

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Lepení bočních plechů a předního/zadního panelu při výrobě
autobusů v podmínkách SOR Libchavy

Jan Jirák

Bakalářská práce

2011

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jan JIRÁK
Osobní číslo: D08248
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje
Studijní obor: Dopravní prostředky-Silniční vozidla
Název tématu: Lepení bočních plechů a předního / zadního panelu při výrobě autobusů v podmínkách SOR Libchavy
Zadávající katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Zásady pro vypracování:

Analýza současného stavu
Adhezní testy
Pevnostní testy
Životnostní testy
Technologický postup a praktické ukázky navrženého řešení
Stručná ekonomická rozvaha a přínos daného řešení pro zákazníka

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Peterka, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství, 1.vydání, SNTL Praha, 1980. Vasilko K. a kol.: Nové materiály a technologie ich spracovania, Alfa Bratislava 1990. Žák, J.: Teorie svařování, učební texty VUT FSI v Brně 1986 ČSN EN 1464 Lepidla. Stanovení odolnosti vysoce pevných lepených spojů proti odlupování. Metoda kontinuálního navíjení ČSN EN 1465 Lepidla - Stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adherendů na přeplátovaných tělesech Interní data firmy Sika

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Libor Beneš

Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2011**

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.

Ing. Ivo Seřezek, Ph.D.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Golčově Jeníkově dne 10.04.2011

Jan Jiráček

Poděkování

Rád bych poděkoval svým rodičům za podporu ve studiu na Univerzitě Pardubice. Dále děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, panu doc. Dr. Ing. Liborovi Benešovi, za jeho trpělivost a odbornou pomoc při vytváření bakalářské práce. Děkuji také svému konzultantovi, panu Ing. Tomáši Halamíkovi, MBA z firmy Sika CZ, za poskytnutí lepidel a odborných materiálů. V neposlední řadě děkuji technologům z firmy SOR Libchavy za připravení vzorků a za poskytnutí odborných informací.

Souhrn

Obsahem bakalářské práce je vyzkoušení nového lepidla na lepení bočních plechů, předního a zadního panelu u autobusů SOR Libchavy.

V úvodní části jsou popsány základní vlastnosti lepeného spoje a vysvětleny základní pojmy, které se týkají lepení.

V experimentální části jsou adhezní zkoušky lepidla a tahové zkoušky.

Klíčová slova:

adheze, pevnost v tahu, lepený spoj, vzorek

Summary

The present thesis deals with the testing of the new type of glue for joining side parts for buses SOR Libchavy.

The opening part describes the basic properties of the adherent connection, explaining the basic terms of gluing.

The experimental part shows the conducted adhesive tests of the glue and the tension tests.

Key words:

adhesion, tensile strength, glued joint, exemplar

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 10 |
| 1.1 | Lepení v přírodě | 10 |
| 1.2 | Vývoj lepení..... | 10 |
| 1.3 | Rozdělení lepidel..... | 10 |
| 1.3.1 | Rozdělení podle fyzikálního stavu | 11 |
| 1.3.2 | Rozdělení podle původu..... | 11 |
| 1.3.3 | Rozdělení podle účelu | 11 |
| 1.3.4 | Rozdělení podle způsobů dosažení pevnosti spoje..... | 12 |
| 1.3.5 | Rozdělení podle teploty při zpracování..... | 12 |
| 1.3.6 | Rozdělení podle chemické reakce lepidla | 12 |
| 1.3.7 | Rozdělení podle obsahu rozpouštědel | 13 |
| 1.3.8 | Rozdělení podle tvaru..... | 13 |
| 1.4 | Přednosti a nevýhody lepení | 13 |
| 1.4.1 | Přednosti lepení | 13 |
| 1.4.2 | Nevýhody lepení..... | 15 |
| 1.5 | Teorie adheze | 16 |
| 1.5.1 | Teorie mechanické adheze | 17 |
| 1.5.2 | Teorie specifické adheze | 17 |
| 1.5.3 | Teorie přímých chemických vazeb..... | 19 |
| 1.6 | Možnosti porušení lepeného spoje | 19 |
| 2 | Charakterizování použitého lepidla, aktivátorů a primerů firmy Sika CZ . | 20 |
| 2.1 | Sikaflex – 553 2K..... | 20 |
| 2.1.1 | Materiálová data | 20 |
| 2.1.2 | Oblast použití | 20 |
| 2.1.3 | Vytvrzování | 20 |
| 2.1.4 | Chemická odolnost..... | 21 |
| 2.1.5 | Příprava podkladu, zpracování, přelakování | 21 |
| 2.2 | Sika Aktivátor | 21 |
| 2.2.1 | Technická data..... | 21 |
| 2.2.2 | Oblast použití | 21 |
| 2.2.3 | Způsob použití..... | 22 |
| 2.3 | Sika Aktivátor - 205 | 22 |
| 2.3.1 | Technická data..... | 22 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.3.2 | Oblast použití | 22 |
| 2.3.3 | Způsob použití | 22 |
| 2.4 | Sika Primer – 206 G+P | 23 |
| 2.4.1 | Technická data | 23 |
| 2.4.2 | Oblast použití | 23 |
| 2.4.3 | Způsob aplikace | 23 |
| 2.5 | Sika Primer – 215 | 23 |
| 2.5.1 | Technická data | 23 |
| 2.5.2 | Oblast použití | 24 |
| 2.5.3 | Způsob aplikace | 24 |
| 3 | Zkoušky lepidel a lepených spojů podle firmy Sika CZ | 25 |
| 3.1 | Převíslá smyková pevnost v tahu | 25 |
| 3.1.1 | Oblast použití | 25 |
| 3.1.2 | Zařízení a pomůcky | 25 |
| 3.1.3 | Příprava vzorku | 25 |
| 3.1.4 | Postup | 26 |
| 3.1.5 | Vyhodnocení a dokumentace | 26 |
| 3.2 | Housenková přilnavost | 26 |
| 3.2.1 | Oblast použití | 26 |
| 3.2.2 | Zařízení a činidla | 26 |
| 3.2.3 | Příprava vzorku | 27 |
| 3.2.4 | Postup | 27 |
| 3.2.5 | Vyhodnocení a dokumentace | 27 |
| 3.3 | Zkušební podmínky pro housenku přilnavosti | 28 |
| 3.3.1 | Oblast použití | 28 |
| 3.3.2 | Zařízení | 28 |
| 3.3.3 | Postup | 28 |
| 3.3.4 | Standardní skladovací podmínky | 29 |
| 3.3.5 | Standardní skladovací cykly | 29 |
| 4 | Experimentální část | 30 |
| 4.1 | Lepení bočních plechů u autobusů SOR | 30 |
| 4.2 | Adhezní zkoušky | 30 |
| 4.2.1 | Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu | 30 |
| 4.2.2 | Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu při 101 °C | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.3 | Adhezní zkoušky na podkladu z laminátu..... | 33 |
| 4.2.4 | Adhezní zkoušky na podkladu z laminátu při 101 °C..... | 34 |
| 4.2.5 | Adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou | 35 |
| 4.2.6 | Adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou při 101 °C..... | 35 |
| 4.3 | Zkouška tahem | 36 |
| 4.3.1 | 1. série vzorků | 36 |
| 4.3.2 | 2. série vzorků | 38 |
| 4.3.3 | 3. série vzorků | 40 |
| 4.3.4 | 4. série vzorků | 42 |
| 5 | Vyhodnocení výsledků | 44 |
| 6 | Závěr | 45 |
| | Použitá literatura | 46 |
| | Seznam obrázků | 47 |
| | Seznam tabulek | 48 |

1 Úvod

1.1 Lepení v přírodě

Lepení se člověk naučil pozorováním přírody. Typickým příkladem je lepení vlaštovčího hnízda a slepování včelích pláství. Žáby přilepují k vodním rostlinám svá vejčička a pavouci si z lepkavých výměšků předou síť. Příklady najdeme i u rostlin. Lepkává blizna na sebe nalepuje pyl a hmyzožravé rostliny takto lapají své oběti. [3]

1.2 Vývoj lepení

Lepením se spojují nejrůznější materiály a díky tomu se lepení rozšířilo do mnohých průmyslových odvětví. Lepením se vytváří nerozebíratelný spoj a stalo se nedílnou součástí mechanického spojování vedle svařování, nýtování, pájení, spojování šrouby, hřebíky, kolíky, klíny atd. [2]

Lepivé živice se začaly používat v Babylonu již 4000 let před naším letopočtem, s lepeným dřevem v hrobkách se pracovalo v Egyptě asi 1500 let před naším letopočtem a v roce 200 před naším letopočtem se objevily písemné zprávy o klasickém klihu. První zmínky o průmyslově vyráběných lepidlech v Evropě jsou z roku 1690, kdy v Holandsku vznikla první továrna na živočišný klih. O něco později, v roce 1754, je v Anglii vydán patent na rybí klih a o 37 let později patent na přírodní kaučuk. [4]

Během druhé světové války a po ní se stále více rozšiřuje sortiment lepidel a plastických hmot. S rozvojem chemického průmyslu a vyvíjením nových lepidel jsou přírodní lepidla pro své horší vlastnosti vytlačována z některých odvětví průmyslu. Škrobová a klihová lepidla, která se dříve výlučně vyráběla, nezanikla, ale používá se jich dodnes v papírenském a nábytkářském průmyslu. Ve výuce se lepení považuje většinou za okrajový obor. Lepení zasahuje do několika oborů současně (chemie, fyzika, nauka o materiálech a mechanická technologie). [2]

1.3 Rozdělení lepidel

Můžeme říci, že žádné z lepidel není univerzální, proto se lepidla třídí podle různých hledisek, která se snaží dané lepidlo co nejlépe vystihnout. Dělit lepidla můžeme podle způsobu zpracování, účelu, původu, fyzikálního stavu, způsobu dosažení pevnosti spoje, obsahu rozpouštědel, chemického složení a mnoha dalších kritérií. [2]

1.3.1 Rozdělení podle fyzikálního stavu

Fyzikální stav lepidla ukazuje, jakým způsobem bude lepidlo používáno a nanášeno. Dělí se na lepidla tekutá, práškovitá, pastovitá, pěnová, filmy a lepicí pásy. [2]

1.3.2 Rozdělení podle původu

Právě toto dělení je nejrozšířenější, protože nejlépe vystihuje charakter lepidla. Původ lepidla a výchozí suroviny mají největší vliv na jeho vlastnosti, použití a na způsob zpracování.

První velkou skupinou jsou přírodní lepidla, která se dále dělí na lepidla rostlinná a lepidla živočišná. Mezi rostlinná patří mouky, škroby, dextriny, pektiny, algináty, rostlinné slizy, rostlinné gumy, přírodní pryskyřice a přírodní kaučuk. Mezi živočišná patří klihy glutinové (kostní, kožní), klihy albuminové (z bílkoviny zvířecí krve), klihy kaseinové (z mléčné bílkoviny) a klihy rybí.

