu především časové požadavky, směr, velikost a způsob zatížení. Protože převážná část konstrukčních lepidel má velmi dobrou pevnost v namáhání na smyk, ale velmi špatnou pevnost v odlupování a štěpení, je třeba znát namáhání spoje při pracovních podmínkách a při konstrukci spoje tomuto namáhání předcházet, nebo ho alespoň snížit na minimum. [9]

### 3.3.2 Předběžná úprava spojovaných ploch

Předběžné úpravy lepených povrchů jsou pro dosažení maximální pevnosti spoje velmi důležité. Patří zde úkony fyzikální i chemické.

Předběžná úprava lepených ploch má tento účel:

- obrobením povrchu a odstraněním separačně působících látek se umožní přímý a rovnoměrný styk lepidla s hmotou,
- chemickou nebo fyzikální aktivací se podle potřeby zlepší adhezní vlastnosti podkladu,
- v zájmu dobré kvality spoje se někdy slepované materiály předem tepelně nebo klimaticky upravují,
- okolí se spoje chrání před znehodnocením. [2,6]

### 3.3.3 Příprava lepících směsí

Ne vždy lze lepidla zpracovávat přímo ve stavu, v jakém byla dodána. Lepidla uskladňovaná ve studených místnostech se před použitím musí temperovat na normální pracovní teplotu (15 až 25°C). Lepidlo se proto má vždy v původním obalu několik dní před použitím přemístit do výrobního prostoru. Jindy je pro zajištění stejnoměrného rozlivu a tloušťky nánosu nutná úprava viskozity buď přídavkem ředidla, nebo naopak přimíšením vhodného plniva. Lepidla pro spojování průhledných součástí se mají před nanesením vakuově odplynit. Reaktivní dvousložková a vícesložková lepidla se před použitím míchají s příslušným tvrdidlem, urychlovačem a dalšími přísadami. Postupuje se obvykle tak, že se lepidlo předem smíchá s přísadami, které reaktivitu směsi neovlivňují, a teprve těsně před použitím se přidává tvrdící katalyzátor. K promíchání jednotlivých složek lepících směsí se používá různých typů míchacích strojů se šnekovými, lopatkovými nebo košovými míchadly. [2,6]

### 3.3.4 Nanášení lepidla

Rovnoměrnost, souvislost a správná tloušťka nánosu lepidla na jedné nebo styčných plochách spoje jsou prvním předpokladem úspěšného lepení.

O tom, zda má být nános jednostranný nebo oboustranný, rozhoduje druh lepidla a celkový charakter spoje. Obecně platí, že rozpouštědlová, rychle schnoucí lepidla se musí nanášet

na obě lepené plochy. Reaktivní lepidla, která tuhnou v důsledku reakce v celé hmotě současně, lze nanášet jednostranně. Nános lepidla musí stačit k vytvoření přiměřeného filmu lepidla ve spáře, s mírným krůpějovým přetokem. Některé druhy lepidel jsou velmi citlivé na tloušťku filmu. Například močovinová lepidla vyžadují relativně nejtenčí nános. Naopak u lepidel epoxidových má být minimální tloušťka filmu 0,2mm. Možnost dodržení předepsané tloušťky nánosu ovšem závisí i na kvalitě podkladu. Při jednostranném nánosu se lepidlo obvykle nanáší na materiál s horšími adhezními vlastnostmi nebo na plochu méně pórovitou. [2,6]

### 3.3.5 Význam tlaku

Působení tlaku na soubor lepených ploch napomáhá jejich fixaci proti posunutí nebo odchlípení a přispívá ke stejnoměrnému rozvrstvení lepidla po celé ploše spoje. Tlak působí zásadně kolmo na lepené plochy a musí být přiměřený tlakové pevnosti podkladu. Lepidla mají v počáteční fázi reakce tendenci nejprve ztrácet viskozitu lepidla.

Při práci musíme postupovat tak, aby lepidlo nebylo při působení tlaku vytlačeno ze spáry.

Při správném nánosu je nejlepším důkazem toho, že ve spoji došlo k vytvoření rovnoměrně rozloženého přilnavého filmu, vytékání krůpějí lepidla, které se nachází po celém obvodu spáry. Na spoj působíme tlakem časově vymezenou dobu potřebnou ke ztuhnutí lepidla. K vytvoření potřebného tlaku používáme např. přítlačná válcová zařízení, hydraulické lisy a pneumatické systémy s přítlačnou membránou (pryžovou). [2,6]

### 3.3.6 Vliv teploty

Teplotní režim ovlivňuje kvalitu nánosu lepidla a časový průběh tuhnutí ve spoji. V případě kvality nánosu je zvýšená teplota výkonným regulátorem viskozity lepidla a prostředkem k urychlenému předsušení nánosu při kontinuálním nanášení rozpouštědlových, popř. disperzních lepidel. Nános bývá předsušen hlavně na fólie a deskové materiály. Pokud je nutné používají se vyhřívané tunely a sušárny. Nepřetržitý pás hmoty nebo přířezy rozdělené na požadovaný formát jdou dopraveny po válečkové dráze (popř. na pásovém dopravníku) s dvěma až třemi teplotními zónami. Teplota je odstupňovaná, aby se nanesená vrstva lepidla stejnoměrně, ale urychleně předsušila. Pro tuhnutí lepidla platí, že s teplotou roste rychlost tvrzení termoplastických lepidel exponenciálně. Zpomalení vytvrzování daných lepidel způsobuje nižší teplota.

V praxi rozlišujeme lepení:

- lepení za normální teploty (lepidlo ve spáře tuhne při teplotě v místnosti),
- lepení za zvýšené teploty (při teplotách v rozmezí 25°C až 100°C),
- lepení za horka (teplota spáry je vyšší než 100°C).

Práce s tavnými lepidly je založena na tom, že lepidla, která obsahují termoplastické polymery za zvýšené teploty nebo za horka měknou. Při práci s dvěma materiály (lepení za vyšších teplot), které mají rozdílnou délkovou roztažnost teplem, nemůže být překročena hranice vzniku pnutí. Pro ohřev se používají vyhřívané etážové lisy, přetlakové parní komory, přítlačná válcová zařízení a jiné. [2,6]

## 4 LEPIDLA

### 4.1 Základní rozdělení lepidel

Lepidla se v technické praxi klasifikují podle nejrůznějších hledisek. Důležitým hlediskem je např. chemická povaha základního polymeru, která zásadním způsobem ovlivňuje vlastnosti lepidla. Z tohoto pohledu se rozlišují lepidla anorganická a organická, která zahrnují lepidla na bázi přírodních polymerů- biopolymerů, reaktoplastů, termoplastů a elastomerů. Zvláštní skupinou jsou směšná adheziva, obsahující v určitých poměrech složku reaktoplastickou i termoplastickou a spojují tak, v míře dané poměrem obou složek typické vlastnosti obou adhezi. [9]

#### 4.1.1 Přehled dělení dle konzistence

Lepidla rozdělujeme podle skupenství:

1. Tekutá (lepící pásy, lepící pasty, lepící tmely, lepidla v roztoku).
2. Pevná (lepící folie, lepidla prášková a v granulích).
3. Polotuhá (lepící pásy a pasty). [9]

#### 4.1.2 Přehled dělení dle původu:

Přírodní lepidla dělíme na:

##### a) Rostlinná lepidla

Jedná se například o mouky, škroby, dextriny, pektiny, algimáty, přírodní pryskyřice, přírodní kaučuk a gumy. Uplatňují se v mnoha oborech pro snadnou dostupnost, dobrou zpracovatelnost a cenu. Kombinují se se syntetickými pryskyřicemi a deriváty celulosy rozpustnými ve vodě. Pracujeme se s nimi hlavně v papírenském, textilním průmyslu a při spojování povrchů, které nejsou vystaveny účinkům vody.

##### b) Živočišná lepidla

Radíme zde klišy glutinové, kaseinové, albuminové a rybí. Uplatnění nacházejí při výrobě gumovaných papírů, lepících pásek, jako pojiva při výrobě smirkových, skelných papírů. Ve formě nejčistší želatiny se používají při práci s dřevem a ve fotografickém průmyslu. [10]

Syntetická lepidla dělíme na lepidla:

a) Termoreaktivní

Tato lepidla (epoxidová, polysterová) se vytvrzují se teplem. Zahřátím dochází, většinou za spolupůsobení katalyzátorů, k chemické reakci, při níž vznikne makromolekulární látka, která má jednotlivé řetězce makromolekul prostorově svázané. Termoreaktivní neboli termosetická lepidla ztvrdnou a jsou nerozpustná.

b) Termoplastická

Lepidla (akrylátová, vinylická, polyamidová), u kterých nedochází působením tepla k chemické reakci, ale pouze ke změně fyzikálních vlastností. Termoplasty zahřátím změkknou a stávají se tvárnými.

c) Polosyntetická

Lepidla (na bázi derivátů celulosy), při jejichž výrobě se vychází z přírodních polymerů. Před vypracováním syntetických lepidel byla polosyntetická lepidla důležitou základnou pro výrobu lepidel přírodních. Chemickým zásahem (esterifikací, cyklizací) se upravují jejich vlastnosti a vznikají lepidla mnohdy vynikajících kvalit. [10]

#### 4.1.3 Dle dosažení pevnosti spoje

Při zpracování lepidla je velmi důležité, jak se dosáhne pevnosti spoje. V podstatě jde o to, jakým způsobem se lepidlo ve formě soli převede v gel.

Existuje několik způsobů dosažení pevnosti spoje:

1. vysušením - odpařením vody nebo organického rozpouštědla,
2. aktivováním rozpouštědlem - některá lepidla po zaschnutí nelepí, proto se suchý nátěr lepidla zvlhčí, neboli aktivuje rozpouštědlem,
3. teplotou – ochlazením nebo naopak zvýšením teploty,
4. tlakem - některá lepidla jsou po zaschnutí citlivá na tlak a materiály s jejich nánosem mohou být spojeny přitlačením,
5. chemicky - pomocí katalyzátorů, iniciací teplem, světlem, jejich kombinací. [2,6,10]

#### 4.1.4 Dle teploty zpracování

Podle teploty zpracování rozdělujeme lepidla tuhnoucí:

1. Za studena.

Vytvrdnou díky chemické reakci při pokojové teplotě a doba tvrzení je podle druhu lepidla od 5 sekund až po několik dní.

