

Lepení neplněného PA

Jan Slezák

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: **Jan SLEZÁK**
Osobní číslo: **T09469**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Lepení neplněného PA**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Příprava zkušebních těles 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 BP

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 8. 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 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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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 21.5.2012

Slezák Jan

¹⁾ 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.

²⁾ 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá lepením neplněného polyamidu.

Teoretická část bakalářské práce popisuje polyamidy, jejich vlastnosti a použití, lepení a mechanické zkoušky. Praktická část se zabývá výrobou, přípravou a lepením ozářených a neozářených zkušebních tělísek. Dále v praktické části vyhodnocujeme výsledky tahových zkoušek.

Klíčová slova: polyamid, lepení, lepidla, mechanické zkoušky

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the bonding of unfilled polyamide.

Theoretic part of the bachelor's thesis describes polyamides, their properties and uses, their bonding and mechanical testing. Practical part deals with production, preparation and bonding irradiated and anirradiated testing samples. Further we evaluate results of the tensile tests.

Keywords: polyamide, bonding, adhesives, mechanical tests

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Davidu Maňasovi, Ph.D.

Také bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Bednaříkovi za odbornou pomoc, připomínky a poskytnutí studijních materiálů.

Život si nekoupí nikdo, však užívat ho může každý.

Titus Lucretius Carus

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYAMIDY (PA)	12
1.1 HISTORIE OBJEVU PA	12
1.2 ALIFATICKÉ POLYAMIDY	13
1.2.1 Vlastnosti.....	13
1.2.2 Zpracování.....	14
1.2.3 Využití.....	14
1.3 AROMATICKÉ POLYAMIDY	14
1.3.1 Vlastnosti.....	14
1.3.2 Využití.....	14
2 LEPENÍ	16
2.1 HISTORIE	17
2.2 STRUKTURA LEPENÉHO SPOJE.....	17
2.3 ČINITELÉ OVLIVŇUJÍCÍ SOUDRŽNOST LEPENÉHO SPOJE.....	18
2.3.1 Povrch lepené hmoty	18
2.3.2 Lepidlo	19
2.3.3 Podmínky zpracování.....	21
2.4 VOLBA LEPIDLA	24
2.4.1 Druh lepené hmoty	24
2.4.2 Namáhání lepeného spoje	24
2.4.3 Technologické možnosti provedení	24
2.5 DRUHY LEPIDEL	24
2.5.1 Netvrditelná lepidla	24
2.5.2 Tvrditelná lepidla	25
2.6 LEPENÍ POLYAMIDŮ.....	25
2.6.1 Lepení organickými kyselinami.....	25
2.6.2 Lepení roztokem polyamidu v organických kyselinách.....	25
2.6.3 Lepení roztokem polyamidu v rezorcinu	26
2.6.4 Lepení N-substituovaným polyamidem	26
2.6.5 Lepení alkoholickými roztoky kopolyamidů	26
2.6.6 Lepení polyuretanovými lepidly	26
2.6.7 Lepení fenolickými a rezorcinovými lepidly	26
2.6.8 Lepení kaučukovými lepidly.....	27
3 MECHANICKÉ ZKOUŠKY	28
3.1 ZKOUŠKY TVRDOSTI.....	29
3.1.1 Zkouška podle Brinella (HB)	29
3.1.2 Zkouška podle Rockwella	30
3.1.3 Zkouška podle Vickerse (HV)	31
3.1.4 Zkouška podle Knoopu (HK)	31
3.1.5 Zkouška podle Shorea (HSh)	32
3.2 ZKOUŠKY PEVNOSTI	32
3.2.1 Zkouška tahem	32

3.2.2	Zkouška tlakem	33
3.2.3	Zkouška ohybem	33
3.2.4	Zkouška krutem.....	33
3.2.5	Zkouška stříhem	34
3.3	RÁZOVÉ ZKOUŠKY.....	34
3.3.1	Zkouška rázem v ohybu	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	36
4	CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	37
5	VOLBA LEPIDEL	38
5.1	CYBERBOND	38
5.1.1	Cyberbond 1008	38
5.1.2	Cyberbond 2008	39
5.2	PLEXUS	40
5.2.1	Plexus MA300.....	40
6	VÝROBA LEPENÝCH SPOJŮ A MĚŘENÍ JEJICH PEVNOSTI.....	41
6.1	VÝROBA ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	41
6.1.1	Vstřikovací stroj Arburg 420C Advanced.....	42
6.2	ÚPRAVA ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	42
6.2.1	Radiační síťování	42
6.2.2	Aktivace primerem.....	43
6.3	KONSTRUKCE LEPENÝCH SPOJŮ.....	45
6.4	MĚŘENÍ PEVNOSTI LEPENÝCH SPOJŮ	46
6.4.1	Trhací stroj Zwick	46
7	VÝSLEDKY TAHOVÝCH ZKOUŠEK	47
7.1	VLIV OZÁŘENÍ NA PEVNOST ZÁKLADNÍCH MATERIÁLŮ.....	47
7.2	LEPENÍ LEPIDLEM CYBERBOND 1008	48
7.2.1	Vliv radiačního síťování na pevnost lepených spojů	49
7.3	LEPENÍ LEPIDLEM CYBERBOND 2008	50
7.3.1	Vliv radiačního síťování na pevnost lepených spojů	51
7.4	LEPENÍ LEPIDLEM PLEXUS MA300.....	53
7.4.1	Vliv radiačního síťování na pevnost lepených spojů	54
7.5	POROVNÁNÍ LEPIDEL	55
8	DISKUZE VÝSLEDKŮ	57
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Pojem lepení a lepidla je znám už z doby 4000 př. n. l., kdy bylo prokázáno první použítá lepidla. První lepidla byla vyrobena z přírodní gumy a pryskyřice. Lepidla jsou známá asi 6000 let, ale většina technologií pro jejich výrobu byla vyvinuta během posledních 100 let.

Má bakalářská práce je zaměřena na lepení polymeru a to konkrétně neplněného polyamidu. Polyamidy jsou lineární polymery. Vyskytují se jako alifatické a aromatické. Polyamidy byly objeveny ve 30. letech 20. století. Nejznámějším polyamidovým vláknem je polyamid 66 (nylon) – první syntetické vlákno na světě. Nylon se využíval především v textilním průmyslu. Později byl objeven polyamid 6 – silon.

Práce se zpočátku zabývá rozdělením, historií a zpracováním polyamidu. Dále je zaměřena na samotné lepení. Na historii, rozdělení a samotné lepení polyamidu. V poslední části teoretické části se má práce zabývat mechanickými zkouškami.

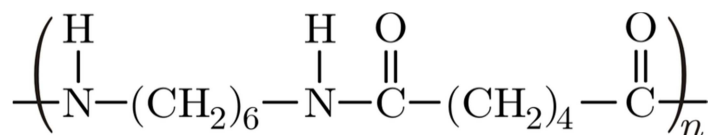
Součástí práce jsou také tahové zkoušky lepených spojů. Tyto zkoušky se prováděly a vyhodnocovaly na trhacím stroji na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

I. TEORETICKÁ ČÁST

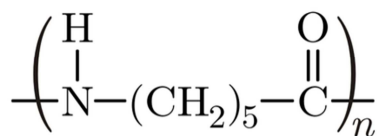
1 POLYAMIDY (PA)

Polyamidy jsou lineární polymery obsahující v řetězcích amidové skupiny –CONH–. Nejvýznamnější a nejrozšířenější jsou polyamidy s alifatickými řetězci, na trhu jsou však i typy aromatické. Polyamidy se vyrábějí čtyřmi postupy:

- Polykondenzací dikarboxylových kyselin a diaminů.
- Polykondenzací ω -aminokarboxylových kyselin.
- Polymerací cyklických laktamů.
- Polykondenzací dichloridů aromatických dikarboxylových kyselin s aromatickými diaminy. [1]



Nylon 66



Nylon 6

Obr. 1. Chemická struktura polyamidových vláken. [3]

1.1 Historie objevu PA

Dr. Wallace Carothers a jeho kolegové se ve 30. letech 20. století věnovali studiu lineárních polymerních molekul. Výsledkem byly mimo jiné polyamidy, zejména polyamid 66 (nylon) – první syntetické vlákno na světě. Nylon se využíval zejména na nylonové dámské punčochy, na výrobu vojenských padáku nebo na sítě proti moskytům. Mezitím v německých laboratořích zahájil práci na kondenzačních reakcích Paul Schlack. V roce 1938 byl syntetizován polykaprolaktam neboli polyamid 6. U nás pracoval Otto Wichterle se spolupracovníky na polymeraci kaprolaktamu tajně během války v Baťových laboratořích ve Zlíně. Původní název našeho domácího polyamidu winop (podle výzkumného týmu Wichterle – Novotný – Procházka) byl později změněn na silon. [2]

1.2 Alifatické polyamidy

K jednoduchému označování alifatických polyamidů byl zaveden systém, který udává počet uhlíkových atomů ve stavebních jednotkách řetězců. [1]

Polyamid 6 – Je to tvrdá, světle žlutá hmota o velmi nízké viskozitě. Má dobré mechanické vlastnosti, nízký koeficient tření, výbornou ošetrivost, dobrou rázovou houževnatost a elektroizolační vlastnosti. Nevýhodou je značná navlhavost. Používá se pro výrobu vláken i jako konstrukční materiál.

Polyamid 66 – Je to nejdůležitější zástupce polyamidů vyráběných polykondenzací diaminů a dikarboxylových kyselin. PA 66 má oproti PA 6 vyšší teplotu tání, vyšší pevnost a nižší navlhavost. Používá se jako konstrukční termoplast i jako materiál pro výrobu vláken a fólií.

Polyamid 46 – Polyamid s vysokou tepelnou odolností. Je často využíván jako náhrada kovu v automobilovém průmyslu.

Polyamid 11 – Vyrobený firmou Arkema v roce 1942, je výjimečný tím, že jeho výroba vychází z obnovitelného zdroje – z ricinového oleje. [2]



Obr. 2. Silon. [18]

1.2.1 Vlastnosti

Většina polyamidů jsou semi-krytalické velmi tvrdé materiály s dobrou chemickou odolností. Charakteristickou vlastností všech semi-krytalických polyamidů je, že absorbují vlhkost, jsou-li skladovány na vzduchu nebo ponořeny do vody. Míra absorpce vody záleží na typu polyamidu, míře krystalinity a okolní vlhkosti. Polyamidy mají dobrou odolnost k většině chemikálií, mohou být však degradovány silnými kyselinami, zásadami a alkoholy. Polyamidy jsou tepelně odolné. [2]

1.2.2 Zpracování

Alifatické polyamidy můžeme zpracovat všemi obvyklými postupy pro termoplasty (vstříkáním, vyfukováním, litím, vytlačováním na film, zvlákňováním z taveniny). Lze je svařovat, lepit, potiskovat i pokovovat. [2]

1.2.3 Využití

Konstrukční plasty – V automobilovém průmyslu nahrazují polyamidy ocelové a hliníkové části vozu. Uplatňují se jako ozubená kola, ložiska a jiné části motorů. Používají se v elektrických a elektronických zařízeních jako konektory, izolační systémy, elektrické rozvody, vypínače, zásuvky apod.

Průmyslová vlákna – Polyamidy se využívají pro řadu průmyslových aplikací, např. jako filtrační tkaniny, kordy pneumatik, na výrobu airbagů, lan a provazů, nití, sítí apod.

Textilní vlákna – Polyamidová vlákna se používají pro výrobu potahových látek pro nábytkářský a automobilový průmysl, sportovního oblečení, mimo jiné i pro výrobu odolných ochranných oděvů, kombinéz pro piloty tryskových letadel. [2]

1.3 Aromatické polyamidy

Aramidy je zkratka sousloví aromatické polyamidy. Aramidy vznikají napojením aromatických struktur na polyamidový řetězec. [2]

1.3.1 Vlastnosti

Aramid byl vyvinut především jako vlákno odolné proti vysokým teplotám. Takzvané meta-aramidy (m-aramidy) mají bod tání přes 400°C, jsou odolné proti chemikáliím, pružné, snadno se zpracují v textilní výrobě. Nejznámější značka je Nomex. Dalším stupněm vývoje jsou para-aramidy (p-aramidy) vyráběné od 70. let minulého století. Nejznámější značka je Kevlar. Tato vlákna dosahují mimořádnou pevnost v tahu při nízké specifické hmotnosti, srovnatelnou jen s uhlíkovými vlákny. [3]

1.3.2 Využití

Nomex se využívá pro výrobu ochranných oděvů, speciální šicí nitě, filtrů, padáků, rukavic a bot. [3]

Kevlar se používá v automobilovém průmyslu jako náhrada azbestu ve spojivém a brzdovém obložení, v různých druzích automobilových hadic i v kordech pneumatik.

Uplatňuje se v optických kabelech, při výrobě letadel, lodí a sportovního zboží. Taky se používá na výrobu balistických vest a přileb, odolných vůči střelám a střepinám. [2]



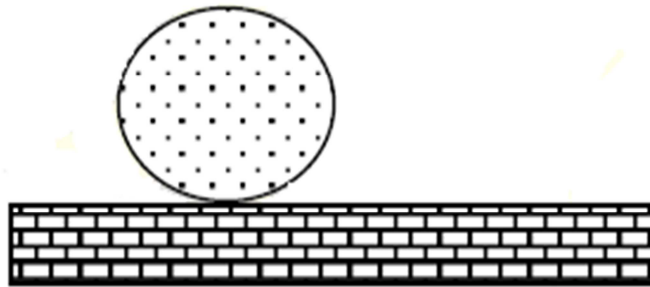
Obr. 3. Kord pneumatiky vyztužený aramidovými vlákny Kevlar. [2]

2 LEPENÍ

Lepení znamená spojení dvou různých ploch prostřednictvím lepidla. Každé lepidlo je v době lepení v kapalném stavu. Jedině tak může zajistit dokonalé přilnutí k povrchům lepeného materiálu.

Pevnost slepeného spoje závisí na čtyřech parametrech:

- a) Na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (adheze).
- b) Na soudržnosti hmoty lepidla neboli vnitřní pevnosti lepidla (koheze).
- c) Na smáčivosti lepeného povrchu kapalným lepidlem.
- d) Na pevnosti (soudržnosti) lepeného materiálu. [4]



Obr. 4. Kapalina nesmáčejí povrch. [6]



Obr. 5. Kapalina smáčejí povrch. [6]

2.1 Historie

První lepidla byla vyrobena z přírodní gumy a pryskyřice. První zmínky o lepidle pocházejí přibližně z roku 2000 př. n. l. Popisují jednoduché způsoby výroby a použití živočišného lepidla.

