



# HODNOCENÍ LEPENÝCH SPOJŮ POUŽÍVANÝCH VE SMÍŠENÉ KONSTRUKCI

## Diplomová práce

*Studijní program:* N2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2303T002 – Strojírenská technologie  
*Autor práce:* **Bc. Štěpán Suk**  
*Vedoucí práce:* Ing. Pavel Doubek, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Štěpán Suk**  
Osobní číslo: **S12000465**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojírenská technologie**  
Název tématu: **Hodnocení lepených spojů používaných ve smíšené konstrukci**  
Zadávací katedra: **Katedra strojírenské technologie**

### Zásady pro vypracování:

1. Současné trendy vývoje karoserie osobních automobilů.
2. Seznámení se s problematikou technologie lepení při stavbě karoserie.
3. Experimentální určení pevnosti lepených spojů smíšených vzorků.
4. Vyhodnocení naměřených výsledků.
5. Závěr.



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 50

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] KOL. *Strukturkleben im Fahrzeugbau*, Verlag Moderne Industrie, DOW Automotive, Germany, 2006.
- [2] BROCKMANN, WALTER, GEISS, PAUL L. *Adhesion Technology*, 2008.
- [3] ASM HANDBOOK. *Volume 8 - Mechanical Testing and Evaluation*. 10th ed. Materials Park: ASM International, 2000. s. 998. ISBN 0-87170-389-0.
- [4] ČSN EN ISO 6892-1. *Kovové materiály - Zkoušení tahem - Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 64 s. Třídící znak 420310.
- [5] *Technické materiály od výrobců a zpracovatelů lepidel a plechů*.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Pavel Doubek, Ph.D.**

Katedra strojírenské technologie

Konzultant diplomové práce:

**Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.**

Katedra strojírenské technologie

Datum zadání diplomové práce: 2. března 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 2. června 2016

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 2. března 2015

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou 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 diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou 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.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

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

Datum:

Podpis:

# **Hodnocení lepených spojů používaných ve smíšené konstrukci**

## **The evaluation of bonded joints used in a mixed construction**

### **Anotace**

Diplomová práce se zabývá současnými trendy konstrukce smíšených karoserií osobních automobilů a experimentálním ověřením kvality lepených spojů v různých kombinacích materiálů používaných v automobilovém průmyslu. Pro hodnocení jsou vybrány dva druhy lepidel, určených pro lepení současných karoserií. Porovnávají jsou čtyři druhy materiálů v různých kombinacích.

### **Klíčová slova**

Pevnost v odlupu, lepení, karoserie, smíšená konstrukce, substrát, lepidlo, ocel, adheze, koheze, svařování

### **Annotation**

This thesis deals with current trends in design of mixed bodywork of cars and experimental verification of quality of adhesives bonded joint in different combinations of materials used in automotive industry. Two types of adhesives that are used for bonding the current bodywork are selected for the experiment. Four kinds of materials in different combinations are compared.

### **Key words**

Peel strength, bonding, bodywork, mixed structure, substrate, adhesive, steel, adhesion, cohesion, welding

## Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlovi Doubkovi, Ph.D. za obětavou pomoc při řešení zadaného tématu nejen v teoretické rovině, ale i za vedení při experimentálním měření. Dále děkuji za cenné rady při vypracování diplomové práce Ing. Michaele Kolnerové, Ph.D..

Diplomová práce vznikla na základě finanční podpory projektu studentské grantové soutěže /SGS 21005/ ze strany Technické univerzity v Liberci v rámci podpory specifického vysokoškolského výzkumu.

# Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	TEORETICKÁ ČÁST .....	13
2.1	KAROSERIE SOUČASNÝCH AUTOMOBILŮ.....	13
2.2	MATERIÁLY KAROSERIÍ A JEJICH MOŽNOSTI SPOJOVÁNÍ.....	14
2.2.1	Oceli používané při stavbě karoserií .....	15
2.2.2	Hliník a jeho slitiny.....	18
2.2.3	Kovové pěny.....	20
2.2.4	Hořčík a jeho slitiny .....	21
2.2.5	Titan a jeho slitiny.....	21
2.2.6	CFRP kompozit (Carbon-fiber-reinforced polymer).....	22
2.2.7	Kompozitní materiál Inrekor .....	22
2.2.8	Vyztužující kompozitní folie .....	23
2.3	TEORIE LEPENÍ .....	23
2.3.1	Základní pojmy teorie lepení .....	24
2.3.2	Proces lepení .....	25
2.3.3	Konstrukce lepených spojů .....	26
2.3.4	Lepidla pro lepení karoserie automobilů .....	27
2.3.5	Zkoušky lepených spojů .....	30
2.3.6	Výhody lepených spojů .....	32
2.3.7	Nevýhody lepených spojů .....	35
2.3.8	Lepení a další metody spojování karoserií.....	36
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	41
3.1	CÍL EXPERIMENTU.....	41
3.2	POUŽITÉ SUBSTRÁTY .....	43
3.3	URČENÍ ZÁKLADNÍCH MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ .....	44
3.3.1	Výsledky tahové zkoušky .....	45
3.4	MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU .....	47
3.4.1	Výsledky měření drsnosti povrchu .....	48
3.5	PŘÍPRAVA VZORKŮ PRO ZKOUŠKU V ODLUPU DLE ISO 11339 .....	49
3.6	ZKOUŠKA PEVNOSTI V ODLUPOVÁNÍ DLE ISO 11 339.....	54
4	DISKUSE VÝSLEDKŮ.....	60
5	ZÁVĚR.....	65
6	SEZNAM LITERATURY .....	70
7	SEZNAM PŘÍLOH .....	75

## Seznam použitých zkratek a symbolů

$A_{80\text{mm}}$	Tažnost	[%]
$\alpha$	Kontaktní úhel	[°]
AF	Adhezivní porušení	
AHSS	Pokročilé vysokopevnostní oceli	
Al	Hliník	
ANK	Korozivzdorná ocel	
b	Šířka lepeného spoje	
BH	Tepelné vytvrzení	
CF	Kohezní porušení	
CFRP	Polymer vyztužený uhlíkovými vlákny	
CP	Komplexní fáze	
CRS	Ocel bez povrchové úpravy	
Cu	Měď	
ČSN	Česká technická norma	
DIN	Německá průmyslová norma	
DP	Dvoufázová ocel	
EN	Anglická norma	
$F_{\text{max}}$	Maximální tahová síla	[N]
$F_{\text{m}}$	Maximální tahové zatížení	[N]
$F_{\text{s}}$	Střední síla v odlupu	[N]
$F_{\text{sab}}$	Střední pevnost v odlupu	[N.mm <sup>-1</sup> ]
$\overline{F_{\text{sab}}}$	Průměrná hodnota pevnosti v odlupu	[N.mm <sup>-1</sup> ]



$F_{p0.2}$	Síla způsobující plastickou deformaci	[N]
HDG	Žárově pozinkovaná ocel	
HF	Tepelné tváření	
HSLA	Vysokopevnostní nízkolegované oceli	
HSS	Vysokopevnostní oceli	
IF	Ocel bez intersticií	
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci	
I	Protékající proud na odporu	[A]
Mg	Hořčík	
Mn	Mangan	
MS	Martenzitická ocel	
n	Počet vzorků	
$L_0$	Počáteční měřená délka	[mm]
$L_u$	Konečná měřená délka	[mm]
PVA	Polyvinylalkohol	
PVC	Polyvinylchlorid	
Q	Teplo	[J]
$R_a$	Střední aritmetická hodnota drsnosti	[ $\mu\text{m}$ ]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$R_{p0.2}$	Smluvní mez kluzu	[MPa]
$R_{pc}$	Počet výstupků	[ $\text{cm}^{-1}$ ]
$R_z$	Průměrná hloubka drsnosti	[ $\mu\text{m}$ ]
s	Směrodatná odchylka	

S	Plocha lepeného spoje	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>0</sub>	Počáteční průřez vzorku	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>u</sub>	Průřez vzorku po přetržení	[mm <sup>2</sup> ]
SCF	Speciálně kohézní porušení	
t	Doba průchodu proudu odporem	[s]
$\bar{\tau}$	Smyková pevnost při namáhání tahem	[MPa]
Ti	Titan	
TRIP	Transformačně indukovaná plasticita	
TWIP	Dvojčatěním indukovaná plasticita	
U	Elektrické napětí	[V]
ULSAB	Ultralehká ocelová karoserie automobilů	
ULSAC	Ultralehké ocelové uzavírání automobilů	
Z	Kontrakce	[%]
Zn	Zinek	

# 1 Úvod

V dnešní době jsou při neustálém zvyšování bezpečnosti a snižování emisí kladeny nemalé nároky na konstrukci karoserií osobních automobilů. Automobiloví výrobci jsou nuceni snižovat emise výfukových plynů, přizpůsobit konstrukci k případům srážky s chodcem a neustále zvyšovat bezpečnost posádky při havárii. Snižování emisí lze dosáhnout redukcí hmotnosti automobilu respektive jeho karoserie, proto se dnes uplatňují takzvané samonosné karoserie a vyvíjí se nové druhy materiálů a k nim přizpůsobené výrobní technologie. V současnosti se v konstrukci karoserií automobilů nejvíce využívají tenké, zejména ocelové plechy, které se následně nejčastěji spojují svařováním a lepením. Jako konstrukční materiály osobních automobilů našly uplatnění také např. slitiny hliníku, slitiny hořčíku, kompozity vyztužené uhlíkovými nebo kevlarovými vlákny. U každé koncepce stavby automobilové karoserie je použita technologie lepení.

Na základě výše vyjmenovaných důvodů vznikl začátkem 90.let minulého století projekt ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body). Výrobci automobilů se společně zapojili do vývoje nových materiálů a technologií pro snížení provozních nákladů automobilů při zvyšování bezpečnosti. Tento projekt se postupem času rozšířil o například ULSAC (Ultra Light Steel Auto Closures). Díky těmto projektům vznikly pokročilé vysoko-pevnostní ocele AHSS (Advanced High-Strength Steels). Jak již bylo nastíněno, při stavbě karoserií se nevyužívá jen ocelí. Příkladem je celohliníková karoserie Mercedesu Benz SL. Mercedes použil hliník na celou karoserii s výjimkou rámu čelního skla, který je z vysoko-pevnostní oceli. I na této karoserii lze najít lepené spoje. Například v oblasti lepení karosářských dílů, lepené plechy ve dveřích, přední a zadní kapotě z důvodu odhlučnění. Použitím více různých materiálů vzniká tzv. smíšená konstrukce karoserie.

Cílem diplomové práce je seznámení se současnými trendy v konstrukci smíšených karoserií a technologií lepení používanou při spojování dílů karoserií. Pro experiment byly vybrány čtyři druhy materiálů a dva druhy lepidel určené k výrobě karoserií. Experimentálním měřením se zjišťovalo hodnocení kvality lepených spojů. Pro vyhodnocení byla zvolena zkouška pevnosti v odlupu dle ISO 11 339. Výsledky pevností v odlupu byly následně

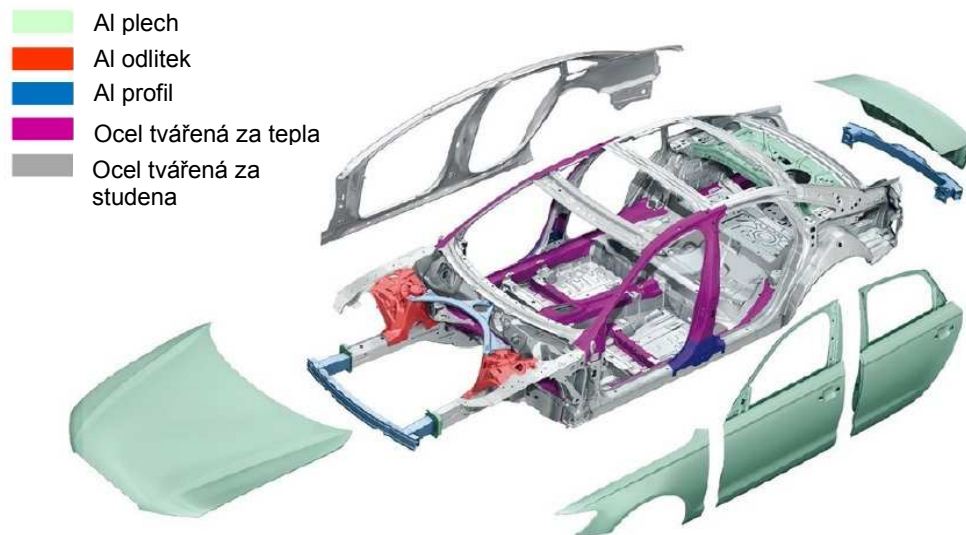


porovnávají s mechanickými vlastnostmi zjištěnými z tahové zkoušky dle ČSN EN ISO 6892-1 a s drsností povrchů substrátů naměřených dle DIN EN ISO 4288.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Karoserie současných automobilů

Samonosná karoserie je v současnosti nejpoužívanější koncepcí konstrukce nahrazující polonosnou a podvozkovou konstrukci karoserií. Tato karoserie nemá samostatný rám a tedy přebírá nosnou schopnost vozu. Části podvozku jsou upevněny přímo nebo pomocí pomocných konstrukcí pevně ke karoserii. Všechny další komponenty se připojují také přímo na karoserii. Síly od hnacího ústrojí a síly způsobené jízdou zachycuje karoserie vozu. To zvyšuje nároky na mechanické vlastnosti a komplikuje změny v konstrukci. Výhodami je lehčí konstrukce, zlepšení jízdních vlastností, lepší možnost automatizace výroby a levnější výroba. V částech spojení karoserie s motorem, převodovkou a nápravami je karoserie vyztužená. Některé prvky jsou uloženy v pružných blocích, aby se zamezilo přenosu vibrací na karoserii. Základní skelet karoserie je nakonec spojen s povrchovými plechy. Příklad samonosné karoserie vozu Audi A6 z roku 2010 je na obr. 2.1.1 . [1, 2, 6]



Obr. 2.1.1 Samonosná karoserie vozu Audi A6 uvedená na trh roku 2010 [3]

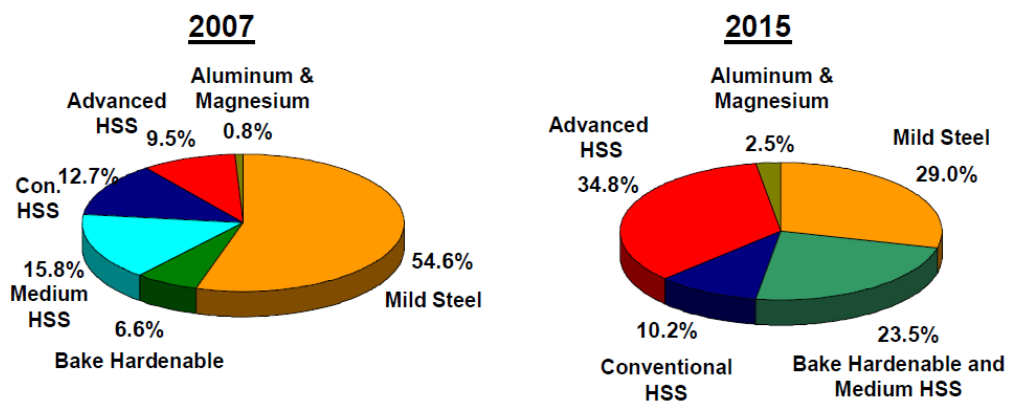
Projekt ULSAB se snaží o redukci hmotnosti nejen použitím samonosných konstrukcí automobilů, ale vyvíjením nových vysoko-pevnostních ocelí, slitin hliníku, slitin hořčíku. S materiály se vyvíjí i další technologie spojování. Technologií Tailored welded blanks se spojují přístříhy plechů různé tloušťky a

materiálu, tak aby bylo dosaženo potřebné pevnosti tam, kde je to potřebné. Přístřihy se následně laserově svařují. Touto technologií se dnes například vyrábí vnější postranní panel automobilu. Technologie lepení se v některých případech používá v kombinaci se spojováním speciálními svorníky tzv. Rivtac technologií. V roce 2010 představila firma Inrekor sendvičový materiál, který se skládá z expandovaného polypropylenu mezi dvojicí tenkých hliníkových plechů. Dále se v konstrukci s úspěchem prosazují duté hliníkové profily, které mají ve vnitřní části hliníkovou pěnu.

Použitím kombinace plechů ze slitin hliníku, slitin hořčíku, vysokopevnostních ocelí a kompozitů vyztužených uhlíkovými nebo kevlarovými vlákny pro stavbu karoserie vzniká tzv. smíšená konstrukce. Ta umožňuje optimální využití jednotlivých vlastností různých materiálů tam, kde je to potřebné.

## 2.2 Materiály karoserií a jejich možnosti spojování

Trendem při stavbě karoserií je použití vysokopevnostních ocelí v kombinaci s hliníkovými a hořčíkovými slitinami, ale také kompozitů pro co nejvyšší redukci hmotnosti, zvýšení pevnosti a tuhosti karoserie. V následujících kapitolách budou uvedeny charakteristiky současných materiálů používaných v automobilovém průmyslu.[4] Ze srovnání na obr. 2.2.1 je patrný vzrůst aplikace pokročilých vysokopevnostních ocelí, slitin hliníku, slitin hořčíku a tepelně vytvrditelné oceli. Naopak pokles použití je u nízkouhlíkových hlubokotažných ocelí.



Obr. 2.2.1 Aplikace materiálů karoserie v roce 2007 a 2015 [5]

## 2.2.1 Oceli používané při stavbě karoserií

Ocel je výhodná pro stavbu karoserií z hlediska vysoké pevnosti, dobré tažnosti, dobré svařitelnosti, dostatečné životnosti s antikorozií ochranou a ceny. Nevýhodou oceli je stále její hmotnost. ULSAB se snaží tuto nevýhodu co nejvíce eliminovat smíšenými konstrukcemi.

Dělení ocelí dle pevnosti [6]:

- Nízko-pevnostní ocel – mez kluzu je pod hodnotou 210 MPa a mez pevnosti nižší než 270 MPa
- HSS oceli (High-Strength Steel) – mez kluzu se pohybuje od 210 do 550 MPa a pevnost v tahu od 270 do 700 MPa.
- AHSS oceli (Advanced High-Strength Steel) – mez kluzu je větší než 550 MPa a pevnost v tahu větší než 700 MPa.

Tab. 2.2.1 Rozdělení ocelí dle pevnosti [6], [7]

Rozdělení dle pevnosti	Druh oceli	Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Tažnost [%]
Nízko-pevnostní ocel	Mild 140/270	140	270	38-44
HSS	IF ocel	260-340	340-460	28-35
	BH ocel	270-360	400-480	28-32
	HSLA ocel	360-650	450-730	17-26
AHSS	DP ocel	340-1100	530-1180	5-27
	TRIP ocel	390-800	500-1150	25-35
	CP ocel	500-950	780-1200	6-19
	MS ocel	950-1500	1200-1700	3
	TWIP ocel	280-450	580-1470	50-55
	HF ocel	390-800	500-1050	25-35

Hlavním rozdílem mezi HSS a AHSS z tab. 2.2.1 je jejich odlišná mikrostruktura. Standardní HSS jsou jednofázové feritické oceli a AHSS jsou vícefázové. To znamená, že AHSS obsahují základní feritickou fázi obsahující martenzit, bainit nebo zbytkový austenit. [5]

Rozsahy velikostí mezí kluzu a pevnosti ukazují změny v tvářitelnosti u obou typů ocelí. [5]

HSS a AHSS se nejčastěji spojují odporovým bodovým svařováním. Další

technologie svařování využívaná u vysokopevnostních ocelí je obloukové svařování, laserového svařování a jeho aplikace s dalšími technologií spojování, kterou může být například lepení. Podrobněji je tato hybridní technologie popsána v kapitole 2.3.8. Spojením AHSS samotným lepením je dobrý způsob, jak zlepšit tuhost a únavovou pevnost na rozdíl od svařování a mechanických spojení. Vzhledem k větší spojovací oblasti s lepeným spojem, mohou být snížena lokální namáhání. Tyto důležité faktory by se měly zvažovat, a to zejména v těch případech, kdy se AHSS používá ke snížení hmotnosti. AHSS je možné spojovat mechanickými způsoby jako je například clinching, rivtac, šroubové spoje.