2. Za tepla.

Vytvrdnou při zahřátí na 150°C až 250°C během 5 minut až několik hodin. [2,6]

#### 4.1.5 Dle chemické reakce lepidla

Podle chemické reakce lepidla rozdělujeme lepidla na kyselá, zásaditá a neutrální. Některá lepidla mají největší lepivost v určitém prostředí (kyselém, zásaditém nebo neutrálním). Zejména materiály světlých odstínů je výhodné spojovat neutrálními lepidly, aby nedošlo k reakci s podkladem nebo ke změně barvy. [2,6]

### 4.2 Hlavní složky lepidla

Rozlišujeme tyto základní složky, ze kterých se lepidlo skládá:

1. Adhezivní základ

Látka dodávající lepidlu a zhotovenému spoji požadované vlastnosti, hlavně pevnost a odolnost.

2. Nosné médium

Jedná se například o rozpouštědlo, fólie, papír nebo vlákno (podle formy lepidla). Úlohou je zabezpečovat určitou konzistenci lepidla.

3. Katalyzátory a tvrdidla

Jejich funkcí je zabezpečit vytvrzovací reakci. Nemusí být zastoupeny v každém lepidle.

4. Urychlovače, inhibitory, retardéry

Jsou to látky, které kontrolují vytvrzovací proces. Urychlovač urychluje vytvrzovací reakci, naopak inhibitor ji zpomaluje

5. Modifikátory

Zařazujeme zde přísady, které mění technologické vlastnosti, použití, nebo výsledné vlastnosti spoje. Patří zde plniva, nadouvadla, ředidla, stabilizátory atd. [2,6]

### 4.3 Druhy akrylátových adheziv

Akrylátová adheziva vycházejí z esterů kyseliny akrylové popřípadě metakrylové. Formálně mají blízko k polyvinylovým adhezivům, avšak v posledních dobách právě tato skupina adheziv uskutečnila rychlý vývoj, který vedl k typům lepidel se specifickými vlastnostmi. Proto je výhodnější zabývat se těmito typy jednotlivě.

Jako vodné disperze se akrylátová adheziva uplatňují k lepení polyuretanových pěn, PVC folií, usní, textilu, papíru a jako komponenty nátěrových hmot. Adhezní filmy vykazují dobrou odolnost proti povětrnostním vlivům, snáší dobře teploty od  $-60$  do  $+52^{\circ}\text{C}$ . Na světle mají sklon k žloutnutí, odolávají UV záření, působení alkalií a solí. Narušují je aromatické a chlorované uhlovodíky. Akryláty mají poměrně vysoký bod tání a viskozita jejich tavenin je vysoká, tudíž se jako tavná adheziva nepoužívají. [5]

#### 4.3.1 Vteřinová adheziva na bázi metakrylátů

V roli rozpouštědla přebírá monomer a tuhnutí adheziva je důsledkem nikoliv jeho odpaření, ale radikálová polymerace monomeru. Tento způsob umožnil základ vteřinovým adhezivům, jejichž vývoj se datuje kolem 60. let.

U takových adheziv jsou využívány především -erů, jako je např. metyl- nebo butyl metakrylát se začaly uplatňovat další nepříliš běžné typy esterů kyseliny metakrylové. Polymeraci monomeru iniciuje nejčastěji interakce aromatického amínu s peroxidem, dávající vznik volným radikálům, které zahajují polymeraci esterů kyseliny metakrylové.

V praxi se taková adheziva používají např. v lodním nebo automobilovém průmyslu. Pro speciální použití se užívá lepidlo IPS weld-on. [5]

#### 4.3.2 IPS weld-on 1100

Je dvousložkové lepidlo určené pro lepení termoplastických, kompozitních a kovových podkladů, včetně obtížně lepitelných materiálů jako je nylon a galvanizovaný kov. Míchací obou složek je 1:1, mají kompatibilitu s širokým spektrem podkladů a vysoké průtažnosti a pevnosti ve stříhu. Vyznačují se rychlým vytvrdnutím, vysokou pevností, volitelná doba zpracovatelnosti se pohybuje v rozmezí 5-60min. Produkty SS1100 jsou dodávány ve dvou tubách společně s míchacím zařízením, samotné míchání adheziva probíhá těsně před vlastní aplikací. [5]



### 4.3.3 Aerobní akrylátová adheziva

Jsou typická velmi rychlým tuhnutím, dávající vznik adhezním spojům s vysokou pevností obsahují vedle akrylátového monomeru s nízkým obsahem par, komponenty s typickými elastomerními doménami jakou jsou např. Polyuretany, izokyanáty nebo epoxidové pryskyřice. Jejich akrylátové monomery samovolně polymerují, musí se tedy přidávat inhibitor a jsou odolné vůči vzdušnému kyslíku. Aktivují ultrafialovým zářením, jestli jsou v nich akryláty kombinovány s uretanovými oligomery, mají tyto spoje odolnost proti vibracím a rázům. Používají se při lepení kovů, skla, keramiky, plněných plastů a plastových dílců v automobilovém, elektrotechnickém i leteckém průmyslu. [5]

### 4.3.4 Kyanoakrylátová adheziva

Tato adheziva tvoří skupinu jedno komponentových chemicky aktivních, též obecně zvaných vteřinových adheziv. Jsou založena na kyanoakrylátech, které velmi rychle polymerují účinkem vzdušné vlhkosti, sorbované na povrchu adherendu. Při teplotě místnosti tvoří čiré a tvrdé adhezivní filmy o nízké viskozitě, které snadno smáčejí povrchy adherendů. Snadno polymerují a polymerace probíhá iontovým mechanismem. Metyl kyanoakrylát je polárnější než Etyl či Allyl kyanoakrylát. Proto dává adhezní filmy s vyšší kohezní pevností a vyšší smykovou pevností spoje.

Obecně kyanoakryláty splňují nejvyšší požadavky bezpečných a biokompatibilních adheziv a proto jsou například využívány i v lékařské praxi. Dále se používají při spojování různorodých adherentů, takových adheziv se na trhu vyskytuje velké množství. [5]

### 4.3.5 Polyamidová adheziva

Nesubstituované polyamidy, jsou rozpustné pouze v kyselině mravenčí, krezolu, fenolu či rezorcinu. Možnost přípravy takových adheziv z tohoto polymeru je tedy vyloučena. Rozpustné polyamidy se musí připravovat buď změnou výchozích surovin, nebo dodatečným působením formaldehydu v alkoholickém prostředí. Vznikají tak např. v lihu rozpustné metylopolyamidy. Adhezní vlastnosti těchto adheziv vůči polyamidu lze zvýšit přidávkou resorcinu, popřípadě pyrogalolu. Polyamidová adheziva jsou určena především k lepení polyamidu navzájem a pro jeho kombinace s textilem, plstí, kůží, dřevem apod.

Typy polyamidových adheziv s vyšším polymeračním stupněm jsou označovány jako roztoková či taveninová. Mají ostrý bod tání, jsou známa pod obchodním názvem Versamidy. [5]

#### **4.3.6 Polyesterová adheziva**

Jde o lineární polymery založené na kondenzačních produktech dikarbonových kyselin s dvojmocnými alkoholy. Používají se jako taveninová lepidla např. Isatherm. [5]

#### **4.3.7 Polyoleofiny**

Užívají se především jejich kopolymery polyetylénu s vinylacetátem jako taveninová popřípadě roztoková adheziva. Takové kopolymerace snižují stupeň krystalinity polyetylénu, zlepšují adhezi k daným povrchům polárnějších adherendů. [5]

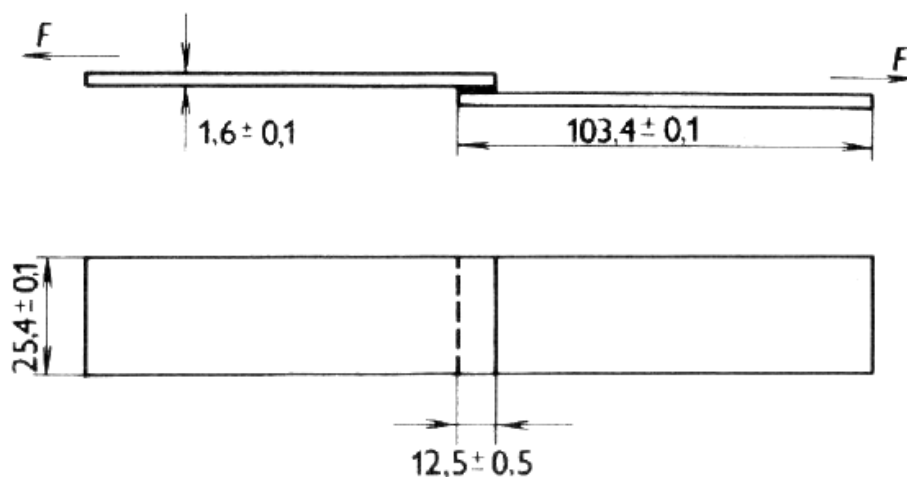
## 5 ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ

### 5.1 Metody destruktivní

#### 5.1.1 Pevnost lepených spojů ve smyku

Běžné jsou pro lepené spoje překlátované, trubkové nebo násuvné, u nichž se zkouší především pevnost ve smyku.

Podstatou zkoušky je namáhání zkušebního spoje ve smyku statickým tahem ve směru podélné osy až do porušení vzorku. Při zatížení může podle druhu materiálu zkušební tělesa dojít k vychýlení nebo k deformaci roviny lepeného spoje. Například při hodnocení pevnosti spoje ve smyku u plastů se zkušební těleso protahuje a spoj se vychyluje z osy namáhání. Při různých modulech pružnosti filmu lepidla a plastických hmot pak vzniká nerovnoměrné rozložení sil ve spoji a naměřené hodnoty pevnosti jsou zkreslené. Zjištěné hodnoty nelze proto v těchto případech považovat za čistou pevnost ve smyku, i když je tak uváděna. Proto byly pro zkoušení spojů plastů navrženy různé úpravy, které mají zajistit působení smykové síly ve směru osy lepeného spoje. Tato zkouška je vhodná především pro kovy, u nichž nedochází během zkoušky k větší deformaci. [2]



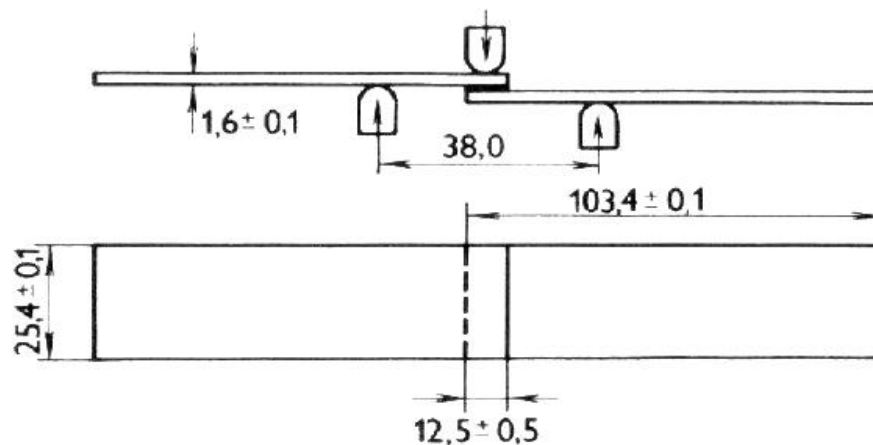
Obr. 6. Pevnost lepených spojů ve smyku. [2]