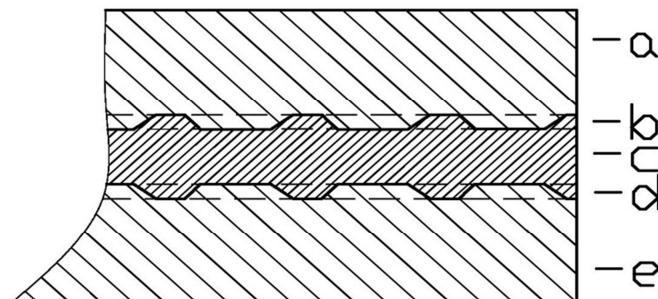
V období 1500 – 1000 př. n. l. se lepidlo stalo metodou montáže. V období prvních 500 let našeho letopočtu vyvinuli Římané a Řekové umění dýchování a intarzie, která spočívají v lepení vrstev dřeva. Římané byli jedni z prvních, kteří použili tér a včelí vosk k utěsnění lodí. Kolem roku 1700 byla otevřena první komerční továrna na lepidla v Holandsku. Lepidlo se zde vyrábělo ze zvířecí kůže. Do roku 1900 vyrostlo mnoho továren na výrobu lepidel.

Lepidla jsou známá asi 6000 let, ale většina technologií pro jejich výrobu byla vyvinuta až během posledních 100 let. [5]

2.2 Struktura lepeného spoje

Každý pevný lepený spoj lze považovat za soubor pěti navzájem vázaných vrstev. Jde o tyto vrstvy:

- a) Lepený materiál na jedné straně spoje.
- b) Mikrovrstva, v níž se lepidlo a nerovnosti povrchu lepené hmoty prolínají, na jedné straně spoje.
- c) Vlastní film lepidla.
- d) Mikrovrstva, v níž se lepidlo a nerovnosti povrchu lepené hmoty prolínají, na druhé straně spoje.
- e) Lepený materiál na druhé straně spoje. [6]



Obr. 6. Struktura lepeného spoje. [6]

Spoj takové struktury může vzniknout jen za určitých podmínek. Musí se zvolit lepidlo, u něhož lze předpokládat maximální specifickou adhezi k dané hmotě. Lepidlo musí být rovnoměrně nanášeno na jednu nebo obě styčné plochy, které musí dokonale smáčet. Po uzavření spoje se musí lepidlo ve spáře stejnoměrně rozvrstvit a vytvořit aktivní film. Nakonec je třeba, aby lepidlo přešlo z tekuté fáze do fáze tuhé. [6]

2.3 Činitelé ovlivňující soudržnost lepeného spoje

2.3.1 Povrch lepené hmoty

Polarita

- a) Slabě až středně polární hmoty – jsou lepitelné polárními lepidly stejného původu jako lepená hmota.
- b) Silně polární hmoty – se lepí hůře než hmoty slabě polární.
- c) Některé nepolární hmoty – jsou velmi těžce lepitelné až nelepitelné. [6]

Krystalinita polymerů

Ne všechny plastické hmoty mají amorfni strukturu. Některé termoplasty (mimo jiné i PA) jeví sklon ke krystalinitě. Vyznačují se lepšími mechanickými a fyzikálními vlastnostmi než polymer amorfni. Na lepitelnost má krystalinita opačný vliv. Se zvyšujícím se krystalinickým podílem klesá lepitelnost polymeru. [6]

Obsah plniv

Většina plniv je obsažena v plastických hmotách polárního charakteru a adhezi lepidel k povrchu hmoty zlepšuje nebo aspoň nezhoršuje. [6]

Obsah změkčovadel

Plastické hmoty obsahující ve větším množství nízkomolekulární změkčovadla, mohou být lepeny jen lepidly, která se s těmito změkčovadly nemísí. Jinak změkčovadlo po určité době film lepidla rozleptá – ohrožena pevnost spoje. [6]

Soudržnost povrchu

Na tomto faktoru závisí pevnost spoje. Tato vlastnost je důležitá při zpracování lehčených pěnových materiálů, kaširovaných vícevrstevných hmot, dekoračních materiálů elektrostaticky poprašovaných a skelných laminátů. [6]

Rovnost a hladkost povrchu

Každá styčná plocha představuje tři druhy povrchu:

- a) Geometrický povrch – daný konstrukčními rozměry spoje.
- b) Mikropovrch – styčná plocha, zahrnující veškeré nerovnosti a póry.
- c) Účinný povrch – část mikropovrchu, skutečně smáčená lepidlem. [6]

Čistota povrchu

Kontakt lepidla s povrchem lepené hmoty předpokládá, že plocha určená k lepení je zbavena všech nečistot (mastnoty, korozních zplodin, adsorbovaných plynů). K odmašťování se používá rozpouštědel a moření chemickými látkami. [6]

Délková roztažnost

Většina plastických hmot má 6 až 10 krát větší délkovou roztažnost za tepla než klasické materiály (skol, dřevo, kovy). U kombinovaných spojů může tato vlastnost způsobit pnutí a následnou deformaci nebo porušení spoje. [6]

2.3.2 Lepidlo

Polymerační stupeň

S vyšším polymeračním stupněm se zlepšuje tepelná odolnost. Makromolekuly s nižším polymeračním stupněm lépe difundují do mikroskopických pórů povrchu. Makromolekuly vyššího polymeračního stupně jsou vhodné pro vytvoření pevného filmu lepidla. Pro použití na lepidla se hodí polymery polymeračního stupně 50-300. [6]

Vedlejší skupiny na řetězci polymeru

Tímto faktorem jsou určovány polární charakteristiky, rozpustnost a tuhost filmu lepidla.

Přídavek plniva

Reguluje se jím viskozita a nepřímo tedy prosakování lepidla do podkladu a tloušťka filmu lepidla. Plnivo může sloužit k rozvedení vnitřního pnutí lepidla nebo k vyrovnání fyzikálních vlastností lepidla a lepené hmoty. Některá plniva se hodí jako nastavovadla, která lepící směs zlevňují. [6]

Přídavek změkčovadla

Tuhost filmu lepidla i adhezi k podkladu lze ovlivnit přídavkem změkčovadla.

Větší měkkost a přilnavost filmu obsahující změkčovadlo je vysvětlována lepší pohyblivostí makromolekul a jejich snadnějším pronikáním do mikroskopických pórů povrchu lepené hmoty. Obsah změkčovadla v lepidle zpravidla nepřesahuje 20%. [6]

Obsah rozpouštědla

Rozpouštědlo slouží jako pomocný prostředek, který usnadňuje rovnoměrné nanesení polymeru na lepený povrch. Zlepšuje smáčivost povrchu a tím i kontakt lepidla s mikropovrchem hmoty. Rozpouštědlo se z filmu lepidla musí vždy odstranit. Děje se trojím způsobem:

- a) Předběžným odpařením ve fázi otevřeného sestavení spoje.
- b) Vsáknutím do jedné nebo obou lepených ploch a následným odpařením.
- c) Polymerací, jde-li o reaktivní rozpouštědlo. [6]

Viskozita lepidla

Viskozita lepidla je funkcí obsahu sušiny, polymeračního stupně filmotvorného polymeru, poměru rozpouštědla k ředidlu a teploty. Čím je lepidlo viskóznější, tím hůře se nanáší. [6]

Kyselost a alkalita

Některá dvousložková lepidla se vytvrzují silně kyselými nebo silně alkalickými tvrdícími katalyzátory. Tyto lepidla nelze použít k lepení povrchů, které by potřebnou kyselost nebo alkalitu obsaženého tvrdidla otupovaly. [6]

Homogenita lepidla

Homogenita lepidla je předpokladem úspěšného lepení. Lepidla obsahující plniva se musí před použitím dobře promíchat, neboť při dlouhodobém uskladnění plnivo sedimentuje. Podobně může u lepidel s obsahem vody dojít při uskladnění v mrazu k oddělení pryskyřičných produktů do vodné vrstvy. [6]

Objemová stálost filmu lepidla

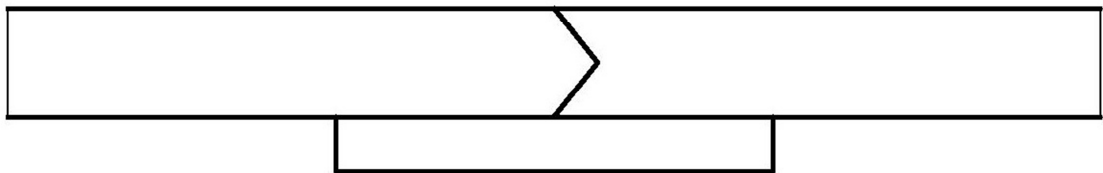
Při tuhnutí lepidla dochází k jeho objemovým změnám. Nejméně se smršťují lepidla tavná a lepidla reaktivní. K největšímu smrštění dochází u lepidel rozpouštědlových a disperzních. [6]

2.3.3 Podmínky zpracování

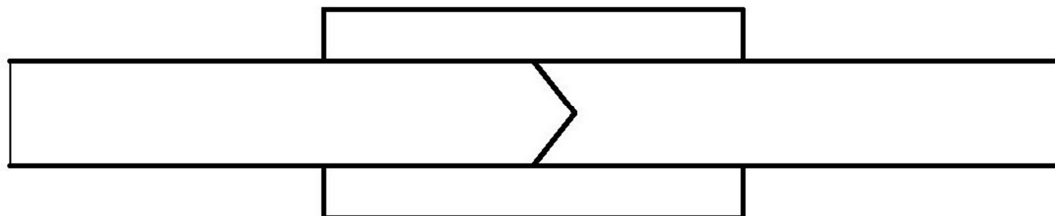
Konstrukce lepených spojů

Spoje konstrukčních a funkčních součástí z plastických hmot mohou být provedeny lepením jen při dodržení určitých podmínek:

1. Konstrukci je třeba upravit, aby spoj byl co neméně namáhán na pevnost v odlupování, na kterou jsou lepené spoje velmi citlivé. K namáhání ve smyku jsou mnohem odolnější.
2. Tloušťka a tvarová stálost slepovaných materiálů musí být co největší. Vždy je výhodnější zesílit slepovaný spoj jedním nebo dvojitým přeplátováním. Rozměr přeplátování spoje má být pětinasobkem tloušťky lepeného materiálu. [6]



Obr. 7. Lepený spoj s jedním přeplátováním. [6]



Obr. 8 Lepený spoj s dvojitým přeplátováním. [6]

U konstrukcí namáhaných rázovým zatížením se doporučuje sestavovat spoj z mnoha vrstev stejného materiálu nebo ze dvou různých vrstev materiálu. Při stejné celkové tloušťce je rázová pevnost vícevrstvého laminátu mnohem větší. [6]

Předběžná úprava spojovaných ploch

Předběžná úprava spojovaných ploch má tento účel:

- a) Obrobením povrchu a odstraněním separačně působících látek se umožní přímý a rovnoměrný styk lepidla s hmotou.
- b) Chemickou nebo fyzikální aktivací se podle potřeby zlepší adhezní vlastnosti podkladu.
- c) V zájmu dobré kvality spoje se někdy slepované materiály předem tepelně nebo klimaticky upravují.
- d) Okolí spoje se chrání před znehodnocením lepidlem. [6]

Příprava lepících směsí

Ne vždy můžeme lepidla zpracovávat přímo ve formě, v jaké byla dodána. Lepidla uskladněná ve studených místnostech se musí před použitím temperovat na pracovní teplotu.

Jindy je pro zajištění stejnoměrného rozlivu a tloušťky nánosu potřebná úprava viskozity. Lepidla pro spojování průhledných součástí se mají před nanesením vakuově odplynit. Dvousložková a vícesložková lepidla se před použitím míchají s příslušným tvrdidlem, urychlovačem a dalšími přísadami. [6]

Nanášení lepidla

Rovnoměrnost, souvislost a správná tloušťka nánosu lepidla na jedné nebo obou styčných plochách spoje jsou prvním předpokladem úspěšného lepení. Zda má být nános jednostranný nebo oboustranný, rozhoduje druh lepidla a celkový charakter spoje. Nános lepidla musí stačit k vytvoření souvislého filmu lepidla ve spáře, s mírným přetokem. Optimální dodržení tloušťky nánosu umožňují lepící fólie. Lepící fólie jsou teplem aktivovatelná lepidla nanesená na celulózovém nosiči. Tekutá lepidla lze nanášet ručně nebo vhodným nanášecím zařízením.

V prvním případě se používají pomůcky jako štětec, ruční válečkové nanášecí zařízení, hladké nebo rýhované stěrky a stříkací pistole. Pro souvislé nanášení lepidel byla vyvinuta mechanická zařízení pracující na různém principu. Jde o nanášecí stroje válcové, segmentové, raklové, štěrbínové a clonové.

Konstrukce nanášecích strojů mají některé společné znaky:

- a) Zhotovují se z nekorodujících materiálů.
- b) Zásobníky na lepidlo jsou řešeny jako uzavřená zařízení s minimální odparnou plochou.
- c) Pro udržení konstantního složení lepidla je instalováno cirkulační zařízení napojené na zubové nebo odstředivé čerpadlo. [6]

Význam tlaku

Působením tlaku na soubor lepených ploch napomáhá jejich fixaci proti posunutí nebo odchýlení a přispívá k stejnosměrnému rozvrstvení lepidla po celé ploše spoje. Současně se vyrovnávají menší nerovnosti podkladu a lepidlo snáze pronikne do povrchových pórů. Spojované plochy musí zůstat pod tlakem tak dlouho, až dojde k pevnému vzájemnému spojení. [6]

Význam teploty

Teplota ovlivňuje kvalitu nánosu lepidla a časový průběh jeho tuhnutí ve spoji. V praxi se rozlišuje:

- a) Lepení za studena – lepidlo se nechává tuhnout při teplotě místnosti (15 až 20 °C).
- b) Lepení za zvýšené teploty – teplota nad 25 °C.
- c) Lepení za horka – teplota nad 100 °C. [6]

Podmínky a doba tuhnutí lepidla

Tuhnutí lepidla je závislé na jeho složení, pórovitosti lepených ploch a teplotě okolí. U reaktivních lepidel je příčinou jejich tuhnutí chemická reakce. U nereaktivních lepidel je tuhnutí lepidla podmíněné předběžným odpařením rozpouštědla ve fázi otevřeného sestavení spoje a vsáknutí zbytku rozpouštědla do pórovitého podkladu. [6]

Stav zpracovatelského zařízení

Na kvalitu lepeného spoje má vliv i stav zpracovatelského zařízení a pomůcek. [6]

2.4 Volba lepidla

Výběr lepidla závisí na třech ukazatelích:

- a) druhu lepené hmoty,
- b) předpokládanému namáhání spoje
- c) technologickým podmínkám provedení. [6]

2.4.1 Druh lepené hmoty

Musíme vědět, jaké hmoty budeme spojovat, jaká je jejich rozpustnost v organických rozpouštědlech, tepelná stálost a roztažnost, jaký podíl změkčovadel obsahují atd. Jestli tyto údaje nemáme, musíme je dodatečně zjistit. Teprve po přesné identifikaci druhu obou spojovaných hmot je možno zvolit optimální lepidlo. [6]

2.4.2 Namáhání lepeného spoje

Z lepidel je nutno vybrat taková, která vyhovují předpokládanému zatížení budoucího spoje. Pro tepelně a chemicky namáhané spoje vyhovují lepidla tvrditelná. Termoplastická lepidla jsou dobrá pro houževnaté a čiré spoje. [6]

2.4.3 Technologické možnosti provedení

Při výběru lepidla pro spojovaný systém je třeba přihlížet i k předpokládanému způsobu zpracování (nanášení, předsoušení, tvrzení). [6]

2.5 Druhy lepidel

Lepidla dělíme např. podle chemického složení, konzistence, způsobu tuhnutí, odolnosti vytvrzeného lepidla proti vlhkosti apod.