- **Oceli bez intersticií (Interstitial Free steels)**

Mezi hlavní výhody IF ocelí patří zvýšená plasticita, která je dosažena nízkým obsahem uhlíku a strukturou tvořenou čistým feritickým zrnem. V důsledku nepřítomnosti intersticií mají nízkou mez kluzu a vysokou tažnost. Dalšími přednostmi IF ocelí je jejich odolnost proti stárnutí, vysoký koeficient normálové anizotropie a exponent deformačního zpevnění.[5], [6]

IF ocel se používá při hlubokém tažení, výrobě tvarově složitých výlisků. Tato ocel je používána při výrobě tvarově složitých povrchových plechů větších rozměrů, B-sloupků, příčniců a podélným nosníkům. [6], [7]

- **Tepelně vytvrditelné oceli (Bake Hardenable steels)**

Oproti IF oceli je hodnota meze kluzu zvýšena o 30 - 70 MPa pomocí BH efektu neboli deformačně-tepelnému stárnutí. Ocel má výborné únavové vlastnosti, výbornou schopnost absorpce mechanické energie a vyšší odolnost proti vtlačení. [5], [6]

Oceli s BH efektem jsou určeny pro viditelné díly (dveře, kapota, dveře zavazadlového prostoru, střecha) a pro strukturní části, jako je například podvozek. [6], [7]

- **Mikrolegované oceli (High-Strength Low-Alloy)**

Výhodou HSLA ocelí oproti ostatním konvenčním ocelím je navýšení pevnosti mikrolegujícími prvky přispívajícími k vzniku jemných karbidických precipitátů. Nízký obsah uhlíku zaručuje dobrou hlubokotažnost. [5], [6]



HSLA oceli jsou vhodné pro dynamicky namáhané konstrukční díly, jako jsou závěsné systémy, kola, výztuhy a komponenty podvozků. [6], [7]

- **Dvoufázové oceli (Dual Phase steels)**

Mezi nejdůležitější mechanické vlastnosti DP ocelí patří výrazná mez kluzu, vysoká mez pevnosti, výborná odolnost iniciace a šíření únavového lomu, vysoké deformační zpevnění při zachování vysoké plasticity materiálu. Pevnost lze ještě navýšit BH efektem. [5], [6]

Za studena válcované dvoufázové oceli jsou využívány v oblastech bezpečnostních dílů, jako jsou výztuhy, podélné nosníky, přední a zadní nárazníkové konstrukce. Dvoufázové oceli válcované za tepla se používají na konstrukční a vnější části karoserie. V důsledku mechanických vlastností se snižuje tloušťka plechů a tím i jejich celková hmotnost. [6], [7]

- **TRIP oceli (Transformation- Induced Plasticity steels)**

Z mechanických vlastností TRIP ocelí je významná schopnost prodloužení v kombinaci s vysokou pevností, odolnost proti ztenčení stěny a deformační zpevnění během tváření, vysoká mez kluzu a nesmí se opomenout vysoká absorpční energie během havarování vozidla. [5], [6]

TRIP oceli se aplikují na díly karoserie jako příčné a podélné nosníky, výztuhy B sloupků nebo na prahy dveří. [6], [7]

- **Vícefázové oceli (Complex Phase steels)**

Pro CP oceli je typická vysoká schopnost absorpce mechanické energie, tvrdost, pevnost a vysoký koeficient deformačního zpevnění. [5], [6]

Uplatnění vícefázových ocelí je u bezpečnostních prvků jako výztuhy dveří, nárazníků a pro výrobu B sloupků. CP oceli jsou použity u komponentů zavěšení náprav podvozku. [6], [7]

- **Martenzitické oceli (Martensitic steels)**

Ve skupině vícefázových ocelí dosahují MS oceli nejvyšší pevnosti v tahu. Pro dosažení požadované tažnosti jsou tyto oceli často temperovány a proto mohou poskytnout požadovanou tvárnost při extrémní pevnosti. Přidáváním uhlíku do MS ocelí se navyšuje jejich schopnost prokalitelnosti. [5], [6]

Díky vynikajícím mechanickým vlastnostem je MS ocel zejména vhodná pro bezpečnostní díly se zvýšenou odolností proti nárazům. Například to jsou přední a zadní nárazníkové nosníky, dveřní nosník, střešní příčník a výztuhy. [6], [7]

- **TWIP oceli (Twinning-Induced Plasticity)**

TWIP oceli mají vysoký obsah legujícího prvku manganu, který způsobí, že je ocel při pokojové teplotě austenitická. Ocel využívá princip deformace dvojčatěním v objemu zrn. Tyto oceli mají schopnost tváření tažením na úrovni hlubokotažných ocelí, avšak při 2 až 5- krát vyšší pevnosti. [5], [6]

Plechové TWIP oceli se používají při výrobě B sloupků, boční výztuhy a dalších prvků přispívajících k vyšší bezpečnosti s úbytkem hmotnosti. Nevýhodou je vysoká cena těchto ocelí, proto se v současnosti moc nepoužívají. [6], [7]

- **Oceli tvářené za tepla (Hot-formed steels)**

Mikrostruktura je tvořena martenzitem a zbytkovým austenitem. Důležitým legujícím prvkem je bór. Po lisování za vysokých teplot získává vysokou mez pevnosti. Během tváření by měla být udržována teplota 850 °C. Následuje rychlé ochlazení 50 °C/s z důvodu získání požadovaných mechanických vlastností. [5], [6]

Oceli tvářené za tepla našli uplatnění na nosné části karoserie, jako je například sloupek čelního skla, výztuhy B sloupků, nosníky předního a zadního nárazníku. [6], [7]

## 2.2.2 Hliník a jeho slitiny

Slitiny hliníku se začínají v automobilovém průmyslu objevovat čím dál častěji. Zejména se jedná o slitiny hliníku s hořčíkem a hliníku se zinkem. Atraktivita hliníku je v jeho nízké hmotnosti a odolnosti proti korozi. [31]

Nevýhodou slitin hliníku je menší modul pružnosti a s tím spojená nižší pevnost. Z toho vyplývá i menší absorpce energie při nárazu, proto se u plechů musí navyšovat tloušťka nebo je často ovlivněna tvarem a geometrií dílce.

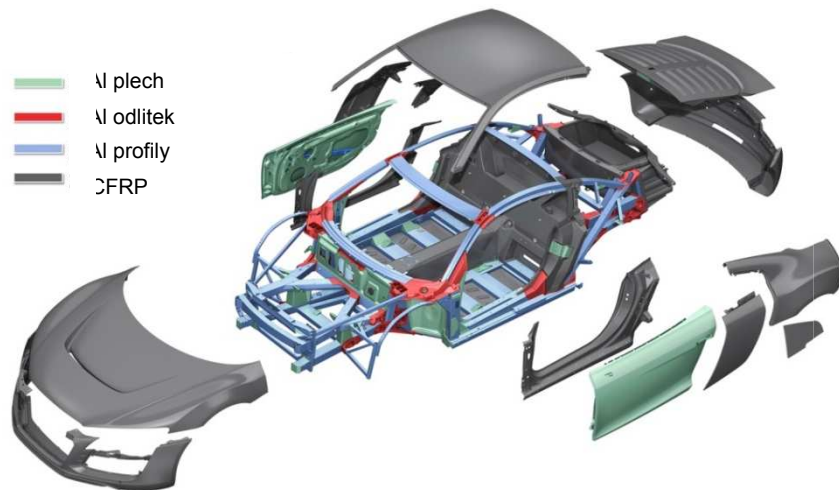


Hliníkové slitiny jsou také stále dražší než oceli. Z jiného úhlu pohledu je hliník snadno recyklovatelný (až 95 % z celkové konstrukce automobilů).

Další nevýhody má hliník v obtížném spojování. Nejvýznamnějším problémem při svařování hliníkových slitin je přítomnost pasivační oxidické vrstvy na jejich povrchu. Vrstva oxidu má vysokou teplotu tání a je elektricky nevodivá. Nízký modul pružnosti stojí za náchylnosti k deformacím svařované konstrukce. Další problémy se vyskytují při teplotách nad 200 °C, kdy hliníkové slitiny ztrácí své mechanické vlastnosti. Nově nastupujícím trendem se stávají vysokoproudové svářecí aplikace pro spojování obtížně svařitelných materiálů. Jedná se o odporové svařování s velkou proudovou intenzitou v krátkém čase. S úspěchem se využívá i metody svařování MIG, kde je celý proces automatizován pomocí robotů. Hliníkové plechy se také spojují nýtováním, šroubováním a lepením.

Spojování lepením nabízí řadu výhod, z nichž nejvýznamnější je možnost spojování slitin hliníku s jinými materiály. Svařování slitin hliníku s ocelí je možné, ale je technologicky náročné. Elektricky vodivé spojení dvou kovů o různých elektrochemických potenciálech navíc vystavuje systém zvýšenému riziku koroze. Spojení materiálu adhezivem je nevodivé a korozi vlivem makročlánků je tak zamezeno. Lepení slitin hliníku přináší i další výhody, které jsou zmíněny v kapitole 2.3.6.. Lepení s sebou nese i nevýhody. Lepené spoje jsou neakceptovatelné u prvků vystavených působení zvýšených teplot, vlhkosti a agresivních prostředí. Spoj by měl být konstrukčně navržen tak, aby byl zatěžován pouze smykovým namáháním.

S karoserií z hliníku se můžeme zatím setkat u sportovních a luxusních vozů. U automobilů střední třídy je možné najít pouze samostatné hliníkové díly karoserie jako jsou kapoty, víka, lišty a další. Výrobce automobilů Audi navrhuje celohliníkové karoserie. Karoserie je složená z tvářených hliníkových profilů a odlévaných konstrukčních uzlů. Po spojení těchto prvků se vytvoří prostorový nosný rám tzv. Audi Space Frame. Na tento rám se poté připevní vylisované vnější panely opět z hliníkových plechů. Příklad použití celohliníkové karoserie je u modelu Audi A8, kde podle výrobce došlo k redukci hmotnosti 200 kg oproti ocelové konstrukci karoserie. K celohliníkovým karoseriím přechází i další známý výrobci jako například Mercedes Benz SL, Jaguar XJ. Karoserie ze slitin hliníku je v kombinaci s CFRP kompozitem je na obr. 2.2.2

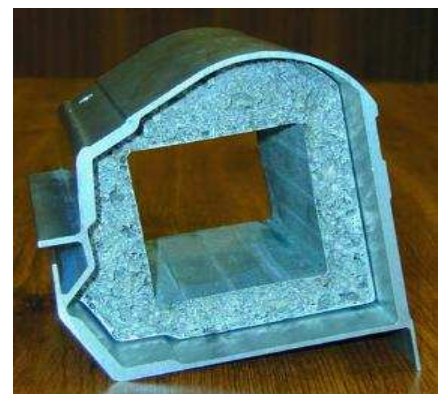


Obr. 2.2.2 Hliníková karoserie vozu Audi R8 e-tron z roku 2013 [20]

V praxi je nutné zvážit každý díl karoserie individuálně a určit skutečnou možnou redukci hmotnosti. Ne všechny díly je vhodné konstruovat z hliníku. Velmi namáhané součásti je v některých případech vhodnější vyrábět z oceli.

### 2.2.3 Kovové pěny

Přírodní inspirací pro porézní kovové pěny jsou například kosti a korály neboli materiály, jenž mají izotropní vlastnosti a vysokou tuhost. Pěny jsou nejčastěji vyrobeny z hliníku a jeho slitin, což dodává pěnám houževnatost, poměrně vysokou tuhost a odolnost proti korozi. U hliníku ve formě pěny se také zvyšuje schopnost tlumení vibrací a absorpce nárazové energie. Velikost pórů se pohybuje v jednotkách milimetrů a tvoří 60 % z celkového objemu.[32] Důsledkem je snížení hustoty a tedy i hmotnosti. Kovové pěny se docílí vhněním plynu do taveniny nebo tepelným rozkladem zpěňovačů smíchaného s taveninou. Oblastmi použití jsou zejména výplně profilů v deformačních zónách (prahy, sloupky). Na obr. 2.2.3 je vidět výztuha prahů vozů Ferrari.



## 2.2.4 Hořčík a jeho slitiny

Hmotnost hořčíkových slitin je v porovnání s hliníkem opět nižší. Hořčíkové slitiny se odlévají jako tenkostěnné odlitky. Legují se Mn a Zn. Mají nízké mechanické vlastnosti. Mez pevnosti je 210-240 MPa a mez kluzu 120-160 MPa, tažnost je 3-10 %. [6] Hořčík má vysokou reaktivitu s kyslíkem, má zvýšenou citlivost na vruby a při vyšších teplotách se snižují jeho mechanické vlastnosti. Je také špatně tvárný za studena. Nejčastěji tvoří slitinu z hliníkem., který zvyšuje pevnost a tvrdost, zlepšuje i slévárenské vlastnosti (sníží se smršťivost). Zatím se používá jen omezeně a pro méně namáhané díly karoserie.

Při spojování vykazují dobré pevnosti spojů při statickém namáhání bodové svařování a švové svařování. Není to však vhodný způsob spojování, pokud jsou spoje namáhány únavovému namáhání nebo tam kde je díl podroben vibracím. Významná a perspektivní je technologie spojování hořčíkových slitin lepením, kdy nedochází ke vzniku koncentrátorů napětí.

## 2.2.5 Titan a jeho slitiny

Nejpoužívanější slitinou titanu v konstrukci karoserií je slitina Ti-Al. Typické hodnoty meze kluzu jsou 910 MPa a meze pevnosti 1000 MPa. Tažnost je okolo 18 %. Slitina obsahuje nízko procento uhlíku (0,08 %) a obsah hliníku je v rozmezí 5,5-6,75 %.[33] Slitina je svařitelná a může být vytvrzena. Hustota je nízká ( $4.43 \text{ g/cm}^3$ ) a i když použití titanu se zatím omezuje na závodní a luxusní vozy, má budoucí hromadná výroba všech zakřivených titanových dílů tváření vnitřním přetlakem obrovský potenciál.

Obtíže svařování pramení z jeho velké reaktivnosti za zvýšených teplot a jeho fyzikálními vlastnostmi (nízká tepelná vodivost, velký elektrický odpor, vysoká teplota tání), proto se titan musí svařovat v ochranné atmosféře. Svařování titanu s jinými kovy je velmi obtížné. V tomto případě je lepší použít technologii lepení nebo pájení.

### 2.2.6 CFRP kompozit (Carbon-fiber-reinforced polymer)

Veliký potenciál je ukryt v použití uhlíkových kompozitů na výrobu karoserie. Tento materiál nabízí nízkou hmotnost, výborné aerodynamické vlastnosti v kombinaci s pevností, kterou určují vrstvy uhlíkových vláken uložené v matrici z epoxidové pryskyřice.[21] Na obr. 2.2.4 je vidět použití tohoto materiálu už i v karoseriích běžně vyráběných sériových vozů. V porovnání s ocelí má tento materiál však nevýhodu ve vysoké ceně a budoucí recyklace. Nicméně kompozity mají oproti oceli nižší hmotnost, v některých případech lepší mechanické vlastnosti a velkou výhodou je snadná variabilita při výrobě tvarově komplikovaných dílů. I přes tyto výhody nelze tímto materiálem nahradit všechny díly karoserie, v některých oblastech jsou konvenční materiály stále nepřekonány.



Obr. 2.2.4 Využití CFRP kompozitů u vozů BMW i3 [21]

Obecně platí, že polymery a jiné organické materiály mají nízkou povrchovou energii zatímco kovy mají vysokou povrchovou energii. To je nutné zohlednit při lepení CFRP kompozitů s hliníkem nebo ocelí. Buď musí mít lepidlo dostatečně nízkou povrchovou energii nebo musí být povrch CFRP modifikován, aby došlo k dostatečné adhezi mezi lepidlem a CFRP kompozitem. Většinou je používané epoxidové lepidlo a ve speciálních aplikacích polyuretanové lepidlo. Při lepení dílů s nižšími statickými a dynamickými namáháními se používají kaučuková lepidla.

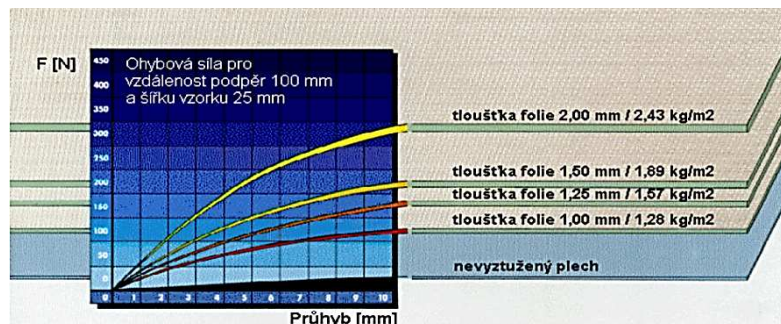
### 2.2.7 Kompozitní materiál Inrekor

V roce 2010 představila firma Inrekor sendvičový materiál, který se skládá expandovaného polypropylenu vložený mezi dva tenké hliníkové plechy.[8] Pevnost této kombinace materiálů je srovnatelná s pevností karbonu, je ale

levnější. Tento materiál přispívá k redukci hmotnosti karoserie. Dalšími výhodami jsou nízké investice do výrobních technologií, všestranný a flexibilní design spolu s vynikajícími absorpčními a bezpečnostními vlastnostmi. Během výroby však nastával problém při zahřátí tohoto materiálu na vyšší teploty, kdy docházelo k vytékání plastu, proto se například ve Škoda Auto a.s. použití tohoto materiálu omezilo.

### 2.2.8 Vyztužující kompozitní folie

V místech kde dochází k většímu zatížení, jsou díly karoserie vyztužovány samolepicími kompozitními foliemi, které zvyšují tuhost, snižují vibrace karoserie a účinně přispívají k odhlučnění vozu. Tyto folie získávají svou tuhost po vytvrzení, které probíhá po nalakování během vytvrzování laku. Kompozitní folie se skládají z tkaniny ze skleněných vláken a samolepicí vrstvy epoxidové pryskyřice.[13] Vyztužující schopnost je závislá na tloušťce folie, což je možné vidět na obr. 2.2.5.



Obr. 2.2.5 Vliv tloušťky folie na vyztužení plechu [13]

## 2.3 Teorie lepení

Lepení je technologie spojování materiálů (substrátů) vyvolávající adhezi mezi dvěma tuhými povrchy pomocí vhodného adheziva (lepidla), které je schopné držet tyto povrchy při sobě adhezivními a kohezními silami.[12] Dosahuje se trvalého spojení dvou stejných nebo různých materiálů. Uvedená schopnost spojení dvou materiálů závisí na adhezi k povrchům lepených materiálů a na kohezi samotného lepidla.

Teorie lepení se opírají o vztahy mezi molekulami a jejich vzájemné působení. Celý komplex adhezních jevů je výsledkem vzájemného působení molekul. Adheze úzce souvisí se strukturou molekul. Z toho vyplývá, že se při

adhezi budou mezi molekulami uplatňovat fyzikální síly, chemické vazby a mezimolekulární síly. V současnosti se nejvíce citují teorie adheze:

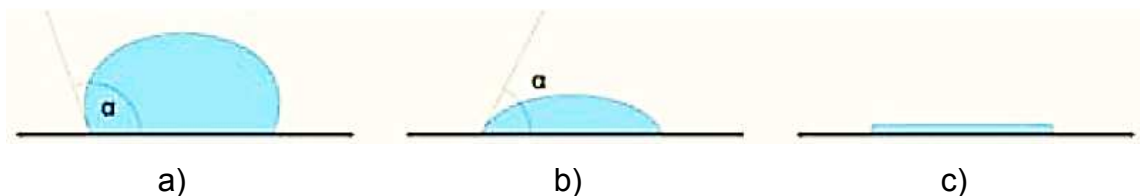
- Molekulová teorie
- Elektrostatická teorie
- Mechanická teorie
- Difusní teorie
- Chemická a reologická teorie

Charakteristiky těchto teorií adhezí jsou přístupné v literatuře [12]

### 2.3.1 Základní pojmy teorie lepení

Celková pevnost lepeného spoje je závislá především na dvou nejdůležitějších činitelích: adhezi a kohezi. [13]

- **Adheze:** (přilnavost) Vzájemné přitahování dvou povrchů adhezními silami. Adheze souvisí s molekulovou strukturou lepidla. Je výsledkem působení fyzikálních sil, mezimolekulárních a chemických vazeb. [13]
- **Koheze:** (někdy též vnitřní adheze) je tzv. soudržnost. Charakterizuje stav látky (lepidla), ve kterém drží její částice působením mezimolekulárních a valenčních sil pohromadě. Velikost koheze udává tzv. kohezní energie, což je velikost energie potřebná k odtržení jedné částičky od ostatních.[13]
- **Smáčivost:** vlastnost kapaliny přilnout k povrchu některých pevných látek.[34] Na obr. 2.3.1 je znázorněna smáčivost kapaliny podle kontaktního úhlu.



Obr. 2.3.1 Určení smáčivosti podle kontaktního úhlu [34]

a)  $\alpha > 90^\circ$  - nedostatečné smáčení, b)  $\alpha < 90^\circ$  - smáčení, c)  $\alpha = 0$  - roztékání



### 2.3.2 Proces lepení

Technologie lepení má několik fází, kterým předchází vhodný výběr materiálu pro lepení a konstrukce spoje.

Jako první je nutné zvolit vhodné lepidlo, které by mělo být svými vlastnostmi co nejvíce podobné vlastnostem spojovaných materiálů. Lepidlo je z mnoha nabízených lepidel vybráno podle požadované pevnosti spoje, technologie zpracování a ceny. [11]

Na vytvoření kvalitního lepeného spoje má význam adheze mezi substrátem a lepidlem. Lepený povrch tedy musí mít dobrou smáčivost lepidlem. Povrch substrátů je proto nutné zbavit nežádoucího znečištění. Úpravy povrchu jsou nejprve fyzikální (broušení, obrábění, pískování, tryskání, lapování, leštění) a poté chemické (odmašťování, moření, fosfátování, anodická oxidace, použití reaktivních základních nátěrů).

Při lepení karosářských výlisků se plechy neodmašťují, protože by zásadně vzrostly náklady ve výrobě. Olej zůstává na plechových dílech, proto je nutné vybrat takové lepidlo, které zajistí vytvoření spoje s požadovanou pevností i přes tento nedostatek v povrchové úpravě.

Příprava lepidla je závislá na chemické struktuře a počtu složek lepidla. Dále se způsob přípravy odvíjí od stavu lepidla po uskladnění. Během doby uskladnění dochází v lepidle k samovolným reakcím. Tyto reakce by neměly mít vliv na výslednou kvalitu lepeného spoje, pokud se u lepidla nepřesáhlo doby životnosti, kterou stanovuje vždy výrobce lepidla.

Nanášení lepidla je možné realizovat ručními nanášecími pistolemi nebo nanášecím zařízením. Nanášecí zařízení se skládá z trysky, dávkovače, hadice a pumpy. Tryskou je nanášeno požadované množství lepidla na povrch dílu. Toto zařízení pracuje plně automaticky. Základními parametry při nanášení je rozložení a množství nanášeného lepidla. V automobilovém průmyslu se využívají hlavně automatizovaná nanášecí zařízení s robotizovaným podavačem lepených dílů.