#### 5.1.2 Pevnost lepených spojů v tahu

Provádí se na normalizovaných válcových tělesech o průměru 25mm a výšce 10mm. Spoj se v trhacím stroji podrobí namáhání v tahu a přitom se měří potřebná síla k roztržení vzorku. [2]

### 5.1.3 Zkouška lámavosti lepených spojů

Spoj je namáhán statickým tlakem kolmo na podélnou osu a plochou spoje do porušení zkušebního tělesa. Zkouška se doporučuje především pro hodnocení spojů tvrdých materiálů, např. kovů s kovy a pro kombinaci kovů s plastickými hmotami. Provádí se za normální teploty i za teplot zvýšených. [2]



Obr. 7. Zkouška lámavosti lepených spojů. [2]

### 5.1.4 Pevnost lepených spojů v odlupování

Tato zkouška se provádí, je-li alespoň jeden ze spojovaných materiálů ohebný. Podle tuhosti spojovaných materiálů se určí úhel odlupování. U polotuhých materiálů je menší než 90°. Při hodnocení lepidel na kovy se podle zkoušky lepených spojů (kov s kovem) stanoví pevnost spojů podle Wintera. Pevnost v odlupování se stanoví graficky, rozumí se jí průměrná hodnota vypočtená z hodnot střední části průběhové křivky.

Pevnost lepených spojů v odlupování se běžně zkouší např. u kaučukových roztočových lepidel nebo u disperzních lepidel určených k lepení ohebných materiálů na ohebné i neohebné podklady.

Rázová pevnost spojů je nejmenší síla potřebná k porušení zkušebního vzorku rázem. Podstatou zkoušky je namáhání zkušební spoje ve smyku rázovým tlakem ve směru podélné osy až do porušení vzorku. Zkouška se provádí na kyvadlovém stroji. [2]

### 5.1.5 Zkouška trvalé pevnosti a stárnutí

Umožňuje zjistit chování lepených spojů při trvalém používání. V praxi je spoj podroben nejen dlouhodobému namáhání, ale někdy také vlivům teploty, vlhkosti, povětrnosti, prostředí apod., jež jsou příčinou jeho stárnutí. Změny vlastností lepených spojů způsobeny

uvedenými vlivy se hodnotí na vzorcích podrobených stárnutí. Skutečný obraz o jeho průběhu může ovšem přinést jen dlouhodobý vliv daných podmínek. Časově náročný průběh zkoušky přirozeného stárnutí se v praxi nahrazuje zkušebními cykly, za nichž je spoj vystaven střídavému působení vroucí vody, proudění suchého vzduchu apod. Výsledky těchto zkoušek mohou mít pouze orientační charakter. [2]

## **5.2 Zkoušky lepených spojů – metoda nedestruktivní**

Okrajově lze využít i metody nedestruktivní defektoskopie umožňující ověřit jakost lepených výrobků, aniž by byly poškozeny. Nelze jimi však měřit pevnost lepeného spoje. Naproti tomu dovolují odhalit skryté vady spojů, např. neslepená místa, místa s nedostatečným nánosem nebo bez nánosu lepidla, trhliny a puchýře. Rozlišujeme tyto typy nedestruktivních metod. [2]

### **5.2.1 Akustická defektoskopie**

Těleso vydává po rozkmitání v místech vadného spoje zvuk jiné amplitudy, jiné vlnové délky a zvukového spektra než v místech kvalitního spoje. Na tomto poznatku je založeno několik metod akustické defektoskopie, jimiž lze ověřovat spoje kovů, dřeva a plastů. [2]

### **5.2.2 Optické zkušební metody**

Spočívají v prosvětlení tenkých lepených celků intenzivními světelnými zdroji nebo u tlustších souborů rentgenovými paprsky. [2]

### **5.2.3 Defektoskopie pomocí radioizotopů**

Do lepidla se přidá vhodný radioizotop a kontroluje se jeho rozložení ve spoji. [2]

### **5.2.4 Ultrazvuková defektoskopie**

Zkoušený celek se umístí mezi ultrazvukový generátor a přijímač ultrazvukových vln, a tak se zjišťují místa s vadným slepením. Tato metoda se uplatňuje především při kontrole lepených spojů kovů. [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo porovnat pevnost spojů vytvořených oboustrannými lepicími pásky. Bylo vybráno několik typů pásek od různých výrobců, které poté byly testovány zkouškou odlupu na zjištění pevnosti zkušebních vzorků. Jedná se o průzkum možností použití této metody spojování pro nové oblasti a srovnání kvality pásek různých výrobců z hlediska ceny produktu.

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma
2. Příprava zkušebních těles pro mechanické zkoušky
3. Provedení experimentální zkoušky
4. Vyhodnocení získaných výsledků z hlediska praktických aplikací

## 7 ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ

### 7.1 Měření pevnosti lepených spojů

Pevnost lepeného spoje testovaných vzorků byla vyhodnocována zkouškou odlupu na univerzálním testovacím stroji Zwick 1456, který je umístěn v laboratořích Ústavu výrobního inženýrství. V průběhu zkoušky se trvale zaznamenává síla a prodloužení tělesa. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny softwarem Test Expert, který je součástí vybavení stroje. Měření pevnosti probíhalo za teploty okolí (22 °C).



Obr. 8. Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456.

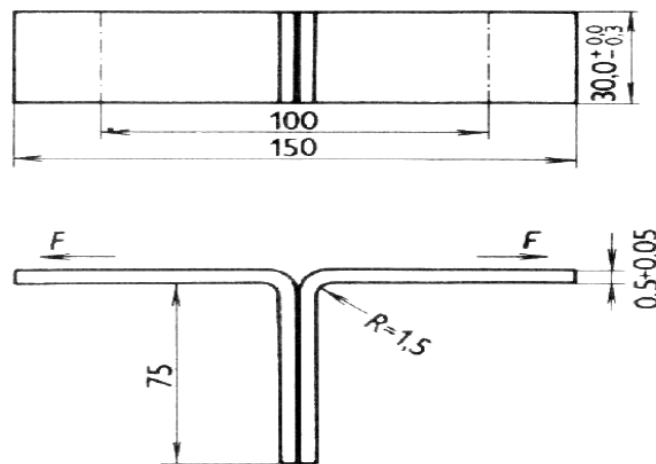
Tab. 5. Parametry trhačoho stroje.

<b>Maximální posuv příčniku</b>	800[mm/min]
<b>Snímač síly</b>	2,5 a 20[kN]
<b>Teplotní komora</b>	-80 / +250[°C]
<b>Test Expert software</b>	Tah/Ohyb/Tlak



## 7.2 Příprava lepeného spoje podle normy ČSN EN 28510-1

Pevností v odlupování se rozumí síla potřebná k porušení lepeného spoje, připadající na jednotku šířky zkušební vzorku při dále definovaných zkušebních podmínkách. Zkušební spoj je namáhán statickým tahem ve směru kolmém na lepenou plochu, aby došlo k postupnému oddělení slepených ploch. Zkušební vzorky lze připravit buď slepením jednotlivých plechů, které se ohnou po slepení nebo se lepí plechy již ohnuté. Nejlépe se připraví vzorky tak, že se slepí v délce 75 mm desky o délce 150 mm a šířce odpovídající několikanásobnému počtu zkušebních vzorků, obvykle 10 kusů. Z této desky se pak nastříhají jednotlivé vzorky, které se ohnou do tvaru T. Pro zkoušky je předepsán plech z hliníkové slitiny plátovaný.



Obr. 9. Tvar a rozměry zkušební vzorku a směr působení síly. [2]

Pevnost v odlupování při určité teplotě je dána dvěma hodnotami:

$$\sigma_{WA} = F_a/b \quad [1]$$

$$\sigma_{WS} = F_s/b \quad [2]$$

kde  $\sigma_{WA}$  počáteční pevnost v odlupování v  $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$

$F_a$  maximální síla v N

$b$  šířka lepeného spoje

$\sigma_{WS}$  střední pevnost v odlupování v  $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  šířky vzorku

$F_s$  průměrná síla v N (dána průměrnou výškou diagramu)

### 7.3 Vyhodnocování výsledků měření

Pro vyhodnocení statického měření jsme použili následující vztahy:

**Aritmetický průměr:** je definován jako podíl sumy výsledku k jeho počtu n.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad [3]$$

