

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Lepení sendvičových střešních panelů při výrobě autobusů
v podmínkách SOR Libchavy

Štěpán Havelka

Bakalářská práce

2011

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Štěpán HAVELKA**
Osobní číslo: **D08237**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**
Název tématu: **Lepení sendvičových střešních panelů při výrobě autobusů
v podmínkách SOR Libchavy**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Analýza současného stavu
2. Adhezní testy
3. Pevnostní testy
4. Životnostní testy
5. Technologický postup a praktické ukázky navrženého řešení
6. 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 Šefčík, 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.

Ve Březí dne 27.04.2011

Štěpán Havelka

Na tomto místě bych rád poděkoval především svým rodičům za podporu během mého studia na Univerzitě Pardubice. Dále bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc. Dr. Ing. Liboru Benešovi, za jeho podnětné rady při zpracování této práce. Mé poděkování patří také konzultantovi mé bakalářské práce, panu Ing. Tomáši Halamíkovi, MBA, z firmy SIKA CZ za poskytnutí odborných rad a materiálů v oboru lepení. V neposlední řadě bych rád poděkoval technologovi, panu Ing. Martinu Drábkovi z firmy SOR Libchavy, za zasloužení do problematiky lepení sendvičových střešních panelů u autobusů SOR a za přípravu zkušebních vzorků.

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá zkouškami pevnosti v tahu lepidla a přípravků na úpravu lepených spojů u sendvičových střešních panelů při výrobě autobusů v podmínkách SOR Libchavy.

Cílem je navrhnout možné kombinace přípravků na úpravu lepených povrchů, které by se mohly využít v praxi u autobusů SOR Libchavy.

Klíčová slova

lepený spoj, aktivátor, primer, experiment

Summary

The present thesis deals with tests of glue firmness and adhesion, as well as of products for adjustment of glued connections of sandwich roof panels that are used for manufacturing of buses in SOR Libchavy.

The aim of the thesis is to develop possible combinations of products to adjust glued surfaces that could be used in manufacturing of buses in SOR Libchavy.

Key words

glued joint, activator, primer, experiment

Obsah

1	Úvod.....	10
1.1	Základy technologie lepení.....	10
1.2	Historie lepení.....	10
1.3	Základní pojmy	11
1.3.1	Adheze	11
1.3.2	Koheze	12
1.3.3	Smáčivost.....	13
1.3.4	Adherend.....	13
1.3.5	Adhezivo	13
1.4	Teorie lepení	13
1.4.1	Molekulová teorie (adsorpční).....	14
1.4.2	Elektrostatická teorie	14
1.4.3	Mechanická teorie.....	14
1.4.4	Difuzní teorie	14
1.4.5	Chemická teorie	15
1.5	Výhody a nevýhody lepení	15
1.5.1	Výhody lepení.....	15
1.5.2	Nevýhody lepení	17
1.6	Rozdělení lepidel	17
1.6.1	Rozdělení podle účelu.....	17
1.6.2	Rozdělení podle fyzikálního stavu.....	18
1.6.3	Rozdělení podle tvaru	18
1.6.4	Rozdělení podle původu	18
1.6.5	Rozdělení podle způsobu dosažení pevnosti	19
1.6.6	Rozdělení podle teploty při zpracování	19
1.6.7	Rozdělení podle obsahu rozpouštědel.....	19
1.6.8	Rozdělení podle chemické reakce lepidla.....	20
1.7	Porušení lepeného spoje.....	20
2	Aktivační a čistící přípravky firmy Sika.....	21
2.1	Sika Aktivátor	21
2.1.1	Technická data	21
2.1.2	Oblast použití.....	21
2.1.3	Způsob aplikace	21

2.2	Sika Aktivátor- 205 (Sika Cleaner- 205)	22
2.2.1	Technická data	22
2.2.2	Oblast použití	22
2.2.3	Způsob aplikace	22
3	Přípravky pro zvýšení adheze lepených spojů	23
3.1	Sika Primer- 206 G+P	23
3.1.1	Technická data	23
3.1.2	Oblast použití	23
3.1.3	Způsob aplikace	24
3.2	Sika Primer- 215	24
3.2.1	Oblast použití	25
3.2.2	Technická data	25
3.2.3	Způsob aplikace	25
4	SikaForce- 7710 L35	26
4.1	Technická data	26
4.2	Přednosti produktu	26
4.3	Oblast použití	27
4.4	Mechanismus vytvrzení	27
4.5	Chemická odolnost	27
4.6	Pokyny pro zpracování	28
4.6.1	Příprava podkladu	28
4.6.2	Aplikace	28
4.6.3	Ruční zpracování	28
4.6.4	Lisování	28
5	Experimentální část	29
5.1	Lepené materiály	29
5.2	Zkouška přepislé smykové pevnosti v tahu	29
5.2.1	Příprava vzorků	30
5.2.2	Možné výsledky zkoušky pevnosti v tahu	31
5.2.3	1. skupina vzorků	31
5.2.4	2. skupina vzorků	33
5.2.5	3. skupina vzorků	35
5.2.6	4. skupina vzorků	38
6	Vyhodnocení	41

7	Závěr	42
	Použitá literatura	43
	Seznam obrázků	44
	Seznam tabulek	46

1 Úvod

1.1 Základy technologie lepení

V současné době se lepení stalo jednou ze základních technologií spojování nejrůznějších materiálů (např. kovů, plastů, ...) téměř ve všech průmyslových odvětvích. Lepením se vytváří nerozebíratelný spoj s minimálním ovlivněním základního materiálu lepeného spoje (mimo chemické účinky). Důležité vlastnosti technologie lepení jsou také vysoká efektivnost a úspora nákladů. [4]

1.2 Historie lepení

Počátky lepení se datují už do doby kamenné, kde první lidé používali březovou smůlu k výrobě věder z březové kůry. Roztavená smůla se nanášela na lepené části pomocí kamenného klínu na způsob dnešního pájení. Staří Egypťané už dovedli vyrobit první lepidla živočišného původu, která byla zhotovena ze směsi klihu a křídly. Používali je k lepení prvních rakví.

První zmínka o užívání lepidla pochází z doby asi 4000 př. n. l. Archeologové, objevili na pravěkých pohřebištích rozbitou keramiku, která byla opravena pryskyřicí. Dále byly archeology objeveny sošky z Babylonu, které měly přilepené oči do očních důlků. Už v minulosti neplnila lepidla jen funkci spojovací, ale také těsnící. První, kdo použil lepidlo ve funkci tmelu, byli Babyloňané, kteří jím utěšňovali spáry v trupu lodí.

Ve starověku se k lepení používal albumin, který se získával ze zvířecí kůže a také se využíval dextrin získávaný ze zbytků kostí. Řekové a Římané vytvořili techniku dýchování, která spočívá v postupném lepení tenkých vrstev dřeva na sebe. Také Římané, jako první, použili včelí vosk na utěsnění lodí.

Kolem roku 1700 došlo k většímu rozšíření výroby a používání lepidel. Proto byly roku 1690 v Nizozemsku založeny první plantáže, které zajišťovaly suroviny pro výrobu klihu. Ve stejné době byl v Anglii vydán první patent na výrobu lepidla. Roku 1823 bylo v Anglii patentováno první kaučukové lepidlo. Roku 1872 vznikla v Americe první továrna na výrobu celuloidu. Prakticky až do druhé světové války byly lepeny jenom materiály, které byly schopny lepidlo vsáknout, jako např. papír, dřevo, kůže, atd.

Výrazným mezníkem v historii techniky lepení je objev fenolformaldehydové pryskyřice, modifikované polyvinylformalem, pod názvem REDUX. Ta umožnila

lepení kovu na dřevo, toho využila společnost Havilland v roce 1943 k lepení duralu na překližku na křídlech letounu DH- 103.

V současné době se s technologií lepení můžeme setkat ve stavebnictví, zdravotnictví nebo letectví a také v automobilovém průmyslu, kde se lepidel využívá k lepení částí karoserií, ale i k těsnění a tlumení vibrací. Dnešní lepidla jsou zhotovována přesně podle požadavků zákazníka, takže nacházejí uplatnění v široké škále oborů. [2]

1.3 Základní pojmy

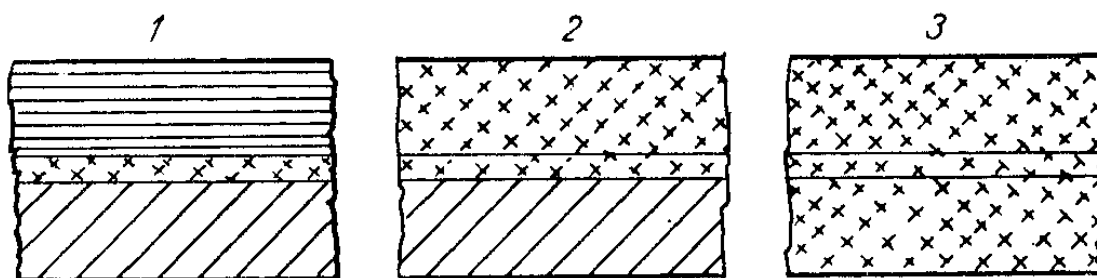
Celková pevnost lepeného spoje závisí především na dvou činitelích: adhezi a kohezi.

1.3.1 Adheze

Adheze je vzájemné přitahování dvou povrchů adhezními silami. Vyvolání vzájemné přitažlivosti mezi dvěma tuhými materiály bez lepidla je velmi obtížné, jelikož by se spojované plochy musely k sobě přiblížit na molekulární vzdálenost, což je méně než $3 \cdot 10^{-8}$. Toto vlastně technicky není možné splnit, protože spojované plochy by musely být absolutně rovné, souběžné a čisté. Další problém, který může nastat, i když máme povrch spojovaných součástí ideálně hladký a čistý, je znečištění povrchu stopami plynů a vodních par absorbovaných v jeho mikropórech.

Adheze se dá snadněji dosáhnout mezi povrchy pevných a tekutých nebo měkkých látek. Kapalná látka se snadno přizpůsobí nerovnostem povrchu a dokáže odstranit většinu pohlcených par a plynů z mikropórů povrchu. Kapalina se stane lepidlem za předpokladu, že bude lepený povrch dobře smáčet a za určených podmínek přejde do pevného stavu.

Podle složení spojovaných materiálů a lepidla můžou nastat různé způsoby adheze. Je-li spojovaný materiál a lepidlo stejného složení, mluvíme o autoadhezi jednostranné nebo oboustranné (Obr. 1.).



Obr. 1 - vztah lepidla k lepenému materiálu [1]

1 — složení lepidla je odlišné od složení lepených dílců, běžný adhezní vztah;
 2 — lepidlo a jedna z lepených ploch mají shodné chemické složení — jednostranná (částečná) autoadheze; 3 — lepidlo a oba lepené materiály mají shodné chemické složení — úplná autoadheze.