2.5.1 Netvrditelná lepidla

- a) Polyvinylalkoholová lepidla
- b) Polyvinyléterová lepidla
- c) Polyvinylacetátová lepidla
- d) Polyvinylacetalová lepidla
- e) Polyvinylchloridová lepidla
- f) Polyakrylátová lepidla
- g) Polyamidová lepidla

- h) Polystyrenová lepidla
- i) Polyizobutylénová lepidla
- j) Polysulfidová lepidla
- k) Kaučuková lepidla
- l) Lepidla na bázi derivátů celulózy

2.5.2 Tvrditelná lepidla

- a) Fenolformaldehydová lepidla
- b) Rezorcinformaldehydová lepidla
- c) Močovinoformaldehydová lepidla
- d) Melaminoformaldehydová lepidla
- e) Epoxidová lepidla
- f) Polyesterová lepidla
- g) Polyuretanová lepidla [6]

2.6 Lepení polyamidů

Polyamid je materiál velmi elastický a houževnatý. Při slepování musí film lepidla ve spáře odpovídat těmto vlastnostem. Většina navržených lepidel proto polyamid v různé formě obsahuje. [6]

2.6.1 Lepení organickými kyselinami

Koncentrovaná kyselina mravenčí a kyselina octová jsou účinnými rozpouštědly polyamidu a může se jich proto použít jako prostředku ke slepování polyamidu. Koncentrace kyseliny mravenčí musí být 98 až 100%, kyseliny octové nejméně 65%. Kyselinou se potřou obě plochy a po 5 až 10 minutách bobtnání se přiloží k sobě a fixují nízkým tlakem. Tuhnutí se urychlí zahřátím na 60 až 70 °C. tato metoda spojování polyamidu je vhodná pro spojování masivních předmětů. [6]

2.6.2 Lepení roztokem polyamidu v organických kyselinách

Lépe než čisté kyseliny se pro vzájemné spojování polyamidu hodí lepidla na bázi 10 až 20%ních roztoků polyamidu v kyselině mravenčí. Tato lepidla lze použít jen na masivní dílce. Při lepení lepidly s obsahem kyseliny mravenčí a octové je třeba pracovat v dobře větraných místnostech a dokonale chránit ruce pryžovými rukavicemi a oči ochranným štítem proti poleptání. [6]

2.6.3 Lepení roztokem polyamidu v rezorcinu

Nejpoužívanější lepidlo. Lepí se jím silonové hnací řemeny, pásy, výlisky, fólie. Alkoholický roztok rezorcinu nepůsobí hydrolyticky, takže spoje nekřehnou. Lepidlem se natrou ve velmi tenké vrstvě obě spojované plochy a rozpouštědlo se nechá volně odtékat.

Za půl hodiny se nános tenké vrstvy lepidla opakuje. Po další půlhodině se spojované plochy k sobě přiloží a fixují se tlakem. Spoje schnou za normální teploty nejméně 24 hodin. [6]

Lepení polyamidu s jinými materiály

2.6.4 Lepení N-substituovaným polyamidem

Je vhodné pro spojování polyamidu s textiliemi, kůží nebo papírem i pro spojování pásků z fólií navzájem. K lepení se používá 15 až 25%ního roztoku N-substituovaného polyamidu ve vodě nebo ve směsi voda – alkohol. Lepidlo se nanese na obě lepené plochy a nechá se 5 až 10 minut volně schnout. Pak se spoj uzavře a zahřívá se 40 až 60 minut při teplotě 100 až 115 °C. [6]

2.6.5 Lepení alkoholickými roztoky kopolyamidů

Dvousložkové až třísložkové kopolyamidy jsou aplikovány ve formě 10 až 20%ních alkoholických nebo vodně alkoholických roztoků jako lepidla pro spojování polyamidů navzájem nebo častěji polyamidů s textilem a kůží. Nevýhodou je malá odolnost proti vodě. Odolnost proti vodě se zlepší přidáním změkčovadel. [6]

2.6.6 Lepení polyuretanovými lepidly

Polyuretanová lepidla jsou použitelná pro spojování polyamidu s kovy a pryžovými výrobky. Pro zvětšení adheze se doporučuje úprava povrchu polyamidu leptáním kyselinou mravenčí. [6]

2.6.7 Lepení fenolickými a rezorcinovými lepidly

Fenolformaldehydová lepidla tvrditelná za normální teploty mají stejně jako lepidla fenolrezorcinformaldehydová dobrou adhezi k polyamidu. Spoj je tvrdý a tmavě zbarvený. Používá se ke spojení polyamidu s dřevem a s výlisky z fenolplastů. Lepidlem se natírají obě spojované plochy a po 5 až 10 minutovém schnutí se přiloží k sobě a zajistí se nízkým tlakem proti posunutí. Konečné pevnosti spoje se dosáhne za normální teploty po 24 hodi-

nách. Tuhnutí lze urychlit působením vyšší teploty (80 až 100 °C). Lepidla rezorcinová se používají pro spojování polyamidu s azbestocementovými výrobky a betonem. Fenolické a fenolrezorcinformaldehydové se hodí pro lepení polyamidu s kovy. Kov musí být předem upraven adhezí vrstvou polyvinylbutyralu, polyvinylformalu, popř. jinými termoplastickými polymery. [6]

2.6.8 Lepení kaučukovými lepidly

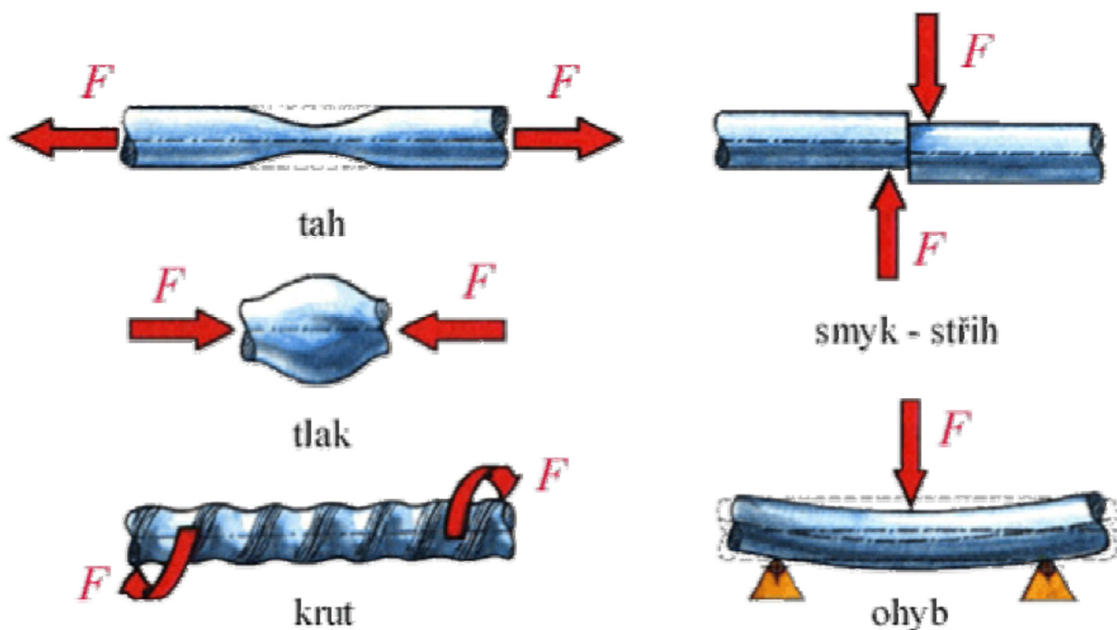
Lepidla na bázi polárních kaučuků jsou dobrá pro lepení polyamidů s měkkými poddajnými výrobky (textilem, kůží a pryžovými předměty). Toto lepidlo se nanáší na obě lepené plochy ve velmi tenké vrstvě. Po 10 až 15 minutách zaschnutí za normální teploty se spoj zalisuje nízkým tlakem. [6]

3 MECHANICKÉ ZKOUŠKY

Zkoušení materiálů je nutnou součástí nejen výrobního postupu, ale i kontroly výrobků a polotovárů a je i důležitým prostředkem a základem výzkumných a vývojových prací. K posuzování mechanických vlastností slouží mechanické zkoušky.

Mechanické zkoušky dělíme dle několika hledisek:

- a) Podle teploty, při které se zkouška provádí:
 - zkoušky při normální teplotě,
 - zkoušky při snížené/zvýšené teplotě.
- b) Podle charakteru působící síly:
 - statické (rychlost zatěžování vzorku je konstantní),
 - dynamické (síla narůstá rychle, během krátkého okamžiku dosahuje síla maxima),
 - únavové (cyklické, síla mění jak svou velikost, tak i směr).
- c) Podle druhu působícího namáhání:
 - tahem,
 - tlakem,
 - krutem,
 - stříhem,
 - ohybem. [7]



Obr. 9. Druhy mechanického namáhání. [7]

Tato namáhání nepůsobí samostatně, ale v různých kombinacích. Aby materiál namáhání odolal, musí mít určité vlastnosti (pevnost, pružnost, tvrdost, tvárnost a jiné). [8]

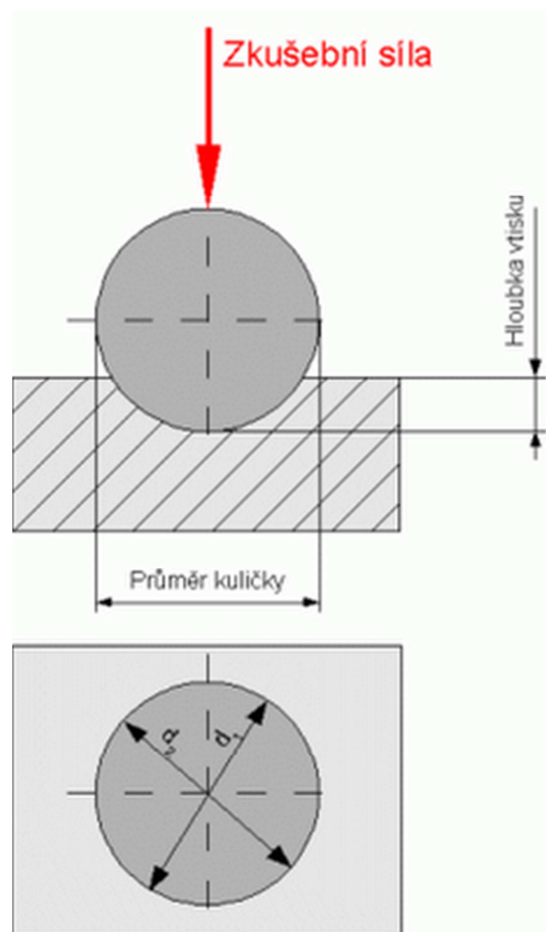
3.1 Zkoušky tvrdosti

Tvrdost je definována jako odpor materiálu proti deformaci cizím tělesem. Při zkoušce tvrdosti dochází k deformaci materiálu v místě vtisku. Zkoušky tvrdosti dělíme na statické a dynamické. [9]

3.1.1 Zkouška podle Brinella (HB)

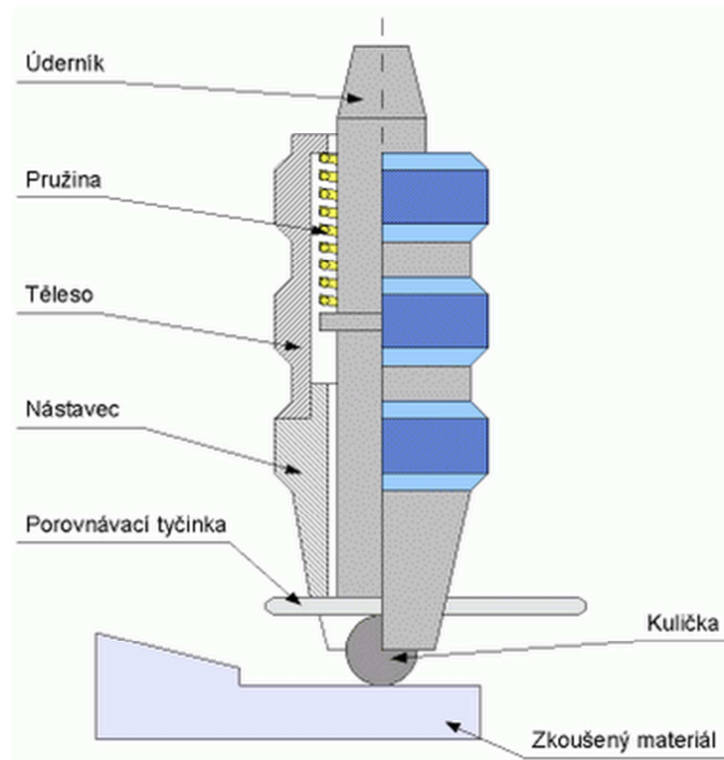
Zkouška spočívá ve vtláčování zkušebního tělesa do povrchu zkoušeného tělesa a změřením průměru vtisku, který zůstane na povrchu zkoušeného tělesa. [10]