Následuje montáž spoje během které se díly zafixují pod tlakem k sobě a vytvoří se tak podmínky pro vznik pevného spoje. Přitlačující síla působí až do konce vytvrzování spoje. Při lepení částí karoserie je přitlačující síla vyvozena konstrukcí spoje například při ohýbání lemů, bodovým svařováním, prolisem,



mechanickým spojením. Ne vždy je nutné působit přitlačovací silou a to v případě lepení pro snížení hluku, protože pro tyto aplikace se používají lepidla, u kterých narůstá v průběhu vytvrzování objem a to zajistí kontaktní sílu lepidla a substrátů. Požadovaná tloušťka lepidla je dosažena pomocí distancí. V konstrukci karoserií se používají pro dosažení požadované tloušťky lepidla prolisy, sklokeramickými kuličkami obsažené v lepidle. Optimální tloušťka lepeného spoje je 0,2 mm.[36]

Poslední fází procesu lepení je vytvrzování spoje. Vytvrzení v automobilovém průmyslu probíhá v katoforézní lakovně, kde se nanáší základová barva karoserie, která je následně vytvrzována při teplotě 180 °C. Zde dochází k polymerizaci nátěru a také k vytvrzování lepidel po dobu 20 minut.[36] Následně vytvrzené lepidlo prochází dalšími teplotními cykly (želatinace, vypalování plniče a vypalování vrchní laku). Z toho plyne, že lepidla použitá v konstrukci karoserie musí mít takové vlastnosti, aby se při těchto teplotních cyklech neovlivnila výsledná pevnost spoje.

### 2.3.3 Konstrukce lepených spojů

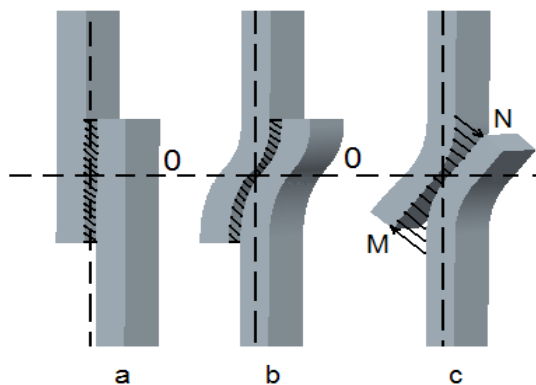
Konstrukce lepených spojů se navrhuje tím způsobem, aby byl spoj co nejméně namáhán v odlupování a kroucení, protože v těchto případech se namáhání soustřeďuje jen do určitých míst spoje, což vede k lokálnímu přetížení a porušení spoje. U tupých spojů namáhané na tah je také vhodné volit dostatečně velké spojované plochy. Nejpoužívanějším typem lepeného spoje ve výrobě je přeplátovaný spoj, jelikož má lepší mechanické vlastnosti než tupé spoje. [10, 12]

Optimální pevnosti lepeného spoje se dosahuje jednostrannými nebo oboustrannými příložkami, jednostranně nebo oboustranně přeplátované spoje, s uměle vytvořenou spárou, se spárou tvaru V u spojení čelními plochami a podobně.

Lepení více dílů by mělo probíhat v jedné operaci, aby předchozí spoj nebyl zatěžován tlakem, teplotou a nevznikaly časové prodlevy ve výrobě. Lepené povrchy dílů by měly být co nejméně členité a lepenou konstrukci je dobré rozdělit na co nejjednodušší části.

- **Překlátované spoje**

Z důvodu větší lepené plochy mají tyto spoje lepší mechanické vlastnosti než spoje tupé. V konstrukci je snaha o smykové nebo tahové zatížení. Dochází k deformaci dle obr. 2.3.2, kde je znázorněno nerovnoměrné rozložení napětí. Na okrajích má nejvyšší hodnotu a směrem ke středu 0 se snižuje. Postupným deformováním spoje, který je způsobený od vnější tahové síly, budou mít síly (M,N obr. 2.3.2 - c) působící na obou koncích opačný smysl a spoj je v konečné fázi namáhán odlupováním. Z toho lze odvodit, že k porušení dojde tím dříve, čím větší je deformace lepených dílů. Deformaci lze zabránit nebo jí zmenšit, zvýšením pevnosti adherendů, tloušťky adherendů nebo přizpůsobením konstrukce žebrováním. [10, 12]



Obr. 2.3.2 Deformace překlátovaného spoje. a – stav bez napětí, b- začínající deformace lepeného spoje a adherendu, c- ukončená deformace adherendu- probíhá deformace lepidla [14]

### 2.3.4 Lepidla pro lepení karoserie automobilů

Lepidlo je látka, která je schopná držet při sobě povrchy pevných předmětů adhezivními a kohezními silami a utvářet pevné spojení. Složitá směs lepidla je složena z několika složek. [12]

- **Hlavní složky lepidel**

Adhezivním základem je složka nesoucí adhezivní a kohezivní vlastnosti lepidla.

Lepidlo je složeno z pěti hlavních složek [12]:

1. Adhezivní základ

2. Nosné médium
3. Katalyzátory a tvrdidla
4. Urychlovače, inhibitory, retardéry
5. Modifikátory

Podrobnější informace je možné nalézt v literatuře [12]

V konstrukci karoserií se používají syntetická lepidla. Jedná se především o epoxidové pryskyřice, polyuretany, syntetické kaučuky nebo PVC. V tab. 2.3.1 jsou uvedeny příklady použití s požadovanými vlastnostmi. V následujícím textu budou popsány pouze nejpoužívanější lepidla pro spojování plechů v automobilovém průmyslu. Informace o dalších typech lepidel jsou uvedeny v literatuře [10, 12, 15].

Tab. 2.3.1 Příklady použití lepidel v karoserii osobního automobilu [13]

Druh lepeného spoje	Použití	Používaná lepidla	Požadované vlastnosti lepeného spoje
drážkové přírubové lepení	kapota	epoxidová pryskyřice	pevnost, tuhost, chování při nárazu, ochrana před štěrbinovou korozi
výztuhové lepení	dveře, kapota	polyuretany, PVC, syntetické kaučuky	neohebnost torze, nesmí se deformovat vzhledový díl
lepení nosné struktury	sloupky, profily, přírubové švy	epoxidové pryskyřice	pevnost, tuhost, chování při nárazu
těsnění lepení	hrdlo, nádrže, utěsnění švu	syntetické kaučuky, PVC	těsnost, odolnost vůči korozi
přímé zasklívání	přední, zadní a pevné boční tabule	polyuretany	tuhost karoserie, těsnost, nepropustnost

- **Epoxidová pryskyřice**

Dnes se vyrábí velké množství různých druhů epoxidových pryskyřic. Mohou být dodávána jako dvousložková i jednosložková. Epoxidová lepidla určená pro práci při vyšších teplotách zpravidla vyžadují také vyšší vytvrzovací teploty a jsou křehčí než lepidla určena pro nižší teploty. [10]

Epoxidové pryskyřice jsou snášenlivé s velkým množstvím jiných pryskyřic a dá se připravit velké množství modifikací. Různé modifikace se provádí za účelem zlepšení pevnosti v odlupování, odolnosti proti vlivu prostředí a tepelné odolnosti. Hojně se používají u karoserií vozidel u spojů kovů, ale i v dalších



průmyslových oblastech. Rozsah teplotní použitelnosti se liší dle složení epoxidové pryskyřice, ale bývá minimálně do 150 °C. [10], [12]

Z pohledu výroby je velkou výhodou, že tyto lepidla nepotřebují veliký tlak. Tlak okolo 0,3 MPa slouží pouze ke slícování dílů a případně jejich zajištění. Při vytvrzování nedochází k uvolňování škodlivých zplodin a lepidla mají navíc malou objemovou smršťivost. Epoxidová lepidla obsahují polární skupiny a tím mají dobrou adhezi k různým typům substrátů.

- **Kaučuková lepidla**

Kaučuková lepidla lze dělit podle výroby na přírodní a syntetická nebo také vulkanizující a nevulkanizující. Nevulkanizující lepidla jsou v porovnání s vulkanizujícími méně pevné. Vulkanizující lepidla obsahují vulkanizační přísady a teplota vulkanizace je 150 °C. Samovulkanizační kaučuková lepidla obsahují mimo vulkanizační přísady i aktivátory a urychlovače, které iniciují vulkanizaci i za teplot 25-30 °C. [10, 12]

Kaučukové lepidlo mohou být roztoky v rozpouštědlech, vodné disperze, polotuhé tmely a pásy. Roztoky jsou připravovány v aromatických uhlovodících. Roztoky kaučuku jako nevulkanizovaná lepidla obsahují aditivum derivátů kalafuny pro zvýšení lepivosti a často i antioxidanty. Lepidla rychle schnou, proto jsou vhodné pro rychlou výrobu. Lepené spoje jsou odolné proti rázům, hořlavé, toxické.

Latex je koloidní disperze přírodního kaučuku s různými pryskyřicemi a plnivý. Spoje jsou pevnější, lépe odolávají stárnutí, mají menší lepivost než roztokové typy. Při lepení neporézních materiálů, jako je například sklo, se přidává křemičitan sodný nebo koloidní oxid křemičitý.

- **Polyvinylchloridová lepidla**

Pro nízkou rozpustnost v organických rozpouštědlech se používá PVC jako adhezivní základ ve formě kopolymerů PVA, respektive chlorovaného PVC. Rozpustnost se zvyšuje obsahem chlóru.[10, 12] Spoje vzniklé odpařením chlóru mají dobrou mechanickou pevnost a chemickou odolnost. Nevýhodou je jejich nízká pružnost při nízkých teplotách, proto je vhodné přidávat změkčovadla.



PVC se také používá na výrobu plastisolů, které jsou široce rozšířené při stavbě karoserie automobilů. Plastisolové lepidlo se tvoří disperzí PVC ve změkčovadle. Během vytvrzování se PVC rozpouští ve změkčovadle a transformuje se do měkkého PVC. Zlepšení odolnosti proti teple lze získat přidáním epoxidových systémů.

Výhody plastisolových lepidel jsou relativně příznivá cena, vysoká přilnavost, trvanlivost spoje byla získána i u předem neupravených ocelových povrchů nebo u karosářských plechů, které byly naolejovány za účelem ochrany proti korozi.

- **Polyuretany**

Polyuretanové pryskyřice vznikají adiční polymerací polyisokyanátů s vícemocnými alkoholy nebo polyesterovými pryskyřicemi. [10], [12]

Nejvýznamnější jsou dvousložková lepidla. Reakce základních složek probíhá za normální teploty. Proto se připravuje jen tolik směsi, kolik lze zpracovat. Po vytvrzení je spoj nerozebíratelný a nerozpustný.

Vhodnou volbou typů základních složek je možné získat spoje od pružných až po pevné, tvrdé, tak jak je požadované. Nižší přídavek polyisokyanátů způsobuje měkčí produkt.

Výhodou polyuretanových lepidel jsou vysoká pevnost v odlupování, dobrá pružnost, odolnost proti dynamickému namáhání, odolnost vůči vlhkosti, povětrnostním vlivům, olejům. Pevnost spoje klesá s narůstáním tloušťky filmu.

### 2.3.5 Zkoušky lepených spojů

K zjištění mechanických vlastností pro různé druhy namáhání jsou prováděny zkoušky lepených spojů. Z výsledků je možné určit vhodnost lepidla pro danou aplikaci. Zkoušky lepených spojů se dělí:

- **Destruktivní zkoušky**
- statické zkoušky
  - pevnost v odlupování
  - pevnost ve smyku
- dynamické zkoušky
  - rázová pevnost

- zkouška na únavu lepených spojů
- **Nedestruktivní zkoušky**

V průběhu zkoušky nedojde k porušení lepeného spoje. Využívá se vyzařovací, elektrické a akustické metody k zjištění vad spoje. [12]

Dále je pro potřeby diplomové práce popsána zkouška pevnosti v odlupování a hodnocení typu porušení, které byly použity při experimentálním měření. Popis dalších zkoušek lepených spojů je možné nalézt v literatuře [10], [12].

### **2.3.5.1 Pevnost v odlupování podle ISO 11 339**

Během zkoušky v odlupování je vzorek namáhán tahovou silou kolmou na plochu spoje. Pevností v odlupování je síla potřebná k oddělení dvou lepených ploch dílů. Je to síla s jednotkami  $N \cdot mm^{-1}$  působící na šířku vzorku. Rozměry a tvar vzorku jsou na obrázku 3.5.1. [35]

V prvním kroku jsou nastříhány pásy plechů, které mají rozměry dle obrázku. Připravené pásy se na koncích ohnou pod úhlem  $90^\circ$ . Vzorek je odmaštěn a jsou odstraněny mechanické nečistoty. Dále mohou být dvě možnosti, může být na lepené plochy nanášeno mazivo nebo lepené plochy zůstávají odmaštěné. Následně je nanášeno potřebné množství lepidla ve tvaru tzv. housenky. Na housenku jsou položeny distanční drátky z důvodu vymezení vzdálenosti mezi substráty, aby byla vytvořena po celé délce spoje stejná tloušťka nanášeného filmu při fixování spoje. Následně jsou vzorky stlačeny k sobě a zafixovány svěrkami. Po zafixování jsou lepené spoje vytvrzovány na určitou teplotu a dobu. V konečné fázi přípravy jsou vzorky ponechány 24 hodin chladnout a teprve potom lze provést zkoušku v odlupování. Vzorek je upnut za kratší ohnuté konce na trhacím zařízení a zjišťuje se střední hodnota pevnosti v odlupování.

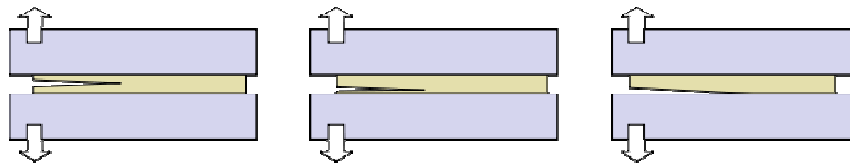
### **2.3.5.2 Hodnocení typu porušení lepeného spoje podle ČSN ISO 10 365**

Při vyhodnocování kvality lepených spojů je nutné kromě naměřených pevností v odlupu zjistit o jaký typ porušení se jedná. Vyhodnocení typu porušení se řídí normou dle ČSN ISO 10 365.

**Kohezní porušení (CF)** – lepený spoj se poruší uprostřed tloušťky lepidla, což je nejpříznivější druh porušení. Pokud je identifikován kohézní lom s přijatelnou hodnotou pevnosti v odlupování a ve smyku, je kohézní lom nejlepší ze všech typů porušení. Kohézní porušení je znázorněno na obr. 2.3.9.

**Adhezní porušení (AF)** – v případě adhezního lomu zůstane lepidlo zachycené na jedné nebo ploše lepeného spoje a druhá plocha je bez lepidla. Adhezní lom je nevyhovující, pokud je naměřená pevnost v odlupování a ve smyku nižší než je požadováno. Adhezní lom může být ještě přijatelný, je-li dosaženo požadované pevnosti ve smyku a odlupování. Adhezní porušení je znázorněno na obrázku 2.3.9.

**Smíšené porušení (SCF)** – spoj se poruší na rozhraní lepidla a adherendu, ale ne uprostřed tloušťky lepidla. Je to vlastně kombinace adhezního a kohezního lomu. Smíšené porušení je znázorněno na obrázku 2.3.9



Obrázek 2.3.9 typy porušení lepených spojů [26]

Typ porušení a jeho procentuální zastoupení v daném lomu se nakonec uvede do vyhodnocovacího protokolu.

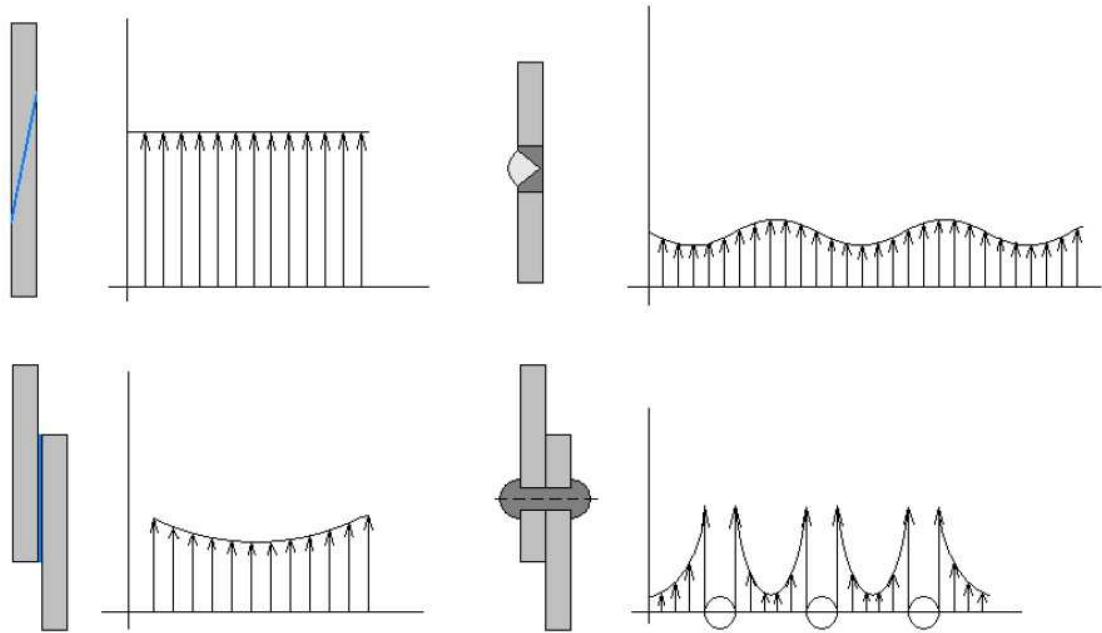
### 2.3.6 Výhody lepených spojů

Technologie spojování materiálů lepením má oproti jiným technologiím spojování materiálu nesporné výhody. Tenké karosářské plechy se nejčastěji spojují technologií odporového svařování. Povrchy plechů jsou často opatřeny elektrolyticky nebo žárově nanášenými povlaky na bázi Zn, což do celé technologie vnáší problémy. Mezi problémy odporového svařování patří spojování plechů různých tloušťek a jakostí, ulpívání Zn na elektrodách, problematické zachování ochranné funkce povlaku v místě spoje, není možné vytvářet velkoplošné a těsné spoje. [10], [14] Použitím technologie lepení při stavbě karoserie automobilu je dosahováno těchto výhod:



### ➤ Zvýšení pevnosti

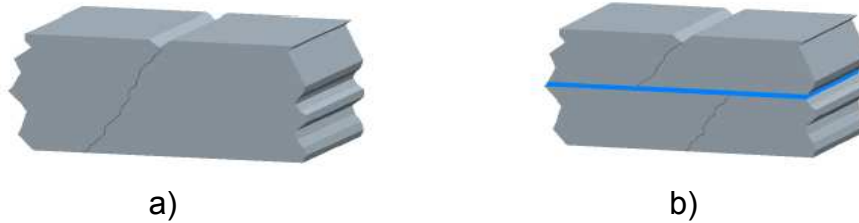
Výhodou lepených spojů v porovnání s nýtováním, šroubováním a svařováním je zvýšení celkové pevnosti vhodně konstruovaného spoje. V technologiích jako je nýtování a šroubování otvory snižují velikost plochy spojovaných dílů a způsobují vysokou koncentraci napětí neboli působí jako vruby. Špičky napětí na okraji děr má při dynamickým namáhání za následek destrukci spoje.



obr. 2.3.2 Porovnání napětí u různých druhů spojení materiálu [14]

### ➤ Zvýšení bezpečnosti při poruše

Vrstva lepidla izoluje účinek vrubu. Trhlina se šíří pouze k ploše, kde je vrstva lepidla. Druhý materiál není touto trhlinou ovlivněn a další šíření trhliny pokračuje z jiného místa. Tímto se vrubová houževnatost lepených dílů může navýšit až 6krát v porovnání s vrubovou houževnatostí dílů z plného materiálu. Trhlina se u lepených spojů šíří zpočátku velmi pomalu, proto ji lze pravidelnou kontrolou odhalit dříve než dojde k lomu. [10]



obr. 2.3.3 Omezení účinku vrubu vrstvou lepidla. a) průběh poruchy u součásti s vrubem z plného materiálu b) průběh poruchy u součásti s vrubem, jenž byl vytvořen spojením dvou plechů lepidlem. [14]

#### ➤ **Těsnost spoje a zvýšená odolnost proti korozi**

Lepené spoje mají výborné těsnící vlastnosti a s tím souvisí i koroze. U nýtů a bodových svarů se dostávají korozní činidla do spoje, u švových svarů dochází ke strukturní změně v okolí svaru a to vede ke zvýšenému koroznímu napadení. Při lepení různých druhů kovů nedochází k napadení materiálu galvanickou korozi.

#### ➤ **Možnost spojovat různé materiály**

Lepením lze spojovat materiály různého druhu. Toho se především využívá u těžko svařitelných materiálů nebo u materiálů, které je sice možné svařit, ale mají nevyhovující pevnost svarového spoje. Dále se lepí materiály u nichž je obtížné nýtovat a šroubovat.

#### ➤ **Tlumení vibrací**

Lepený spoj má plošný charakter a zvyšuje tak tuhost konstrukce. V automobilovém průmyslu se při lepení karoserie vozu využívá tlumení vibrací lepených spojů. Velikost tlumení vibrací je závislé na druhu použitého lepidla. Lepidlo odděluje obě lepené součásti a nedochází tak k vzájemnému kontaktu. Tím se zamezí hlučnosti karoserie při jejím provozu.

#### ➤ **Nedochází k porušení povrchové vrstvy**

Povrchy plechů se často opatřují povlaky (nejčastěji na bázi Zn) z důvodu ochrany proti korozi. V technologii svařování dochází k zachycení zinku na elektrodě a dochází k nedostatečné funkci ochranné vrstvy z důvodu narušení v místě svařovaného spoje. Lepením toto narušení nenastane.