Pevnost lepeného spoje ovlivňuje nejen adheze lepidla k lepenému materiálu (adherendu) ale i tzv. koheze, což je soudržnost filmu lepidla po ztuhnutí nebo vytvrzení. Hodnoty koheze závisí na složení filmu lepidla v konečné fázi lepení. [1]

1.3.2 Koheze

Koheze, soudržnost nebo tzv. vnitřní adheze je druhý činitel, který ovlivňuje kvalitu lepidla a spoje. Je to vlastně souhrn sil, které drží jednotlivé molekuly lepidla (adheziva) pohromadě. Velikost koheze udává tzv. kohezní energie, což je velikost energie potřebné k odtržení jedné částičky od ostatních. Hodnota koheze je dále závislá na dobrých mechanických vlastnostech lepidla a také pevnosti spoje.

U kapalin se koheze vyskytuje především na povrchu a nazývá se povrchové napětí. Povrchové napětí se uplatňuje i u lepidel, kde společně s viskozitou lepidla určují lepivost lepidla. Dalším znakem, který souvisí s kohezí, je tzv. tažnost lepidla neboli délka vlákna. Podle délky vlákna se lepidla dělí na dlouhá lepidla a krátká lepidla. Čím je lepidlo delší, tím je vyšší viskozita a menší povrchové napětí a naopak. [3]



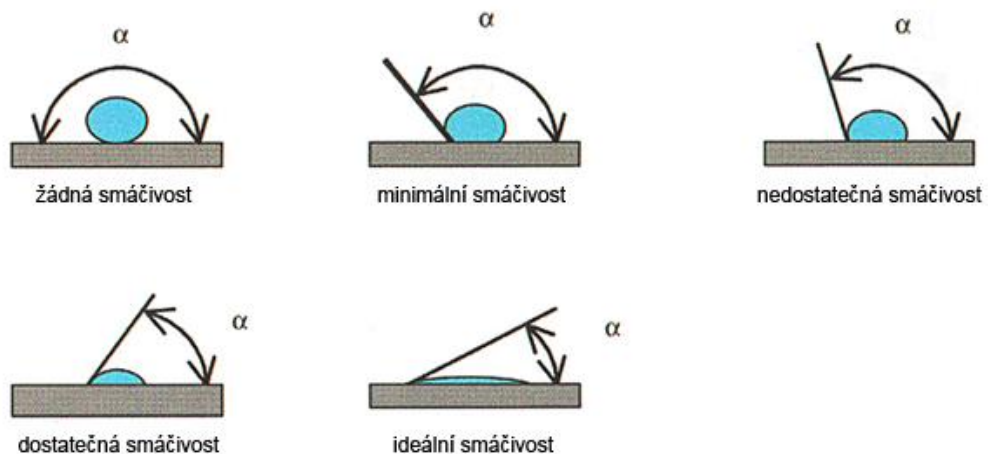
Obr. 2 - řez lepeným spojem [5]

1.3.3 Smáčivost

Smáčivost charakterizuje povrchové napětí lepidla. Míru smáčivosti určuje velikost povrchového napětí. Pro vytvoření kvalitního lepeného spoje musí být povrchové napětí lepidla nižší než povrchové napětí spojovaných materiálů.

Smáčivost se měří pomocí okrajového úhlu α . Tento úhel se vytvoří mezi zkoušeným povrchem a povrchem kapaliny. Okrajový úhel se zmenšuje se zvyšující se smáčivostí zkoušeného povrchu.

Je-li smáčivost nedostatečná, je i okrajový úhel velký. Překročí-li okrajový úhel hodnotu 90° , změní se smáčivost v odpudivost. Proto je smáčivost jednou ze základních podmínek dobré lepivosti lepidla. Materiál se může dobře spojovat jen takovým lepidlem, které má vůči němu dobrou smáčivost. [3]



Obr. 3 - druhy smáčení povrchu lepidlem [6]

1.3.4 Adherend

Materiál, na který je nanášeno lepidlo a jehož povrch se před lepením patřičně upravuje. [1]

1.3.5 Adhezivo

Adhezivo neboli lepidlo je chemická látka, která ulpívá na povrchu spojovaných materiálů a slouží k jejich spojování. [1]

1.4 Teorie lepení

Teorie lepení (adhezní spojování dílů) se zabývá molekulovou strukturou a opírá se o vztahy molekul a jejich vzájemného působení i o vztahy vyplývající z nadmolekulární struktury. S molekulovou strukturou úzce souvisí i adheze. V teorii

lepení se uplatňují fyzikální síly, chemické vazby a mezimolekulární síly. V současné době se nejvíce využívají následující teorie adheze. [4]

1.4.1 Molekulová teorie (adsorpční)

Vychází z jevů smáčení, adsorpce a adheze. Říká, že základem adheze je vzájemné působení molekul adherendu a lepidla (adheziva). Oba druhy molekul musí mít polární funkční skupiny schopné vzájemného působení. Proces vzniku adhezního spoje se dělí na dvě stadia: 1. přenos molekul lepidla (adheziva) k povrchu adherendu

2. po přiblížení molekul lepidla (adheziva) na vzdálenost menší než 0,5 nm nastane vzájemné působení mezimolekulárních sil neboli tzv. Waalsových sil. Toto trvá až do dosažení adsorpční rovnováhy. [4]

1.4.2 Elektrostatická teorie

Podstatou této teorie je, že ve spoji se vytváří dvojvrstva, která je vytvořena dotykem jedné hraniční vrstvy s více elektrony a druhou s méně elektrony. Spoj se mění na kondenzátor, u kterého se rozdílně nabitě desky přitahují. Při oddálení se vzniklý potenciálový rozdíl buď vybije nebo vyzáří jako elektronová emise. Souvislost mezi velikostí povrchového elektrostatického náboje a pevností odpovídajících adhezních spojení nebyla ani při podrobnějších studiích prokázána. [4]

1.4.3 Mechanická teorie

Tato teorie je založena na představě, že lepidlo pronikne do trhlin a kavit lepeného povrchu, kde ztuhne a dojde k jeho „zaklínění“ v povrchu adherendu. V dnešní době se teorie mechanické adheze využívá jen výjimečně ve specifických případech, jako např. adheze pryžových směsí k textilním vláknům či výroba překližek. [4]

1.4.4 Difuzní teorie

Základem této teorie je tvrzení, že některé látky (např. polymery) mohou navzájem mezi sebou difundovat napříč rozhraním. Pevnost spoje závisí na průběhu difuze. Průběh difuze závisí především na čase, teplotě, viskozitě, relativní molekulové hmotnosti polymerů, kompatibilitě adherendu a adheziva. Tato teorie však nevysvětluje spojení materiálů, které vzájemně nedifundují, ale normálně se lepí jako např. kov- sklo. [4]

1.4.5 Chemická teorie

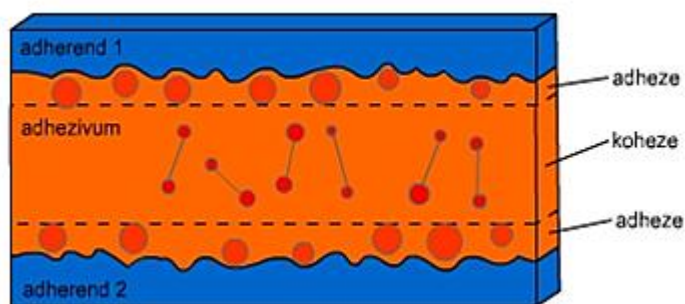
Je založena na vytvoření primárních chemických (kovalentních) vazeb napříč rozhraním u vzájemně spojovaných materiálů. Obecně však takovéto vazby vznikají jen výjimečně, protože lepení všeobecně probíhá v termodynamických podmínkách, které vznik chemických vazeb neumožňují. I kdyby tato vazby vznikly, tak není stoprocentně prokázáno, že zvyšují pevnost lepeného spoje. Snahy zavést do adheziv nebo adherendů reakce schopné funkční skupiny často nevedly ke zkvalitnění vlastností adhezivního spoje. [4]

1.5 Výhody a nevýhody lepení

Tak jako jiné technologie spojování materiálů se lepení vyznačuje mnoha výhodami, ale i některými zápornými i limitujícími činiteli. Proto při rozhodování, zda využít lepení, je třeba uvážit jeho výhody a nevýhody ve srovnání s tradičními technologiemi spojování materiálů. [1]

1.5.1 Výhody lepení

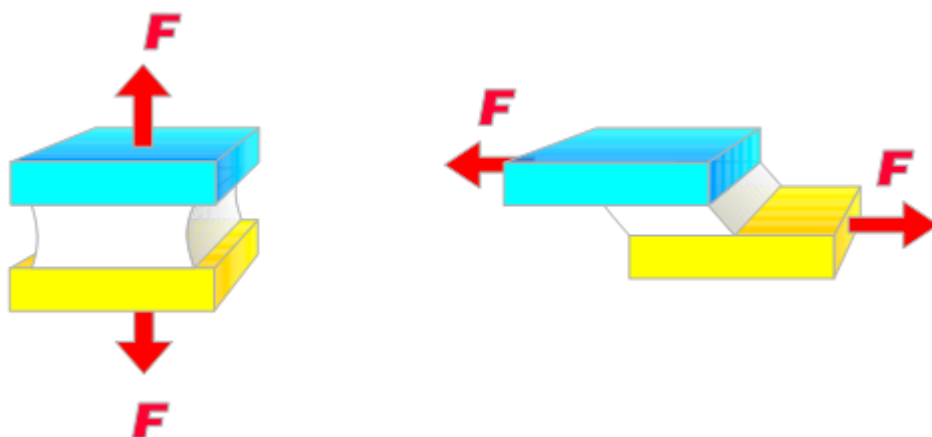
- lepení dovoluje spojovat stejné nebo různorodé materiály bez ohledu na jejich tloušťku a vyrovnat jejich případné výrobní tolerance
- aplikací lepidel není narušena celistvost spojovaných dílců
- lepením je možné zhotovit vodotěsné i plynotěsné spoje



Obr. 4 - případ těsného spoje [6]

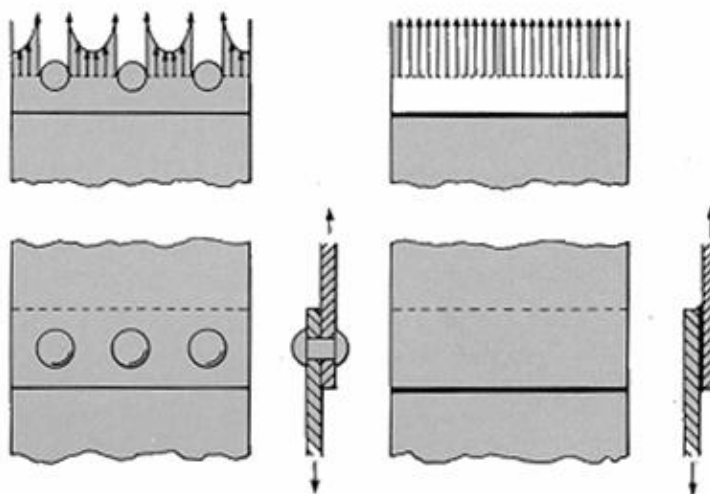
- lepením spojovaný materiál se nijak nedeformuje, ani vlivem teploty a tím nedochází k narušení vnitřní struktury materiálu a ovlivnění mechanických vlastností materiálu (jako u svařování)
- lepený spoj tlumí vibrace v konstrukci a zvyšuje tuhost i vzpěrnou pevnost souboru
- lepený spoj zabraňuje vzniku elektrolytické koroze kovových adherendů

