



# Vliv stáří lepidla na pevnost lepeného spoje

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství

*Autor práce:* **Jan Černý**  
*Vedoucí práce:* Ing. Pavel Doubek, Ph.D.





## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Černý**  
Osobní číslo: **S14000036**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Vliv stáří lepidla na pevnost lepeného spoje**  
Zadávací katedra: **Katedra strojírenské technologie**

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

1. Seznámení se s problematikou technologie lepení v průmyslové praxi.
2. Užité vlastnosti lepidel, lepených spojů a jejich životnost.
3. Základní způsoby hodnocení lepených spojů používaných v automobilovém průmyslu.
4. Experimentální hodnocení pevnosti lepeného spoje v závislosti na expirační době lepidla.
5. Vyhodnocení naměřených výsledků.
6. Diskuse výsledků, závěr.



Rozsah grafických prací: **grafy, tabulky**  
Rozsah pracovní zprávy: **cca 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] BROCKMANN, W., GEISS, P., L., KLINGEN, J., SCHRÖDER, B. *Adhesive Bonding*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2009, s. 414, ISBN 978-527-31898-8.
- [2] ASM HANDBOOK. *Volume 8 - Mechanical Testing and Evaluation*. 10th ed. Materials Park: ASM International, 2000, s. 998. ISBN 0-87170-389-0.
- [3] DOUBEK, P., KOLNEROVÁ, M. *Základy technologie lepení karosářských výlisků*, Technická univerzita v Liberci, 2014, s.119, ISBN 978-80-7494-170-2
- [4] Články v odborných časopisech.
- [5] Technické materiály od výrobců a zpracovatelů lepidel, plechů, maziv.
- [6] Technické normy ČSN, EN, ISO.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Doubek, Ph.D.**  
Katedra strojírenské technologie  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.**  
Katedra strojírenské technologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. listopadu 2016**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. dubna 2018**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2016

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Pavlu Doubkovi Ph.D. za odborné rady nejen během psaní bakalářské práce, ale nýbrž i za pomoc při samotném experimentu a následných zkouškách. Poděkování patří také Ing. Michaele Kolnerové Ph.D. za pomoc a asistenci během práce v laboratořích.





## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá pevností lepených spojů v závislosti na stáří použitého lepidla. K lepení byla vybrána tři různá tepelně vytvrditelná lepidla od tří různých výrobců. Každé lepidlo bylo zastoupeno třemi odlišně starými šaržemi výrobku. Substrátem slepů byl zvolen pozinkovaný plech DX 56 (HDG). Vytvořené lepené spoje byly testovány na pevnost ve smyku při zatížení tahem a na pevnost v odlupu. Na konci práce byly diskutovány vlastní výsledky měření.

## **Klíčová slova**

Lepení, lepený spoj, skladovatelnost, stáří lepidla, pevnost lepeného spoje



## **Abstract**

The bachelor's thesis is focused on affect of adhesive age on strength of adhesive bounding. Three different adhesives from three different producers were chosen. Each of adhesives was represented by three different batches. The zinc sheet metal (more precisely DX56), well known as HDG, was selected as a substratum. Adhesive bounding was tested for lap sheer strength and for T-peel strength. The results of tests were discussed in a conclusion.

## **Key words**

Bounding, adhesive bounding, shelf life, age of adhesive, strength



## Obsah

Seznam obrázků.....	15
Seznam grafů .....	15
Seznam tabulek .....	15
Seznam symbolů a zkratek.....	17
1 Úvod.....	21
2 Teoretická část.....	22
2.1 Teorie lepených spojů.....	22
2.1.1 Adheze .....	22
2.1.2 Koheze .....	22
2.1.3 Typy lepených spojů .....	23
2.1.4 Výhody a nevýhody lepených spojů .....	23
2.2 Dělení lepidel.....	25
2.2.1 Lepidla tuhnoucí vlivem zvýšené teploty .....	25
2.2.2 Lepidla používaná v automobilovém průmyslu.....	26
2.3 Hodnocení lepených spojů.....	26
2.3.1 Mechanické vlastnosti lepidel.....	27
2.4 Trvanlivost lepidel.....	29
2.5 Materiály pro lepení karoserie v automobilovém průmyslu.....	30
2.5.1 Žárové zinkování .....	31
3 Experimentální část .....	33
3.1 Výběr lepidel .....	33
3.1.1 Corabond V .....	34
3.1.2 Betamate 1440 G.....	34
3.1.3 Sika Power 492 .....	34
3.2 Charakteristika použitého materiálu.....	35

3.2.1	Statická zkouška tahem dle EN ISO 6892-1 .....	35
3.2.2	Drsnost zvoleného materiálu.....	36
3.3	Příprava vzorků.....	37
3.3.1	Vzorky na zkoušku pevnosti lepených vzorků ve smyku.....	37
3.3.2	Vzorky na zkoušku v odlupu .....	39
3.4	Lepení vzorků .....	40
3.5	Testování slepených vzorků .....	42
3.5.1	Zkouška pevnosti lepených spojů ve smyku při zatěžování tahem .....	42
3.5.2	T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů .....	43
3.6	Vyhodnocení.....	45
4	Závěr.....	51
	Seznam použité literatury .....	53
	Seznam příloh .....	54

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Adheze a koheze v lepeném spoji .....	23
Obrázek 2.2: Základní typy lepených spojů .....	23
Obrázek 2.3: Zkouška pevnosti ve smyku při zatížení tahem.....	27
Obrázek 2.4: Typy porušení dle ISO 10 365.....	28
Obrázek 2.5: Zkouška pevnosti v odlupu dle ISO 11339 .....	29
Obrázek 2.6: Zinkovací linka .....	32
Obrázek 3.1: Zkušební zařízení Tiratest 2300 .....	35
Obrázek 3.2: Ukázka průběhu tahové zkoušky .....	36
Obrázek 3.3: Protokol o měření drsnosti.....	36
Obrázek 3.4: Nůžky MS 2504 s plátem na střih vzorků .....	37
Obrázek 3.5: Vzorky pro zkoušku tahem - značky .....	38
Obrázek 3.6: Měřicí aparát od firmy Fuchs .....	39
Obrázek 3.7: Ohraňovací lis Baykal APHS 2104x60 .....	40
Obrázek 3.8: Housenka s distančními drátky na substrátu pro zkoušku odlupem a smyk.....	41
Obrázek 3.9: Kolíčky na vzorcích pro odlup a smyk.....	41
Obrázek 3.10: Ukázka lomů vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku při zatěžování tahem ....	42
Obrázek 3.11: Porušení při T-zkoušce .....	44

## Seznam grafů

Graf 3.1: Pevnost lepidla Corabond V .....	46
Graf 3.2: Střední odlupovací pevnost u lepidla Corabond V .....	47
Graf 3.3: Pevnost lepidla Sikapower 492.....	48
Graf 3.4: Střední odlupovací pevnost u lepidla Sikapower 492.....	48
Graf 3.5: Pevnost lepidla Betamate 1440 G .....	49
Graf 3.6: Střední odlupovací pevnost u lepidla Betamate 1440 G.....	50

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Garantovaná trvanlivost některých lepidel.....	30
---	----

Tabulka 3.1: Zvolená lepidla.....	33
Tabulka 3.2: Vlastnosti dle produktového listu Corabond V.....	34
Tabulka 3.3: Vlastnosti dle produktového listu Betamate 1440 G .....	34
Tabulka 3.4: Vlastnosti dle produktového listu SikaPower 492 .....	35
Tabulka 3.5: Výsledky tahové zkoušky .....	36
Tabulka 3.6: Přehled výsledků zkoušky meze pevnosti ve smyku při zatěžování tahem.....	43
Tabulka 3.7: Přehled výsledků T-zkoušky v odlupu.....	45



## Seznam symbolů a zkratek

Označení	Jednotky	Význam
AF	[%]	Adhezní lom
Ag	[%]	Tažnost
Al	-	Chemická značka hliníku
b	[mm]	Šířka lepeného spoje
B14	-	Lepidlo Betamate z 2014
B16	-	Lepidlo Betamate z 2016
B17	-	Lepidlo Betamate z 2017
C14	-	Lepidlo Corabond V z 2014
C16	-	Lepidlo Corabond V z 2016
C17	-	Lepidlo Corabond V z 2017
CF	[%]	Kohezní lom
$F_{max}$	[N]	Maximální tahová síla
Fe	-	Chemická značka železa
$F_{sab}$	[N/mm]	Střední odlupovací pevnost
$F_{so}$	[N]	Střední síla v odlupu
Ni	-	Chemická značka niklu
Ra	[ $\mu$ m]	Střední arit. hodnota drsnosti
Rm	[MPa]	Mez pevnosti
R <sub>p0,2</sub>	[MPa]	Smluvní mez kluzu

Rz	[ $\mu\text{m}$ ]	Maximální výška profilu
S	[ $\text{mm}^2$ ]	Plocha lepeného spoje
s	-	Směrodatná odchylka
S13	-	Lepidlo Sikapower z 2013
S16	-	Lepidlo Sikapower z 2016
S17	-	Lepidlo Sikapower z 2017
SCF	[%]	Speciálně kohezní lom
Zn	-	Chemická značka zinku





# 1 Úvod

Lepení je jednou ze základních technologií při spojování součástí. Jedná se o vytváření nerozebíratelného nebo částečně rozebíratelného spoje většinou s pomocí přidaných látek – lepidel.

Ačkoliv lepení zažívá prudký rozvoj výhradně v posledních dekadách, jeho samotné základy sahají až do Starověku (4000 př.n.l), kde se k lepení džbánů, nádob či oštěpů využívaly snadno dostupné přírodní látky – pryskyřice ze stromů, vaječné bílky apod. [1, s. 5]

V současné době je lepení jednou z nezastupitelných technologií při spojování součástí společně se svařováním, šroubovými spoji nebo nýtováním. Z pohledu této bakalářské práce nás zajímá hlavně použití lepení v automobilovém průmyslu, kde je využíváno zejména v kombinaci s odporovým svařováním a nebo například při zasklívání oken či odhlučnění. Lepení může přinášet významnou úsporu hmotnosti, což kopíruje současný trend vývoje a přináší tížené snížení spotřeby paliv [3, s. 10]. Důkazem propojování lepení s dalšími technologiemi spojování může být např. i šroub s obchodním značením „Onsert“, který se používá ke spojování kompozitních materiálů, ale může se využít i při spojování tenkých plechů a plastů. Jedná se o šroub, který je ve spoji lepený. Kovová část je na konci dřívku ukončena plastovou částí. K vytvrzení lepidla dochází působením světelného záření [9, s. 2] za pomoci LED lamp a trvá jen 5 sekund. Po vytvrzení je spoj možno ihned zatížit. Takovéto „lepící“ šrouby se využívají například při stavbě automobilu BMW i3 [7].

V této bakalářské práci bude hodnocen vliv stáří použitého lepidla (běžně využívaného v automobilovém průmyslu) na pevnost lepeného spoje. Cílem je zjistit, jaký vliv má stáří lepidla na mechanické vlastnosti výsledného lepeného spoje a potažmo zda je možné využívat i lepidel, kterým již proběhla garantovaná doba skladovatelnosti. Problematiku si lze jednoduše představit na příkladu smyšlené firmy v automobilovém průmyslu, která z nějakého důvodu nakoupí přílišné množství strukturních lepidel a není schopna je spotřebovat v termínu, který je deklarován výrobcem lepidla. Zde vyvstává problém, zda je možno taková lepidla použít, či zda firma bude nucena tratit a lepidla bez využití zlikvidovat.

Teoretická část bakalářské práce se bude zabývat částečným vysvětlením pojmů a souvislostí, které přímo či nepřímo zasahují do obsahu experimentu. Samotná experimentální část bude následně zkoumat pomocí normovaných postupů mechanické vlastnosti lepených spojů a společně s výstupy teoretické části dávat do souvislosti stáří lepidla a výsledné vlastnosti lepených spojů.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Teorie lepených spojů

Základními principy fungování lepených spojů např. molekulová teorie, elektrostatická teorie, mechanická teorie, teorie difusní nejsou předmětem této práce, ale je možné je dohledat například v [6, s. 34]. Všechny teorie vždy vycházejí z existence tzv. adheze a koheze, přičemž žádná z nich neposkytuje plné vysvětlení fungování lepených spojů. Dá se předpokládat, že při obecném popisu fungování daného spoje by bylo nutno uvažovat o kombinaci několika existujících principů a teorií [3, s. 18].

#### 2.1.1 Adheze

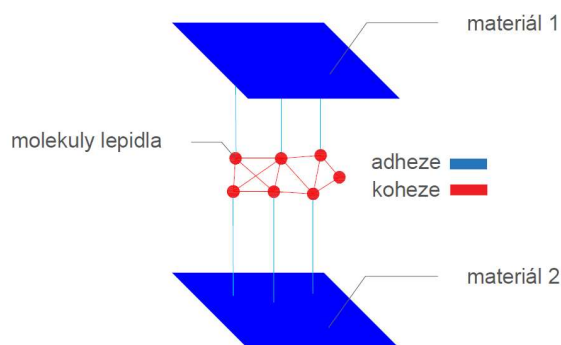
Jedná se o schopnost materiálů k sobě přilnout. Při lepení rozumíme adhezí přitažlivou sílu lepidla na kontaktních površích materiálů, rozuměj substrátů. Základem adheze jsou tzv. Van der Waalsovy síly. Tyto síly mají menší dosah než je obvyklá drsnost povrchů, proto je potřebné, aby bylo lepidlo schopno vyplnit povrchové nerovnosti a dokonale smáčet spojované povrchy. Lepidla jsou látky polární, a proto dobře smáčí polární povrchy. Schopnost látek smáčet je dána především stavem jejich povrchové energie. Povrchová energie lepidla musí být nižší, než je kritická povrchová energie lepené látky.

Smáčení může být ovlivněno nečistotami na povrchu, proto je nutné před vlastním lepením věnovat pozornost vlastní povrchové úpravě [3, s. 13].

#### 2.1.2 Koheze

Jedná se o soudržnost samotného lepidla. Lepidlo není namáháno pouze v místě kontaktu s lepeným povrchem, ale také uvnitř sebe samotného. Je složena z Van der Waalsovy přitažlivé síly a ze síly vzájemného propletení řetězců molekul.

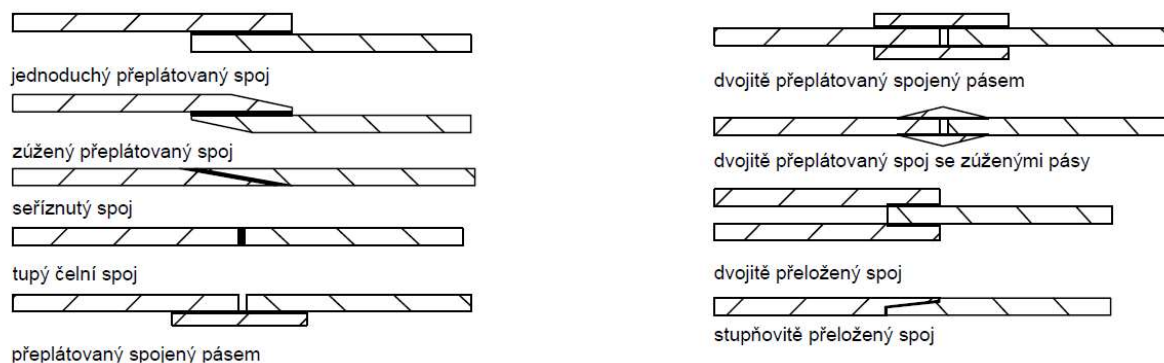
Velikost koheze je definována jako energie potřebná k oddělení jednotlivých částic lepidla od sebe [3, s. 14].



Obr. 2.1.: Adheze a koheze v lepeném spoji [3, s. 15]

### 2.1.3 Typy lepených spojů

V praxi nejpoužívanější spoj je jednoduchý spoj přeplátováním [3, s. 19]. Volba spoje vždy záleží na konkrétním případě. Obrázek 2.2 představuje základní typy nejvyžívanějších lepených spojů. Existují i další možnosti, které však vždy vychází z uvedených základních. Je nutné si uvědomit, že spoj musí plnit svou funkci po celou dobu životnosti uvažovaného výrobku. To znamená, že v ideálním případě by se neměly během jeho životního cyklu měnit mechanické ani vizuální vlastnosti jak spoje tak ani jeho jednotlivých částí – substrátu, lepidla.



Obr. 2.2: základní typy lepených spojů [3, s. 19]

### 2.1.4 Výhody a nevýhody lepených spojů

Mezi základní výhody lepených spojů v porovnání s dalšími obvyklými způsoby spojování patří fakt, že materiál spoje není ovlivňován či znehodnocován vrubovými účinky jako u spojování šroubovými spoji ani působením tepla jako u svařování. Další výhodou je snížení hmotnosti, které je v současnosti nedílnou součástí návrhů v automobilovém či i leteckém průmyslu v důsledku zvyšujících se nároků na snižování ekologického zatížení s ohledem na spotřebu paliva. S výhodou se využívá vysoké kvality vzhledu samotných spojů, kde oproti svařování nevzniká šev. Při aplikaci lepení na karoserie dochází k výraznému snížení hlučnos-

ti v důsledku omezení klepání a skřípání mezi jednotlivými prvky. Spoje jsou těsné a není třeba je případně dodatečně utěsňovat (např. palivové nádrže). Výsledný spoj může být elektrickým izolantem, což zabraňuje elektrolytické korozi mezi kovy z různých materiálů. [3, s. 21]

Základními nevýhodami lepených spojů je nízká odolnost při zvýšení teploty a při namáhání odlupem.