Doba působení síly na zkušební těleso závisí na typu zkoušeného materiálu. U neželezných materiálů to je 10 až 180 s. Přesnost zkoušky závisí na správném proměření vtisku. U této zkoušky je měření vtisku nepřesné. Vtisk bývá někdy nezřetelný a nesouměrný. [11]



Obr. 10. Zkouška podle Brinella. [10]

Pro zkoušku se používá Brinellův tvrdoměr. Kulička vytvoří na zkušební vzorku kulovitý vtisk. Tvrdost se určuje aritmetickým průměrem změřených průměrů vtisků měřených dvakrát kolmo na sebe. Brinellův tvrdoměr má různou velikost a provedení. V laboratořích se nachází velké stabilní přístroje. Pro malé dílny, sklady, montáže byly zkonstruovány malé jednoduché přístroje. Nejpoužívanější je tvrdoměr Poldi. Principem je porovnání známé pevnosti materiálu porovnávací tyčinky a pevnosti zkoušeného materiálu. [11]



Obr. 11. Tvrdoměr Poldi. [10]

3.1.2 Zkouška podle Rockwella

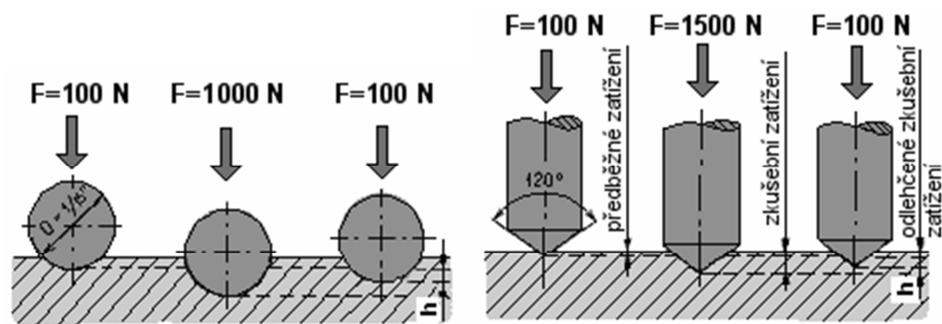
Tvrdost se zjišťuje jako rozdíl hloubky vtisku vnikajícího tělesa (ocelová kulička, diamantový kužel) mezi dvěma stupni zatížení (předběžné a celkové). Předběžné zatížení má za úkol vyloučit z měřené hloubky nepřesnosti povrchových ploch. Zkouška podle Rockwella je rychlá, snadná a vpichy jsou velmi malé. Tato zkouška je vhodná pro kontrolu velkých sérií výrobků. [12]

Normalizované zkoušky tvrdosti:

HRA – Tvrdost určená diamantovým kuželem při celkovém zatížení 600N.

HRB – Tvrdost určená ocelovou kuličkou při celkovém zatížení 1000N.

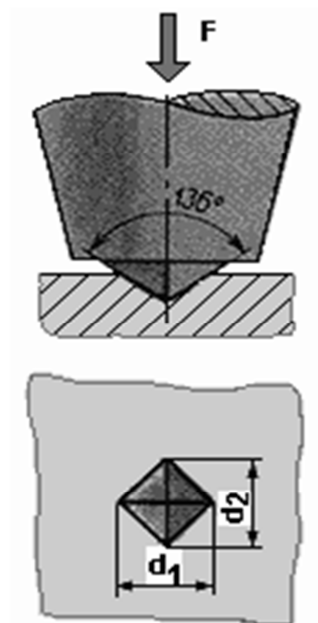
HRC – Tvrdost určená diamantovým kuželem při celkovém zatížení 1500N. [10]



Obr. 12. Zkouška podle Rockwella. [12]

3.1.3 Zkouška podle Vickerse (HV)

Do materiálu se vtláče diamantový pravidelný čtyřboký jehlan o vrcholovém úhlu 136° . Hodnota tvrdosti se hledá v tabulkách. Tato zkouška je velmi přesná a minimálně závislá na zatížení. [13]



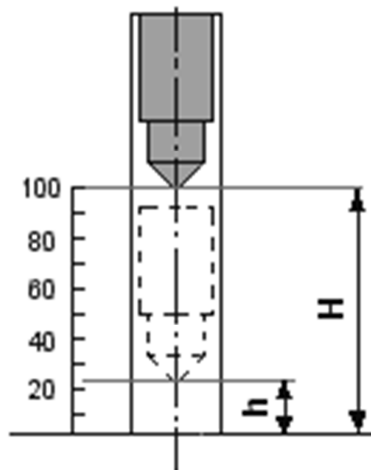
Obr. 13. Zkouška podle Vickerse. [13]

3.1.4 Zkouška podle Knoop (HK)

Do povrchu materiálu se vtláče čtyřboký diamantový jehlan. Tato metoda se používá pro měření mikrotvrdosti. Metoda je vhodná pro tenké plastové desky, tenké kovové desky a křehké materiály. Otisky u této metody jsou při stejném zatížení téměř trojnásobně delší a mělké než u zkoušky podle Vickerse. U měření tvrdosti podle Knoop jsou kladeny vysoké nároky na úpravu povrchu zkoušeného materiálu a na ostrost hran vnikajícího tělesa. [14]

3.1.5 Zkouška podle Shorea (HSh)

Patří mezi dynamicko-elastické zkoušky. Jedná se o zkoušku odrazem zkušební tělesa (závaží), kdy se zjišťuje se výška odskoku od měřené plochy. Působením závaží dojde k plastické deformaci zkoušeného materiálu a ke spotřebování části energie závaží. To se pak neodrazí do původní výšky. Pro měření tvrdosti podle Shorea se používá Shoreův skleroskop. [15]



Obr. 14. Shoreův skleroskop. [15]

3.2 Zkoušky pevnosti

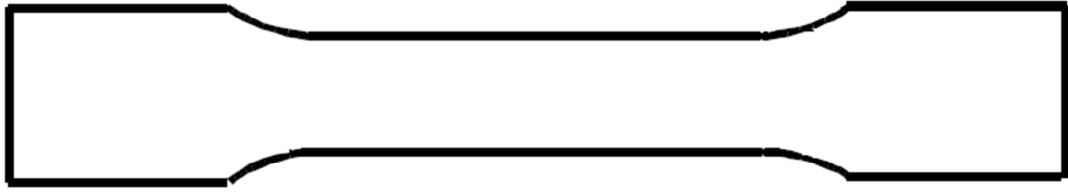
3.2.1 Zkouška tahem

Tato zkouška je nejrozšířenější a nejčastěji používaná. Při zkoušce dochází k deformaci zkušební tyče až do jejího porušení.

Ze zkoušky lze stanovit:

- smluvní jmenovité napětí: $R=F/S_0$ [MPa] (1)

- poměrné prodloužení: $\varepsilon=\frac{L_u-L_0}{L_0}$ (2)



Obr. 15. Vzorek pro zkoušku pevnosti v tahu. [7]

3.2.2 Zkouška tlakem

Používá se méně než zkouška tahem. Provádí se na univerzálním stroji. Zkušební tělesa jsou stlačována, dokud se nerozdrtí nebo stlačeny na požadovanou hodnotu. [16]

Použití:

- ložiskové kovy,
- litina,
- vrstvené tvrzené hmoty,
- keramické stavební hmoty. [16]

3.2.3 Zkouška ohybem

Na podpěrách je uložena zkušební tyč, která je zatěžována silou působící uprostřed tyče. Při rostoucím zatížení se tyč prohýbá a odměřuje se od okamžiku, kdy se zlomí nebo trvale prohne.

Použití:

- křehké a lité materiály. [16]

3.2.4 Zkouška krutem

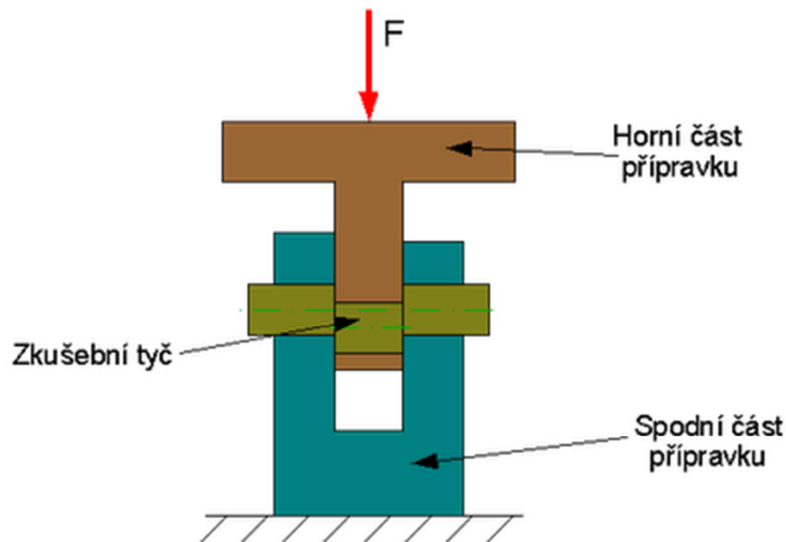
Tato zkouška se provádí na válcových zkušebních tyčích, které se zatěžují až do porušení. Měří se kroutící moment a zkroucení tyče na určité délce.

Použití:

- za studena – ke zjišťování jakosti drátů,
- za tepla – k určení kujnosti oceli. [16]

3.2.5 Zkouška stříhem

Provádí se v přípravku na zkušebním stroji. Zkušební válcová tyč se zasune do děr ve spodní i vrchní části přípravku. Horní část je postupně zatěžována silou až do porušení tyče. [16]



Obr. 16. Zkouška stříhem. [16]

3.3 Rázové zkoušky

Používá se pro zjištění, kolik práce či energie se spotřebuje na porušení zkušební tyče. Nejčastěji se zkouší jedním rázem. [17]

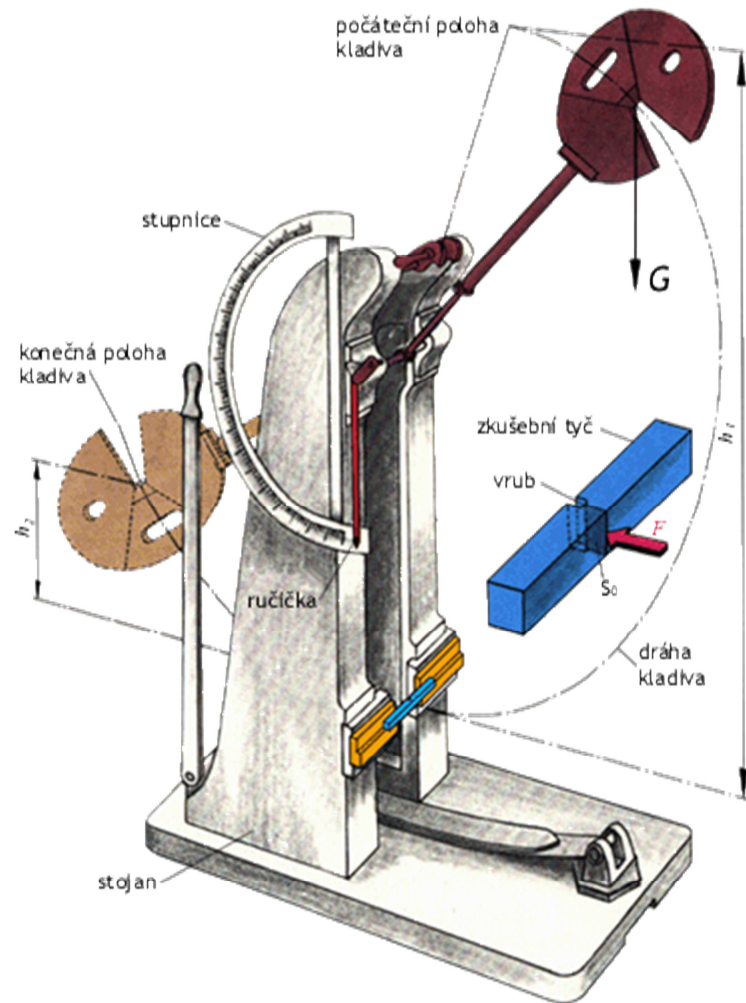
3.3.1 Zkouška rázem v ohybu

Nejpoužívanější zkouška. Nejčastěji se používá na Charpyho kyvadlovém kladivu. [7]

Charpyho kyvadlové kladivo

Těžké kladivo, otočné kolem své vlastní osy, se zdvihne a upevní v počáteční poloze. V nejnižší poloze je umístěna zkušební tyč ze zkoušeného materiálu. Po uvolnění z počáteční polohy kladivo narazí na zkušební tyč, přerazí ji a vykývne se do konečné polohy. Tato poloha je nižší než počáteční, protože na přeražení zkušební tyče byla spotřebována určitá práce. Kromě metody Charpy se používá také metoda Izod. [7]

U houževnatých materiálů se pro zjištění rázové houževnatosti, opatřují zkušební tyče vrubem (aby bylo možné houževnaté materiály přerazit). Rázová houževnatost zjištěná na takových vzorcích se označuje jako **vrubová houževnatost**. [7]



Obr. 17. Schéma Charpyho kladiva. [19]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo porovnat pevnosti lepených spojů.

Jako zkušební materiál byl použit polyamid 66, který se nechal ozářit různými dávkami beta záření. Ozářený i neozářený materiál se lepil lepidly CYBERBOND a PLEXUS. Následně se na trhacím stroji ZWICK 1456 zkoušela pevnost lepených spojů.

V závěru bylo provedeno vyhodnocení a porovnání výsledků mezi lepidly a ozářením a neozářením materiálu.

Zásady pro vypracování bakalářské práce byly následující:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Provést přípravu vzorků.
3. Provést měření pevnosti lepených spojů.
4. Vyhodnotit výsledky měření.

5 VOLBA LEPIDEL

U lepení polyamidů jsem použil lepidla od firem Cyberbond a Plexus.

5.1 Cyberbond

Společnost Cyberbond vyrábí vysoce účinná sekundová lepidla s důrazem na kvalitu, určených pro průmyslovou výrobu. Jsou držiteli certifikátů TS 16949 a ISO 9001. Společnost Cyberbond byla založena v roce 1997. [20]

5.1.1 Cyberbond 1008

Lepidlo na kyanakrylátové bázi. Je řídké a rychle vytvrzující. Vhodné pro spoje na neporézních dobře slícovaných materiálech. Teplotní odolnost -55 až +95°C. [21]

Tab. 1. Fyzikální vlastnosti lepidla.

Viskozita při 25°C	9-15 mPa·s
Hustota při 20°C	1,09 g/cm ³
Bod vzplanutí	80°C



Obr. 18. Cyberbond 1008 [21].