- lepením se nezvyšuje hmotnost souboru, což je jedním z předpokladů miniaturizace
- lepené spoje se mohou povrchově upravovat nebo mohou zůstat průhledné
- lepené spoje mohou dosáhnout vysoké pevnosti, především při namáhání ve smyku, tahu a rázové pevnosti



Obr. 5 - zatížení lepeného spoje v tahu a smyku [7]

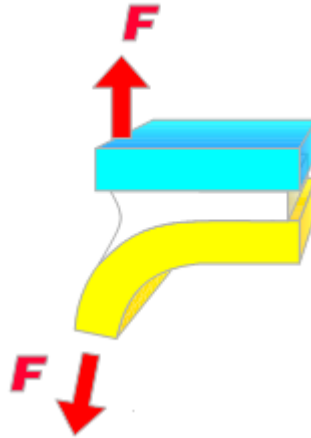
- lepením není narušen estetický vzhled lepeného souboru
- zatížení a napětí se rozloží po celé ploše spoje a rovnoměrně se přenesou i statické a dynamické zatížení a nikde se nekonzcentruje, jako je tomu u šroubovaných a nýtovaných spojů [1]



Obr. 6 - průběh napětí u nýtovaného a lepeného spoje [6]

1.5.2 Nevýhody lepení

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



Obr. 7 - zatížení lepeného spoje odlupováním [7]

- životnost reaktivních lepicích směsí je časově omezena
- je nutné vytvrzení lepeného spoje, aby dosáhl maximální pevnosti
- lepené spoje jsou málo odolné vůči vyšším teplotám
- film termoplastických lepidel je citlivý na dlouhodobé statické namáhání, jelikož dochází k tečení polymerní složky lepidla
- lepení v průmyslovém měřítku je náročné na vybavení pracovišť, neboť jsou potřeba nanášecí zařízení, přípravky, lisy, atd. [1]

1.6 Rozdělení lepidel

Jelikož lepidla tvoří rozsáhlou a chemicky velmi různorodou skupinu, tak je potřeba je rozdělovat do jednotlivých skupin. Lepidla můžeme dělit podle účelu, původu, fyzikálního stavu, způsobu zpracování, dosažení pevnosti spoje, chemického složení, obsahu rozpouštědel, teploty při zpracování, atd. [3]

1.6.1 Rozdělení podle účelu

Rozdělení podle účelu bylo v minulosti velmi často používané, ale v dnešní době poskytuje už jen hrubou orientaci mezi lepidly a nic nám nevypovídá o chemické

podstatě lepidla. Např. lepidlo na papír může být přírodní nebo syntetické. Podle tohoto rozdělení se lepidla dělí např. na lepidla na kov, dřevo, papír, kůži atd. [3]

1.6.2 Rozdělení podle fyzikálního stavu

O tom, jak bude lepidlo používáno a nanášeno, vypovídá fyzikální stav lepidla. Podle toho se lepidla dělí na tekutá, pastovitá, pěnová, filmy a lepicí pásy. [3]

1.6.3 Rozdělení podle tvaru

Rozdělení podle tvaru se nejčastěji používalo u klišů, kde se rozlišoval např. kliš tabulkový, mletý, perličkový, šupinkový atd. Tohoto rozdělení se využívá jen výjimečně, protože podle tvaru nebylo možno určit původ, jakost, vlastnosti nebo chemickou povahu lepidla. [3]

1.6.4 Rozdělení podle původu

Toto rozdělení nejlépe vystihuje charakter lepidel a proto je to jedno z nejrozšířenějších rozdělení. Suroviny, ze kterých je lepidlo vyrobeno, mají největší vliv na vlastnosti, možnosti použití a způsob zpracování lepidla.

1. přírodní lepidla

Přírodní lepidla se dělí na rostlinná a živočišná lepidla.

Mezi rostlinná lepidla patří mouky, škroby, dexteriny, pektiny, algináty, přírodní pryskyřice, přírodní kaučuk, rostlinné slizy a gummy.

Mezi živočišná lepidla patří především různé druhy klišů: gutinové (kostní, kožní), kaseinové (z mléčné bílkoviny), albuminové (z bílkoviny zvířecí krve) a rybí.

2. syntetická lepidla

Syntetická lepidla se dělí na termoreaktivní, termoplastická a polosyntetická.

Termoreaktivní lepidla se vytvrzují za přítomnosti tepla. Zahřátím vzniká chemická reakce, při níž vznikne makromolekulární látka, která má jednotlivé řetězce makromolekul prostorově svázané. Po vytvrzení ztvrdnou a jsou nerozpustná. Patří jsem např. epoxidová, polyesterová atd. lepidla.

Termoplastická lepidla za působení teploty mění jen fyzikální vlastnosti a nedochází zde k chemické reakci. Po zahřátí změknou a stávají se tvárnými. Patří sem např. akrylátová, polyamidová atd. lepidla.

Polosyntetická lepidla vycházejí z přírodních polymerů (např. celulózy, kaučuku, ...) a byla důležitou základnou pro výrobu přírodních lepidel, než se vyvinula

syntetická lepidla. Chemicky se upravují jejich vlastnosti a vznikají lepidla s vysokou kvalitou. [3]

1.6.5 Rozdělení podle způsobu dosažení pevnosti

Pevnosti lepidla se docílí převedením lepidla ve formě solu na gel. Toho se dosáhne následujícími způsoby:

- odpařením vody (škrob, latex, vodní sklo, kliš) nebo organického rozpouštědla (polyvinylacetát a roztoky gumy)
- aktivováním rozpouštědlem- suchý nátěr lepidla se ovlhčí neboli aktivuje rozpouštědlem (PVC)
- teplotou- ochlazení nebo zvýšení teploty
- tlakem- po zaschnutí jsou některá lepidla citlivá na tlak a materiály s jejich nánosem se mohou spojit tlakem
- chemicky- buď pomocí katalyzátorů, iniciací teplem, světlem nebo jejich kombinací [3]

1.6.6 Rozdělení podle teploty při zpracování

Lepidla se podle teploty dělí na zpracovatelná : za normální teploty (20- 30°C)
za zvýšené teploty (30- 100°C)
za horka (nad 100°C)

Vyšší teplota je při lepení někdy velmi výhodná, neboť zahřátím se zmenší viskozita lepidla a ochlazením se zase snáze vytvoří gel. [3]

1.6.7 Rozdělení podle obsahu rozpouštědel

Buď jsou lepidla obsahující rozpouštědla a nebo jsou lepidla bez rozpouštědel.

1. lepidla bez rozpouštědel

Těchto lepidel je prozatím velmi málo. Jsou schopna, díky svým vynikajícím schopnostem, řešit obtížné způsoby spojování. Skladováním se nemění, protože neobsahují rozpouštědla, která by mohla vytékat. Patří většinou do termoreaktivních lepidel. Lepidlo tvoří silně viskózní kapaliny nebo pevné kusy, které se teplem roztaví.

2. lepidla s rozpouštědly

Rozpouštědla jsou organické povahy nebo jako rozpouštědlo slouží voda. Rozpouštědla ovlivňují lepidlo už při jeho výrobě a při aplikaci má použité rozpouštědlo vliv na kvalitu spoje nebo filmu a často i rozhoduje o konzistenci lepidla.

Rozpouštědla se volí tak, aby lepidlo zasychalo a přecházelo v gel takovou rychlostí aby zbytečně nehoustlo při skladování. [3]

1.6.8 Rozdělení podle chemické reakce lepidla

Podle prostředí (kyselé, zásadité a neutrální), ve kterém provádíme lepení, je u lepidel ovlivňována jejich lepivost. Podle reakce lepidla dělíme na:

- kyselá (kostní klíh)
- zásaditá (rostlinný klíh)
- neutrální

Dále je také nutné přihlížet k povaze lepeného materiálu. Pokud nechceme způsobit reakci s podkladem nebo změnu barvy je nutné materiály světlých odstínů a určité druhy papírů, spojovat neutrálními lepidly. [3]

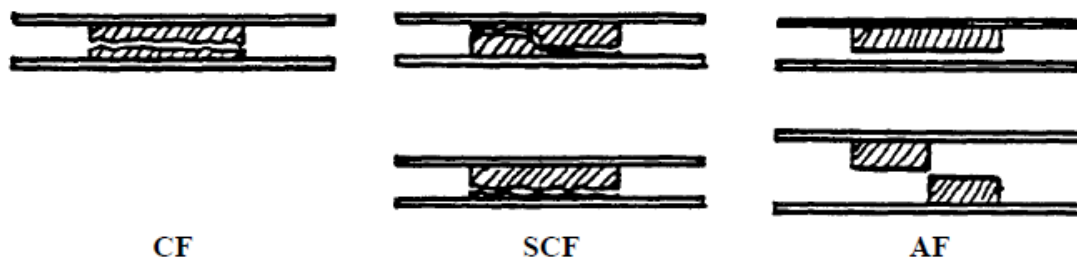
1.7 Porušení lepeného spoje

Lepený spoj se může porušit třemi základními způsoby.

Kohezní lom- porušení spoje, kdy trhlinka vede materiálem lepidla. Adheze lepidla k lepenému povrchu je větší než koheze lepidla

Adhezní lom- porušení spoje, kdy se lepidlo (adhezivo) oddělí od lepeného povrchu (adherendu)

Smíšený lom- kombinace předešlých porušení a uvádí se procentuální podíl jednotlivých typů porušení [4]



Obr. 8 - základní druhy porušení lepeného spoje [4]

CF- kohezní lom, SCF- kohezní lom na hranici substrátu, AF- adhezní lom

2 Aktivační a čisticí přípravky firmy Sika

Aktivační a čisticí přípravky firmy Sika slouží k důkladnému odmaštění a očištění lepených ploch před nanesením lepidla. Jedná se o přípravky většinou na bázi alkoholů nebo rozpouštědel. Pro svůj experiment jsem k lepení použil Sika Aktivátor a Sika Aktivátor- 205 (Sika Cleaner- 205), které si dále podrobněji popíšeme. [8]

2.1 Sika Aktivátor

Sika Aktivátor je čisticí a aktivační přípravek na spojované plochy, na které budou použity různá Sika polyuretanová lepidla.