Stykové plochy se musí před aplikací lepidel upravovat. Důraz je kladen na čistotu a rovinnost povrchu. Proti tomuto tvrzení jde lepení karosářských výrobků, kde je již jejich výrobou podmíněno určité množství maziva na povrchu. Mazivo slouží k minimalizaci kovového kontaktu mezi nástrojem a tvářeným materiálem. Rovněž slouží k ochraně proti korozi [2, s. 37]. Olej se u z výrobků neodstraňuje, protože odmaštění by mělo za následek změnu technologického procesu vlastní výroby a do výroby by vneslo další náklady, které by neúměrně prodražovaly celý výrobní proces. Tento fakt do jisté míry stěžuje vytváření kvalitních lepených spojů. Dovolené množství oleje je dle [3, s. 24]  $3 \text{ g/m}^2$ , avšak v praxi se relativně běžně můžeme setkat s hodnotami okolo  $10 \text{ g/m}^2$ . Z tohoto pohledu bylo i v experimentální části využito plechů s určitým množstvím oleje na povrchu.

Spoje nelze nikdy ihned zatěžovat, neboť maximální pevnosti je dosaženo až po uplynutí určitého vytvrzovacího času. U některých typů lepidel je nutné použít vytvrzovací přípravky, smíchat několik různých složek k vytvoření samotného lepidla či vystavit lepený spoj zvýšené teplotě, aby došlo k procesu vytvrzení.

Z pohledu této bakalářské práce vyvstává problém s využitelností lepidel. Výrobci často garantují určitou dobu použitelnosti, která závisí zejména na druhu lepidla. Garantovaný čas použitelnosti je u technologie lepení, při dodržení skladovacích podmínek, v rozsahu 3-12 měsíců (viz. přílohy 15-17 a tabulka 2.1). Po uplynutí uváděného času již nejsou deklarovány vlastnosti výsledného lepeného spoje.

Samotné lepidlo může být znehodnoceno ještě před tím, než ho vůbec začneme využívat. Může dojít například k zatvrdnutí lepidla, což nám znemožní pozdější nanášení na substrát stejně tak, jak bylo pozorováno na některých lepidlech v průběhu experimentu viz. kapitola 3.1.2 a 3.1.3. Obvykle dochází k houstnutí lepidla či sedimentaci tuhých složek a přísad. Často se také můžeme setkat se zvýšením/snížením reaktivity samotného lepidla, kdy dochází ke vzniku sraženiny apod. Podle stavu, ve kterém otevřeme lepidlo, se snažíme odstranit vzniklé problémy. Můžeme se pokusit odebrat případné sraženiny z povrchu lepidla



(pokud to umožňuje balení) nebo se je pokusit rozmělnit promícháním do celého objemu. Mimo jiné se můžeme před aplikací pokusit zatvrdlé lepidlo částečně zahřát. Pro správnou aplikaci a funkci lepidla je nutné, aby lepidlo neobsahovalo nežádoucí tuhé složky (mimo účelně přidaná plniva), tzn. bylo homogenní. Při delším skladování také zkusíme reaktivitu lepidla, která by v případě snížení technologicky zpomalovala či dokonce znemožňovala celý proces lepení. Naopak pokud by byla reaktivita zrychlená, mohlo by v určitých případech dojít k vytvrzování nanesené vrstvy ještě před vytvořením spoje. [6, s. 155]

Při ostatních technologiích spojování materiálů, např. svařování, jsme většinou limitováni pouze trvanlivostí přídatných materiálů, u kterých se během času mění vlastnosti minimálně (koroze apod.).

## 2.2 Dělení lepidel

Lepidla vytvářejí složitý systém, kde podle požadavků na lepený spoj vybíráme nejvhodnější druh lepidla pro danou aplikaci. Teoreticky je možné klasifikovat lepidla dle mnohých kritérií (chemické složení, principu tuhnutí, počtu složek, konzistence atd.), podobně jak můžeme nalézt například v [6, s. 181]. Tato dělení však často nevyhovují některým současným lepidlům, neboť technologie lepení zažívá v poslední době velký rozmach. Často se tedy můžeme setkat s lepidly, která bychom nebyli schopni zařadit do žádné z daných kategorií, a proto jsou vytvářeny různé nové struktury dělení lepidel [12, s. 31].

V praxi se v současnosti setkáváme s lepidly v mnoha odvětvích. Každý výrobce lepidel si vytváří vlastní systém dělení jím vyráběných lepidel. My po zorientování se v dělení výrobců vybíráme vhodné lepidlo pro danou aplikaci. Mezi největší výrobce patří firmy jako Henkel, Sika, DOW Automotive, 3M a další.

Z pohledu mé bakalářské práce, která se zabývá lepením karosářských výrobků, nás může zajímat převážně dělení dle principu tuhnutí ve spoji (dohledatelné např. v [3, str. 38]) respektive tuhnutí vlivem zvýšené teploty.

### 2.2.1 Lepidla tuhnutí vlivem zvýšené teploty

Jedná se o reaktoplastická lepidla většinou jednosložková. K vytvrzení dochází vlivem zvýšené teploty (většinou od 100 °C), čehož se s výhodou využívá při lepení karosářských výrobků. Lepidlo je nanášeno během výroby ve svařovnách a po příchodu produktu do lako-

ven při následném vypalování laku dochází k vytvrzení lepidla a vzniku lepeného spoje. Často mluvíme o tzv. svařovenských lepidlech.

Oproti svařovenským lepidlům existují i lepidla montážní, která se využívají například pro lepení automobilových skel. Lepení pomocí montážních lepidel přistupujeme až po vypalování laku. Jedná se většinou o lepidla, která se nevytvrzují při zvýšené teplotě. [3, s. 38]

## **2.2.2 Lepidla používaná v automobilovém průmyslu**

### **Polyuretanová lepidla**

Lepidla na bázi polyuretanu téměř nepoužíváme ke strukturálnímu lepení. Aby se zlepšila adheze k mastným povrchům karosářských plechů, modifikují se polyuretanová lepidla epoxidovou pryskyřicí. Nemodifikovaná lepidla se používají k lepení autoskel, či k lepení doplňkových dílů na karoserii. [12, s. 34]

### **Kaučuková lepidla**

Kaučuková lepidla můžeme rozdělit dle proběhlého zesíťování na lepidla:

1. Nevulkanizační
2. Vulkanizační

Silným zesíťováním (vulkanizací) získáme vyšší hodnoty pevnosti spojů [2, s. 20]. Zároveň však dojde ke zvýšení teploty skelného přechodu, což vede ke zhoršení odolnosti respektive přilnavosti k mastným povrchům [3, s. 52].

### **Epoxidová lepidla**

Epoxidová lepidla jsou založena na bázi epoxidové pryskyřice. V mnoha případech je využití limitováno její křehkou povahou. Proto často dochází ke zvyšování její houževnatosti postupy, které můžeme dohledat např. v [3, s. 53]. Při správném výběru lepidla vzhledem k substrátům dosahují epoxidy výborných mechanických vlastností při rozličném teplotním zatížení, dle [4, s. 81] je rozsah použitelnosti od -157 °C až do 204 °C.

## **2.3 Hodnocení lepených spojů**

V současné době při existenci mnoha typů lepidel je potřeba jednotlivé typy navzájem porovnávat. Základní charakteristiky můžeme hodnotit pomocí zkoušek, které povětšinou vyhotovuje samotný výrobce lepidel (krom zjišťování mechanických vlastností) a zjištěné hodnoty se dozvíme z produktových či bezpečnostních lisů:

1. všeobecných vlastností lepidel
2. fyzikálních vlastností lepidel
3. chemických vlastností lepidel
4. mechanických vlastností lepidel

### 2.3.1 Mechanické vlastnosti lepidel

Zjišťování mechanických vlastností provádí výrobce, ale také samotný zpracovatel. Mechanické vlastnosti spoje závisí nejen na použitém lepidle, ale zejména na vlastní konstrukci, tvaru, způsobu namáhání a typu lepeného materiálu.

Rozlišujeme dvě základní skupiny zkoušek:

- destruktivní
- nedestruktivní
  - akustická metody
  - elektrická metody
  - neelektrické metody

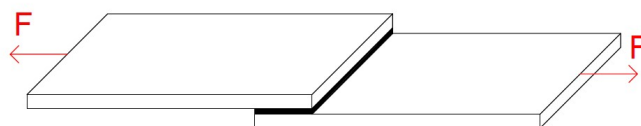
#### **Destruktivní zkoušky**

Zkoušky jsou prováděny dle obecně platných norem nebo pomocí vnitropodnikových či firemních postupů, tak aby výsledky testů měly pro výrobce lepeného spoje největší vypovídající hodnotu.

Zkoušek existuje velké množství, proto zde projdeme pouze takové, které byly použity při vyhodnocování bakalářské práce.

#### **Zkouška pevnosti ve smyku při zatěžování tahem**

Uvedený postup vychází z normy EN 1465. V průmyslovém prostředí je často modifikovaná dle aktuálních potřeb (např. později používaná zkouška PV 12.35). Může se lišit především ve velikosti přeplátování slepů, rozměrech vzorků apod.



Obr. 2.3: Zkouška pevnosti ve smyku při zatížení tahem [3, s. 106]

Podstatou je zatížení lepeného spoje ve smyku statickým tahem ve směru podélné osy až do porušení tak, jak je naznačeno na obrázku 2.3. Rozměr lepených vzorků je 25 x 150 mm. Velikost přeplátování se určuje dle typu lepidla, kde pro výplňová využíváme 16 mm respektive 10 mm pro pevnostní lepidla. Slepené objekty poté zatěžujeme při teplotě okolí nebo v teplotních komorách při 80 °C nebo -35 °C. Mazivo může být nanášeno na odmaštěný povrch do místa spoje nástřikem nebo bavlněnou tkaninou (zejména při zkouškách týkající se lepení karosářských výrobků – určité množství oleje dáno samotnou výrobou). Tloušťka lepidla je 0,2 mm pro pevnostní respektive 2 mm pro výplňová. Aby byla tloušťka lepidla konstantní, používáme s výhodou distanční drátky o průměru 0,2 mm nebo skleněné kuličky o průměru 2 mm. Vytvrzení lepeného spoje závisí na použitém lepidle a může být provedeno vystavením spoje zvýšené teplotě a nebo například jen za pomoci vzdušné vlhkosti. Slepené vzorky necháváme po vytvrzení odležet 24 hodin. Poté se trhají na statickém trhacím zařízení rychlostí 50 mm/min. Na základě zkoušky vyhodnocujeme pevnost ve smyku  $\tau$  definovanou dle vztahu 1 a typ porušení dle ISO 10 365. [3, s. 106]

$$\tau = \frac{F_{max}}{S} \quad (1 [3, s. 106])$$

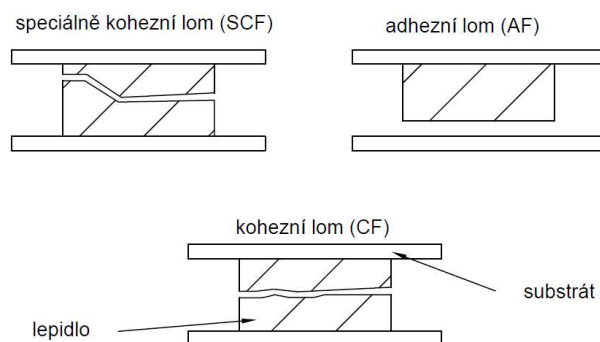
$\tau$  je pevnost ve smyku [MPa]

$F_{max}$  je maximální tahová síla [N]

$S$  je plocha lepeného spoje [ $mm^2$ ]

#### *Hodnocení porušení lepeného spoje dle ISO 10 365*

Dle normy ISO 10 365 vyhodnocujeme typ porušení u zkoušek pevnosti ve smyku tahem i T-zkoušek v odlupu. Nejběžnější typy porušení lepených spojů u kovových materiálů můžeme vidět na obrázku 2.4.

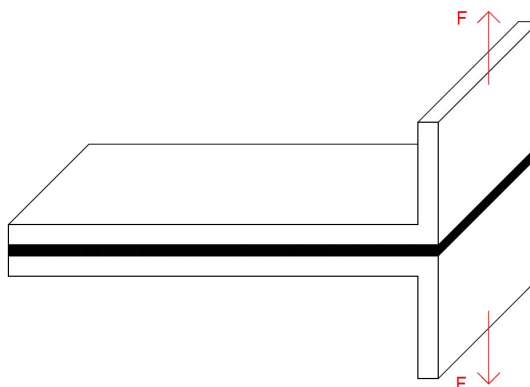


Obr. 2.4: Typy porušení dle ISO 10 365 [3, s. 113]

## T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů dle ISO 11 339

Uvedený postup vychází z normy ISO 11339.

Jedná se o zkoušku, při které je zkušební spoj zatěžován statickým tahem ve směru kolmém na lepenou plochu, stejně jako je uvedeno na obrázku 2.5.



Obr. 2.5: Zkouška pevnosti v odlupu dle ISO 11339 [3, s. 108]

Zkušební vzorek je tvořen dvěma o 90° ohnutými plechy s rozměry 200x25 mm. Lepená plocha odpovídá rozměru 150x25 mm. Tloušťka lepidla je obdobná normě EN 1465. To znamená 0,2 mm pro pevnostní nebo 2 mm pro výplňová. Konstantní tloušťka v místě lepeného spoje je zajišťována distanční drátky o průměru 0,2 mm nebo ocelovými kuličkami o průměru 2 mm. Zkoušky provádíme při laboratorní teplotě nebo při 80 °C a -35 °C. Vyhodnocujeme střední odlupovací pevnost dle vztahu 2. Dále určujeme typ porušení dle ISO 10365.

$$F_{sab} = \frac{F_{SO}}{b} \quad (2 [3, s. 109])$$

$F_{sab}$  je střední odlupovací pevnost [N/mm]

$F_{SO}$  je střední síla v odlupu v ustálené části diagramu [N]

$b$  je šířka lepeného spoje [mm]

## 2.4 Trvanlivost lepidel

Trvanlivost lepidel můžeme chápat jako dobu, po kterou je možno skladovat nepoužitá lepidla při dodržení skladovacích podmínek doporučovaných v technických či bezpečnostních listech, tak aby nedošlo degradaci, respektive ke změně garantovaných vlastností. Jednotliví výrobci garantují různou dobu trvanlivosti (označovanou též jako skladovatelnost), která je

odlišná pro různé druhy lepidel [4, s. 183]. Skladovatelnost je možno chápat také jako čas, po který jsou garantovány vlastnosti daného lepidla.

Z produktových respektive bezpečnostních listů, které je možné dohledat v přílohách 15-17, vyplývá, že skladovatelnost se pohybuje mezi 3-12 měsíci. Pro představu jsou v tabulce 2.1 uvedeny trvanlivosti některých lepidel. Zastoupena jsou lepidla jak polyuretanová, tak kaučuková a epoxidová.

Tab. 2.1 Garantovaná trvanlivost některých lepidel

Lepidlo [příklady]	Garantovaná trvanlivost [měsíce]
epoxidové	
Betamate 1496V (Dow)	3 (pod 30 °C)
SikaPower 492G	8 (23 °C)
Epoxidová pryskyřice a polyuretan	
Sikapower 490/7	7 (15 °C-25 °C)
kaučuková	
Betaguard RB 214BV (Dow)	3 (5 °C-35 °C)

## 2.5 Materiály pro lepení karoserie v automobilovém průmyslu

V posledních letech se do výroby karoserií začínají prosazovat i jiné než pouze ocelové plechy, zejména pak plechy z hliníku či na bázi uhlíkových vláken. Avšak vzhledem k ekonomické náročnosti stále zůstává nejpoužívanějším materiálem ocel [3, s. 82].

Jedním z hlavních problémů životnosti karoserie je její odolnost vůči korozi [3, s. 84]. Z toho důvodu se běžně setkáváme s upravenými materiály, zejména pak s ocelovými plechy s povlaky.

V automobilovém průmyslu se nejčastěji setkáme s povlaky na bázi zinku [3, s. 84]. Pomocí zinkových povlaků dosahujeme výborné korozní odolnosti fungující na principu katodické ochrany. Povrchová vrstva zinku díky pozici zinku v Beketově řadě kovů funguje

jako anoda a ocel jako katoda. Zároveň však vyvstává problém, jelikož pozinkované plechy mají sklon k zadírání, proto se často navíc ještě fosfátují [3, s. 85].

V praxi nacházíme tři základní metody tvorby povlaků:

1. Žárové pokovení ponořením do roztaveného kovu nebo slitiny (Fe-Zn, Al-Zn)
2. Elektrolytické nanášení povlaku na bázi zinku (Zn-Fe, Zn-Ni)
3. Nanášení organických povlaků s obsahem zinku

### **2.5.1 Žárové zinkování**

Principem technologie žárového zinkování je vytváření povlaku zinku na povrchu ocelových plechů pomocí namáčení plechů v tekutém zinku o teplotě 450 °C, kdy dochází k metalitické reakci mezi železem a zinkem. Zinkováním dosahujeme tloušťky povlaku 7-200 μm. Maximální velikost pozinkovaných produktů je omezena velikostí vany, v které namáčíme [3, s. 86]. Plechy opatřené povlakem zinku při žárovém zinkování nazýváme HDG plechy [9, s. 2]. HDG plechy vynikají svými antikorozními vlastnostmi i při poškození povlaku. Jsou vhodné pro hluboké tažení i náročných dílů, jako jsou například karosářské výlisky. Důležitým parametrem plechů je dobrá jakost povrchu. Plechy jsou vyráběny s řízenou strukturou, jenž následně umožňuje využití i pro pohledové lakované díly [3, s. 92]. Existují dva základní postupy při žárovém zinkování:

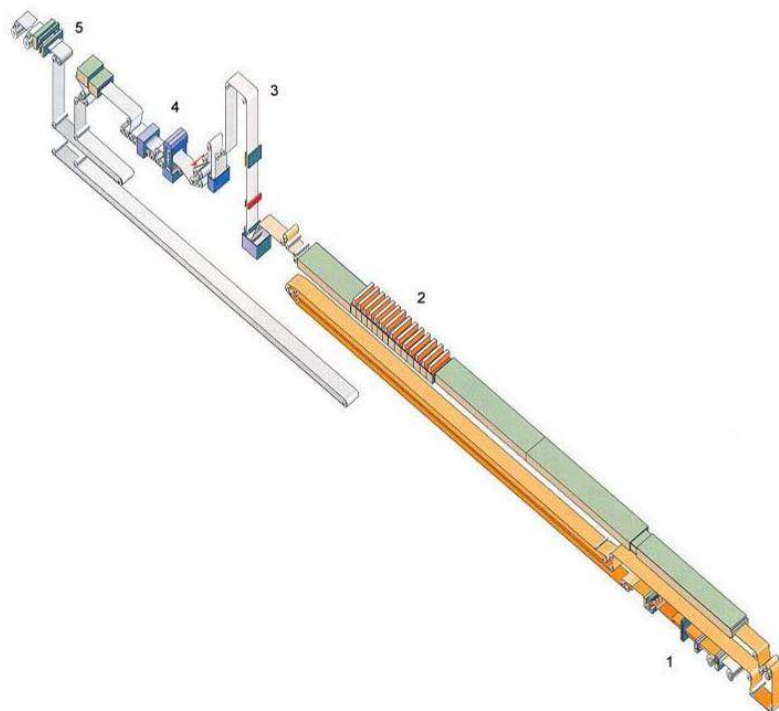
1. Suché zinkování
2. Mokrý zinkování

#### **Mokrý zinkování**

Při mokřím zinkování je vana rozdělena na dvě části. Z moření přichází součást do zinkové lázně skrze vrstvu tavidla například chloridu amonného. Na druhé straně lázně už vychází výrobek z čisté hladiny zinkové taveniny [5, s. 36].