### ➤ **Úspory hmotnosti snížením tloušťky plechů**

V důsledku využití spojů s vyšší stykovou plochou se zvýší tuhost a je možné snížit tloušťku plechů.

### 2.3.7 Nevýhody lepených spojů

Lepení má kromě mnoha výhod i své nevýhody. Tyto nevýhody se snažíme potlačit vhodnou konstrukcí, zvolením vhodného typu lepidla pro danou aplikaci a dodržením technologického postupu lepení doporučeného výrobcem. V některých případech je však lepší, lepení nahradit nějakou z jiných metod spojování materiálu. K tomuto často dochází v případech značného nebezpečí odlupování. [10], [15]

#### ➤ **Namáhání v odlupování**

Konstrukce lepených spojů se řeší takovým způsobem, aby se dosáhlo namáhání spoje ve smyku. Je dobré mít na paměti nízkou odolnost spoje proti odlupu. V některých případech to však není možné, proto se řeší klasickými způsoby spojení svařováním, šroubováním a nýtováním.

#### ➤ **Nízká odolnost lepidel při vysokých teplotách**

Jednou z dalších nevýhod lepených spojů je nízká odolnost proti vysoké teplotě. Například konstrukční epoxidové lepidlo LOCTITE EA 3423 je teplotně odolné do 120 °C. Pokud je lepený spoj dlouhodobě staticky zatěžován a zároveň je vystaven vysokým teplotám, může docházet k tečení (creep).

#### ➤ **Vytvrzování lepidel**

Pro vytvoření spojení s požadovanou pevností je potřeba většinu konstrukčních lepidel vytvrdit. Doba vytvrzování závisí na vytvrzovací teplotě. Tato doba může být od několika minut do několika hodin. V porovnání se šroubováním se u lepení nikdy nedosahuje okamžité pevnosti.

#### ➤ **Úprava povrchu před lepením**

Rozhodující pro dosažení požadované pevnosti spoje je úprava povrchu před nanesením lepidla. Úpravy povrchu bývají například odmaštění,

odstranění mechanických nečistot, zdrsnění tzn. vytvoření drsného povrchu.

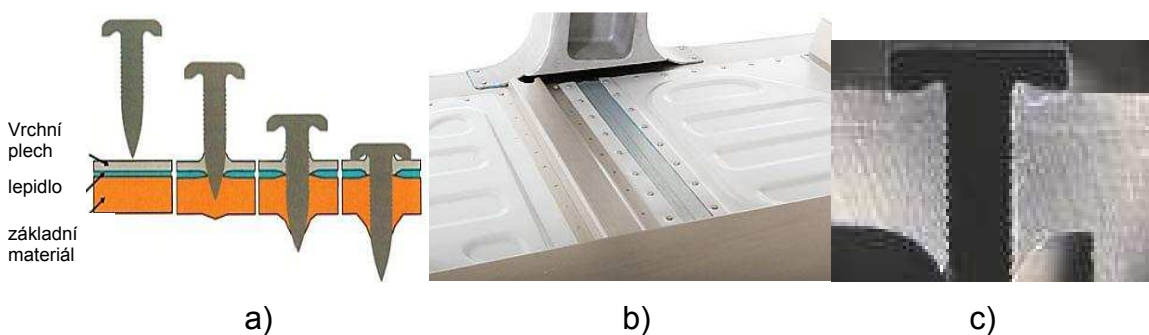
Výjimkou je snad pouze automobilový průmysl, kde se pro karosářské díly v dnešní době používá technologie lepení materiálů bez odmašťování, protože v současnosti používaná lepidla umožňují vytvoření požadovaného lepeného spoje s dostatečnou pevností i při použití maziv. Povrchy výlisků karoserie se tedy neodmašťují a je tak možné snížit náklady na přípravu povrchu. [14]

### 2.3.8 Lepení a další metody spojování karoserií

V této kapitole je uvedena stručná charakteristika spojovacích technologií používaných při stavbě karoserie. V některých případech se technologie lepení kombinuje s jinou technologií spojování. Spojením dvou odlišných technologií vzniká tzv. hybridní technologie.

- **Rivtac**

Rivtac patří mezi moderní metody spojování plechů za studena. Používá se pro spojování hliníku, oceli, plastů, neželezných kovů a pro smíšené, vícevrstvé spoje z vyjmenovaných materiálů. Nespornou výhodou jsou především spojování bez předděrování s přístupem z jedné strany spoje, snížení spojovací doby na minimum a možnosti spojovat materiály s vysokou pevností. Spojování nýtem se zde kombinuje s technologií lepení. [16], [18]



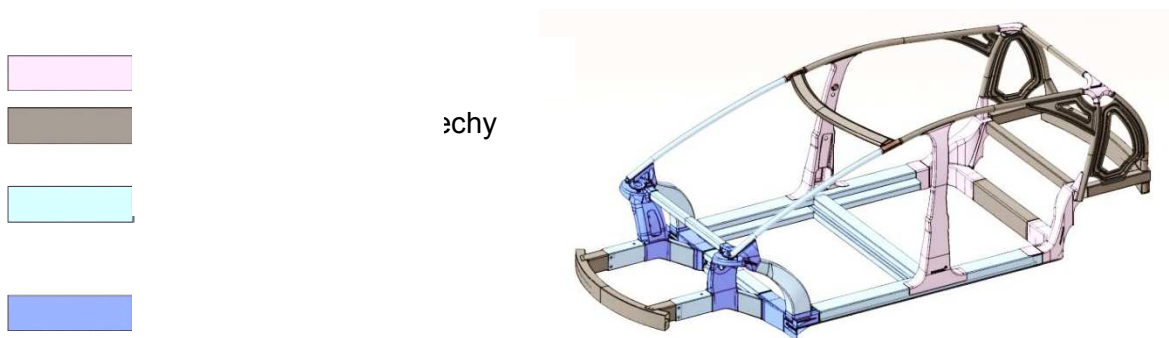
Obr. 2.3.4: a) proces spojování [16] b) příklad použití [23] c) řez spojem [17]

Principem Rivtac je rychlé nastřelení svorníků do spojovaných dílů s jejich proděravěním. Svorník je velice podobný hřebíku. V krátké době dojde k vzestupu teploty v oblasti spojování a materiál je zatlačen do rýhování na svorníku, jelikož vzestupem tepla vzrůstá schopnost zatavení. Výsledkem je vysoký tvarový a silový styk spojovaného materiálu se svorníkem. Spojování

metodou Rivtac patří mezi nerozebíratelné a probíhá v několika krocích. Prvním krokem je nasazení, druhým krokem je natlačení, třetí protlačení a jako poslední je utažení spoje. Navíc tato technologie umožňuje plně automatické vstřelování svorníků, proto je vhodná pro hromadnou výrobu.

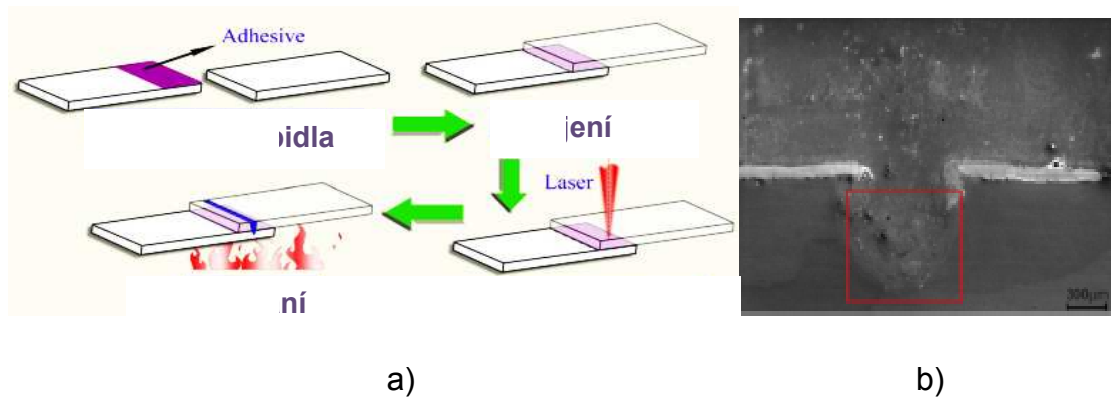
Zařízením pro nastřelování je pneumatický válec. Používají se ruční mobilní zařízení nebo robotizovaná zařízení. Proces nastřelování svorníků se kontroluje pomocí detekce vstřelovacích sil v závislosti na poloze při nastřelování (zdvihu).

Spojování metodou Rivtac je použito v konstrukci karoserií ScaLight-Fahrzeug a EDAG-Light-Car. Vývoj firmy EDAG použil smíšené konstrukce s použitím dutých profilů. Kombinace lepení a metody spojování Rivtac je zde například použito v místech napojení hliníkových B sloupků, hliníkových plechů s ocelovými profily podběhů v zadní části karoserie. Materiálová koncepce EDAG Light-Car je vidět na obr. 2.3.5. [16], [19]



#### ▪ Lepení s laserovým svařováním

Další moderní technologií spojování je kombinace lepení s laserovým svařováním. Tato metoda je například vhodná při spojování Al slitin s Mg slitinami. [24] Proces spojování se skládá ze čtyř fází. První fází je nanesení lepidla na jeden z dílů, dále se tento díl spojí s druhým dílem za působení tlaku. Poté se díly laserově svaří a jako poslední fáze je vytvrzování. Postup spojování je znázorněn na obr. 2.3.6 .



Obr. 2.3.6 a) fáze procesu spojování [24] b) řez spojem [24]

Porovnáním této hybridní technologie a obyčejného laserového svařování bylo zjištěno, že vzorky spojené hybridní technologií mají vyšší pevnost ve smyku. Účinkem tepelného namáhání a charakteristiky intermetalické fáze Mg-Al je také menší potenciál ke vzniku mikrotrhliny než u laserového svařování.[24] Lepidlo během procesu potlačuje vznik intermetalických sloučenin. Pro spoj Al-Mg byla zjištěna pevnost v tahu 2,8 kN/cm pro spoj vytvořený hybridním způsobem.[24] Pevnost v tahu v případě laserového svařování bez použití lepidla je 1 kN/cm.[24] Nárůst pevnosti je především způsoben použitím technologie lepení. Nevýhodou je stále vznik několika intermetalických sloučenin, které vyvolávají vady spoje.

Ukázalo se, že tato nevýhoda může být potlačena pozinkovanou nebo niklovou mezivrstvou, které zabraňují difuzi a tím zabraňují tvorbě intermetalických sloučenin. Mezivrstva je ještě posílena lepidlem a pevnost spoje v tahu se rovná 1,7 kN/cm a 118 MPa bez použití lepidla.[24]

Příklad využití této technologie je u karoserie Mazdy Skyactiv v části zpevněné prstencové konstrukce střechy.

#### ▪ Bodové svařování

Bodové svařování patří mezi odporové způsoby svařování bez přídavného materiálu. Do oblasti, kde vzniká svar se na krátkou dobu přivede elektrický proud o vysoké intenzitě při současném působení tlaku. Množství tepla, které vznikne v oblasti svařování je závislé na elektrickém odporu mezi elektrodami ve svařovaném materiálu.[41] Spoj je tvořen přeplátováním plechů o tloušťce



většinou nižší než 5 mm několika bodovými svary. Plechy nemusí být stejné tloušťky. Vnesené teplo  $Q$  určuje Joule-Lenzův zákon dle vztahu (2):

$$Q = U \times I \times t \quad [\text{J}] \quad (2)$$

Kde  $U$ - úbytek napětí na odporu [V]

$I$ - protékající proud odporem [A]

$t$ - doba průchodu proudu odporem [s]

V konstrukci dnešních samonosných karoserií je možné nalézt tisíce bodových svarů, které jsou v některých částech kombinovány s technologií lepení. Výhodou bodového svařování je možnost přesného umístění, spojování plechů různé tloušťky, požadovaného počtu svarů. Hlavními nevýhodou je teplem ovlivněná oblast spoje a tím změna mechanických vlastností. Další nevýhodou při spojování pozinkovaných plechů je velké opotřebení svařovacích elektrod a snížení korozní odolnosti v oblasti svaru.

#### ▪ Tailored welded blanks

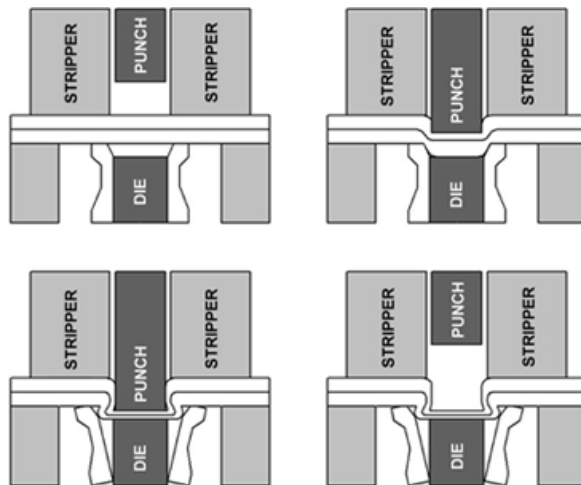
V automobilovém průmyslu se při spojování dílů karoserie využívá metody Tailored blanks. Svařované přístřihy plechů různých vlastností, jenž jsou po svaření tvářeny v lisu do konečného tvaru. Často se kombinují oceli s nižší pevností s vysoko-pevnostními oceli z důvodu úspory materiálu a v konečném důsledku také redukce hmotnosti vyrobeného dílu. Krom rozdílné pevnosti ocelí jsou spojovány materiály s rozdílnou tloušťkou. V současnosti jsou přístřihy plechů svařovány laserovou technologií a to hlavně díky nižším nákladům na úpravu svaru a malé tepelně ovlivněné oblasti svaru. [39, 40]

Metoda spojování přístřihů s různými vlastnostmi přináší možnost kombinace materiálů s různými vlastnostmi, nižší hmotnost vyrobených dílů, nižší materiálové náklady, kratší proces výroby dílů a snížení počtu dílů pro výrobu segmentu.

Negativa této metody jsou vysoké nároky na technologické znalosti, cenově náročný provoz laserového svařování a použití speciálních nástrojů, které mají vysokou cenu.

## ▪ Clinching

V českém překladu klinčování je metoda mechanického spojování plechů za studena. Princip spoje je zřejmý z obr. 2.3.7. Plechy jsou sevřeny mezi stírací deskou a spodní deskou. Stírací deska neplní jen funkci sevření plechů, ale také limituje oblast plechu pro vytvoření spoje a zabraňuje deformaci okolo spoje. Razník působí tlakovou silou na horní spojovaný materiál a oba tlačí proti raznici. Tlak od razníku a rozevření matrice do stran způsobí tečení materiálu v tomto směru. Vytvoří se tak mechanický zámek v podobě kruhově protlačeného nerozebíratelného spoje bez hran a otřepů. Na konci procesu stírací deska drží plechy na místě, zatímco razník je zatažen zpět do horní pozice. To proběhne v jednom rychlém zdvihu. [37, 38]



Obr. 2.3.7 proces klinčování [37]

Mezi výhody patří zpevnění spoje plastickou deformací za studena, menší energetické nároky než u vyjmenovaných metod svařování, spojování plechů různé tloušťky, spojování různých druhů materiálů, možnost vícevrstvého spojení, materiál není ovlivněn teplem jako u svařování a lze spojovat plechy s povrchovou úpravou. Hlavní nevýhodou je změna tvaru konstrukce.

Statická pevnost těchto spojů dosahuje okolo 70% pevnosti bodového svaru a dynamická pevnost je vyšší. S ohledem na trend snižování hmotnosti automobilů se ve smíšených karoseriích kombinují materiály oceli a hliníku. Metoda klinčování zajišťuje vznik dostatečně pevného spoje i těchto dvou materiálů. Jako příklady použití lze uvést části karoserií jako přední kapota, dveře, stahovací střechy.



## 3 Experimentální část

### 3.1 Cíl experimentu

Zadání diplomové práce vychází z potřeb automobilového průmyslu a její řešení bylo ve spolupráci katedry strojírenské technologie a společností ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav. Cílem experimentální části je porovnat a vyhodnotit kvalitu lepených spojů u různých kombinací substrátů a lepidel používaných v konstrukci smíšené karoserie automobilů. Během experimentálního měření byly provedeny zkoušky dvou různých lepidel, které byly aplikovány na čtyři druhy substrátů ve vzájemných kombinacích.

Pro experiment bylo vybráno epoxidové lepidlo BETAMATE 1440 a lepidlo na bázi kaučuku BETAGUARD RB 214 BV. Použité substráty byly ocelový plech bez povrchové úpravy (CRS), žárově pozinkovaný ocelový plech (HDG), Al plech (Al) a plech z korozi-vzdorné ocele (ANK). Celkový počet testovaných kombinací substrátů jsou: čtyři kombinace základních substrátů a šest smíšeným kombinací substrátů se změnou v základní kombinaci.

Během experimentu se zjišťují základní mechanické vlastnosti použitých substrátů statickou zkouškou tahem dle ČSN EN ISO 6892-1, protože i mechanické vlastnosti substrátů mají vliv na výsledky únosnosti lepeného spoje.

Neméně důležitým faktorem majícím vliv na kvalitu lepených spojů je drsnost povrchu. Jelikož se jedná o naprosto odlišné povrchy použitých materiálů, byly provedeny zkoušky drsnosti povrchů dle normy DIN EN ISO 4288.

Při výrobě jednotlivých výlisků karoserie lisováním, je povrch plechů ošetřen mazivem, které se při následných operacích spojováním ve svařovně, neodstraňuje. Z toho důvodu se před samotným lepením nanese na každý vzorek vrstva maziva Anticorit PL 3802-39 S a bylo tak dosaženo podobných podmínek s výrobou. Množství naneseného maziva bylo  $3 \text{ g/m}^2$ .

Kvalita lepených spojů se zjišťovala pomocí zkoušky pevnosti v odlupu dle ČSN EN ISO 11339 (T-zkouška v odlupování lepených sestav z ohebných adherendů), jelikož z hlediska únosnosti při tomto namáhání spoj vykazuje horší vlastnosti. Zkouškou se zjistila střední pevnost v odlupování.

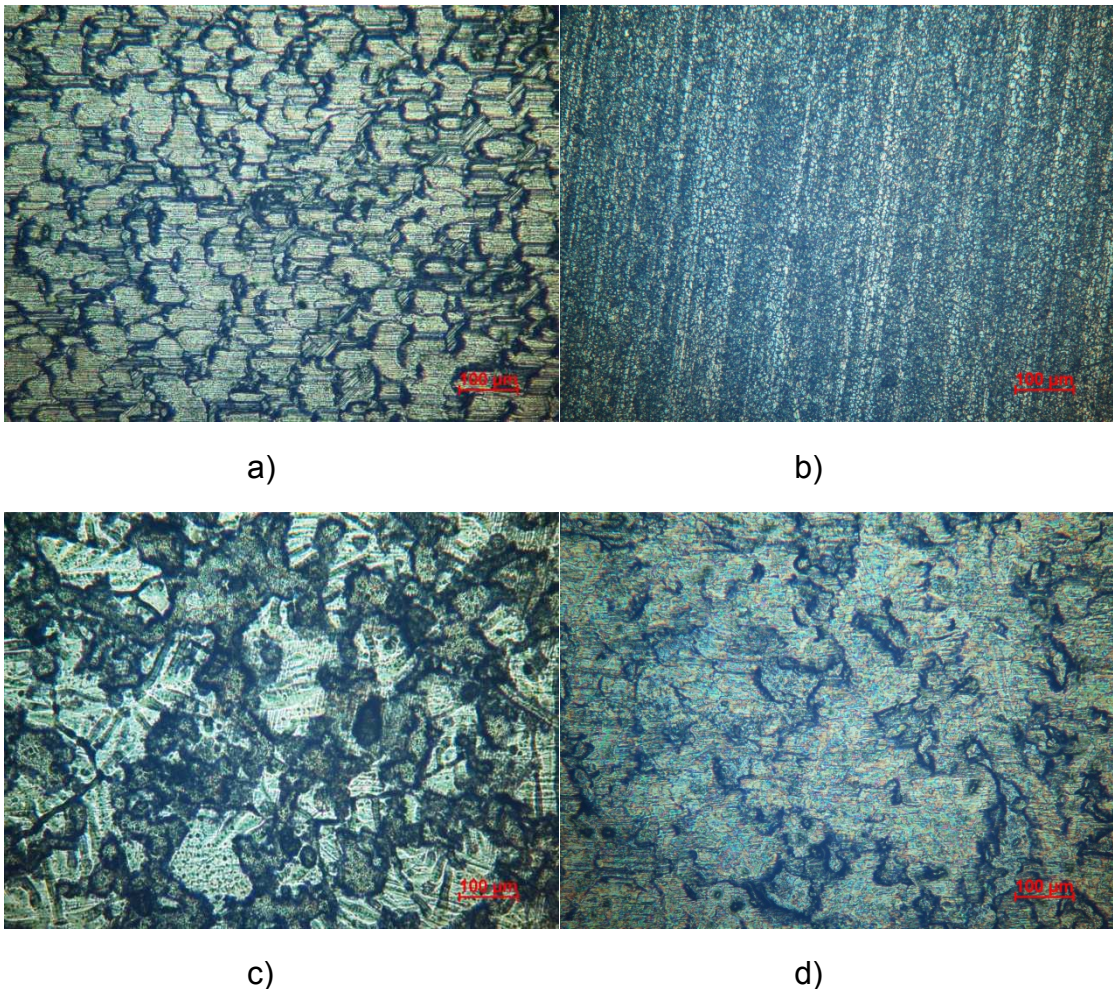


Součástí hodnocení kvality lepeného spoje je i subjektivní vizuální posouzení typu porušení, které se realizuje po vyhodnocení pevnosti dle normy ČSN ISO 10365 (Lepidla –označení hlavních typů porušení lepeného spoje-

## 3.2 Použité substráty

Pro experiment hodnocení kvality lepených spojů byly vybrány čtyři výše zmíněné substráty. Jedná se o dva hlubokotažné materiály, z nichž jeden je s povrchovou úpravou žárovým pozinkováním, dále Al plech a korozivzdornou ocel. Na obr. 3.2.1 jsou zobrazeny snímky struktur povrchu použitých substrátů zachycené optickým mikroskopem Neophot 21.