Sika Aktivátor je vyráběn v souladu s normami systému kvality ISO 9001/14001 a v souladu s programem „Responsible Care“. [8]

2.1.1 Technická data

chemická báze	aktivační přípravek na bázi rozpouštědel
barva (CQP ¹⁾ 001-1)	transparentní, čirá, nažloutlá
hustota (CQP006-3 / ISO 2811-1)	ca 0,7 kg/l
bod vzplanutí (CQP 007-1 / ISO 13736)	-4°C
aplikační teplota	+5°C až +40°C
způsob aplikace	princip „ wipe on –wipe off “ = setření povrchu namočenou utěrkou – setření povrchu suchou utěrkou
vydatnost	ca 30 - 60 ml / m ²
odvětrací čas ^{2) 3)}	při teplotě nad 15°C 10 min. při teplotě pod 15°C 30 min. maximálně 2 hod
podmínky skladování	skladovat v dobře uzavřené nádobě, v suchu a chladu
skladovatelnost	12 měsíců

¹⁾ CQP = Corporate Quality Procedures ²⁾ při 23°C a 50% relativní vzdušné vlhkosti ³⁾ ve specifických teplotních případech může být odvětrací čas odlišný

Obr. 9 - technická data Sika Aktivátoru [8]

2.1.2 Oblast použití

Užívá se především na sklo, keramickou ochranou vrstvu skel, na předextrudovaný PUR profil na sklech, na seříznutou zbytkovou vrstvu PUR lepidla a na některé druhy laků. [8]

2.1.3 Způsob aplikace

Skládá se ze dvou kroků, kterými jsou princip „wipe on a wipe off“.

Wipe on- lepená plocha se setře papírovou nebo textilní utěrkou (utěrka nesmí pouštět vlákna nebo barvu), která je lehce namočená Sika Aktivátorem. Setření se

provede jedním směrem a jedenkrát, aby se dosáhlo rovnoměrného smáčení a účinku přípravku na lepený povrch.

Wipe off- se provádí okamžitě po aplikaci Sika Aktivátoru. Lepený povrch se setře suchou papírovou nebo textilní utěrkou (utěrka nesmí pouštět vlákna nebo barvu) a to opět jedním směrem. [8]

2.2 Sika Aktivátor- 205 (Sika Cleaner- 205)

Sika Aktivátor- 205 je založen na bázi alkoholu s aktivačními přísadami. Využívá se na spojované plochy, na které budou nanášena lepidla Sikaflex .

Sika Aktivátor- 205 je vyráběn v souladu s normami systému kvality ISO 9001/14001 a v souladu s programem „Responsible Care“. [8]

2.2.1 Technická data

chemická báze	alkyltitanát v alkoholu
barva (CQP ¹⁾ 001-1)	transparentní, čirý
hustota (CQP006-3 / ISO 2811-1)	ca 0,8 kg / l
bod vzplanutí (CQP007-1 / ISO 13736)	+12°C
teplota aplikace	+5°C to +40°C
způsob aplikace	setřete utěrkou, která nepouští vlákna (textilní nebo papírová)
vydatnost	ca 30 - 60 ml / m ²
odvětrací čas ^{2/3)}	minimálně 10 min ⁴⁾
podmínky skladování	v uzavřené nádobě na chladném suchém místě
skladovatelnost	12 měsíců

¹⁾ CQP = Corporate Quality Procedures ²⁾ při 23°C a 50% relativní vzdušné vlhkosti ³⁾ ve specifických teplotních případech může být odvětrací čas odlišný

⁴⁾ Aktivace trvá po dobu 2 hodin

Obr. 10 - technická data Sika Aktivátoru [8]

2.2.2 Oblast použití

Využívá se na čištění a zvýšení aktivace ploch neporézních materiálů, jakými jsou např. kovy, plasty, lakované povrchy, glazované keramické povrchy atd. [8]

2.2.3 Způsob aplikace

Aplikace přípravku se provádí čistou nejlépe světlou papírovou nebo textilní utěrkou (utěrka nesmí pouštět vlákna nebo barvu) na spojované plochy. Utěrka je mírně namočená přípravkem. Po každém setření se utěrka musí otočit nebo vyměnit. Optimální teplota při aplikaci je + 15°C až + 25°C. Přípravek se musí aplikovat jen v minimální vrstvě. Pokud na ošetřenou plochu není do dvou hodin nanášeno lepidlo, tak je proces aplikace nutno provést opětovně (max. 2x). [8]

3 Přípravky pro zvýšení adheze lepených spojů

Neboli tzv. primery se používají hlavně ke zvýšení adhezní složky lepeného spoje. Sika Primery jsou pigmentové nebo transparentní roztoky, které přilnou na lepený povrch a po vytvrzení vytvoří ideálně adhezní povrch na nanesení lepidla. Jejich aplikace se provádí až po aplikaci Sika Aktivátorů. Pro svůj experiment jsem k lepení použil Sika Primer- 206 G+P a Sika Primer- 215, které si dále podrobněji popíšeme. [8]

3.1 Sika Primer- 206 G+P

Sika Primer- 206 G+P je speciálně určen pro přípravu podkladů lepených ploch, převážně skel, před aplikací Sika polyuretanových lepidel. Primer- 206 slouží i k přípravě povrchu kovových materiálů. Roztok Sika Primer- 206 G+P je černě pigmentovaný a vytvrzuje za přístupu vlhkosti.

Sika Primer- 206 G+P je vyráběn v souladu s normami systému kvality ISO 9001 a 14001 a v souladu s programem „Responsible Care“. [8]

3.1.1 Technická data

chemická báze	pigmentovaný roztok polyisokyanátů v rozpouštědlech	
barva (CQP ¹⁾ 001-1)	černá	
hustota (CQP 006-3 / ISO 2811-1)	ca 1,0 kg / l	
viskozita ²⁾ (CQP 029-3 / ISO 3219)	ca 10 mPas	
bod vzplanutí (CQP 007-1 / ISO 13736)	-4°C	
obsah sušiny	40 %	
aplikační teplota ³⁾	+5°C až +40°C	
způsob aplikace	štětec, filc	
vydatnost	ca 50 - 150 ml / m ² závisí na pórovitosti podkladu	
odvětrací čas ²⁺³⁾	nad 15°C pod 15°C maximum	10 min. 30 min 24 hod
podmínky skladování	skladovat v dobře uzavřené nádobě, v suchu a chladu	
skladovatelnost	9 měsíců	

¹⁾ CQP = Corporate Quality Procedures ²⁾ při 23°C a 50% relativní vlhkosti vzduchu ³⁾ u specifických aplikací, teplota a odvětrací čas mohou být odlišné

Obr. 11 - technická data Sika Primeru- 206 G+P [8]

3.1.2 Oblast použití

Využívá se na zlepšení adheze na skle a na skle s keramickou ochranou vrstvou. Dále se dá Sika Primer- 206 G+P využít i na některé druhy plastů a kovů. [8]

3.1.3 Způsob aplikace

Aplikace se provádí až po použití Sika Aktivátorů, takže plocha musí být čistá, suchá a bez stop prachu a mastnoty. Před nanášením na lepený povrch je třeba Sika Primer. 206 G+P řádně protřepat, aby kulička v nádobě byla volná a lehce slyšitelná. Samotná aplikace se provádí pomocí jemného čistého štětce nebo speciálního filcového primer aplikátoru. Nanáší se jen jedna vrstva, ale ta by měla být dostatečně sytá a zároveň velmi tenká. Optimální teplota při aplikaci je + 15°C až + 25°C. [8]



Obr. 12 - Sika Primer- 206 G+P [8]

3.2 Sika Primer- 215

Sika Primer- 215 je speciálně formulovaný na přípravu podkladů lepených porézních ploch, jako jsou např. plast, dřevo, před aplikací Sika polyuretanových lepidel. Roztok Sika Primer- 215 je transparentní až lehce nažloutlý s nízkou viskozitou, který schne a vytvrzuje se reakcí se vzdušnou vlhkostí.

Sika Primer- 215 je vyráběn v souladu s normami systému kvality ISO 9001 a 14001 a v souladu s programem „Responsible Care“. [8]

3.2.1 Oblast použití

Využívá se na zlepšení adheze na kompozitních plastech (laminát), na epoxidové pryskyřici, PVC, ABS a dřevu.

Nesmí se používat na plasty, které jsou náchylné na vytváření napěťových trhlin, např. PMMA nebo PC. [8]

3.2.2 Technická data

chemická báze	roztok polyuretanů v rozpouštědlech	
barva (CQP ¹⁾ 001-1)	transparentní , lehce nažloutlý	
hustota (CQP 006-3 / ISO 2811-1)	ca 1,0 kg / l	
viskozita ²⁾ (CQP 029-3 / ISO 3219)	ca 20 mPas	
bod vzplanutí (CQP 007-1 / ISO 13736)	-4°C	
obsah sušiny	34 %	
aplikační teplota ³⁾	+5°C až +40°C	
způsob aplikace	štětec, filc	
vydatnost	ca 50 - 150 g / m ² závisí na pórovitosti podkladu	
odvětrací čas ^{2,3)}	nad 15°C	30 min
	pod 15°C	60 min
	maximum	24 hodin
podmínky skladování	skladovat v dobře uzavřené nádobě, v suchu a chladu	
skladovatelnost	9 měsíců	

¹⁾CQP =Corporate Quality Procedures ²⁾ při 23°C a 50% relativní vlhkosti vzduchu ³⁾ u specifických aplikací, teplota a odvětrací čas mohou být odlišné

Obr. 13 - technická data Sika Primeru- 215 [8]

3.2.3 Způsob aplikace

Aplikace se provádí až po použití Sika Aktivátorů, takže plocha musí být čistá, suchá a bez stop prachu a mastnoty. Samotná aplikace se provádí pomocí jemného čistého štětce nebo speciálního filcového primer aplikátoru. Nanáší se jen jedna vrstva, ale ta by měla být dostatečně sytá a zároveň velmi tenká. Optimální teplota při aplikaci je + 15°C až + 25°C. [8]

4 SikaForce- 7710 L35

SikaForce- 7710 L35 patří mezi 2- komponentní polyuretanová lepidla (2k-PUR). Tato lepidla jsou flexibilní až vysoce houževnatá.

SikaForce- 7710 L35 je tvořeno základní pryskyřicí na bázi polyolu s plnivý a tvrdidlem SikaForce- 7010 na bázi izokyanátu. Polyoly se získávají z recyklovaných PET lahví, což má přínosný vliv na získané výrobky, které vykazují vynikající přilnavost a skvělé mechanické vlastnosti. Oba komponenty se zpracovávají podle přesného poměru míchání a nejlépe za pomoci dávkovacího a míchacího systému. Vytvrzování probíhá chemickou reakcí po smíchání obou složek.

