

Hodnocení spojů konstrukčních materiálů v železniční dopravě

Lukáš Přikryl



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Příkryl**
Osobní číslo: **T14076**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**
Téma práce: **Hodnocení spojů konstrukčních materiálů v železniční dopravě**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši o problematice spojování konstrukčních materiálů používaných v železniční dopravě.
2. Rešerše materiálů používaných v dopravním průmyslu
3. Definice spojů, používané materiály a techniky
4. Charakterizace statických testů popisující pevnost spojů materiálů
5. Experimentální část
6. Vytipování vhodných materiálových kombinací
7. Příprava vybraných spojů
8. Mechanické testy připravených zkušebních spojů
9. Zhodnocení připravených spojů, vyhodnocení naměřených dat, závěry

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislav Fojtl

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, 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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 1.3.2016

.....

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). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá hodnocením spojů konstrukčních materiálů, které se používají v železniční dopravě. V teoretické části je uveden přehled rozebíratelných a nerozebíratelných spojů a jejich dělení podle normy ČSN, Podrobněji se pak práce zabývá lepenými spoji V praktické části jsou uvedeny použité konstrukční materiály, popsána výroba kompozitních vzorků a také vybraná lepidla. Dále je uvedena příprava lepených a nýtovaných spojů, jejich mechanické testování a závěr práce uvádí jejich vyhodnocení a porovnání.

Klíčová slova: spoj, kompozit, nýt, lepení, ocel, hliník, pevnost

ABSTRACT

This thesis deals with evaluation boards construction materials that are used in rail transport. The theoretical part provides an overview of detachable and permanent joints and dividing by the CSN, in detail, the work deals with adhesive bonding in the practical section provides the construction materials used, described the production-com's composite samples and the selected glue. Listed below is the preparation of bonded and riveted joints, mechanical testing of a conclusion, their evaluation and comparison.

Keywords: joint, composite, rivet, adhesive bonding, steel, aluminum, tensile

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ladislavovi Fojtlovi za konzultace, pomoc se zpracováním informací a za ochotně poskytnuté rady, které mi při vypracování mé práce poskytl.

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

OBSAH

ÚVOD	9
1 TYPY SPOJŮ A SPOJUJÍCÍCH PRVKŮ	11
1.1 ŠROUBOVÉ SPOJE.....	13
1.1.1 Části šroubového spoje	14
1.1.2 Závity	15
1.1.3 Typy šroubů, matic a podložek dle normy ČSN	16
1.1.4 Materiály pro šrouby a matice.....	18
1.2 NÝTOVÉ SPOJE	18
1.2.1 Rozdělení nýtových spojů	19
1.2.2 Použití nýtových spojů	21
1.3 LEPENÉ SPOJE.....	21
1.3.1 Teorie lepení.....	22
1.3.2 Úpravy lepených ploch	23
1.3.3 Zkouška smáčivosti.....	25
1.4 VYUŽITÍ LEPENÝCH SPOJŮ V DOPRAVNÍM PRŮMYSLU	27
1.5 ROZDĚLENÍ LEPIDEL DLE MECHANISMU VYTVRZOVÁNÍ.....	28
1.5.1 Lepidla vytvrzená anaerobní reakcí	28
1.5.2 Lepidla vytvrzovaná ultrafialovým zářením	28
1.5.3 Lepidla vytvrzovaná aniontovou reakcí	29
1.5.4 Lepidla vytvrzovaná aktivátory.....	29
1.5.5 Lepidla vytvrzovaná vlhkostí z okolí.....	30
1.5.6 Lepidla vytvrzovaná teplem	30
2 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	31
2.1.1 Rozdělení kompozitů	31
I II. PRAKTICKÁ ČÁST	35
3 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI	36
4 POPIS POUŽITÝCH MATERIÁLŮ A LEPIDEL	37
4.1 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY	37
4.2 POUŽITÁ LEPIDLA	39
4.3 PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES.....	40
4.3.1 Příprava pro nýtování	41
4.3.2 Příprava pro lepení	42
4.4 PROVEDENÍ MECHANICKÝCH ZKOUŠEK	42
4.5 VYHODNOCENÍ A DISKUZE NAMĚŘENÝCH DAT	43
ZÁVĚR	50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK	55
SEZNAM PŘÍLOH	56

ÚVOD

Každý stroj nebo strojní celek se skládá z jednotlivých součástí. Tyto součásti můžeme spojovat různými způsoby. Spoje můžeme rozdělit do dvou kritérií a to na spoje rozebíratelné a nerozebíratelné nebo podle charakteru spoje na tvarové, silové a materiálové. Tvarové spoje je druh spojení se zatížením mezi jednotlivými součástmi přenášené pomocí drážek, zářezů, otvorů a dalších prvků vytvořených na součástech. Silový spoj je spojení dvou nebo více součástí, kde vznikají svěrné (vzpěrné) síly, které celek spojují. Materiálový spoj se skládá ze dvou nebo více součástí, které jsou spojovány pomocí přídavného materiálu. Podle tohoto charakteru materiálu se dělí na svařování, pájení a lepení, tímto druhem spoje bude věnováno celé téma. [8]

Lepení je nerozebíratelné spojování součástí ze stejných nebo různých materiálů s využitím lepidel. Tato technologie spojení dvou a více částí se posunula za poslední dekádu o velký krok vpřed a to především u dopravního průmyslu - kolejový, letecký a automobilový. Lepení, má mnoho výhod a proto se postupně upouští od jiných metod spojování materiálů, jako je svařování a spojování pomocí šroubů. Každé lepené materiály mají své specifické vlastnosti, a proto neexistuje žádné univerzální lepidlo. Podle lepených materiálů se vybírají vhodná lepidla, která budou mít kvalitní a pevný spoj. Na pevnost lepených ploch má velký vliv příprava a úprava dané plochy, která se opracovává pomocí různých čističů nebo mechanicky. V dnešní době je na českém trhu nepřehledné množství českých i zahraničních výrobců lepidel, a proto si můžeme objednat vhodný druh lepidla.

Tato bakalářská práce se zabývá výzkumem pevnosti spojů vybraných materiálů, které se používají v dopravním průmyslu. Konkrétně srovnává tři typy lepených spojů a dva spoje nýtované, které spojují vybrané kovové a kompozitní materiály.

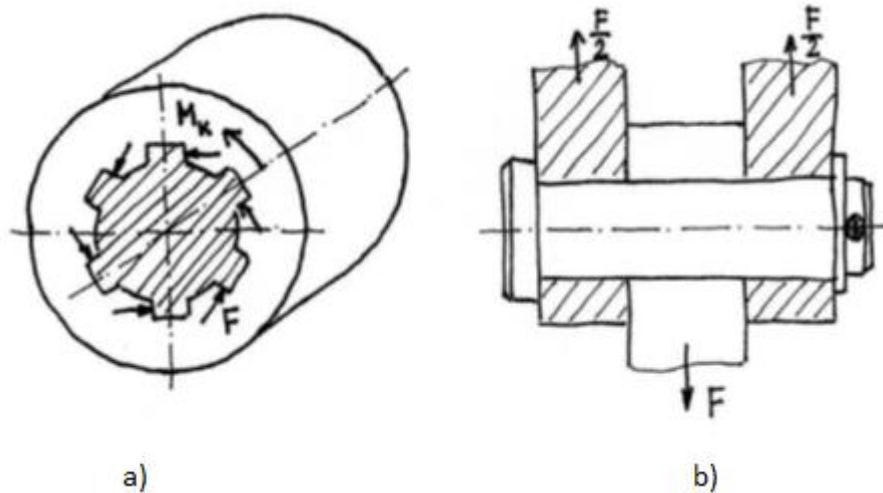
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TYPY SPOJŮ A SPOJUJÍCÍCH PRVKŮ

Spoje spojují strojní součásti v strojní celky. Spoj je možné rozdělit podle rozebíratelnosti a principu působení spoje. Při spojování existují v podstatě tři možnosti spojení dvou nebo více součástí:

- tvarový styk,
- silový styk,
- materiálový styk.[3]

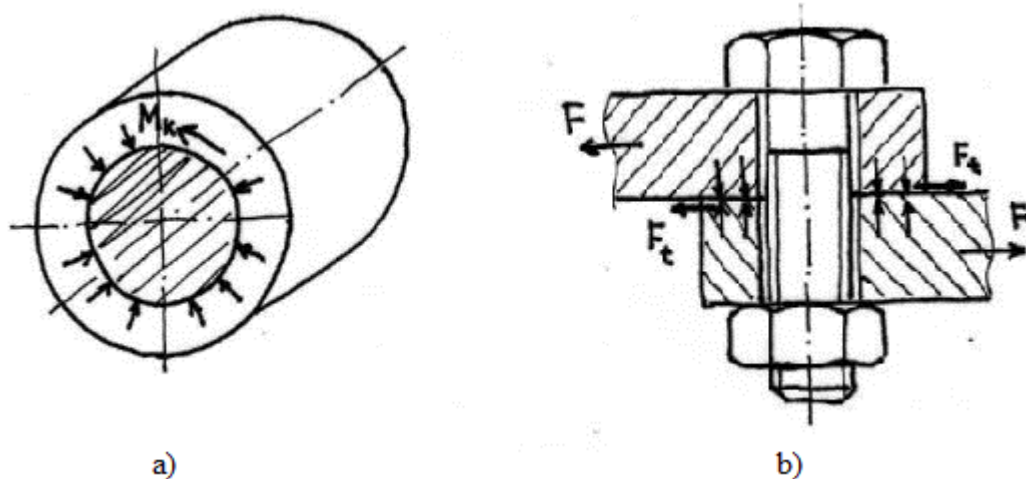
Spoj tvarovým stykem (Obr.1) se řeší pomocí přenosu sil mezi spojovanými součástmi, děje se tak pouze pomocí normálových napětí nebo normálovými silami (tlak) mezi stykovými plochami. [3]



Obr. 1: Spoj tvarovým stykem [3]

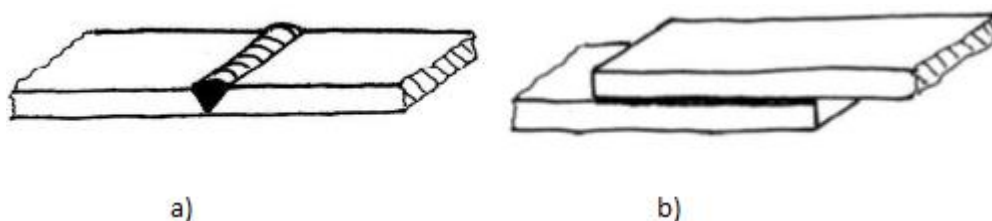
Na Obr. 1 a) je vyobrazen přenos krouticího momentu na drážkovém náboji s drážkovým hřídelem s rovnými plochami, dalším typem tvarového styku je kloubové spojení táhla s vidlicí, kdy přenos síly je realizován normálovým napětím (Obr. 1 b). [3]

Spojení silovým stykem se řeší vzájemným vzepřením ploch. Síla se přenáší třením, které je vyvoláno rozpěrnými normálovými silami podle Coulombova zákona. Na Obr. 2 a) je zobrazen tlakový spoj přenášený krouticím momentem, kde silovým stykem vzniklá předpětí tlakového spoje. Nejznámější typ spoje pomocí silového styku je vyobrazen na Obr. 2 b).[3]



Obr. 2: Spoj silovým stykem [3]

Posledním typem je spojení materiálovým stykem (Obr. 3), které se řeší pomocí přídavných materiálů (lepení, svařování, pájení). U svařování je přídavný materiál a stejného typu a přibližně i pevnosti jako základní materiál (Obr. 3 a). V případě lepení, pájení a tmelení je přídavný materiál jiného složení s menší pevností než základní materiál spojovaných součástí (Obr. 3 b).[3]



Obr. 3: Spoj materiálovým stykem [3]

U dalších spojů nastává kombinace tvarového a silového styku, takovým spojům se pak říká kombinované, kde například některé šroubové spoje jsou tvarové, jiné silové. Klínové spoje jsou hlavně silové, ale současně mohou přenášet i krouticí moment tvarově. Nýtové

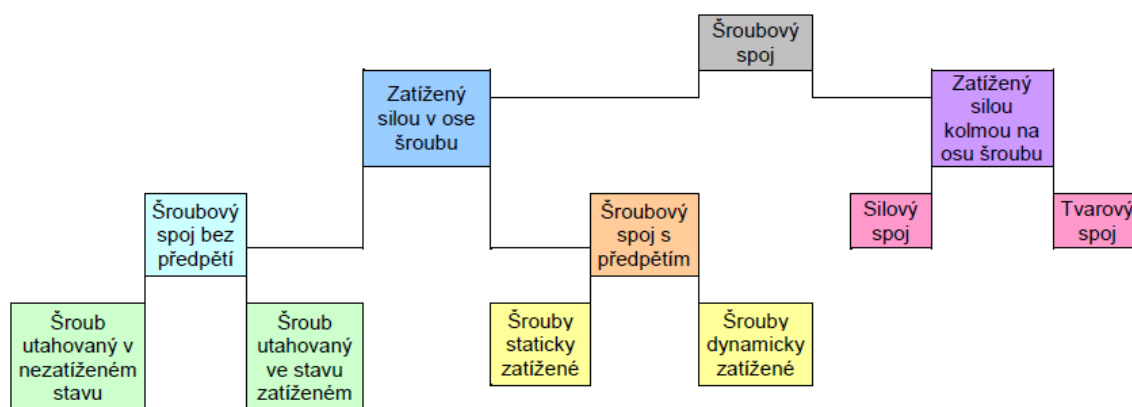
spoje přenášejí síly a napětí tvarově, ale i pomocí tření mezi spojovanými materiály (tzn. silově). [3]

Dalším rozdělením spojů je dle jejich opětovné rozebíratelnosti, tedy spoje nerozebíratelné a rozebíratelné. Rozebíratelnost znamená spoj bez porušení rozebrat a znovu smontovat stejnými spojovacími součástmi a to i opakovaně. [3]

1.1 Šroubové spoje

Šroubové spoje jsou nejpoužívanější rozebíratelné spoje dvou nebo více součástí. Jsou nejčastěji tvořeny spojovaným materiálem s dírami pro šrouby, šroubem, maticí a podložkou. Šroubem se rozumí součást se závitem na vnější válcové ploše, matice je součást s dírou se závitem. [3]