Druhou velkou skupinu tvoří lepidla syntetická, která se dělí na termoreaktivní, termoplastická a polosyntetická. Termoreaktivní jsou polyesterová, epoxidová, dikyandiamidformaldehydová, rezorcínformaldehydová, melaminformaldehydová, močovinoformaldehydová, fenolkrezolformaldehydová. Vytvrzování termoreaktivních lepidel je prováděno teplem. Termoreaktivní lepidla jsou po ztvrnutí nerozpustná. Po zahřátí následuje chemická reakce, která je v některých případech podpořena působením katalyzátorů. Vzniká makromolekulární látka s prostorově svázanými řetězci. Termoplastická lepidla působením tepla mění své fyzikální vlastnosti, aniž by docházelo k chemické reakci. Termoplasty se nechají po zahřátí tvářet. Polosyntetická lepidla při přípravě vznikají z přírodních polymerů, jako jsou celulózy nebo kaučuky. Přírodní lepidla byla významnou základnou pro výrobu polosyntetických lepidel do doby, než se vyvinula syntetická lepidla. Chemickou úpravou se pozměňují jejich vlastnosti a dociluje se vysoké kvality. [2]

1.3.3 Rozdělení podle účelu

Rozdělení podle účelu dává základní představu o lepidle. Dozvíme se, jestli je lepidlo určeno na papír, kov, dřevo, textil atd. Z tohoto dělení se nedozvídáme nic o chemické podstatě lepidla. Příkladem může být truhlářský klič, který může být kostní, kaseinový nebo i syntetický. [2]

1.3.4 Rozdělení podle způsobů dosažení pevnosti spoje

Potřebujeme, aby se lepidlo ve formě solu přetvořilo na gel. Toho se docílí následujícími způsoby:

- Vysušením, kdy se odpaří voda. Toho se využívá například u škrobů, klišů, latexu nebo vodního skla.
- Vysušením, kdy se odpaří organické rozpouštědlo. Tím může být polyvinylacetát a roztoky gummy.
- Aktivování rozpouštědlem, kdy se suchý nátěr lepidla navlhčí nebo se aktivuje rozpouštědlem.
- Teplotou, kdy se buď lepidlo ochlazuje, nebo naopak zahřívá.
- Tlakem, protože existují lepidla, která jsou po zaschnutí citlivá na tlak, a materiály se mohou s jejich nánosem tlakem spojit.
- Chemicky, kdy se využívá katalyzátorů nebo iniciace teplem a světlem nebo jejich kombinováním. [2]

1.3.5 Rozdělení podle teploty při zpracování

Zvyšovat teplotu při lepení je v některých případech velmi výhodné, protože s teplotou klesá viskozita lepidla, proto se ochlazením vytváří snáze gel, hlavně u živočišných klišů, a urychlí se odpaření rozpouštědla, zejména u termoplastických lepidel. U těchto lepidel se urychlí polymerace u termoreaktivních syntetických pryskyřic.

Lepidla se podle teploty dělí na zpracovatelná za normální teploty, která je 20 °C až 30 °C, potom lepidla za zvýšené teploty, která je 30 °C až 100 °C, a nakonec za horka, kdy je teplota nad 100 °C. [2]

1.3.6 Rozdělení podle chemické reakce lepidla

Lepidla se také mohou lišit svou lepivostí podle prostředí, ve kterém jsou realizována. Může to být reakce lepidla kyselá (kostní kliš), zásaditá (rostlinný kliš) a neutrální. Neutrální lepidla jsou používána na materiály světlých odstínů nebo některé druhy papíru, aby nedošlo k reakci nebo obarvení mezi lepidlem a spojovaným materiálem. [2]

1.3.7 Rozdělení podle obsahu rozpouštědel

Podle obsahu rozpouštědel jsou lepidla, která obsahují rozpouštědlo, a lepidla, která rozpouštědlo neobsahují.

Lepidla neobsahující rozpouštědla mají jen malé zastoupení. Umožňují vytvářet obtížné způsoby spojování a dosahují vynikajících vlastností. Nemění se skladováním, protože v sobě nemají rozpouštědla, jež by mohla vytékat. Lepidlo tvoří kapaliny s nízkou viskozitou nebo pevné kusy, které se roztaví teplem. Proto většinou patří do termoreaktivních lepidel.

Druhou skupinu tvoří lepidla, která rozpouštědla obsahují, do této skupiny patří většina lepidel. Rozpouštědla jsou buď organické povahy, nebo jako rozpouštědlo může sloužit voda. Rozpouštědlo v lepidle má vliv na jakost spoje nebo filmu a často rozhoduje o konzistenci lepidla. Rozpouštědla ovlivňují vlastnosti lepidel už při jeho výrobě. Volí se tak, aby lepidlo zasychalo a přecházelo v gel potřebnou rychlostí a aby nehoustlo při skladování. [2]

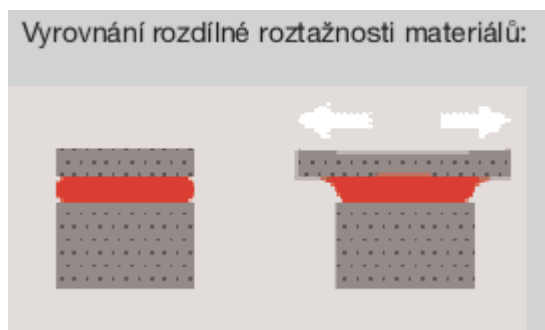
1.3.8 Rozdělení podle tvaru

Toto dělení se nejčastěji používalo u klišů. Například kliš mletý, šupinový, perličkový, tabulkový atd. Podle tvaru nebylo možno poznat žádné bližší vlastnosti nebo chemickou povahu, proto se toto dělení používá jen v ojedinělých případech. [2]

1.4 Přednosti a nevýhody lepení

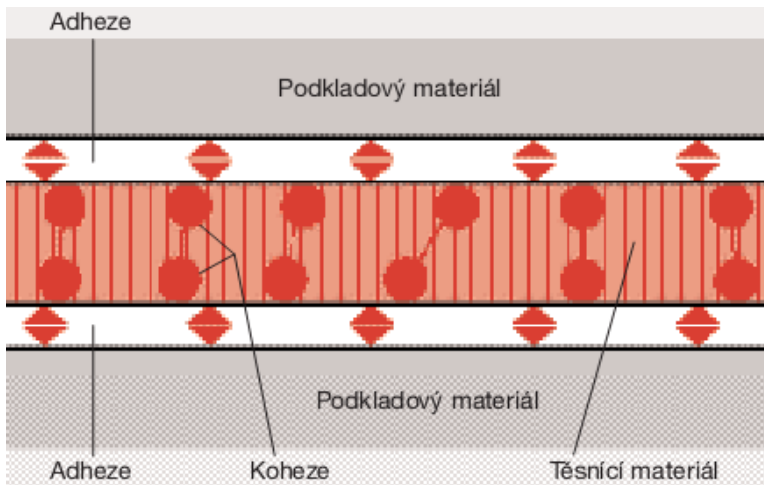
1.4.1 Přednosti lepení

- Lepení dovoluje spojovat stejné nebo různorodé materiály bez ohledu na jejich tloušťku a dokáže vyrovnávat rozdílné roztažnosti materiálů. Dají se lepit i tenké materiály, které jsou tenčí než 0,5 mm.



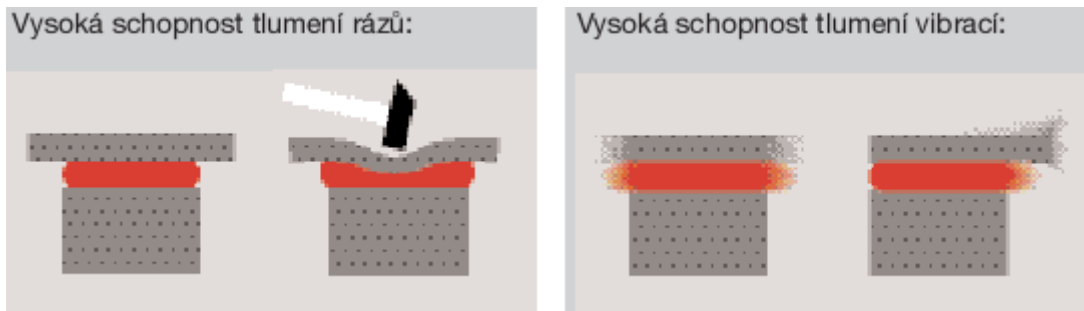
Obr. 1 Vyrovnaní rozdílné roztažnosti, převzato z [6]

- Aplikací lepidel není narušena celistvost spojovaných dílů.
- Možnost vytvořit spoj, který bude vodotěsný i plynotěsný.



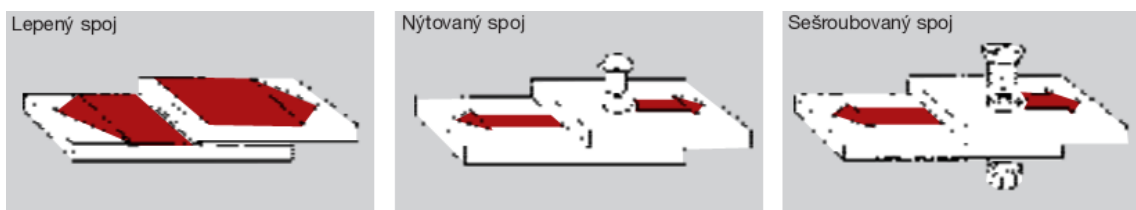
Obr. 2 Těsný spoj, převzato z [6]

- Není narušován profil, není ovlivňován ani tepelně a nedochází ke změně struktury, která ovlivňuje i mechanické vlastnosti materiálu.
- Vyrovnání případných výrobních tolerancí.
- Lepený spoj působí esteticky.
- Lepený spoj tlumí vibrace a rázy v konstrukci a zvyšuje tuhost i vzpěrnou pevnost souboru.



Obr. 3 Tlumení rázů a vibrací, převzato z [6]

- Rovnoměrnější rozložení napětí v celém lepeném spoji oproti místnímu napětí u šroubových a nýtových spojů.