#### **Suché zinkování**

Při suchém zinkování je postup obdobný jako u mokřého. Rozdíl nastává při nanášení tavidla. U suchého zinkování je objekt ponořován do tavidlové lázně většinou ve formě vodného roztoku chloridu amonného a chloridu zinečnatého [11, s. 12]. Následně se usuší v peci. Poté se teprve vloží výrobek do zinkové lázně. Na obrázku je zobrazen příklad zinkovací linky.



Obr. 2.6: Zinkovací linka [5, s. 36], (1) vstupní prostor s rozbalovacími kotouči a svařovacím strojem, (2) tavná sekce, (3) Zn lázeň s měřicím zařízením a chlazením, (4) Dodatečné opracování s drezírovací válcovací stolicí, povrchová pasivace a vyrovnávání natažením (5) Navíjení s přidáním oleje a kontrola



### 3 Experimentální část

Cílem práce je pomocí normalizovaných zkoušek zjistit, zda stáří použitého lepidla ovlivňuje mechanické vlastnosti výsledného lepeného spoje, resp. možnost použití lepidla s propadlou dobou trvanlivosti. Pro hodnocení byla použita zkouška smykové pevnosti PV 12.35 a zkouška pevnosti v odlupu dle ISO 11339. Použita byla lepidla pro lepení karosářských výlisků.

#### 3.1 Výběr lepidel

Lepidla byla volena tak, abychom v práci hodnotili zástupce různých materiálových skupin lepidel. Byla vybrána tři různá lepidla od tří různých výrobců. Konkrétně Betamate 1440G, SikaPower 492 a Corabond V. Od každého lepidla byly použity tři šarže různého stáří většinou po datu doporučené spotřeby. Jednotlivé šarže lepidel byly v práci pro lepší orientaci označovány počátečním písmenem obchodního názvu lepidla například C jako Corabond V a dodatkovým číslem (13, 14, 16, 17), kde číslo označuje rok výroby šarže. K prvotní orientaci může sloužit také interní slovní hodnocení stáří lepidla – staré, prošlé, ok. Experiment probíhal během dubna roku 2017. Pro přehlednost byly informace o stáří a značení uvedeny v tabulce 3.1.

Tab. 3.1: Zvolená lepidla

Lepidlo	Značení	Trvanlivost do	Trvanlivost [měsíce]	Měsíce po vypršení
Corabond V (kaučuk)	C14 (staré)	2.9.2014	-	31
	C16 (prošlé)	3.5.2016		11
	C17 (ok)	9.1.2017		3
Betamate 1440 G (epoxidové)	B14 (staré)	10.4.2014	10-12	32
	B16 (prošlé)	20.9.2016		7
	B17 (ok)	30.4.2017		0
Sika Power 492 (epoxidový hybrid)	S13 (staré)	1.12.2013	8	40
	S16 (prošlé)	30.4.2016		12
	S17 (ok)	19.7.2017		0

### 3.1.1 Corabond V

Je konstrukční lepidlo na bázi syntetického kaučuku.

Všechny tři použité šarže lepidla byly ve vizuálně dobrém stavu a dala se použít při lepení. Žádná z nich nevykazovala známky ztvrdnutí nebo jiné degradace. V tabulce jsou uvedeny některé údaje z produktového listu lepidla.

Tab. 3.2 Vlastnosti dle produktového listu Corabond V [příloha 15]

Pevnost ve smyku (EN 1465) [MPa]	Střední odlupovací pevnost (ISO 11 339) [N/mm]	Skladovatelnost [měsíce/°C]
12	-	-

### 3.1.2 Betamate 1440 G

Betamate 1440 G je konstrukční lepidlo na epoxidové bázi od firmy Dow Automotive. Lepidlo je navíc naplněno skleněnými kuličkami (proto označení „G“).

Po vizuálním ohledání vybraných šarží lepidla bylo na první pohled zjištěno, že lepidlo označené jako B14 (viz. tabulka 3.1 výše) se nedá použít k lepení vzorků. Lepidlo bylo ztvrdlé a vůbec se nedalo (i přes ohřev) vytlačit z tuby.

Zástupci B16 a B17 nejevili známky degradace. V tabulce 3.2 jsou ukázány některé vlastnosti z produktového listu lepidla Betamate 1440 G. Hodnoty jsou naměřené za podmínek dle daného produktového listu.

Tab. 3.3 Vlastnosti dle produktového listu Betamate 1440 G [příloha 17]

Pevnost ve smyku (EN 1465) [MPa]	Střední odlupovací pevnost (ISO 11 339) [N/mm]	Skladovatelnost [měsíce/°C]
30	10	10/15-28

### 3.1.3 Sika Power 492

Sika Power 492 je konstrukční lepidlo na bázi epoxidového hybridu. Polyuretan je zde modifikován epoxidovou pryskyřicí.

Již při kontrole šarží, bylo zjištěno, že šarže lepidla značená jako S13 (viz. tabulka 3.1 výše) je nepoužitelné podobně jako B14. Další zástupce S16 byl i přes ohřev velmi těžce vy-

tlačitelný z tuby, proto i přes veškeré úsilí byly následně slepeny pouze 2 vzorky pro T-zkoušku a 5 vzorků pro zkoušku pevnosti ve smyku. Lepidlo S17 nejevilo známky poškození.

V následující tabulce jsou uvedeny některé hodnoty dle produktových listů. Je nutné brát v potaz, že tyto hodnoty byly naměřeny za určitých podmínek (dle produktového listu) a nelze je proto přímo srovnávat s hodnotami naměřených při jiných podmínkách.

Tab. 3.4 Vlastnosti dle produktového listu SikaPower 492 [příloha 16]

Pevnost ve smyku (EN 1465) [MPa]	Střední odlupovací pevnost (ISO 11 339) [N/mm]	Skladovatelnost [měsíce/°C]
18	9	8/23

## 3.2 Charakteristika použitého materiálu

Jako materiál pro výrobu vzorků byl zvolen ocelový plech DX56 s žárově pozinkovaným povrchem (HDG), který je běžně využíván při výrobě automobilových karoserií [3, s. 92]. Tloušťka použitého substrátu byla 0,8 mm.

### 3.2.1 Statická zkouška tahem dle EN ISO 6892-1

Ze samotných plechů DX 56 byly připraveny vzorky na statickou tahovou zkoušku dle EN ISO 6892-1. Norma popisuje postup při provádění zkoušek tahem a určuje, které parametry testovaného materiálu je možné ze zkoušky získat. K zatěžování byl použit stroj Tiratest 2300 a vyhodnocení proběhlo pomocí programu LabNet.



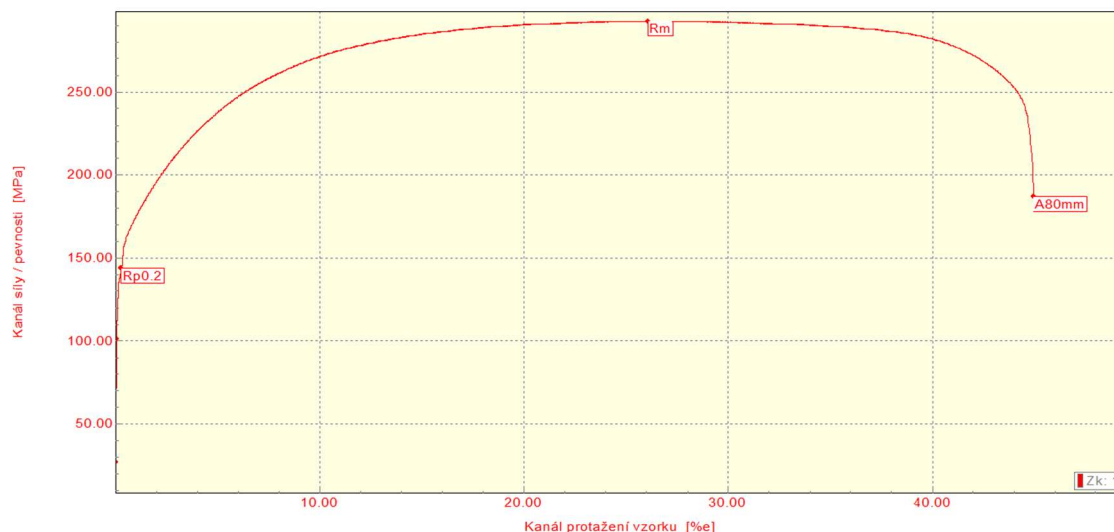
Obr. 3.1 Zkušební zařízení Tiratest 2300

Výsledkem statické zkoušky tahem bylo, že průměrná smluvní mez kluzu materiálu DX 56 byla  $143,6 \pm 0,1$  [MPa] a průměrná mez pevnosti dosahovala hodnoty  $292,6 \pm$

0,2 [MPa]. Přehled výsledků je možno nalézt v tabulce 3.5. Průběh zkoušky a jednotlivé hodnoty dokládá zkušební protokol viz. příloha 19.

Tab. 3.5 Výsledky statické zkoušky tahem

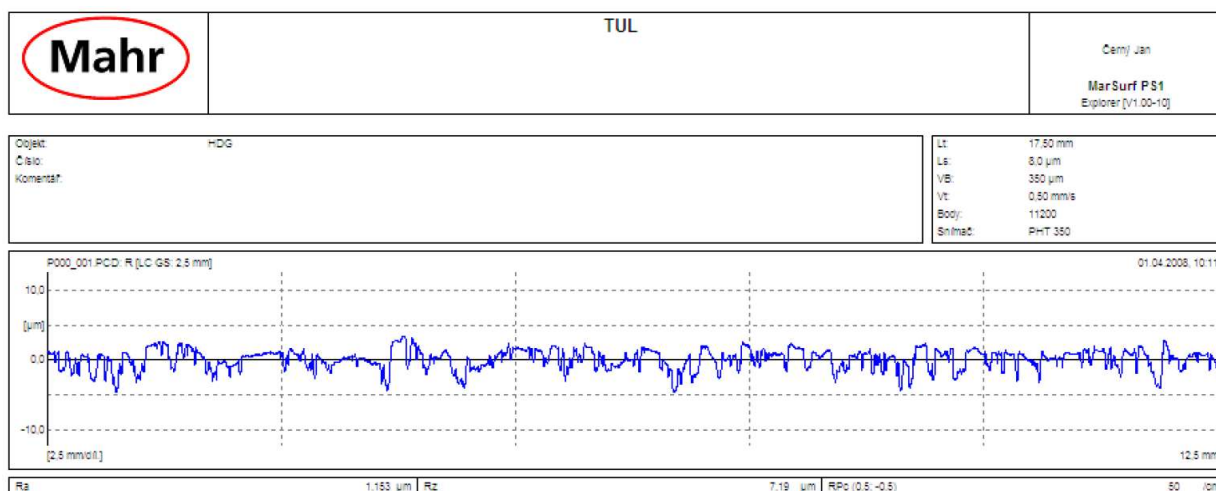
$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_g$ [%]
$143,6 \pm 0,1$	$292,6 \pm 0,2$	$25,90 \pm 0,01$



Obr. 3.2 Ukázka průběhu tahové zkoušky

### 3.2.2 Drsnost zvoleného materiálu

Na vzorcích z plechu HDG byla změřena drsnost povrchu pomocí přenosného drsnoměru MarSurf PS1. Střední aritmetická drsnost  $R_a$  byla  $1,153 \mu\text{m}$  a největší výška profilu  $R_z$  byla dle měření  $7,19 \mu\text{m}$ . Protokol z měření je na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 Protokol o měření drsnosti

Jak vychází například z článku „Vliv drsnosti ocelového povrchu na pevnost lepeného spoje“ [8], nelze na základě drsnosti obecně vyvozovat žádné závěry vzhledem k pevnosti výsledného lepeného spoje, proto bylo toto měření informativního charakteru.

### 3.3 Příprava vzorků

Vzorky na zkoušku pevnosti ve smyku a v odlupu byly připraveny dle postupů uvedených v následujících kapitolách.

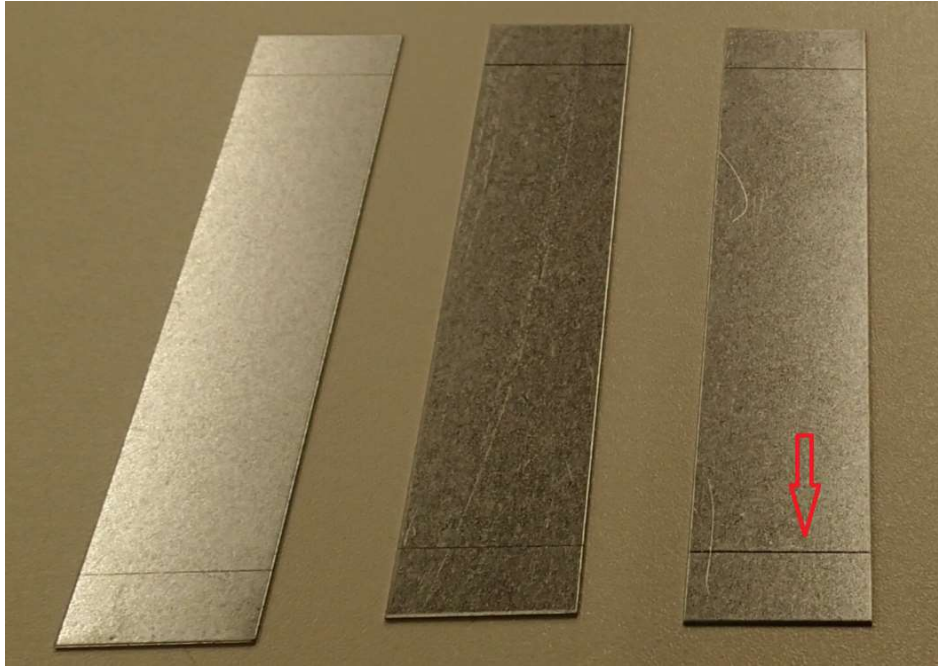
#### 3.3.1 Vzorky na zkoušku pevnosti lepených vzorků ve smyku při zatěžování tahem

Vzorky na zkoušku smykové pevnosti PV 12.35 byly vytvářeny z plechů DX56 pomocí stříhání na hydraulických nůžkách Durma MS 2504 podobně jako na obrázku 3.4. Na nůžkách byly připraveny vzorky o rozměrech 25 mm x 120 mm.



Obr. 3.4: Nůžky MS 2504 s plátem na stříh vzorků

Nastříhané vzorky byly orýsovány tak, aby bylo možné bezproblémově dodržet velikost přeplátování slepů 10 mm. Orýsované vzorky před slepením jsou vidět na obr. 3.5.



Obr. 3.5: Vzorky pro zkoušky v tahu – značky

Vzorky byly očištěny v lázni C-SOL extra (technický list v příloze č. 20). Po vyndání z lázně byly osušeny tkaninou a následně položeny na podložku pro volné vzdušné doschnutí. Vzhledem k charakteru lepidel, která se využívají převážně v automobilovém průmyslu, bylo nutno simulovat povrchové úpravy substrátů. Vzorky byly namaštěny olejem Anticorit PL 3802-39 S. Množství oleje bylo zvoleno jako maximální dovolené  $3 \text{ g/m}^2$ . K nanášení maziva byl použit bavlněný hadřík, který byl namočen ve zmiňovaném oleji a následně s ním, byly maštěny jednotlivé substráty. Skutečné množství maziva se zjišťuje pomocí měřicího aparátu například od firmy Fuchs viz. obrázek 3.6. Následovalo vlastní slepení, které je rozebráno v kapitole 3.4.



Obr. 3.6: Měřicí aparát firmy Fuchs

Anticorit PL 3802-39 S je olej typu Prelube tzn. ochranný antikoroziční olej, který slouží zároveň i jako tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách. Produktový list naleznete v příloze č. 18.

Pro lepší orientaci, následnou manipulaci a vyhodnocení vzorků byly vzorky popsány fixem na plochy, které byly očištěny, ale nebyly namazány.

### **3.3.2 Vzorky na zkoušku v odlupu**

Na zkoušku odlupem byly vytvářeny vzorky z HDG plechů nejdříve pomocí výstřižků na požadovaný rozměr 200x25 mm dle normy ISO 11 339. Následně byly výstřižky zohýbány o 90° pomocí ohraňovacího lisu Baykal APHS 2104x60 podobně jako na obrázku 3.7.