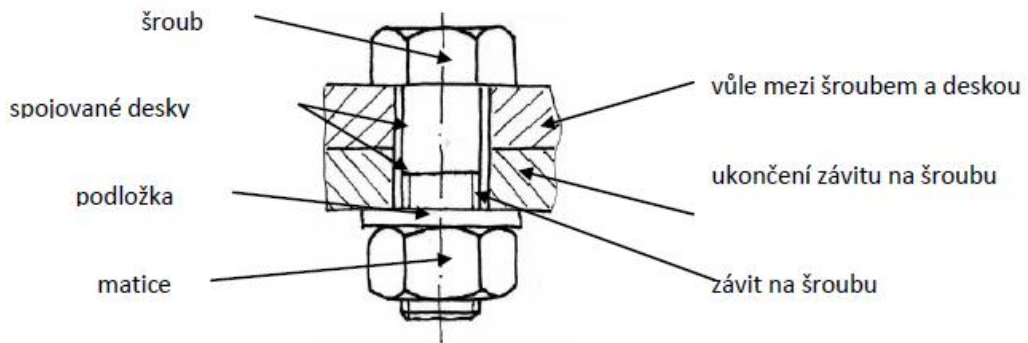
Strojní součásti jako šrouby, matice a podložky se používají normalizované. Tvoří se tvarovým spojením, protože síla z jednoho materiálu do druhého se přenáší tvarovým spojovacím šroubem. Velmi časté jsou však případy, kdy utažením šroubu před zatížením vyvolává osovou (normálovou) sílu předpětí ve spojovaných součástech i šroubu a tím i tření (tangenciální síla ve spoji). Tím vzniká spoj tvarový s předpětím, který je v podstatě již silovým spojením. [3]



Obr. 4: Rozdělení šroubových spojů podle druhu zatížení [3]

1.1.1 Části šroubového spoje

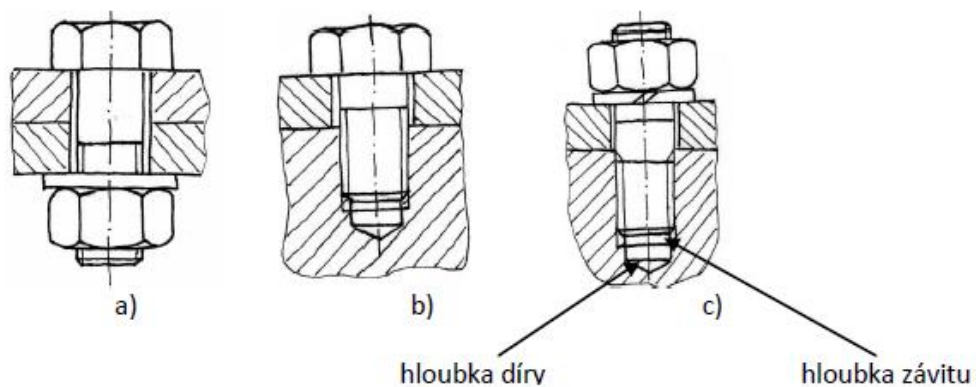
Šroubový spoj (Obr. 5) je tvořen pomocí spojovaných dílců, opatřených dírou pro šroub, dále maticí a samotným šroubem a podložkou, která nemusí být vždy součástí spoje. [3]



Obr. 5: Hlavní části šroubového spoje [3]

Existuje velká řada normalizovaných typů šroubů a matic, ale v praxi se však většinou používají hlavně ty, které umožňují dostatečný nebo předepsaný vzájemný utahovací moment.

Podle použitých šroubů a matic rozdělujeme na tři základní druhy šroubových spojů a to spoj se šroubem a maticí, kde šroub je v díře s vůlí (Obr. 6 a), dále spoj šroubu s dílcem, ve které je díra se závitem (Obr. 6 b) a spoj se závrtným šroubem bez hlavy (Obr. 6 c). [3]

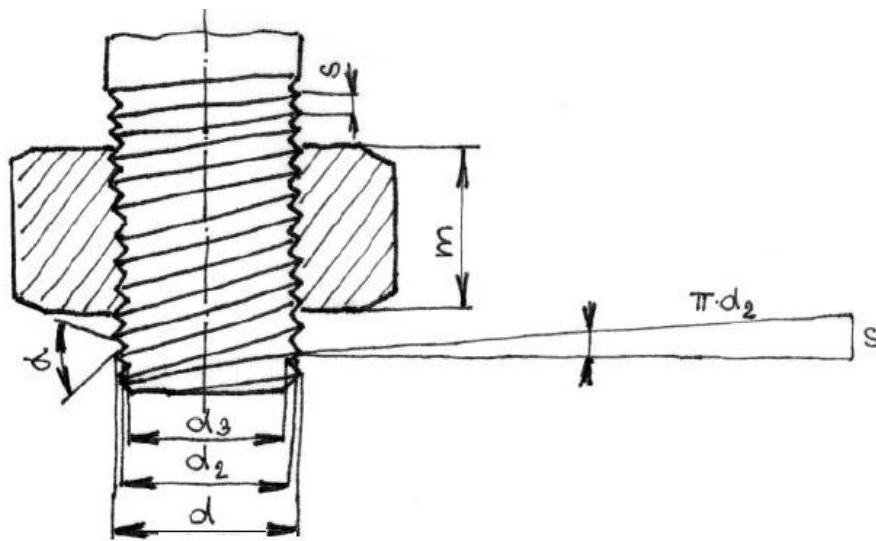


Obr.6: Základní typy šroubových spojů [3]

1.1.2 Závity

Závity mohou být vytvořeny na vnější válcové ploše, plášti válce – daná část nebo součást součásti se nazývá šroub, v díře – daná část nebo součást součásti se nazývá matice

Funkční části šroubu (spojovací součásti) tvoří závit, jeho závity jsou navinuty se stoupáním kolem válcového jádra o průměru d_3 . Úhel profilu je označen α . Velký průměr závitu je označen d , střední průměr závitu d_2 , výška matice m , rozteč je označena s . Závit, přesněji závitová plocha, vzniká pohybem profilu závitu, při kterém každý bod profilu opisuje šroubovici. Základní profil je společný pro vnitřní i vnější závit. [2]

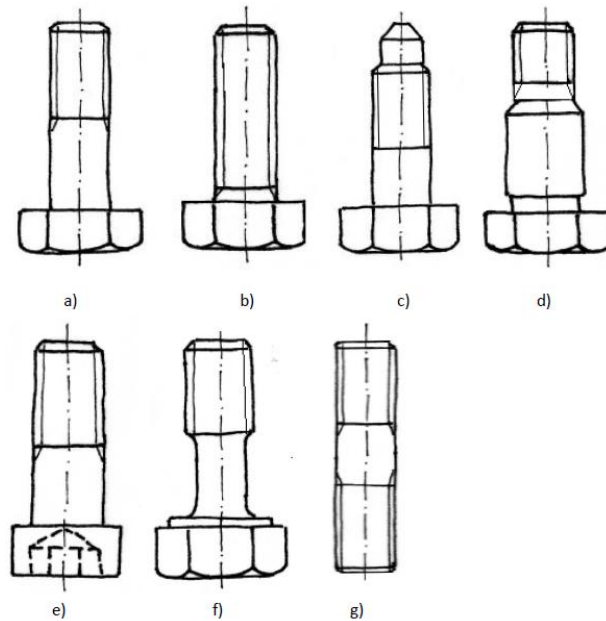


Obr. 7: Vnější závit na šroubu [3]

Jsou různé druhy závitů, které se používají k různým účelům, lišícím se od sebe svým profilem. Většina závitů je normalizována. Nejvíce používaným závitem je metrický závit, jeho profil má tvar rovnostranného trojúhelníku se zaobleným dnem a sraženým vrcholem závitu. [2]

1.1.3 Typy šroubů, matic a podložek dle normy ČSN

Norma ČSN určuje rozměry a tvary jednotlivých spojovacích materiálů (šrouby, matice, podložky, závlačky). Vybrané typy zobrazuje následující obrázek (Obr. 8). [1]



Obr.8: Některé druhy šroubů dle normy ČSN [3]

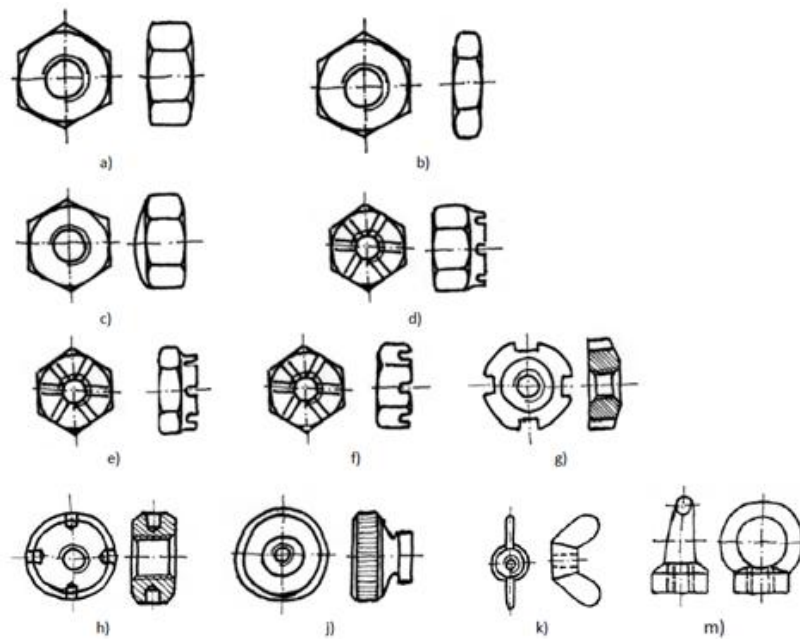
(a) Šrouby se šestihlannou hlavou, b) Šrouby se šestihlannou hlavou a závitem až k hlavě, c) Šrouby se šestihlannou hlavou a čípkem, d) Lícované šrouby se šestihlannou hlavou, e) Šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihlannem f) Šrouby se šestihlannou hlavou (pružné), g) Závrtné šrouby)

Velikosti šroubů jsou normalizovány podle normy ČSN a uvedeny ve strojnických tabulkách. Zakončený závit na dřívku nebo v díře se může provést buď výběhem, nebo pomocí drážky. Normalizované zakončení jsou uvedeny ve strojnických tabulkách. Zakončení normalizovaných šroubů dle ČSN 02 1031 jsou v strojnických tabulkách. [2]

Matice, šrouby a další součásti (do M 20) se ve šroubárnách vyrábějí objemovým tvářením za studena. Tato technologie nahrazuje soustružení, zvyšuje mechanické vlastnosti výrobků a produktivitu práce a snižuje náklady na výrobu. [3]

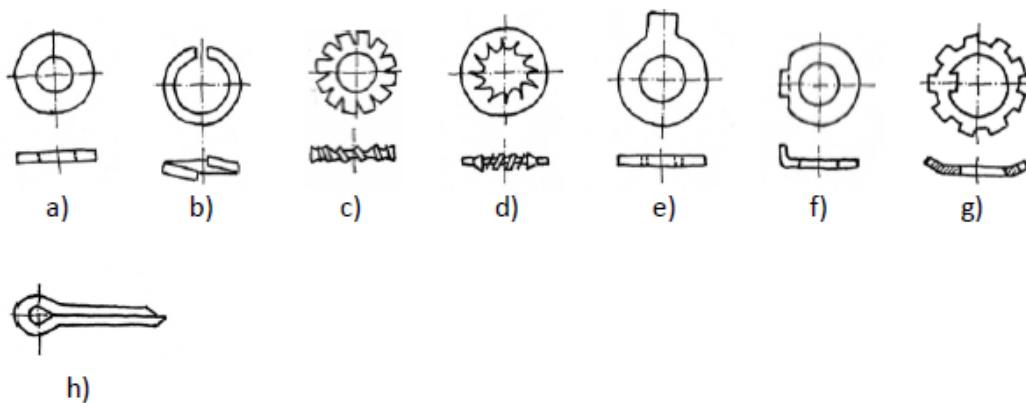
Při silném utažení šroubových spojů může dojít k trvalým plastickým deformacím celých spojů, které mohou během provozu pokračovat, může dojít k otlacení stykových ploch, a následně dojde k uvolnění spoje. U automobilů dochází k uvolnění při otřesech a dynamickém namáhání. Proto je nutné šroubové spoje pojistit silovými nebo tvarovými pojistkami.

[4]



Obr. 9: Vybrané druhy matic podle ČSN [1]

(a) Šestihranné matice, b) Šestihranné matice nízké, c) Šestihranné matice uzavřené, d) Korunové matice, e) Korunové matice nízké, f) Korunové matice, g) Stahovací a upínací kruhové matice se zářezy po obvodě, h) Kruhové matice se zářezy po obvodě, j) Rýhované matice, k) Křídlové matice, m) Závěsné matice)



Obr.10: Některé druhy podložek podle ČSN [1]

(a) Podložky, b) Podložky pružné, c) Vějířové podložky s vnějším ozubením, d) Vějířové podložky s vnitřním ozubením matic, e) Pojistné podložky s jazýčkem, f) Pojistné podložky s nosem, g) Pojistné podložky typu MP, h) Závlačky)

Podložka se vkládá ve šroubovém spoji pod maticí, někdy i pod hlavu šroubu, v případě rozdělení tlaku matice na větší plochu, aby se matice nebo hlava nezatlačila do součásti z měkčího materiálu (kůže, dřevo, lehké slitiny, plasty), dále projde-li šroub skrz oválnou dírou nebo s velkou vůlí jestliže dosedací plocha pro hlavu spojované součásti je neobrobená, nerovná nebo drsná, nebo při zamezení odírání materiálu při častém uvolňování matice a k vyrovnání sklonu při spojování profilů I a U. [5]

1.1.4 Materiály pro šrouby a matice

Nejčastějším materiálem pro normalizované šrouby a matice se používá konstrukční, ušlechtilé a nízkolegované oceli a značení materiálu se popisuje značkou na hlavě šroubu nebo čela matice. [3]

Šroubová značka na materiálu šroubu se udává dvojicí čísel, která je oddělena tečkou. Mez pevnosti se udává prvním číslem a to je 1/100 MPa, druhé číslo slouží k 10násobku meze kluzu a meze pevnosti v MPa. [3]

Dále se můžeme setkat i se šrouby, které mají materiál značen číslicí a písmenem udávající nové i staré značení materiálů a jejich mechanických vlastností. [3]

Mechanické vlastnosti matic se označují jedním číslem, které odpovídá 1/100 zkušebnímu napětí v MPa. Mezi pevností šroubu odpovídá zkušební napětí, které s maticí tvoří dvojici. [3]

1.2 Nýtové spoje

Nýtové spoje patří do kategorie nerozebíratelných spojů. Tento spoj vzniká deformací jednoho konce ze spojovaných součástí vložené do díry v druhé součásti nebo deformací konce nýtu, který je vložený do průchozí díry ve spojovaných součástech. Nýtové spoje bývají dnes v mnoha případech nahrazovány spoji svarovými. Od nýtových spojů se v dnešní době upouští, jelikož se nahrazují svarovými spoji.[4]

Výhody nýtových spojů:

- spolehlivost, snadná kontrolovatelnost spoje jednoduchá,
- nýtové spoje jsou pružnější než svarové,

- při nýtování nedochází k deformacím spojovaných částí materiálu místním nahromaděním tepla jako u svařování,
- při nýtování nedochází ke zvlnění okrajů tenkých plechů jako při svařování. [3]

Nevýhody nýtových spojů:

- rozebírání je možné jen porušením nýtů nebo spojovaných částí,
- není zaručena vzájemná poloha spojovaných částí,
- ve spojovaných materiálech je potřeba vyvrtat pro nýty otvory; prostřihované díry mohou být zdrojem trhlin, vrtané díry jsou přesnější, hladší, ale dražší,
- spojovaný materiál je dírami od nýtů zeslabený,
- nýtový spoj je propustný,
- je-li materiál nýtů a spojovaných částí různý, mohou se nýty při zahřátí spoje a vzniká koroze,
- nýtové spoje jsou těžší (15 až 20 %),
- při nýtování je potřeba více přípravných prací než při svařování,
- technologie v dnešní době je složitější než svařování, [4]

Zpravidla se používají dvojstřížné nýty. Spoj s jednostřížným nýtem se při přenášení tahu nebo tlaku namáhá taky nepříznivě ohybem. Nýt má být zatížen vždy jen silou působící kolmo na jeho osu.[4]

1.2.1 Rozdělení nýtových spojů

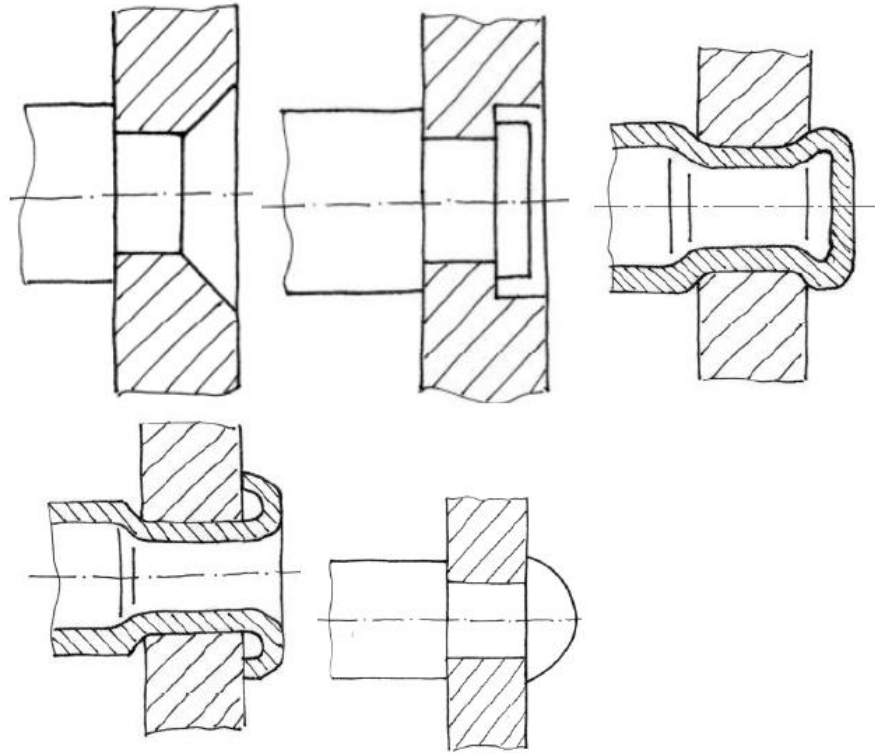
Podle způsobu zhotovení se nýty dělí na ruční (při menších průměrech nýtů) a strojní, dále podle stavu nýtů při nýtování za tepla (po nýtování se nýt smrští a vlivem vzniklých normálových sil se spojované části stlačí k sobě, třecí síly mezi deskami brání vzájemnému posuvu – silový nýtový spoj) a za studena (jde o spoj s tvarovým stykem platí, i když síla přenášená spojem přesáhne odpor tření mezi spojovanými materiály). [3]

Nýt musí být v díře v deskách vždy dokonale vyplněn nýtem proti zamezení ohybu. Zpravidla se používají dvojstřížné nýty. U jednostřížných nýtů je při přenášení tahu nebo tlaku

taky namáhán nepříznivě na ohyb. Nýt má být vždy zatížen jen silou působící kolmo na jeho osu. [3]

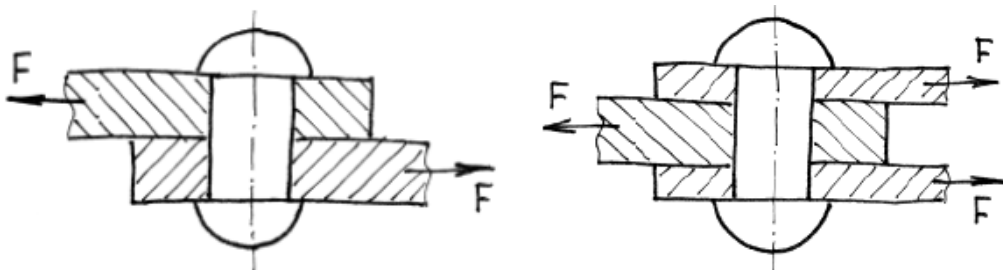
Dle konstrukce se nýtové spoje dále dělí na:

- a) přímé nýtování – přímo jedna ze spojovaných součástí je roznýtována (např. u kovových žebříků)
- b) nepřímé nýtování – k provedení spoje se využívá roznýtovaný nýt



Obr. 11: Příklady přímého nýtování [3]

Podle zatížení rozlišujeme nýt nosný (silový), který přenáší sílu z jedné součásti na druhou a na nýt spínací (spojovací), který pouze spojuje, a nepřenáší sílu. Dále podle počtu nebezpečných průřezů na jednostřížný a dvojtřížný (Obr.12). [3]



Obr. 12: Jednostřížný a dvojtřížný nýtový spoj [3]

1.2.2 Použití nýtových spojů

Tyto spoje byly a jsou i nadále používány u ocelových konstrukcí, např. u střech, mostů, nosníků, stojanů, sloupů elektrického napětí, v současnosti je najdeme u rámu rámy nákladních vozidel, při stavbě letadel (Obr.13). Při stavbě lodí a kotlů, tam kde byla potřeba těsnost spoje. Přímé nýtování se používá pro menší součásti v elektrotechnice a jemné mechanice. Nepřímé nýtování nahrazuje svařování a lepení, používá se pro spojování plechů z lehkých slitin v leteckém průmyslu a pro spoje v nepřístupných místech – nýt s trnem. [4]



Obr.13: Nýtování u letadel [4]

1.3 Lepené spoje

Lepení je nerozebíratelné spojování dvou a více částí se stejným nebo různým materiálem s využitím lepidla. Tato technologie spojování částí v poslední době velmi oblíbená a to především v kolejovém, leteckém i automobilovém průmyslu. Lepení má mnoho výhod, upouští se od jiných metod spojování částí, jako je svařování, pájení, nýtování a spojování pomocí šroubů. [4]

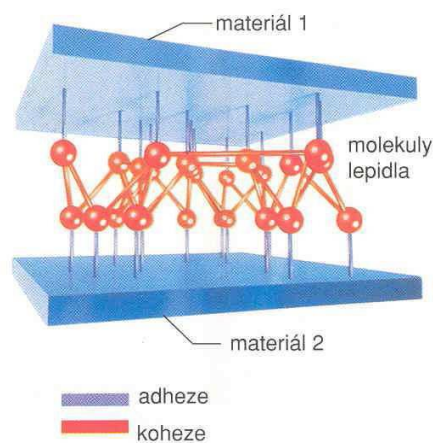
Každý lepený materiál má své určité vlastnosti, a proto není žádné univerzální lepidlo. Podle lepených materiálů se vybírají vhodné lepidla a to proto, aby byl spoj kvalitní a pevný. Velký vliv na lepený spoj má i úprava lepených ploch, které se dělají mechanicky pomocí různých čističů. Volba lepidel je důležitým krokem pro soudržnosti lepených spojů. Závisí na druhu lepených materiálů, požadovaných vlastností spojů a provozních předpokladů.[4]

1.3.1 Teorie lepení

Kdyby se k sobě materiály přiblížily až na molekulární vzdálenosti, nebyly by potřeba žádné technologie, protože materiály by se spojily samy pomocí vzájemné přitažlivosti. Tato definice je jen teoretická a prakticky to nejde uskutečnit. Povrchy tekutých a pevných látek mají lepší přilnavosti než u povrchů látek pevných, a proto se používá ke spojování částí také lepidel (adheziv). Lepidlo se dostává mezi nerovnosti lepených materiálů (adherentu) a vytěsňuje z mikropórů většinu pohlcených plynů a par. Aby lepidla plnila svoje funkce, musí být lepené povrchy dobře smáčeny a musí se změnit skupenství lepidel z kapalného na pevné.[5]

Zkoušky rozdělujeme na destruktivní a nedestruktivní. Destruktivní zkoušky rozdělujeme dále podle charakteru odtrhávání jednotlivých složek na metody nerovnoměrného odtrhnutí zkoušky spojů tuhých materiálů a zkoušky spojů, kde alespoň jeden adherend je ohybný resp. pružný, metody rovnoměrného odtrhnutí se používají zejména při zkoušení kombinovaných systémů.[13]

Metoda s využitím namáhání ve smyku se využívají při zkoušení pevnosti tuhých spojů spojených přeplátováním, často se využívá i pro spojení pružných materiálů. Smykové napětí působí v rovině spoje a vzniká při smykovém namáhání. Mezi destruktivní zkoušky patří i únavové zkoušky a zkoušky studeného toku. Můžeme sem zahrnout nejen zkoušky mechanických vlastností, ale i zkoušky tepelné odolnosti životnosti. Lepené spoje vznikají za působení adheze a koheze. Síly, které vyvolávají přilnavosti materiálu a lepidel, se nazývají adheze. Vlastní soudržnost ztuhlého nebo vytvrzeného filmu lepidla se nazývá koheze. [5]



Obr. 14: Adheze a koheze v lepeném spoji [5]

Spojování materiálu lepením má i své nevýhody. Proto se vždy musí zvážit, jestli je lepení správná technologie ve srovnání s jinými metodami spojování materiálu.[5]

Výhody lepení:

- možnost spojování stejných nebo různých materiálů,
- možnost konstruování těsných spojů odolných vůči kapalinám a plynům,
- lepené spoje zvyšují tuhost a tlumí vibrace,
- v materiálech nejsou žádné koncentrátoři napětí (díry, drážky, atd.),
- lepené spoje nezvyšují hmotnost celkové součásti,
- vysoké pevnosti spojů při namáhání ve smyku a rázové pevnosti. [5]

Nevýhody lepení:

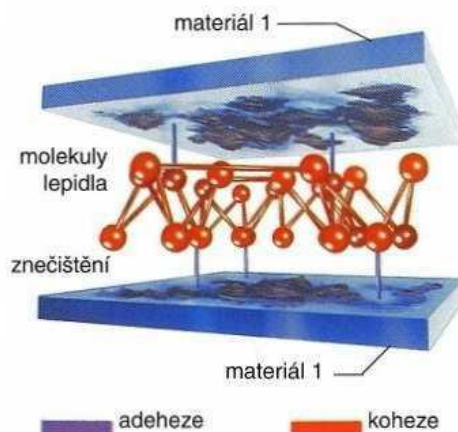
- není možné docílit dokonalé čistoty lepené plochy,
- jsou to nerozebíratelné spoje,
- citlivosti lepených spojů jsou namáhány odlupováním a kroucením,
- lepidla neodolávají vysokým teplotám,
- technologie náročná na čas. [5]

Lepené sestavy mají menší hmotnosti než sestavy spojované pomocí svařování. Lepidla mezi lepenými díly tlumí vibrace a nepoškozuje jejich ochranné vrstvy. Velkou výhodou je spojování různých materiálů a těžko svařitelných plechů.

Plošné uchycení plechů zajišťuje karoserie automobilů větší pevnost a tuhost. U tmelu je výhoda těsnost spoje, který má vliv na odolnost karoserie vůči korozi. K elektrolytické korozi nemůže dojít, protože vrstva lepidla je elektroizolant.[5]

1.3.2 Úpravy lepených ploch

Pro zvýšení pevnosti lepených spojů je důležité upravit lepené povrchy tak, aby došlo k dokonalé přilnavosti mezi lepenou plochou a lepidlem (adhezi). Adheze se zlepšuje při odstranění nežádoucí povrchové vrstvy odmaštěním nebo mechanickou abrazí, vytvoření nových aktivních povrchů pomocí primeru a změnou povrchových aktivit mořením, koronárním výbojem, plazmou, atd.[5]



Obr. 15: Znečištěný lepený spoj[5]

➤ **Odmaštění lepené plochy**

K docílení co nejkvalitnějších lepených spojů je důležité z lepených ploch odstranit oleje, tuky, prach a jiné zbytkové nečistoty. K tomu jsou vhodná rozpouštědla, která se odpaří beze zbytku. Tyto rozpouštědla je možné použít v parním odmašťovacím systému. Rozpouštědla jsou ohřívána do bodu varu a odpařují se. Když dojde ke kontaktu páry se studenou částí, čističe kondenzují a vzniklé kapaliny odplavují všechny nečistoty. Při použití alkalických nebo kyselých vodních čisticích lázní nemusí být vždy vhodné, protože skoro vždy obsahují antikoroziční přísady, které zůstanou po vyčištění na povrchu a mohou snížit adhezi lepidel, nebo zabránit jeho vytvrzování. Při použití odmašťovací lázně ve velké výrobní sérii je vhodné velmi znečištěný dílec nejprve očistit, aby nedošlo k rychlému znečištění lázně. U většiny postačuje ošetřit povrchy tzv. rychločističi. Odstraňují oleje, tuky, prach a jiné nečistoty a povrchy jsou snadno připraveny k nanesení lepidel. [5]

➤ **Mechanická příprava**

K mechanickému očištění povrchů se nejčastěji používá tryskání, broušení nebo kartáčování. Uvedené metody se používají pro odstranění např. oxidů z povrchů kovů, kde jen odmaštění nestačí. Po mechanickém čištění je důležité lepené povrchy odmastit. U velmi špinavé součásti se doporučuje odmastit lepené plochy před mechanickým ošetřením. Pro ošetření plastu je nejvýhodnějším abrazivem litina a kysličník hliníku. Pryžové výrobky je možno ošetřit pomocí broušení. [5]

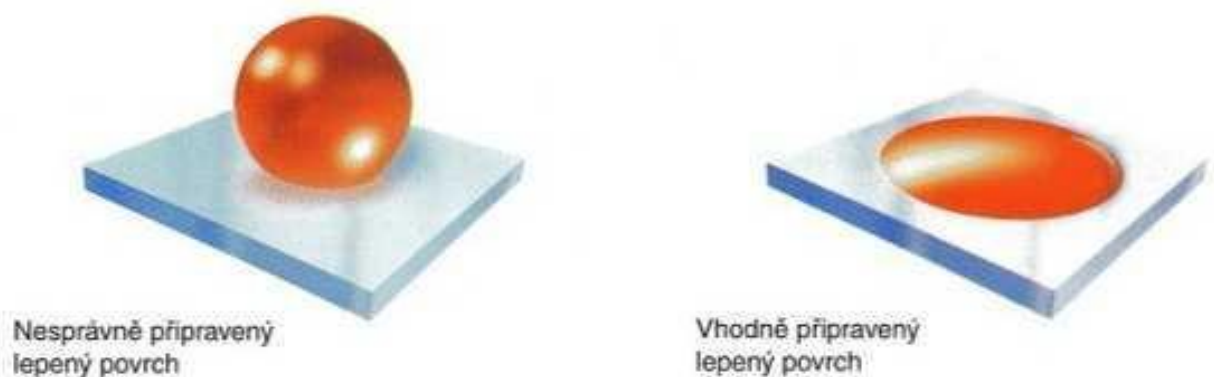
➤ **Moření**

Moření povrchu se provádí v závislosti na materiálu a buď to velmi kyselou nebo silně zásaditou chemikálií, která je agresivní. Leptáním se mění povrchy a vytvářejí se dutinky

pro mechanické zachycování lepidel. Vlivy mořidel jsou závislé na použitých typech materiálů. Tento způsob úpravy povrchů je ekonomicky nákladný, protože cena za manipulaci a nakládání s mořidly je stále vyšší. [5]