Obr. 4 Napětí ve spojkách, převzato z [6]

- Lepený spoj dokáže tlumit a izolovat hluk šířený konstrukcí.
- Lepený spoj se chová jako těsnicí materiál a chrání spojované materiály proti korozi.
- Lepením se nezvyšuje hmotnost souboru, proto je otevřená cesta k miniaturizaci.
- Spoje se mohou natírat podle potřeby, nebo mohou zůstat průhledné.
- Může se dosáhnout vysoké pevnosti spojů, zejména při smykovém, tahovém namáhání a rázové pevnosti.[1]



Obr. 5 Zatížení tahem a smykem, převzato z [6]

1.4.2 Nevýhody lepení

- Nutno upravovat plochy před lepením, požaduje se čistota a rovinnost povrchu spojovaných součástí.
- Musí se upravovat povrch u adherendů, které mají špatné adhezní vlastnosti.
- Lepené spoje nejsou rozebíratelné.
- Nízká odolnost lepeného spoje vůči namáhání v odlupování.



Obr. 6 Zatížení odlupováním, převzato z [6]

- Doba životnosti reaktivních lepicích směsí je omezená.
- Lepený spoj se nemůže okamžitě zatěžovat, protože maximální pevnosti dosahuje až po nějaké době.

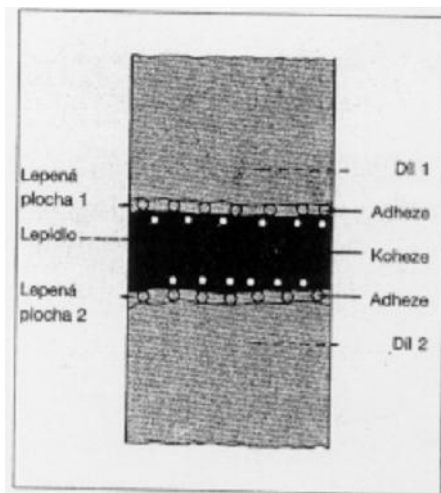
- Malá odolnost vůči vyšším teplotám.
- Spojovací vrstva termoplastického lepidla je náchylná na dlouhodobé statické zatížení, protože dochází k tečení polymerní složky lepidla.
- Průmyslové lepení si žádá dražší vybavení, jsou potřeba přípravky, lisy, nanášecí zařízení atd. [1]

1.5 Teorie adheze

Spojení dvou tuhých materiálů bez lepidla je dost obtížné, protože by se muselo docílit přiblížení těchto materiálů na molekulární vzdálenost, která má menší hodnotu než 3×10^{-8} cm. Technicky je tento požadavek téměř nesplnitelný, protože by bylo zapotřebí absolutní rovinnosti, souběžnosti a čistoty spojovaných ploch. Dalším problémem je znečištění povrchu stopami plynů a vodními parami usazenými v mikropórech.

Tyto problémy je možno odstranit tím, že se do styku přivede pevná látka s látkou kapalnou nebo měkkou. Kapalná látka dokáže z mikropórů povrchu odstranit velkou část vodních par, plynů a přizpůsobí se nerovnostem povrchu. Kapalina se změní v lepidlo za předpokladu dobré smáčivosti povrchu a za předpokladu, že přejde za určitých podmínek v pevný stav.

Pevnost spoje ovlivňuje adheze, což je přilnavost lepidla k adherendu, a také koheze, což je soudržnost lepidla. Vzniklo několik teorií, které se snaží odhalit adhezní podstatu. [1]



Obr. 7 Průřez lepeným spojem, převzato z [5]

1.5.1 Teorie mechanické adheze

Tato teorie vznikla ve dvacátých letech dvacátého století a vyslovili ji pánové McBain a D. G. Hopkins. Soudržnost lepeného spoje vysvětlili tak, že lepidlo pronikne do nerovností povrchu a pórů, kde ztuhne a vytvoří mechanické prolnutí, které se nechá připodobnit ke spojení pomocí velkého množství malých kuliček. Bylo dokázáno, že tato teorie neplatí u neporézních materiálů, jako jsou kovy nebo sklo. Tuto teorii vyvrátil i McLaren při lepení dřeva. Zjistil, že lepené spoje na řezech podélných k vláknům mají vyšší mechanickou pevnost, i když mají méně pórů než řezy kolmé k podélným vláknům o větším počtu pórů. [1]

1.5.2 Teorie specifické adheze

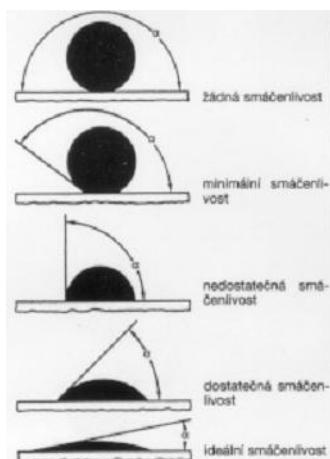
Teorie polarizace – tuto teorii publikoval v roce 1935 de Bruyn. Atomy prvků jsou v molekule spojeny pevnými chemickými vazbami, o kterých říkáme, že jsou primární. Vazby jsou elektrovalentní, kovalentní nebo kovové. Liší se jednak hodnotou disociační energie potřebné k jejich zrušení a jednak oblastí výskytu. Přitažlivé síly fyzikálního charakteru mezi molekulami jsou označeny jako sekundární nebo Van der Waalsovy. Tyto síly se dále dělí na elektrostatické Keesomovy, indukční Debyeovy a disperzní Londonovy. Vznik adheze je podmíněn dvěma fázemi. První je absolutní kontakt molekul adherendu s molekulami lepidla. Druhá fáze za příznivých podmínek vede k adsorpci, což je zachycení molekul lepidla na lepeném povrchu vlivem sekundárních přitažlivých sil.

Teorie elektrostatická – říká, že přilnavost lepidla na kov nebo vysokomolekulární plasty je závislá na rychlosti odtrhování spoje. Naměřená energie při odtržení byla větší, než by odpovídalo mezimolekulární přitažlivosti. Se zvyšující se rychlostí odtrhování spojů ve vakuu byla dokázána emise elektronů. Jedna z hraničních vrstev je bohatší a druhá chudší na elektrony, tím se vytváří dvojvrstva, která funguje jako mikrokondenzátor. Působí síla, jež chce vrstvy oddálit, a tím se zvětšuje rozdíl potenciálů do okamžiku roztržení, kdy se vyrovná rozdíl. Tato teorie má několik slabých míst a v praxi některé popsané jevy nebyly pozorovány.

Teorie difúze – vysvětluje adhezi mezi materiály na základě mikro-Brownova pohybu molekul. Ten zajišťuje přechod molekul z lepeného materiálu do lepidla a opačně. Aby tato teorie platila, musí se splnit dva požadavky. Makromolekuly adherendu a adheziva mají dostatečnou pohyblivost a polymerní látky, které jsou v lepidle a lepeném materiálu, jsou vzájemně mísitelné a rozpustné. Zjistilo se, že při

zvýšení tlaku se zvětší plocha kontaktu a samozřejmě také množství difundujících molekul. Dále se zjistilo, že adhezní účinnost roste s rostoucí dobou kontaktu lepidla a adherendů. Rychlost difúze molekul roste se zvyšující se teplotou. Malé molekuly difundují rychleji, ale tvoří jen film s nízkou kohezí, tím pádem méně pevný spoj. Ještě se zjistilo, že rozvětvené molekuly a kopolymery s krystalickou strukturou zhoršují difúzi a adhezní účinnost lepidel klesá.

Teorie adsorpce – podstatou je smáčení pevného povrchu kapalinou a termodynamické úvahy. Na rozhraní dvou různých fází, které mohou být tvořeny například pevnou látkou a kapalinou nebo plynem a kapalinou. V tomto mezifázovém rozhraní vzniká volná energie, jež je důsledkem toho, že mezimolekulární přitažlivé síly nejsou na povrchu látky kompenzovány jako uvnitř látky. Kapaliny, které mají v povrchové vrstvě molekuly vystavené hlavně jednostrannému působení mezimolekulárních sil zevnitř hmoty, jsou na povrch opatřeny jakousi blankou. Tato blanka chce docílit toho, aby kapalina vytvořila co možná nejmenší povrch. Nejmenšího povrchu dosáhne, pokud zaujme tvar koule. Pevné látky, které mají mřížky, se nemohou deformovat. U pevných látek je roztečení kapaliny nebo lepidla po povrchu ovlivňováno volnou povrchovou energií, která ovlivňuje stupeň smáčení povrchu. Pokud součet sil, které sbalují kapku kapaliny, bude menší než síly povrchové energie podkladu, bude porušena soudržnost kapky a kapalina se rozprostře po povrchu. Pokud nastane tento případ, jde o úplné smáčení povrchu. Povrchové napětí vyjadřuje síly působící v povrchové vrstvě na jednotku délky směrem dovnitř styčné plochy. Největší povrchové napětí ze všech běžných kapalin má voda, proto pokud je povrch smáčitelný vodou, tak potom bude smáčitelný i tekutým lepidlem. Povrchové napětí vody je $0,071 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. [1]



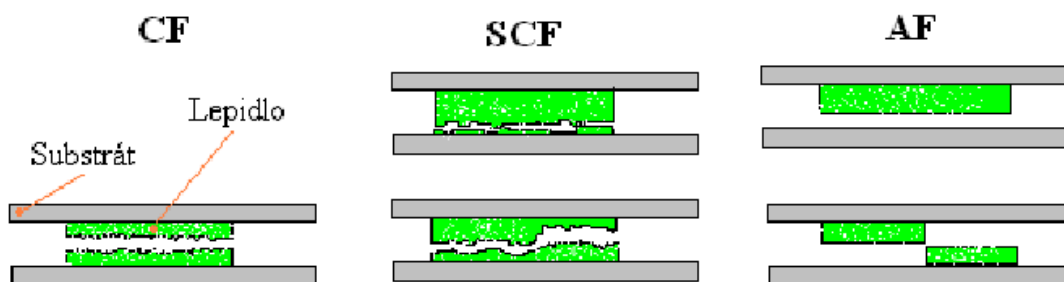
Obr. 8 Schéma smáčení povrchu látky lepidlem, převzato z [5]

1.5.3 Teorie přímých chemických vazeb

Největší vliv na adhezi se přisuzuje Van der Waalsovým silám. Příčinou adheze mohou být také primární chemické vazby, které mohou zajistit pevnější spoj než mezimolekulární síly. Poprvé se tato teorie aplikovala při lepení dřeva močovinoformaldehydovými lepidly. Předpokládal se vznik reakce mezi methylovou skupinou lepidla a hydroxylovou skupinou v řetězci celulosy. V mnoha případech se uvažoval vznik chemických vazeb, například při lepení kovů polyuretanovými lepidly. [1]

1.6 Možnosti porušení lepeného spoje

Pevnost spoje závisí na adhezi a kohezi. Součet adheze a koheze je lepivost. Lepivost je úměrná síle, která je potřebná pro odtržení lepených ploch. Lepený spoj můžeme označit za správný, pokud se poruší spojovaný materiál a spoj zůstane v pořádku. Na obrázku 9 jsou vidět základní typy porušení lepeného spoje. CF představuje kohezní lom. SCF znázorňuje kohezní lom na hranici substrátu a AF je adhezní lom. [2]



Obr. 9 Typy lomů lepeného spoje, převzato z [7]

2 Charakterizování použitého lepidla, aktivátorů a primerů firmy Sika CZ

2.1 Sikaflex – 553 2K

Dvoukomponentní konstrukční lepidlo nebo tmel na bázi hybridu s dobrou zabíhavostí do spár s možností zahlazení a možností čerpání na dlouhé vzdálenosti. Vytvrzuje chemickou reakcí obou složek v trvalý elastomer. Dosahuje dobré adheze na široké spektrum podkladů i bez použití primeru. Další přednosti jsou homogenní promíchání, dlouhý otevřený čas v kombinaci s rychlým vytvrzením, vytváří elastický spoj, odolný proti stárnutí a povětrnostním vlivům, nízký zápach. [8]

2.1.1 Materiálová data

Lepidlo Sikaflex – 553 2K je bílé barvy. Skládá se ze dvou složek z nichž první je Sikaflex – 553 2K A s hustotou 1,41 kg/l a druhé Sikaflex – 553 2K B s hustotou 1,22 kg/l. Hustota směsi je 1,38 kg/l. Míchá se v objemovém poměru 10 : 1 (A : B) a váhovém poměru 11,8 : 1. Aplikuje se při teplotě 5–40 °C. Otevřený čas, což je doba od nanesení lepidla na lepený povrch do tvorby povrchové kůže, je 30 minut při 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti.