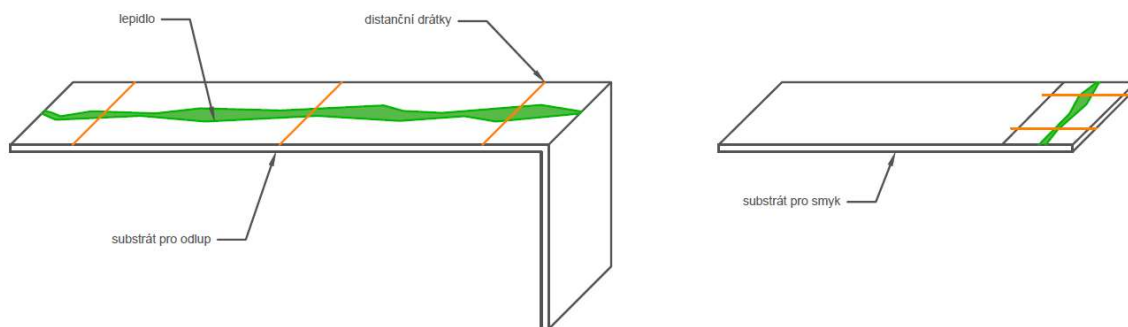
Obr. 3.7: Ohraňovací lis Baykal APHS 2104x60 a zohýbané vzorky pro zkoušky odlupem

Vzorky pro zkoušku v odlupu byly nejprve očištěny v lázni s C-SOL extra. Následně byly osušeny tkaninou a zanechány k volnému doschnutí. Poté byla na povrch vzorků nanese-na vrstva maziva podobně jako na vzorky pro zkoušku pevnosti v tahu z kapitoly 3.3.1. Ná-sledovalo vlastní lepení popisované v kapitole 3.4.

### 3.4 Lepení vzorků

Po přípravě vzorků, která je podrobně rozvedena v kapitole 3.3.1 respektive 3.3.2, ná-sledovalo vlastní lepení. Na jeden ze substrátů bylo nanese-no lepidlo pomocí ruční pistole. Aby byla dodržena správná výška vrstvy, byly na určená místa vytlačené „housenky“ umístě-ny distanční drátky o průměru 0,2 mm. U zkoušek na pevnost lepeného spoje ve smyku byly užity dva drátky umístěné dle obrázku 3.8. Distanční drátky pro zkoušku odlupem byly tři. Jejich umístění bylo provedeno dle obrázku 3.8, tedy jeden doprostřed lepené plochy a další dva k levému a pravému okraji lepeného vzorku. Celkový pohled na „housenku“ a umístění distančních drátků je možno vidět na obrázku 3.8 níže.





Obr. 3.8: Housenka s distančními drátky na substrátu pro zkoušku odlupem a smyk

Dále bylo přistoupeno k vlastnímu slepení substrátů. Na položený vzorek s lepidlem a distančními drátky byl přiložen druhý vzorek. Při slepení bylo dbáno na správné umístění. U vzorků pro zkoušku ve smyku nám opět pomohlo předešlé označení zóny přelepu. Dosažení daného přesahu bylo uskutečněno pouhým sledování překrytu hrany jednoho vzorku s ryskou na druhém. Při přikládání vzorku pro zkoušku na odlup byla sledována návaznost ploch ohnutých o 90°.

Poté, co byly všechny vzorky slepeny, bylo nutné dosáhnout souvislé vrstvy lepidla. Za tímto účelem byly slepy stlačeny po celé lepené ploše. Po stlačení bylo ještě nutné zkontrolovat, případně opravit správné překrytí respektive lícování vzorků. Výšku vrstvy nám zajistily již zmíněné distanční drátky. Následně byly na slepené kusy umístěny páry svorek a to vždy do místa s distančním drátkem viz. obrázek 3.9. Tyto klipsy nám pomohly udržet substráty v žádané vzdálenosti po dobu, než dojde k vytvoření lepeného spoje.



Obr. 3.9 Količky na vzorcích pro odlup a smyk

K vytvrzení bylo nutné vzhledem k použitým lepidlům vystavit spoj zvýšené teplotě. Proto byly slepy vloženy do horkovzdušné sušárny Venticell. Vzorky byly vytvrzovány 20 minut při 180 °C.

## 3.5 Testování slepených vzorků

### 3.5.1 Zkouška pevnosti lepených spojů ve smyku při zatěžování tahem

Zkouška probíhala dle normy PV 12.35, která je do značné míry podobná popisované zkoušce dle EN 1435 v kapitole 2.3.1. Zatěžování bylo provedeno pomocí zkušebního stroje Tiratest 2300, který byl ovládán skrze počítač pomocí programu LabNet. K měření byla použita tenzometrická, siloměrná hlava KAF 20 kN. Program LabNet při správném zadání vstupních údajů po otestování vzorků sám vyhodnotil naměřená data a vytvořil protokoly o provedených zkouškách. Na základě vizuálního hodnocení (obrázek 3.10) byl zjištěn i typ porušení a následně dopsán do protokolů.



Obr. 3.10 Ukázka lomů vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku při zatěžování tahem

Přehled výsledků zkoušky je k nalezení v tabulce 3.6 níže a protokoly jsou dostupné v přílohách 1 – 7.

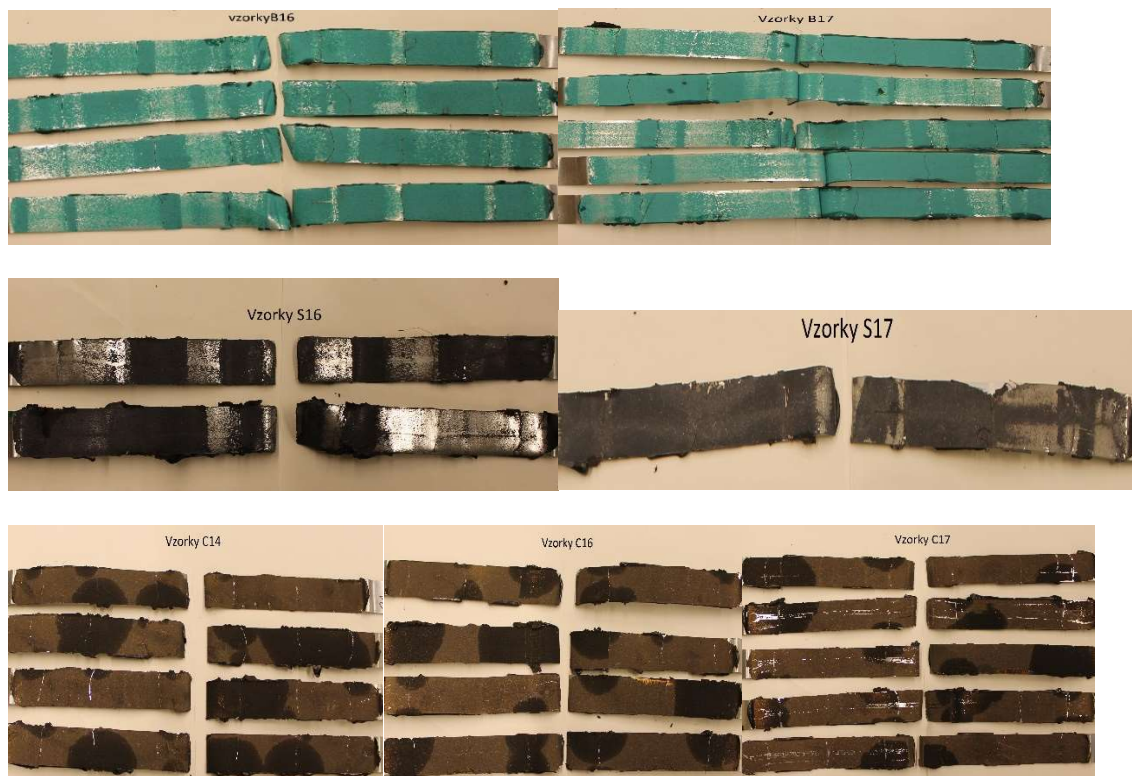
Tab. 3.6 Přehled výsledků zkoušky mez pevnosti ve smyku při zatěžování tahem

Lepidlo	Počet vzorků	Průměrná hodnota meze pevnosti Rm [MPa]	Směrodatná odchylka s [MPa]	Typ porušení [%]		
				CF	SCF	AF
C14 (staré)	5	9,98	0,17	90	10	-
C16 (prošlé)	5	10,19	0,40	100	-	-
C17 (ok)	5	10,73	0,52	100	-	-
S13 (staré)	0	-	-	-	-	-
S16 (prošlé)	5	16,78	0,21	100	-	-
S17 (ok)	5	17,67	0,05	100	-	-
B14(staré)	0	-	-	-	-	-
B16 (prošlé)	5	18,44	0,16	85	15	-
B17 (ok)	5	18,48	0,11	85	15	-

### 3.5.2 T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů

Zkouška probíhala dle normy ISO 11 339 podrobněji popsané v kapitole 2.3.1. Zatěžování bylo provedeno pomocí zkušebního stroje Tiratest 2300 (obrázek 3.1), který byl ovládán pomocí počítače.

Zatěžování probíhalo rychlostí 100 mm/min. Vyhodnocení zkoušek jednotlivých vzorků provedl program LabNet, který zároveň vygeneroval i protokoly o provedených měřeních, které je možno nalézt v přílohách 8 – 14. Na základě visuálního zkoumání porušení byly protokoly doplněny o typ porušení (obrázek 3.11).



Obr. 3.11: Porušení při T-zkoušce

Přehled výsledků je uveden v tabulce 3.7 níže.

Tab. 3.7 Přehled výsledků T-zkoušky v odlupu

Lepidlo	Počet vzorků	Střední odlupovací pevnost $F_{sab}$ [N/mm]	Směrodatná odchylka $s$ [N/mm]	Typ porušení [%]		
				CF	SCF	AF
C14 (staré)	5	2,84	0,11	100	-	-
C16 (prošlé)	5	2,83	0,12	100	-	-
C17 (ok)	5	3,76	0,17	100	-	-
S13 (staré)	0	-	-	-	-	-
S16 (prošlé)	5	5,61	0,54	85	15	-
S17 (ok)	5	6,11	0,43	100	-	-
B14 (staré)	0	-	-	-	-	-
B16 (prošlé)	5	8,83	0,26	100	-	-
B17 (ok)	5	8,92	0,22	100	-	-

### 3.6 Vyhodnocení

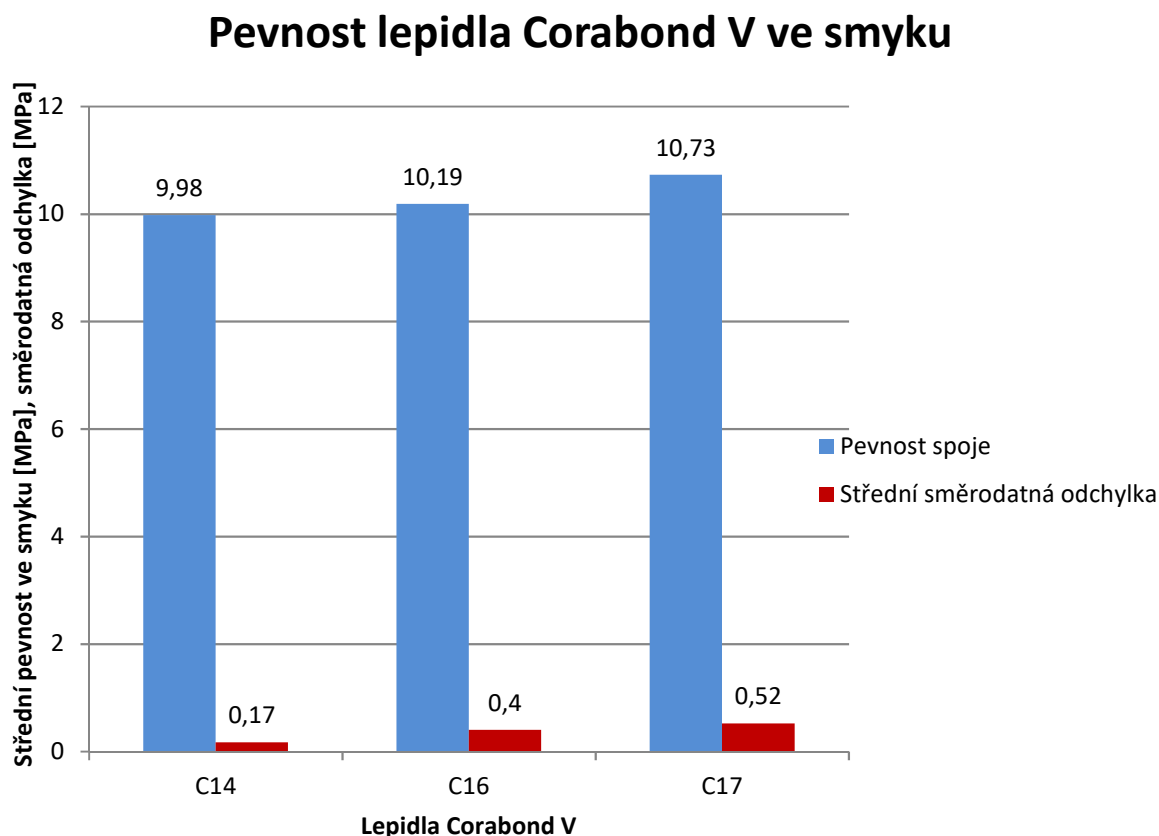
Následující odstavce obsahují vyhodnocení jednotlivých zkoušek pro daná lepidla. Jedná se shrnutí naměřených hodnot z tabulky 3.6 respektive 3.7. Pro přehlednější zobrazení bylo využito sloupcových grafů, které vždy zobrazují průměr z naměřených hodnot spolu se směrodatnou odchylkou.

Vzhledem k charakteru práce, lze již na první pohled vyvodit, že stáří použitého lepidla má vliv na pevnost výsledného lepeného spoje. U všech provedených zkoušek se s prohlubujícím stářím lepidla snižovala pevnost spoje. Během průběhu experimentu se také projevilo, že některými lepidly již z důvodu stáří nelze prakticky lepení provádět. Jmenovitě se jednalo o lepidlo SikaPower 492 značení S13 (40 měsíců po datu spotřeby) a lepidlo Betamate 1440 G značení B14 (32 měsíců po datu spotřeby). Lepidla S13 a B14 proto nebudou uvažována ve vyhodnocení testů, jelikož nebylo možno změřit vlastnosti spojů jimi vytvořených. Lepidla Corabond V, SikaPower 492 a Betamate 1440 G jsou zástupci různých druhů lepidel a proto jejich vzájemné porovnání je značně problematické. Vyhodnocení bylo proto

směřováno spíše vůči jednotlivým skupinám lepidel – kaučuková, epoxidová, epoxidový hybrid.

### Lepidlo Corabond V

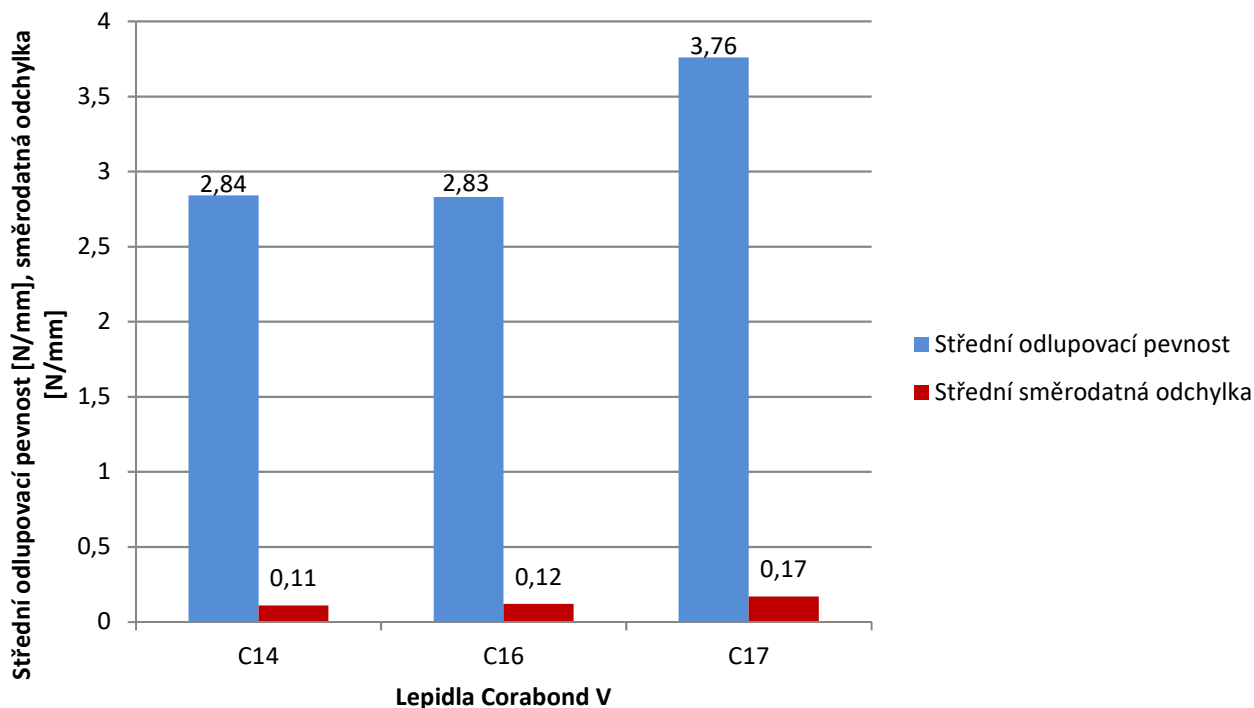
U Corabond V žádná z vybraných šarží lepidla neprojevovala na první pohled známky degradace. Při zkouškách pevnosti ve smyku při zatížení tahem byly naměřeny hodnoty dle tabulky 3.6. Grafické znázornění výsledků je ve grafu. č. 3.1



Graf 3.1 Pevnost lepidla Corabond V

U nejstaršího zástupce kaučukových lepidel Corabond V (C14, 31 měsíců po datu spotřeby) bylo dosaženo pevnosti ve smyku výsledného lepeného spoje  $9,98 \pm 0,17$  [MPa]. U lepidla C16 (11 měsíců po datu spotřeby) byla výsledná pevnost  $10,19 \pm 0,40$  [MPa] a u lepidla C17 (3 měsíce po datu spotřeby) byla výsledná pevnost  $10,73 \pm 0,52$ . Budeme-li brát nejmladší lepidlo C17 jako etalon, který nám představuje 100 % hodnotu pevnosti, došlo u lepidla C16 ke zhoršení pevnosti ve smyku při zatížení tahem o 5 % a u lepidla C14 o 7 %. U lepidel C17 a C16 došlo při zkouškách vždy k plnému koheznímu lomu ( $CF = 100$  [%]). U lepidel C1 byl lom  $CF = 90$  [%] a  $SCF = 10$  [%].