5.1.2 Cyberbond 2008

Lepidlo na kyanakrylátové bázi. Sekundové lepidlo vhodné pro plasty a gumu. Pro lepení hladkých neporézních pryží. [22]

Tab. 2 Fyzikální vlastnosti lepidla.

Viskozita při 20°C	12-18 mPa·s
Hustota při 20°C	1,06 g/cm ³
Bod vzplanutí	85°C



Obr. 19. Cyberbond 2008 [22].

5.2 Plexus

Společnost Plexus vyrábí vysoce výkonná strukturální lepidla. Strukturální lepidla Plexus jsou vhodné pro kompozity, plasty a kovy. [23]

5.2.1 Plexus MA300

Plexus MA300 je dvousložkové methakrylátové lepidlo. V poměru 1:1 má dobu zpracování 4 až 6 minut a dosahuje 75 % celkové pevnosti během 10 až 15 minut při pokojové teplotě. [23]

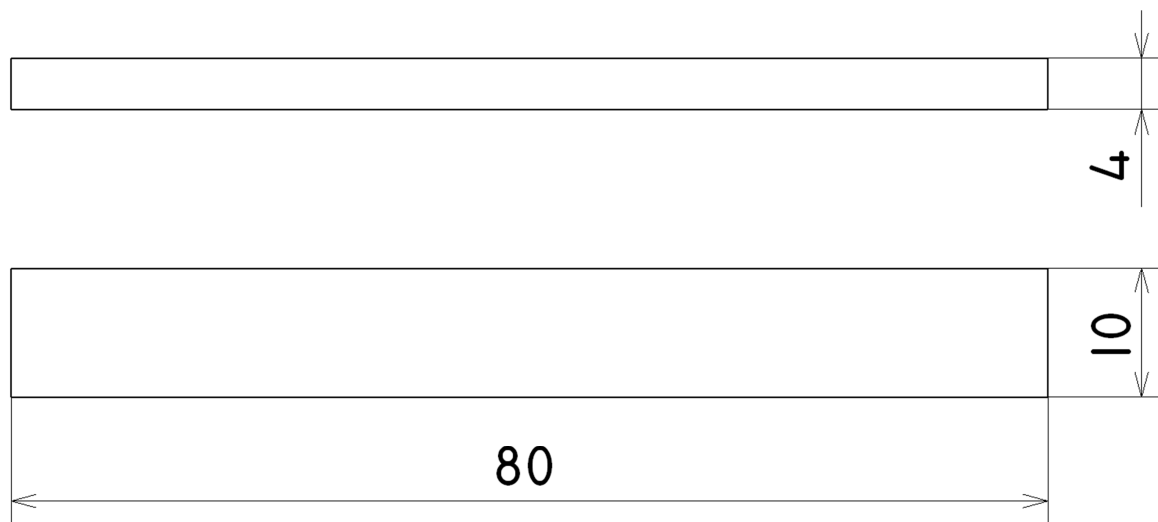


Obr. 20. Plexus MA300 [24].

6 VÝROBA LEPENÝCH SPOJŮ A MĚŘENÍ JEJICH PEVNOSTI

6.1 Výroba zkušebních vzorků

Zkušební vzorky byly vyrobeny vstříkáním na vstřikovacím stroji Arburg 420C Advanced. Tvar a rozměry vzorků jsou shodné s rozměry uvedenými v normě ČSN EN ISO 527-2.



Obr. 21. Tvar a rozměry pásku pro přeplátování.



Obr. 22. Zkušební vzorek a pásek pro přeplátování.

6.1.1 Vstříkovací stroj Arburg 420C Advanced.



Obr. 23. Vstříkovací stroj Arburg 420C Advanced.

Tab. 3. Technická data vstříkovacího stroje.

Uzavírací síla	max. 1000 kN
Otevření	max. 500 mm
Výška formy	min. 250 mm
Světlost mezi upínacími deskami	max. 750 mm
Vzdálenost mezi vodíčími sloupy	420 x 420 mm
Velikost upínací desky (hor. x vert.)	570 x 570 mm
Vyhazovací síla	max. 40 kN
Zdvih vyhazovače	max. 175 mm
Výkon čerpadla	15 kW
Průměr šneku	40 mm
Objem dávky	max. 188 cm ³
Vstříkovací rychlost	max. 182 cm ³ /s
Kroutící moment šneku	max. 430 Nm
Přítláčná síla trysky	max. 60 kN

6.2 Úprava zkušebních vzorků

Některá zkušební tělesa byla před samotným lepením ozářena radiačním beta zářením o dávkách 33, 66, 99, 132, 165 a 198 kGy a u částí těles byl pomocí primeru, který byl před samotným lepením nanášen na lepené části, aktivován povrch.

6.2.1 Radiační síťování

Radiační síťování je proces, kde dochází ke spojení vazeb chemickou reakcí navzájem reagujících volných radikálů, které se uvolňují, když materiál absorbuje množství energie na

jednotku hmoty získanou z ionizačního záření. Síť vzniká postupným spojováním dvou volných radikálů mezi sousedními řetězci za vzniku vazeb C-C. [25]

Radiační síťování probíhá za pokojových teplot bez použití dalších přísad kromě síťovacího činidla. Pokud bychom jej nepřidali, polymer by nemusel zesíťovat a došlo by k jeho degradaci. [25]

Výhodou radiačního síťování je, že se ozařují už hotové výrobky. Ty se nemusí zvláště připravovat, ozařují se zabalené, tak jak přijdou od zákazníka. Radiačním síťováním jsou zlepšovány vlastnosti materiálu. [25]

Díky radiačnímu síťování dochází ke změně mnoha vlastností plastů [25]:

- 1) Mechanické vlastnosti
 - a) zvýšení pevnosti
 - b) snížení poměrného prodloužení při přetržení
 - c) redukci studeného toku
 - d) zlepšení meze únavy
 - e) nárůst tvrdosti
 - f) zlepšení oteřuvzdornosti
- 2) Tepelné vlastnosti
 - a) zlepšení tvarové stálosti za tepla
 - b) cílené nastavení teplotní roztažnosti
 - c) vyšší odolnost proti stárnutí
 - d) zvýšení tepelné odolnosti
- 3) Chemické vlastnosti
 - a) snížení rozpustnosti
 - b) zlepšení odolnosti proti bobtnání
 - c) zlepšení odolnosti proti hydrolýze
 - d) zvýšená olejuvzdornost

6.2.2 Aktivace primerem

Primer pro kyanakrylátová lepidla umožňuje spojovat nepolární materiály jako např. PE, PP, POM nebo silikon. Mění povrchové napětí materiálů. [26]

Má následující výhody [26]:

- 1) vysoká pevnost spojení u materiálů, které jinak není možné lepit
- 2) rychlé a jednoduché použití
- 3) větší možnost volby z různých plastových materiálů

Primer se nanáší štětečkem na lepené materiály. Po odpaření je možné hned použít kyanakrylátové lepidlo. [26]



Obr. 24. Primer [26].

6.3 Konstrukce lepených spojů

Po nastříhání jednotlivých zkušebních vzorků a pásků pro přeplátování se tyto vzorky lepi-ly s dvojitým přeplátováním.

Při lepení lepidlem Cyberbond 1008 se nastříhané vzorky vkládaly do připravených forem a poté se na pásky pro přeplátování nanášela tenká vrstva lepidla. Na některé vzorky se ještě před nanesením lepidla aplikoval Primer, který byl nanesen štětečkem na lepené plo-chy. U lepidla Cyberbond 2008 se postupovalo stejně.



Obr. 25. Příklad lepení polyamidu lepidlem Cyberbond 1008.

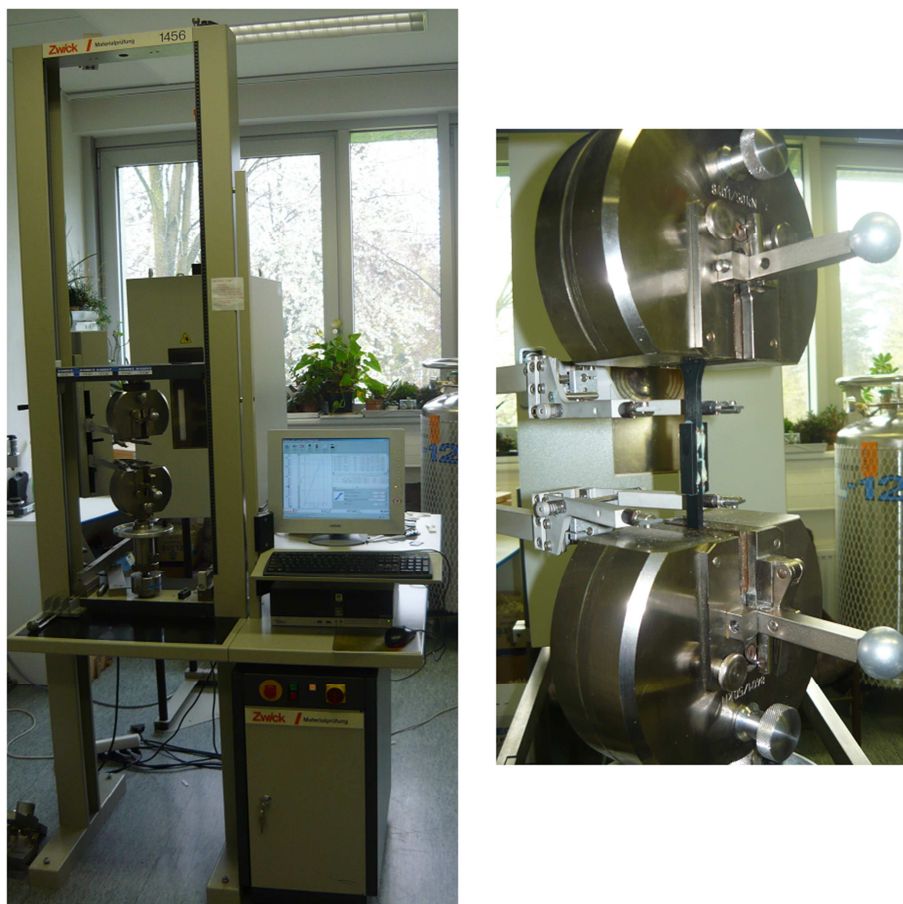
U lepení dvousložkovým methakrylátovým lepidlem Plexus MA300 muselo nejdřív dojít k promíchání obou složek lepidla pomocí pistole. Poté se pokračovalo stejně jako u lepidel Cyberbond 1008 a 2008.

Po dostatečném vytvrzení lepidel se lepené spoje zkoušely na trhacím stroji Zwick 1456.

6.4 Měření pevnosti lepených spojů

Pevnost lepených spojů byla zjišťována tahovou zkouškou na trhacím stroji Zwick 1456.

6.4.1 Trhací stroj Zwick



Obr. 26. Trhací stroj Zwick 1456.

Tab. 4. Technické údaje trhacího stroje Zwick 1456.

Maximální posuv příč-níku	800 mm/min
Snímače síly	2,5 a 20 kN
Teplotní komora	-80/+250 °C
TestExpert software	Tah/Ohyb/Tlak

7 VÝSLEDKY TAHOVÝCH ZKOUŠEK

Naměřené hodnoty byly vyneseny do tabulek a následně byl stanoven aritmetický průměr (Rov. 3) a střední kvadratická chyba (Rov. 4). Poté byly ze získaných hodnot sestaveny grafy.

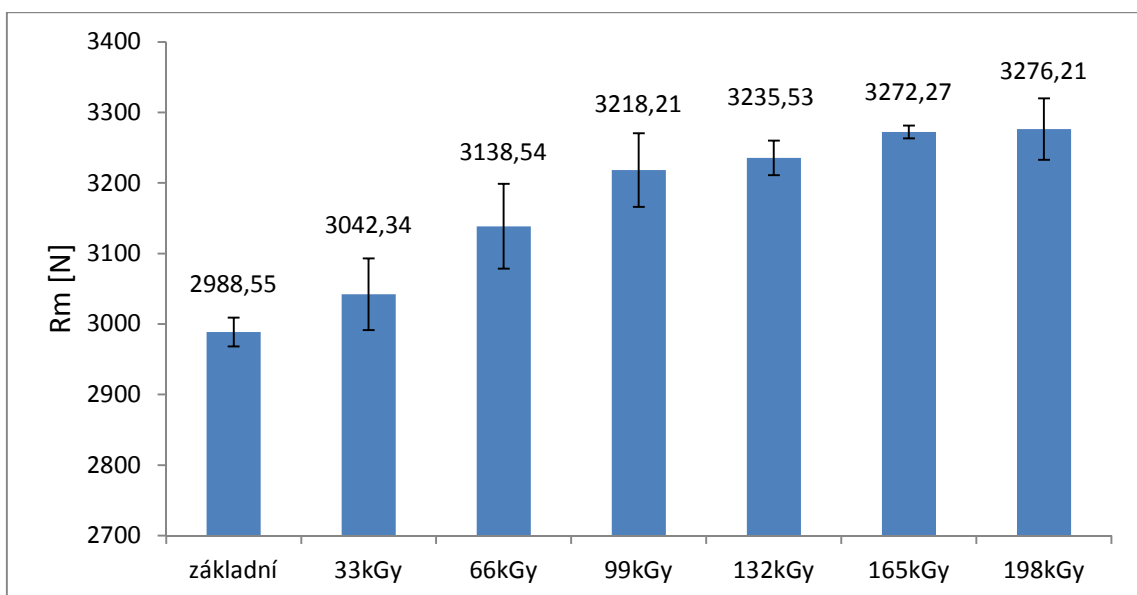
$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{1}{n}(\sum x)^2}{n}}}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

7.1 Vliv ozáření na pevnost základních materiálů

Tab. 5 Maximální zatěžující síla u základních materiálů.