**Směrodatná odchylka:** je definována jako absolutní hodnota druhé mocniny.

$$s = |\sqrt{s^2}| \quad [4]$$

**Variační koeficient:** je definován jako podíl směrodatné odchylky k aritmetickému průměru v procentech.

$$v = \frac{s}{\bar{x}} * 100\% \quad [5]$$

**Střední kvadratická chyba:** je definována jako podíl ze střední kvadratické chyby dělenou odmocninou počtem měření.

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad [6]$$

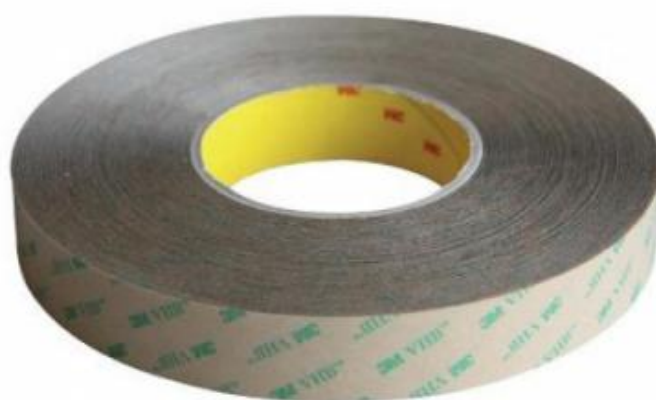
## 8 PEVNOSTI MĚŘENÝCH VZORKŮ

### 8.1 Pevnost v odlupování vzorku VHB 3M-9473

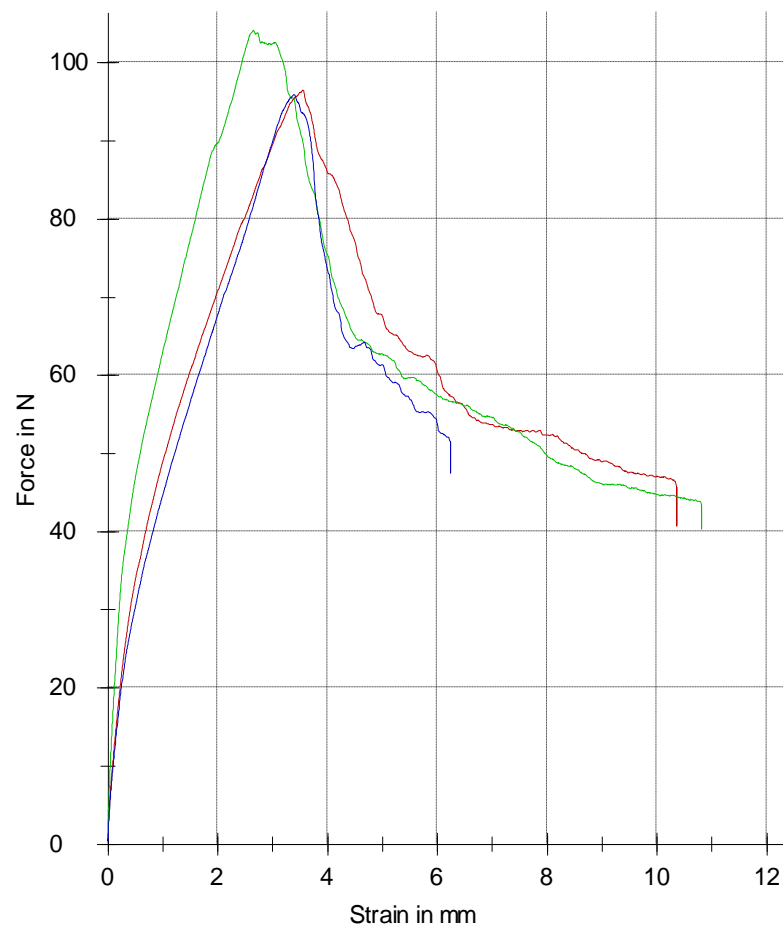
**VHB 3M-9473** – je velmi tuhá samolepící páska s akrylovým lepidlem. Je charakterizována velmi velkou pevností spoje ve smyku, která se podstatně zvyšuje přirozeným stárnutím. Využívá se pro lepení clon, štítků a ozdobných lišt. Páska je vhodná na drsné a nerovné povrchy.

Tab. 6. Technické údaje vzorku 3M-9473. [13]

<b>Rozměry</b>	9mm x 55m
<b>Tloušťka</b>	0,25mm
<b>Krycí vrstva</b>	Vícevrstvý vyčíněný papír
<b>Barva pásky</b>	Bezbarvá
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	14,2N/10mm
<b>Odolnost proti ultrafialovému záření</b>	Výborná
<b>Teplotní výkonnost</b>	-40°C až 150°C



Obr. 10. Oboustranná lepicí páska vzorek 3M-9473. [13]



Obr. 11. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-9473.

Tab. 7. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-9473.

3M-9473 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	98,90	10,70	3,20	202,59	34,58
s	4,59	1,60	0,50	20,04	
v	4,64	15,08	15,07	9,89	

## 8.2 Pevnost v odlupování vzorku VHB 3M-4611

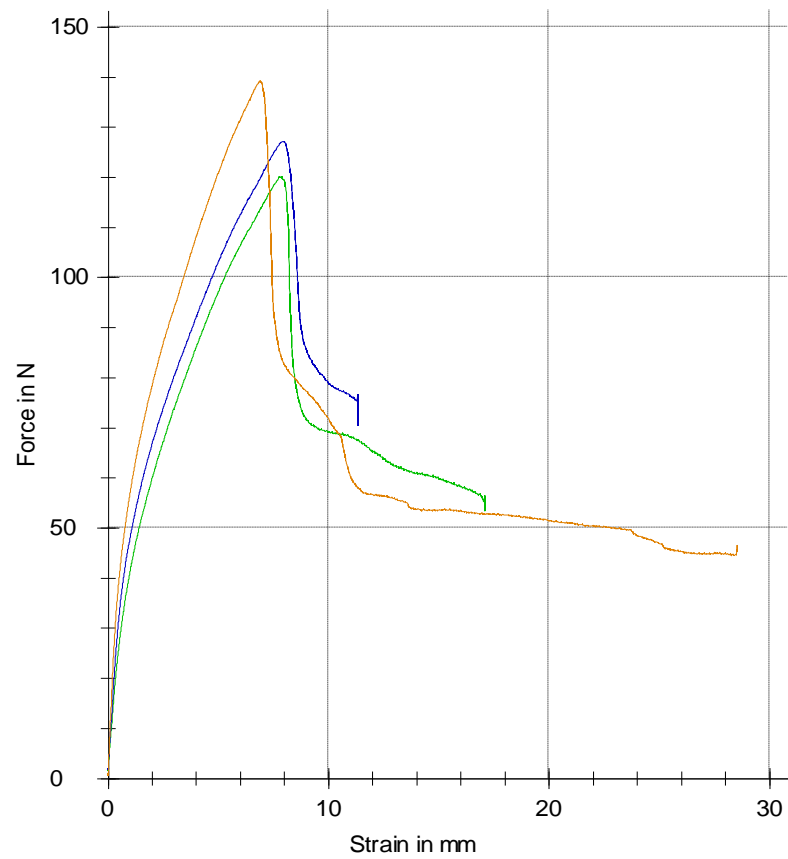
**VHB 3M-4611**- oboustranná akrylová pěnová páska má velmi vysokou přilnavost a extrémně tepelnou odolnost. Výborně se přizpůsobuje lepenému povrchu. Vhodná pro lepení kovů, pro čisté a jednoduché spojení. Není určena pro spojování problematických substrátů.

Tab. 8. Technické údaje vzorku 3M-4611. [13]

<b>Rozměry</b>	9mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	1,1mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Šedá
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	32N/10mm
<b>Hustota pěny</b>	520kg/m <sup>3</sup>
<b>Teplotní výkonnost</b>	-30°C až 150°C



Obr. 12. Oboustranná lepicí páska vzorek 3M-4611. [13]



Obr. 13. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-4611.

Tab. 9. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-4611.

3M-4611 n=3	Únosnot $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	129,00	25,10	7,50	652,16	45,1
s	9,69	1,90	0,60	35,15	
v	7,52	7,61	7,61	5,39	

### 8.3 Pevnost v odlupování vzorku VHB 3M-4910

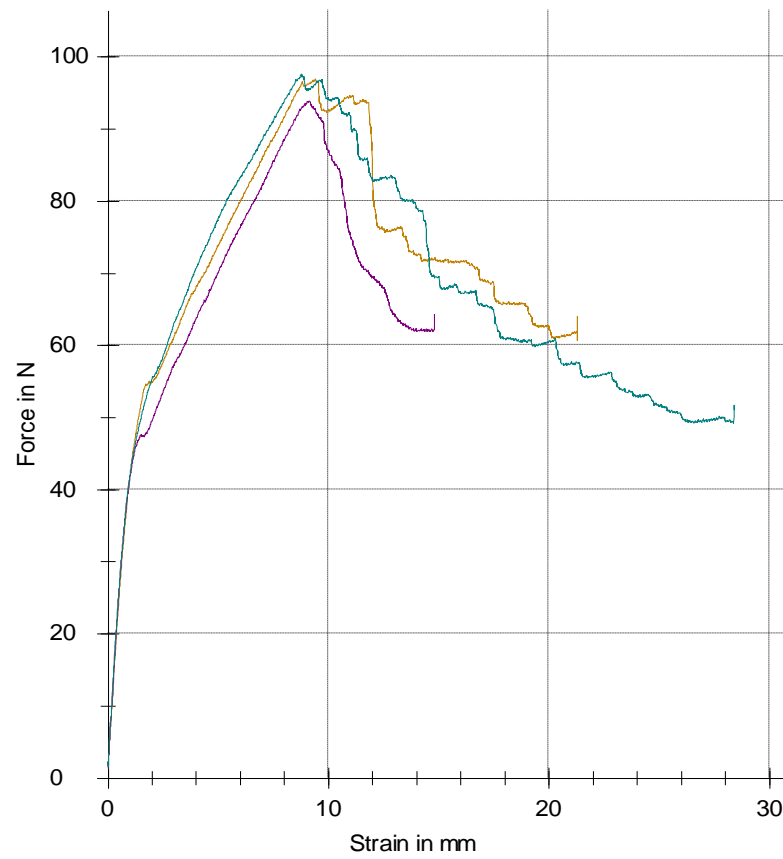
**VHB 3M-4910**- průhledná akrylová páska, která je bezbarvá, proto je ideální na lepení průhledných materiálů nebo pro aplikace v nichž nelze akceptovat styčnou linku. Má vysokou odolnost proti stárnutí a také proti rozpouštědlům. Nemění se působením ultrafialového záření.

Tab. 10. Technické údaje vzorku 3M-4910. [13]

<b>Rozměry</b>	9mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	1 mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásy</b>	Bezbarvá
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	26N/10mm
<b>Hustota pásy</b>	960kg/m <sup>3</sup>
<b>Teplotní výkonnost</b>	-40°C až 90°C



Obr. 14. Oboustranná lepicí páska 3M-4910. [13]



Obr. 15. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-4910.

Tab. 11. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-4910.

3M-4910 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	96,20	30,30	9,10	616,41	33,63
s	1,98	1,10	0,30	30,38	
v	2,06	3,55	3,55	4,93	