## Střední odlupovací pevnost lepeného spoje



Graf 3.2 Střední odlupovací pevnost u lepidla Corabond V

U lepidla C14 (31 měsíců po datu spotřeby) byla střední odlupovací pevnost  $2,84 \pm 0,11 \left[\frac{N}{mm}\right]$ . U lepidla C16 (11 měsíců po datu spotřeby) bylo dosaženo střední odlupovací pevnost  $2,83 \pm 0,12 \left[\frac{N}{mm}\right]$  a u C17 (3 měsíce po datu spotřeby)  $3,76 \pm 0,17 \left[\frac{N}{mm}\right]$ . U C16 došlo o snížení střední odlupovací pevnosti o přibližně 25 % a u C14 o 24 %. U všech slepěných vzorků bylo při zkoušce pozorováno plné kohézní porušení či-li  $CF = 100$  [%].

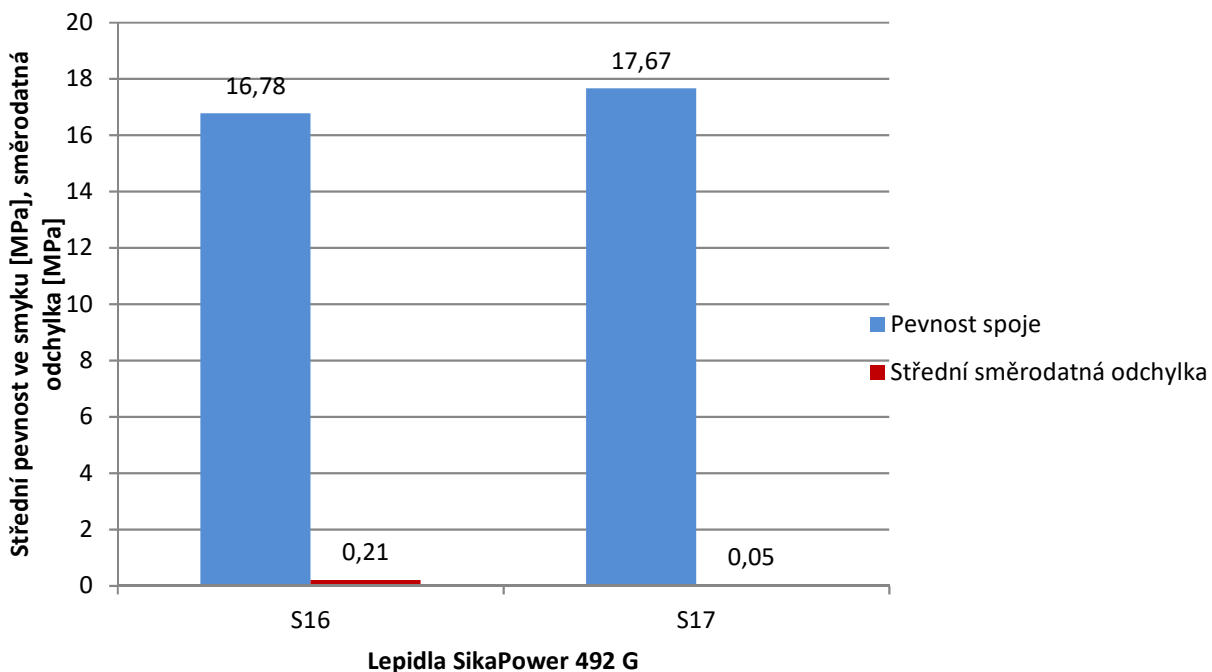
Na základě naměřených dat a s přihlédnutím ke směrodatným odchylkám měření lze usoudit, že u lepidla Corabond V se časem pevnost ve smyku při zatížení tahem liší jen velmi málo (v rádech jednotek procent). Na základě zkoušek na odlup lze vyvodit, že po uplynutí určité doby, se střední odlupovací pevnost snižuje poměrně zásadně. U překročení doby skladovatelnosti o 31 měsíců (C14) se jedná přibližně o jednu čtvrtinu.

### Lepidlo SikaPower 492

Lepidlo S13 (40 měsíců po datu spotřeby) se projevilo stárí tak, že nebylo možno uskutečnit a následně otestovat lepený spoj. U lepidel S16 (12 měsíců po datu spotřeby) bylo dosaženo pevnosti ve smyku výsledného spoje  $16,78 \pm 0,21$  [MPa], zatímco u lepidel S17 (0 měsíců po datu spotřeby – aktuální) byla pevnost spoje  $17,67 \pm 0,05$  [MPa]. Pevnost ve

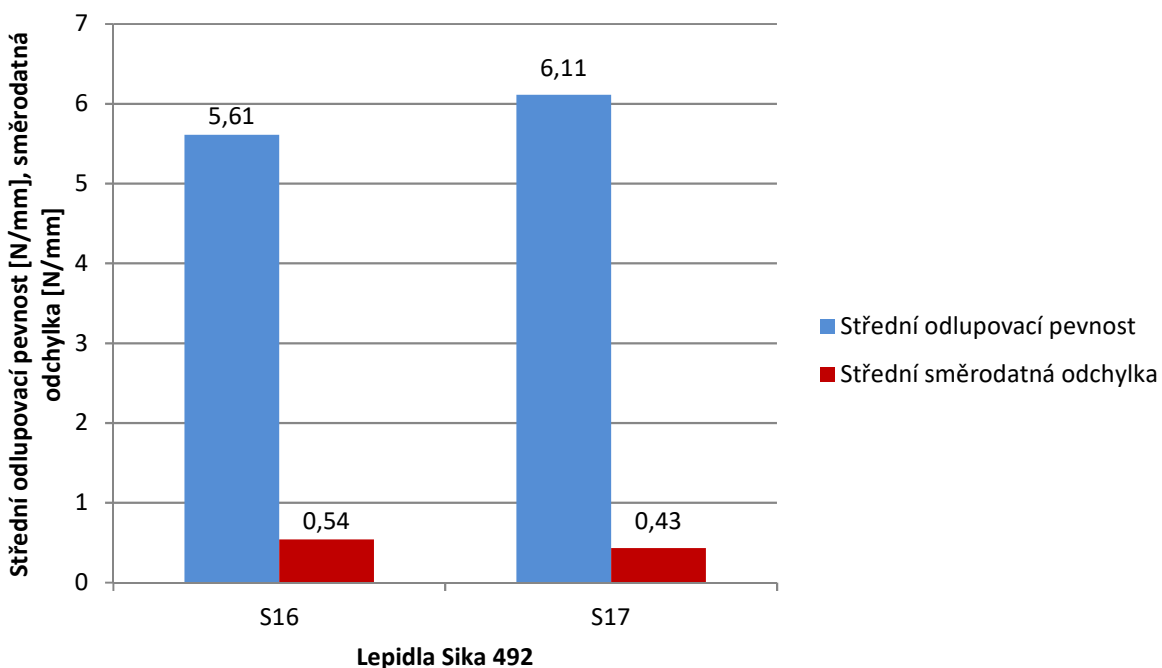
smyku spoje S16 se snížila o 5% U obou zástupců byl po zkoušce vyhodnocen lom jako plně kohézní tzn.  $CF = 100$  [%].

### Pevnost lepidla SikaPower 492 G ve smyku



Graf 3.3 Pevnost lepidla SikaPower 492

### Střední odlupovací pevnost lepeného spoje



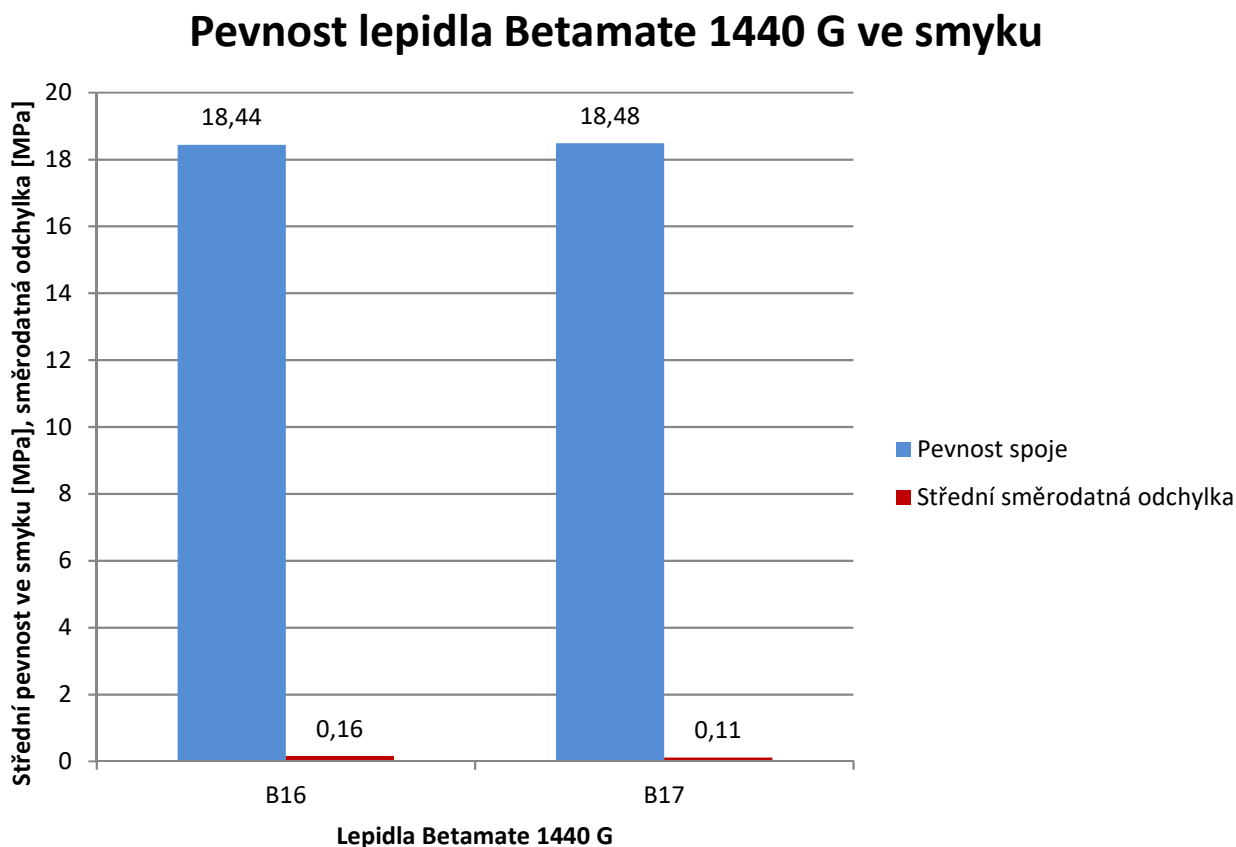
Graf 3.4 Střední odlupovací pevnost u lepidla Sika 492



Střední pevnost v odlupu u lepidla S16 byla  $5,61 \pm 0,54 \left[\frac{N}{mm}\right]$  a u S17 (0 měsíců po datu spotřeby)  $6,11 \pm 0,43 \left[\frac{N}{mm}\right]$ . Došlo tedy k poklesu o 8 %. Porušení u S16 bylo smíšené a to  $CF = 85$  [%] a  $SCF = 15$  [%]. U S17 byl lom plně kohézní ( $CF = 100$  [%]). Na základě získaných hodnot lze usuzovat, že s rostoucím stářím lepidla Sikapower 492 povolna klesají jeho vlastnosti ikdyž ne výrazně, ale po uplynutí odpovídající cca době garantované výrobcem samovolně vytvrdí a je nepoužitelné.

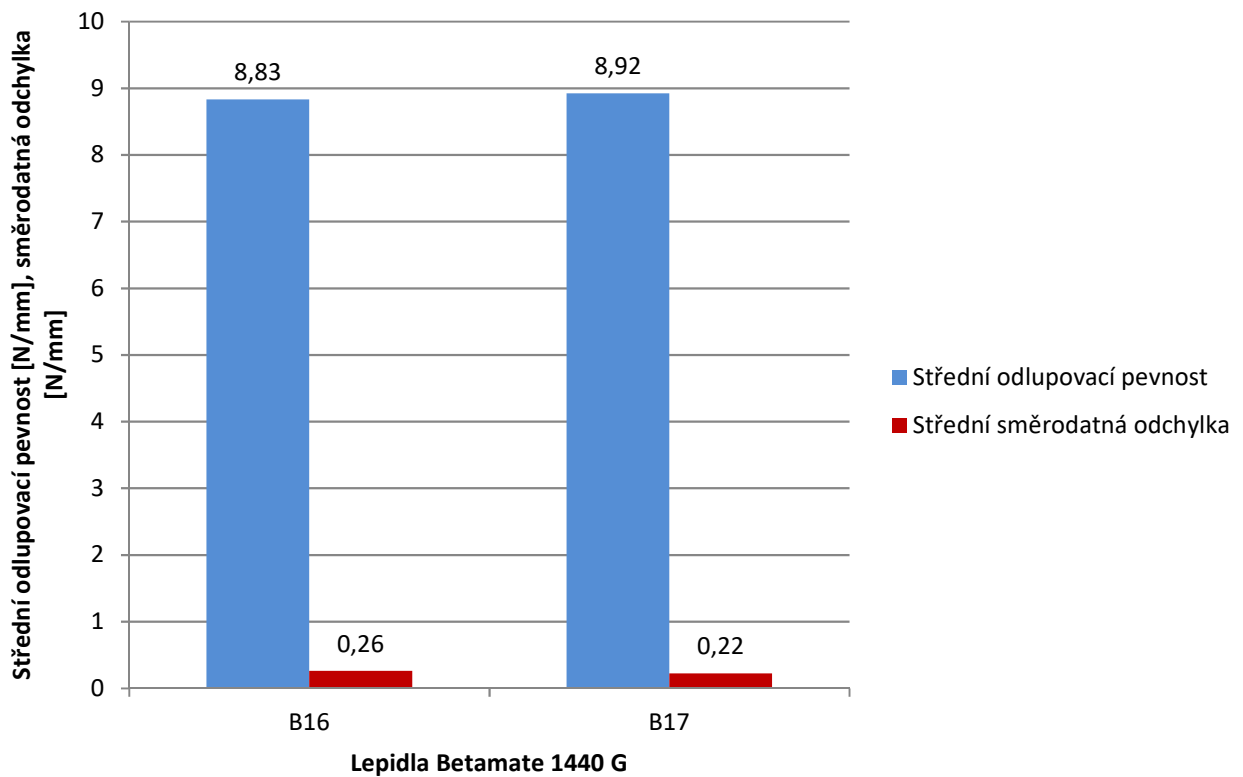
### Betamate 1440 G

Lepidlo B14 (32 měsíců po datu spotřeby) nebylo možné použít pro vytvoření lepeného spoje, neboť bylo ztvrdlé. U lepidla B16 (7 měsíců po datu spotřeby) bylo dosaženo pevnosti spoje ve smyku  $18,44 \pm 0,16$  [MPa] a u lepidla B17 (0 měsíců po datu spotřeby) byla pevnost spoje ve smyku  $18,48 \pm 0,11$  [MPa]. Mezi lepidly B17 a B16 došlo k minimálnímu snížení pevnosti ve smyku. Lom všech testů vzorků byl  $CF = 85$  [%] a  $SCF = 15$  [%].



Graf 3.5 Pevnost lepidla Betamate 1440 G

## Střední odlupovací pevnost lepeného spoje



Graf 3.6 Střední odlupovací pevnost u lepidla Betamate 1440 G

Střední odlupovací pevnost u lepidla B16 byla  $8,83 \pm 0,26 \left[ \frac{N}{mm} \right]$  a u B3 (0 měsíců po datu spotřeby)  $8,92 \pm 0,22 \left[ \frac{N}{mm} \right]$ , co představuje snížení pevnosti B16 o 1 %. Lom u všech slepených vzorků byl čistě kohézní ( $CF = 100$  [%]). Z výše uvedeného je zřejmé že lepidlo Betamate 1440G svoje vlastnosti se zvyšujícím se stářím téměř nemění, opět ale po uplynutí odpovídající cca době garantované výrobcem samovolně vytvrdí a je nepoužitelné.

## 4 Závěr

Ze získaných výsledků práce lze říct, že stáří lepidla má vliv na pevnost lepeného spoje. Jde tak usuzovat z výsledků jak zkoušek slepů na pevnost ve smyku při zatěžování tahem dle PV 12.35, tak i T-zkoušek v odlupu dle ISO 11339.

V praxi existuje velké množství druhů lepidel. V práci byla zkoumána tři různá strukturální lepidla od různých výrobců (PPG, Sika s.r.o a Dow chemical company).