Pevnost lepidla v tahu je okolo 2,6 MPa, prodloužení při přetržení je 350 %. Pevnost v odlupu je 8 N/mm a pevnost ve smyku 2 MPa.

Lepidlo může být zatíženo teplotami od -45 °C do 90 °C a po dobu jedné hodiny je schopno odolávat teplotě až 160 °C. [8]

2.1.2 Oblast použití

Toto lepidlo je vhodné pro dynamicky zatěžované montážní a konstrukční spoje. Hodí se na rozměrné díly a tam, kde je požadavek na zrychlené dosažení vyšší počáteční pevnosti. Možno aplikovat na hliník, ocel, která je fosfátovaná, chromovaná, pozinkovaná, dále na kovové nátěry a nátěry, plasty a keramické materiály. Před aplikací se uskutečňují adhezní testy. [8]

2.1.3 Vytvrzování

Vytvrzování probíhá chemickou reakcí dvou složek. Pevnost závisí na době vytvrzování.

2.1.4 Chemická odolnost

Ve vytvrzeném stavu je odolný proti vodě, mořské vodě, čistícím prostředkům mísitelných s vodou. Krátkodobě dokáže odolat minerálním olejům, pohonným hmotám, živočišným a rostlinným olejům a tukům. Neodolává ředidlům, rozpouštědlům, organickým kyselinám, alkoholům a některým dalším látkám. Neuvedené jiné materiály je potřeba podrobit objektové zkoušce. [8]

2.1.5 Příprava podkladu, zpracování, přelakování

Konkrétní příprava povrchu záleží na druhu podkladu a výrobního procesu. Obecně platí, že lepené plochy musí být čisté, bez olejů, tuků, vosků a musí být také suché. [8]

Vytlačitelnost lepidla a stabilitu housenky po nanesení ovlivňuje pracovní teplota lepidla, která má být v rozsahu od 5 °C do 40 °C a teplota materiálu, na který se bude lepidlo nanášet, má mít teplotu od 15 °C do 25 °C.

Toto lepidlo je možné přelakovat. Doporučuje se nejdříve vyzkoušet, aby nedošlo k chemické reakci. U pružného spoje může docházet vlivem deformací k praskání laku. [8]

2.2 Sika Aktivátor

Sika Aktivátor je aktivační a čistící prostředek vytvořený k přípravě spojovaných ploch. [8]

2.2.1 Technická data

Aktivační přípravek na bázi rozpouštědel má čirou nebo mírně nažloutlou barvu. Hustota je 0,71 kg/l a aktivační teplota od 5 °C do 25 °C. Na metr čtverečný se spotřebuje 40 ml aktivátoru. Čas potřebný na odvětrání při teplotě pod 15 °C činí 30 minut, při teplotě nad 15 °C postačuje 10 minut a maximální doba odvětrání 2 hodiny. Tyto hodnoty platí při 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti, ve specifických teplotních případech může být odvětrací čas odlišný. [8]

2.2.2 Oblast použití

Sika Aktivátor je určen ke zvýšení přilnavosti aktivačním účinkem a k čištění lepeného povrchu. Používá se zejména na sklo, keramickou ochrannou vrstvu na sklech a na některé laky. [8]

2.2.3 Způsob použití

Sika Aktivátorem mírně namočíme papírovou nebo textilní utěrku, která nesmí pouštět vlákna a setře se lepená plocha a to tak, že jednosměrně a jedenkrát, aby došlo k rovnoměrnému smáčení povrchu. Následně lepený povrch setřeme znovu jednosměrně čistou utěrkou. Teplota podkladu nebo prostředí by se měla pohybovat v rozmezí 15 °C až 25 °C. [8]

2.3 Sika Aktivátor - 205

Sika Aktivátor - 205 je aktivační a čistící prostředek vytvořený k přípravě spojovaných ploch před lepením nebo tmelením. [8]

2.3.1 Technická data

Aktivační přípravek na bázi alkoholu, má čirou nebo mírně nažloutlou barvu. Hustota je 0,8 kg/l a aktivační teplota od 5 °C do 40 °C. Na metr čtverečný se spotřebuje 30 - 60 ml aktivátoru. Čas potřebný na odvětrání je minimálně 10 minut a aktivace trvá po dobu dvou hodin. Tyto hodnoty platí při 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti, ve specifických teplotních případech může být odvětrací čas odlišný. [8]

2.3.2 Oblast použití

Sika Aktivátor – 205 je určen k čištění a zvýšení aktivačního účinku na lepených plochách. Používá se zejména u neporézních materiálů, jako jsou kovy, plasty, lakované povrchy, glazované keramické povrchy. Před samotným použitím je nutné uskutečnit adhezní testy na konkrétní materiál. [8]

2.3.3 Způsob použití

Sika Aktivátorem – 205 mírně namočíme světlou papírovou nebo textilní utěrku, která nesmí pouštět vlákna ani barvu a setře se lepená plocha. Po každém setření se musí utěrka otočit nebo vzít nová. V případě, že ošetřená plocha není lepená do dvou hodin, musí se proces aktivace opakovat, ale to je možné uskutečnit maximálně dvakrát. Sika Aktivátor – 205 musí být nanášen pouze v minimální vrstvě. Teplota podkladu nebo prostředí by se měla pohybovat v rozmezí 15 °C až 25 °C. [8]

2.4 Sika Primer – 206 G+P

Má černou barvu a vytvrzuje se vlhkostí. Speciální roztok pro přípravu lepených ploch. Aplikuje se při lepení skel před lepením polyuretanovým lepidlem pro přímé zasklívání. [8]

2.4.1 Technická data

Pigmentovaný roztok polyisokyanátů v rozpouštědlech černé barvy. Hustota je 1,0 kg/l a aktivační teplota od 5 °C do 40 °C. Na lepený povrch se nanáší štětcem nebo filcem. Na metr čtverečný se spotřebuje 50–150 ml primeru. Čas potřebný na odvětrání při teplotě pod 15 °C činí 30 minut, při teplotě nad 15 °C postačuje 10 minut a maximální doba odvětrání 24 hodin. Tyto hodnoty platí při 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti, ve specifických teplotních případech může být odvětrací čas jiný. [8]

2.4.2 Oblast použití

Sika Primer – 206 G+P se používá pro zlepšení adheze na sklo a na keramickou ochrannou vrstvu na skle před nanesením adhezních lepidel a používá se i k přípravě povrchu kovových materiálů. Používá se také na některé kovy a plasty. Před aplikací by se měly provádět adhezní testy. [8]

2.4.3 Způsob aplikace

Lepená plocha musí být suchá, čistá a zbavená mastnoty a prachu. Před použitím Sika Primeru – 206 G+P musí být povrch ošetřen aktivátorem. Před nanášením se musí dostatečně protřepat. Nanáší se jemným čistým štětcem nebo filcovým primer aplikátorem. Nanáší se jedna vrstva dostatečně sytého, ale tenkého filmu. Teplota při nanášení se musí pohybovat od 15 °C do 25 °C. [8]

2.5 Sika Primer – 215

Lehce nažloutlý transparentní základový roztok s nízkou viskozitou, který schne a vytvrzuje reakcí se vzdušnou vlhkostí. [8]

2.5.1 Technická data

Roztok polyuretanů v rozpouštědlech je transparentní a lehce nažloutlý. Hustota je 1,0 kg/l a aktivační teplota od 5 °C do 40 °C. Na lepený povrch se nanáší štětcem nebo filcem. Na metr čtverečný se spotřebuje 50–150 g primeru. Čas potřebný na odvětrání při teplotě pod 15 °C činí 60 minut, při teplotě nad 15 °C postačuje 30 minut

a maximální doba odvětrání 24 hodin. Tyto hodnoty platí při 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti, ve specifických teplotních případech může být odvětrací čas jiný. [8]

2.5.2 Oblast použití

Sika Primer – 215 se používá pro zlepšení adheze na kompozitní plasty, jako laminát, na epoxidové pryskyřice, PVC, ABS a dřevo. V tomto případě jsou adhezní testy nutností, protože je velké množství variant chemické kompozice plastů. Sika Primer – 215 se nesmí používat na plasty náchylné na tvorbu napěťových trhlin. [8]

2.5.3 Způsob aplikace

Lepená plocha musí být suchá, čistá a zbavená mastnoty a prachu. Před nanášením Sika Primeru – 215 je nutno povrch ošetřit přípravkem Sika Aktivátor – 205. Nanáší se jemným čistým štětcem nebo filcovým primer aplikátorem. Nanáší se jedna vrstva dostatečně sytého, ale tenkého filmu. Teplota při nanášení se musí pohybovat od 15 °C do 25 °C. [8]