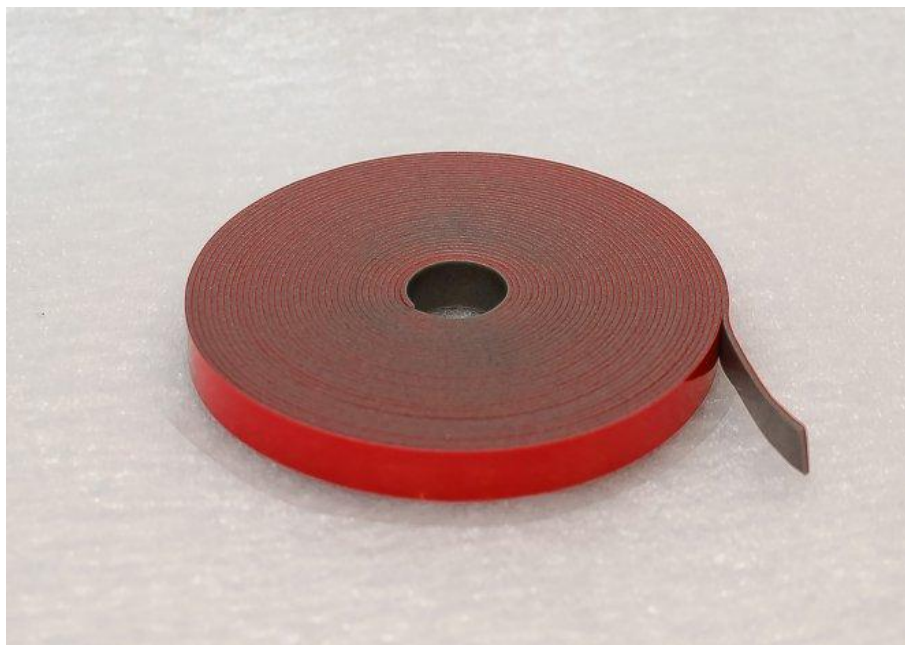


#### 8.4 Pevnost v odlupování vzorku GT 3M-6008

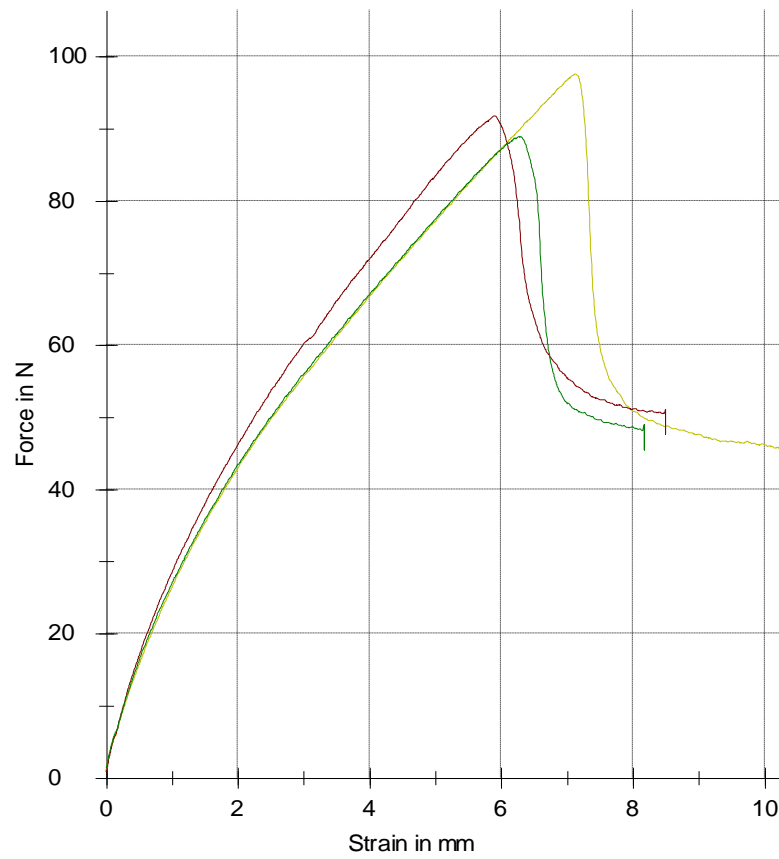
**GT 3M-6008** – akrylová pěnová lepicí páska. Páska poskytuje vysokou přilnavost, která se přirozeným stárnutím zvyšuje. Především se využívá v automobilovém průmyslu na různé druhy materiálů. Má vynikající odolnost vůči povětrnostním podmínkám i nárazům.

Tab. 12. Technické údaje vzorku 3M-6008. [13]

<b>Rozměry</b>	9mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	0,8 mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Šedá
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	20N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-40°C až +120°C
<b>Hustota pěny</b>	700kg/m <sup>3</sup>



Obr. 16. Oboustranná lepicí páska 3M-6008. [13]



Obr. 17. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-6008.

Tab. 13. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-6008.

3M-6008 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	92,80	21,40	6,40	364,93	32,45
s	4,41	2,10	0,60	48,16	
v	4,75	9,68	9,68	13,20	

## 8.5 Pevnost v odlupování vzorku AFTC 8502

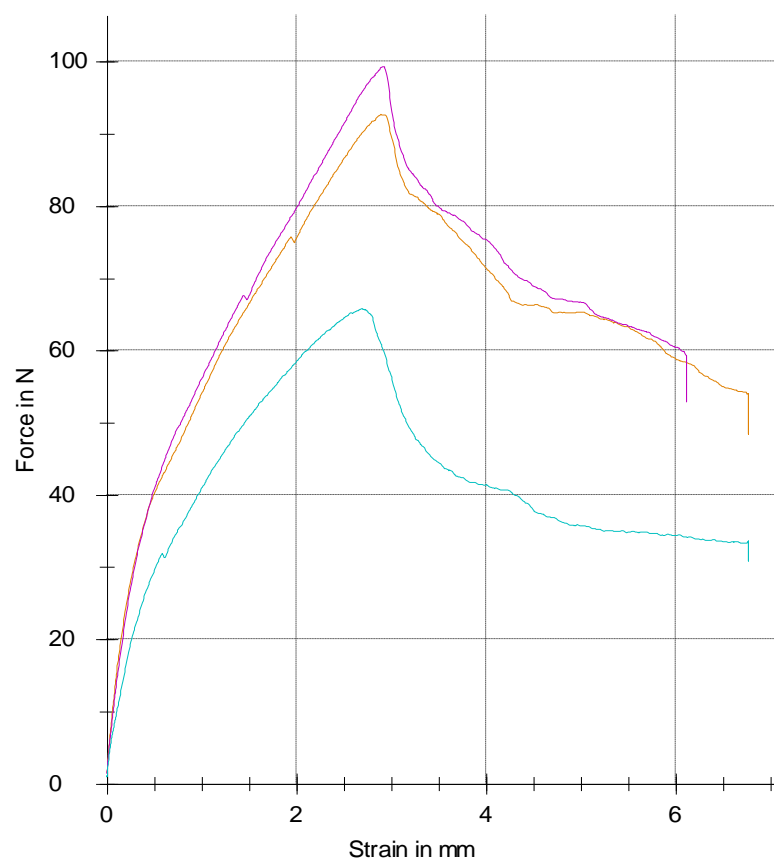
**AFTC 8502** – velmi tenká akrylová lepicí páska, která se používá hlavně kvůli jejím výhodám po technické, ekonomické a estetické stránce. Tyto pásky dokážou nahradit či zcela odstranit použití mechanických spojovacích materiálů. Využívá se nejčastěji v montážním průmyslu a elektronice. Jsou schopné odolávat vysokým teplotám a různým drsným podmínkám.

Tab. 14. Technické údaje vzorku AFTC 8502. [14]

<b>Rozměry</b>	12mm x 55m
<b>Tloušťka</b>	0,25 mm
<b>Krycí vrstva</b>	Šedá folie
<b>Barva pásky</b>	Průhledná
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	26N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-30°C až +180°C



Obr. 18. Oboustranná lepicí páska AFTC 8502. [14]



Obr. 19. Graf vzorku AFTC 8502 získaný z trhacího stroje.

Tab. 15. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek AFTC 8502.

AFTC 8502 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	86,00	9,40	2,80	161,96	30,07
s	17,80	0,40	0,10	36,72	
v	20,67	4,46	4,46	22,67	

## 8.6 Pevnost v odlupování vzorku AFTC AM-9308

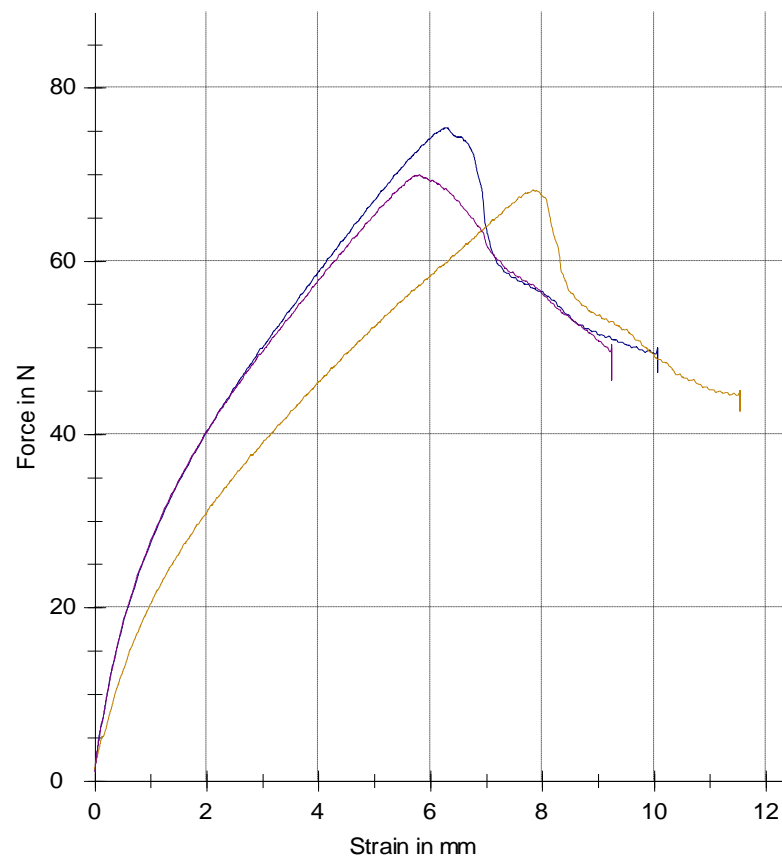
**AFTC AM-9308** – vysoce účinná akrylová páska, která se používá hlavně pro její technické, ekonomické a estetické výhody oproti srovnání se šrouby, nýty, svary atd. Tyto pásky se používají v široké škále odvětví např. automobilový průmysl, letectví, stavební průmysl a v elektronickém průmyslu. Využívají se pro lepení široké škály materiálů např. sklo, ocel, hliník, specifické druhy plastů apod.

Tab. 16. Technické údaje vzorku AM 9308. [14]

<b>Rozměry</b>	9mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	0,8 mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Šedá
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	21N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-30°C až +150°C



Obr. 20. Oboustranná lepicí páska vzorek AM 9308. [14]



Obr. 21. Graf vzorku AM 9308 získaný z trhacího stroje.

Tab. 17. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek AM 9308.