Prvním zástupcem testovaných lepidel bylo kaučukové lepidlo Corabond V. U tohoto lepidla bylo možné využít všechny tři vybrané šarže, protože lepidlo v žádné z šarží nebylo na první pohled nijak poškozeno a bylo možné jej využít k lepení. U spoje slepeného pomocí lepidla C16 došlo o snížení pevnosti ve smyku o 5 % oproti C17. Spoj vytvořený lepidlem C14 dosáhl pevnosti ve smyku nižší o 7 % oproti C17. S přihlédnutím ke směrodatným odchylkám lze však říct, že pevnost lepených spojů ve smyku při zatížení tahem se mění pouze minimálně. Při zatížení na odlup došlo u lepidla C16 ke snížení střední pevnosti v odlupu o přibližně 25 % oproti C17 a u C14 o 24 % oproti C17. Zde je vidět, že střední pevnost v odlupu se snížila, ale pokles mezi mírně prošlým (C16 – 11 měsíců) a velmi starým lepidlem (C14 – 31 měsíců) je nevýrazný a v experimentu během této bakalářské práce s přihlédnutím ke směrodatné odchylce jednotlivých měření nulový. Na základě zkoušek s lepidlem Corabond V můžeme tvrdit, že vliv stáří kaučukových lepidel na pevnost lepeného spoje způsobuje především pokles mechanických vlastností spojů, a má pouze minimální vliv na aplikovatelnost lepidla při lepení.

Druhým zástupcem byla tři různě stará lepidla SikaPower 492. Jedná se o lepidlo na bázi epoxydového hybridu. Nejstarší lepidlo S13 (40 měsíců po datu spotřeby) bylo při otevření zatvrdlé a nebylo možno jej použít k experimentu. U lepidla S16 došlo k poklesu meze pevnosti ve smyku o 5 % oproti S17. Střední pevnost v odlupu byla u S16 nižší přibližně o 8 % oproti pevnosti S17. Na základě výsledků lze říct, že pevnost u lepidel na bázi epoxydového hybridu klesá mírně. Avšak je možné se domnívat, že při použití staršího lepidla než bylo S16 (tedy starší 12 měsíců) by sice spolu s časem nijak výrazně neklesala pevnost výsledného spoje, ale lepidlo by se stávalo méně vhodné k samotnému lepení, až by nakonec přešlo do stavu nepoužitelnosti, stejně jako lepidlo S13. K zjištění hranice, kdy by lepidlo stalo nevhodným k lepení, by bylo zapotřebí otestovat další různě „stará“ lepidla, která by lépe pokryla časový prostor mezi S17 a S13.

Posledním zástupcem bylo čistě epoxidové lepidlo Betamate 1440 G. Nejstarší B14 (32 měsíců po datu spotřeby) bylo při otevření ztvrdlé a pro další experiment zcela nevhodné. U lepidla B16 došlo k poklesu pevnosti lepeného spoje ve smyku o 0,21 % oproti B17. U T-zkoušky bylo dosaženo poklesu o 1 %. Vzhledem k směrodatným odchylkám lze vypožorovat, že pevnost spoje se vlivem stáří lepidla nesnížila. Avšak k vzhledem k výsledkům epoxy-hybridu SikaPower, k trendu, který se ukázal při zkouškách lepidel Betamate a zatvrdnutí B14, se lze domnívat, že i u čistě epoxidových lepidel bychom při zkoumání více zástupců došli k závěru, že existuje určitá doba, po které u tohoto typu lepidla dojde jak k degradaci mechanických vlastností výsledného spoje, tak i k znemožnění lepení z důvodu ztvrdnutí v obalu.

Obecně se v této bakalářské práci podařilo potvrdit předpoklad, že s překročením deklarované doby trvanlivosti jednotlivých konstrukčních, strukturních lepidel, opravdu dochází k poklesu pevnosti výsledného lepeného spoje. U kaučukovitých lepidel není nutno se obávat nefunkčnosti spoje i po využití „prošlého“ lepidla. U epoxidových lepidel by bylo vhodné otestovat i další různě staré zástupce, aby byla nalezena hranice, od kdy dojde k výraznému snížení mechanických vlastností spoje nebo k zatvrdnutí nepoužitého lepidla.

Z výsledků bakalářské práce je zřejmé, že doporučené doby trvanlivosti od výrobců mají opodstatnění. U všech zkoušek se projevilo stárnutí jednotlivých lepidel – došlo ke změně tekutosti, mechanických vlastností spojů apod. Lze doporučit rozšíření spektra co do typů, tak stáří jednotlivých zástupců a zopakování měření z této bakalářské práce k potvrzení či doplnění výsledků.

V dnešní době není nutné a z finančního hlediska je i krajně nevhodné vytvářet velké zásoby výrobního materiálu. Korektní skladování může být složité například z důvodu nutnosti dodržování správných podmínek jako je např. teplota ve skladovacích prostorách viz. kapitola 2.4. Běžné teploty okolí by u teplem vytvrditelných lepidel měly být po celou dobu skladování většinou okolo 20 °C. Pokud však z nějakého důvodu dojde k nutnosti použít lepidlo po datu spotřeby, lze o této možnosti s přihlédnutím k této bakalářské práci uvažovat.

## Seznam použité literatury

- [1] BROCKMANN, W. *Adhesive bonding: materials, applications and technology*. Weinheim: Wiley-VCH, c2009. ISBN 978-3-527-31898-8.
- [2] BROZOVÁ, Veronika. *Vliv nových typů povrchových úprav plechů na kvalitu lepených spojů při stavbě karoserie osobních automobilů*. Liberec, 2012. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Michaela Kolnerová.
- [3] DOUBEK, Pavel a Michaela KOLNEROVÁ. *Základy technologie lepení karosářských výlisků*. Liberec: Technická univerzita, 2014. ISBN 978-80-7494-170-2.
- [4] EBNESAJJAD, Sina. *Adhesives technology handbook*. 2nd ed. Norwich, NY: William Andrew Pub., c2008. ISBN 978-0-8155-1533-3.
- [5] KOLNEROVÁ, Michaela. *Vliv technologických podmínek na vznik zadírání pozinkovaných plechů při tažení*. Liberec, 2005. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Mirko Král.
- [6] KOVAČIČ, Ľudomír. *Lepenie kovov a plastov*. 1. Bratislava: Alfa, 1980.
- [7] Lepení může nahradit klasické techniky spojování. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2015 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/novinka/lepeni-muze-nahradit-klasicke-techniky-spojovani.html>
- [8] MÜLLER, Miroslav. Vliv drsnosti ocelového povrchu na pevnost lepeného spoje. *MM Průmyslové spektrum*. 2003, 3(9), 80.
- [9] *ONSERT: Quick and process-reliable bonding of fastening elements with light-curing adhesives* [online]. , 10 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.boellhoff.cz/static/pdf/downloadcenter/EN/ONSERT-EN-0250.pdf>
- [10] *PLECHY S POVLAKY* [online]. s. 17 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/spt/povrchy.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy.pdf)
- [11] POMETLO, Stanislav. *TECHNOLOGIE ŽÁROVÉHO ZINKOVÁNÍ*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Kateřina Mouralová.
- [12] ZELINKA, Jindřich. *Rozdělení lepidel používaných v automobilovém průmyslu*. Liberec, 2008. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Pavel Doubek.

## **Seznam příloh**

- Příloha č. 1: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla Corabond V – ok
- Příloha č. 2: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla Corabond V – prošlé
- Příloha č. 3: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla Corabond V – staré
- Příloha č. 4: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla SikaPower 492 – ok
- Příloha č. 5: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla SikaPower 492 – prošlé
- Příloha č. 6: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla Betamate 1440 G – ok
- Příloha č. 7: Zkouškový protokol zkoušky pevnosti lepidla Betamate 1440 G – prošlé
- Příloha č. 8: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla Corabond V – ok
- Příloha č. 9: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla Corabond V – prošlé
- Příloha č. 10: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla Corabond V – staré
- Příloha č. 11: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla SikaPower 492 – ok
- Příloha č. 12: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla SikaPower 492 – prošlé
- Příloha č. 13: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla Betamate 1440 G – ok
- Příloha č. 14: Zkouškový protokol T-zkoušky lepidla Betamate 1440 G – prošlé
- Příloha č. 15: Produktový list lepidla Corabond V
- Příloha č. 16: Produktový list lepidla Sikapower 492
- Příloha č. 17: Produktový list lepidla Betamate 1440 G
- Příloha č. 18 Produktový list oleje Anticorit 3802-39S
- Příloha č. 19: Zkouškový protokol zkoušky tahem materiálu DX 56
- Příloha č. 20: Produktový list odmašťovadla C-sol extra

# ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

## PODMÍNKY

Testované lepidlo : Corabond V - OK  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

**PŘÍPRAVA VZORKŮ:** Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků  
 Vytvrzení : 180°C, 20 min.  
 Test při RT

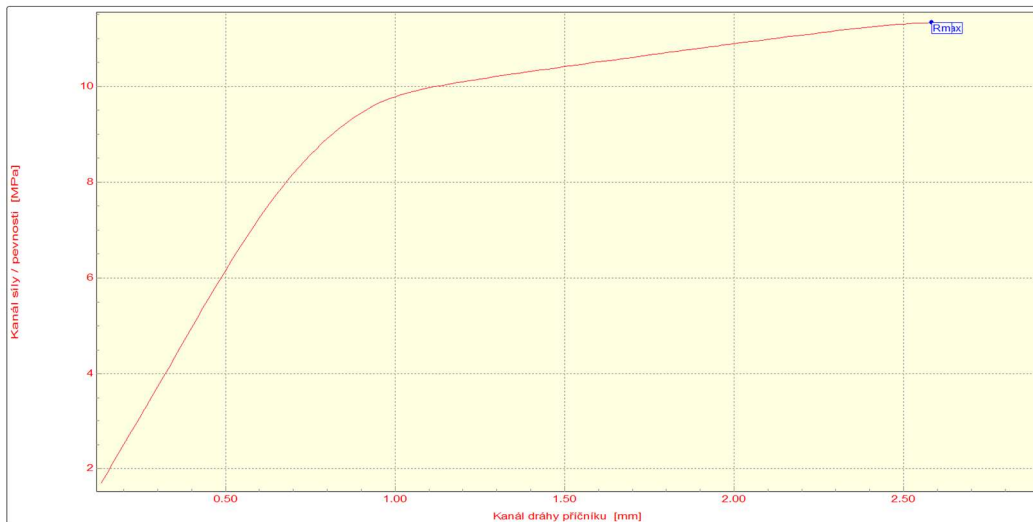
## VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	2832.9	11.33
2	2537.4	10.15
3	2792.4	11.17
4	2570.2	10.28
5	2681.2	10.72

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	2682.8	10.73
Směrodatná odchylka	130.8	0.52



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

# ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

## PODMÍNKY

Testované lepidlo : Corabond V - prošlé  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení : 180°C, 20 min.

Test při RT

## VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

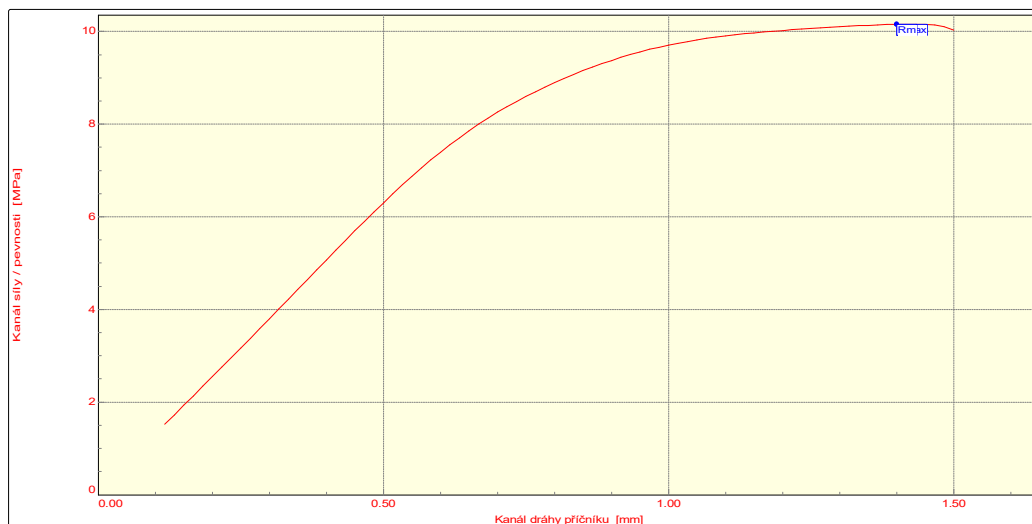
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	2439.1	9.76
2	2689.4	10.76
3	2478.0	9.91
4	2596.1	10.38
5	2539.4	10.16

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	2548.4	10.19
Směrodatná odchylka	98.9	0.40



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>



## ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

### PODMÍNKY

Testované lepidlo : Corabond V  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

**PŘÍPRAVA VZORKŮ:** Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků  
 Vytvrzení : 180°C, 20 min.  
 Test při RT

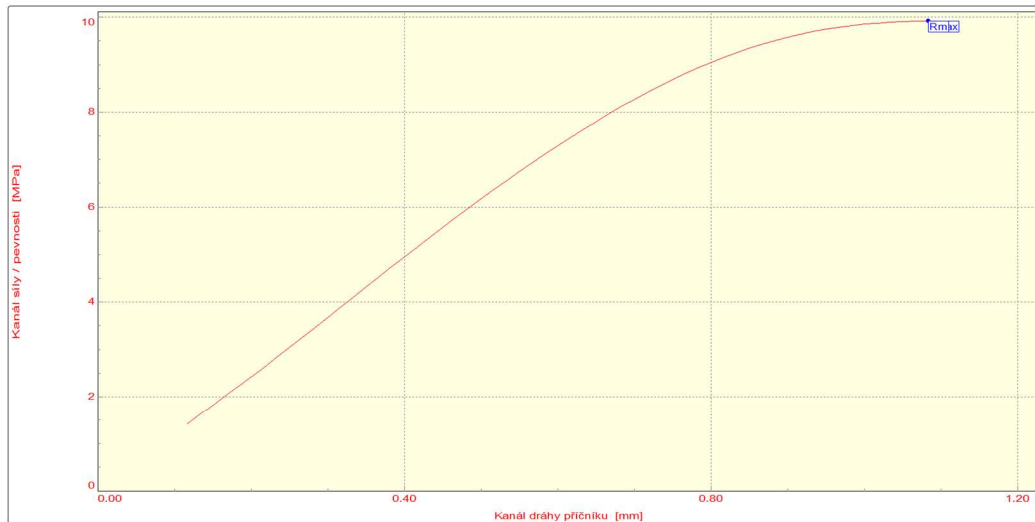
### VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 90  
 SCF: : 10  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	2513.4	10.05
2	2447.8	9.79
3	2380.6	9.92
4	2477.1	9.91
5	2508.4	10.24

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	2465.5	9.98
Směrodatná odchylka	54.3	0.17



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

# ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

## PODMÍNKY

Testované lepidlo : SikaPower 492G - OK  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení : 180°C, 20 min.

Test při RT

## VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

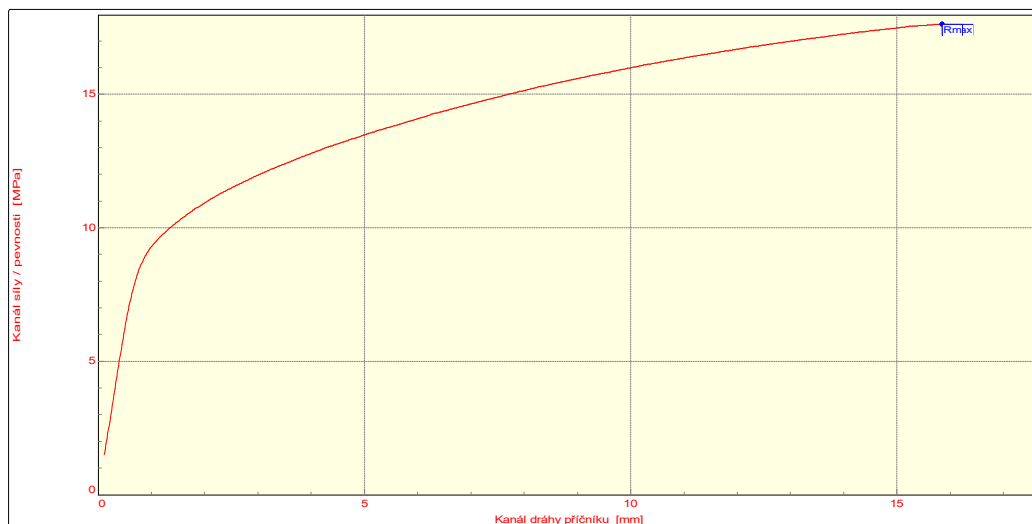
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	4427.0	17.71
2	4317.3	17.62
3	4416.7	17.67
4	4409.1	17.64
5	4435.3	17.74

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	4401.1	17.67
Směrodatná odchylka	47.9	0.05



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

# ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

## PODMÍNKY

Testované lepidlo : SikaPower 492G - prošíé  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení : 180°C, 20 min.