Tloušťky použitých plechů měly odlišné hodnoty: Al-1,2 mm, CRS-1,06 mm, HDG-0,9 mm, ANK-0,804 mm. Tloušťka plechu patří mezi parametry mající vliv na výsledné pevnostní hodnoty lepeného spoje. Všechny testované kombinace jsou zobrazeny v tab. 3.2.1.



Obr. 3.2.1 Snímky struktur substrátů a) Al b) HDG c) ANK d) CRS

Tab. 3.2.1 Testované kombinace substrátů

Základní kombinace	Smíšené kombinace
CRS-CRS	HDG-AI
HDG-HDG	AI-ANK
ANK-ANK	CRS-ANK
AI-AI	HDG-ANK
	CRS-AI
	CRS-HDG

### 3.3 Určení základních mechanických vlastností

Základní mechanické vlastnosti všech substrátů byly zjišťovány pomocí tahové zkoušky dle normy ČSN EN ISO 6892-1 na trhacím stroji TIRAtest 2300 obr. 3.3.1. Stroj je vybaven tenzometrickou siloměrnou hlavou s rozsahem 100 kN. Nastříhané vzorky plechů s normalizovanými rozměry byly zatěžovány staticky tahovou silou a deformovány až do přetržení. Šířka každého vzorku byla 20 mm, počáteční měřená délka 80 mm.



Obr. 3.3.1 Trhací stroj TIRAtest 2300

Během zatěžování byl zaznamenáván smluvní diagram tahové zkoušky. Rychlost zatěžování každého vzorku byla 10 mm/min. Pro zjišťované mechanické vlastnosti platí vztahy (3), (4), (5).

➤ **Výpočet mechanických vlastností:**

Mez pevnosti v tahu:  $R_m = \frac{F_m}{S_0}$  [MPa] (3)

Mez kluzu:  $R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0}$  [MPa] (4)

Tažnost:  $A_{80mm} = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$  [%] (5)

kde:

$F_m$ ..... maximální zatížení předcházející porušení vzorku [N]

$S_0$ ..... počáteční průřez vzorku [mm<sup>2</sup>]

$F_{p0,2}$ ..... síla způsobující plastickou deformaci o velikosti 0,2 % z  $L_0$  [N]

$L_0$ ..... počáteční měřená délka [mm]

$L_u$ ..... konečná měřená délka po porušení [mm]

### 3.3.1 Výsledky tahové zkoušky

Z naměřených hodnot smluvních napětí a poměrného prodloužení se získaly průměrné hodnoty smluvní meze kluzu, smluvní meze pevnosti a hodnoty tažnosti, které jsou uvedeny na protokolech v příloze č. 5 až příloze č. 8 spolu se smluvním diagramem tahové zkoušky.

V tab. 3.3.1 jsou uvedeny průměrné hodnoty mechanických vlastností jednotlivých substrátů získaných z tahové zkoušky.

#### ➤ Uváděné hodnoty:

$R_{p0,2}$ .....smluvní mez kluzu s plastickou deformací 0,2 % z  $L_0$  [MPa]

$R_m$ ..... mez pevnosti [MPa]

$A_{80mm}$ .....tažnost [%]

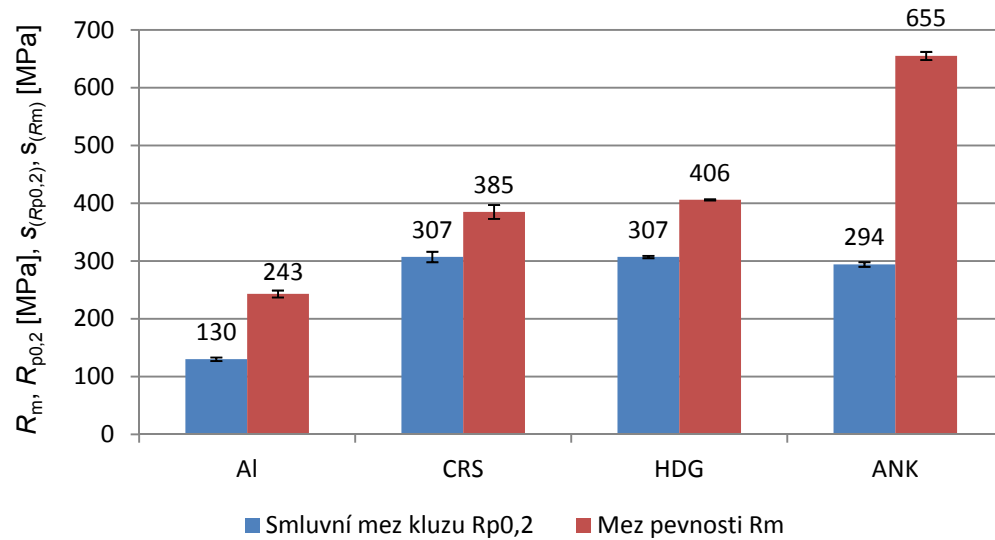
$s$ .....směrodatná odchylka

Tab. 3.3.1 Mechanické vlastnosti použitých substrátů

Typ vzorku	$R_{p0,2}$ [MPa]	$s (R_{p0,2})$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$s (R_m)$ [MPa]	$A_{80mm}$ [%]	$s (A_{80mm})$ [%]
AI	130	±3	243	± 6	24,5	±1
HDG	307	±2	406	±1	30,5	±0,5
CRS	307	±9	385	±12	32	±1
ANK	294	±4	655	±7	53	±0,5

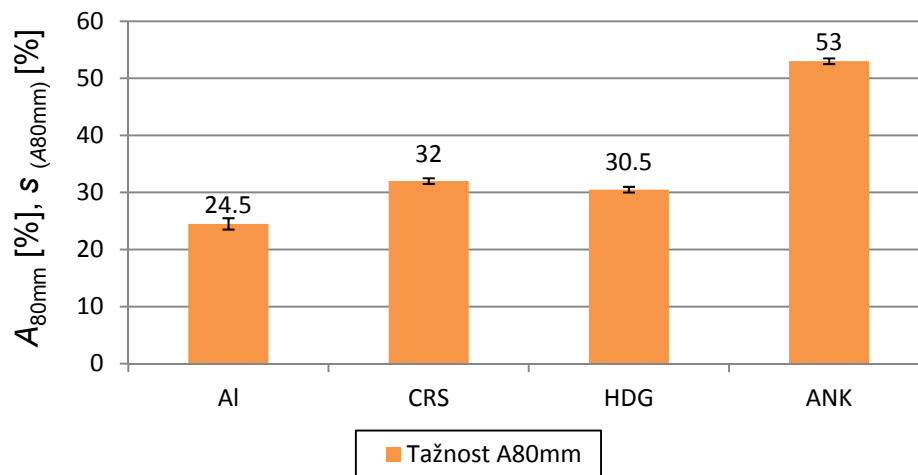
Pro lepší názornost jsou hodnoty mechanických vlastností zpracovány do grafů viz. obr. 3.3.2 a obr. 3.3.3.

### Mechanické vlastnosti substrátů



Obr. 3.3.2 Mechanické vlastnosti substrátů

### Tažnost substrátů

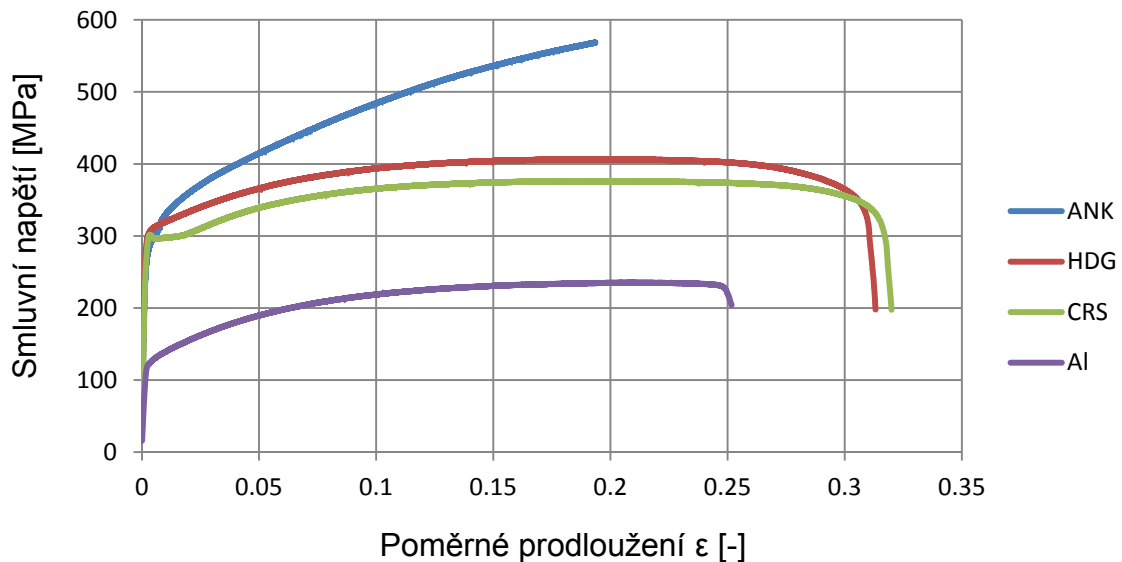


Obr. 3.3.3 Hodnoty tažností substrátů

Z výsledků tahové zkoušky je zřejmé, že plech z korozivzdorné oceli (ANK) dosahuje nejvyšších hodnot meze pevnosti, tažnosti a má také největší rozdíl mezi mezí pevnosti a smluvní mezí kluzu. Mez kluzu je u ANK nižší než u substrátů HDG, CRS. Žárově pozinkovaný ocelový plech (HDG) má srovnatelnou smluvní mez kluzu s ocelovým plechem bez povrchové úpravy

(CRS), ale mez pevnosti je o 21 MPa vyšší než u CRS. Tažnost je v případě těchto dvou ocelí podobná a je o 1,5 % vyšší u CRS. Nejnižší mechanické vlastnosti má substrát hliníku (Al). Smluvní diagram tahových zkoušek všech substrátů je znázorněn v grafu viz. obr. 3.3.4.

### Smluvní diagram tahových zkoušek



Obr. 3.3.4 Smluvní diagram tahových zkoušek substrátů

### 3.4 Měření drsnosti povrchu

Drsnost povrchu je dalším důležitým faktorem, který má vliv na kvalitu lepeného spoje. Povrchy testovaných substrátů mají naprosto odlišné povrchy materiálů, proto byly také provedeny zkoušky drsnosti povrchu dle DIN EN ISO 4288.

Pro měření drsnosti povrchu byl použit přístroj Marsurf PS1, viz obr. 3.4.1. Jedná se o lehký přenosný přístroj s měřícím rozsahem v hodnotách od -200  $\mu\text{m}$  do +150  $\mu\text{m}$ . Maximální snímaná délka je 17.5 mm. Snímač přístroje má hrot o velikosti 2  $\mu\text{m}$ . Pracovní podmínky přístroje jsou v rozmezí teplot od +5 do +40  $^{\circ}\text{C}$  a maximální relativní vlhkost vzduchu by měla být do 85 %.



Obr. 3.4.1 Marsurf PS1 [28]

### 3.4.1 Výsledky měření drsnosti povrchu

Z několika měřitelných parametrů drsnosti povrchu byly u každého z materiálů vyhodnoceny parametry střední aritmetické hodnoty drsnosti  $R_a$ , maximální výška profilu  $R_z$  a počet výstupků  $P$  na jeden centimetr vztažené délky  $RP_c$ . Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.4.1. a příloze č. 9 až příloze č. 12.

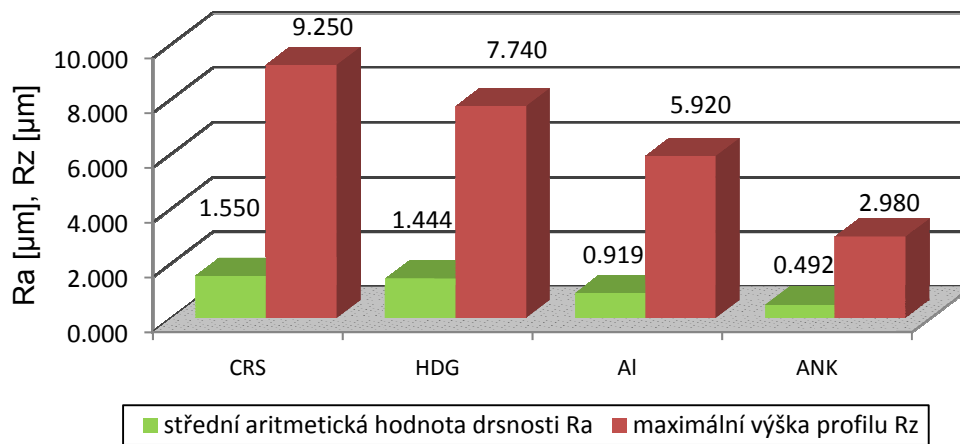
Tab. 3.4.1 Naměřené hodnoty drsností povrchu

Materiál	$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	$RP_c$ [1/cm]
Ocel bez povrchové úpravy (CRS)	1,550	9,250	36
Žárově pozinkovaná ocel (HDG)	1,444	7,740	65
Hliník (Al)	0,919	5,920	77
Korozivzdorná ocel (ANK)	0,492	2,980	11

Rozdíl drsností je zřejmý z grafu na obr. 3.4.2. Nevyšší hodnota střední aritmetické drsnosti byla zjištěna u ocelového plechu bez povrchové úpravy (CRS). K této hodnotě se nejvíce přibližovala drsnost žárově pozinkované oceli (HDG) o 6,8 % (0,106  $\mu\text{m}$ ) nižší. Dále byla drsnost hliníkového plechu o 40,7 % (0,631  $\mu\text{m}$ ) nižší než u CRS. Nejnižší střední aritmetická hodnota byla naměřena u korozivzdorné oceli (ANK). V porovnání s CRS jako referenčním vzorkem byly u vzorku ANK zjištěny hodnoty střední aritmetické drsnosti o 68,3% (1,058  $\mu\text{m}$ ) nižší.



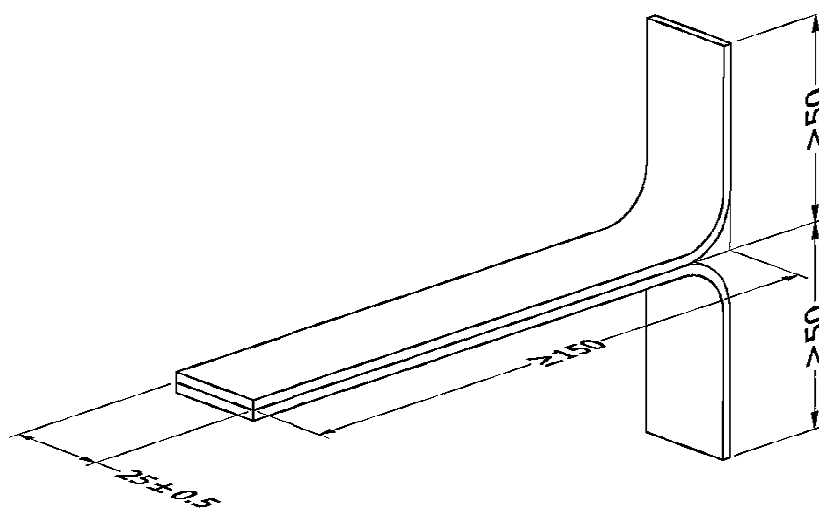
## Drsnost povrchu substrátů



Obr. 3.4.2 Střední aritmetické drsností povrchů

## 3.5 Příprava vzorků pro zkoušku v odlupu dle ISO 11339

Z jednotlivých tabulí plechu výše uvedených druhů materiálů byly nastříhány na tabulových nůžkách MS 2504 Durma obr. 3.5.2 pásy plechů normalizovaných rozměrů dle normy ISO 11339. Pásy plechů měly délku 200 mm, šířku 25 mm.



Obr. 3.5.1 Rozměry vzorku pro zkoušku pevnosti v odlupu podle ISO 11 339

Následně byly vzorky ohnuty pod úhlem 90° na ohraňovacím lisu APHS 2104 x 60, viz obr. 3.5.3. Ohnutí bylo provedeno ve vzdálenosti 50 mm od kraje,

jelikož bylo nutné uchytit tuto část vzorků v trhacím zařízení. Výsledný tvar a rozměry vzorků jsou na obr. 3.5.1.



Obr. 3.5.2 Tabulové nůžky MS 2504 Durma



Obr. 3.5.3 Ohraňovací lis APHS 2104 x 60

Ohnuté pásky plechů byly následně očištěny a zbaveny mastnoty ponořením do D-SOL. Poté byly osušeny bavlněným kusem látky. Touto přípravnou operací před samotným lepením byly odstraněny nečistoty vzniklé stříháním a ohýbáním a mastnota konzervačních maziv, které jsou nanášeny v

hutích.

D-SOL neboli směs syntetických isoparafinických uhlovodíků bez obsahu halogenů je kapalina bez zápachu, hořlavá a používá se jako k bezoplachovému odmašťování a čištění dílů za studena. Základní charakteristika je uvedena v tab. 3.5.1. Podrobná specifikace odmašťovadla je uvedena v příloze č. 1.

Tab. 3.5.1 Základní charakteristika odmašťovadla D-SOL

D-SOL	
Viskozita při 25 °C	1,09 mPa.S
Hustota	761 kg/m <sup>3</sup>
Třída hořlavosti	III
Bod vzplanutí	58 °C

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.1, jelikož se v automobilovém průmyslu realizuje lepení povrchů ošetřených mazivem, bylo před samotným lepením nanášeno na celý lepený povrch každého substrátu mazivo. Množství nanášeného maziva bylo 3 g/m<sup>2</sup>, což je standardní hodnota používaná pro lepení v sériové výrobě automobilového průmyslu. Tato hodnota byla kontrolována speciálním přístrojem pro zjišťování množství maziva na povrchu plechu tzv. IR aparátem.

Použitým mazivem byl ANTICORIT PL 3802-39 S od firmy FUCHS SCHMIERSTOFFE GMBH, což je olej typu Prelube, to znamená ochranný antikorozi olejí i tvářecí mazivo. Nanáší se nástřikem a naválcováním při doporučené teplotě 40 – 65 °C. Toto mazivo je vhodné pro zušlechtěné plechy a normální ocelové plechy. Zajišťuje optimální podmínky při obtížném tažení, které se při lisování dílů karoserie může vyskytovat. Jednou velmi důležitou vlastností tohoto maziva je kompatibilita se všemi běžnými lepidly při výrobě automobilů. Základní charakteristika maziva je uvedena v tabulce 3.5.2. Podrobná specifikace maziva je uvedena v příloze č. 2.

Tab. 3.5.2 Základní charakteristika maziva ANTICORIT PL 3802-39-S

ANTICORIT PL 3802-39 S	
Barva	hnědá
Hustota při 15 °C	915 kg/m <sup>3</sup>
Viskozita při 40 °C	60 mm <sup>2</sup> /s
Bod vzplanutí	196 °C
Odstranitelnost	vyhovuje

Připravené vzorky s naneseným mazivem byly roztříděny do jednotlivých kombinací dle tab. 3.2.1. a každá kombinace obsahovala pět vzorků. Plech CRS byl zvolen jako referenční vzorek pro porovnání hodnot pevnosti lepených spojů v experimentu.

Po vytvoření kombinací různých materiálů bylo vytlačovací pistolí nanášeno lepidlo. Lepidlo se nanášelo pouze na jednu část vzorku. Pro zajištění kvality lepeného spoje byly vloženy distance v podobě měděných drátků o průměru 0,2 mm obr. 3.5.4 a. Měděné drátky určovaly tloušťku lepidla v lepeném spoji a zajišťovaly rovnoměrnou vrstvu lepidla po celé délce spoje při spojování substrátů. Dále se obě části vzorku přitlačily k sobě a vyvozením tlaku došlo k vytlačení přebytečného objemu lepidla, které se odstranilo seříznutím okrajů vzorku. Po přitlačení se spoj zafixoval několika svorkami po celé délce spoje obr. 3.5.4 b. Svorky znemožnily pohyb částí vzorku vůči sobě.



a)

b)

Obr. 3.5.4 a) Nanesení lepidla s distančními Cu drátky b) Zafixování substrátů

Pro lepení substrátů byly použity dva druhy konstrukčních lepidel. Konstrukční epoxidové lepidlo BETAMATE 1440 a kaučukové lepidlo BETAGUARD RB 214 BV.

#### ➤ **BETAMATE 1440**

BETAMATE 1440 je jednosložkové, teplem vytvrditelné, epoxidové lepidlo, které bylo speciálně vyvinuté pro lepení plechů karoserie. Díky dobré přilnavosti na mastné povrchy je možné lepit povrchově mastné plechy od předešlého tváření. Přispívá k zvýšení tuhosti karoserie a k ochraně proti korozi díky své těsnící schopnosti. Základní charakteristika lepidla je uvedena v tabulce 3.5.3. Podrobnější charakteristika je v materiálovém listu lepidla v příloze č. 3 .