Materiál/Nr	1	2	3	4	5	Průměr	Chyba měření
	Rm [N]						
Základní	2928,79	3037,71	2962,26	3028	2985,98	2988,55	20,3
33kGy	3114,36	3068,55	2944,11			3042,34	50,86
66kGy	3098,22	3060,65	3256,75			3138,54	60,09
99kGy	3126,58	3220,73	3307,33			3218,21	52,19
132kGy	3284,29	3213,07	3209,23			3235,53	24,41
165kGy	3283,5	3278,95	3254,35			3272,27	9,05
198kGy	3332,84	3305,2	3190,58			3276,21	43,55



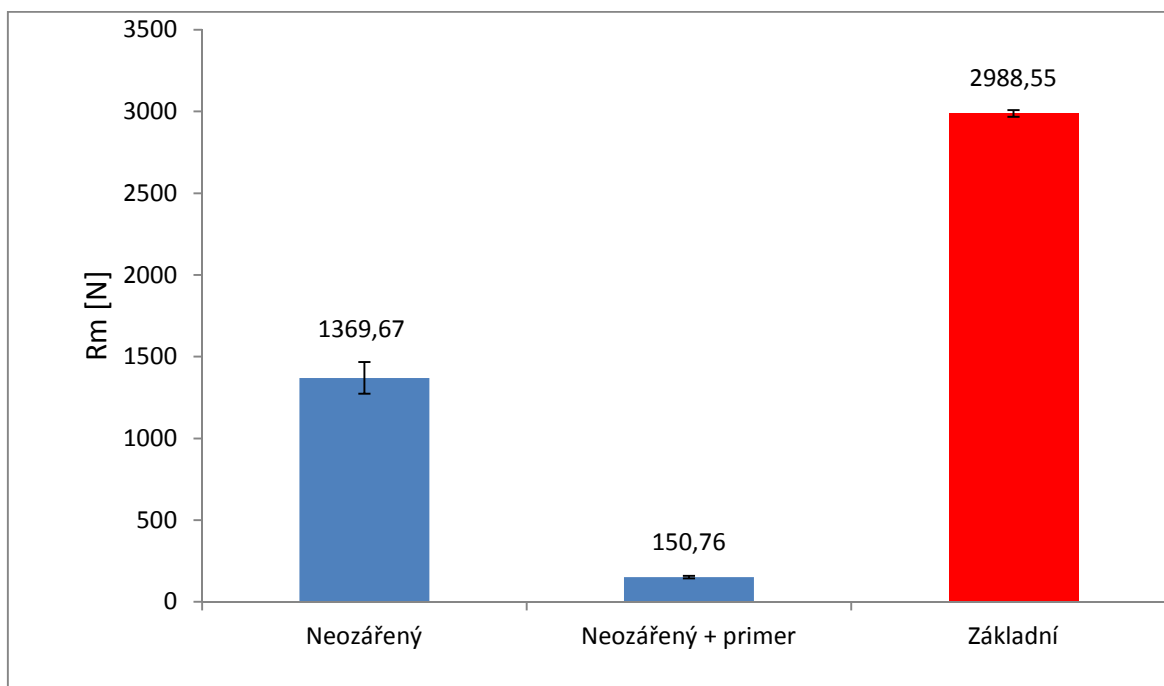
Obr. 27 Porovnání hodnoty Rm u nerozstříhaných tělísek.

Jak jde vidět u Tab. 5 a Obr. 27 tak hodnota R_m roste s rostoucí dávkou ozáření. Nejmenší pevnost je tak u základního materiálu a to $(2988,55 \pm 20,3)N$. Naopak největší je u materiálů ozářených dávkou 165kGy a 198kGy. Jejich hodnoty jsou $(3272,27 \pm 9,05)N$ a $(3276,21 \pm 43,55)N$. Rozdíl mezi základním materiálem a ozářeným materiálem 198kGy je 9%.

7.2 Lepení lepidlem Cyberbond 1008

Tab. 6 Lepení lepidlem Cyberbond 1008.

Nr/Materiál	Neozářený	Neozářený + primer	Základní
	Rm [N]		
1	1458,35	140,68	2928,79
2	1475,83	143,19	3037,71
3	1160,06	131,17	2962,26
4	1207,16	169,86	3028
5	1897,43	190,44	2985,98
6	1397,72	133,27	
7	972,55	136,53	
8	1388,28	160,97	
Průměr	1369,67	150,76	2988,55
Chyba měření	96,99	7,43	20,3

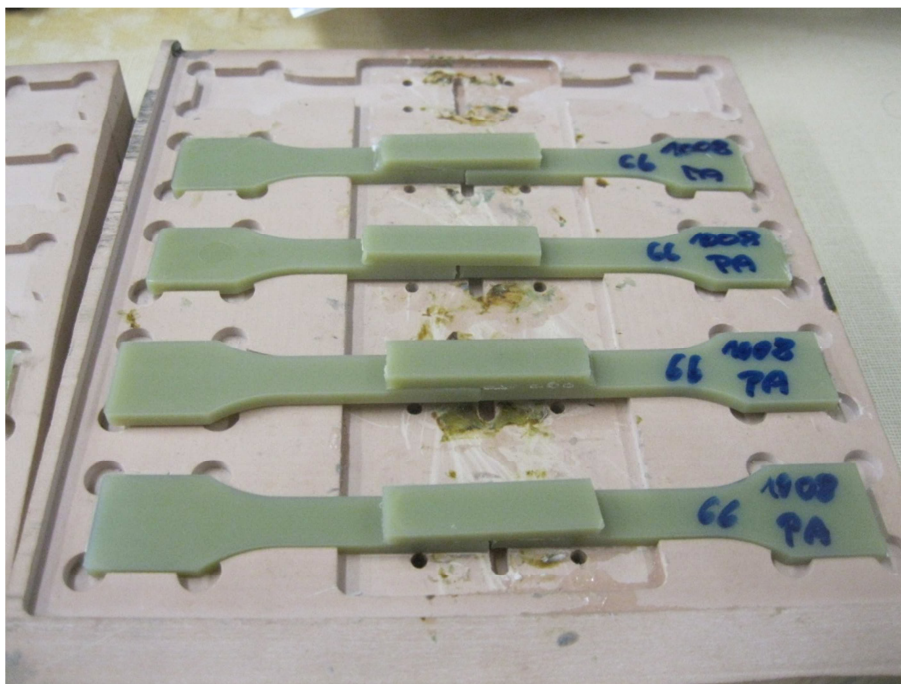


Obr. 28 Porovnání hodnoty R_m u tělísek lepených lepidlem Cyberbond 1008 a základním vzorkem.

Z Tab. 6 a Obr. 28 je patrné, že pevnost lepeného spoje je pochopitelně menší než pevnost základního nerozstříhaného materiálu. Základní materiál dosáhl pevnosti $(2988,55 \pm 20,3)\text{N}$. Lepený materiál dosáhl pevnosti $(1369,67 \pm 96,99)\text{N}$. Rozdíl mezi nimi je 54%. Materiál, na který se ještě před nanesením lepidla aplikoval primer, dosáhl malé pevnosti $(150,76 \pm 7,43)\text{N}$. To je o 95% méně než u základního materiálu a o 89% méně než u materiálu bez primeru.

7.2.1 Vliv radiačního síťování na pevnost lepených spojů

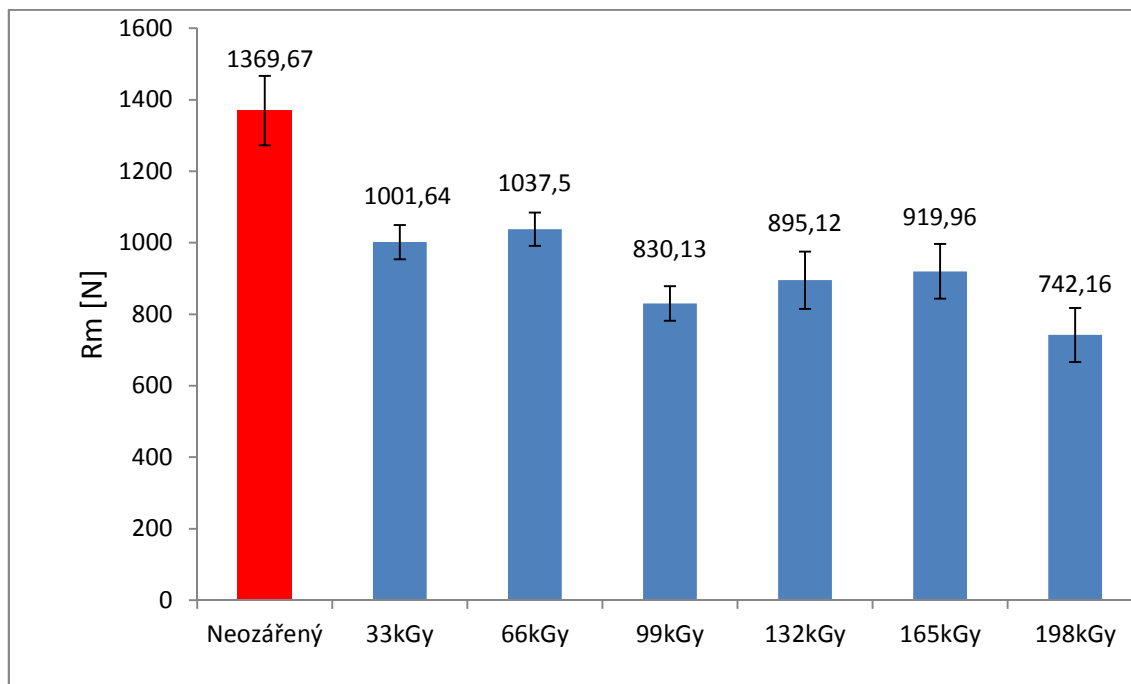
Některé vzorky se ještě před lepením ozařovaly, aby se zlepšily jejich mechanické, tepelné a chemické vlastnosti. Zkušební tělíska byla vystavena dávkám záření 33, 66, 99, 132, 165 a 198 kGy.



Obr. 29 Lepené vzorky ozářené dávkou 66kGy.

Tab. 7 Ozářené vzorky lepené lepidlem Cyberbond 1008.

Materiál/Nr	1	2	3	4	5	6	Průměr	Chyba měření
	Rm [N]							
33kGy	957,62	1135,69	1167,31	935,97	906,22	907,01	1001,64	48,21
66kGy	1016,91	1041,6	1013,72	1198,72	1100,91	853,12	1037,5	46,55
99kGy	730,34	705,44	907,38	914,8	740,35	982,44	830,13	48,27
132kGy	1026,04	862,36	636,15	812,09	830,63	1203,43	895,12	79,87
165kGy	579,63	991,95	905,9	898,11	1131,87	1012,31	919,96	76,4
198kGy	551,86	834,24	487,96	744,38	936,53	898	742,16	75,58



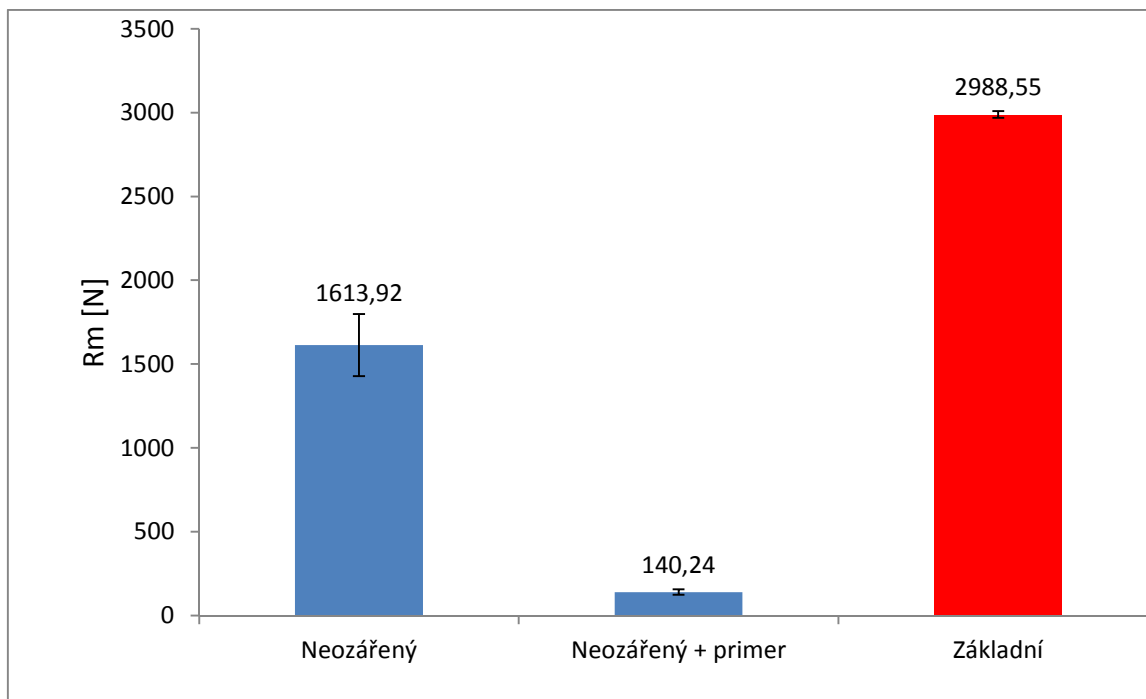
Obr. 30 Porovnání hodnoty R_m u ozářených tělísek lepených lepidlem Cyberbond 1008.

U ozářených vzorků jde vidět (Tab. 7, Obr. 30), že pevnost lepených spojů neroste s rostoucí dávkou ozáření, ale výsledky jsou nesourodé. Největší pevnost má materiál s dávkou ozáření 66kGy a to $(1037,5 \pm 46,55)\text{N}$ a nejnižší pak vzorek s největší dávkou ozáření 198kGy – $(742,16 \pm 75,58)\text{N}$. Rozdíl mezi nimi je 29%. Neozářený materiál má o 24% větší pevnost než materiál ozářený 66kGy.

7.3 Lepení lepidlem Cyberbond 2008

Tab. 8 Lepení lepidlem Cyberbond 2008.

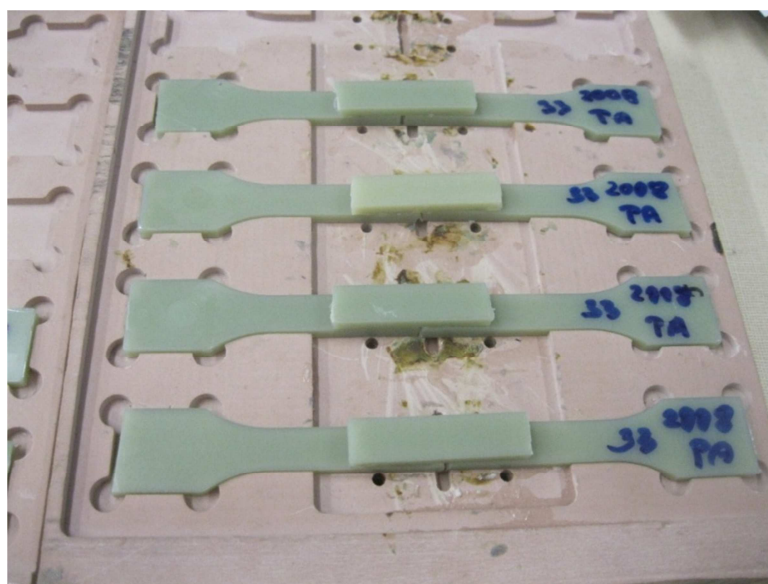
Nr/Materiál	Neozářený	Neozářený + primer	Základní
	Rm [N]		
1	1603,91	176,8	2928,79
2	1579,64	101,51	3037,71
3	1457,32	197,26	2962,26
4	1374,04	183,01	3028
5	2192,01	102,06	2985,98
6	978,08	119,45	
7	2557,79	101,61	
8	1161,92		
Průměr	1613,92	140,24	2988,55
Chyba měření	185,02	16,4	20,3



Obr. 31 Porovnání hodnoty R_m u tělísek lepených lepidlem Cyberbond 2008 a základním vzorkem.