SikaForce- 7710 L35 je vyráběn v souladu s normami systému kvality ISO 9001 a 14001 a v souladu s programem „Responsible Care“. [8]

4.1 Technická data

	komponent A SikaForce 7710 L35	komponent B SikaForce 7010
chemická báze	polyol, s plnivý	deriváty izokyanátu
obsah sušiny	100%	100%
barva (CQP ¹ 001-1)	běžová	hnědá, transparentní
barva směsi	běžová	
typ reakce	polyadice	
hustota (25°C) (CQP 006-4)	ca 1,6 g / cm ³	ca 1,2 g / cm ³
hustota směsi (kalkulovaná)	ca 1,5 g / cm ³	
viskozita ²⁾ (CQP 538-2)	ca 30 000 mPa.s (Brookfield RVT 6/20)	ca 250 mPa.s (Brookfield RVT 2/20)
viskozita směsi ²⁾ (CQP 538-2)	ca 10 000 mPa.s	
poměr míchání objemové díly	100	25
hmotnostní díly	100	19
reakční čas ²⁾ (CQP 536 -3)	ca 35 min	
aplikační teplota	+15°C až +30°C	
aplikační čas ²⁾	ca 17 min (viz diagram)	
otevřený čas ²⁾ (CQP 590-1)	ca 80 min (viz diagram)	
lisovací čas ²⁾ (CQP 590-1)	ca 125 min (viz diagram)	
tvrdost Shore-D ³⁾ (DIN 53505 / CQP 537-2)	ca 80 D	
pevnost v tahu ⁴⁾ (ISO 527 / CQP 545-2)	ca 11 N / mm ²	
prodloužení při přetržení ⁴⁾ (ISO 527 / CQP 545-2)	ca 9%	
pevnost ve smyku ³⁾ (DIN EN 1465 / CQP 546-2)	ca 9 N / mm ² (dle podkladu)	
skladovatelnost (v originálním uzavřeném balení)	balení ≥ 1000 l	6 měsíců
	ostatní balení	12 měsíců

¹⁾ CQP= Sika Corporate Quality Procedures

²⁾ testovací podmínky: 23°C, 50% relativní vlhkost vzduchu

³⁾ podmínky vytvrzení: 21 dní při 23°C a 50% relativní vlhkosti vzduchu

⁴⁾ podmínky vytvrzení: 90 dní při 23°C a 50% relativní vlhkosti vzduchu

Obr. 14 - technická data SikaForce- 7710 L35 [8]

4.2 Přednosti produktu

- vytvrzuje v běžných podmínkách
- je bez rozpouštědel

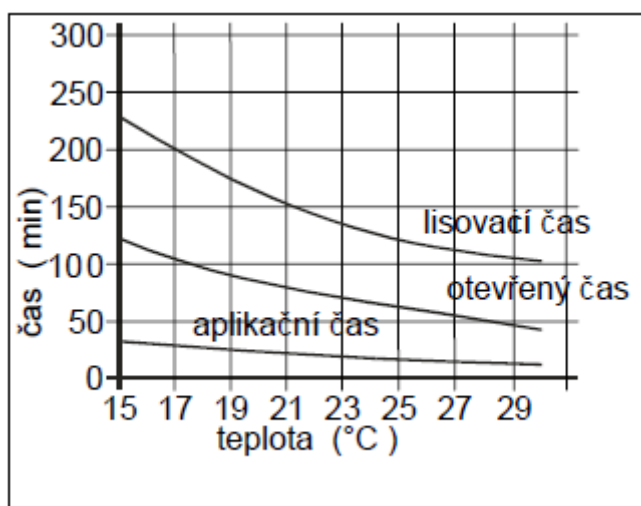
- dlouhý otevřený čas/ krátký lisovací čas
- otevřený čas nezávislý na relativní vzdušné vlhkosti [8]

4.3 Oblast použití

Toto 2- komponentní polyuretanové lepidlo je speciálně navrženo pro lepení různých sendvičových konstrukcí z hliníku, kompozitních plastů (lamináty), oceli, dřeva, cementovláknitých desek atd. Dále se dá použít na lepení PUR-pěny, PS- pěny a minerální vlny, případně pro lepení jiných strukturálních konstrukcí. [8]

4.4 Mechanismus vytvrzení

SikaForce- 7710 L35 se vytvrzuje na principu polyadiční chemické reakce dvou komponentů. Vytvrzování je závislé na teplotě prostředí, když je teplota vyšší, tak se proces vytvrzování urychluje a když je teplota nižší, tak se proces vytvrzování zpomaluje. [8]



Obr. 15 - diagram časů pro SikaForce- 7710 L35 [7]

4.5 Chemická odolnost

SikaForce- 7710 L35 je odolný vůči hydrolyze, sladké i mořské vodě a odpadním vodám. Odolnost proti ostatním chemickým látkám je závislá na typu a vlastnostech podkladu, typu, koncentraci a teplotě působící látky. Pro stanovení odolnosti, vlivů na adhezi a teplotní odolnosti je nutno provést objektovou zkoušku. [7]

4.6 Pokyny pro zpracování

4.6.1 Příprava podkladu

Podklad, na který se bude nanášet lepidlo, musí být absolutně čistý, suchý a zbaven všech nečistot, zejména mastného charakteru. Proto se povrch před lepením musí ošetřit Sika Aktivátory a je-li třeba i Sika Primery. Sika doporučuje, vzhledem k různým materiálům, různorodým povrchovým úpravám a různým provozním zatížením, provést příslušné zkoušky a konzultaci s technickým oddělením Industry, které určí vhodné Sika Aktivátory a Sika Primery tak, aby byla zaručena dostatečná adheze na spojovaných materiálech. [8]

4.6.2 Aplikace

Aplikace lepidla se doporučuje provádět pomocí speciální aplikační pumpy pro 2- komponentní materiály s dávkováním a mícháním pomocí statického nebo dynamického mixeru. Pokud speciální aplikační pumpa není k dispozici, tak se lepidlo dá zpracovat i ručně. [8]

4.6.3 Ruční zpracování

U ručního zpracování je velmi důležité dodržet poměry míchání (objemové nebo hmotnostní díly), aby nám vznikla patřičná směs lepidla. Nejprve je nutno odměřit množství komponentu A, do kterého, podle směšovacího poměru, přidáme určité množství komponentu B. Pak se musí provést promíchání, které bude trvat do doby, než se z obou komponentů vytvoří homogenní směs. Následně se lepidlo musí ihned nanášet na lepené plochy nejlépe pomocí zubové stěrky. Pak už jen lepené díly spojit než uplyne otevřený čas lepidla. [8]

4.6.4 Lisování

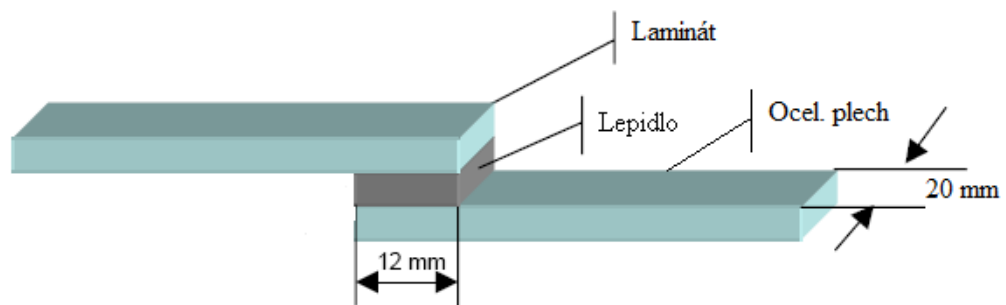
Lisování se provádí u spojovaných dílů proto, aby ve spoji nevznikaly vzduchové kapsy. Minimální lisovací síla je 200 g/cm^2 . Stlačování se provádí do doby než spoj dosáhne manipulační nebo provozní pevnosti. Specifický lisovací tlak se musí volit v závislosti na spojovaných materiálech, musí být menší než je deformační hodnota některého ze spojovaných dílů (nejčastěji pěnového jádra sendviče). Během lisovacího procesu nesmí dojít k vzájemnému pohybu spojovaných dílů. [8]

5 Experimentální část

V experimentální části se zabývám testy převislé smykové pevnosti v tahu lepidla SikaForce- 7710 L35, které bude využito k lepení sendvičových střešních panelů u autobusů SOR Libchavy. Lepidlo SikaForce- 7710 L35 různě kombinuji s prostředky na přípravu lepeného povrchu (Sika Aktivátor a Sika Primer). Podle výsledků pevnostních testů v tahu stanovím, které přípravky na úpravu lepeného povrchu jsou vyhovující nebo nevhovující.

5.1 Lepené materiály

Lepení jsem prováděl se vzorky laminátu a vzorky povrchově upravených i neupravených ocelových plechů, které mi poskytl SOR Libchavy. Povrchová úprava vzorků spočívá v nástřiku základní barvy na kov v odstínu šedá. Vzorky laminátu mají rozměry: tloušťka 4mm, šířka 20mm a délka min. 75mm. Vzorky ocelových plechů mají rozměry: tloušťka 2mm, šířka 20mm a délka min. 75mm. Vzorky laminátu a ocelového plechu se spojují jednoduchým přeplátovaným spojem, velikost spoje, podle interních norem Siky, je 20mmx12mm. Tloušťka vzorků je dána zadavatelem (SOR Libchavy), ale šířka a délka vzorků je stanovena interními řády Siky k použití na testy převislé smykové pevnosti v tahu.



Obr. 16 - spojení lepených materiálů [7]

5.2 Zkouška převislé smykové pevnosti v tahu

Tato zkouška určuje převislou smykovou pevnost v tahu. Pomocí této zkoušky se zkouší vzorky, které jsou nesouměrně slepené. Zkušební vzorky se zatěžují silou, která je rovnoběžná s lepeným spojem a vzorky se zatěžují do doby než dojde k přetržení. Velikost pevnosti v tahu u vzorků je závislá na kohezi lepidla. Při přerušení lepeného spoje by mělo dojít k koheznímu porušení lepidla. Pokud k němu nedojde, je problém v použití nevhodných povrchových úprav lepeného povrchu.

Zkoušky pevnosti v tahu jsem prováděl ve společnosti Sika. Používal jsem trhací stroj Zwick/Roell Z010 a vyhodnocovací program TestExpert II. Trhací rychlost byla stanovena na 20mm/min podle interních norem Siky. V místnosti panovaly zkušební podmínky 23°C a 51% r.v.v. (relativní vzdušné vlhkosti).

5.2.1 Příprava vzorků

Vzorky laminátu i ocelových plechů jsem dostal nařezané na potřebné rozměry. Vzorky jsem si roztřídil, podle toho jaký aktivátor povrchu (Sika Aktivátor) a přípravek na zvýšení adheze (Sika Primer) použiji. Dále následovalo samotné nanesení aktivátorů povrchu na lepenou plochu. Aktivátory se musí nechat 10 min. odvětrat při 23°C a 50% r.v.v. Po aplikování aktivátorů jsem u některých vzorků ihned nanášel lepidlo, nebo jsem ještě aplikoval primery na zvýšení adheze spoje. Primery se musí po aplikaci nechat 30 min. odvětrat při 23°C a 50% r.v.v.. Lepidlo SikaForce- 7710 L35 jsem nanášel jen na jednu spojovanou plochu pomocí speciální stěrky. Do 5 min. po aplikaci lepidla jsem přiložil druhou spojovanou plochu na lepidlo a spoj jsem zatížil lisovací silou po dobu lisovacího času.