Test při RT

## VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

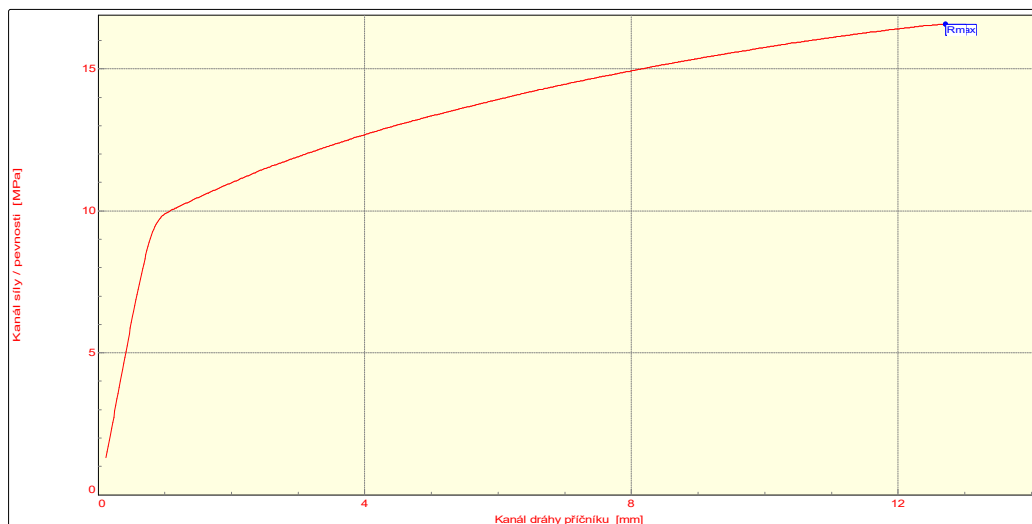
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	4143.0	16.57
2	4159.4	16.64
3	4278.9	17.12
4	4208.5	16.83
5	4191.1	16.76

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	4196.2	16.78
Směrodatná odchylka	52.9	0.21



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

# ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

## PODMÍNKY

Testované lepidlo : Betamate 1440G - OK  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků  
 Vytvrzení : 180°C, 20 min.  
 Test při RT

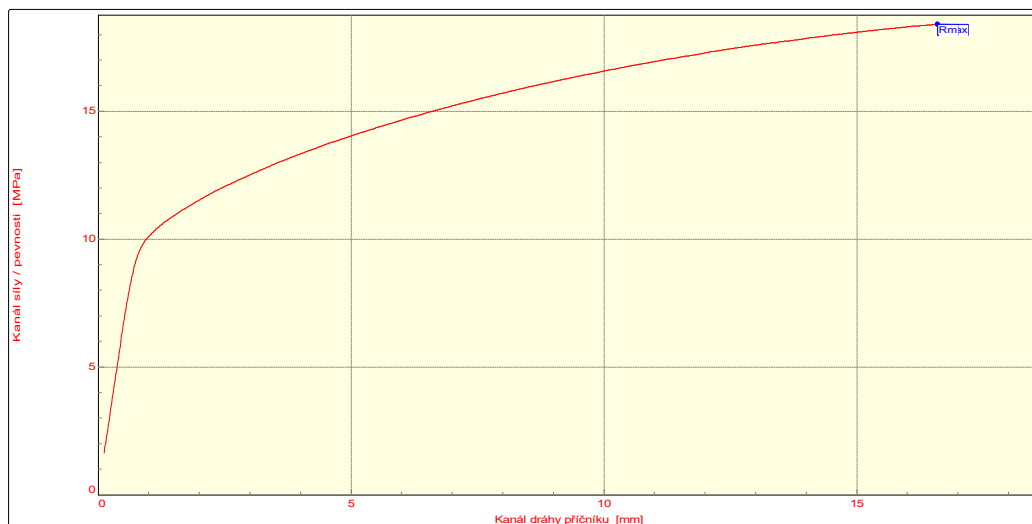
## VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 85  
 SCF: : 15  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	4533.1	18.50
2	4604.2	18.42
3	4608.0	18.43
4	4477.9	18.66
5	4370.8	18.40

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	4518.8	18.48
Směrodatná odchylka	98.8	0.11



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

# ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

## PODMÍNKY

Testované lepidlo : Betamate 1440G - OK  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Podmínky měření : Teplota RT, KAF 20kN  
 Rychlost zatěžování : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků  
 Vytvrzení : 180°C, 20 min.  
 Test při RT

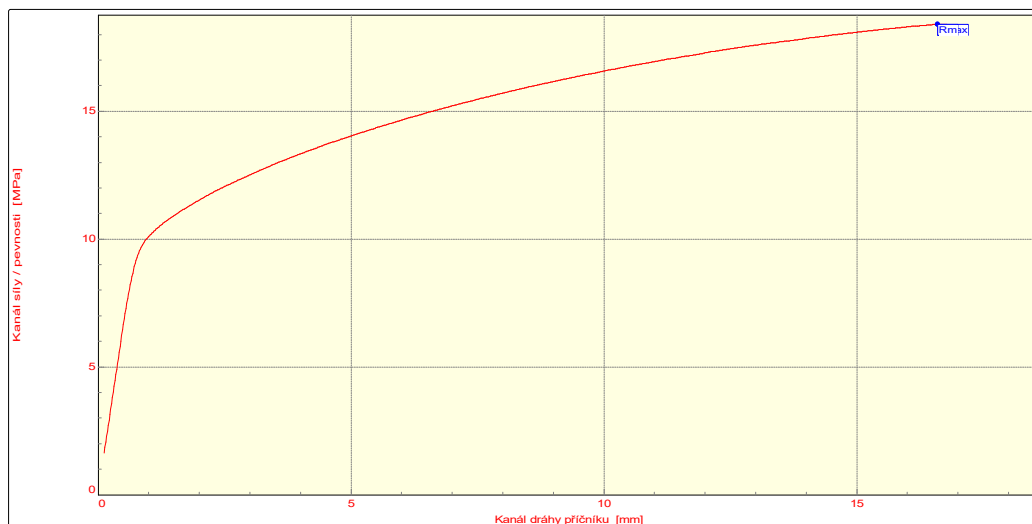
## VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 85  
 SCF: : 15  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Rm MPa
1	4533.1	18.50
2	4604.2	18.42
3	4608.0	18.43
4	4477.9	18.66
5	4370.8	18.40

Statistická hodnota	Fmax N	Rm MPa
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	4518.8	18.48
Směrodatná odchylka	98.8	0.11



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Corabond V - OK  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

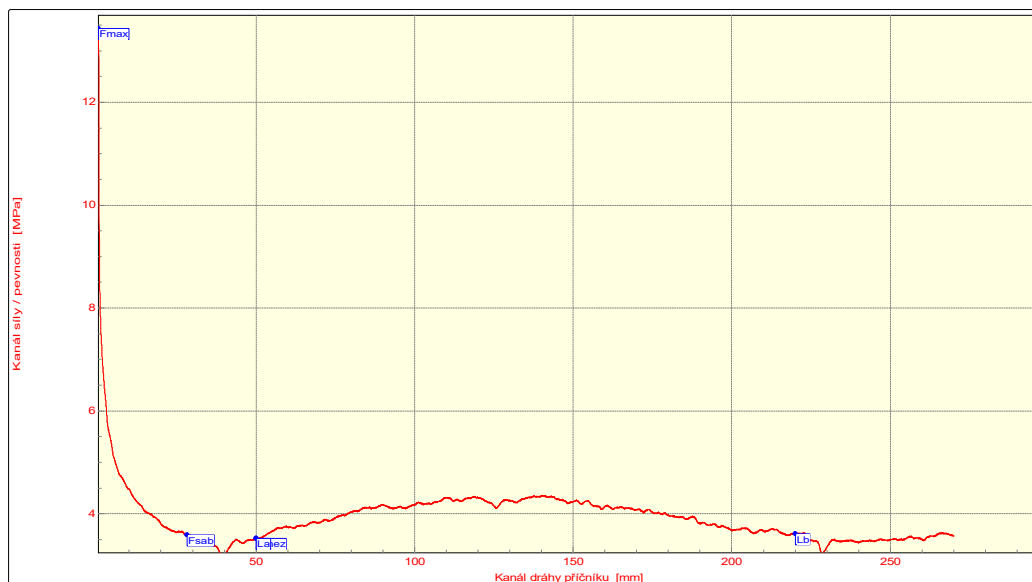
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	335.70	4.02
2	318.48	3.71
3	282.66	3.76
4	539.76	3.55
5	0.00	3.78

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	295.32	3.76
Směrodatná odchylka	193.19	0.17



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Corabond V - prošílé  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

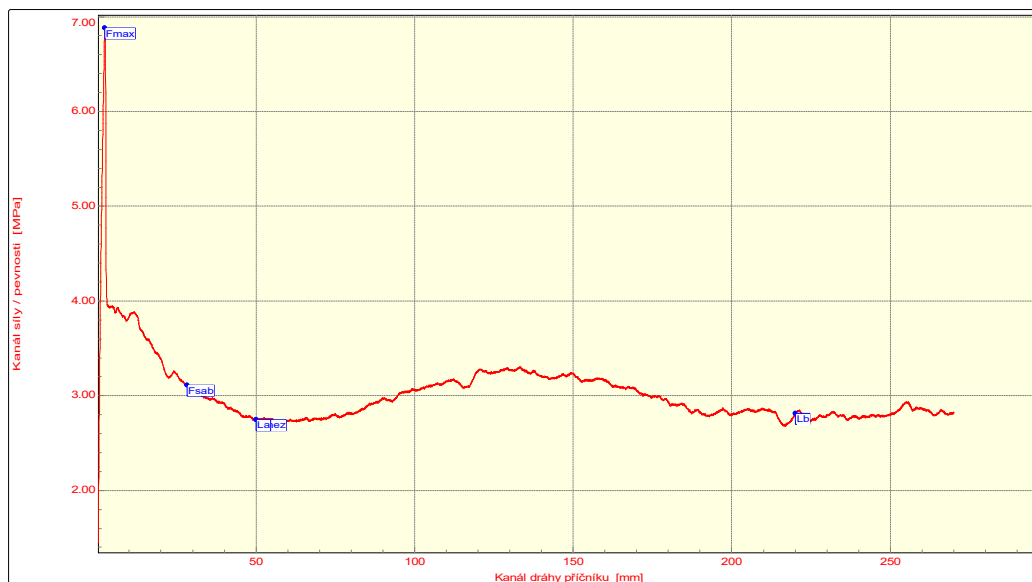
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	0.00	2.74
2	0.00	2.82
3	370.32	2.90
4	172.02	2.99
5	0.00	2.70

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	108.47	2.83
Směrodatná odchylka	164.24	0.12



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Corabond V - staré  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

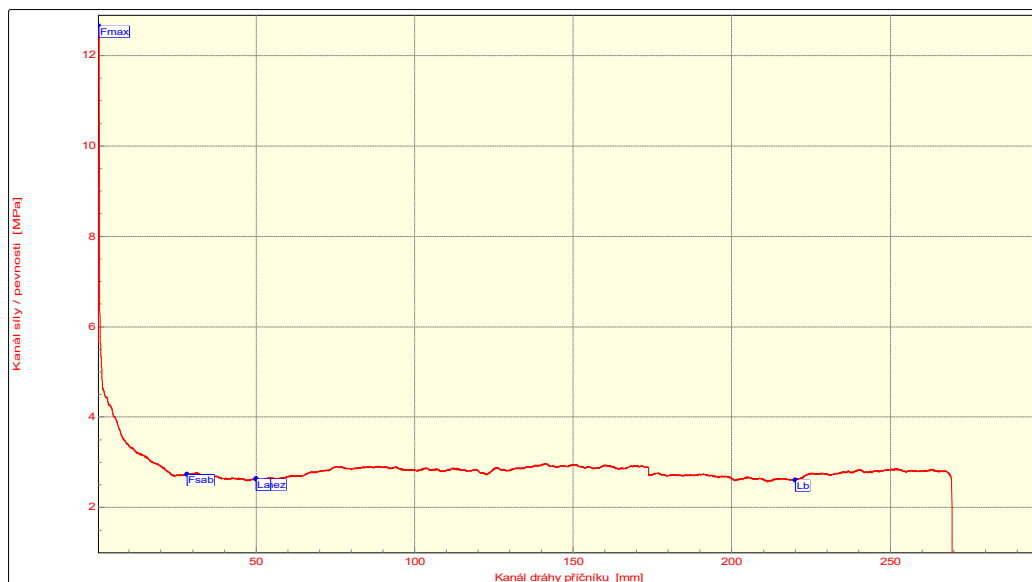
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	0.00	2.93
2	0.00	2.72
3	316.10	2.79
4	0.00	2.98
5	476.28	2.79

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	158.48	2.84
Směrodatná odchylka	224.27	0.11



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>



## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : SikaPower 492G  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

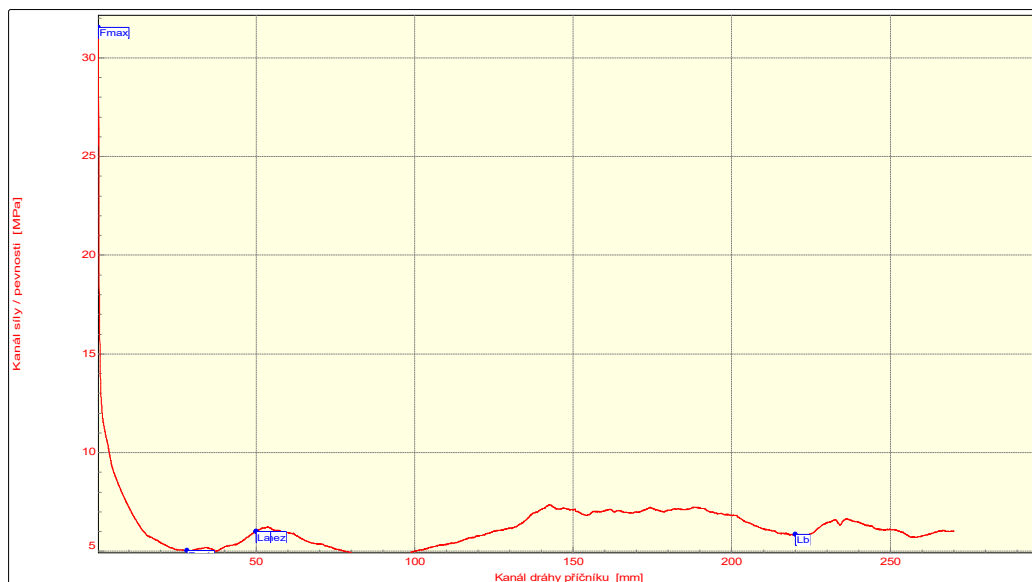
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	788.48	6.21
2	668.26	5.46
3	650.74	6.22
4	998.76	6.02
5	676.86	6.64

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	756.62	6.11
Směrodatná odchylka	145.80	0.43



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : SikaPower 492G  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

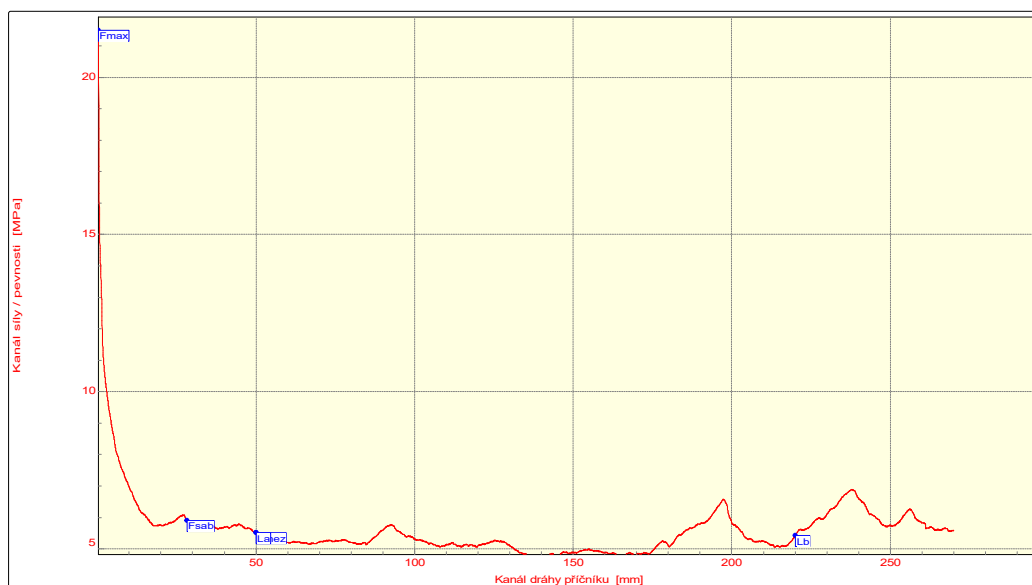
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 85  
 SCF: : 15  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	537.38	5.23
2	525.06	5.99

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	2	2
Průměrná hodnota	531.22	5.61
Směrodatná odchylka	8.71	0.54



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1440G - OK  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

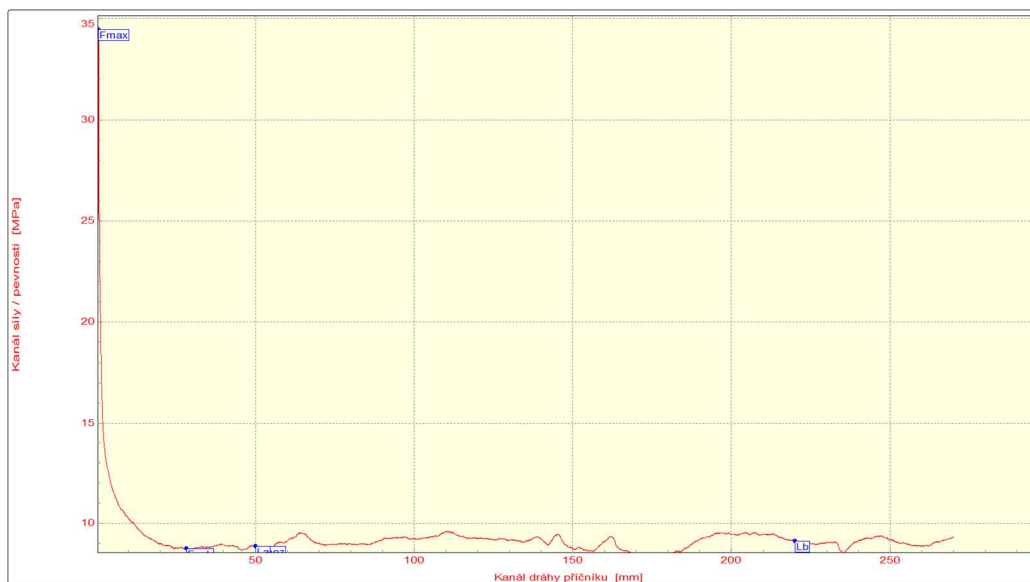
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	861.78	9.10
2	714.10	9.14
3	632.12	8.67
4	300.96	8.71
5	847.72	8.97

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	671.34	8.92
Směrodatná odchylka	227.99	0.22



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů  
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

# ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

## Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1440G - prošlé  
 Testovaný substrát : HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Jan Černý

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	667.94	8.50
2	709.00	8.81
3	871.14	8.65
4	643.66	9.06
5	558.94	9.12

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	690.14	8.83
Směrodatná odchýlka	115.09	0.26



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

---

## **CORABOND V**

### Popis výrobku / Použití:

CORABOND V je jednosložkové strukturální lepidlo ze syntetického kaučuku, používané pro lepení karosářských plechů.