U lepidla Cyberbond 2008 je pevnost vůči základnímu vzorku téměř stejná jako u lepidla Cyberbond 1008. Základní materiál (Tab. 8, Obr. 31) má pevnost $(2988,55 \pm 20,3)\text{N}$. Lepený materiál má hodnotu R_m $(1613,92 \pm 185,02)\text{N}$. Rozdíl mezi nimi činí 46%. Materiál s primerem dosáhl pevnosti $(140,24 \pm 16,4)\text{N}$ a to je o 91% méně než u vzorku bez aplikace primeru.

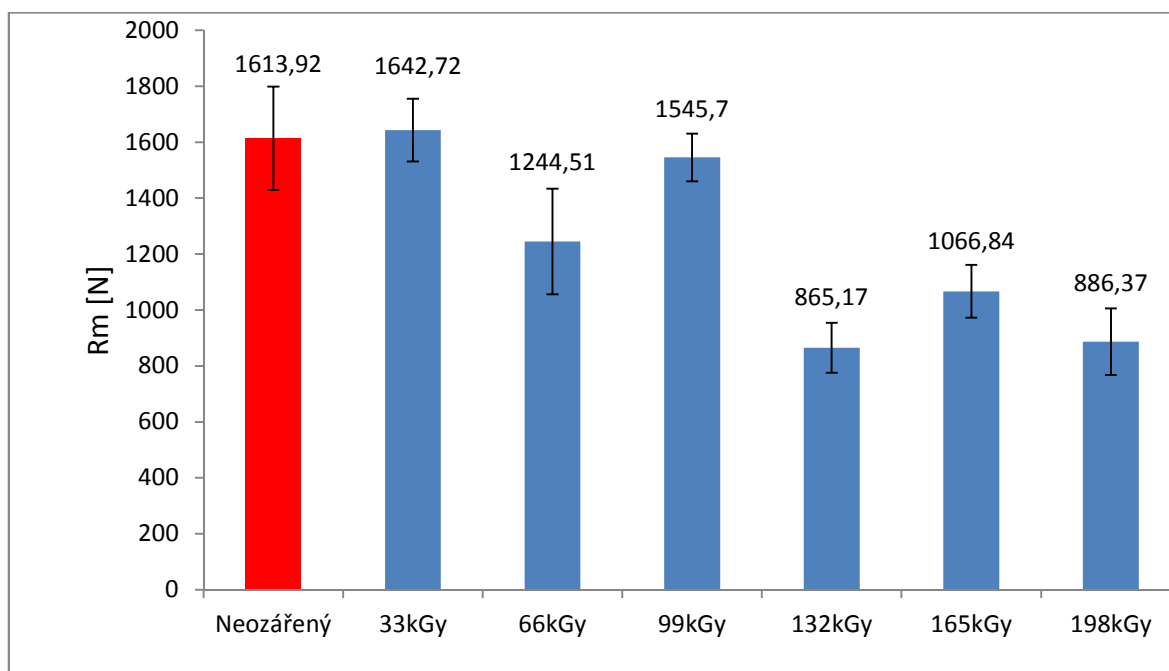
7.3.1 Vliv radiačního síťování na pevnost lepených spojů



Obr. 32 Lepené vzorky ozářené dávkou 33kGy.

Tab. 9 Ozářené vzorky lepené lepidlem Cyberbond 2008.

Materiál/Nr	1	2	3	4	5	6	Průměr	Chyba měření
	Rm [N]							
33kGy	1499,48	1816,81	1416,78	1574,54	1432,29	2116,43	1642,72	111,83
66kGy	845,55	802,55	1775,51	1601,01	830,62	1611,79	1244,51	188,83
99kGy	1465,6	1452,33	1882,98	1271,05	1665,15	1546,1	1545,7	85,26
132kGy	682,27	1002,87	797,16	1083,9	1066,56	558,28	865,17	89,37
165kGy	1163,7	1168,95	944,94	887,8	806,5	1429,15	1066,84	94,12
198kGy	1137,43	1288,72	966,4	609,95	740,12	575,58	886,37	119,12



Obr. 33 Porovnání hodnoty Rm u ozářených tělísek lepených lepidlem Cyberbond 2008.

V Tab. 9 a Obr. 33 jde vidět, že u ozářených materiálů má největší pevnost materiál ozářený dávkou 33kGy a 99kGy. A to $(1642,72 \pm 111,83)\text{N}$ a $(1545,7 \pm 85,26)\text{N}$. Naopak nejnižší pevnost má vzorek s dávkou ozáření 132kGy a to $(865,17 \pm 89,37)\text{N}$. Rozdíl mezi vzorky 33kGy a 132kGy je 47%. Materiál ozářený dávkou 33kGy má o 2% větší pevnost než neozářený materiál.

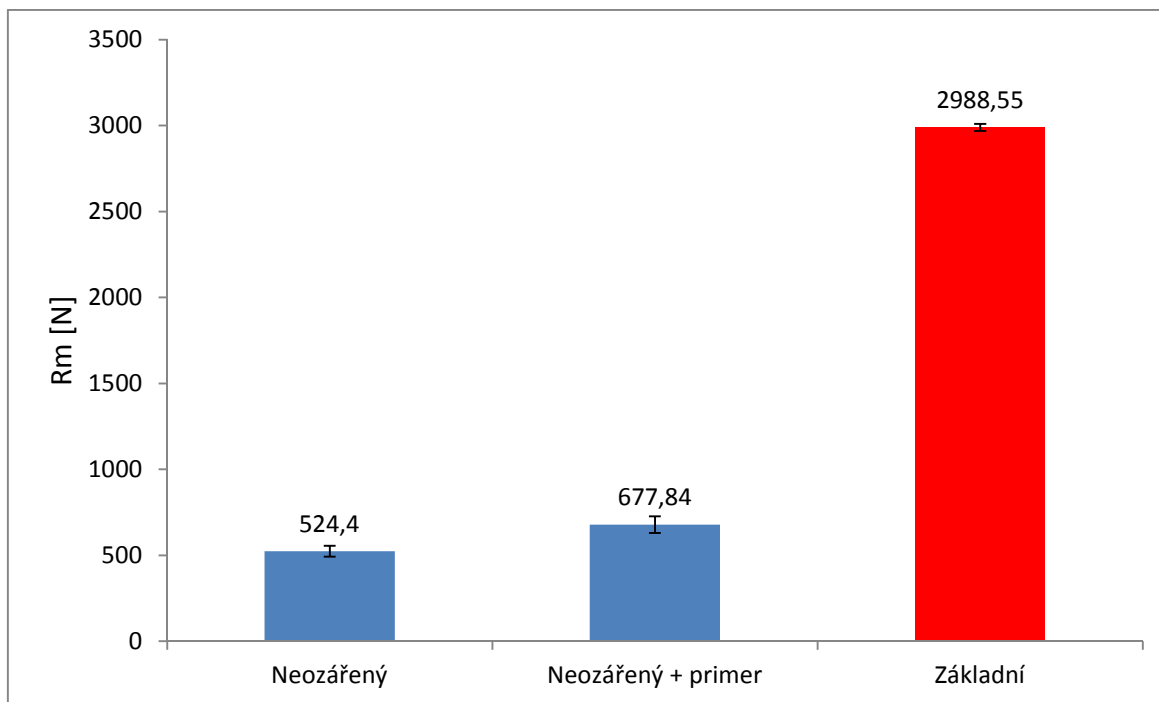
7.4 Lepení lepidlem Plexus MA300



Obr. 34 Vzorok lepené lepidlem Plexus MA300.

Tab. 10 Lepení lepidlem Plexus MA300.

Nr/Materiál	Neozářený	Neozářený + primer	Základní
	Rm [N]		
1	490,43	563,38	2928,79
2	482,33	542,23	3037,71
3	510,41	812,34	2962,26
4	553,7	855,63	3028
5	658,03	549,51	2985,98
6	399,15	708,94	
7	637,84	570,21	
8	463,28	820,44	
Průměr	524,4	677,84	2988,55
Chyba měření	31,09	48,28	20,3



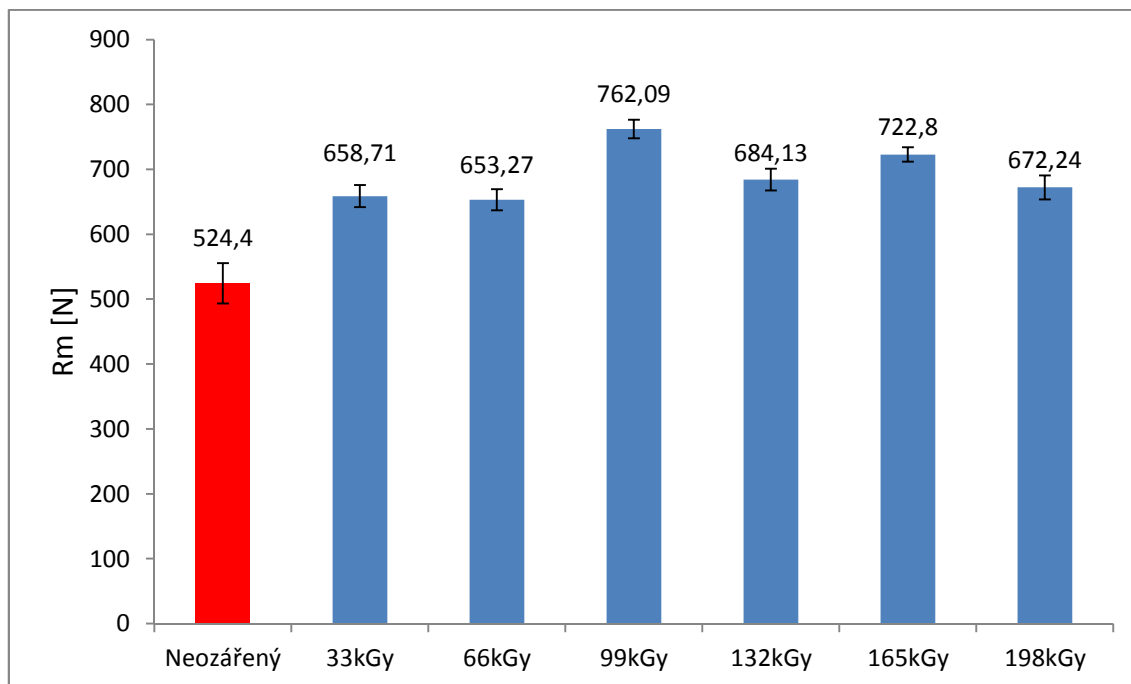
Obr. 35 Porovnání hodnoty R_m u tělísek lepených lepidlem Plexus MA300 a základním vzorkem.

Při lepení dvousložkovým methakrylátovým lepidlem Plexus MA300 byla pevnost (Tab. 10, Obr. 35) lepeného spoje u neozářeného materiálu ($524,4 \pm 31,09$)N. Základní materiál má pevnost ($2988,55 \pm 20,3$)N. Rozdíl mezi nimi je 83%. Po aplikaci primeru jsme dosáhli menšího vzrůstu pevnosti a to na hodnotu ($677,48 \pm 48,28$)N. Rozdíl mezi vzorky s primerem a bez primeru činí 23%.

7.4.1 Vliv radiačního síťování na pevnost lepených spojů

Tab. 11 Ozářené vzorky lepené lepidlem Plexus MA300.

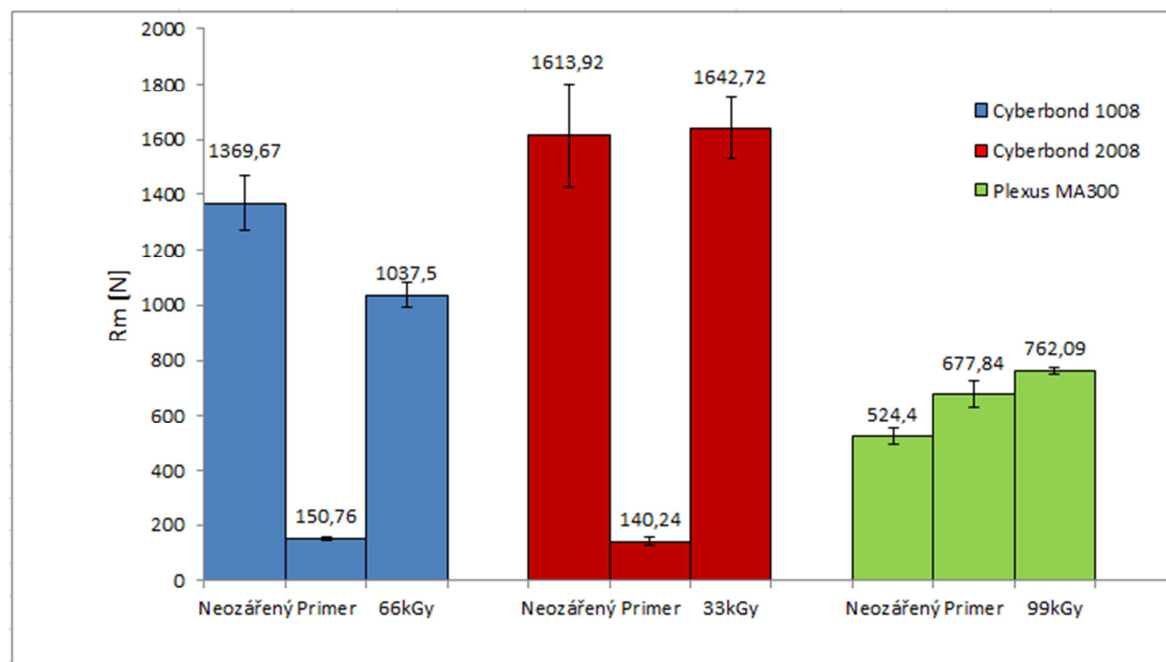
Materiál/Nr	1	2	3	4	5	Průměr	Chyba měření
	R _m [N]						
33kGy	661,08	630,1	671,02	714,53	616,82	658,71	17,1
66kGy	664,63	678,14	624,23	692,25	607,11	653,27	16,19
99kGy	756,04	709,96	789,88	771,86	782,72	762,09	14,23
132kGy	695,56	668,92	722,67	627,44	706,05	684,13	16,65
165kGy	680,92	744,86	734,72	721,87	731,61	722,8	11,09
198kGy	668,97	697,02	727,82	642,87	624,51	672,24	18,51



Obr. 36 Porovnání hodnoty R_m u ozářených tělísek lepených lepidlem Plexus MA300.