Po uplynutí lisovacího času putovaly vzorky do testovacího prostředí kategorie L, což znamená 7 dní v kataplazmě 70°C/ 100% r.v.v. a 2 hod. v klimatické komoře 23°C/ 50% r.v.v. Toto testovací prostředí by mělo simulovat podmínky ve kterých se lepený spoj bude vyskytovat a plnit svoje funkce.

Označení	Testovací prostředí		
A	1d	KLR	
B	7d	KLR	
C	7d	WL	+2h KLR
D	7d	40°C/95%rh.	+2h KLR
E	7d	70°C	
F	1d	80°C	
G	1d	80°C	+2h KLR
H	3d	-30°C	+2h KLR
I	7d	80°C	+2h KLR
J	3d	80°C	
K	2h	KLR	
L	7d	CP	+2h KLR
M	7d	CP	+1d -30°C
N	10 cyklů VDA		
O	20 cyklů VDA		

KLR = Prostředí při 23°C/50% r.v.v.
 WL = Prostředí v deionizované vodě při 23°C/50% r.v.v.
 CP = Kataplasma 70°C/100% r.v.v.
 VDA = Cykl. test podle WDA 621-415
 xh = x hodin
 xd = x dnů

Obr. 17 - tabulka testovacích prostředí [7]

Střešní panely jsou v letním počasí vystaveny vysokým teplotám. SOR Libchavy proto vznesl požadavek na odzkoušení vzorků aby vyhověl těmto podmínkám. Proto jsem některé vzorky vložil, 3 hod. před zkouškou v tahu, do vyhřáté horkovzdušné trouby na 101°C. Do trouby jsem vkládal vždy vzorky laminátu s povrchově upraveným ocelovým plechem, jelikož jsem měl obavy o přilnavost aktivátorů a primerů k barvě.

Celkově jsem měl 16 vzorků, které jsem rozdělil do 4 skupin po 4 vzorcích podle použitých úprav na laminátu. Dále následovala už zkouška pevnosti v tahu na trhacím stroji.

5.2.2 Možné výsledky zkoušky pevnosti v tahu

Přetržené spoje se hodnotí podle plochy lepidla, která byla porušena kohezním lomem. Proveďte se výpočet poměru celkové plochy lepeného spoje vůči ploše kohezního porušení. Výsledek se vyjádří procentuálně.

5.2.3 1. skupina vzorků

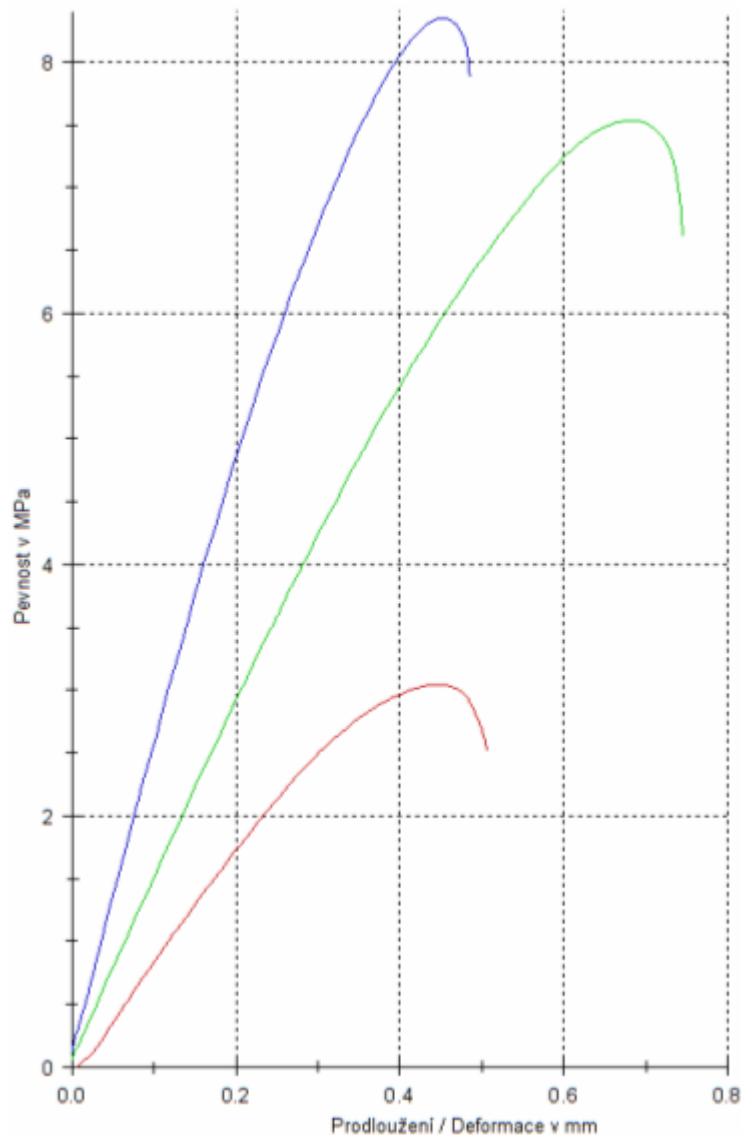
V této skupině jsou jen 3 vzorky, protože jeden vzorek se při lisování pohnul a optimálně se nespojil. Vzorky, které byly v troubě, jsou označeny symbolem T. V následující tabulce jsou zapsány všechny vzorky a jejich úpravy lepených spojů.

Označení vzorku	Materiál vzorku	Aktivátor	Primer	Lepidlo
1.1.T	Laminát	Sika Aktivátor		SikaForce- 7710 L35
1.1.T	Barevný plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
1.2.T	Laminát	Sika Aktivátor		
1.2.T	Barevný plech	Sika Aktivátor		
1.3.	Laminát	Sika Aktivátor		
1.3.	Plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	

Tab. 1 - 1. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů



Obr. 18 - 1. skupina vzorků



Obr. 19 - průběhy trhací zkoušky u 1. skupiny vzorků

Legenda	Označení vzorku	Pevnost [Mpa]	Síla při lomu [N]	Prodloužení [mm]	Kohezní porušení [%]
	1.1.T	3,04	604	0,5	30
	1.2.T	7,53	1590	0,7	90
	1.3.	8,35	1890	0,5	45

Obr. 20 - výsledky z trhací zkoušky pro 1. skupinu vzorků

U vzorků 1.1.T a 1.2.T , které byly vystaveny účinkům vysoké teploty v troubě, je vidět nepříznivý vliv teploty. Ta způsobila změkčení lepidla a tím i menší pevnost spoje v tahu. Konkrétně u vzorku 1.1.T byl použit nesprávný aktivátor na barevný plech, který způsobil, že lepidlo nepřilnulo ideálně k lepenému povrchu. Vzorek 1.2.T je téměř bez chyby, došlo zde k malému odloupení barvy z ocelového plechu, pod kterým byly známky koroze. Ta pravděpodobně vznikla při procesu dělení vzorků, kdy

se okrajová barva porušila a působením kataplazmy se pod barvu dostala koroze. Z pohledu lepení je spoj v pořádku. U vzorku 1.3. nastalo odtržení primeru od povrchu ocelového plechu, což je nevyhovující, i když pevnost tohoto vzorku byla vynikající. Využití Sika Aktivátoru na laminát se zde ukázalo velmi výhodné. Z této skupiny vzorků bych doporučil kombinaci laminát- Sika Aktivátor a barevný plech- Sika Aktivátor, takže vzorek 1.2.T.



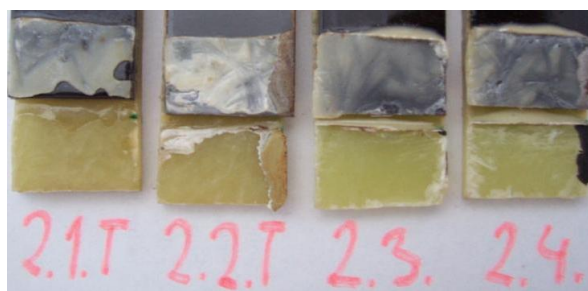
Obr. 21 - odtržení primeru na vzorku 1.3.

5.2.4 2. skupina vzorků

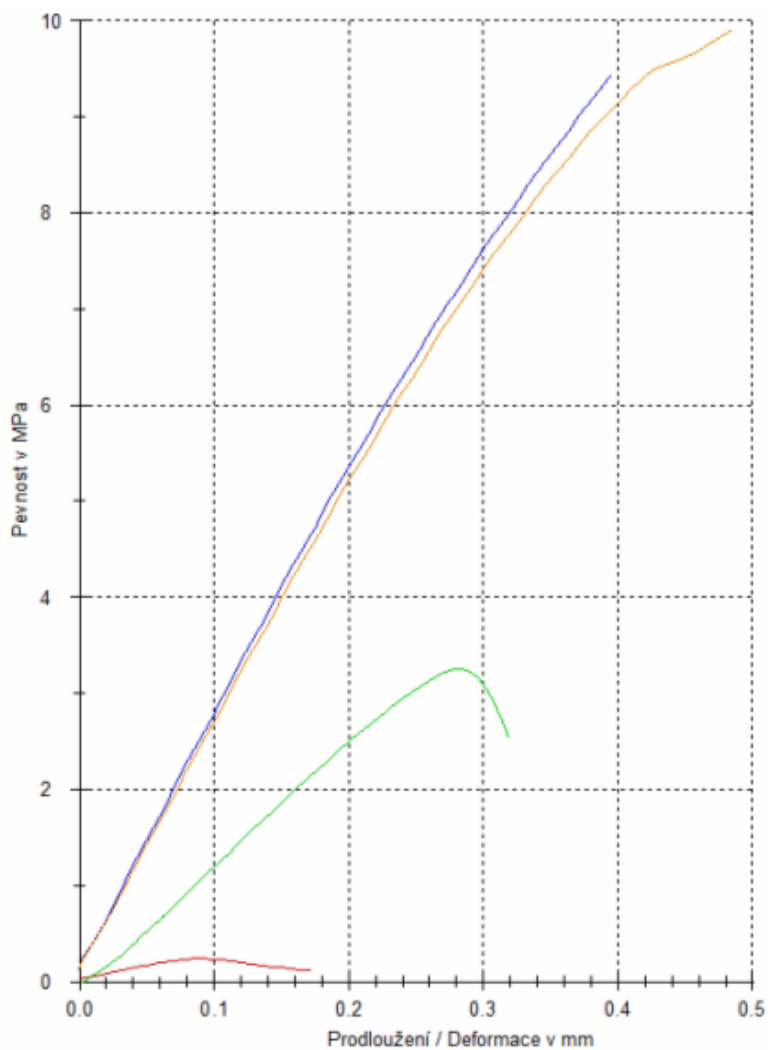
V téhle skupině jsou 4 vzorky. Vzorky, které byly v troubě, jsou označeny symbolem T. V následující tabulce jsou zapsány všechny vzorky a jejich úpravy lepených spojů.