3 Zkoušky lepidel a lepených spojů podle firmy Sika CZ

3.1 Převíslá smyková pevnost v tahu

3.1.1 Oblast použití

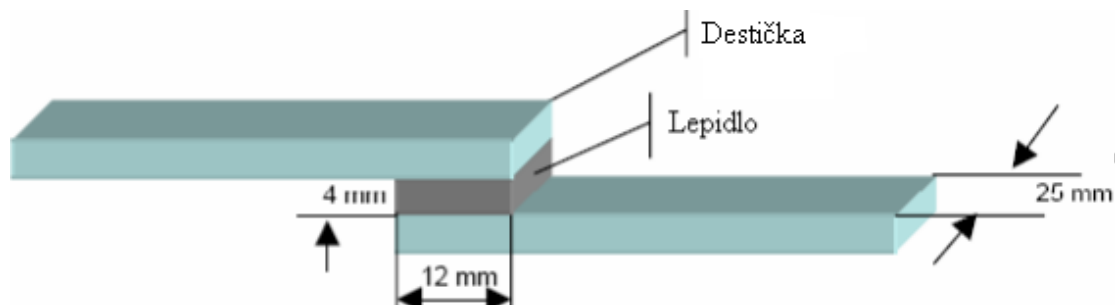
Tato zkouška stanovuje převíslou smykovou pevnost v tahu a popisuje postup, jak se má provádět. Zkouší se elastické tmely a lepidla u zkušebních vzorků, které jsou nesouměrně slepené. Zkušební vzorek je zatížen silou rovnoběžnou s lepenou plochou a zatěžuje se až do okamžiku přetržení. [8]

3.1.2 Zařízení a pomůcky

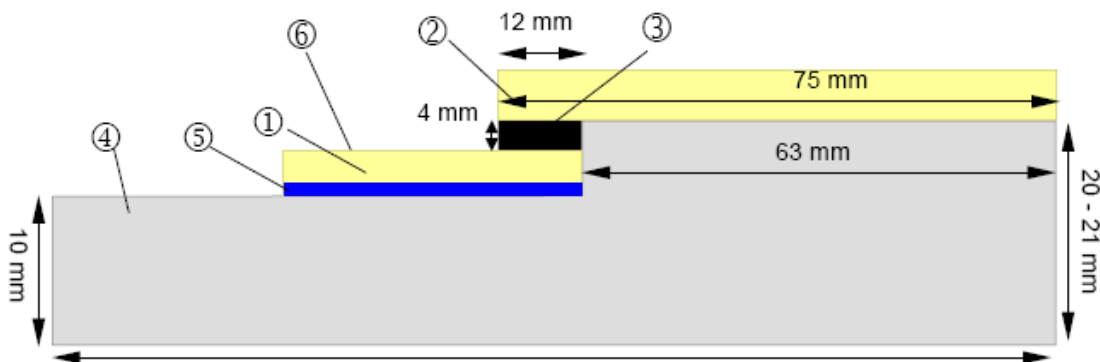
Zařízení na zkoušku tahem, přípravek na upnutí vzorku, forma z teflonu nebo polypropylenu, destičky, papírové utěrky. [8]

3.1.3 Příprava vzorku

Potřebujeme dosáhnout dobré přilnavosti, proto se aplikuje vhodný prostředek podle technického listu výrobku. Může to být například Sika Aktivátor, který se natře, utře a nechá 10 minut odvětrat při 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti. Připravují se minimálně 3 vzorky pro každé lepidlo nebo tmel. Na formu se položí připravená destička upravenou plochou nahoru. Na upravenou plochu se nanese housenka lepidla nebo tmel, pomocí trojúhelníkové trysky, která je kolmo k destičce. Do 5 minut se přiloží druhá destička upravenou plochou na lepidlo nebo tmel a na formu. Destičky se jemně přitlačí a vytlačené lepidlo nebo tmel se odstraní stěrkou. Vzorek se nechá vytvrdnout za standardních podmínek, které odpovídají parametrům v technickém listě 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti.



Obr. 10 Zkušební vzorek lepení, převzato z [8]



Obr. 11 Zkušební vzorek s formou, převzato z [8]

1 – deska, 2 – deska, 3 – lepidlo nebo tmel, 4 – forma z teflonu nebo polypropylenu, 5 – volitelná distanční podložka, 6 – připravená plocha materiálu [8]

3.1.4 Postup

Po vytvrzení se vzorek upne do trhačického stroje a zatěžuje se až do okamžiku roztržení vzorku. Vzorky se obvykle trhají při zkušebních podmínkách 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti. Hlavní rychlost pro kvalitní kontrolní měření je 200 mm/min a pro určení hodnoty do technického listu je 20 mm/min. [8]

3.1.5 Vyhodnocení a dokumentace

Vyhodnocuje se převislá smyková pevnost, která je závislá na síle při přetržení a lepené ploše.

Protokol ze zkoušky má obsahovat identifikaci materiálů, hlavní rychlost, datum zkoušky, jméno technika, chyby, podmínky odchylovající se od standardu. [8]

3.2 Housenková přilnavost

3.2.1 Oblast použití

Touto zkouškou se posuzuje přilnavost neboli adheze lepidel a elastických tmelů, čistících prostředků, nátěrů na různých podkladech. [8]

3.2.2 Zařízení a činidla

Podkladový materiál, kartáč, aplikační pistole na tmel nebo lepidlo, nůž, kleště, čistící přípravky a primery, tmel nebo lepidlo. [8]

3.2.3 Příprava vzorku

Podklad se připraví podle plánu zkoušky nebo specifikace produktu. Čistící prostředky a primery se používají podle specifikace výrobce. Housenka lepidla nebo lepicí tmel se nanáší na ošetřený povrch podkladu. Vytvrzuje se podle kontrolního nebo zkušebního plánu.

Housenky se mohou aplikovat několika metodami, nám bude postačovat standardní metoda. Housenka se aplikuje kulatou tryskou o průměru 10 mm. Lepidlo nebo tmel se aplikuje tak, aby vznikla housenka, která bude mít minimální šířku 10 mm. [8]

3.2.4 Postup

Vzorek má být v průběhu zkoušky pevně upevněn, aby nedocházelo k pohybu. Na konci se housenka kousek nařízne. Tento kousek se chytí kleštěmi a táhne se od povrchu, a to tak, že se housenka namotává na kleště. Současně se provádí svislé řezy, které jsou od sebe vzdáleny několik milimetrů. Při řezu přes celou šířku housenky se musíme dostat u natřeného nebo nalakovaného povrchu až na povrch podkladu. Minimální délka housenky pro testování musí být 8 cm. [8]



Obr. 12 Adhezní zkouška, převzato z [8]

3.2.5 Vyhodnocení a dokumentace

Po odstranění housenky z podkladu se posuzuje kvalita adheze. Ta se posuzuje podle procentuálního odhadu kohezního porušení.

- 1 – uspokojující > 95% kohezní porušení
- 2 – základně uspokojující > 75% kohezní porušení
- 3 – neuspokojující > 25% kohezní porušení
- 4 – neuspokojující < 25% kohezní porušení

Dále se zkoumá důvod adhezního porušení a při posuzování se mohou objevit následující symboly.

L – porušení struktury povrchu substrátu

P – primer se separuje od povrchu

BK – dutiny v lepidle

B – dutiny na povrchu substrátu

T – tunelový/hranový efekt

K – nevytvrzené lepidlo na povrchu substrátu

FH – filmový efekt lepení (tenká vrstva)

S – houbová struktura na povrchu substrátu

F – barva se loupe z povrchu substrátu

RA – separace na okrajích

Kromě hodnocení musí protokol obsahovat, jaký byl podklad, čištění před aplikací lepidla nebo tmelu, označení materiálu, datum zkoušky, jméno technika, skladovací podmínky, podmínky odchylovající se od standardu. [8]

3.3 Zkušební podmínky pro housenku přilnavosti

3.3.1 Oblast použití

Testování housenky adheze z lepidel a tmelů na různých podkladech se provádí podle standardních podmínek skladování a standardních skladovacích cyklů. [8]

3.3.2 Zařízení

Je potřeba horkovzdušná trouba, klimatická komora, vata, plastové tašky, maskovací pásy. [8]

3.3.3 Postup

Vzorky se skladují podle skladovací tabulky za vhodných podmínek. Poté, co se provede skladování, přejde se na adhezní test. Může se udělat více testů pro stejný podklad. Pro delší zkušební cykly se musí nanést více housenek na jeden podklad. Skladování v kataplazmě lze uskutečnit v klimatické komoře nebo je vložit do horkovzdušné trouby při 70 °C a vzorky jsou zabalené do vlhké vaty a vloženy do vzduchotěsného plastového sáčku. [8]

3.3.4 Standardní skladovací podmínky

| Typ | A | B | C | D | E | F | G |
|----------|-----------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Podmínky | 1d KLR | 7d KLR | | 7d | | | |
| | | | 7d WL + | 40°C/95% | 7d 70°C + | 1d 80°C + | 1d 80°C |
| | | | 2h KLR | RH + 2h | 1d KLR | 2h KLR | |
| | | | KLR | | | | |
| Typ | H | I | J | K | L | M | N |
| Podmínky | 3d -30°C | 7d 80°C + | 3d 80°C | 2h KLR | | 7d CP + | |
| | + 2h KLR | 2h KLR | | | 7d CP + | 1d -30°C | 10 cycles |
| | | | | | 2h KLR | + 1d KLR | VDA |
| Typ | O | P | Q | R | S | | |
| Podmínky | 20 cycles | 3 x 7d | 7d 35°C | 7d WL | 7d 70°C | | |
| | VDA | WL 55°C | 90% RH | 40°C | | | |
| | | | | | | | |

Obr. 13 Standardní skladovací podmínky, převzato z [8]

KLR – skladování v klimatické komoře při teplotě 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti, WL – skladování v deionizované vodě při 23 °C, CP – skladování v kataplazmě při 70 °C a 100% relativní vzdušné vlhkosti, VDA – testovací cykly, xh – x hodin, xd – x dnů [8]

3.3.5 Standardní skladovací cykly

| Skladovací cyklus | B | C | F | L |
|-------------------|--------|---------|-----------|---------|
| Standard | 7d KLR | 7d WL + | 1d 80°C + | 7d CP + |
| | | 2h KLR | 2h KLR | 2h KLR |

| Skladovací cyklus | B | C | E | M |
|-------------------|--------|---------|-----------|----------|
| Window | 7d KLR | 7d WL + | 7d 70°C + | 7d CP + |
| | | 2h KLR | 1d KLR | 1d -30°C |
| | | | | 1d KLR |

| Skladovací cyklus | A | B | C | F | L |
|-------------------|--------|--------|---------|-----------|---------|
| Booster | 1d KLR | 7d KLR | 7d WL + | 1d 80°C + | 7d CP + |
| | | | 2h KLR | 2h KLR | 2h KLR |

Obr. 14 Standardní skladovací cykly část 1., převzato z [8]

| Skladovací cyklus | B | C | H | J | K | L |
|-------------------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|
| Panel | 7d KLR | 7d WL + | 3d -30°C | 3d 80°C | 2h KLR | 7d CP + |
| | | 2h KLR | + 2h KLR | | | 2h KLR |

| Skladovací cyklus | B | P |
|--------------------|--------|---------|
| Silikonová lepidla | 7d KLR | 3 x 7d |
| | | WL 55°C |

| Skladovací cyklus | B | Q | R | S |
|-------------------|--------|---------|---------|-----------|
| Silikonové tmely | 7d KLR | 7d 35°C | 7d WL + | 1d 80°C + |
| | | 90% RH | 2h KLR | 2h KLR |

Obr. 15 Standardní skladovací cykly část 2., převzato z [8]

4 Experimentální část

V této části se bude zkoušet nové lepidlo a různá příprava lepených ploch pro lepení bočních plechů autobusů SOR. Materiály na vzorky poskytla firma SOR Libchavy.