1.3.3 Zkouška smáčivosti

Zkouška smáčivosti se provádí kapkovou metodou lepeného povrchu. Na čistý povrch se nanese několik kapek čisté vody a poté se zkoumá jejich tvar, který je na Obr.16. Kulovitý tvar kapky signalizuje, že je povrch nedostatečně očištěný a je potřeba ho očistit znova. Pokud se kapka vody na povrchu rozprostře, tak to znamená, že je lepený povrch dostatečně očištěný. Výhoda této metody je v její jednoduchosti a dostupnosti zkušebního média. Tuto metodu není vhodné používat u anodového povlaku na hliníku a hořčíku. Zkouška smáčivosti může být ovlivněna různou tvrdostí vody a v určitých případech ani destilovaná voda nezaručuje jasné výsledky. [5]



Obr.16: Zkouška smáčivosti [5]

➤ Lepené materiály

Základním prvkem je zjistit vlastnosti lepeného materiálu. A to jeho strukturu, složení a propustnosti plynů. Tyto informace jsou důležité pro výběry lepidel z pohledu adheze, koheze a tuhnutí lepidel ve spojích. Další vlastnosti lepeného materiálu je tepelná stálost, roztažnost a rozpustnost v organických rozpouštědlech. Jestliže tyto informace neznáme, musíme je zjistit, aby byla vybrána nejvhodnější lepidla pro kvalitní lepené spoje. [5]

➤ Požadované vlastnosti spojů

Při výběru lepidel se taky musí brát ohled na vlastnosti, které budou mít lepené spoje v provozních podmínkách - mechanické vlastnosti, tepelná odolnost, odolnost vůči vodě a

vlhkosti a chemická odolnost. Jestliže nejde dosáhnout všech těchto vlastností, je potřeba uvážit, které jsou více důležité, a podle těchto parametrů lepidlo zvolíme. [5]

➤ **Provozní předpoklady**

Možnosti lepidel ve strojním průmyslu bazíruje na kvalitě lepených spojů, hospodaření, bezpečnosti práce a ochraně prostředí.

V sériové výrobě se lepení provádí na speciálních zařízeních, kde se klade důraz na vysokou životnost lepených spojů. Lepidla se ve spojích aktivují katalyticky, za zvýšené teploty nebo současně oběma způsoby. Z hlediska bezpečnosti práce se používají převážně lepidla, která minimálně uvolňují těkavé látky (např. formaldehyd). Jsou to lepidla ve vodném roztoku, disperzní, tavné a natavitelné. [5]

➤ **Mechanické vlastnosti**

Lepené spoje můžou být zatěžovány buď staticky, nebo dynamicky. Kvalita lepených spojů při statickém namáhání se definuje jako minimální pevnost v tahu, ve smyku a v odlu-pování. Tyto zkoušky se provádějí na normovaných zkušebních tělesech. Zkušební tělesa jsou z materiálů a lepidla, které budou následně použity v praxi. [5]

➤ **Tepelné odolnosti**

Tepelná odolnost je definována minimální a maximální teplotou, časovým průběhem namáhání a spodními hodnotami mechanických vlastností za určitých podmínek. U spojů, pracujících za zvýšených teplot, jsou vhodné lepidla fenolická, polyuretanová a epoxidová. Tyto lepidla odolávají teplotám až do 150°C. Teplotě od 250 °C do 350 °C odolávají polyamidová lepidla, která patří mezi teplotně nejodolnější. Teplotní odolnost je možné zvýšit pomocí minerálních plniv a kovového prachu. [5]

➤ **Odolnost vůči vodě a vlhkosti**

Lepidla můžeme rozdělit do tří skupin odolnosti proti vodě a vlhkosti. První skupinou jsou lepidla neodolná. Mezi tuto skupinu patří lepidla škrobová, glutilová a většina organických lepidel. V druhé skupině jsou lepidla, která mají omezenou nebo dočasnou odolnost proti vodě a vlhkosti. To jsou lepidla polyvinylacetátová a lepidla močovinoformaldehydových pryskyřic. V poslední skupině jsou zařazena lepidla polyuretanová, samovulkanizující ze syntetických látek, fenolická lepidla na bázi polymethylmethakrylátu a chlorovaného PVC. Tato lepidla dobře odolávají vodě a vlhkosti. [5]

➤ Chemické odolnosti

Před použitím lepidel je důležité zjistit, jestli chemické složení lepidla neovlivní spoj výpa-ry nebo kapalinami, které mohou difundovat do lepeného materiálu nebo přes okraj spáry. Proto vždy vybíráme lepidlo, která chemicky neovlivní lepený spoj. [5]

1.4 Využití lepených spojů v dopravním průmyslu

Lepení se osvědčilo také v dopravním průmyslu, kde v některých případech nahradilo jiné spojovací technologie. Pozornost je kladen hlavně na nižší náklady na provoz a opravy, vyšší spolehlivosti, dlouhou životnost a hlavně bezpečnost dopravního prostředku.

Veškeré tyto požadavky musí lepené spoje zajišťovat. Lepení se používá hlavně ve výrobě automobilů osobních, užitkových a nákladních, autobusů a kolejových vozidel. K dalšímu uplatnění této technologie jev opravárenství dopravních prostředků. V dopravním průmyslu se taky používá tmel pro utěsnění různých součástí jako je např. převodové skříně. U kolejových vozidel se využívá lepidlo pro spojování plechových nebo plastových bočnic k základnímu rámu, lepení předního a zadního čela, lepení a tmelení skla a lepení plastových podlahových krytin. Použití lepidel u vlakové motorové jednotky je zobrazeno na Obr. 17. [5]



Obr.17: Využití lepení u vlaku [5]

1.5 Rozdělení lepidel dle mechanismu vytvrzování

Lepidlo je z velké části reaktivní polymer, které se mění z kapalné na pevnou fázi (vytvřování). K dané přeměně dochází různými chemickými reakcemi. Vytvrzování lepidla dělíme do několika skupin. [5]

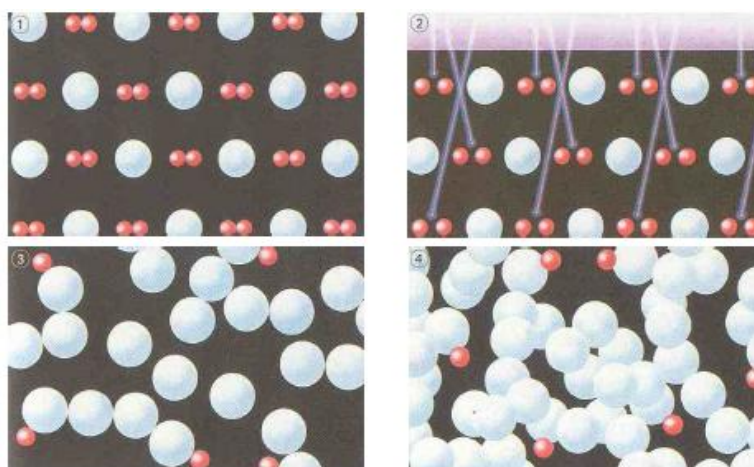
- lepidlo vytvrzené anaerobní reakcí,
- lepidlo vytvrzované ultrafialovým zářením,
- lepidlo vytvrzované reakcí aniontovou,
- lepidlo vytvrzované aktivátory,
- lepidlo vytvrzované vlhkostí z okolí,
- lepidlo vytvrzované teplem. [5]

1.5.1 Lepidla vytvrzená anaerobní reakcí

Nazývají se jednosložková lepidla, u kterých dochází k vytvrzení za okolních teplot a za nepřístupu kyslíku. K reakci lepidla dochází po tom, co lepené části spojíme k sobě a tím zamezíme přístupu kyslíku. Vytvrzování těchto lepidel probíhá rychle, hlavně tehdy dojde-li ke styku s kovy. [5]

1.5.2 Lepidla vytvrzovaná ultrafialovým zářením

Doba vytvrzování těchto lepidel závisí na intenzitě a na vlnové délce ultrafialového světla. Vytvrzovací proces (Obr.18). Při štěpení fotoaktivátorů zářením, vznikají volné radikály. Tyto radikály mají za následek začátek polymerace. [5]

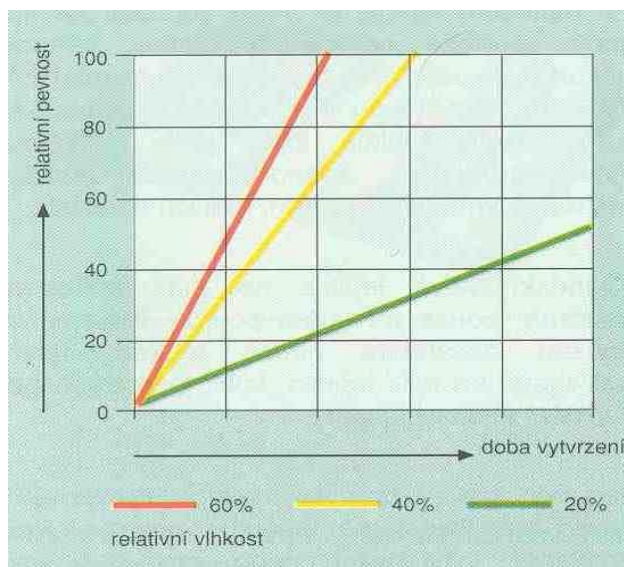


Obr.18: Vytvrzovací proces [5]

1 – lepidlo v kapalné formě, 2 – aktivátory se mění na volné radikály pod ultrafialovým zářením, 3 – nárůst monomerních řetězců, 4 – stav vytvrzeného lepidla

1.5.3 Lepidla vytvrzovaná aniontovou reakcí

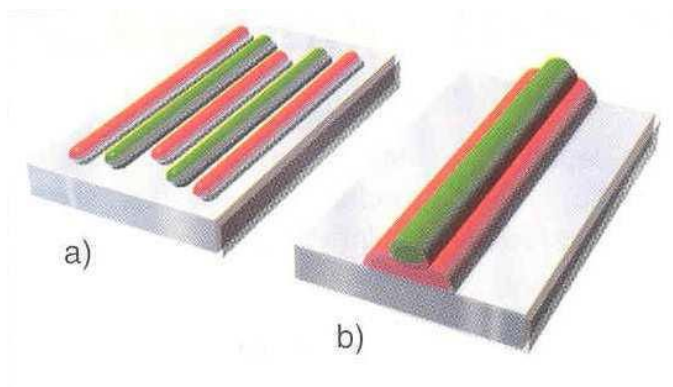
Jednosložkové kyanoakrylátové lepidla polymerují ve styku s lehce alkalickými povrchy. Okolní vlhkost ve vzduchu a na lepených površích je dostačující pro vytvrzení během několika málo sekund (Obr.19). [5]



Obr.19: Vliv vlhkosti na vytvrzování lepidla [5]

1.5.4 Lepidla vytvrzovaná aktivátory

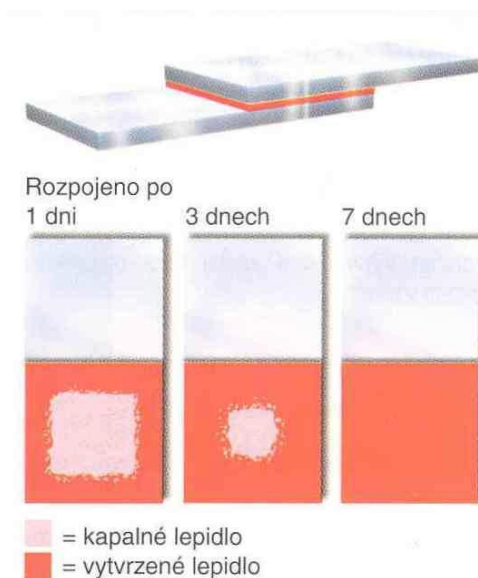
Tato lepidla se vytvrzují při pokojové teplotě, vždy po smíchání aktivátorů a lepidla. Při smíchání lepidla a aktivátoru může dojít dvěma způsoby. Prvním se nanese lepidlo i aktivátor na oba povrchy lepených částí tak, aby se nesmísily. Ke smíšení dojde až po spojení a pak začíná vytvrzování. Druhý způsob je zamíchání aktivátoru a lepidla před nanesením. [5]



Obr.20: Způsob nanesení dvousložkového lepidla [5]

1.5.5 Lepidla vytvrzovaná vlhkostí z okolí

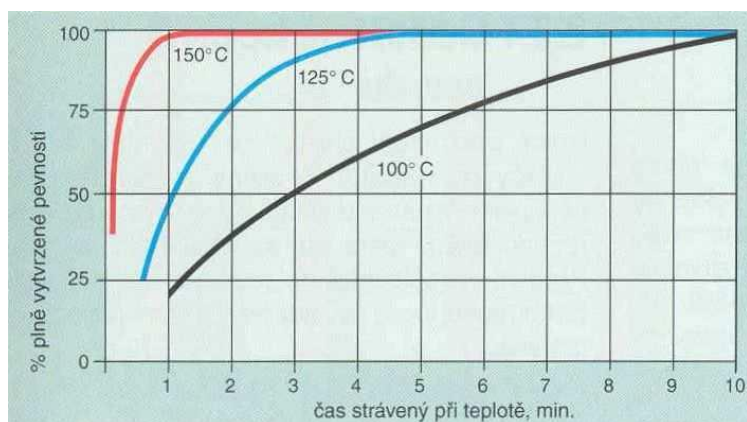
Tato lepidla se vytvrzují pomocí kondenzační reakce, která zahrnuje reakci s okolní vlhkostí. Do této kategorie spadají obecně dva chemické typy, jsou to silikony a polyuretany. [5]



Obr.21: Vytvrzení silikonových lepidel [5]

1.5.6 Lepidla vytvrzovaná teplem

Jsou to většinou lepidla jednosložková. Typickým příkladem jsou epoxidy vytvrzované teplem. Teplota vytvrzování je závislá na druhu lepidla. Obvykle minimální teploty vytvrzování jsou kolem 100 stupňů Celsia. Doba vytvrzování závisí na teplotě, čím vyšší je teplota vytvrzování, tím kratší je doba. [5]



Obr.22: Závislost teploty na době vytvrzení [5]