Tab. 3.5.3 Základní charakteristika lepidla BETAMATE 1440

BETAMATE 1440	
Báze lepidla	epoxidová pryskyřice
Barva	Modrá
Hustota při 23 °C	1,24 g/cm <sup>3</sup>
Pevnost v tahu	31 MPa
Pevnost v odlupu	9,4 N/mm
Smyková pevnost	29,6 MPa
Standartní vytvrzení	30 minut při 180 °C
Forma	pasta

#### ➤ **BETAGUARD RB 214 BV**

Betaguard RB 214 BV je na bázi syntetického kaučuku. Má velmi dobrou přilnavost na mastné povrchy a těsnící schopnost. Po vytvrzení dosahuje vysokých hodnot pevnosti a dobrou odolnost proti korozi. Používá se v oblastech lepení dílů karoserie automobilů. V tabulce 3.5.4 je uvedena základní charakteristika lepidla. Podrobnější charakteristika lepidla je k dispozici v příloze č. 4 .

Tab. 3.5.4 Základní charakteristika lepidla BETAGUARD RB 214 BV

BETAGUARD RB 214 BV	
Báze lepidla	syntetický kaučuk
Barva	černá
Hustota	1,4 ±0,05 g/cm <sup>3</sup>
Teplota při zpracování	min. 30 °C max. 45 °C
Smyková pevnost	3-5 MPa
vytvrzení	max. 30 minut při 205 °C
Forma	pasta

Vytvrzení vzorků probíhalo na základě reálných podmínek ve ŠKODA AUTO a.s.. Slepené a svorkami zafixované vzorky byly vyrovnány na tabule plechu a následně byla nastavena požadovaná teplota vytvrzování 180 °C na sušárně s nucenou cirkulací vzduchu Venticell 222 obr. 3.5.5. Po dosažení vytvrzovací teploty byly vloženy všechny vzorky do vnitřního prostoru sušárny. Vytvrzování tedy probíhalo u všech vzorků za identických podmínek. Vzorky se vytvrzovaly 20 minut. Po uplynutí vytvrzovací doby byly vzorky ze sušárny vyjmuty a ponechány chladnout na volném vzduchu po dobu 24 hodin.



Obr. 3.5.5 sušárna Venticell 222

### 3.6 Zkouška pevnosti v odlupování dle ISO 11 339

Kvalita lepeného spoje byla zjišťována pomocí normalizované destrukční zkoušky ČSN EN ISO 11 339. Měření pevnosti v odlupování probíhalo na trhacím zařízení TIRAtest 2300 s tenzometrickou siloměrnou hlavou s rozsahem 10 kN, viz. obr. 3.5.6.

Ochlazené vzorky byly zbaveny fixačních svorek. Na trhacím zařízení byly nastaveny čelisti do polohy pro upnutí vzorků. Tato poloha byla zvolena jako nulová. Každý vzorek byl upnut za ohnuté konce a zkouška byla spuštěna.

Vzorek byl namáhán odlupující silou až do úplného porušení lepeného spoje. Rychlost pohybu čelistí byla 100 mm/min. U každé kombinace proběhlo testování pěti vzorků. Výsledky zkoušky jsou pevnost v odlupování a maximální naměřená síla u každého vzorku. Všechny tyto hodnoty jsou uvedeny v protokolech měření v přílohách č. 13 až č. 32.. V protokolech je také dopočítaný aritmetický průměr pevností v odlupování, maximální síly a směrodatná odchylka. Celá zkouška je řízena počítačovým softwarem LabNet. Software LabNet na závěr vyhodnocuje zkoušku a zpracovává naměřené údaje do protokolů.



Obr. 3.5.6 Zkouška pevnosti v odlupování dle ISO 11 339



Střední pevnost v odlupu  $F_{sab}$  je střední síla  $F_s$  působící na šířku vzorku  $b$ , jenž je nezbytná pro oddělení lepených dílů. Střední pevnost v odlupu se získá ze vztahu (7).

$$F_{sab} = \frac{F_s}{b} \quad (7)$$

kde:

$F_{sab}$ .....	střední pevnost v odlupu	[N.mm <sup>-1</sup> ]
$F_s$ .....	střední síla v odlupu	[N]
$b$ .....	šířka lepeného spoje	[mm]

Průměrná hodnota střední pevnosti v odlupu se získá ze vztahu (8).

$$\bar{F}_{sab} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{(sab)i} \quad (8)$$

kde:

$\bar{F}_{sab}$ .....	průměrná hodnota pevnosti v odlupu z $n$ vzorů	[N.mm <sup>-1</sup> ]
$n$ .....	počet vzorků	[-]
$F_{(sab)i}$ .....	pevnost v odlupu jednotlivých vzorků	[N.mm <sup>-1</sup> ]

Na protokolech se uvádí s průměrnou hodnotou pevnosti v odlupu také směrodatná odchylka z této hodnoty viz vztah (9). Směrodatná odchylka určuje, jak se liší pevnosti v odlupu jednotlivých vzorků od jejich průměrné hodnoty.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_{(sab)i} - \bar{F}_{sab})^2}{n-1}} \quad (9)$$

kde:

$s$ .....	směrodatná odchylka [N.mm <sup>-1</sup> ]
$\bar{F}_{sab}$ .....	průměrná hodnota pevnosti v odlupu z $n$ vzorků [N.mm <sup>-1</sup> ]
$n$ .....	počet vzorků [-]
$F_{(sab)i}$ .....	pevnost v odlupu jednotlivých vzorků [N.mm <sup>-1</sup> ]

V následujících tab. 3.5.7 a tab. 3.5.8 jsou z destruktivní zkoušky v odlupování zaznamenány získané střední pevnosti v odlupování testovaných





vzorků. Jsou uvedeny kombinace materiálů, které byly testovány u každého z lepidel.

**Uváděné hodnoty:**

$F_{sab}$ .....střední pevnost v odlupování [N/mm]

$s$ ..... směrodatná odchylka pro střední pevnost v odlupování [N/mm]

Tab. 3.5.7 Výsledky pro vzorky spojené lepidlem BETAMATE 1440

BETAMATE 1440		
Kombinace substrátů	$F_{sab}$ [N/mm]	$s$ [N/mm]
CRS-CRS	9,85	0,42
HDG-HDG	9,27	0,50
ANK-ANK	8,90	0,08
AI-AI	8,14	0,14
HDG-AI	9,49	0,64
AI-ANK	9,20	0,46
CRS-ANK	9,15	0,26
HDG-ANK	9,05	0,07
CRS-AI	8,66	0,32
CRS-HDG	8,38	0,28

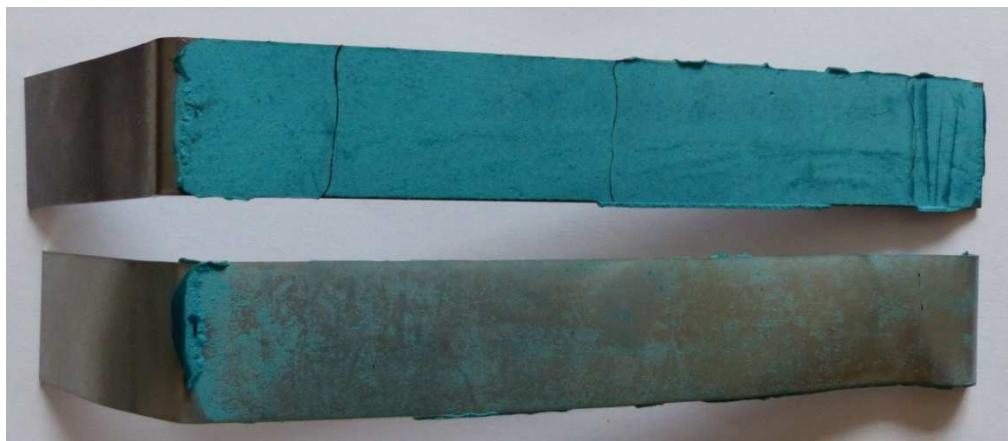
Tab. 3.5.8 Výsledky pro vzorky spojené lepidlem BETAGUARD RB 214 BV

BETAGUARD RB 214 BV		
Kombinace substrátů	$F_{sab}$ [N/mm]	$s$ [N/mm]
CRS-CRS	1,90	0,16
HDG-HDG	1,55	0,09

ANK-ANK	1,84	0,13
AI-AI	1,46	0,06
HDG-AI	1,55	0,10
AI-ANK	1,79	0,09
CRS-ANK	1,99	0,11
HDG-ANK	1,85	0,14
CRS-AI	1,77	0,16
CRS-HDG	3,20	0,27

Po provedené zkoušce a získání hodnot pevností v odlupu se provádí vizuální hodnocení porušení spojů podle normy ČSN ISO 10365.

Typy porušení lepených spojů se do protokolu udávají v procentech. U vzorků se provádí hodnocení obou stran a dohromady musí dát vždy 100%. Na obr. 3.5.7 a obr. 3.5.8 je porušení spojů vzorku CRS-HDG pro oba typy lepidel. Hodnocení porušení lepeného spoje lepidla BETAMATE 1440 je v tab. 3.5.5. a pro lepidlo BETAGUARD RB 214 BV v tab. 3.5.6.



Obr. 3.5.7 Porušení spoje lepidla BETAMATE 1440 v kombinaci materiálů HDG-CRS



Obr. 3.5.8 Porušení spojů lepidla BETAGUARD RB 214 BV v kombinaci materiálů HDG-CRS

**Uváděné hodnoty:**

*CF*..... kohezní porušení [%]

*SCF*..... speciální kohezní porušení [%]

*AF*..... adhezní porušení [%]

Tab. 3.5.5 Hodnocení porušení lepeného spoje lepidla BETAMATE 1440

BETAMATE 1440			
Kombinace substrátů	Typ porušení		
	CF [%]	SCF [%]	AF [%]
ANK-ANK	100	-	-
CRS - CRS	100	-	-
HDG-HDG	100	-	-
AI-AI	100	-	-
HDG-AI	100	-	-
CRS-AI	90	10	-
HDG-ANK	100	-	-
CRS-ANK	100	-	-
AI-ANK	100	-	-
CRS-HDG	60	40	-

Tab. 3.5.6 Hodnocení porušení lepeného spoje lepidla BETAGUARD RB 214 BV



BETAGUARD RB 214 BV			
Kombinace substrátů	Typ porušení		
	CF [%]	SCF [%]	AF [%]
ANK-ANK	100	-	-
CRS - CRS	100	-	-
HDG-HDG	100	-	-
AI-AI	100	-	-
HDG-AI	100	-	-
CRS-AI	100	-	-
HDG-ANK	100	-	-
CRS-ANK	100	-	-
AI-ANK	100	-	-
CRS-HDG	100	-	-

## 4 Diskuse výsledků

Výsledky z předchozí kapitoly jsou pro větší názornost zpracovány do tab. 4.1.1 až tab. 4.1.4 a grafu v obr. 4.1.1, kde je lépe vidět srovnání naměřených hodnot.

Testování bylo provedeno pro dva různé typy lepidel BETAMATE 1440 a BETAGUARD RB 214 BV, které byly aplikovány na čtyři druhy substrátů zároveň pozinkovaný ocelový plech (HDG), ocelový plech bez povrchové úpravy (CRS), hliníkový plech (AI) a plech z korozivzdorné oceli (ANK) ve vzájemných kombinacích. V této části práce je uvedeno podrobnější srovnání jednotlivých kombinací lepených substrátů s ohledem na použité lepidlo. Uvedené tabulky obsahují porovnání výsledků pevností v odlupu pro každé z lepidel, aby bylo možné posoudit rozdíly pevností v odlupu.

### **Uváděné hodnoty:**

$F_{\text{sab}}$ .....*Střední pevnost v odlupování [N/mm]*

$\Delta F_{\text{sab}}$ .....*Rozdíl středních hodnot pevnosti v odlupování s referenčním vzorkem [N/mm]*

$$\text{platí: } \Delta F_{\text{sab}(i)} = F_{\text{sab}(i)} - F_{\text{sab}(\text{referenční})} \quad (10)$$

Tab. 4.1.1 Střední hodnoty pevnosti v odlupu pro lepidlo BETAMATE 1440

BETAMATE 1440			
Kombinace substrátů	$F_{sab}$ [N/mm]	$\Delta F_{sab}$ [N/mm]	$\Delta F_{sab}$ [%]
CRS-CRS	9,85	referenční vzorek	referenční vzorek
HDG-HDG	9,27	-0,6	-5,9
ANK-ANK	8,90	-1,0	-9,6
Al-Al	8,14	-1,7	-17,4

Jako referenční vzorek při porovnávání kvality lepených spojů byla zvolena základní kombinace substrátů z ocelového plechu bez povrchové úpravy (CRS-CRS). Při porovnání základních kombinací substrátů složených ze stejných dvojic materiálů je z tab. 4.1.1 patrné, že nejvyšší pevnosti v odlupu bylo dosaženo právě u substrátu CRS-CRS a nejnižší pevnost v odlupu byla zaznamenána u základní kombinace Al-Al, kde je hodnota o 17,4 % (1,71 N/mm) nižší. Pevnosti v odlupu substrátu CRS-CRS se nejvíce přibližuje substrát HDG-HDG, jenž má pokles pevnosti pouze o 5,9 % (0,58 N/mm). Kombinace substrátů ANK-ANK má hodnotu pevnosti v odlupu nižší o 9,6 % (0,95 N/mm) v porovnání s referenčním vzorkem.

Další hodnocení kvality lepených spojů je prezentováno v tab. 4.1.2, kde se porovnávají výsledky pevnosti v odlupu pro smíšené kombinace substrátů vzhledem ke kombinaci substrátů identických.

Tab. 4.1.2 Porovnání pevnosti v odlupu substrátů se změnou k základní kombinaci substrátů u lepidla BETAMATE 1440

BETAMATE 1440					
Kombinace substrátů	$F_{sab}$ [N/mm]	CRS-CRS	HDG-HDG	ANK-ANK	Al-Al
		$\Delta F_{sab}$ [%]	$\Delta F_{sab}$ [%]	$\Delta F_{sab}$ [%]	$\Delta F_{sab}$ [%]
HDG-Al	9,49		2,3		14,2
Al-ANK	9,20			3,3	11,5
CRS-ANK	9,15	-7,7		2,7	
HDG-ANK	9,05		-2,4	1,7	
CRS-Al	8,66	-13,7			6
CRS-HDG	8,38	-17,5	-10,6		



Porovnáním kombinace substrátů složených z odlišných dvojic materiálů z tab. 4.1.2 vychází nejvyšší pevnost v odlupu u vzorku HDG-AI. Kombinace substrátů HDG-AI dosáhla vyšší pevnosti v odlupu než základní kombinace Al-Al o 14,2% (1,35 N/mm). Vztažením k základní kombinaci HDG-HDG je hodnota o 2,3% (0,22 N/mm) nižší než u HDG-AI. Dalším porovnáním substrátů se změnou v základní kombinaci mají druhou a třetí nejlepší pevnost v odlupu Al-ANK, CRS-ANK. Substráty Al-ANK a CRS-ANK jsou na tom podobně s poklesem pevnosti v odlupu. Pevnost v odlupu kombinace substrátů Al-ANK je o 11,5% (1,06 N/mm) vyšší než základní kombinace Al-Al a o 3,3% (0,3 N/mm) vyšší než základní kombinace ANK-ANK. Substráty CRS-ANK mají pevnost v odlupu o 7,7% (0,7 N/mm) nižší než základní kombinace CRS-CRS a o 2,7% (0,25 N/mm) vyšší pevnost v odlupu než u základní kombinace ANK-ANK. Nejnižších hodnot pevnosti v odlupu ze změn substrátu k základní kombinaci bylo dosaženo u HDG-ANK a CRS-AI. Vzorek HDG-ANK má o 2,4% (0,22 N/mm) nižší pevnost v odlupu než základní kombinace HDG-HDG. U základní kombinace ANK-ANK je pevnost v odlupu o 1,7% (0,15 N/mm) nižší než v případě HDG-ANK. Substráty CRS-AI mají pevnost v odlupu o 13,7% (1,19 N/mm) nižší než u CRS-CRS. Naopak u základní kombinace Al-Al je pevnost v odlupu o 6% (0,52 N/mm) nižší než u CRS-AI.

Z uvedeného hodnocení je zřejmé, že nejvyšších rozdílů hodnoty pevnosti v odlupu je u základních kombinací Al, CRS a jejich vzájemné kombinace. Nejvyšší kvalita lepeného spoje byla dosažena u základní kombinace CRS. Při kombinaci CRS s odlišnými substráty ANK, Al byl zaznamenán pokles pevnosti v odlupu. Naopak při kombinaci substrátu ANK se substráty Al, CRS, HDG byly zjištěny hodnoty pevnosti v odlupu vyšší než v základní kombinaci tohoto materiálu. U substrátu HDG byl zjištěn pokles pevnosti v odlupu v kombinaci s ANK a navýšení pevnosti v odlupu v kombinaci s Al ve srovnání s základní kombinací HDG-HDG. Změnou substrátu u základní kombinace Al se v každém případě navýšila pevnost v odlupu. U základní kombinace Al vychází pevnost v odlupu nejnižší ze všech hodnocených kombinací.

Tab. 4.1.3 Střední hodnoty pevnosti v odlupu pro lepidlo BETAGUARD RB 214BV

BETAGUARD RB 214 BV			
Kombinace substrátů	$F_{sab}$ [N/mm]	$\Delta F_{sab}$ [N/mm]	$\Delta F_{sab}$ [%]

CRS-CRS	1,90	referenční vzorek	referenční vzorek
HDG-HDG	1,55	-0,4	-18,4
ANK-ANK	1,84	-0,1	-3,2
AI-AI	1,46	-0,4	-23,2

Pro lepidlo Betaguard RB 214 BV byla ze základních kombinací substrátů naměřena nejvyšší pevnost v odlupu (1,90 N/mm) u referenčního vzorku CRS-CRS. Z tab. 4.1.3 je patrné, že nejbližší k hodnotě pevnosti v odlupu referenčního substrátu je základní kombinace ANK-ANK s hodnotou o 3,2 % (0,06 N/mm) nižší. Vyšší rozdíl pevnosti v odlupu vzhledem k referenčnímu vzorku byl naměřen u HDG-HDG, kde je tato hodnota o 18,4 % (0,35 N/mm) nižší. Základní kombinace AI-AI má nejnižší hodnotu pevnosti v odlupu, která je o 23,2 % (0,44 N/mm) nižší než CRS-CRS.

Další hodnocení kvality lepených spojů je prezentováno v tab. 4.1.4 kde se porovnávají výsledky pevnosti v odlupu pro smíšené kombinace substrátů vzhledem ke kombinaci substrátů identických.

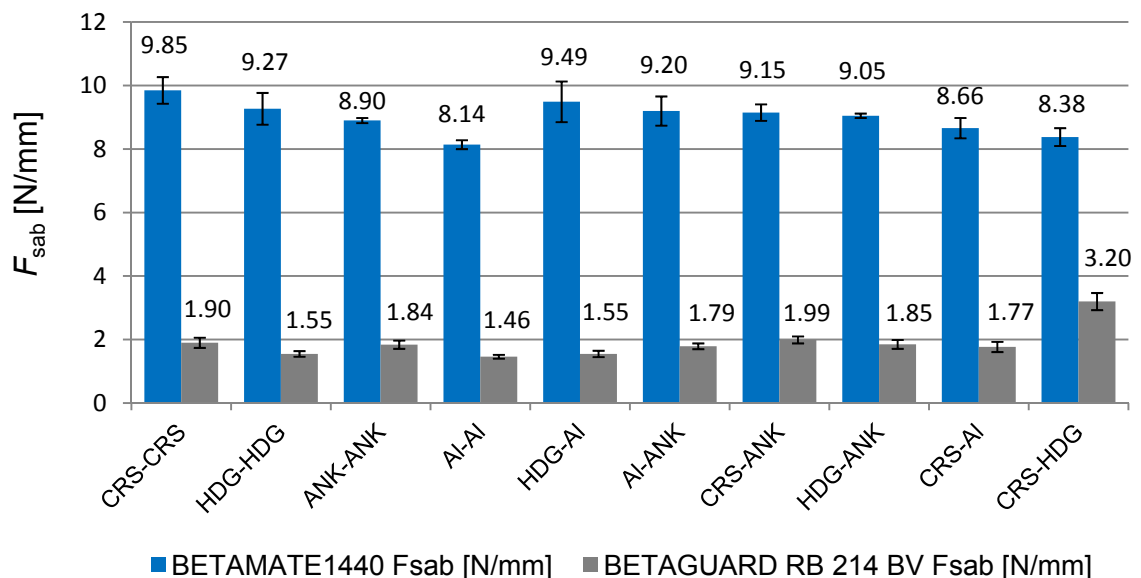
Tab. 4.1.4 Porovnání pevnosti v odlupu substrátů se změnou k základní kombinaci u lepidla BETAGUARD RB 214 BV

BETAGUARD RB 214 BV					
Kombinace substrátů	$F_{sab}$ [N/mm]	CRS-CRS	HDG-HDG	ANK-ANK	AI-AI
		$\Delta F_{sab}$ [%]	$\Delta F_{sab}$ [%]	$\Delta F_{sab}$ [%]	$\Delta F_{sab}$ [%]
HDG-AI	1,55		0		5,8
AI-ANK	1,79			-2,8	18,4
CRS-ANK	1,99	4,5		7,5	
HDG-ANK	1,85		16,2	0,5	
CRS-AI	1,77	-7,3			17,5
CRS-HDG	3,20	40,6	51,6		

Porovnáním kombinace substrátů složených z odlišných dvojic materiálů z tab. 4.1.4 vychází nejvyšší pevnost v odlupu u vzorku CRS-HDG, která je o 1,30 N/mm vyšší než základní kombinace CRS-CRS. Kombinace substrátů CRS-HDG dosáhla vyšší pevnosti v odlupu než základní kombinace HDG-HDG o 51,6% (1,65 N/mm). Dalším porovnáním substrátů se změnou v základní kombinaci mají druhou a třetí nejlepší pevnost v odlupu substráty CRS-ANK a HDG-ANK. Pevnost v odlupu kombinace CRS-ANK je v porovnání se základní

kombinací CRS-CRS vyšší o 4,5% (0,09 N/mm). Vztahením k základní kombinaci ANK-ANK je hodnota o 7,5% (0,15 N/mm) vyšší než u CRS-ANK. Pevnost v odlupu kombinace substrátů HDG-ANK je o 16,2% (0,3 N/mm) vyšší než základní kombinace HDG-HDG a o 0,5% (0,01 N/mm) vyšší než základní kombinace ANK-ANK. Dále mají podobné hodnoty pevností v odlupu kombinace substrátů Al-ANK a CRS-Al. Při porovnání Al-ANK se základními kombinacemi má hodnotu pevnosti v odlupu o 18,4% (0,33 N/mm) vyšší než Al-Al a o 2,8% (0,05 N/mm) nižší než ANK-ANK. Substráty CRS-Al mají pevnost v odlupu o 7,3% (0,13 N/mm) nižší než referenční CRS-CRS. Porovnáním CRS-Al s druhou základní kombinací Al-Al má hodnotu pevnosti v odlupu o 17,5% (0,31 N/mm) vyšší než Al-Al. Nejnižší dosažená hodnota pevnosti v odlupu v kombinacích různých druhů substrátů je u vzorku HDG-Al. Substráty HDG-Al mají stejnou pevnost v odlupu jako základní kombinace HDG-HDG a o 5,8% (0,09 N/mm) vyšší pevnost v odlupu než u vzorku Al-Al.