U lepeného spoje hraje nejdůležitější roli adheze, proto se provedou adhezní zkoušky lepidla na různé podklady. Dále se bude zjišťovat pevnost v tahu lepeného spoje.

4.1 Lepení bočních plechů u autobusů SOR

Na nerezový plech ve tvaru bočnice se v místech lepení aplikuje aktivátor a poté primer. Skelet autobusu chráněný barvou je z konstrukční oceli. Na skelet se v místech lepení nanese lepidlo. Poté se bočnice spojí se skeletem. Boční plechy jsou předepínány pomocí přípravku. [9]

4.2 Adhezní zkoušky

Dělají se proto, aby se zjistilo, jaká se má použít povrchová úprava lepených povrchů. V případě, že adhezní zkouška dopadne jako 1 – uspokojující, máme jistotu, že při destrukci lepeného spoje dojde ke koheznímu porušení. Potom pevnost spoje závisí na kohezi lepidla, respektive na dovoleném namáhání lepidla.

Vzorky se skladovaly za vhodných podmínek. Skladovací podmínky mají být takové, aby vystihovaly prostředí, ve kterém bude lepený spoj plnit svoji funkci. Tento vzorek byl zatížen skladovacími podmínkami L, což znamená 7 dní v kataplazmě při 70 °C a 100% relativní vzdušné vlhkosti a 2 hodiny v klimatické komoře při teplotě 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti.

4.2.1 Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu

Zvolily se čtyři povrchové úpravy lepeného povrchu. Na každou povrchovou úpravu se naněsly dvě housenky lepidla Sikaflex – 553 2K.



Obr. 16 Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Skład.podmínky | Vyhodnocení | Důvod porušení |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Nerez. o. | Sika Aktivátor | 10 | | | L | 1 | |
| Nerez. o. | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Nerez. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Nerez. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | L | 1 | |

Tab. 1 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z nerezové oceli

Ve všech čtyřech případech došlo z více jak 95 % ke koheznímu porušení lepidla. Adheze je tedy postačující.

4.2.2 Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu při 101 °C

Zvolily se čtyři povrchové úpravy lepeného povrchu. Na každou povrchovou úpravu se naněsly dvě housenky lepidla Sikaflex – 553 2K.



Obr. 17 Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu při 101 °C

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Sklad.podmínky | Vyhodnocení | Důvod porušení |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Nerez. o. | Sika Aktivátor | 10 | | | L | 1 | |
| Nerez. o. | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Nerez. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Nerez. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | L | 1 | |

Tab. 2 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z nerezové oceli při 101 °C

Ve všech čtyřech případech došlo z více jak 95 % ke koheznímu porušení lepidla. Adheze je tedy postačující. U první housenky zleva se objevilo nepatrné adhezní porušení, to může být způsobeno nedostatečným nanesením Sika Aktivátoru, protože druhá housenka je bez vady.

4.2.3 Adhezní zkoušky na podkladu z laminátu

Zvolily se čtyři povrchové úpravy lepeného povrchu. Na každou povrchovou úpravu se nanosly dvě housenky lepidla Sikaflex – 553 2K. Při pokojové teplotě se oddělovala u každé povrchové úpravy první housenka zleva.



Obr. 18 Adhezní zkoušky na podkladu z laminátu

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Skład.podmínky | Výhodnocení | Důvod porušení |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Laminát | Sika Aktivátor | 10 | | | L | 1 | |
| Laminát | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Laminát | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | L | 1 | |
| Laminát | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-215 | 30 | L | 1 | |

Tab. 3 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z laminátu

Ve všech čtyřech případech došlo z více jak 95 % ke koheznímu porušení lepidla. Adheze je tedy postačující. Na odřezaných housenkách jsou vidět vlákna laminátu, to znamená, že adheze je dobrá a že soudržnost laminátu je menší, proto jsou vytrhaná vlákna z podkladového materiálu, což je vidět na obrázku 19.



Obr. 19 Ukázka vytrhaných vláken z laminátu

4.2.4 Adhezní zkoušky na podkladu z laminátu při 101 °C

Zvolily se čtyři povrchové úpravy lepeného povrchu. Na každou povrchovou úpravu se nanesly dvě housenky lepidla Sikaflex – 553 2K. Při teplotě 101 °C se oddělovala u každé povrchové úpravy druhá housenka zleva.

Housenky jsou tedy opět vidět na obrázku 18.

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Sklad.podmínky | Vyhodnocení | Důvod porušení |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Laminát | Sika Aktivátor | 10 | | | L | 1 | |
| Laminát | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Laminát | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | L | 1 | |
| Laminát | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-215 | 30 | L | 1 | |

Tab. 4 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z laminátu při 101 °C

Ve všech čtyřech případech došlo z více jak 95 % ke koheznímu porušení lepidla. Adheze je tedy postačující. Na odřezaných housenkách jsou vidět vlákna laminátu, to znamená, že adheze je dobrá a že soudržnost laminátu je menší, proto jsou vytrhaná vlákna z podkladového materiálu, což je vidět na obrázku 19.

4.2.5 Adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou

Zvolily se čtyři povrchové úpravy lepeného povrchu. Na každou povrchovou úpravu se nanosly dvě housenky lepidla Sikaflex – 553 2K. Při pokojové teplotě se oddělovala u každé povrchové úpravy dolní housenka.



Obr. 20 Adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Skład.podmínky | Vyhodnocení | Důvod porušení |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor | 10 | | | L | 1 | |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | L | 1 | |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |

Tab. 5 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou

Ve všech čtyřech případech došlo z více jak 95 % ke koheznímu porušení lepidla. Adheze je tedy postačující. Housenka druhá od vrchu a zprava vypadá, jako kdyby měla poruchu adheze, ale nemá, protože na ní jsem začínal a chybí tam řezy a síla při odlupování byla tak velká, že se na několika místech odloupala barva od plechu. Druhá polovina housenky už je v pořádku (bráno od pravé strany).

4.2.6 Adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou při 101 °C

Zvolily se čtyři povrchové úpravy lepeného povrchu. Na každou povrchovou úpravu se nanosly dvě housenky lepidla Sikaflex – 553 2K. Při teplotě 101 °C se oddělovala u každé povrchové úpravy horní housenka.

Housenky jsou tedy opět vidět na obrázku 20.

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Sklad.podmínky | Vyhodnocení | Důvod porušení |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|-------------|----------------|
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor | 10 | | | L | 1 | |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | L | 1 | |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | L | 1 | |

Tab. 6 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou při 101 °C

Ve všech čtyřech případech došlo z více jak 95 % ke koheznímu porušení lepidla. Adheze je tedy postačující.

4.3 Zkouška tahem

Jejím účelem je zjištění pevnosti v tahu. Pevnost spoje by měla záviset na kohezi lepidla respektive na dovoleném namáhání lepidla. Při zkoušce musí dojít ke koheznímu porušení lepidla, pokud k němu nedojde, je nevhodně zvolená povrchová úprava podkladového materiálu.

Vzorky se skladovaly za vhodných podmínek. Skladovací podmínky mají být takové, aby vystihovaly prostředí, ve kterém bude lepený spoj plnit svoji funkci. Tento vzorek byl zatížen skladovacími podmínkami L, což znamená 7 dní v kataplazmě při 70 °C a 100% relativní vzdušné vlhkosti a 2 hodiny v klimatické komoře při teplotě 23 °C a 50% relativní vzdušné vlhkosti.

Zkouška se prováděla na trhacím stroji Zwick/Roell Z010, rychlost příčnicku byla 20 mm/min, zaznamenání hodnot prováděl program TestExpert II a zkouška se prováděla při 23 °C a 51% relativní vzdušné vlhkosti.

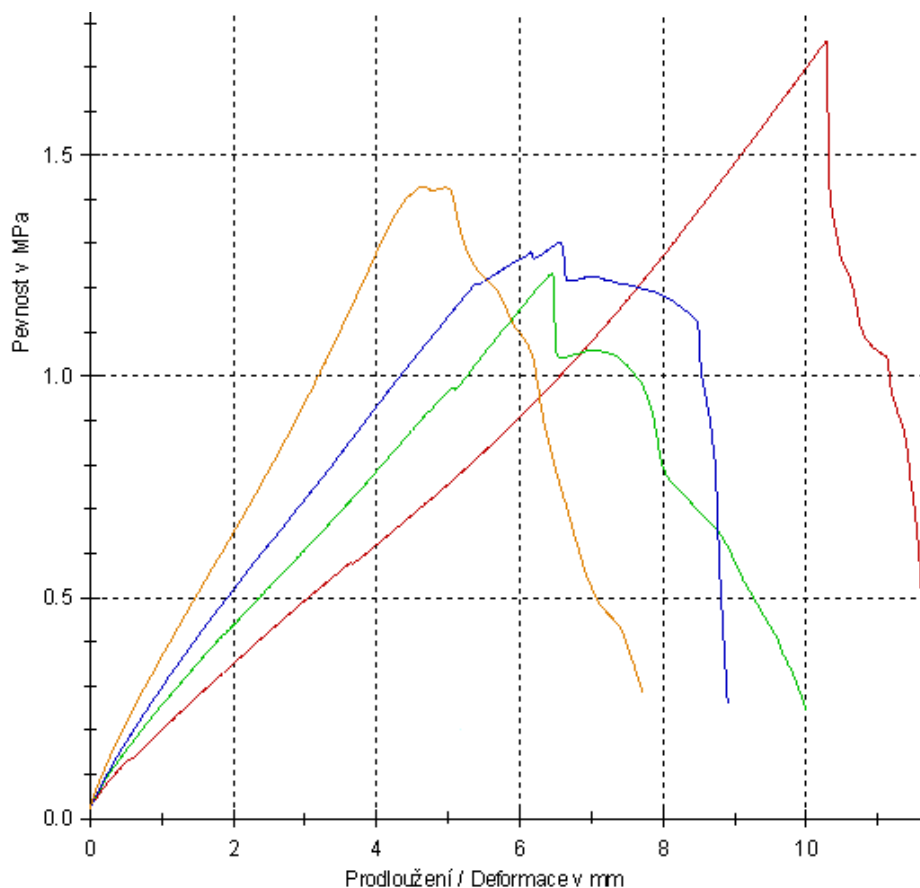
Lepená plocha je charakterizovaná šířkou, která je 20 mm, a délkou, která je 12 mm. Přebytké lepidlo vytlačené ze spoje se po vytvrzení odřezalo.