2 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

Zkráceně kompozit je materiál složený ze dvou, nebo více materiálů s rozdílnými vlastnostmi, které dohromady dávají výslednému výrobku nové, lepší vlastnosti, které nemá sama o sobě žádná z jeho součástí. Jedním z nejvíce historicky známých kompozitů je železobeton, kompozit z ocelových drátů a betonu, beton je kompozit z kameniva a cementu a dalších látek, dalším známým zástupcem je skelný laminát, kompozit ze skleněných vláken a pryskyřice, obvykle polyesterové. [6]

Matrice je pojivo výztuže ve vláknových kompozitech, vlákno musí být v kompozitu zafixováno tak, aby bylo schopné přenášet zatížení. K přenosu síly dochází mezi vláknovou výztuží a maticí pomocí adheze. Matrice také chrání výztuž proti vnějším vlivům. Tažnost matrice musí být vyšší než tažnost vláken, zatímco pevnost vláken musí být větší než pevnost matrice. [6]

2.1.1 Rozdělení kompozitů

Dle typu matrice:

- kovová matrice,
 - polymerní matrice - termoplastická,
 - reaktoplastická,
 - elastomerní.
 - s keramická matrice,
 - anorganická matrice (sírany, silikáty),
 - jejich kombinace (beton z portlandského cementu impregnované polymery).
- [6]

Matrice se používají převážně z reaktoplastů, dále pak v malé míře termoplastické. Nejvíce se však používají matrice nenasycených polyesterů, vinylestery a epoxidy, případně fenolické pryskyřice. [6]

➤ Epoxidové pryskyřice

jsou sloučeniny, které obsahují v molekule epoxidovou (oxiranovou) skupinu. Tato pryskyřice má po vytvrzení výborné mechanické a elektrické vlastnosti. Jsou dražší než vinylesterové a polyesterové pryskyřice, ale kompenzace dochází jejich velmi dobrými vlastnostmi. Epoxidová pryskyřice je velmi dobrý elektrický izolant, který se používá při ochraně před zkratem. [7]

➤ Vinylesterové pryskyřice

je levnější než epoxidová pryskyřice. Používá se pro výrobu reaktoplastů se skleněnými nebo uhlíkovými výztužemi. Je vhodná pro náročné práce, hlavně do chemicky agresivního prostředí a pro velké mechanické namáhání. Pro dosažení požadovaných chemických a fyzikálních vlastností se používají vyšší teploty pro vytvrzování. [7]

➤ Fenolické pryskyřice

mají dobré vlastnosti jako je tepelná odolnost, nižší hořlavost, přilnavost, dobré mechanické pevnosti i elektrické vlastnosti. První komerčně používaná fenolická pryskyřice se jmenuje bakelit. V současné době se fenolické pryskyřice používají jako brusné materiály, v automobilovém průmyslu brzdové obložení a spojky. Fenolické pryskyřice se vyrábějí ve dvou typech jako jednostupňová a dvoustupňová. Oba typy se vyrábějí reakcí formaldehydu s fenolem. [7]

Dle struktury nebo charakteristiky výztuže:

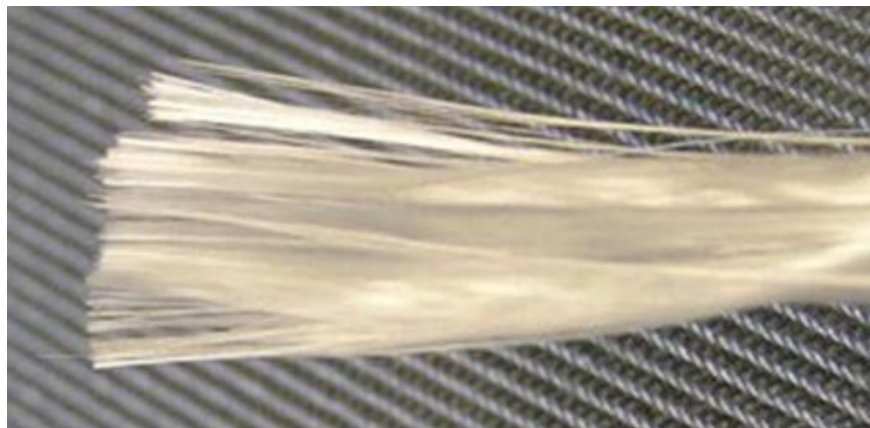
Výztuž kompozitu nese zatížení, které působí na kompozit. Výztuž může být forma rohože, vlákno nebo tkanina.[6]

- disperzní (disperzní zpevněné kovy),
- částicové - pravidelné tvary (koule, destičky),
 - nepravidelné tvary,
 - plynné inkluze (lehčené polymery),
- vláknové -dlouhé vlákna (skleněné, uhlíkové, polymerní),
 - krátké vlákna (uhlíkové, wolframové, azbestové). [6]

Skleněná vlákna

je materiály vyrobené z velmi malých vláken skla. Základem skleněných vláken je oxid křemičitý. Vyrábí se tažením směsi oxidu s příměsí oxidů vápníku, hořčíku, hliníku a boru.

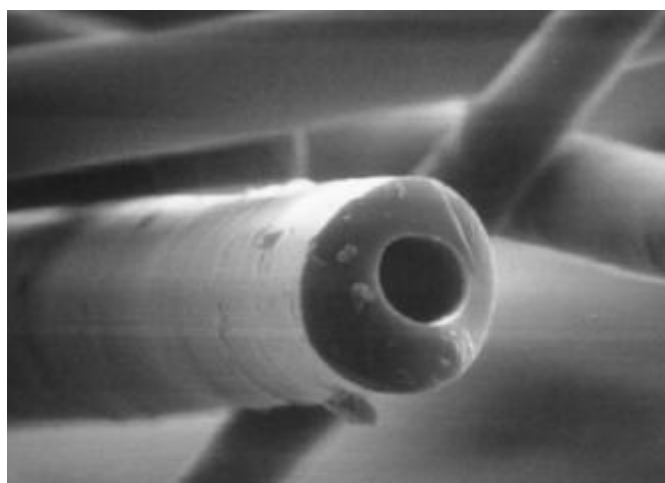
[7]



Obr.23: Svazek skleněného vlákna [7]

Uhlíková vlákna

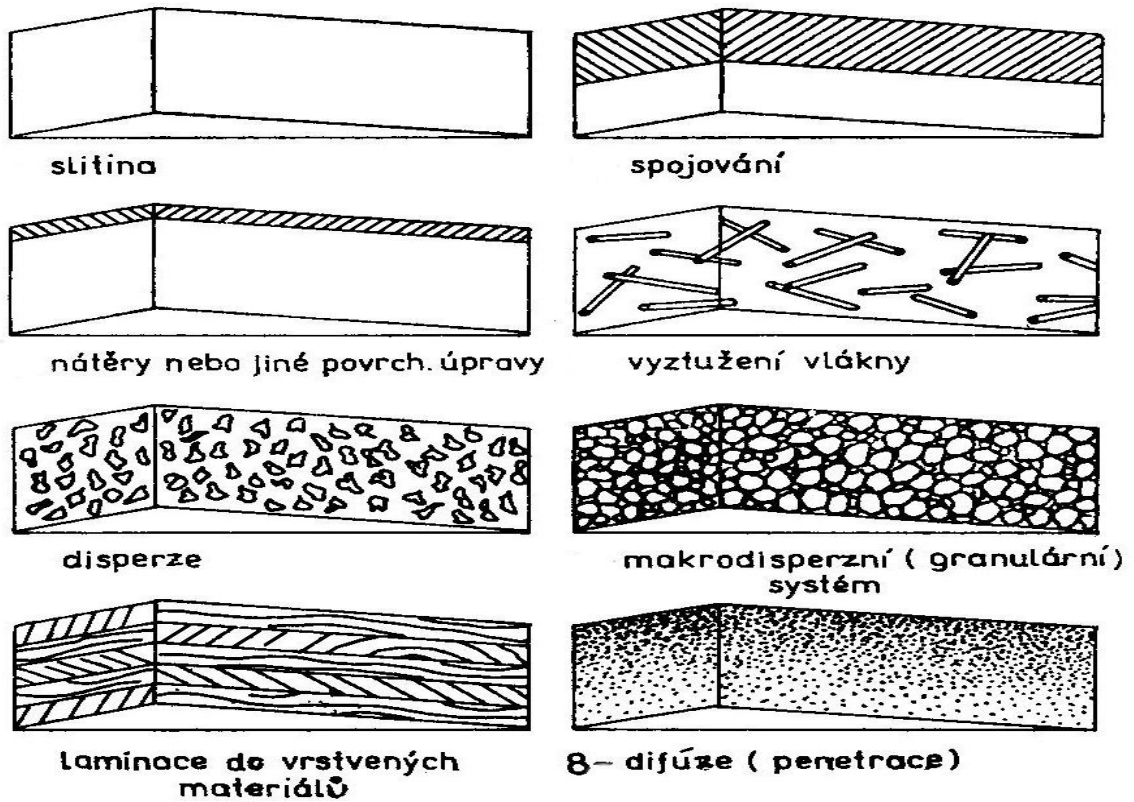
Uhlíkové, neboli karbonové vlákna se používají jako plniva pro uhlíkové kompozity. Toto vlákno je stále poměrně drahé, ale jeho využití je vhodné kvůli výborným vlastnostem, nízká váha, mechanická pevnost a tepelná odolnost. Při výrobě nejpevnějších uhlíkových vláken se využívá zbytek po destilaci černého uhlí a ropy. V současné době se využívá uhelná smola pro dutá uhlíková vlákna (Obr.24). [7]



Obr.24: Duté uhlíkové vlákna [7]

Přírodní vlákna

jsou používána hlavně jako výztuž velkých tvarových dílů. Použití přírodních vláken jako výztuže v termoplastech přináší nižší cenu výrobku, odpad se dá recyklovat, povrch součásti má přírodní vzhled, rychlejší výrobní cyklus. [7]



Obr.25: Způsoby vytvoření kompozitů [7]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem praktické části je navrhnout a porovnat zadané materiály a jejich lepené spoje, které bylo možné upevnit na zkušebním stroji ZWICK 1456 dostupný na UVI. Připravené konstrukční spoje byly otestovány v sérii experimentů.

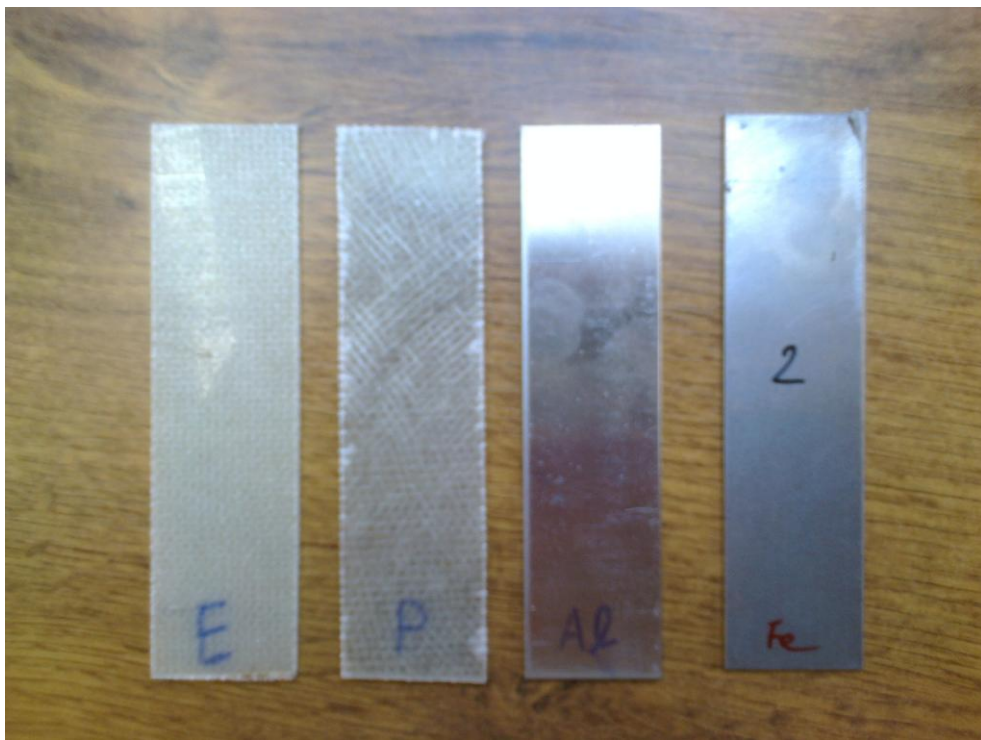
Hlavní cíle bakalářské práce budou naplněny pomocí následujících bodů:

- Popis použitých materiálů a lepidel
- Výroba kompozitních desek
- Příprava zkušebních těles
- Lepení zkušebních těles vybranými lepidly
- Provedení mechanických zkoušek
- Vyhodnocení a diskuze naměřených dat

4 POPIS POUŽITÝCH MATERIÁLŮ A LEPIDEL

4.1 Použité konstrukční materiály

Pro vykonání experimentálních zkoušek byly zvoleny následující materiály: ocel třídy 11321, hliník, laminát ze skelné tkaniny a pryskyřice. Tyto materiály mají různé úpravy povrchů, pro které se použily čisticí prostředky typu smirkový papír a líh. Tímto se dosáhlo různých podmínek adheze mezi povrchem adherendu a lepidlem. Použitá lepidla jsou Crestabond m1-05 od firmy SCOOT BADER a černé Emfimastic PU 50, šedé Isoflex 50 od firmy HAVEL-composites.



Obr.26 Použité typy materiálů

➤ **Ocel 11321:**

Tato ocel je nelegovaná, jakostní, vhodná k tváření (válcování) za studena, k středně hlubokému tažení, lakování, pokovování v tavenině, potisku a smaltování - jen u neuklidněné oceli. Svařitelnost zaručená v závislosti na rozměrech polotovaru. [8]

➤ **Slitina hliníku**

Jde o středně pevný a nevytvrzovatelný materiál, který je odolný vůči korozi, mořské vodě a různým chemikáliím. Tuto slitinu lze dobře leštit a svařovat všemi způsoby. Svary jsou korozně odolné téměř jako základní materiál.[9]

➤ **Laminát**

Je to kompozitní materiál tvořený pryskyřicí a skelným vláknem. Lamináty jsou vyráběny tzv. laminací, což je lisování za vysokých tlaků a teplot. Tyto materiály se vyznačují odolností proti vodě, nenasákavostí, snadnou omyvatelností, dlouhou životností. Laminát zvolený pro lepení má na jedné straně povrchovou úpravu kvůli vzhledu.[10]

❖ **epoxidová pryskyřice L285**

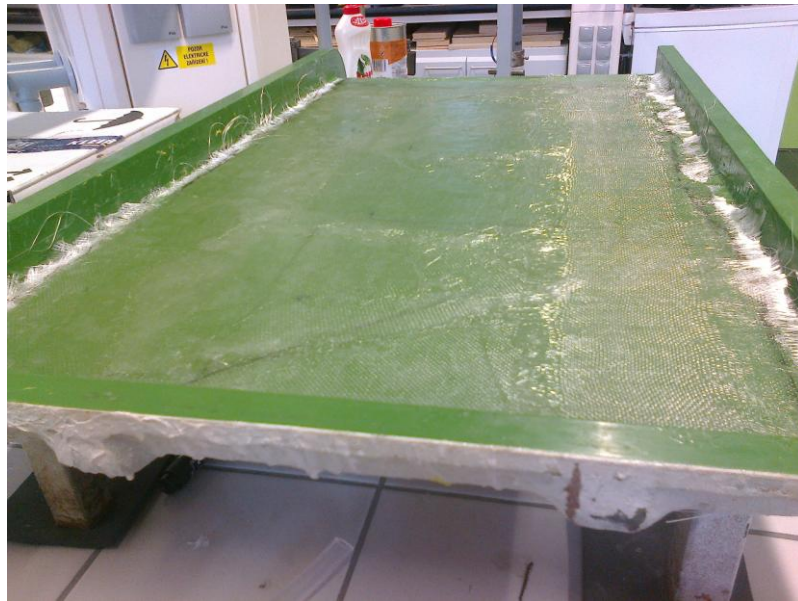
Velmi kvalitní pryskyřice od dodavatele Havel Composites. Pryskyřice s tužidlem vytváří velmi viskózní směs a díky tomu jsou vlákna rychle a kvalitně prosycena. Pevnost samotné pryskyřice je 80MPa a celkové vytvrzení spoje je po 24hodinách. Díky tomu má výrobek podstatně nižší hmotnost a vyšší užitkovou hodnotu. [11]

❖ **polyesterová pryskyřice POLYLYTE 32032**

Tato bezbarvá absolutně čirá, UV stabilizovaná pryskyřice o nízké viskozitě a reaktivitě, je určena především pro aplikace, kde je požadovaná extrémní čistota, bezbarvost a jasnost finálního odlitku.