### Výsledky středních pevností v odlupu obou lepidel



Obr. 4.1.1 Porovnání středních pevností v odlupu obou lepidel

Na obr. 4.1.1 jsou graficky znázorněny výsledky středních hodnot v odlupu obou lepidel včetně jejich směrodatných odchylek. Vzhledem k typu jednotlivých lepidel a jejich použití je patrné z grafu, že kombinace substrátů lepených lepidlem Betamate 1440 mají vyšší pevnost v odlupu než kombinace substrátů





lepených lepidlem Betaguard RB 214 BV. Nižší hodnoty pevnosti v odlupu jsou u kaučukového lepidla způsobeny jeho nižší kohezí než v případě epoxidového lepidla.

Z grafu je patrné, pro lepidlo Betamate 1440, dosažení nejvyšší pevnosti v odlupu u oceli bez povrchové úpravy (CRS-CRS 9,85 N/mm) základní kombinace. V ostatních kombinacích docházelo ke snížení hodnot (maximální pokles pevnosti v odlupu byl pro kombinaci Al-Al, 17,4%).

Z grafu je zřejmé též pro lepidlo Betaguard RB 214 BV, dosažení nejvyšší pevnosti v odlupu u oceli bez povrchové úpravy (CRS-CRS 1,90 N/mm) základní kombinace. V ostatních kombinacích docházelo ke snížení hodnot (maximální pokles pevnosti v odlupu byl pro kombinaci Al-Al, 23,2%). Navýšení hodnoty odlupu došlo v kombinaci CRS- HDG o 59,4% a v kombinaci substrátů CRS – ANK o 4,5% .

## 5 Závěr

Současný tlak na snižování spotřeby pohonných hmot, zvyšování bezpečnosti pasažerů a ekologické požadavky nutí výrobce automobilů k hledání stále nových řešení v konstrukci karoserií a s tím spojené technologie výroby. Ocelové vysokopevnostní materiály umožňují konstrukci samonosných karoserií, která je dnes nejpoužívanější koncepcí konstrukce a přispívá ke snížení hmotnosti celé karoserie. V posledních několika letech se při stavbě karoserií začaly uplatňovat slitiny hliníku, hořčíku, kompozitů s vyztužujícími uhlíkovými či kevlarovými vlákny a vznikla tzv. smíšená konstrukce. Kombinace těchto materiálů může být obtížné svařovat. To iniciuje vývoj dalších technologií spojování jako je například Rivtac, Clinching, hybridní technologie lepení s laserovým svařováním a použití technologie lepení. Bez technologie lepení se dnes neobejde žádná koncepce stavby automobilové karoserie.

Pro spojování tenkých plechů se ve stále vzrůstající míře prosazuje technologie lepení. Vývojem plastických hmot přicházejí na trh stále nové typy lepidel, které již neplní pouze doplňkové funkce a významným způsobem se podílejí na zvýšení tuhosti a pevnosti konstrukce, snížení vibrací a hluku nebo



na antikorozi ochraně. Upřednostňování lepených spojů oproti spojovacím technologiím nýtování, svařování a šroubování je z důvodu toho, že lepené spoje umožňují kombinace různých druhů materiálů. Technologie lepení dovoluje získat spoje takových tvarů a vlastností, které není možné dosáhnout klasickými technologiemi spojování (šroubové, nýtové a svarové spoje). Během lepení nejsou ovlivňovány mechanické vlastnosti materiálu vrubovým účinkem otvorů a tepelným účinkem od svařování. Lepením není narušena povrchová vrstva v okolí spoje na rozdíl od svařování. Kromě dalších nesporných výhod, které technologie lepení má, je potřeba při návrhu konstrukce a volbě spojů uvažovat i nevýhody. Hlavní nevýhodou lepených spojů je malá odolnost proti zvýšené teplotě a namáhání v odlupování. Lepený spoj nelze okamžitě zatěžovat, je potřeba vytvrzovací doby. Spojované plochy musí být čisté a důležitá je i dostatečná rovinnost povrchů.

Cílem diplomové práce bylo experimentálně ověřit kvalitu lepených spojů ve smíšené konstrukci karoserií ve spolupráci se společností ŠKODA AUTO a.s..

Pro posouzení kvality lepených spojů ve smíšené konstrukci karoserií byla vybrána zkouška pevnosti v odlupu dle normy ČSN EN ISO 11 339. Tato zkouška byla zvolena, protože lepené spoje namáhané na odlup vykazují horší vlastnosti než například při namáhání spoje ve smyku. Testovány byly běžně používané materiály v automobilovém průmyslu při stavbě karoserií ocelový plech bez povrchové úpravy, žárově pozinkovaná ocel, korozivzdorná ocel a hliníkový plech. Tyto materiály byly lepeny ve vzájemných kombinacích lepidly BETAGUARD RB 214 BV a BETAMATE 1440.

S ohledem na požadavek co nejvíce se přiblížit podmínkám v praxi se na povrchy plechů nanášelo mazivo ANTICORIT PL 3802-39 S.

Z uvedených výsledků kapitoly 4.1 vychází u lepidla BETAGUARD RB 214 BV u všech substrátů nižší pevnost v odlupu než u lepidla BETAMATE 1440. Nižší hodnoty pevnosti v odlupu jsou u kaučukového lepidla způsobeny jeho nižší kohezí než v případě epoxidového lepidla. Ze zmíněných důvodů nelze srovnávat lepidla mezi sebou.

V tab. 4.1.1 je provedeno porovnání základních kombinací mezi sebou při použití epoxidového lepidla BETAMATE 1440. Nejvyšší pevnosti v odlupu bylo dosaženo u oceli bez povrchové úpravy (CRS-CRS 9,85 N/mm). Tato hodnota

je zároveň nejvyšší ze všech testovaných kombinací substrátů. Druhá nejvyšší pevnost v odlupu byla naměřena u základní kombinace z žárově pozinkované oceli (HDG-HDG 9,27 N/mm). Naopak nejnižší hodnoty pevnosti v odlupu jsou u substrátů hliníku (Al-Al 8,14 N/mm) a korozivzdorné oceli (ANK-ANK 8,90 N/mm). Pokles pevnosti v odlupu substrátů hliníku (o 17,4 % od referenčního CRS-CRS) a je nejvyšší ze všech kombinací lepených BETAMATE 1440.

U kombinace substrátů tzv. „smíšené konstrukce“, které byly spojeny lepidlem BETAMATE 1440 viz tab. 4.1.2, je nejvyšší střední pevnost v odlupování u kombinace hliníku s žárově pozinkovanou ocelí (Al-HDG 9,49 N/mm) a hliníku s korozivzdornou ocelí (Al-ANK 9,20 N/mm). Tyto kombinace mají významnější navýšení pevnosti v odlupu k základní kombinaci hliníku. Střední pevnosti v odlupování kombinací korozivzdorné oceli s ocelí bez povrchové úpravy (CRS-ANK 9,15 N/mm) a korozivzdorné oceli s ocelí s žárovým pozinkováním (ANK-HDG 9,05 N/mm) se liší pouze o 1%. Z těchto dvou kombinací je u vzorku CRS-ANK zjištěno nejvýraznější snížení pevnosti v odlupu k základní kombinaci oceli bez povrchové úpravy (CRS-CRS). Nejnižší hodnoty pevnosti v odlupu jsou u oceli bez povrchové úpravy s hliníkem (CRS-Al 8,66 N/mm) a oceli bez povrchové úpravy s žárově pozinkovanou ocelí (CRS-HDG 8,38 N/mm), jenž mají výrazný pokles pevnosti v odlupu v porovnání se základní kombinací oceli bez povrchové úpravy (CRS-CRS) a žárově pozinkované oceli (HDG-HDG). V porovnání (CRS-Al) se základní kombinací hliníku (Al-Al) je tato hodnota naopak vyšší.

Porovnáním základních kombinací mezi sebou bylo při použití kaučukového lepidla BETAGUARD RB 214 BV viz tab. 4.1.3 dosaženo nejvyšší pevnosti v odlupu u substrátu z oceli bez povrchové úpravy (CRS-CRS 1,90 N/mm). Na rozdíl od lepených spojů vytvořených lepidlem BETAMATE 1440 je druhý nejlépe vyhodnocený substrát z korozivzdorné oceli (ANK-ANK 1,84 N/mm). Pokles pevnosti v odlupu je u vzorků z hliníkových plechů (Al-Al 1,46 N/mm) a ocelí se žárovým pozinkováním (HDG-HDG 1,55 N/mm).

U substrátů se změnou v základní kombinaci lepené BETAGUARD RB 214 BV viz tab. 4.1.4 je nevyšší pevnost v odlupu u oceli bez povrchové úpravy s žárově pozinkovanou ocelí (CRS-HDG 3,20 N/mm). Tato kombinace má



výrazné rozdíly k základním kombinacím (HDG-HDG) a (CRS-CRS). Dále patří mezi nejlepší výsledky pevností v odlupu vzorky v kombinaci s korozivzdornou ocelí (Al-ANK 1,79 N/mm, CRS-ANK 1,99 N/mm, HDG-ANK 1,85 N/mm). Nejvyšší rozdíl k základním kombinacím má vzorek z hliníkového plechu s korozivzdornou ocelí (Al-ANK 1,79 N/mm), která má o 18,4% (0,33 N/mm) vyšší hodnotu pevnosti v odlupu než Al-Al. Nejnižší hodnoty pevností v odlupu jsou u kombinací hliníku s žárově pozinkovanou ocelí (Al-HDG 1,55 N/mm) a ocelí bez povrchové úpravy (Al-CRS 1,77 N/mm), které mají nejvýraznější navýšení této hodnoty v porovnání se základní kombinací hliníku (Al-Al).

Z porovnání výsledků drsností s výsledky kvality lepených spojů nelze jednoznačně říci obecné pravidlo vlivu drsnosti povrchu na kvalitu lepeného spoje. Z naměřených hodnot drsnosti vyplývá, že pro vytvoření kvalitního lepeného spoje budou u obou lepidel vhodné různé drsnosti povrchů.

Srovnáním hodnoty pevnosti v odlupu k základních kombinací k mechanickým vlastnostem substrátů má Al stejně jako v případě lepidla BETAMATE 1440 nejnižší mechanické vlastnosti a zároveň i nejnižší pevnost v odlupu. Vyšší hodnoty mechanických vlastností substrátů z oceli (CRS, HDG, ANK) odpovídají vyšším hodnotám střední odlupovací pevnosti. Z toho plyne, že i mechanické vlastnosti substrátů mají významný vliv na velikost střední pevnosti v odlupování.

Z diskuse výsledků experimentu vyplývá, že kvalita lepených spojů může do značné míry záviset na druhu lepidla, typu použitého substrátu a jeho úpravy povrchu, druhu a množství použitého maziva. Vzhledem k těmto vlivům na kvalitu lepeného spoje lze obecně doporučit každou kombinaci lepidel, substrátů a maziv vyzkoušet.





## 6 Seznam literatury

- [1] ŠANOVEC J.: *Nové tvářecí technologie pro výrobu karoserií*, 2011 Dostupný z: [online], [cit. 15.02.2015] <http://www.mmspektrum.com/clanek/nove-tvareci-technologie-pro-vyrobu-karoserii.html>
- [2] NĚMEČEK P.: *Karoserie a rámy motorových vozidel*, Dostupný z: [www: \[online\]](http://www.old.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf), [cit. 15.02.2015] [old.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf](http://www.old.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf)
- [3] PECÁK R.: *Nové Audi A6 přijde na trh na jaře*, 2010, Dostupný z: [online], [cit. 18.02.2015] <http://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/nove-audi-a6-prijde-na-trh-na-jare/r~i:gallery:17592/>
- [4] GHASSEMIEH E.: *Materials in Automotive Application*, State of the Art and Prospects, New Trends and Developments in Automotive Industry, Prof. Marcello Chiaberge (Ed.), ISBN: 978-953-307-999-8, InTech, 2011, Dostupný z [www: \[online\]](http://www.intechopen.com/books/new-trends-and-developments-in-automotiveindustry/materials-in-automotive-application-state-of-the-art-and-prospects), [cit. 20.02.2015] <http://www.intechopen.com/books/new-trends-and-developments-in-automotiveindustry/materials-in-automotive-application-state-of-the-art-and-prospects>
- [5] KELLER S., KIMCHI M.: *Advanced High-Strength Steels Application Guidelines Version 5.0*, WorldAutoSteel, 2014, dostupný z [www: \[online\]](http://www.worldautosteel.org/projects/advanced-high-strength-steel-application-guidelines/), [cit. 21.02.2015] <http://www.worldautosteel.org/projects/advanced-high-strength-steel-application-guidelines/>
- [6] GIRMAN V., HRABČÁKOVÁ V.: *Kovové materiály automobilových kontštrukcií – II*, karoséria a karosárské plechy, UPJŠ, Košice, dostupné z [www: \[online\]](http://www.materialing.com/materialy_auto_konstrukcii), [cit. 02.03.2015] [http://www.materialing.com/materialy\\_auto\\_konstrukcii](http://www.materialing.com/materialy_auto_konstrukcii)
- [7] ArcelorMittal, 2012, dostupné z [www: \[online\]](http://automotive.arcelormittal.com/europe/ArcelorMittal/EN), [cit. 02.03.2015] <http://automotive.arcelormittal.com/europe/ArcelorMittal/EN>



- [8] WILSON D.: *Inrekor unveils flat-pack production proces*, 2011, dostupné z www: [online], [cit. 02.03.2015] <http://www.theengineer.co.uk/in-depth/analysis/inrekor-unveils-flat-pack-production-process/1007188.article>
- [9] Inrekor, dostupné z www: [online], [cit. 02.03.2015] <http://www.inrekor.com/>
- [10] PETERKA J.: *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. Praha: Nakladatelství SNTL, 1980. 792s.
- [11] GREGOR M.: *Lepidla – Tmely, lepení*. Dostupný z www: [online], [cit. 02.03.2015] <http://www.oblibene.cz/lepidla/4852/lepeni/>
- [12] KOVAČIČ L.: *Lepenie kovov a plastov*. Bratislava: Nakladatelství ALFA, 1984. 398s.
- [13] *Technologie lepení v automobilovém průmyslu*.: Dostupný z www: [online], [cit. 02.03.2015] [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/spt/lepeni.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/lepeni.pdf)
- [14] BROZOVÁ V.: *Vliv nových typů povrchových úprav plechů na kvalitu lepených spojů při stavbě karoserie osobních automobilů*, Diplomová práce, TUL, 2012.
- [15] Loctite, dostupné z www: [online], [cit. 20.03.2015] <http://www.loctite.cz/>
- [16] ŠANOVEC J.: *Moderní způsoby spojování dílů karoserií*, 2012, Dostupné z www: [online], [cit. 20.03.2015] <http://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-zpusoby-spojovani-dilu-karoserii.html>
- [17] Böllhoff : *Rivtac narážení čepů vysokou rychlostí*, 2013. Dostupné z www: [online], [cit. 22.03.2015] [http://www.boellhoff.cz/cs/cz/montazni\\_systemy/rivtac.php](http://www.boellhoff.cz/cs/cz/montazni_systemy/rivtac.php)



- [18] Böllhoff : *Rivtac the innovative high-speed joining proces*, 2013. Dostupné z [www:\[online\]](http://www.boellhoff.cz), [cit. 25.03.2015]  
<http://www.boellhoff.cz/static/pdf/downloadcenter/RIVTAC-GB-6810.pdf>
- [19] Edag, dostupné z [www: \[online\]](http://www.edag-light-car.com/), [cit. 25.03.2015] <http://www.edag-light-car.com/>
- [20] Audi R8 e-tron Multimaterial in Space Frame- *Technical drawing wallpaper*. Dostupné z [www: \[online\]](http://www.caricos.com), [cit. 26.03.2015]  
[http://www.caricos.com/cars/a/audi/2013\\_audi\\_r8\\_e-tron/1920x1080/40.html](http://www.caricos.com/cars/a/audi/2013_audi_r8_e-tron/1920x1080/40.html)
- [21] Wikipedie, *Carbon fiber reinforced polymer*. Dostupné z [www: \[online\]](http://en.wikipedia.org), [cit. 27.03.2015]  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-fiber-reinforced\\_polymer](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-fiber-reinforced_polymer)
- [22] Dawex, *epoxidová konstrukční lepidla*. Dostupné z [www: \[online\]](http://www.dawex.cz), [cit. 29.03.2015]  
<http://www.dawex.cz/lici-hmoty/epoxidova-konstrukcni>
- [23] Böllhoff, Edag light car. Dostupné z [www: \[online\]](http://www.boellhoff.de), [cit. 29.03.2015]  
<http://www.boellhoff.de/files/jpg2/EDAG-Light-Car-Bild3-340.jpg>
- [24] Liming L., Daxin R., Fei L.: *A Review of Dissimilar Welding Techniques for Magnesium Alloys to Aluminum Alloys*, 2014. Dostupný z [www: \[online\]](http://www.mdpi.com), [cit. 29.03.2015]  
<http://www.mdpi.com/1996-1944/7/5/3735/htm>
- [25] BROCKMANN W., GEISS P., KLINGEN J.: *Adhesive bonding: adhesives, applications and processes*, 2009, ISBN: 978-3-527-31898-8
- [26] Wikipedie, Adhesive. Dostupné z [www: \[online\]](http://en.wikipedia.org), [cit. 01.04.2015]  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Adhesive>
- [27] ABUŠINOV A.: *Tváření titanových trubek vnitřním přetlakem za tepla*, 2012. Dostupné z [www: \[online\]](http://www.mmspektrum.com), [cit. 01.04.2015]  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/tvareni-titanovych-trubek-vnitrnim-pretlakem-za-tepla.html>





- [28] Surface roughness tester, Elcometer. Dostupné z www: [online], [cit. 02.04.2015]  
<http://www.elcometer.com/images/stories/SurfacePreparation/SurfaceRoughness/Elcometer-7061-Surface-Roughness-Tester.jpg>
- [30] Tahová zkouška. Dostupné z www: [online], [cit. 02.04.2015]  
[www.sssebrno.cz/files/ovmt/tahova\\_zkouska.pdf](http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/tahova_zkouska.pdf)
- [31] Aluminium in cars. European aluminium association, Dostupný z www: [online], [cit. 02.04.2015] <http://www.alueurope.eu/aam/>
- [32] MACHUTA J.: *Výrobky z hliníkové pěny, 2007*. Dostupné z www: [online], [cit. 02.04.2015]  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyrobky-z-hlinikove-peny>
- [33] Inkosas, *Titanové slitiny Grade 1-11 - titanové plechy, tyče, trubky, dráty, příruby*. Dostupné z www: [online], [cit. 03.04.2015]  
<http://www.inkosas.cz/templates/titanove-slitiny-tyce-plechy-draty-trubky.php>
- [34] BÁRTKOVÁ H., KLUSOŇ P.: *Chemie a chemické technologie*, VŠCHT. Dostupné z www: [online], [cit. 03.04.2015]  
<http://old.vscht.cz/kot/resources/studijni-materialy/>
- [35] ČSN EN ISO 11339 - *T-zkouška v odlupování lepených sestav z ohebných adherendů*.
- [36] DOUBEK P., KOLNEROVÁ M.: *Základy technologie lepení karosářských výlisků*, TUL, 2014, ISBN 978-80-7494-170-2
- [37] Sheetmetal, *Clinching*. Dostupné z www: [online], [cit. 03.04.2015]  
<http://sheetmetal.me/tooling-terminology/clinching/>
- [38] NOVOTNÝ M.: *Clinching přináší možnosti spojování plechů za studena*, 2010. Dostupné z www: [online], [cit. 04.04.2015]  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/clinching-prinasi-moznosti-spojovani-plechu-za-studena.html>



- [39] SPOTTL M., MOHRBACKER H.: *A review of laser welding technology for mass production of tailored blanks*, ThyssenKrupp Lasertechnik GmbH, NiobelCon bvba. Dostupné z www: [online], [cit. 05.04.2015]  
niobelcon.com
- [40] Technologie tailored blanks,2002. Dostupné z www: [online],  
[cit. 05.04.2015]  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/technologie-tailored-blanks.html>
- [41] Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích. 1. vyd. Praha: Scientia spol. s.r.o., 1998, 251 s. ISBN 80-718-3054-2.
- [42] ČSN ISO 10365: *Lepidla - označení hlavních typů porušení lepeného spoje*