Jak je patrné z Tab. 11 a Obr. 36, tak pevnost lepených spojů je téměř u všech dávek ozáření stejná. Největší pevnosti dosáhl materiál s ozářením 99kGy – $(762,09 \pm 14,23)$ N. Naopak nejnižší pevnosti materiál s ozářením 66kGy – $(653,27 \pm 16,19)$ N. Rozdíl mezi nimi je 14%. Materiál ozářený dávkou 99kGy má o 31% větší pevnost než neozářený materiál.

7.5 Porovnání lepidel



Obr. 37 Porovnání lepidel Cyberbond 1008,2008 a Plexus MA300

Jak jde na Obr. 37 vidět tak největší pevnosti lepených spojů jsme dosáhli u lepidla Cyberbond 2008. U neozářeného materiálu to bylo $(1613,92 \pm 185,02)\text{N}$ a u ozářeného dávkou 33kGy to bylo $(1642,72 \pm 111,83)\text{N}$. Naopak nejmenší pevnosti u neozářeného a ozářeného materiálu dosáhlo lepidlo Plexus MA300 a to $(524,4 \pm 31,09)\text{N}$ a $(762,09 \pm 14,23)\text{N}$. U neozářeného materiálu je pak rozdíl mezi lepidly Cyberbond 2008 a Plexus MA300 68% a u ozářeného 54%. Lepidlo Plexus MA300 dosáhlo největší pevnosti u vzorků, na kterých byl nanesen primer a to $(677,84 \pm 48,28)\text{N}$. To je o 78% více než u lepidla Cyberbond 1008 a o 80% více než u Cyberbond 2008.

8 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Bakalářská práce se zabývá lepením neplněného polyamidu. Polyamid se lepil lepidly Cyberbond 1008, Cyberbond 2008 a Plexus MA300. Některé vzorky polyamidu byly ještě před lepením ozářeny beta zářením a to dávkou záření 33, 66, 99, 132, 165 a 198 kGy.

U nerozstříhaných materiálů (Tab. 5, Obr. 27) pevnost stoupala s dávkou ozáření. Nejmenší pevnost měl tedy neozářený materiál ($2988,55 \pm 20,3$)N a největší materiál s dávkou ozáření 198kGy ($3276,21 \pm 43,55$)N. Rozdíl mezi nimi činí 9%.

Při lepení lepidlem Cyberbond 1008 (Tab. 6, Obr. 28) dosáhl největší pevnosti neozářený materiál ($1369,67 \pm 96,99$)N, který měl oproti základnímu vzorku o 54% nižší pevnost. Ozářené vzorky (Tab. 7, Obr. 30) měli na rozdíl od neozářeného materiálu nižší pevnost. Největší pevnost měl vzorek 66kGy a to ($1037,5 \pm 46,55$), což je o 24% méně než u neozářeného materiálu.

U lepidla Cyberbond 2008 neozářený vzorek (Tab. 8, Obr. 31) dosáhl pevnosti ($1613,92 \pm 185,08$)N. Oproti základnímu vzorku je hodnota Rm o 46% nižší. Ozářením se pevnost lepených spojů (Tab. 9, Obr. 33) zvýšila jen u materiálu ozářeného dávkou 33kGy a to je minimálně ($1642,72 \pm 111,83$)N. To je jen o 2% více než u neozářeného materiálu.

Při lepení dvousložkovým lepidlem Plexus MA300 (Tab. 10, Obr. 35) byla pevnost neozářeného materiálu ($524,4 \pm 31,09$)N. To je o 83% méně než u základního vzorku. Aplikace primeru u tohoto lepidla vedla k menšímu vzrůstu na hodnotu ($677,48 \pm 48,28$)N. To je o 23% více než u vzorku bez primeru. Ozářením se zvětšila pevnost (Tab. 11, Obr. 36) oproti neozářenému materiálu a to u všech dávek ozáření. Největší pevnost měl vzorek 99kGy – ($762,09 \pm 14,23$)N, což je o 31% více než u neozářeného materiálu.

Porovnáním výsledků všech 3 lepidel (Obr. 37) se zjistilo, že největší pevnosti u neozářeného a ozářeného materiálu dosáhlo lepidlo Cyberbond 2008. Nejmenší pevnosti u těchto vzorků mělo lepidlo Plexus MA300. U neozářeného materiálu byl rozdíl 68% a u ozářeného 54%. U vzorků na které se před nanesením lepidla aplikoval primer, byla největší pevnost u lepidla Plexus MA300. U lepidla Cyberbond 1008 byla pevnost o 78% nižší a u lepidla Cyberbond 2008 o 80% nižší.

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá lepením neplněného polyamidu. Polyamid se lepil lepidly Cyberbond 1008, Cyberbond 2008 a Plexus MA300. Některé vzorky polyamidu byly ještě před lepením ozářeny beta zářením a to dávkou záření 33, 66, 99, 132, 165 a 198 kGy.

V teoretické části byly nejdříve popsány samotné polyamidy. Jejich historie, rozdělení a využití v praxi. Dále bylo vysvětleno vlastní lepení a mechanické zkoušky.

V praktické části byly připraveny vzorky polyamidu, které se následně lepily jednotlivými lepidly. Z naměřených výsledků pevnosti lepených spojů vyplývá, že u neozářených a ozářených materiálů má nejlepší výsledky lepidlo Cyberbond 2008. U vzorků s primerem dopadlo nejlépe dvousložkové methakrylátové lepidlo Plexus MA300.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MLEZIVA, Jozef. *Polymery: struktura, vlastnosti a požití*. Praha: SOBOTÁLES, 1993, s. 199-210. ISBN 80-901570-4-1.
- [2] IMateriály. *Materiály pro stavbu* [online]. 2008 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: <http://www.imaterialy.cz/Materialy/Plasty-pro-stavebnictvi-aarchitekturu-11-Polyamidy.html>
- [3] WIKIPEDIE. *Polyamidová vlákna* [online]. 2011 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Polyamidov%C3%A1_vl%C3%A1kna
- [4] ABC LEPIDLA [online]. 2005 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: http://www.abclepidla.cz/pdfs/Zaklady_teorie_lepeni.pdf
- [5] WIKIPEDIE. *Lepidlo* [online]. 2012 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lepen%C3%AD>
- [6] OSTEN, Miloš. *Lepení plastických hmot*. Druhé, opravené vydání. Praha: SNTL, 1974. 150 s. ISBN není.
- [7] *Konstrukční materiály* [online]. [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://webs.zcu.cz/fel/ket/ETM/Cviceni/2.%20cviceni/Mechanick%E9%20zkou%9Aky%20Opevn%FDch%20materi%E11%F9.pdf>
- [8] WIKIPEDIE. *Mechanické vlastnosti materiálů* [online]. 2012 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Mechanick%C3%A9_vlastnosti_materi%C3%A1l%C5%AF
- [9] *Mechanické zkoušení - teorie* [online]. [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/fm_mechanicke_zkouseni/teorie.htm
- [10] *Zkoušky tvrdosti* [online]. 2011 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://strojirenstvi-ucivo.blogspot.com/2011/03/3312-zkousky-tvrdosti.html>
- [11] *Brinell - tvrdost podle Brinella* [online]. 2002 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-brinell.htm>
- [12] *Rockwell - tvrdost podle Rockwella* [online]. 2002 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-rockwell.htm>
- [13] *Vickers - tvrdost podle Vickerse* [online]. 2002 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-vickers.htm>

- [14] *Knoop - tvrdost podle Knoop* [online]. 2002 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-knoop.htm>
- [15] *Shore - tvrdost podle Shore* [online]. 2002 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-shore.htm>
- [16] *Zkoušky pevnosti* [online]. 2011 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://strojirenstvi-ucivo.blogspot.com/2011/03/3311-zkousky-pevnosti.html>
- [17] *Rázové zkoušky* [online]. 2011 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://strojirenstvi-ucivo.blogspot.com/2011/03/33141-razove-zkousky.html>
- [18] *Silon PA6* [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.kratky.eu/files/e-shop/?silon-pa6,23>
- [19] *ZKOUŠKA RÁZOVÁ OHYBOVÁ VRUBOVÁ* [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: http://www.strojari.wz.cz/kom/razova_zkouska.htm
- [20] *Sekundová lepidla / Lepení Cyberbond* [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://cybershopcz.com/>
- [21] *Sekundové lepidlo Cyberbond 1008 20gr. na kov / Lepení Cyberbond* [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://cybershopcz.com/zbozi/sekundove-lepidlo-cyberbond-1008-20gr-na-kov-27>
- [22] *Sekundové lepidlo na plasty Cyberbond 2008 20gr. / Lepení Cyberbond* [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://cybershopcz.com/zbozi/sekundove-lepidlo-na-plasty-cyberbond-2008-20gr-3>
- [23] *HorTrade - export, import* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hortrade.cz/main.php?lang=cs&a=79>
- [24] *ITW PLEXUS MA300* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <https://marineindustrial.co.uk/ma300.html>
- [25] *Vliv radiačního síťování na vlastnosti vybraných polymerů*. Zlín, 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati, Technologická fakulta.
- [26] *Cyberbond 9056 10ml / Lepení Cyberbond* [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://cybershopcz.com/zbozi/cyberbond-9056-10ml-56>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PA	Polyamid	
PP	Polypropylen	
PE	Polyethylen	
POM	Polyoxymetylen	
R _m	maximální dosažená síla, kterou snesl zkušební vzorek	[N]
F	síla zatěžující zkušební tyč	[N]
S ₀	počáteční plocha	[mm ²]
L ₀	počáteční délka	[mm]
L _u	konečná délka	[mm]
\bar{x}	aritmetický průměr	
σ	chyba měření	
x _i	hodnota í-tého pozorování	
n	počet pozorování	

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Chemická struktura polyamidových vláken. [3]</i>	12
<i>Obr. 2. Silon. [18]</i>	13
<i>Obr. 3. Kord pneumatiky vyztužený aramidovými vlákny Kevlar. [2]</i>	15
<i>Obr. 4. Kapalina nesmáčeující povrch. [6]</i>	16
<i>Obr. 5. Kapalina smáčeující povrch. [6]</i>	16
<i>Obr. 6. Struktura lepeného spoje. [6]</i>	17
<i>Obr. 7. Lepený spoj s jedním přeplátováním. [6]</i>	21
<i>Obr. 8 Lepený spoj s dvojím přeplátováním. [6]</i>	21
<i>Obr. 9. Druhy mechanického namáhání. [7]</i>	28
<i>Obr. 10. Zkouška podle Brinella. [10]</i>	29
<i>Obr. 11. Tvrdoměr Poldi. [10]</i>	30
<i>Obr. 12. Zkouška podle Rockwella. [12]</i>	31
<i>Obr. 13. Zkouška podle Vickerse. [13]</i>	31
<i>Obr. 14. Shoreův skleroskop. [15]</i>	32
<i>Obr. 15. Vzorek pro zkoušku pevnosti v tahu. [7]</i>	33
<i>Obr. 16. Zkouška stříhem. [16]</i>	34
<i>Obr. 17. Schéma Charpyho kladiva. [19]</i>	35
<i>Obr. 18. Cyberbond 1008 [21].</i>	38
<i>Obr. 19. Cyberbond 2008 [22].</i>	39
<i>Obr. 20. Plexus MA300 [24].</i>	40
<i>Obr. 21. Tvar a rozměry pásky pro přeplátování.</i>	41
<i>Obr. 22. Zkušební vzorek a pásek pro přeplátování.</i>	41
<i>Obr. 23. Vstřikovací stroj Arburg 420C Advanced.</i>	42
<i>Obr. 24. Primer [26].</i>	44
<i>Obr. 25. Příklad lepení polyamidu lepidlem Cyberbond 1008.</i>	45
<i>Obr. 26. Trhací stroj Zwick 1456.</i>	46
<i>Obr. 27 Porovnání hodnoty R_m u nerozstříhaných tělísek.</i>	47
<i>Obr. 28 Porovnání hodnoty R_m u tělísek lepených lepidlem Cyberbond 1008 a základním vzorkem.</i>	48
<i>Obr. 29 Lepené vzorky ozářené dávkou 66kGy.</i>	49
<i>Obr. 30 Porovnání hodnoty R_m u ozářených tělísek lepených lepidlem Cyberbond 1008.</i>	50

<i>Obr. 31 Porovnání hodnoty R_m u tělísek lepených lepidlem Cyberbond 2008 a základním vzorkem.</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 32 Lepené vzorky ozářené dávkou 33kGy.</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 33 Porovnání hodnoty R_m u ozářených tělísek lepených lepidlem Cyberbond 2008.</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 34 Vzorky lepené lepidlem Plexus MA300.</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 35 Porovnání hodnoty R_m u tělísek lepených lepidlem Plexus MA300 a základním vzorkem.</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 36 Porovnání hodnoty R_m u ozářených tělísek lepených lepidlem Plexus MA300.</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 37 Porovnání lepidel Cyberbond 1008,2008 a Plexus MA300.</i>	<i>55</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Fyzikální vlastnosti lepidla.</i>	38
<i>Tab. 2 Fyzikální vlastnosti lepidla.</i>	39
<i>Tab. 3. Technická data vstřikovacího stroje.</i>	42
<i>Tab. 4. Technické údaje trhacího stroje Zwick 1456.</i>	46
<i>Tab. 5 Maximální zatěžující síla u základních materiálů.</i>	47
<i>Tab. 6 Lepení lepidlem Cyberbond 1008.</i>	48
<i>Tab. 7 Ozářené vzorky lepené lepidlem Cyberbond 1008.</i>	49
<i>Tab. 8 Lepení lepidlem Cyberbond 2008.</i>	50
<i>Tab. 9 Ozářené vzorky lepené lepidlem Cyberbond 2008.</i>	52
<i>Tab. 10 Lepení lepidlem Plexus MA300.</i>	53
<i>Tab. 11 Ozářené vzorky lepené lepidlem Plexus MA300.</i>	54

SEZNAM PŘÍLOH

CD ROM