Výhody jsou: modifikace akrylátem, nízká viskozita, výroba a kontrola kvality dle ISO 9001, index lomu jako sklo. [11]

Nejprve byla celá forma očištěna od různých nečistot, následně byl nanesen separační vosk, který slouží k pohodlnému odformování vyrobené kompozitní desky. Dalším krokem bylo nanesení první vrstvy pryskyřice a uložení tkaniny, následné prosycení tkaniny další pryskyřicí, tento postup se opakoval vícekrát.



Obr.27: Nanesení pryskyřice a tkaniny

4.2 Použitá lepidla

Crestabond m1-05

Použitá lepidlo je tvrzené, dvousložkové konstrukční lepidlo, které je určeno pro lepení širokých rozsahů substrátů, včetně kovů, plastů a kompozitních materiálů v průmyslových aplikacích. Toto lepidlo má vynikající vlastnosti ve smyku, pevnosti v tlaku a odolnost proti únavě vlastnosti napříč všemi lepenými částí. Crestabond vyžaduje minimální příprava povrchu, pracovní doba je mezi 4 a 7 minutami.[12]



Obr.28 Lepidlo Crestabond m1-05 s mixovací trubicí

Emfimastic PU 50

Toto lepidlo má velice dobrou přilnavost na téměř všechny běžné materiály. V reakci se vzdušnou vlhkostí vytvoří tuhou a elastickou hmotu s výbornou mechanickou odolností a vodovzdorností. Emfimastic PU 50 i bez použití nátěru zaručuje velice dobrou přilnavost na většinu materiálů, jako je beton, dřevo, kov (i lakovaný), hliník, sklo. Tento výrobek je určen na spojování a tmelení většiny materiálů v průmyslu.[11]



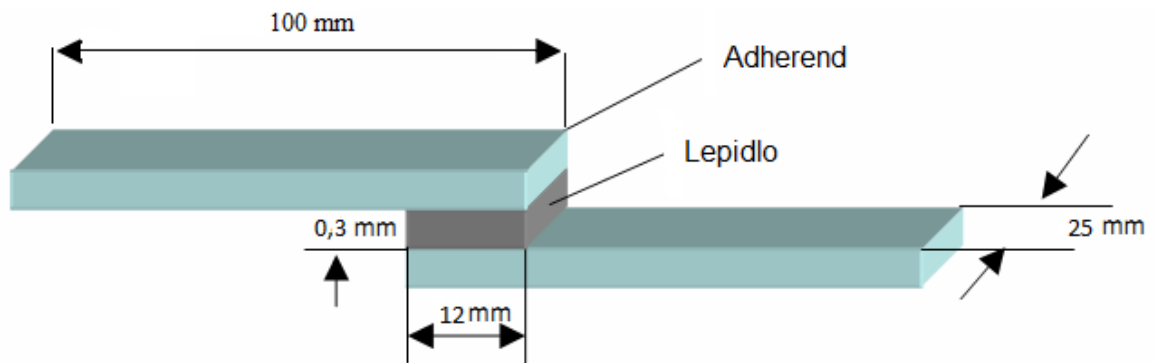
Obr.29 Polyuretanový tmel

Ispoflex 50

Poslední použité lepidlo je jednosložkový polyuretanový elastomerický tmel, vytvrzení probíhá působením vlhkosti přítomné v ovzduší nebo v substrátech. Toto lepidlo vytvoří pružný a odolný spoj s vysokou lepivostí na různé materiály.[11]

4.3 Příprava zkušebních těles

Konstrukce lepeného spoje je navržena podle normy ISO 4587 / DIN EN 1465 a jedná se o přeplátovaný lepený spoj, kde plocha přeplátování je 25 x 12 mm (300 mm²) a tloušťka vrstvy lepidla je 0,3 mm v celé ploše přeplátování za použití vymezení drátu průměru 0,3 mm. Podrobný náčrt přeplátovaného sestavení je na Obr. 30.



Obr.30: Lepený spoj dle ISO 4587 / DIN EN 1465

Pro zjištění vlivu povrchů adherendu na pevnost lepeného spoje bylo slepeno 12 sérií po 5 zkušebních vzorcích a 4 série nýtů po 5 zkušebních vzorcích. Dále pak byly všechny vzorky postupně vkládány do trhacího stroje ZWICK 1456 a proběhla tahová zkouška. Po překročení maximálního smykového napětí lepeného spoje se vzorek přetrhl. Každý vzorek měl jinou pevnost ve smyku a tím bylo zjištěno, jaká úprava povrchu je nejvýhodnější pro dané lepené materiály.

4.3.1 Příprava pro nýtování

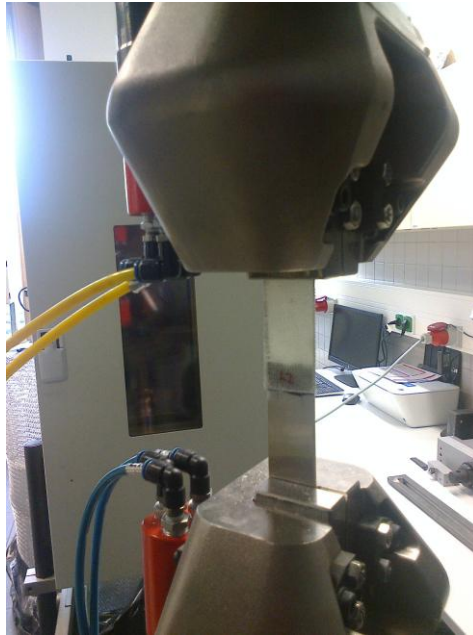
Nejprve byly vyvrtány díry do kompozitu a oceli, průměru 4,5 mm, dále pomocí nýtovacích kleští byly přinýtovány hliníkové nýty o průměru 4 mm do zkušebních desek. Na Obr.31 je zobrazena zkouška únosnosti těchto spojů.



Obr.31 Střih zkušebního vzorku s nýtem

4.3.2 Příprava pro lepení

Při lepení spojů bylo nanášeno lepidlo na předem připravenou a očištěnou plochu a pomocí vymezovacích drátků, průměru 0,3mm, kvůli konstantní tloušťce lepidla. Na Obr. 32 je zobrazen lepený spoj ve zkušebním stroji.



Obr.32: Střih zkušebního vzorku s lepidlem

4.4 Provedení mechanických zkoušek

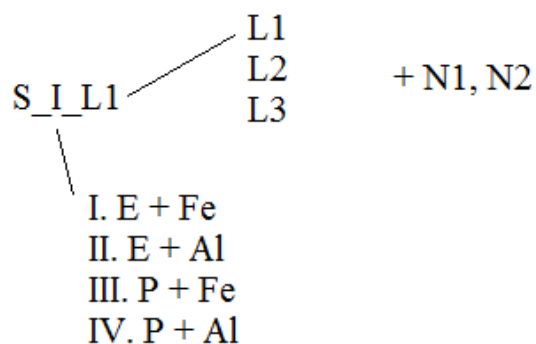
Na zkušebním stroji ZWICK byly nasazeny čelisti a zajištěny čepem. V softwaru testXpert v7.11 byla nastavena rychlost testování 5 mm/min, kdy testování probíhalo za pokojové teploty pokojová teplota +25°C. Uložení připravených spojů ve zkušebním stroji vyobrazuje následující snímek (Obr.33).



Obr.33: Upnutí vzorku do čelistí stroje

4.5 Vyhodnocení a diskuze naměřených dat

Pro lepší orientaci v grafech je na Obr. 34 zobrazeno schéma, kde S označuje spoj; L1, L2, L3 použitá lepidla; N1, N2 - nýty; E - Epoxidová pryskyřice; P - Polyesterová pryskyřice; Fe - ocel tř. 11 321; Al - hliník.



Obr.34 Značení spojů

V následující tabulce (Tab.4.1) je zhodnoceno lepidlo Crestabond m1-05. Jak lze vidět, průměrná hodnota a směrodatná odchylka u všech vzorků je poměrně stejná, variační koeficient je do 10 %. Nejvyšší únosnost spoje vykazoval spoj II tedy E + Al.

Tab.4.1: Naměřené hodnoty spoje S_I_L1 až S_IV_L1

	S_I_L1	S_II_L1	S_III_L1	S_IV_L1
	F[N]	F[N]	F[N]	F[N]
	4100N	3980 N	3720 N	3550 N
	4040 N	4100 N	3820 N	3730 N
	3850 N	4110 N	4550 N	3620 N
	3840 N	4040 N	3760 N	3510 N
	3420 N	4020 N	4060 N	3870 N
\bar{x}	3850 N	4050 N	3982 N	3656 N
s	266 N	54 N	344 N	145 N
v_x	6,9%	1,3%	8,6%	3,9%

V následující tabulce je zhodnoceno lepidlo Emfimastic PU 50, jak lze vidět průměrná hodnota a směrodatná odchylka u všech vzorků je poměrně stejná, variační koeficient je do 15%. Nejvyšší únosnost spoje vykazoval S_I_L2, tedy spoj epoxidového kompozitu s ocelí

Tab.4.2: Naměřené hodnoty spoje S_I_L2 až S_IV_L2

	S_I_L2	S_II_L2	S_III_L2	S_IV_L2
	F[N]	F[N]	F[N]	F[N]
	259 N	335 N	268 N	239 N
	290 N	288 N	295 N	246 N
	285 N	268 N	257 N	245 N
	345 N	300 N	288 N	241 N
	351 N	263 N	330 N	271 N
\bar{x}	306 N	291 N	288 N	248 N
s	40 N	29 N	28 N	13 N
v_x	13,1%	9,9%	9,7%	5,2%

V další tabulce je vyhodnoceno lepidlo Ispoflex 50, jak lze vidět průměrná hodnota a směrodatná odchylka u všech vzorků je poměrně stejná, variační koeficient je do 12 %. Nejlépe vyšel vzorek I tedy E + Al.

Tab.4.3: Naměřené hodnoty spoje S_I_L3 až S_IV_L3

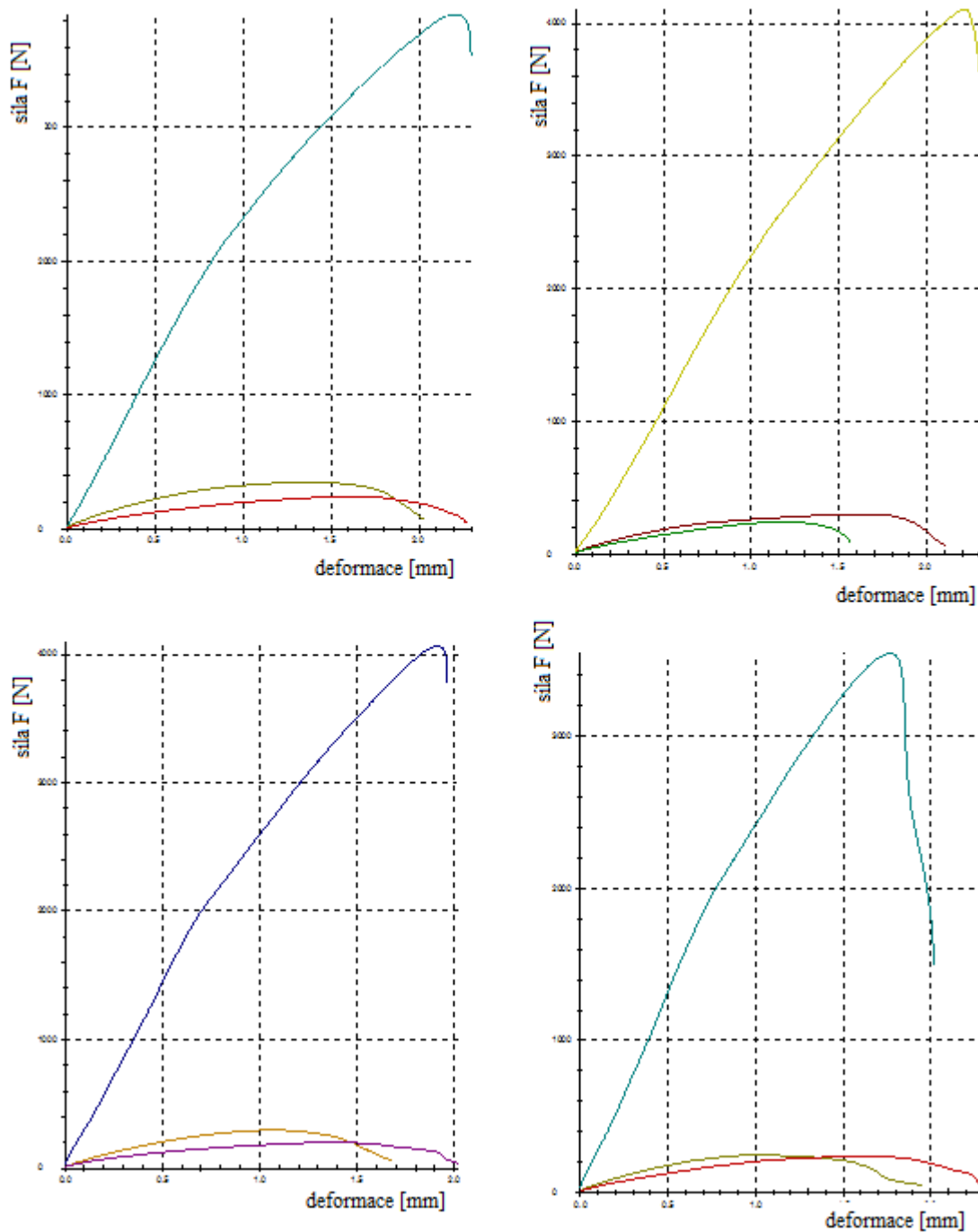
	S_I_L3	S_II_L3	S_III_L3	S_IV_L3
	F[N]	F[N]	F[N]	F[N]
	231 N	216 N	169 N	214 N
	240 N	214 N	198 N	217 N
	188 N	200 N	204 N	237 N
	231 N	241 N	183 N	233 N
	193 N	257 N	188 N	220 N
\bar{x}	216 N	225 N	188 N	224 N
s	24 N	22 N	13 N	10 N
v_x	11,1%	10,1%	7,2%	4,5%

V poslední tabulce jsou vyhodnoceny nýty, z měření vyplývá, že průměrná hodnota a směrodatná odchylka u všech vzorků se prakticky neliší, variační koeficient je do 6 %. Z měření vyplynulo, že záleží jen na počtu nýtů.