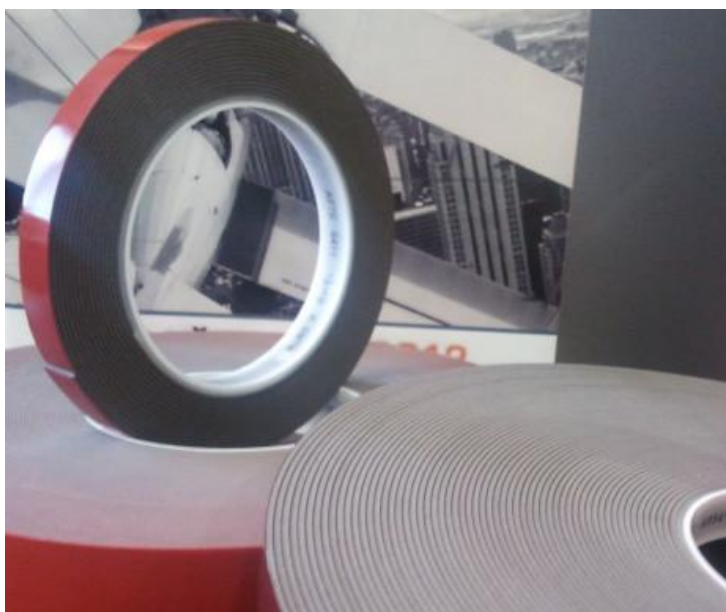
AFTC AM 9308 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	159,00	11,00	72,70	20,10	55,59
s	154,00	4,25	3,83	1,20	
v	33,68	38,25	5,27	5,75	

## 8.7 Pevnost v odlupování vzorku AFTC 5011

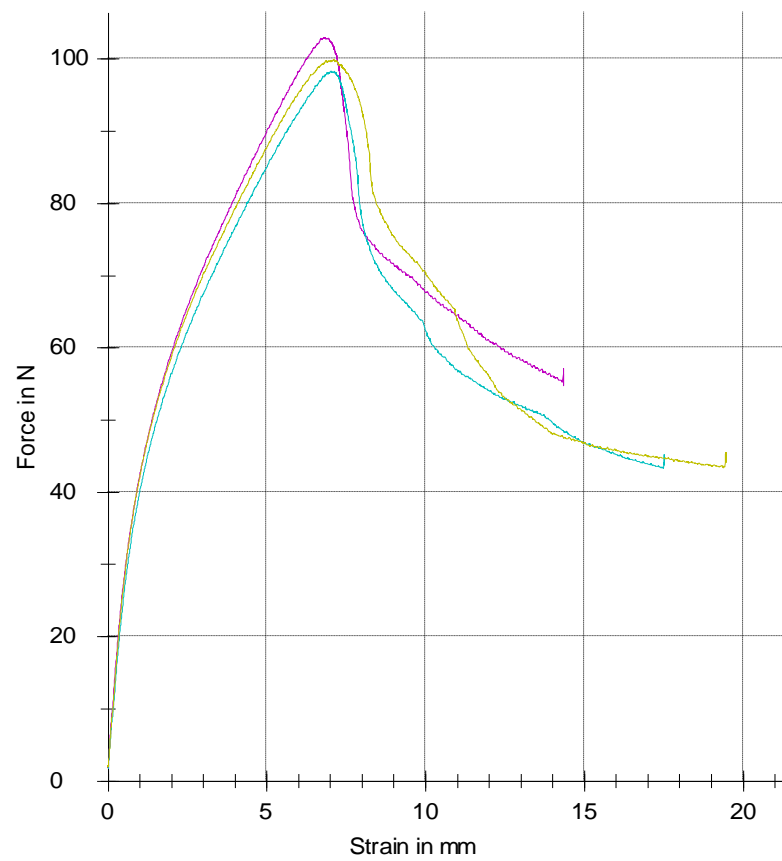
**AFTC 5011** – Oboustranná akrylátová páska má velmi vysokou přilnavost. Vysoce odolná vůči vysokým teplotám, ultrafialovému záření, kapalinám a povětrnostním podmínkám. Páska je navržena pro práci i v náročných podmínkách. Je speciálně určena pro lepení skla, nerezové oceli, pozinkované oceli, různým druhům plastů a především hliníku.

Tab. 18. Technické údaje vzorku AFTC 5011. [14]

<b>Rozměry</b>	25mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	1,1 mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Šedá
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	38N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-35°C až +160°C



Obr. 22. Oboustranná lepicí páska AFTC 5011. [14]



Obr. 23. Graf vzorku AFTC 5011 získaný z trhacího stroje.

Tab. 19. Výsledky z odlupové zkoušky pro vzorek AFTC 5011.

AFTC 5011 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrné deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	100,00	23,30	7,00	485,65	34,97
s	2,38	0,50	0,10	12,66	
v	2,37	2,01	2,01	2,61	



## 8.8 Pevnost v odlupování vzorku AFTC 5310

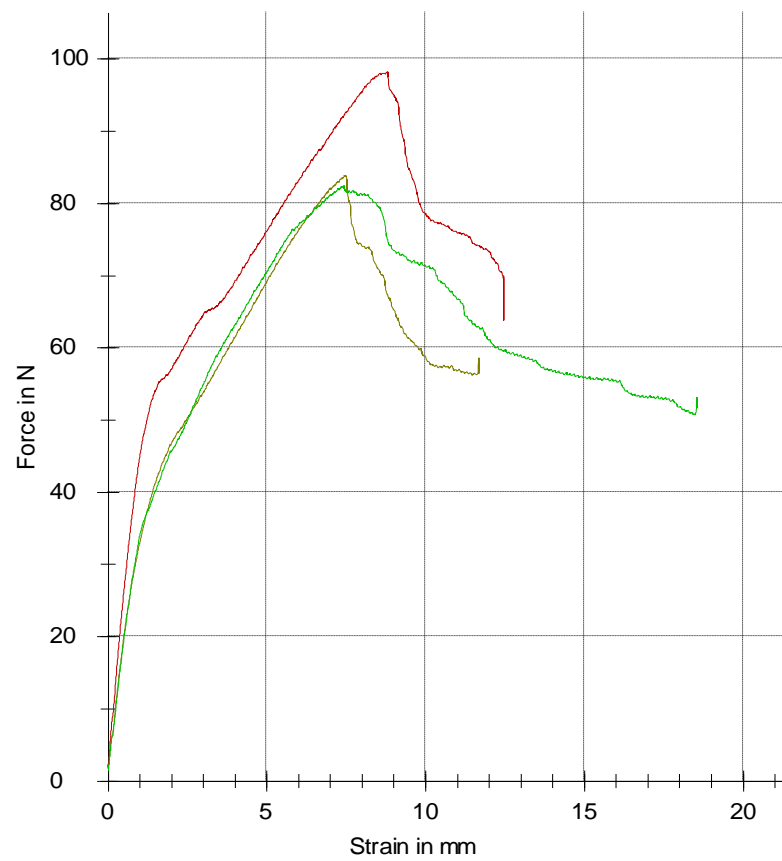
**AFTC 5310** – oboustranná akrylátová páska, která díky své přizpůsobivosti je schopna lepit tenké materiály. Tento typ pásky se vyznačuje díky velmi dobrým těsnícím vlastnostem, tlumením vibrací a odolný proti povětrnostním vlivům, ultrafialovému záření. Může působit jako těsnění a nejlépe jsou vhodné pro lepení různých syntetických materiálů např. vytváření různých reklamních nápisů a osvětlení.

Tab. 20. Technické údaje vzorku AFTC 5310. [14]

<b>Rozměry</b>	12mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	1 mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Průhledný
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	33N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-20°C až +100°C



Obr. 24. Oboustranná lepicí páska AFTC 5310. [14]



Obr. 25. Graf vzorku AFTC 5310 získaný z trhacího stroje.

Tab. 21. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek AFTC 5310.

AFTC 5310 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	88,20	26,30	7,90	486,76	30,84
s	8,71	2,60	0,80	109,23	
v	9,88	9,77	9,77	22,44	

## 8.9 Pevnost v odlupování u vzorku Hi-Bond 6080

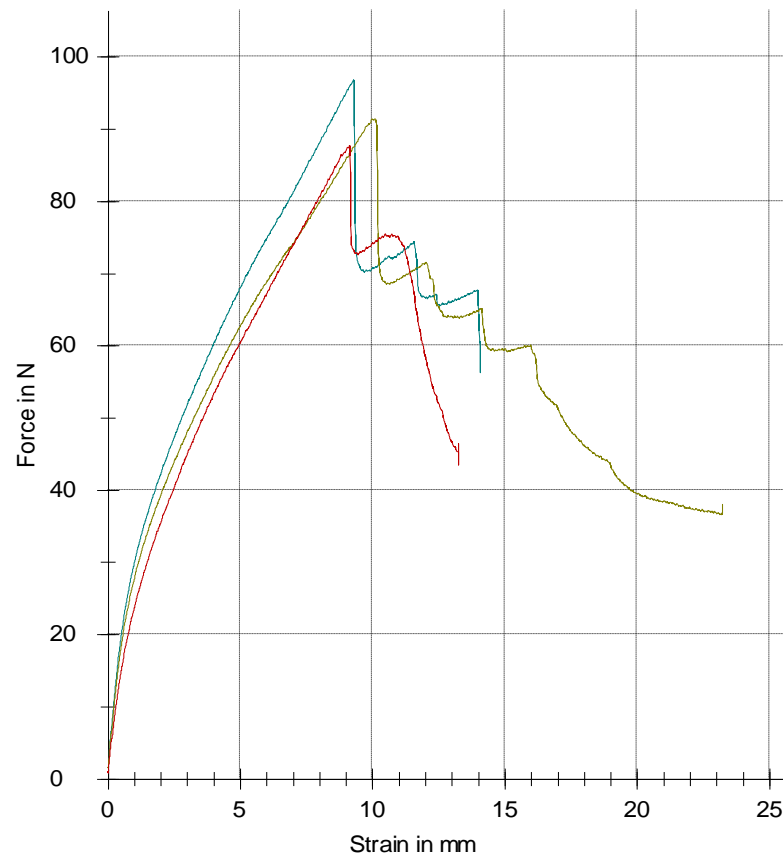
**Hi-Bond 6080** – pěnová akrylová páska, která je vhodná pro lepení všech kovů. Může nahradit bodové svařování a mechanické upevňovací prvky, jako jsou nýty a šrouby. Využívá se ve strojírenství, u konstrukcí, solárního průmyslu a však nejvíce se využívá v automobilovém průmyslu pro lepení bočních lišt, plastů a reklam.

Tab. 22. Technické údaje vzorku Hi-Bond 6080. [15]

<b>Rozměry</b>	25mm x 10m
<b>Tloušťka</b>	0,8mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie nebo papír
<b>Barva pásky</b>	Šedá
<b>Hustota pěny</b>	770kg/m <sup>3</sup>
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	33N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-40°C až +160°C



Obr. 26. Oboustranná lepicí páska Hi-Bond 6080. [15]



Obr. 27. Graf vzorku Hi-Bond 6080 získaný z trhacího stroje.

Tab. 23. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek Hi-Bond 6080.