Označení vzorku	Materiál vzorku	Aktivátor	Primer	Lepidlo
2.1.T	Laminát	Sika Aktivátor- 205		SikaForce- 7710 L35
2.1.T	Barevný plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
2.2.T	Laminát	Sika Aktivátor- 205		
2.2.T	Barevný plech	Sika Aktivátor		
2.3.	Laminát	Sika Aktivátor- 205		
2.3.	Plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
2.4.	Laminát	Sika Aktivátor- 205		
2.4.	Plech	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 206 G+P	

Tab. 2 - 2. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů



Obr. 22 - 2. skupina vzorků

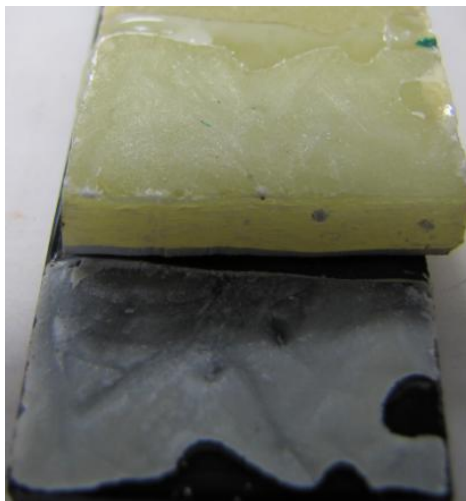


Obr. 23 - průběhy trhací zkoušky u 2. skupiny vzorků

Legenda	Označení vzorku	Pevnost [Mpa]	Síla při lomu [N]	Prodloužení [mm]	Kohezní porušení [%]
	2.1.T	0,242	27,3	0,2	0
	2.2.T	3,26	611	0,3	5
	2.3.	9,45	2270	0,4	0
	2.4.	9,9	2380	0,5	0

Obr. 24 - výsledky z trhací zkoušky pro 2. skupinu vzorků

U této skupiny vzorků absolutně selhala úprava lepeného povrchu laminátu pomocí Sika Aktivátoru- 205. Na všech vzorcích došlo k adheznímu lomu. Adhezní lom je nepřijatelný pro další používání těchto vzorků. Zvolená úprava lepených povrchů byla tedy nesprávná.



Obr. 25 - adhezní lom na vzorku 2.1.T

5.2.5 3. skupina vzorků

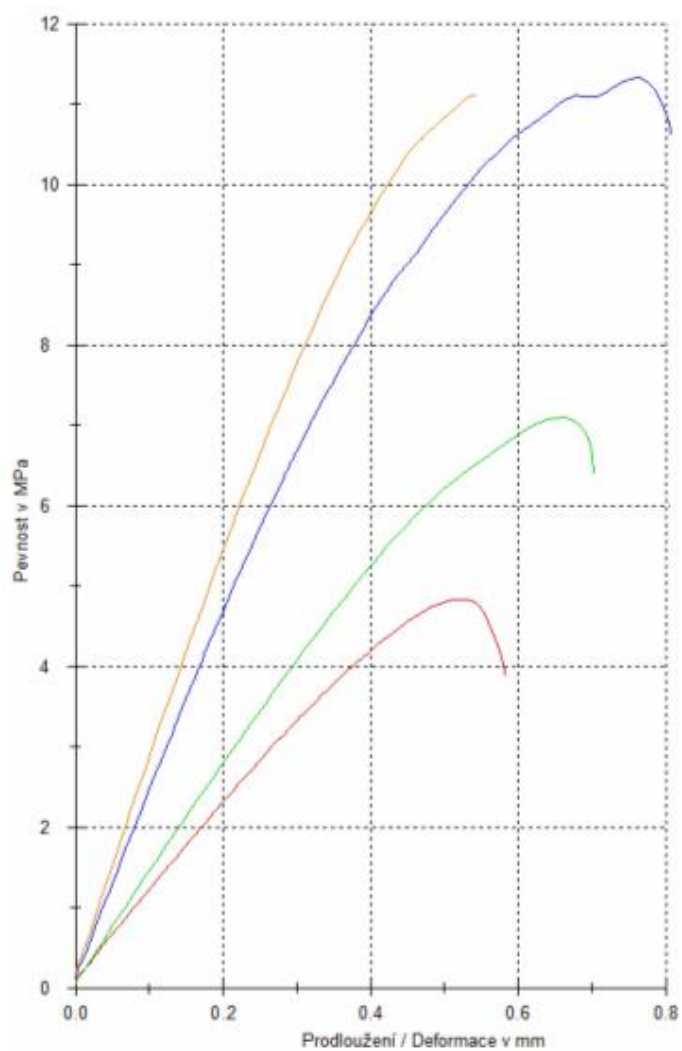
V téhle skupině jsou 4 vzorky. Vzorky, které byly v troubě, jsou označeny symbolem T. V následující tabulce jsou zapsány všechny vzorky a jejich úpravy lepených spojů.

Označení vzorku	Materiál vzorku	Aktivátor	Primer	Lepidlo
3.1.T	Laminát	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 215	SikaForce- 7710 L35
3.1.T	Barevný plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
3.2.T	Laminát	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 215	
3.2.T	Barevný plech	Sika Aktivátor		
3.3.	Laminát	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 215	
3.3.	Plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
3.4.	Laminát	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 215	
3.4.	Plech	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 206 G+P	

Tab. 3 - 3. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů



Obr. 26 - 3. skupina vzorků



Obr. 27 - průběhy trhací zkoušky u 3. skupiny vzorků

Legenda	Označení vzorku	Pevnost [Mpa]	Síla při lomu [N]	Prodloužení [mm]	Kohezní porušení [%]
	3.1.T	4,84	933	0,6	85
	3.2.T	7,1	1540	0,7	90
	3.3.	11,3	2550	0,8	5
	3.4.	11,1	2660	0,5	60

Obr. 28 - výsledky z trhací zkoušky pro 3. skupinu vzorků

U vzorků 3.1.T a 3.2.T , které byly vystaveny účinkům vysoké teploty v troubě, je vidět nepříznivý vliv teploty. Ta způsobila změkčení lepidla a tím i menší pevnost spoje v tahu. Vzorky 3.1.T a 3.2.T jsou téměř bez chyby, došlo zde k malému odloupení barvy z ocelového plechu, pod kterým byly známky koroze. Ta pravděpodobně vznikla při procesu dělení vzorků, kdy se okrajová barva porušila a působením kataplazmy se pod barvu dostala koroze. Z pohledu lepení je spoj v pořádku. Vzorek 3.3. je velmi zajímavý, jelikož u něj došlo k narušení základního materiálu u laminátu. Kohezní a adhezní síly lepidla překonaly síly ve vláknech laminátu. Z pohledu lepení tento spoj vyhovuje. U vzorku 3.4. nastalo odtržení primeru od povrchu ocelového plechu, což je nevyhovující, i když pevnost tohoto vzorku byla vynikající. Využití Sika Aktivátoru- 205 v kombinaci se Sika Primerem-215 na laminát se zde ukázalo velmi výhodné. Doporučil bych kombinace úprav lepených povrchů, které byly použity u vzorků 3.1.T, 3.2.T a 3.3.



Obr. 29 - narušení základního materiálu na vzorku 3.3.



Obr. 30 - odtržení primeru na vzorku 3.4.

5.2.6 4. skupina vzorků

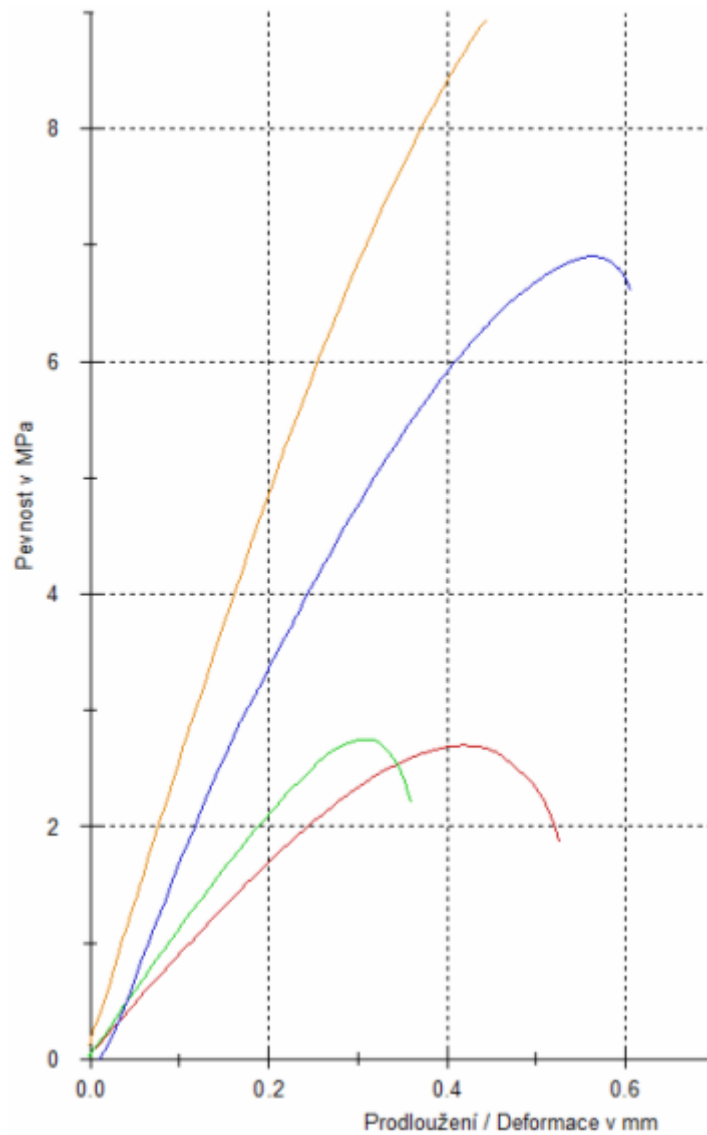
V této skupině jsou 4 vzorky. Vzorky, které byly v troubě, jsou označeny symbolem T. V následující tabulce jsou zapsány všechny vzorky a jejich úpravy lepených spojů.