Tab.4.4 Naměřené hodnoty spoje S_I_N1 až S_III_N2

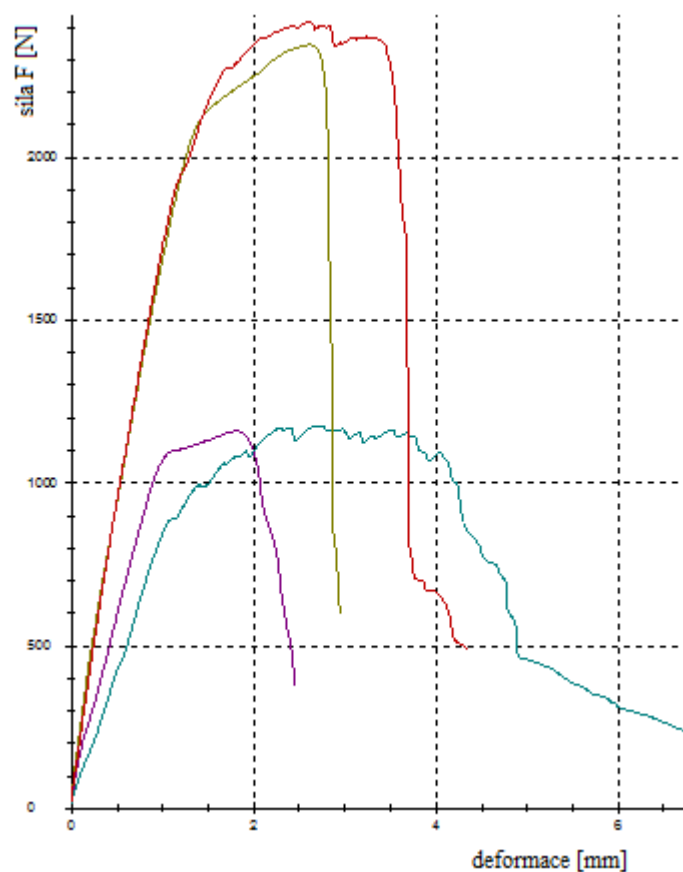
	S_III_N1	S_I_N1	S_III_N2	S_I_N2
	F[N]	F[N]	F[N]	F[N]
	1010	1250	2290	2430
	1160	1210	2170	2570
	1150	1180	2230	2410
	1150	1300	2350	2420
	1130	1190	2290	2490
\bar{x}	1120	1226	2266	2464
s	62	49	68	66
v_x	5,6%	4,0%	3,0%	2,7%

Z následujících grafů bylo zjištěno nejlépe vyhovující lepidlo (nejvyšší únosnost, respektive pevnost), které se jmenuje Crestabond m1-05 od firmy SCOOT BADER. Emfimastic PU 50 a Isoflex 50 od firmy HAVEL mají poměrně stejné hodnoty (Obr. 35).



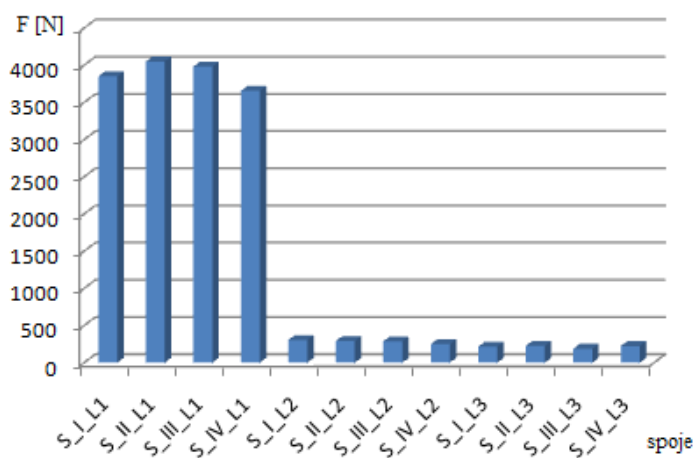
Obr.35: Průběhy jednotlivých křivek pro lepidla

Dále byly srovnány nýty N1 a N2 na vzorcích E, P + Fe, N2 - žlutá křivka pro dva nýty u vzorku P + Fe, N2 - červená křivka pro dva nýty u vzorku E + Fe, N1 - fialová křivka pro jeden nýt u vzorku P + Fe, N1 - modrá křivka pro jeden nýt u vzorku E + Fe na Obr.36.



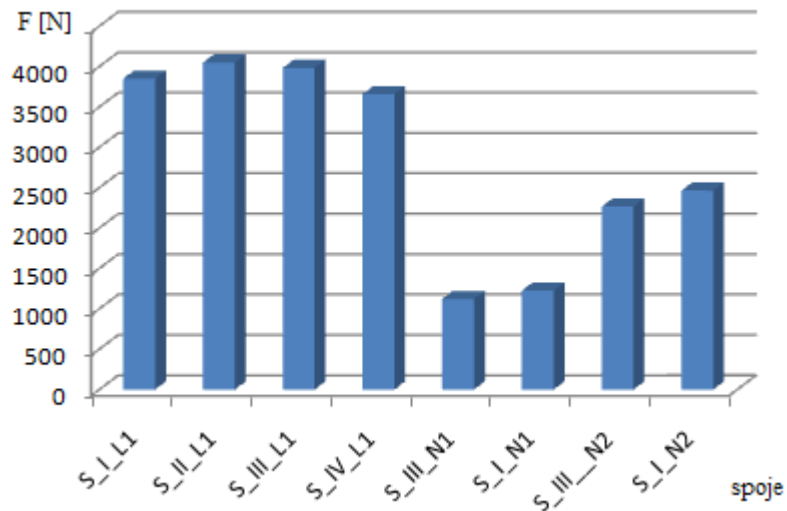
Obr.36: Průběhy jednotlivých křivek pro nýty

Porovnání lepidel je na Obr.37, kde nejlepší je lepidlo Crestabond m1-05, které má mnohonásobně větší pevnost než ostatní testovaná lepidla.



Obr.37: Srovnání daných lepidel

Porovnání nejlepšího lepidla s nýty je na Obr. 38, lze vyčíst, že únosnost hliníkových nýtů je nižší než únosnost daného lepidla Crestabond m1-05 od firmy SCOOT BADER.



Obr.38: Srovnání nejlepšího lepidla s nýty

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo slepit celkem 80 zkušebních vzorků ze čtyř různých materiálů (oceli, hliníku, epoxidový a polyesterový laminát) a nýtů. Na každou sérii bylo použito jiné lepidlo Crestabond m1 - slepeno 20 vzorků, Emfimastic PU 50 - slepeno 20 vzorků, Ispoflex 50 - slepeno 20 vzorků. U nýtových spojů s jedním nýtem 10 vzorků, se dvěma nýty 10 vzorků. Nejlepší výsledky lepených spojů má lepidlo Crestabond m1 - síla 4550 N u vzorku S_III_L1 (Polyester + ocel). U slepených vzorků ze slitiny hliníku byla pevnost spoje o něco nižší. Únosnost spojů s nýty závisí jen na počtu použitých nýtů, u vzorku S_I_N2 je síla 2570N. Závěrem lze konstatovat, že pevnost lepených sestav je závislá na několika faktorech. Důležitý je správný výběr čistících prostředků a úprava povrchu každého lepeného materiálu, dokonalé očištění a ošetření lepeného povrchu, který zajišťuje dostatečnou adhezi mezi lepidlem a lepeným povrchem. Pokud jsou tyto podmínky splněny, jediným ovlivňujícím faktorem pevnosti lepeného spoje je vlastní koheze vytvrzeného lepidla. V porovnání, lepidlo - nýt, vyšlo dle experimentu lépe tvrzené lepidlo.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [6] ŠVEC, Jiří. Technické kreslení a deskriptivní geometrie. Praha, Scientia 2008. 341 s. Kříž a kol. Stavba a provoz strojů. Praha, SNTL 1976.
- [2] STRAKA, Jiří. Možnosti výroby závitů v malé strojírenské firmě. Brno, 2010. Dostupné z: <www.paichl.cz/paichl/knihy/hodiny/literatura/zavity.pdf>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda
- [3] Šlupina, Miloš. Spoje ve strojírenství - Elektronická učebnice, Dostupný z WWW: <http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U36_Spoje_ve_strojirenstvi.pdf>
- [4] Řezáčová, Petra. Nýtové spoje, Dostupný z WWW: <dumy.cz/stahnout/796>
- [5] Nogol, Tomasz. Lepené spoje, Dostupný z WWW: <<http://dum.rvp.cz/materialy/lepene-spoje.html>>
- [6] KMT TU Liberec Dostupný z WWW:<kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt./KOMPOZITY_podklady.ppt>
- [7] JANCÁR J.Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů, Brno: VUT, Fakulta chemická VUT, 2003, 1. vyd. 194 s. ISBN 80-214-2443-5
- [8] Feromat - hutní a spojovací materiál. Dostupný z www: <http://www.feromat.cz/jakosti_oceli>
- [9] PROAL[online]. Dostupné z www: <<http://www.proal.cz/info/424413.htm>>
- [10] Frajt s.r.o. [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.compact-laminat.cz/?page=spec&rebuild=1&lang=CZ>>.
- [11] HAVEL - composites. Dostupné z WWW.<<http://www.havel-composites.com/shop/22-MGS-Epoxidy---HEXION/7-Epoxidova-pryskyrice-L-285-MGS.html?pls=0>>
- [12] SCOTT BADER[online]: Dostupné z www: <http://www.scottbader.com/adhesives/selector/327/crestabond-m1-05>
- [13] ČSN EN 1465. Lepidla –stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adherendů na přeplátovaných tělesech. Praha: Český normalizační institut, 1997. 7s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

\bar{x}	Aritmetický průměr
s	Směrodatná odchylka
v_x	Variační koeficient
F	Síla
N	Jednotka síly (Newton)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Spoj tvarovým stykem [3]</i>	11
<i>Obr. 2: Spoj silovým stykem [3]</i>	12
<i>Obr. 3: Spoj materiálovým stykem [3]</i>	12
<i>Obr. 4: Rozdělení šroubových spojů podle druhu zatížení [3]</i>	13
<i>Obr. 5: Hlavní části šroubového spoje [3]</i>	14
<i>Obr.6: Základní typy šroubových spojů [3]</i>	14
<i>Obr. 7: Vnější závit na šroubu [3]</i>	15
<i>Obr.8: Některé druhy šroubů dle normy ČSN [3]</i>	16
<i>Obr. 9: Vybrané druhy matic podle ČSN</i>	17
<i>Obr.10: Některé druhy podložek podle ČSN [1]</i>	17
<i>Obr. 11: Příklady přímého nýtování [3]</i>	20
<i>Obr. 12: Jednostřížný a dvojitřízny nýtový spoj [3]</i>	20
<i>Obr.13: Nýtování u letadel [4]</i>	21
<i>Obr. 14: Adheze a koheze v lepeném spoji [5]</i>	22
<i>Obr. 15: Znečištěný lepený spoj[5]</i>	24
<i>Obr.16: Zkouška smáčivosti [5]</i>	25
<i>Obr.17: Využití lepení u vlaku [5]</i>	27
<i>Obr.18: Vytvrzovací proces [5]</i>	28
<i>Obr.19: Vliv vlhkosti na vytvrzování lepidla [5]</i>	29
<i>Obr.20: Způsob nanesení dvousložkového lepidla [5]</i>	29
<i>Obr.21: Vytvrzení silikonových lepidel [5]</i>	30
<i>Obr.22: Závislost teploty na době vytvrzení [5]</i>	30
<i>Obr.23: Svazek skleněného vlákna [7]</i>	33
<i>Obr.24: Duté uhlíkové vlákna [7]</i>	33
<i>Obr.25: Způsoby vytvoření kompozitů [7]</i>	34
<i>Obr.26 Použité typy materiálů</i>	37
<i>Obr.27: Nanesení pryskyřice a tkaniny</i>	39
<i>Obr.28 Lepidlo Crestabond m1-05 s mixovací trubicí</i>	39
<i>Obr.29 Polyuretanový tmel</i>	40
<i>Obr.30: Lepený spoj dle ISO 4587 / DIN EN 1465</i>	41
<i>Obr.31 Střih zkušebního vzorku s nýtem</i>	41
<i>Obr.32: Střih zkušebního vzorku s lepidlem</i>	42

<i>Obr.33: Upnutí vzorku do čelistí stroje</i>	43
<i>Obr.34 Značení spojů</i>	43
<i>Obr.35: Průběhy jednotlivých křivek pro lepidla</i>	47
<i>Obr.36: Průběhy jednotlivých křivek pro nýty.....</i>	48
<i>Obr.37: Srovnání daných lepidel.....</i>	48
<i>Obr.38: Srovnání nejlepšího lepidla s nýty</i>	49

SEZNAM TABULEK

<i>Tab.4.1 Naměřené hodnoty spoje S_I_L1 až S_IV_L1.....</i>	<i>44</i>
<i>Tab.4.2 Naměřené hodnoty spoje S_I_L2 až S_IV_L2.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab.4.3 Naměřené hodnoty spoje S_I_L3 až S_IV_L3.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab.4.4 Naměřené hodnoty spoje S_I_N1 až S_III_N2.....</i>	<i>47</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha PI CRESTABOND M1 - 05
- Příloha PII EMFIMASIC PU 50
- Příloha PIII Ispoflex 50
- Příloha PIV CD disk s bakalářskou prací ve formátu .pdf

PŘÍLOHA PI: CRESTABOND M1 - 05


CRESTABOND®
 — STRUCTURAL ADHESIVE —


COMPOSITES METALS PLASTICS

CRESTABOND® M1-05

Methacrylate Structural Adhesive

Product Overview

Crestabond M1-05 is a toughened, two component acrylic adhesive designed for bonding composites, thermoplastics and metals. This new generation of structural methacrylate adhesive meets the bonding requirements of most assembly operations, demonstrating excellent impact, peel, shear, compressive strength and fatigue resistance properties across all bonded parts. Crestabond M1-05 is a primer-less adhesive, requiring only minimal surface cleaning of the substrates to be bonded and demonstrates high toughness in all assembled parts with a gap filling capability up to 15mm.