Hi-Bond 6080 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	92,00	31,70	9,50	558,95	32,17
s	4,61	1,70	0,50	53,39	
v	5,00	5,44	5,44	9,55	

## 8.10 Pevnost v odlupování vzorku VST Hi-Bond 4110

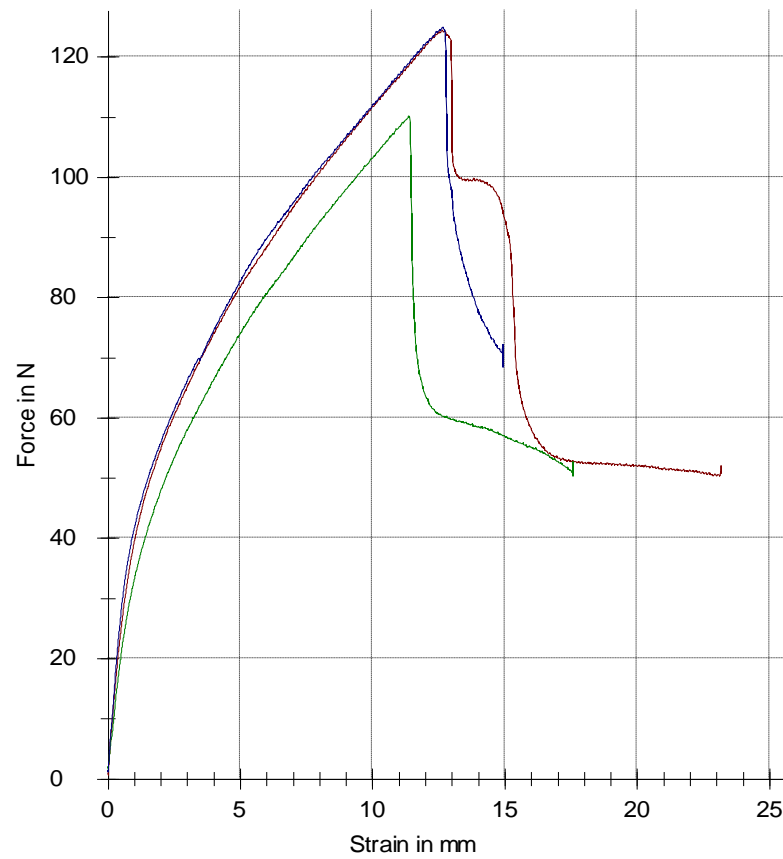
**VST Hi-Bond 4110** – akrylová pěnová oboustranná páska, velmi přizpůsobivá k drsnějším povrchům. Páska nahrazuje mechanické spojování. Mezi přednosti pásky patří vysoká pevnost, vodotěsnost, tlumení vibrací a prakticky neviditelný spoj. Využívá se na lepení většiny plastů, kovů, lakovaných kovů a skla.

Tab. 24. Technické údaje vzorku Hi-Bond 4110. [15]

<b>Rozměry</b>	12mm x 33m
<b>Tloušťka</b>	1,1mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Šedá
<b>Hustota pěny</b>	850kg/m <sup>3</sup>
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	37N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-40°C až +160°C



Obr. 28. Oboustranná lepicí páska Hi-Bond 4110. [15]



Obr. 29. Graf vzorku Hi-Bond 4110 získaný z trhacího stroje.

Tab. 25. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek Hi-Bond 4110.

Hi-Bond 6110 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	120,00	40,70	12,20	1002,67	41,96
s	8,40	2,50	0,70	142,42	
v	7,00	6,06	6,06	14,2	

### 8.11 Pevnost v odlupování vzorku VST Hi-Bond 4100

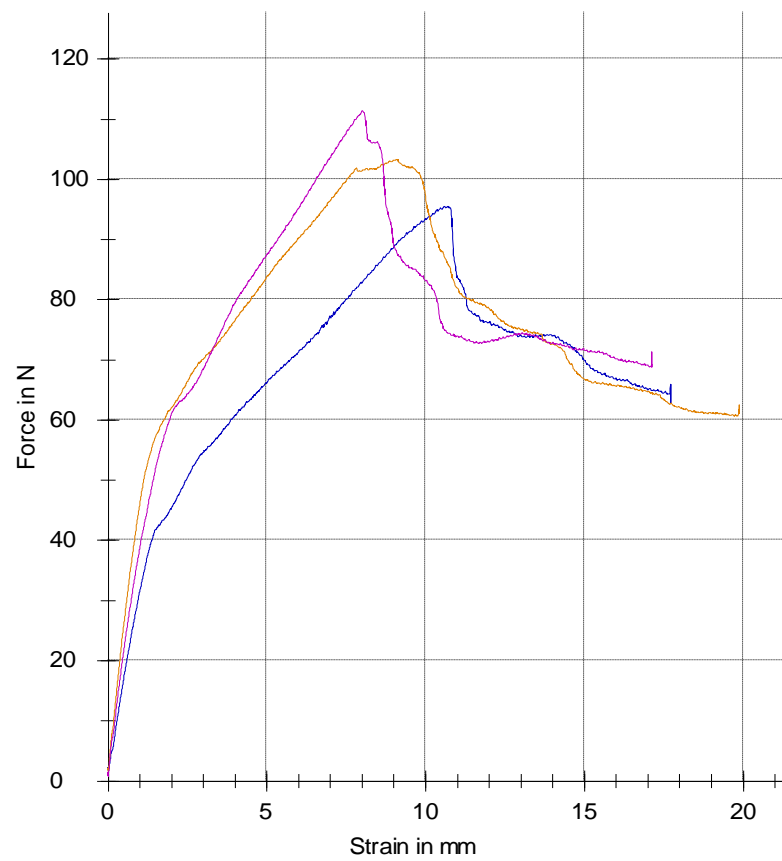
**VST Hi-Bond 4100** – akrylátová pěnová páska, má vynikající adhezní vlastnosti. Působí jako velmi dobré těsnění. Vhodná pro montáž plastových součástí jako jsou desky, tyče, trubky. Díky téměř dokonalé průhlednosti se využívá pro lepení skleněných desek, oken a tvrzeného skla.

Tab. 26. Technické údaje vzorku Hi-Bond 4100. [15]

<b>Rozměry</b>	9mm x 10m
<b>Tloušťka</b>	1mm
<b>Krycí vrstva</b>	Červená folie
<b>Barva pásky</b>	Průhledná
<b>Hustota pěny</b>	850kg/m <sup>3</sup>
<b>Adheze k oceli při stahování</b>	32N/10mm
<b>Teplotní výkonnost</b>	-40°C až +150°C



Obr. 30. Oboustranná lepicí páska Hi-Bond 4100. [15]



Obr. 31. Graf vzorku Hi-Bond 4100 získaný z trhacího stroje.

Tab. 27. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek Hi-Bond 4100.

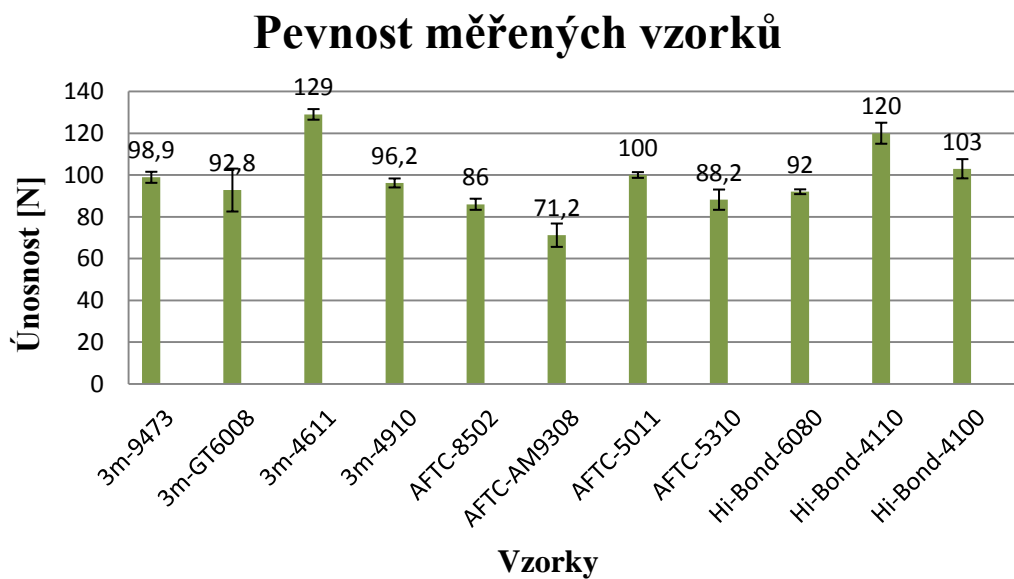
Hi-Bond 4100 n=3	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Poměrná deformace [%]	Prodloužení [mm]	Energie $W_{F_{\max}}$ [Nmm]	Pevnost [MPa]
$\bar{x}$	103,00	30,80	9,20	657,81	36,01
s	7,97	4,30	1,30	54,60	
v	7,70	14,06	14,06	8,30	



## 9 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Tab. 28. Tabulka s cenou, naměřenou únosností a nejistotou měření.

Vzorky	Cena [Kč]	Únosnost $F_{\max}$ [N]	Nejistota měření
<b>3M-9473</b>	812	98,9	2,65
<b>3M-GT6008</b>	1570	92,8	10,27
<b>3M-4611</b>	682	129	2,54
<b>3M-4910</b>	840	96,2	2,15
<b>AFTC-8502</b>	703	86	2,66
<b>AFTC-AM9308</b>	930	71,2	5,59
<b>AFTC-5011</b>	729	100	1,37
<b>AFTC-5310</b>	882	88,2	4,85
<b>Hi-Bond-6080</b>	235	92	1,14
<b>Hi-Bond-4110</b>	650	120	5,03
<b>Hi-Bond-4100</b>	199	103	4,61

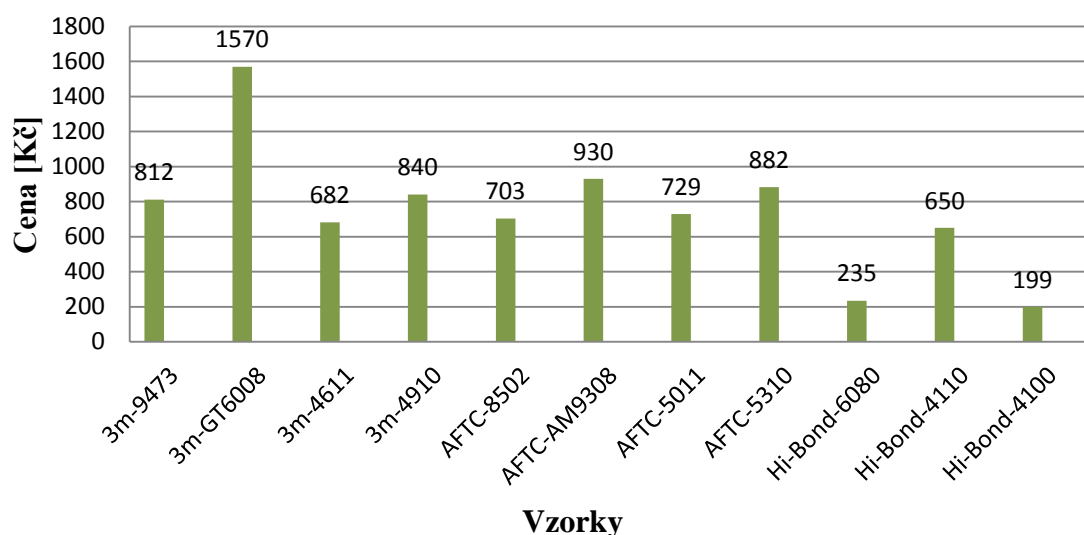


Obr. 32. Graf porovnání pevnosti vzorků.