Označení vzorku	Materiál vzorku	Aktivátor	Primer	Lepidlo
4.1.T	Laminát	Sika Aktivátor	Sika Primer- 215	SikaForce- 7710 L35
4.1.T	Barevný plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
4.2.T	Laminát	Sika Aktivátor	Sika Primer- 215	
4.2.T	Barevný plech	Sika Aktivátor		
4.3.	Laminát	Sika Aktivátor	Sika Primer- 215	
4.3.	Plech	Sika Aktivátor	Sika Primer- 206 G+P	
4.4.	Laminát	Sika Aktivátor	Sika Primer- 215	
4.4.	Plech	Sika Aktivátor- 205	Sika Primer- 206 G+P	

Tab. 4 - 4. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů



Obr. 31 - 4. skupina vzorků



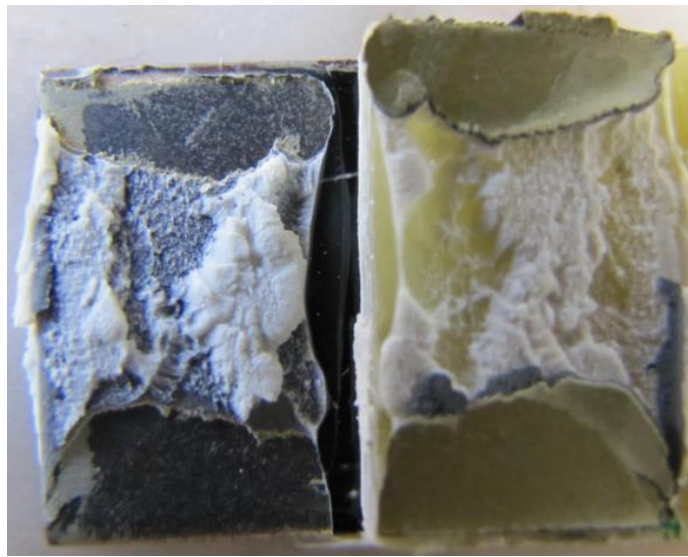
Obr. 32 - průběhy trhací zkoušky u 4. skupiny vzorků

Legenda	Označení vzorku	Pevnost [Mpa]	Síla při lomu [N]	Prodloužení [mm]	Kohezní porušení [%]
	4.1.T	2,7	449	0,5	50
	4.2.T	2,75	529	0,4	70
	4.3.	6,9	1590	0,6	90
	4.4.	8,93	2140	0,4	5

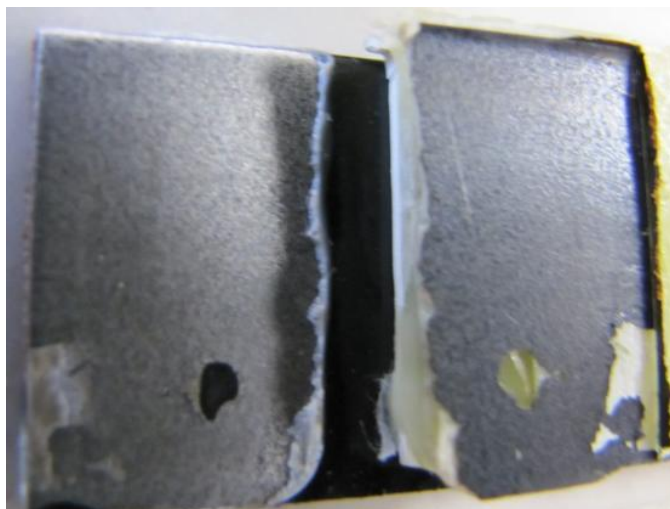
Obr. 33 - výsledky z trhací zkoušky pro 4. skupinu vzorků

U vzorků 4.1.T a 4.2.T, které byly vystaveny účinkům vysoké teploty v troubě, je vidět nepříznivý vliv teploty. Ta způsobila změkčení lepidla a tím i menší pevnost spoje v tahu. U vzorku 4.1.T nastalo odtržení primeru od povrchu barevného ocelového plechu, což je nevyhovující. Vzorky 4.2.T a 4.3. jsou téměř bez chyby. U 4.2.T došlo k malému odloupení barvy z ocelového plechu, pod kterým byly známky koroze. Ta

pravděpodobně vznikla při procesu dělení vzorků, kdy se okrajová barva porušila a působením kataplazmy se pod barvu dostala koroze. Z pohledu lepení je spoj v pořádku. U vzorku 4.3. došlo k odloupení kousku laminátu ze základního materiálu, což může být způsobeno působením kataplazmy nebo výrobní chybou ve struktuře laminátu. Z pohledu lepení je spoj v pořádku. U vzorku 4.4. nastalo úplné odtržení primeru od povrchu ocelového plechu, což je nevyhovující, i když pevnost tohoto vzorku byla vynikající. Využití Sika Aktivátoru v kombinaci se Sika Primerem-215 na laminát se zde neukázalo tak výhodné jako u 3. skupiny vzorků. Doporučil bych kombinace úprav lepených povrchů, které byly použity u vzorků 4.2.T a 4.3.



Obr. 34 - odtržení primeru na vzorku 4.1.



Obr. 35 - absolutní odtržení primeru na vzorku 4.4.

6 Vyhodnocení

Na lepení střešních panelů bych doporučil následující aktivační a čistící přípravky a přípravky pro zvýšení adheze, krytí UV záření a ochranu proti oxidaci ve spoji.

Pro laminát bych doporučil přípravky Sika Aktivátor a Sika Aktivátor- 205 v kombinaci s Sika Primerem- 215, které měly dobré výsledky. Rozhodně bych nedoporučil použít přípravek Sika Aktivátor- 205, který v testu pevnosti absolutně propadl. Poslední kombinace přípravků Sika Aktivátoru se Sika Primerem- 215 se neukázala nejhorší, ale neměla tak dobré výsledky jako přípravky Sika Aktivátor a Sika Aktivátor- 205 v kombinaci s Sika Primerem- 215.

Pro barevné ocelové plechy bych doporučil obě úpravy lepených povrchů. jak pomocí Sika Aktivátoru, tak i pomocí Sika Aktivátoru v kombinaci s Sika Primerem- 206 G+P. Obě úpravy lepených povrchů se osvědčily.

Pro ocelové plechy bych doporučil úpravu lepeného povrchu pomocí Sika Aktivátoru v kombinaci s Sika Primerem- 206 G+P. Druhá kombinace přípravků Sika Aktivátor- 205 a Sika Primer- 206 G+P už neměla tak dobré výsledky. Projevovalo se zde odtrhávání primeru od základového materiálu, což je nepřijatelné.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo určit ideální kombinaci aktivačních a čistících přípravků a přípravků pro zvýšení adheze, krytí UV záření a ochranu proti oxidaci ve spoji, a určit pevnost lepidla SikaForce- 7710 L3 v tahu při normální a zvýšené teplotě, pro lepení sendvičových střešních panelů při výrobě autobusů v podmínkách SOR Libchavy. Neboť sendvičové střešní panely bude společnost SOR Libchavy v blízké budoucnosti využívat na nové typy autobusů a lepený spoj musí vydržet případné převrácení autobusu na střechu a působení vysoké teploty. Použitím sendvičových střešů se u autobusu dosáhne snížení hmotnosti a tím snížení těžiště a snížení nákladů na ujetý kilometr.

Teoretická část práce se zabývá teorií lepení, rozdělením lepidel, základními pojmy, jako jsou adheze, koheze atd. Pak jsou tady popsány čistící a aktivační přípravky a přípravky pro zvýšení adheze, krytí UV záření a ochranu proti oxidaci ve spoji, které jsem využil v experimentu. V neposlední řadě jsou tam popsány vlastnosti lepidla SikaForce- 7710 L35.

Experimentální část se zabývá testy vzorků na pevnost v tahu. Jsou zde popsány zkoušené materiály vzorků a postup jejich přípravy. Nakonec jsou zde výsledky trhací zkoušky a jejich vyhodnocení.

Použitá literatura

- [1] OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely*. Vydání třetí, upravené. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1986. 288 s.
- [2] PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. Vydání první. Praha: SNTL, 1980. 792 s.
- [3] BOUBLÍK, Vlastimil. *Lepidla a jejich příprava*. Vydání druhé, nezměněné. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 192 s.
- [4] Lepení [online]. [2010] [cit. 2010-07-08]. Dostupný z WWW www.ksp.tul.cz/cz/obsahvyukastud_materialysptlepeni.pdf .
- [5] GREGOR, Miroslav. *Lepidla - tmely* [online]. c2006 [cit. 2008-04-26]. Dostupný z WWW: < <http://www.gluetechology.eu/4852/lepeni-lepenie/> >
- [6] Technická univerzita Liberec [online]. 2010 [cit. 2010-05-10]. Katedra strojírenské technologie. Dostupný z WWW: <<http://www.ksp.tul.cz>>.
- [7] Interní materiály firmy SIKA CZ
- [8] *SIKA CZ* [online]. c2003 [cit. 2008-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.sika.cz/>>

Seznam obrázků

Obr. 1 - vztah lepidla k lepenému materiálu [1]	12
Obr. 2 - řez lepeným spojem [5]	12
Obr. 3 - druhy smáčení povrchu lepidlem [6].....	13
Obr. 4 - případ těsného spoje [6]	15
Obr. 5 - zatížení lepeného spoje v tahu a smyku [7].....	16
Obr. 6 - průběh napětí u nýtovaného a lepeného spoje [6].....	16
Obr. 7 - zatížení lepeného spoje odlupováním [7].....	17
Obr. 8 - základní druhy porušení lepeného spoje [4].....	20
Obr. 9 - technická data Sika Aktivátoru [8].....	21
Obr. 10 - technická data Sika Aktivátoru [8].....	22
Obr. 11 - technická data Sika Primeru- 206 G+P [8].....	23
Obr. 12 - Sika Primer- 206 G+P [8].....	24
Obr. 13 - technická data Sika Primeru- 215 [8].....	25
Obr. 14 - technická data SikaForce- 7710 L35 [8]	26
Obr. 15 - diagram časů pro SikaForce- 7710 L35 [7].....	27
Obr. 16 - spojení lepených materiálů [7]	29
Obr. 17 - tabulka testovacích prostředí [7]	30
Obr. 18 - 1. skupina vzorků	31
Obr. 19 - průběhy trhací zkoušky u 1. skupiny vzorků.....	32
Obr. 20 - výsledky z trhací zkoušky pro 1. skupinu vzorků	32
Obr. 21 - odtržení primeru na vzorku 1.3.	33
Obr. 22 - 2. skupina vzorků	34
Obr. 23 - průběhy trhací zkoušky u 2. skupiny vzorků.....	34
Obr. 24 - výsledky z trhací zkoušky pro 2. skupinu vzorků	34
Obr. 25 - adhezní lom na vzorku 2.1.T	35
Obr. 26 - 3. skupina vzorků	36
Obr. 27 - průběhy trhací zkoušky u 3. skupiny vzorků.....	36
Obr. 28 - výsledky z trhací zkoušky pro 3. skupinu vzorků	36
Obr. 29 - narušení základního materiálu na vzorku 3.3.....	37
Obr. 30 - odtržení primeru na vzorku 3.4.	37
Obr. 31 - 4. skupina vzorků	38
Obr. 32 - průběhy trhací zkoušky u 4. skupiny vzorků.....	39

Obr. 33 - výsledky z trhací zkoušky pro 4. skupinu vzorků	39
Obr. 34 - odtržení primeru na vzorku 4.1.	40
Obr. 35 - absolutní odtržení primeru na vzorku 4.4.....	40

Seznam tabulek

Tab. 1 - 1. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů	31
Tab. 2 - 2. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů	33
Tab. 3 - 3. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů	35
Tab. 4 - 4. skupina vzorků a jejich úpravy lepených spojů	38