4.3.1 1. série vzorků

V sérii jsou čtyři vzorky. Povrchy podkladových materiálů jsou upraveny podle následující tabulky.

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Lepidlo |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|
| Nerez. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | Sikaflex – 553 |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | 2K |

Tab. 7 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 1.



Obr. 21 Průběh trhací zkoušky série 1.

| Legenda | Číslo vzorku | Pevnost [MPa] | Síla při lomu [N] | Prodloužení [mm] | Kohezní porušení [%] |
|---------|--------------|---------------|-------------------|------------------|----------------------|
| | 1.1 | 1,76 | 83,6 | 11,7 | 80 |
| | 1.2 | 1,23 | 58,9 | 10,0 | 80 |
| | 1.3 | 1,30 | 61,4 | 8,9 | 85 |
| | 1.4 | 1,43 | 68,4 | 7,7 | 100 |

Tab. 8 Zjištěné hodnoty ze zkoušky tahem vzorků 1. série

U vzorků, které nemají 100% kohezní porušení, došlo během zkoušky k odloupení barvy z podkladového materiálu. Pod barvou byla vidět koroze.

Pravděpodobně vznikla v době, kdy se dělil materiál na požadované vzorky. Tím se porušila barva a vlivem kataplazmy se od krajů pod barvu dostala koroze. U všech vzorků se barva odloupala od kraje. Okamžik odloupení barvy je viditelný z průběhu trhací zkoušky, kdy se objeví malý zoubek od náhlého poklesu pevnosti. Při zkoušce tahem bylo odloupení barvy i velice dobře slyšitelné. Z pohledu lepení jsou spoje v pořádku, protože nedošlo k oddělení primerů ani k adheznímu porušení. Zvolená úprava povrchů podkladových materiálů je správná.



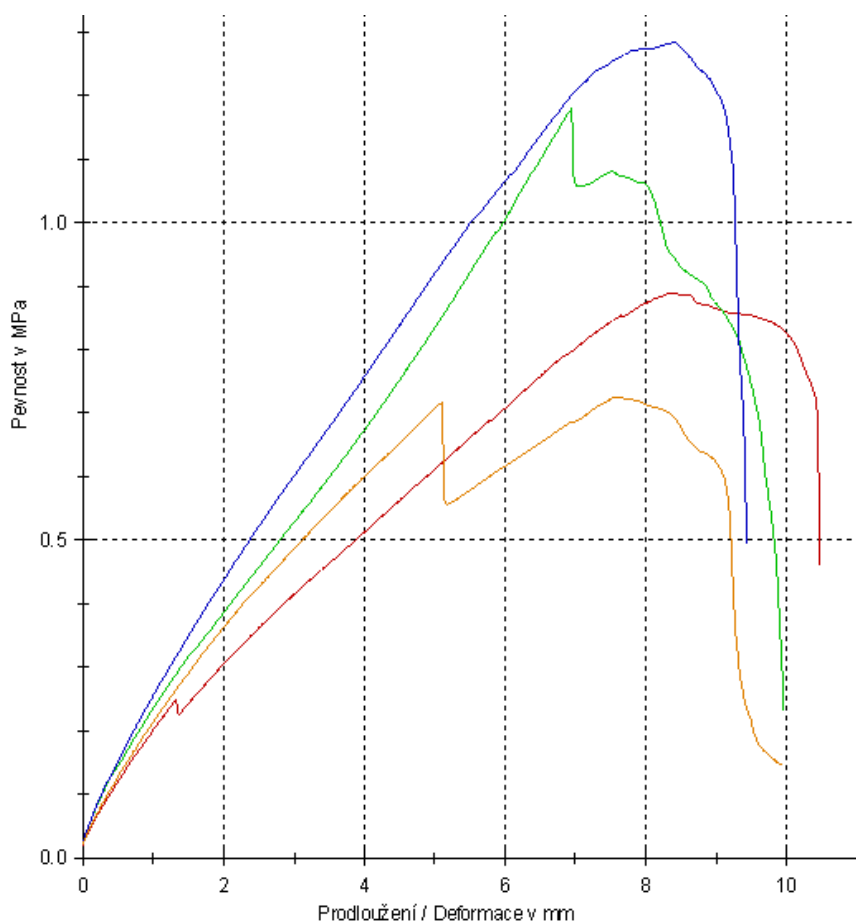
Obr. 22 Přetržené vzorky ze série 1.

4.3.2 2. série vzorků

V sérii jsou čtyři vzorky. Povrchy podkladových materiálů jsou upraveny podle následující tabulky.

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Lepidlo |
|-------------------|--------------------|---------|--------|---------|----------------|
| Nerez. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | Sikaflex – 553 |
| Kon. o.+N | Sika Aktivátor | 10 | | | 2K |

Tab. 9 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 2.



Obr. 23 Průběh trhací zkoušky série 2.

| Legenda | Číslo vzorku | Pevnost [MPa] | Síla při lomu [N] | Prodloužení [mm] | Kohezní porušení [%] |
|---------|--------------|---------------|-------------------|------------------|----------------------|
| | 2.1 | 0,89 | 110,0 | 10,5 | 70 |
| | 2.2 | 1,18 | 55,6 | 10,0 | 80 |
| | 2.3 | 1,28 | 118,0 | 9,4 | 90 |
| | 2.4 | 0,73 | 34,8 | 9,9 | 40 |

Tab. 10 Zjištěné hodnoty ze zkoušky tahem vzorků 2. série

U vzorků, které nemají 100% kohezní porušení, došlo během zkoušky k odloupení barvy z podkladového materiálu. Pod barvou byla vidět koroze. Pravděpodobně vznikla v době, kdy se dělil materiál na požadované vzorky. Tím se porušila barva a vlivem kataplazmy se od krajů pod barvu dostala koroze. U všech vzorků se barva odloupala od kraje. Okamžik odloupení barvy je viditelný z průběhu trhací zkoušky, kdy se objeví zoubek od náhlého poklesu pevnosti a potom opět pevnost plynule narůstá. Při zkoušce tahem bylo odloupení barvy i velice dobře slyšitelné.

Z pohledu lepení jsou spoje v pořádku, protože nedošlo k oddělení primerů ani k adhezivnímu porušení. Zvolená úprava povrchů podkladových materiálů je správná.



Obr. 24 Přetržené vzorky ze série 2.



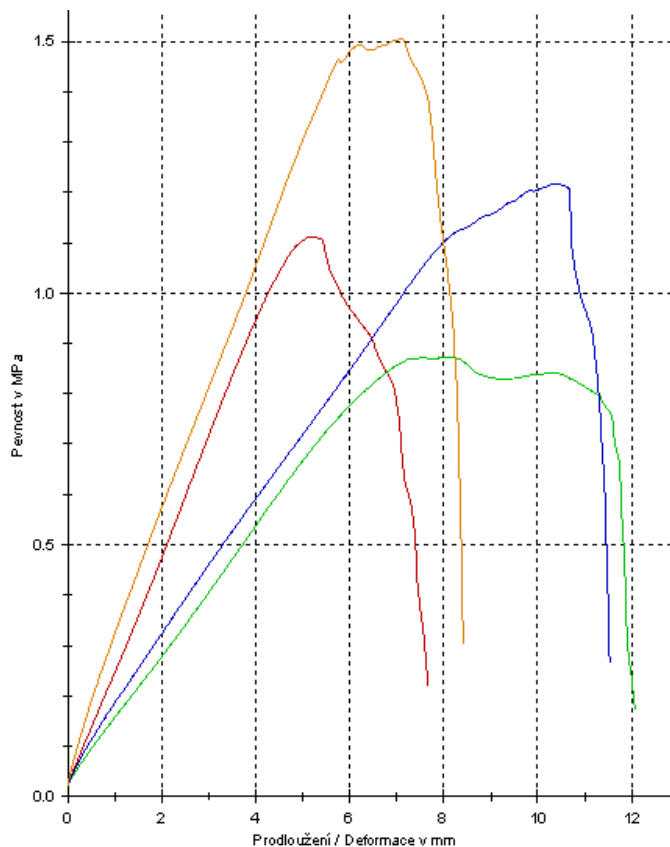
Obr. 25 Koroze na vzorku 2.4

4.3.3 3. série vzorků

V sérii jsou čtyři vzorky. Dva vzorky se zkoušely za normální teploty a dva vzorky se zkoušely při ohřátí na 101 °C, tyto vzorky jsou označeny písmenem T. Povrchy podkladových materiálů jsou upraveny podle následující tabulky.

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Lepidlo |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|
| Laminát | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-215 | 30 | Sikaflex – 553 |
| Konstr. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | 2K |

Tab. 11 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 3.



Obr. 26 Průběh trhací zkoušky série 3.

| Legenda | Číslo vzorku | Pevnost [MPa] | Síla při lomu [N] | Prodloužení [mm] | Kohezní porušení [%] |
|---------|--------------|---------------|-------------------|------------------|----------------------|
| | 3.1 T | 1,11 | 52,8 | 7,7 | 100 |
| | 3.2 T | 0,87 | 41,6 | 12,1 | 95 |
| | 3.3 | 1,22 | 63,8 | 11,5 | 100 |
| | 3.4 | 1,51 | 72,3 | 8,4 | 95 |

Tab. 12 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 3.

U vzorků, které nemají 100% kohezní porušení, došlo během zkoušky k vytržení vláken z laminátu (na fotografiích je to špatně vidět, protože lepidlo je bílé a vlákna laminátu jsou světlá). U vzorku 3.1 T a 3.2 T jsou vidět černé růžky, to je kvůli nedostatečnému vytlačení lepidla při lepení. Tyto dva vzorky vlivem teploty mají menší pevnost v tahu a více se prodlužují, lepidlo je více elastické. Rozdíly v hodnotách nejsou moc velké. Z pohledu lepení jsou spoje v pořádku, protože nedošlo k oddělení primerů ani k adheznímu porušení. Zvolená úprava povrchů podkladových materiálů je správná.



Obr. 27 Přetržené vzorky ze série 3.