---

### Fyzikální vlastnosti:

Základ	syntetický kaučuk
Barva	černá
Hustota	1,55 g/cm <sup>3</sup> +/- 0,03 ( 20°C )
Obsah pevných složek	> 99%
Podmínky vytvrzování	160 až 200°C / 30 min
Viskozita	250 +/- 0,03 s
Index toku	2,86 bar,( 20 g, 2,6 mm tryska )
Smyková pevnost	ca. 12 MPa ( tloušťka 0,2 mm, 50 mm/min, vytvrzení 30 min / 180°C )

Product Data Sheet  
Version 02 / 2009

## SikaPower®-492

### Semi crash resistant hem flange adhesive

#### Technical Product Data

Chemical base	Epoxy hybrid
Color (CQP <sup>1</sup> 001)	black
Hazard designation	Xi, N
Non-volatile compounds (CQP 576)	> 99 %
Density before / after curing (CQP 576)	1.30 / 1.35 kg/l approx.
Application temperature	50 - 60°C (nozzle)
Viscosity; 50°C, oscillation 5Hz, P/P 25 mm, 1 mm gap (CQP 584-1)	1000 Pa·s approx.
Curing time / substrate temperature	20 min / 175°C
Lap shear strength <sup>2</sup> , at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	20 MPa approx.
Lap shear strength <sup>2</sup> , -30°C / +80°C, at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	22 / 15 MPa approx.
Lap shear strength <sup>2</sup> , 20' 160°C / 40' 200°C, at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	19 / 18 MPa approx.
Lap shear strength <sup>3</sup> , 1.5 mm metal sheet, at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	30 MPa approx.
Dynamic resistance to cleavage <sup>4</sup> (CQP 580-3,-6 / ISO 11343)	30 N/mm approx.
T-Peel strength <sup>5</sup> (CQP 580-2,-6 / ISO 11339)	9 N/mm approx.
Tensile strength <sup>5</sup> (CQP 580-5,-6 / ISO 527)	30 MPa approx.
Elongation at break <sup>5</sup> (CQP 580-5,-6 / ISO 527)	8% approx.
Glass transition temperature, DMTA (CQP 509 / DIN EN ISO 6721, EN 61006)	105°C approx.
Shelf life, at 23°C (CQP 584-1)	8 months

<sup>1</sup> CQP = Corporate Quality Procedures

<sup>2</sup> DC 04 ZE 75/75 0.8 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticorit PL 3802-39 S; adhesive layer: 25 x 10 x 0.3 mm; rate of extension: 10 mm/min.

<sup>3</sup> H320 ZE 50/50 1.5 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticorit PL 3802-39 S; adhesive layer: 25 x 10 x 0.3 mm; rate of extension: 10 mm/min.

<sup>4</sup> DC 04 ZE 75/75 0.8 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticorit PL 3802-39 S; adhesive layer: 20 x 30 x 0.3 mm; impact speed: 2.0 m/s.

<sup>5</sup> DC 04 ZE 75/75 0.8 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticorit PL 3802-39 S; adhesive layer 25 x 100 x 0.3 mm; rate of extension: 100 mm/min.

<sup>6</sup> Rate of extension: 2 mm/min.

#### Description

SikaPower®-492 (LVP) is a one-part, warm-applied, heat-curing high-structural, impact modified adhesive based on epoxy.

SikaPower®-492 (LVP) is designed for sheet metal assembly work in the body shop and is cured with heat, e.g. in the paint oven, to form a high-performance thermoset.

SikaPower®-492 (LVP) is manufactured in accordance with ISO 9001/ 14001 quality assurance system and with the Responsible Care program.

#### Product Benefits

- One-part
- High strength
- Adheres well to oily substrates
- Very high resistance to washing out
- Suitable for joining different metals
- Contains fine glass beads
- Distortion-free joining
- Provides protection against corrosion
- No damage to substrates
- Contains no solvents, PVC or isocyanates

#### Areas of Application

SikaPower®-492 (LVP) is suitable for high structural bonding of different types of metal. As an adhesive product it is designed for use as a hem flange bonding adhesive. The glass beads contained in the adhesive provide a uniform layer of adhesive in the gap and help to reduce excessive material squeeze out. The bonding of oily substrates (standard anti-corrosion treatment and deep drawing oils, approx. 2 g/m<sup>2</sup>) is possible because of the oil uptake during the heat curing that is an essential part of the process.





Dow Automotive

Technical Datasheet

# BETAMATE™ 1440G

## Crashresistant Structural Adhesive

### Description / Application:

BETAMATE™ 1440G is a one component, epoxy based adhesive filled with glass beads especially developed for the body shop. The adhesive is used in the car to increase the operation durability, the crash performance and the body stiffness.

### Properties:

- Excellent process and storage stability
- Excellent adhesion to automotive steels, including coated steels and pretreated aluminium with good tolerance to oils and dry lubes
- Stiffness and crash stability increase of the entire car body
- High durability of the adhesive and the adhesive bond
- Protection of the metal and weld points against corrosion due to its sealing capability
- Compatible with other mechanical and thermal joining techniques
- Compatible with the electrocoat process
- Wash-off resistant
- Precurable
- Up to six weeks open time in the uncured bond

### Application:

The product is cold applicable or can be applied at temperatures of about 30 to 60°C. It can be applied as a bead, can be swirled or jet streamered. It can be applied with the following parameters:

application speed	200 - 500 mm/s
temperatures:	recommended:
follower plate	cold pumpable or 30 - 40°C
follower plate - doser	Per heating zone approx. 5°C heat increase.
nozzle	40 - 55°C
	45 - 60°C

For an optimum tack of the adhesive, the parts to bond should be stored at 15°C or higher. In case of a longer application break (such as longer than 48 hours) the heating of the application equipment should be switched off.

All Dow Automotive products are primarily developed in co-operation with the automobile manufacturers, according to their needs and their specifications; they are approved for the specific applications as defined by the customer.

The use of the product other than approved application have to be released in written form by the Technical Service of Dow Automotive.

## Technical Data:

<b>Basis</b>	epoxy resin
<b>Colour</b>	Green-blue
<b>Density 23°C (DIN 52451)</b>	1.25 g/ml
<b>Solid Content</b>	> 99%
<b>Viscosity/Yield Point (45°C, Bohlin, Casson)</b>	46 Pas / 410 Pa
<b>G' at 0.05% deformation, h' and tan δ at 10% deformation (AntonPaar MCR 302, DIN 54458 at 45°C)</b>	22000 Pa / 230 Pas / 2.5
<b>Curing Condition</b>	> 140°C / 30 minutes
<b>Standard Curing</b>	180°C / 30 minutes
<b>Tensile Strength (DIN EN ISO 527-1)</b>	31 MPa
<b>Elongation at Break (DIN EN ISO 527-1)</b>	approx. 10 %
<b>E-Modulus (DIN EN ISO 527-1)</b>	1830 MPa
<b>Lap Shear Strength (DIN EN 1465) (CRS 1403, 1.5 mm) Adhesive layer thickness: 0.2 mm Bonded area: 25x10 mm</b>	30 MPa
<b>T-Peel Strength (DIN EN ISO 11339) (DX56 D Z100 MC, 0.8mm) Adhesive layer thickness: 0.2 mm Bonded area: 25x100 mm</b>	10 N/mm
<b>Impact Peel Strength (ISO 11343) (CRS 1403, 1mm, 2m/s) Adhesive layer thickness: 0.2 mm Bonded area: 20x30 mm</b>	46 N/mm
<b>Bonding Surface Preparation</b>	The material has been designed to tolerate up to 5 g/m <sup>2</sup> of surface oil.
<b>Application Tool</b>	<b>Cartridges:</b> hand-operated or pneumatic heated gun with mechanical piston. <b>Drums, pails:</b> heated pumping system.
<b>Cleaning</b>	Uncured material can be removed with BETACLEAN™ 3510. <b>Attention:</b> The contact with bonded areas should be avoided.
<b>Containers</b>	Drums, pails: 25 kg, 45 kg and 200 kg (re-usable pails with PE-liner). Cartridges: 0,36 kg
<b>Shelf life</b>	At temperatures between 5 and 15°C: 12 months At temperatures between 15 and 28°C: 10 months

The given data are standard values.

---



## Health and Safety

### Bulk Exothermic Reaction

The material curing reaction is exothermic. If the material is held in bulk the reaction is accompanied by a rapid build-up of exothermic heat. To avoid the risk of this bulk exothermy, containers of the material should in no circumstances be heated by e.g. hot plates or simple drum heaters. If heating a bulk quantity of the material is considered necessary, advice should be sought.

### Caution

The adhesive resins are generally quite harmless to handle provided that certain precautions normally taken when handling chemicals are observed. The uncured materials must not, for instance, be allowed to come into contact with foodstuffs or food utensils, and measures should also be taken to prevent the uncured materials, from coming into contact with skin, since people with particularly sensitive skins may be affected. The wearing of impervious rubber or plastic gloves will normally be necessary, likewise the use of eye protection. The skin should be thoroughly cleaned at the end of each working period by washing with soap and warm water. The use of solvents is to be avoided. Disposable paper - not cloth towels - should be used to dry the skin. Adequate ventilation of the working area is recommended. For further and more detailed precaution measures see the Health and Safety Data Sheet.

### **Notice:**

Quality is our utmost goal. Dow Automotive works according to a modern quality management system conforming to international standard ISO/TS 16949.  
All sites of Dow Automotive are certified according to ISO 14001.

All statements, technical information and recommendations contained in this document are based on tests that we deem reliable. However, the customer is responsible to determine the suitability of the product for customer's intended purpose. No freedom from any patent owned by Dow or others is to be interfered.

**NO WARRANTIES ARE GIVEN. ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.**

#### **Dow Automotive (Schweiz)**

Dow Europe GmbH  
Bachtobelstrasse 3  
CH-8810 Horgen  
Tel. +41 (0)44 728 21 11  
Fax +41 (0)44 728 29 35

#### **Dow Automotive (Deutschland) GmbH**

Am Kronberger Hang 4  
D-65824 Schwalbach  
Tel. +49 (0)619 65 66 0  
Fax +49 (0)6196 566 444

#### **Dow Automotive (USA)**

The Dow Chemical Company  
250 Harmon Road  
Auburn Hills USA  
MI - 48326  
Tel. +001 248 391 63 00  
Fax +001 248 391 64 17

#### **Dow Automotive (España)**

Dow Chemical Iberica S.L.  
Calle Camino del Corral, 7 (Pol. Ind. Alcamar)  
E-28816 Camarma de Esteruelas  
Tel. +34 (91) 886 61 43  
Fax +34 (91) 886 75 60

#### **Dow Automotive (UK)**

Dow Chemical Company Limited  
2 Heathrow Boulevard  
284 Bath Road  
West Drayton  
Middlesex, UB7 0DQ  
Tel. +44 (0)208 917 500  
Fax +44 (0)208 917 5400

#### **Dow Automotive (Italy)**

Dow Italia s.r.l.  
Via Patrocle 21  
I-20151 Milan  
Tel. +39 (0)2 48 22 1  
Fax +39 (0)2 48 22 40 66

# Produkt- I N F O R M A C E



## ANTICORIT PL 3802-39 S

PI 3-4211

### Popis

ANTICORIT PL 3802-39 S je olej typu Prelube, to znamená ochranný antikorozní olej i tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách.

ANTICORIT PL 3802-39 S se vyznačuje následujícími speciálními vlastnostmi:

- bezpečná antikorozní ochrana i za extrémních klimatických podmínek
- optimální tvářecí výkon i pro obtížné tahy
- vhodnost pro zušlechťené plechy (Z, ZE, ZNE, ZF, fosfátované i nefosfátované), jakož i pro normální ocelové plechy
- snadná odstranitelnost i po stárnutí a tepelném zatížení
- kompatibilita se všemi běžnými tepicími systémy při výrobě automobilů
- vysoká snášenlivost s katalytickými laky a laky s nízkým obsahem rozpouštědel a pigmentů
- nezatěžuje pracovní prostředí díky základovému oleji bez obsahu těžkých kovů a halogenů a s nízkým obsahem aromátů.

ANTICORIT PL 3802-39 S se používá převážně jako konzervační olej v ocelárnách, může však být nanesen i jako tvářecí látka bezprostředně před tvářením.

### Použití

Nanášení lze provádět všemi způsoby nástřiku (přednostně elektrostaticky) ale také naválcováním.

Doporučená pracovní teplota pro nástřik a filtraci je 40 - 65 °C.

Jako u všech tixotropních látek může dojít po delší době skladování k lehkému usazování látek, zajišťujících tixotropní účinky.

ANTICORIT PL 3802-39 S je skladovatelný v uzavřeném originálním balení při teplotě 5 - 40 °C minimálně 5 let.

### Charakteristika

Vlastnosti	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Číslo barvy	-	3,5	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	915	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	60	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	196	DIN ISO 2592
Obsah vody	% hmotnosti	< 0,2	DIN 51 777-2
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromátů v základovém oleji	% hmotnosti	< 7	Zkušební metoda VN čis. TML 1 *)
<b>Antikorozní vlastnosti (St 1405)</b>			
Kondenzační komora	h	200	ASTM D 1748
Klimatická komora	cykly	> 20	DIN 51 386-1
Solná komora	h	24	DIN 50 021 SS

\*) VM = zkušební metoda Vauxhall Motors Limited

# STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

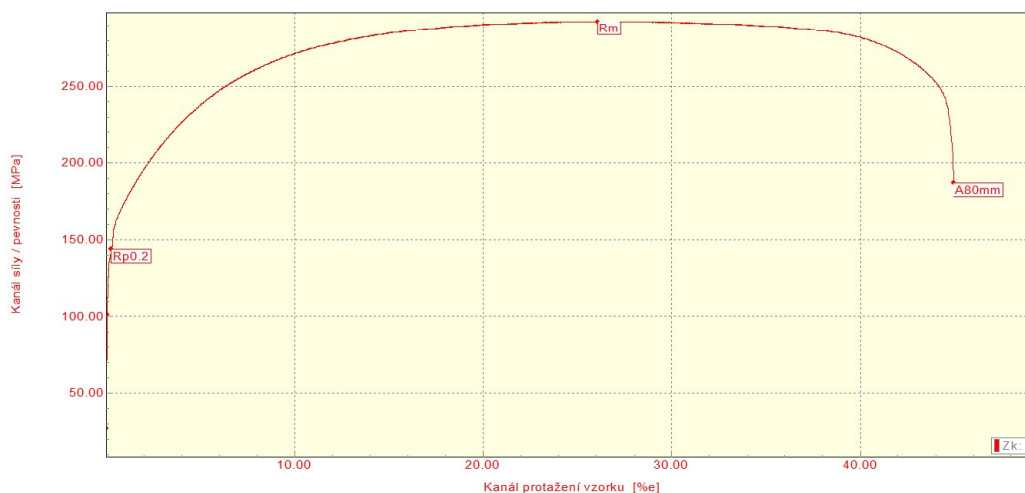
## EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : DX 56 Z100 MBO  
 Norma : ČSN EN ISO 6892-1  
 Rozměry vzorku : [20 x 0,8] mm  
 Směr odebrání : 0°  
 Rychlost deformace : proměnná 1(15) mm/min.  
 Vypracoval : Jan Černý

### VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	Rp0.2 MPa	Rm MPa	Ag %	A80mm %
1	143.6	292.7	25.89	44.87
2	143.5	292.4	25.90	45.34

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	Ag %	A80mm %
Počet zkoušek	2	2	2	2
Průměrná hodnota	143.6	292.6	25.90	45.10
Směrodatná odchylka	0.1	0.2	0.01	0.33
Minimální hodnota	143.5	292.4	25.89	44.87
Maximální hodnota	143.6	292.7	25.90	45.34



### TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie  
 Oddělení tváření kovů a plastů  
 Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>



## C-sol (Extra)

<b>Popis:</b>	kapalina C-sol (Extra) je směsí ropných uhlovodíků bez obsahu halogenů	
<b>Použití:</b>	k bezoplachovému odmašťování a čištění dílů za studena v postřikových, máčecích nebo ručních strojích, ideální pro opravy, údržby, průmyslové provozy s hrubším znečištěním, pro mytí elektrických dílů a zařízení	
<b>Vlastnosti:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ vynikající čisticí schopnost</li><li>➤ účinnost na většinu olejů, tuků, vazelín a vosků</li><li>➤ vyhovující odpařivost</li><li>➤ nepoškozuje čištěný povrch</li><li>➤ nezpůsobuje korozi materiálů</li><li>➤ ideální pro ocel, hliník, zinek, měď, titan</li><li>➤ vysoká sytnost</li><li>➤ zasychá bez map</li><li>➤ obsah aromátů do 0,03 % hm</li><li>➤ minimální zatížení ovzduší</li></ul>	
<b>Parametry:</b>	bod vzplanutí	63 °C
	hustota při 15°C	790 kg/m <sup>3</sup>
	viskozita při 25°C	1,23 mm <sup>2</sup> /s
	třída hořlavosti	III
<b>Balení:</b>	50 l, 160 l, 200 l	
<b>Likvidace:</b>	společnost QTS CZ s.r.o. garantuje na území ČR zpětný odběr použité náplně k ekologické likvidaci	

QTS CZ s.r.o.  
Kydlinovská 245  
503 01 Hradec Králové  
www.qts.cz

Tel.: 602 412 577  
495 532 763

prodej@qts.cz