Z grafu můžeme vyčíst, že po srovnání naměřených pevností vyšly nejlépe vzorky od firem 3M a Hi-Bond. Nejvyšší naměřené hodnoty dosáhl vzorek 3M-4611 s pevností 129 N. Druhé a třetí nejvyšší naměřené hodnoty dosáhly vzorky od firmy Hi-Bond, kdy vzorek Hi-Bond-4110 dosáhl s pevností 120N. Naopak nejhůře z měření vychází firma AFTC se svými vzorky, kdy nejnižší naměřené hodnoty dosáhl vzorek AFTC-AM9308 a to s pevností 71,2N.

V grafu jsou zobrazeny chybové úsečky, které zobrazují nejistoty měření. Čím delší je úsečka, tak tím je větší nejistota měření.

### Cena měřených vzorků



Obr. 33. Porovnání cen vzorků.

V tomto grafu jsme porovnávali ceny všech použitých vzorků. Nejlépe s cenou vyšla firma Hi-Bond která má některé vzorky dokonce i za třetinovou cenu než firmy 3M a AFTC.

Nejnižší cenu na trhu ze zvolených lepicích pásek má vzorek Hi-Bond-4100, která činí 199Kč. Naopak nejvyšší cenu ze zvolených lepicích pásek na trhu má vzorek od firmy 3M-GT6008.

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjistit, které lepicí pásy mají nejvyšší pevnost a poté porovnat ceny produktů. Součástí praktické části je výběr lepicích pásek, informace k použitým vzorkům, konstrukce lepených spojů a nakonec samotné měření pevnosti lepicích pásek zkouškou odlupu, včetně zpracování výsledků.

Ke zkoušení pevnosti lepicích pásek byly vybrány vzorky od tří firem (3M, AFTC, Hi-Bond). Zkušební vzorky byly nalepeny na dva kusy pozinkového plechu, které po přilepení k sobě, vytvořily tvar T. Pevnost lepeného spoje lepicích pásek byla zjišťována odlupovou zkouškou za teploty okolí 22°C na univerzálním zkušebním trhacím stroji ZWICK 1456.

Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že z hlediska pevnosti dosáhly vzorky od firmy AFTC o něco nižších výsledků než vzorky firem 3M a Hi-Bond, které dosáhly vyšších a vyrovnanějších výsledků. Z hlediska ceny nabízí firmy 3M a AFTC vzorky za výrazně vyšší cenu než firma Hi-Bond, která dokonce nabízí pásy na trhu za třetinovou cenu oproti těmto firmám. Když porovnáme kvality pásek z hlediska ceny produktu, tak jako nejlepší volba vychází lepicí pásy od firmy Hi-Bond.

Doporučuji pokračovat v dané problematice v únavových zkouškách a odolnosti lepených spojů. Otestovat dané lepicí pásy při zvýšených teplotách a sledovat jejich změnu vlastností.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOMÁREK, Zdeněk. *Prehľad lepidiel*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1987, 413 s.
- [2] OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely*. 2., přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1982, 283 s.
- [3] FREJDIN, Anatolij Semenovič. *Pevnosť a životnosť lepených spojov*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1988, 282 s.
- [4] PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980, 788 s.
- [5] LANGMAIER, Ferdinand. *Adhese a adhesiva*. 1. vyd. Zlín: FT VUT, 1999, 106 s. ISBN 8021413735
- [6] OSTEN, Miloš. *Lepení plastických hmot*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1972, 149 s.
- [7] Katedra tváření kovů a plastů – Skripta. *Katedra strojírenské technologie, FS, TU v Liberci* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/10.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/10.htm)
- [8] BERAN, Rudolf. *Základy teorie lepení. ABC LEPIDLA* [online]. 2005 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [http://www.abclepidla.cz/Files/file/files/Teorie\\_lepeni.pdf](http://www.abclepidla.cz/Files/file/files/Teorie_lepeni.pdf)
- [9] DĚDEK, Hynek. *Vlastnosti lepených spojů – kovy*. Zlín 2009. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [10] MILIČKA, Jakub. *Vliv beta záření na pevnost lepeného spoje vybraných typů polykarbonátů*. Zlín 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [11] *Materiály pásek* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.laga.cz/technologie-lepeni>
- [12] *Lepicí pásky* [online]. [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.hasoft.cz/lepici-pasky/co-je-lepici-paska.php>
- [13] *Technické listy: 3M* [online]. [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: <http://www.g3.cz/katalog/oboustranne-lepici-pasky-3m>
- [14] *Technical data sheet: AFTC* [online]. [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://aftc.eu/index.php/en/product/silvertape/infobladen/>

- [15] *Technical data sheet: Hi-Bond* [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z:  
[http://www.hi-bondtapes.com/products\\_group.asp?productgroup\\_id=1](http://www.hi-bondtapes.com/products_group.asp?productgroup_id=1)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

°C	Stupně Celsia.
PVC	Polyvinylchlorid.
PP	Polypropylen.
PE	Polyethylen
ČSN	Česká technická norma
$F_a$	Maximální síla
$F_s$	Průměrná síla
n	Počet hodnot proměnné
b	Šířka lepeného spoje
$\bar{x}$	Aritmetický průměr
s	Směrodatná odchylka
v	Variační koeficient
$\sigma$	Střední kvadratická chyba
$\sigma_{WA}$	Počáteční pevnost v odlupování
$\sigma_{WS}$	Střední pevnost v odlupování
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
N	Newton
$F_{max}$	Únosnost
MPa	Megapascal
$W_{F_{max}}$	Energie pro $F_{max}$

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Princip lepeného spoje. [7] .....	14
Obr. 2. Jednostranně lepicí páska. [12].....	18
Obr. 3. Oboustranně lepicí páska. [12] .....	19
Obr. 4. Typy nerovností u lepených ploch. [2].....	20
Obr. 5. Smáčení povrchu kapalinami. [2].....	22
Obr. 6. Pevnost lepených spojů ve smyku. [2] .....	35
Obr. 7. Zkouška lámavostí lepených spojů. [2] .....	36
Obr. 8. Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456. ....	40
Obr. 9. Tvar a rozměry zkušebního vzorku a směr působení síly. [2].....	41
Obr. 10. Oboustranná lepicí páska vzorek 3M-9473. [13] .....	43
Obr. 11. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-9473. ....	44
Obr. 12. Oboustranná lepicí páska vzorek 3M-4611. [13] .....	45
Obr. 13. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-4611. ....	46
Obr. 14. Oboustranná lepicí páska 3M-4910. [13] .....	47
Obr. 15. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-4910. ....	48
Obr. 16. Oboustranná lepicí páska 3M-6008. [13] .....	49
Obr. 17. Graf získaný z trhacího stroje vzorku 3M-6008. ....	50
Obr. 18. Oboustranná lepicí páska AFTC 8502. [14].....	51
Obr. 19. Graf vzorku AFTC 8502 získaný z trhacího stroje.....	52
Obr. 20. Oboustranná lepicí páska vzorek AM 9308. [14].....	53
Obr. 21. Graf vzorku AM 9308 získaný z trhacího stroje. ....	54
Obr. 22. Oboustranná lepicí páska AFTC 5011. [14].....	55
Obr. 23. Graf vzorku AFTC 5011 získaný z trhacího stroje.....	56
Obr. 24. Oboustranná lepicí páska AFTC 5310. [14].....	57
Obr. 25. Graf vzorku AFTC 5310 získaný z trhacího stroje.....	58
Obr. 26. Oboustranná lepicí páska Hi-Bond 6080. [15].....	59
Obr. 27. Graf vzorku Hi-Bond 6080 získaný z trhacího stroje.....	60
Obr. 28. Oboustranná lepicí páska Hi-Bond 4110. [15] .....	61
Obr. 29. Graf vzorku Hi-Bond 4110 získaný z trhacího stroje.....	62
Obr. 30. Oboustranná lepicí páska Hi-Bond 4100. [15] .....	63
Obr. 31. Graf vzorku Hi-Bond 4100 získaný z trhacího stroje.....	64
Obr. 32. Graf porovnání pevnosti vzorků. ....	65

Obr. 33. Porovnání cen vzorků ..... 66



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Nejběžnější materiály nosné pásky. [11] .....	16
Tab. 2. Pěnové hmoty u oboustranně lepicích pásek. [11] .....	17
Tab. 3. Nejběžněji využívaná lepidla. [11] .....	17
Tab. 4. Součinitelé délkové roztažnosti plastických hmot a klasických materiálů. [2] .....	23
Tab. 5. Parametry trhacího stroje. ....	40
Tab. 6. Technické údaje vzorku 3M-9473. [13] .....	43
Tab. 7. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-9473.....	44
Tab. 8. Technické údaje vzorku 3M-4611. [13] .....	45
Tab. 9. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-4611.....	46
Tab. 10. Technické údaje vzorku 3M-4910. [13] .....	47
Tab. 11. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-4910.....	48
Tab. 12. Technické údaje vzorku 3M-6008. [13] .....	49
Tab. 13. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek 3M-6008.....	50
Tab. 14. Technické údaje vzorku AFTC 8502. [14].....	51
Tab. 15. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek AFTC 8502. ....	52
Tab. 16. Technické údaje vzorku AM 9308. [14].....	53
Tab. 17. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek AM 9308.....	54
Tab. 18. Technické údaje vzorku AFTC 5011. [14].....	55
Tab. 19. Výsledky z odlupové zkoušky pro vzorek AFTC 5011. ....	56
Tab. 20. Technické údaje vzorku AFTC 5310. [14].....	57
Tab. 21. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek AFTC 5310. ....	58
Tab. 22. Technické údaje vzorku Hi-Bond 6080. [15] .....	59
Tab. 23. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek Hi-Bond 6080. ....	60
Tab. 24. Technické údaje vzorku Hi-Bond 4110. [15] .....	61
Tab. 25. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek Hi-Bond 4110. ....	62
Tab. 26. Technické údaje vzorku Hi-Bond 4100. [15] .....	63
Tab. 27. Výsledky odlupové zkoušky pro vzorek Hi-Bond 4100. ....	64
Tab. 28. Tabulka s cenou, naměřenou únosností a nejistotou měření. ....	65

## SEZNAM PŘÍLOH

PI     CD rom