4.3.4 4. série vzorků

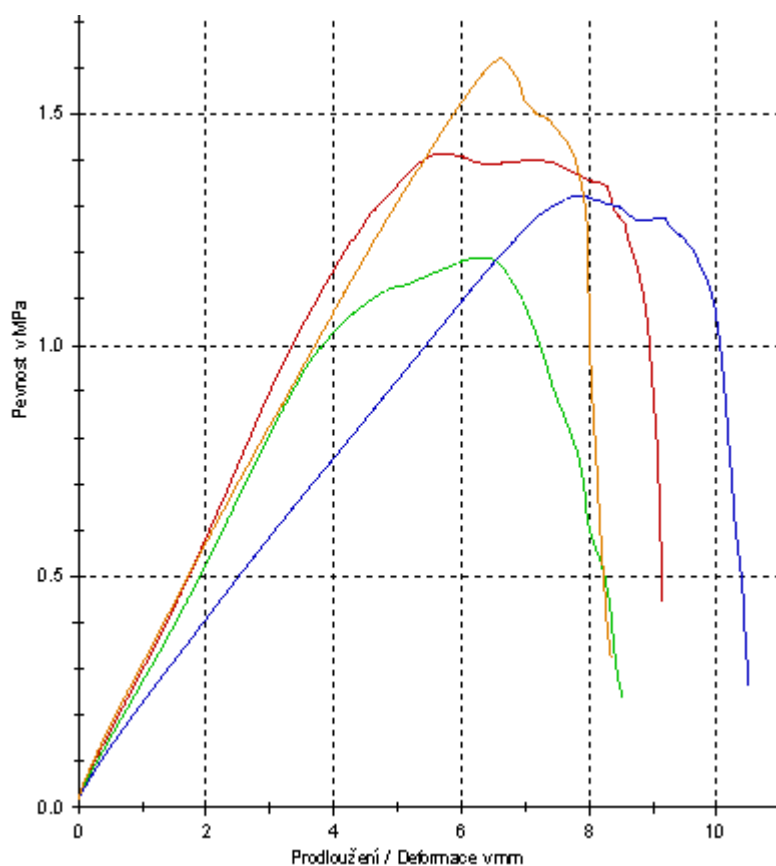
V sérii jsou čtyři vzorky. Dva vzorky se zkoušely za normální teploty a dva vzorky se zkoušely při ohřátí na 101 °C, tyto vzorky jsou označeny písmenem T. Povrchy podkladových materiálů jsou upraveny podle následující tabulky.

| Základní materiál | Aktivátor | t [min] | Primer | t [min] | Lepidlo |
|-------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------|
| Laminát | Sika Aktivátor-205 | 10 | | | Sikaflex – 553 |
| Konstr. o. | Sika Aktivátor-205 | 10 | Sika Primer-206G+P | 30 | 2K |

Tab. 13 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 4.



Obr. 28 Přetržené vzorky ze série 4.



Obr. 29 Průběh trhací zkoušky série 4.

| Legenda | Číslo vzorku | Pevnost [MPa] | Síla při lomu [N] | Prodloužení [mm] | Kohezní porušení [%] |
|---------|--------------|---------------|-------------------|------------------|----------------------|
| | 4.1 T | 1,41 | 107,0 | 9,2 | 90 |
| | 4.2 T | 1,19 | 57,0 | 8,5 | 95 |
| | 4.3 | 1,32 | 62,8 | 10,5 | 100 |
| | 4.4 | 1,62 | 77,6 | 8,3 | 95 |

Tab. 14 Zjištěné hodnoty ze zkoušky tahem vzorků 4. série

U vzorků, které nemají 100% kohezní porušení, došlo během zkoušky k vytržení vláken z laminátu (na fotografiích je to špatně vidět, protože lepidlo je bílé a vlákna laminátu jsou světlá). Vzorek 4.1 T má asi 3% adhezní porušení, kdy se oddělilo lepidlo od primeru, příčinou mohla být nečistota mezi lepidlem a primerem, protože ostatní vzorky jsou v pořádku, proto jsou povrchové úpravy vhodně zvolené. U vzorku 4.3 jsou vidět černé rýžky, to je kvůli nedostatečnému vytlačení lepidla při lepení.

5 Vyhodnocení výsledků

Výsledky adhezních zkoušek, které se prováděly na různé podkladové materiály při různých povrchových úpravách lepených ploch, jsou uvedeny v kapitolách 4.2.1 až 4.2.6. Lepidlo Sikaflex – 553 2K dosáhlo vynikajících výsledků na nerezovém plechu, na plechu s barvou i na laminátu. Vynikajícího výsledku bylo dosaženo i bez použití primerů a výsledek neovlivnila ani zvýšená teplota při provádění zkoušek. Ukázalo se, že jako dostačující povrchová úprava je aplikace vhodného aktivátoru.

Výsledky tahových zkoušek, které se prováděly na různé podkladové materiály při různých povrchových úpravách lepených ploch, jsou uvedeny v kapitolách 4.3.1 až 4.3.4. Lepidlo Sikaflex – 553 2K při těchto zkouškách obstálo velmi dobře. Zvolilo se několik povrchových úprav a z pohledu adheze při těchto zkouškách nebyl žádný problém.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vyzkoušet lepidlo od firmy Sika CZ v podmínkách výroby autobusů SOR Libchavy. Dalším cílem bylo zjistit, jaké budou potřeba povrchové úpravy podkladových materiálů před lepením a jak se budou chovat lepené spoje, pokud budou zatíženy vysokou teplotou.

V úvodní části práce jsou vysvětleny základní pojmy, které souvisí s lepením, přednosti a nevýhody lepených spojů a možnosti jejich porušení.

Další kapitola je pak věnována vlastnostem používaného lepidla Sikaflex – 553 2K, vlastnostem primerů a aktivátorů. Popisují se zde také zkoušky lepidel a lepených spojů podle firmy Sika CZ, jak se mají provádět, na jakých zařízeních, jak připravovat vzorky, jak vyhodnocovat a při jakých podmínkách.

V experimentální části se zkoumá adheze na různých podkladových materiálech, které se používají při lepení bočních plechů. Vliv přípravy povrchu, jako je aplikace aktivátorů a primerů na podkladový materiál. Druhou zkouškou je měření pevnosti v tahu a vyhodnocování lomů podle lepicích předpisů společnosti Sika CZ.

Použitá literatura

- [1] OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely*. Vydání třetí, upravené. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1986. 288 s.
- [2] BOUBLÍK, Vlastimil. *Lepidla a jejich příprava*. Vydání druhé, nezměněné. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 192 s.
- [3] Lepidlo : Objevy a vynálezy. *Quido magazín* [online]. 24.03.2003 , 278, [cit. 2011-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.quido.cz/objevy/lepidlo.htm>>.
- [4] LOKAJ, Antonín. *Ocelové a dřevěné prvky a konstrukce* [online]. Ostrava, 2009. 43 s. Přednáška. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Dostupné z WWW: <http://fast10.vsb.cz/odk/prednasdk/ODPK_AL_04.pdf>.
- [5] KOLÍBAL, Zdeněk ; VAVŘÍK, Ivan ; KNOFLÍČEK, Radek. *Studijní opora-interní učební texty : Přednášky z předmětu: „Technologičnost konstrukce oprav (retrofitingu) výrobních strojů“* [online]. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2003. 223 s. Přednášky. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z WWW: <drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/uvssr/retrofit/retrofit.pdf>.
- [6] *Loctite.as* [online]. 2004 [cit. 2011-04-14]. Řešení pro průmyslové trhy. Dostupné z WWW: <www.loctite.as/files/categories/reseni-pro-prumyslove-trhy.pdf>.
- [7] Pevnostní materiály v karoserii. In *Metody tváření kovů a plastů* [online]. Liberec : [Technická univerzita v Liberci], 2010 [cit. 2011-04-17]. Dostupné z WWW: <www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/mtk/MTK3.pdf>.
- [8] Materiály firmy Sika CZ
- [9] Materiály firmy SOR Libchavy

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Vyrovnání rozdílné roztažnosti, převzato z [6] | 13 |
| Obr. 2 Těsný spoj, převzato z [6]..... | 14 |
| Obr. 3 Tlumení rázů a vibrací, převzato z [6]..... | 14 |
| Obr. 4 Napětí ve spojích, převzato z [6] | 14 |
| Obr. 5 Zatížení tahem a smykem, převzato z [6]..... | 15 |
| Obr. 6 Zatížení odlupováním, převzato z [6]..... | 15 |
| Obr. 7 Průřez lepeným spojem, převzato z [5] | 16 |
| Obr. 8 Schéma smáčení povrchu látky lepidlem, převzato z [5] | 18 |
| Obr. 9 Typy lomů lepeného spoje, převzato z [7] | 19 |
| Obr. 10 Zkušební vzorek lepení, převzato z [8] | 25 |
| Obr. 11 Zkušební vzorek s formou, převzato z [8]..... | 26 |
| Obr. 12 Adhezní zkouška, převzato z [8] | 27 |
| Obr. 13 Standardní skladovací podmínky, převzato z [8] | 29 |
| Obr. 14 Standardní skladovací cykly část 1., převzato z [8] | 29 |
| Obr. 15 Standardní skladovací cykly část 2., převzato z [8] | 29 |
| Obr. 16 Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu..... | 31 |
| Obr. 17 Adhezní zkoušky na podkladu z nerezového plechu při 101 °C | 32 |
| Obr. 18 Adhezní zkoušky na podkladu z laminátu..... | 33 |
| Obr. 19 Ukázka vytrhaných vláken z laminátu..... | 34 |
| Obr. 20 Adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou..... | 35 |
| Obr. 21 Průběh trhací zkoušky série 1. | 37 |
| Obr. 22 Přetržené vzorky ze série 1. | 38 |
| Obr. 23 Průběh trhací zkoušky série 2. | 39 |
| Obr. 24 Přetržené vzorky ze série 2. | 40 |
| Obr. 25 Koroze na vzorku 2.4..... | 40 |
| Obr. 26 Průběh trhací zkoušky série 3. | 41 |
| Obr. 27 Přetržené vzorky ze série 3. | 42 |
| Obr. 28 Přetržené vzorky ze série 4. | 42 |
| Obr. 29 Průběh trhací zkoušky série 4. | 43 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z nerezové oceli | 31 |
| Tab. 2 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z nerezové oceli při 101 °C..... | 32 |
| Tab. 3 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z laminátu..... | 33 |
| Tab. 4 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z laminátu při 101 °C | 34 |
| Tab. 5 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou | 35 |
| Tab. 6 Výsledky adhezní zkoušky na podkladu z plechu s barvou při 101 °C..... | 36 |
| Tab. 7 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 1..... | 37 |
| Tab. 8 Zjištěné hodnoty ze zkoušky tahem vzorků 1. série..... | 37 |
| Tab. 9 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 2..... | 38 |
| Tab. 10 Zjištěné hodnoty ze zkoušky tahem vzorků 2. série..... | 39 |
| Tab. 11 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 3..... | 40 |
| Tab. 12 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 3..... | 41 |
| Tab. 13 Úpravy povrchů podkladových materiálů série 4..... | 42 |
| Tab. 14 Zjištěné hodnoty ze zkoušky tahem vzorků 4. série..... | 43 |