Features and Benefits

- Primer-less metal application
- Excellent retention of toughness
- High strength and modulus
- Non-sag
- Fast setting and curing
- Excellent adhesion to dissimilar substrates
- Excellent environmental resistance
- Ready-to-use two component adhesive
- Speeds assembly process
- Excellent fatigue and impact resistance
- Replaces mechanical fasteners
- Application on vertical surfaces
- Reduce labour

Characteristics of Crestabond M1-05

Characteristics	Typical Value
Working Time/Geltime ¹	4 – 7 Minutes
Fixture Time	12 – 18 Minutes
Gap Filling	1 – 15 mm
Flash Point	12°C
Mixed Colour	Available in Grey or Black

1. Working time measured with 10g mass of adhesive with 10:1 mix ratio by volume at 24°C.

Liquid Properties

Property	Typical Value		
	M1-05 Adhesive	Activator 1	Activator 1 Black
Viscosity ²	100,000 – 140,000 cP	80,000 – 120,000 cP	
Specific Gravity	0.96 – 1.02	1.05 – 1.15	
Mix Ratio (by volume)	10:0	1:0	
Mix Ratio (by weight)	9:0	1:0	
Colour	Off White	Black	
Stability at 20°C ³	12 Months	12 Months	6 Months

2. Viscosity measured using a Brookfield Viscometer at 24°C.

3. Stability defined from date of manufacture when left un-opened in the original containers and out of direct sunlight.

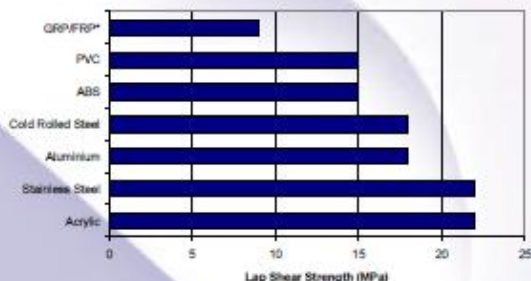
Typical Material Properties

Property	Typical Value
Tensile Strength	14 – 17 MPa
Tensile Modulus	400 – 600 MPa
Tensile Elongation	70%

Tested to ASTM D638.

Bond Joint Strength – Typical Lap Shear Strengths at 23°C

Values are based on substrate failure where marked by *

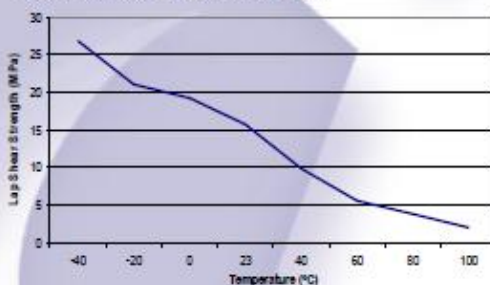


Material	Surface Preparation	Bondline Thickness	Test Method
GRP	Solvent Degrease	3.00mm	ASTM 5868
PVC	Solvent Degrease	0.76mm	ASTM 2564
ABS	Solvent Degrease	0.76mm	ASTM 2564
Cold Rolled Steel	Degrease, Abrade & Degrease	0.26mm	ISO 4587
Aluminium	Solvent Degrease	0.26mm	ISO 4587
Stainless Steel	Solvent Degrease	0.26mm	ISO 4587
Acrylic	Solvent Degrease	0.76mm	ASTM 2564

Please contact Scott Bader Technical Services for information on other substrates.

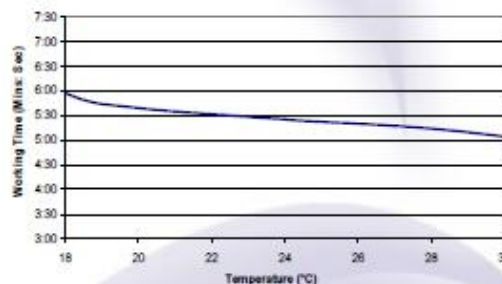
Temperature Performance Lap Shear Testing

Tested to ISO 4587 0.26mm bondline, aluminium 6061-T6, acetone wipe surface preparation.



Working Time Testing

The time taken for a 10g mass to reach 40.5°C at different ambient temperatures.



Recommended Substrates

Metals

Aluminium
Stainless Steel
Carbon Steel
Powder Coated Metals

Thermoplastics

Acrylic
Styrenics
ABS
PVC/CPVC

Composites

GRP/FRP
Epoxy⁴
Polyester & DCPD Modified
Vinyl Esters
Urethanes
Gelcoats⁵
Carbon Fibre

- Surface preparation of epoxy laminates may be necessary and testing should be performed to ensure sufficient bond strength is achieved.
- Surface preparation is likely to be needed on gelcoat surfaces to ensure no release agents are present.

Please contact Scott Bader Technical Services for information on other substrates and advice.

Non-Recommended Substrates

- Polyethylene
- Polypropylene
- Polytetrafluoroethylene
- Polyacetals
- Zinc/Galvanised Coated Metals

Surface Preparation

The surface to be bonded can affect the strength and durability of the bond joint. Appropriate treatment may be required to ensure that there are no traces of oil, grease or dirt through the use of a degreasing agent, for instance acetone or another degreasing agent on the joint surfaces.

Mechanically abrading or chemically etching degreased surfaces can make bond joints more durable and stronger. If abrading, a second treatment of degreasing is highly recommended.

Do not use gasoline (petrol), low grade alcohol or paint thinners.
Crestabond® M1-05 – TDS

i) Metals

Typically, the surface should be clean and dry by using an alcohol/solvent wipe and allowing the solvent to evaporate before application. Certain metals, such as carbon steel may also require mechanical abrasion and a subsequent alcohol solvent wipe prior to bonding.

ii) Thermoplastics

The surface must be clean, dust-free and dry. A suitable solvent such as iso-propanol can be used to degrease.

iii) Composites

The surface must be clean, free of dust and dry. This can be achieved by the use of proprietary strippable cloths such as peel-ply (without lubricant contaminants). The laminate should be fully cured prior to bonding and if the laminate surfaces are more than 3 days old, it is recommended that the surface must be cleaned with a suitable solvent or cleaner with a lint-free, clean cloth prior to bonding.

Surface preparation, such as mechanical abrasion, is likely to be needed on gel coat surfaces and moulded surface where release agents are likely to be present. When bonding epoxy laminates please test bond strength prior to application.

Application

Crestabond M1-05 is supplied ready to use in pre-packed 400ml and 50ml cartridges and in bulk (18Kg pails and 180Kg drums). Prior to bonding, ensure the substrate surface is clean by following instructions provided. Bulk dispensing equipment should be in good operating condition. Dispense the adhesive at slow rate initially onto a non-bonding surface until the bead colour is uniform opaque grey or black, depending on the adhesive grade. Check the dispensed bead for cure quality before beginning the bonding process. Dispense enough adhesive to fill the bond gap before parts are mated. Avoid dry bonds by using adequate pressure to mate parts and clamp properly to prevent joint movement.

All these processes must be completed before the working time of the mixed adhesive expires. The effect of temperature upon this working time can be seen in the graph on the previous page. The viscosities of both adhesive and activator are affected by temperature. The adhesive, activator and parts to be bonded should be allowed to attain workshop temperature of between 18°C and 25°C prior to bonding. This temperature should be maintained during the bonding process and until the adhesive is sufficiently cured to allow movement of the assembly.

For industrial/commercial use only. Not to be used in household applications. The user must determine the suitability of a selected adhesive for a given substrate and application. Contact your local Scott Bader representative for questions or assistance with the selection of adhesives for your use. This product is intended for use by skilled individuals at their own risk. Recommendations contained herein are based on information we believe to be reliable. The properties and strength values obtained under controlled conditions at the Scott Bader laboratory.

Storage

The shelf life for Crestabond M1-05 is defined from date of manufacture when stored at a recommended temperature between 15°C and 23°C. Long term exposure above 23°C will reduce the shelf life of these materials. Prolonged exposure above 35°C of activators, including the cartridges, should be avoided as the reactivity of the product is quickly diminished. The expiry date is indicated on the product labels.

Crestabond products should be stored in their original container out of direct sunlight. The bulk product or cartridge material should be opened only immediately prior to use and it's highly recommended that products should never be frozen or exposed to temperatures above 35°C.

Packaging

Crestabond M1-05 is supplied in 18Kg plastic pails, 180Kg drums, pre-packed 400ml co-axial and 50ml side by side cartridges.

Health and Safety

See separate Material Safety Data Sheet.

Version 5 : March 2014

All information on this data sheet is based on laboratory testing and is not intended for design purposes. Scott Bader makes no representations or warranties of any kind concerning this data. Due to variance of storage, handling and application of these materials, Scott Bader cannot accept liability for results obtained. The manufacture of materials is the subject of granted patents and patent applications; freedom to operate patented processes is not implied by this publication.

SCOTT BADER COMPANY LIMITED

Wollaston, Wellingborough, Northamptonshire, NN29 7RL
Telephone: +44 (0) 1933 663100
Facsimile: +44 (0) 1933 666623
www.scottbader.com

PŘÍLOHA P II: EMFIMASIC PU 50



EMFIMASIC PU 50

Jednoskładnikowy poliuretanowy kit z krótkim czasem utwardzenia

Emfimastic PU 50 to materiał charakteryzujący się bardzo dobrą przywieralnością. W reakcji z powietrzem wytwarza elastyczną masę z doskonałymi mechanicznymi właściwościami.

Stosuje się go min na materiały:

- beton
- drewno
- metal
- szkło

DANE TECHNICZNE:

Kolor: biały, brązowy, czarny

Twardość (Shore A): 50 wg ISO 868 (3 sekundy)

Opracowanie powierzchni do: 15 min przy 20°C

Wytworzenie powierzchniowej warstwy: 1,3-2 godzin przy 23°C

Szybkość utwardzenia: 4mm/24godziny przy 23°C

Gęstość: 1,17

Odporność termiczna: -30 do + 80°C

Moduł: 0,8 MPa wg ISO 37

Konsystencja: tiksotropowa

Odporność na promienie UV: dobra

Odporność na wodę: doskonała

APLIKACJA:

Emfimastic PU 50 nanosi się ręcznie lub pneumatycznym pistoletem w temperaturze od +5 aż do +40°C. Aplikując materiał w niższej temperaturze należy nagrzać opakowanie do +20°C. Powierzchnia musi być sucha, czysta bez prochu, odtłuszczona. Po naniesieniu kitu można usunąć jego nadmiar powierzchnię zwilżoną szmatką z mydłem. Nie szlifować.

PRZECHOWYWANIE:

12 miesięcy w oryginalnym opakowaniu w temperaturze +5 aż +25°C

OPAKOWANIE:

Kartridż 310 ml lub 610ml, beczka 200l

INFORMACJA:

Dane podane w tej charakterystyce są podstawowymi informacjami dotyczącymi materiału EMFIMASTIC PU 50. Przed przystąpieniem do pracy z w/w materiałem należy zapoznać się z jego sposobem użytkowania. Nasze materiały charakteryzują się wysoką jakością, ale przez niewłaściwe zastosowanie właściwości te mogą ulec zmianie.

PŘÍLOHA P III: ISPOFLEX 50



ispo GmbH – Eugen-ENSSLIN – Strasse 7 D 77694 KEHL – Germany
Tél : +49 7851 871 110 Fax : +49 7851 871 213 E-mail: ispo@ispo-group.de

Technický list – informace o produktu

ISPOFLEX 50

POPIS

ISPOFLEX 50 je jednosložkový polyuretanový elastomerický tmel, vytvrzení působením vlhkosti přítomné v ovzduší nebo v substrátech aby tvoří pružný a odolný spoj s vysokou lepivostí na různé materiály.

OBLASTI POUŽITÍ

ISPOFLEX 50 může být použit pro lepení a těsnění různých materiálů, které by mohly být předloženy k vibracím nebo deformacím ve stavebnictví.

Přilnavost je vynikající na mnoho materiálů (keramika, sklo, dřevo, PVC, kovy, EPS).

TECHNICKÁ DATA:

barva	Různé barvy (bílá, Seda, hnědá, černá a jiné podle požadavku)
konzistence	pastovitá
hustota při 20 °C	černá 1,16 +/- 0,05, jiné barvy 1,20 +/- 0,05
stěkovost (ISO 7390)	žádná
doporučená aplikační teplota	+5 až +40 °C
vytvoření povrchové kůry při 23 °C a 50 r.v.	50 - 70 min
rychlost vytvrzování při 23 °C a 50 r.v.	3 mm/24 hod
modul (100% ISO 37)	cca 0,4 MPa
modul (prodloužení při přetržení ISO 37)	cca 750%
konečná tvrdost Shore A (ISO 868-3s)	cca 50
tepelná odolnost spoje	- 40 až + 80 oC
Odolnost kyselinám a zásadám	dobrá

(Emise v interiéru)



ISO 11600 F – 25HM NF P 85-610. DIN EN ISO 846

Skladovatelnost: kartuše a salám 12 měsíců, sud 9 měsíců v originálním uzavřeném obalu při +5 až +25 oC a max 50% RH

UV odolnost: dobrá

Vodězdornost: výborná

Specifické údaje: modul při přetržení (ISO 37): cca 1,4 MPa

NÁVOD K POUŽITÍ

Příprava podkladu :

Podklad musí být rovný, suchý, zbavený prachu, oleje, mastnoty, málo přilnavých nátěrů nebo povlaků a jakékoli znečišťující látky, které by mohly poškodit lepení.

Mohou být čišťeny, methylethylketonem (MEK), acetonem nebo odmašťovačem ISPOCLEANER.

Zkontrolujte kompatibilitu použitého rozpouštědla se substráty. V jiném případě použít primer (nátěr).

Při práci s rozpouštědly, uhasete všechny zdroje vznícení a pečlivě dodržujte bezpečnostní a manipulační pokyny výrobce.

APLIKACE:

ISPOFLEX 50: může být aplikován pomocí ruční nebo pneumatické pistole.

Po aplikaci, pomocí špachtle na vyhlazení spoje s mýdlovou vodou.

Tento výrobek by měl být používán během 24 hodin od otevření ochrany kazety; jinak tmel mohl ztuhnout uvnitř.

Neaplikujte při teplotě pod 15 °C. V chladném počasí, uložte obaly na asi 20 °C, před použitím.

Vyhnete se jakémukoli kontaktu s nevytvrzeným MS, hybridním PU nebo silikonovým tmelem a alkoholem.

Čištění :

Nástroje mohou být čištěny MEK nebo acetonem před úplným vytvrzením tmelu .
Po vytvrzení , oděru je nutné .

SKLADOVÁNÍ A ŽIVOTNOST

9 měsíců v originálních , hermeticky uzavřených obalech při teplotě do 25 ° C.
Pokud je to nutné , mírně zahřát před použitím , dokud produkt nedosáhne odpovídající teploty .

BALENÍ

310 ml kartuše, 600 ml salámy a sudy 200 l. Kontaktujte nás pro další možnosti balení .

BEZPEČNOST

Výrobek není klasifikován jako nebezpečný . Před použitím si přečtěte bezpečnostní list .