## 7 Seznam příloh

- Příloha č. 1 Materiálový list odmašťovacího přípravku D – SOL 100
- Příloha č. 2 Materiálový list maziva Anticorit 3802 – 39S
- Příloha č. 3 Materiálový list lepidla Betamate 1440
- Příloha č. 4 Materiálový list lepidla Betaguart RB 214BV
- Příloha č. 5 Zkouškový protokol tahové zkoušky materiálu CRS
- Příloha č. 6 Zkouškový protokol tahové zkoušky materiálu HDG
- Příloha č. 7 Zkouškový protokol tahové zkoušky materiálu ANK
- Příloha č. 8 Zkouškový protokol tahové zkoušky materiálu Al
- Příloha č. 9 Zkouškový protokol drsnosti povrchu materiálu HDG
- Příloha č. 10 Zkouškový protokol drsnosti povrchu materiálu Al
- Příloha č. 11 Zkouškový protokol drsnosti povrchu materiálu CRS
- Příloha č. 12 Zkouškový protokol drsnosti povrchu materiálu ANK
- Příloha č. 13 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty Al-Al lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 14 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty ANK-Al lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 15 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-CRS lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 16 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-Al lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 17 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-HDG lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 18 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-ANK lepených BETAMATE 1440



- Příloha č. 19 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty HDG-HDG lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 20 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty HDG-AI lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 21 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty ANK-ANK lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 22 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty HDG-ANK lepených BETAMATE 1440
- Příloha č. 23 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty AI-AI lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 24 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-CRS lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 25 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-AI lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 26 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-HDG lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 27 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty CRS-ANK lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 28 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty HDG-HDG lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 29 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty HDG-AI lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 30 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty ANK-ANK lepených BETAGUARD RB 214BV
- Příloha č. 31 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty ANK-AI lepených BETAGUARD RB 214BV



Příloha č. 32 Zkouškový protokol pevnosti v odlupu pro substráty ANK-HDG lepených BETAGUARD RB 214BV

Příloha č. 33 Porušení substrátů lepených BETAGUARD RB 214BV

Příloha č. 34 Porušení substrátů lepených BETAMATE 1440



## D-sol 100

<b>Popis:</b>	kapalina D-sol 100 je směsí syntetických isoparafinických uhlovodíků bez obsahu halogenů										
<b>Použití:</b>	k bezoplachovému odmašťování a čištění dílů za studena v ultrazvukových vanách, postřikových, máčecích nebo ručních strojích, jako náhrada lakových benzínů, tri- a perchloreтанu, ideální pro opravy, údržby, průmyslové pvozy, lakovny, galvanovny, elektrotechniku										
<b>Vlastnosti:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ vynikající čistící schopnost</li><li>▪ účinnost na většinu olejů, tuků, vazelín a vosků</li><li>▪ vyhovující odpařivost</li><li>▪ bez zápachu</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>▪ nízký obsah aromátů (do 0,002 % hm)</li><li>▪ dermatologicky bez problémů</li><li>▪ minimální zatížení ovzduší</li><li>▪ použitelný s PEHD, PA66, ABS, PET, PVC, PTFE, PVF, PVDF, NBR</li><li>▪ nepoužitelný s POLYSTYREN, SBR, EPDM</li></ul>										
<b>Parametry:</b>	<table><tr><td>bod vzplanutí</td><td>58 °C</td></tr><tr><td>hustota při 15°C</td><td>761 kg/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td>viskozita při 25°C</td><td>1,09 mPa.S</td></tr><tr><td>odpařivost (Ether = 1)</td><td>85</td></tr><tr><td>třída hořlavosti</td><td>III.</td></tr></table>	bod vzplanutí	58 °C	hustota při 15°C	761 kg/m <sup>3</sup>	viskozita při 25°C	1,09 mPa.S	odpařivost (Ether = 1)	85	třída hořlavosti	III.
bod vzplanutí	58 °C										
hustota při 15°C	761 kg/m <sup>3</sup>										
viskozita při 25°C	1,09 mPa.S										
odpařivost (Ether = 1)	85										
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 znečištěné náplně k ekologické likvidaci										

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

Tel./fax: +420 495 532 763  
GSM: +420 602 412 577  
+420 603 588 499  
+420 777 212 577

# 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 lepicími 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 elektrostatically) ale také naválčováním.

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

Vlastnost	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



**Dow Automotive**

Provisorisches Technisches Datenblatt

# BETAMATE™ 1440

Crashstabiler Strukturklebstoff

## Anwendung / Beschreibung:

BETAMATE™ 1440 ist ein einkomponentiger Epoxidklebstoff, welcher speziell für den Einsatz im Rohbau entwickelt wurde. Der Klebstoff wird angewendet, um die Betriebsfestigkeit, die Crashstabilität und die Steifigkeit des Fahrzeuges zu erhöhen.

## Eigenschaften:

- Ausgezeichnete Prozess- und Lagerstabilität
- Ausgezeichnete Haftung auf den im Automobilbau verwendeten Stahlsorten, einschliesslich beschichteten Stählen und vorbehandeltem Aluminium. Gute Verträglichkeit von Ölen und Trockenschmierstoffen
- Erhöht die Steifigkeit und Crashstabilität des Fahrzeuges
- Hohe Beständigkeit des Klebstoffes und der Verklebung
- Eignung zur Abdichtung und Schutz des Metalls als auch der Schweisspunkte vor Korrosion
- Kompatibel mit anderen mechanischen und thermischen Fügeverfahren
- Kompatibel mit dem KTL - Prozess und auswaschbeständig
- Vorhärtnbar
- Bis zu sechs Wochen Offenzzeit im gefügten Zustand

## Applikation:

Das Produkt ist kalt anpumpbar, wirbelsprühbar und ist mittels Dünnstrahlspritzen oder als Raupe applizierbar. Es kann mit folgenden Parametern appliziert werden:

<b>Auftragungsgeschwindigkeit</b>	200 - 500 mm/s
<b>Temperaturen:</b>	<b>Empfohlen:</b>
Folgeplatte	unbeheizt möglich, oder 30-40°C
Folgeplatte - Dosierer	Pro Heizzone ca. 5°C Temperaturerhöhung, 40 - 55°C
Düse	45 - 60°C

Um eine optimale Benetzung des Bauteiles mit dem Klebstoff zu erzielen, sollten die Bauteile bei mindestens 15°C gelagert werden. Bei einer längeren Unterbrechung der Applikation, zum Beispiel über das Wochenende (länger als 48 Stunden), sollte die Heizung abgestellt werden.

**Alle Dow Automotive Produkte werden in erster Linie mit den Automobil-Herstellern für deren Bedürfnisse und gemäss deren Spezifikation entwickelt und von den Kunden für bestimmte Anwendungen freigegeben.**

Der Einsatz für andere als die freigegebenen Anwendungen bedarf der vorherigen, schriftlichen Gutheissung durch den technischen Dienst der Dow Automotive.



## Příloha č. 3

### Technische Daten:

<b>Basis</b>	Epoxidharz
<b>Farbe</b>	rot
<b>Dichte 23°C (DIN 52451)</b>	1,24 g/ml
<b>Anteil nichtflüchtiger Bestandteile</b>	> 99 %
<b>Viskosität / Fließgrenze (45°C, Bohlin, Casson)</b>	48 Pas / 410 Pa
<b>Aushärtebedingung</b>	> 140°C / 30 Minuten
<b>Standardaushärtung</b>	180°C / 30 Minuten
<b>Zugfestigkeit (DIN EN ISO 527-1)</b>	31 MPa
<b>Bruchdehnung (DIN EN ISO 527-1)</b>	ca. 11%
<b>E-Modul (DIN EN ISO 527-1)</b>	1830 MPa
<b>Zugscherfestigkeit (DIN EN 1465) (CRS 14O3, 1,5 mm) Klebschichtdicke: 0,2 mm Verklebte Fläche: 25x10 mm</b>	29,6 MPa
<b>Winkelschälfestigkeit (DIN EN ISO 11339) (DX56 D Z100 MC, 0,8mm) Klebschichtdicke: 0,2 mm Verklebte Fläche: 25x100 mm</b>	9,4 N/mm
<b>Schlagschälfestigkeit (ISO 11343) (CRS 14O3, 1 mm; 2m/s) Klebschichtdicke: 0,2 mm Verklebte Fläche: 20x30 mm</b>	48 N/mm
<b>Vorbehandlung der Klebflächen</b>	Das Material wurde für die Haftung auf öligem Blech mit bis zu 5 g/m <sup>2</sup> Ölaufage entwickelt.
<b>Verarbeitung</b>	<b>aus Kartuschen:</b> Druckluftpistolen mit mechanischem Stempel, oder Handdruckpistolen. <b>aus Hobbock und Fässern:</b> Mit beheizbaren, handelsüblichen Hobbock- und Fasspumpen.
<b>Reinigung</b>	Vor dem Aushärten kann der unausgehärtete Klebstoff mit BETACLEAN 3510 entfernt werden. <b>Achtung:</b> Haftflächen dürfen <u>nicht</u> mit BETACLEAN 3510 gereinigt werden!
<b>Gebinde</b>	<b>Hobbock und Fass:</b> 20, 25, 45, 100 und 200 kg (Mehrweggebinde mit PE-Sack) <b>Kartuschen:</b> 0,36 kg
<b>Lagerstabilität</b>	Das Material ist bei Temperaturen unter 30°C zwölf Monate verarbeitbar.

Die angegebenen Daten sind Standardwerte.

## Příloha č. 3

### Sicherheitshinweise:

#### Exotheme Reaktion

Das Material reagiert bei Aushärtung exotherm und es entsteht Reaktionswärme, die vor allem bei grösseren Gebinden nur sehr schlecht abgeführt wird. Um dies zu vermeiden, ist das Gebinde von Wärmequellen fernzuhalten.

#### Schutzmassnahmen

Die Handhabung von Epoxidharzklebstoffen ist ungefährlich, wenn die Vorschriften für den Umgang mit Chemikalien befolgt werden. Jedoch muss der Kontakt von unausgehärtetem Klebstoff mit Lebensmitteln und Lebensmittelbehältern unbedingt vermieden werden. Ebenso müssen Schutzmassnahmen getroffen werden, um den Hautkontakt zu verhindern. Undurchlässige Plastik- oder Gummihandschuhe und Augenschutz sind unerlässlich. Nach der Handhabung von Klebstoffen muss die Haut mit warmem Wasser und Seife gründlich gereinigt werden. Lösungsmittel sind zu vermeiden. Zur Trocknung der Haut sind Einwegpapiertücher empfehlenswert. Es ist für gute Belüftung zu sorgen. Weitere detaillierte Schutzmassnahmen entnehmen Sie den Sicherheitsdatenblättern.

### Hinweis:

Qualität ist unser oberstes Gebot. Dow Automotive arbeitet mit einem modernen Qualitätsmanagement-System, das die internationalen Anforderungen nach ISO/TS 16949 erfüllt. Alle Standorte von Dow Automotive sind nach ISO 14001 zertifiziert.

Alle vorstehenden Angaben, technischen Daten und Empfehlungen beruhen auf Prüfungen, die unseres Erachtens zuverlässig sind. Die Entscheidung, ob Produkte von Dow Automotive für die jeweilige Anwendung geeignet sind, liegt in der alleinigen Verantwortung des Kunden. Eine Freistellung von Patenten von Dow oder Dritten wird weder direkt noch indirekt gewährt.

ES WERDEN HIERMIT KEINERLEI GARANTIE ABGEGEBEN. STILLSCHWEIGENDE GARANTIE ODER GEWÄHRLEISTUNGEN FÜR VERKAUFSFÄHIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK SIND AUSDRÜCKLICH AUSGESCHLOSSEN.

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

Dow Europe GmbH  
Bachtobelstrasse 3  
CH-8610 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 Hamon 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-26816 Camarma de Esteruelas  
Tel. +34 (9)1 886 61 43  
Fax +34 (9)1 886 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 (Italia)**

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



Technisches Datenblatt

## BETAGUARD RB 214 BV

Abdichtungsklebstoff und Bördelnahverkehrleber  
mit hoher Festigkeit / Impact Beständigkeit für Applikation im Rohbau

### Anwendung / Beschreibung :

BETAGUARD RB 214 BV ist ein kalt-pumpbarer, Kautschuk-basierender, durchschweisbarer Abdichtungsklebstoff mit hoher Festigkeit.  
Er findet dort Einsatz, wo Abdichtungsoperationen oder Verklebungen kombiniert mit Schweißpunkten im Bereich Rohbau gefragt sind. Das Material kann auch als Bördelnahverkehrleber verarbeitet werden.  
Betaguard RB 214 BV kann mit Induktion ( 20 Sekunden bei 180°C) vorgehärtet werden.

Haftung auf öligen Metallsubstraten im Einsatz in der Automobil-Industrie, Durchschweisbarkeit ohne Verbrennung oder starke Geruchsbildung, gute Verträglichkeit zu Vorbehandlungs- und KTL-Bädern sowie gute Auswaschbeständigkeit für Fügedicke unter 2 mm sind gegeben.  
Nach Aushärtung im KTL-Ofen weist BETAGUARD RB 214 BV gute Festigkeitswerte und hohe Impact Beständigkeit auf und zeigt ein gutes Korrosionsverhalten.

### Technische Daten :

Basis		Synthetisches Kautschuk
Farbe		Grau - schwarz
Dichte		1.40 ± 0.05 g. / cm <sup>3</sup>
Trockengehalt (3 Stunde / 105°C)		> 99,0 %
Auslaufzeit (D55 1069) (Severs, Düse 5 mm Durchmesser; 3 bars)		60 ± 20 g. / Min. bei 35°C.
Volumenausdehnung		5 - 10 %
Wäscher- und KTL-Verträglichkeit		gut
Einbrennbedingungen	minimum maximum	25 Minuten / 155°C oder standard Lacklinienofen 30 Minuten / 205°C oder standard Lacklinienofen
Abbruchverhalten (D55 1107) (Rundplatte 22,5 mm. Durchmesser; 12 mm. Höhe)		< 2 mm. bei 35°C. < 4 mm. nach zusätzlicher Einbrennung

## Příloha č. 4

<b>Zugscherfestigkeit (DIN 53 283)</b> Klebefüge 20 x 25 mm; 25 mm. / min.	approx. 2,5 N. / mm <sup>2</sup> mit Füge 2 mm. dick approx. 3 – 5 N. / mm <sup>2</sup> mit Füge 0,2 mm. dick
<b>Impact Beständigkeit (ISO 11 343)</b> (Schichtdicke 0,2 mm.)	> 10 N. / mm. mit Energie 100 – 300 J. / m je nach Einbrennbedingungen
<b>Korrosionsbeständigkeit</b>	gut (ohne Unterwanderung) nach 9 Zyklen 3C (nach Testmethode D59 1336) auf Rohstahl und Feuerverzinktem Stahl
<b>Temperaturbeständigkeit</b>	max. 30 Minuten 220°C
<b>Lagerfähigkeit</b>	3 Monate nach Auslieferung bei 5 - 35°C

### Verarbeitung :

<b>Vorbereitung der Klebefläche</b>	keine (Kleben auf öligem Blech mit max. 3,5 g. Öl / m <sup>2</sup> )
<b>Applikation</b>	kalt pumpbar mit handelsübliche Kolben-, Zahnrad- oder Rotationspumpen für hobbooks und Fässer. Bei Kolbenpumpen muss ein Verhältnis von minimum 50:1 vorhanden sein.
<b>Auftragtemperatur</b>	Minimum 30°C. Maximum 45°C Bei 40 – 45°C wirkt eine deutliche Verbesserung der sofortigen Haftung dank schnellerer Ölaufnahme.
<b>Lieferform</b>	Kartuschen mit 300 ml Inhalt Hobbooks mit 22 Liter Inhalt Fässer mit 200 Liter Inhalt

### Revocoat Qualitätsmanagement:

Qualität ist unser oberstes Gebot. Revocoat arbeitet mit einem modernen Qualitätsmanagement-System, das die internationalen Anforderungen nach ISO/TS 16949:2002 erfüllt.

Umwelt : alle Standorte von Revocoat sind nach ISO 14001:1996 zertifiziert.

Alle vorstehenden Angaben, technischen Daten und Empfehlungen beruhen auf Prüfungen, die nach unserem Ermessen zuverlässig sind. Dennoch kann die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben, Daten und Empfehlungen nicht garantiert werden, da der Verwender vor Gebrauch des Produktes dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck selbst prüfen sollte.

Revocoat übernimmt keine Haftung aus diesem Dokument, und sämtliche Garantien ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschließlich der stillschweigenden Gewährleistung für Verkaufsfähigkeit und Eignung für einen bestimmten Zweck werden hiermit ausgeschlossen. Weder Verkäufer noch Hersteller sind, aus welchem Rechtsgrund auch immer, für direkten, zufälligen oder kausal bedingten Schaden aus der Verwendung oder der Unfähigkeit der Verwendung des Produktes haftbar. Revocoat's einzige Verpflichtung ist der Ersatz von schadhafte Produkten.

Revocoat S. A. S.  
Zone Industrielle Nord  
Route d'Arenis  
F - 60130 Saint Just en Chaussée  
Tel. +33 (0) 3 44 77 81 00  
Fax. +33 (0) 3 44 77 81 61

Revocoat Ibérica S.L.  
C/ Camino del Comar, 7  
Polígono Industrial Alcamar  
E - 28616 Camarma de Esteruelas (Madrid)  
Tel. +34 (9) 1886 61 43  
Fax. +34 (9) 1886 76 60



# STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

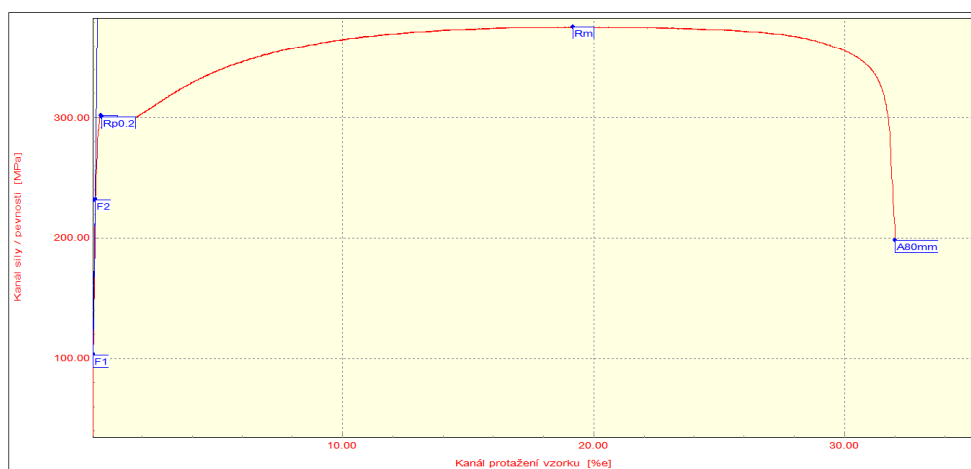
## EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál: : CRS  
 Norma: : ČSN EN ISO 6892-1  
 Rychlost zatěžování: : 10 mm/min.  
 Rozměr vzorku: : 1,0 x 20 mm  
 Vypracoval: : Štěpán Suk  
 Datum zkoušky: : 21. 04. 2015  
 Směr odebrání vzorku: : 0°  
 Podmínky měření: : ---

## VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Tl 1	300.92	376.2	31.89
Tl 2	298.78	376.0	32.86
Tl 3	307.96	387.2	31.87
Tl 4	318.47	400.4	31.28

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Počet zkoušek	4	4	4
Průměrná hodnota	306.53	385.0	31.97
Směrodatná odchylka	8.88	11.5	0.65



## TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

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

# STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

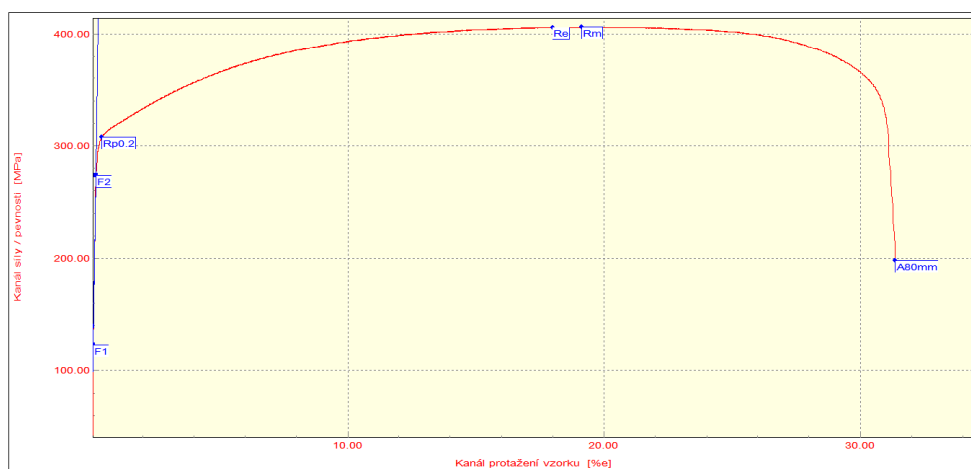
## EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál: : HDG  
 Norma: : ČSN EN ISO 6892-1  
 Rychlost zatěžování: : 10 mm/min.  
 Rozměr vzorku: : 0,9 x 20 mm  
 Vypracoval: : Štěpán Suk  
 Datum zkoušky: : 21. 04. 2015  
 Směr odebrání vzorku: : 0°  
 Podmínky měření: : ---

## VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Tl 1	307.64	406.6	31.22
Tl 2	307.33	406.2	30.41
Tl 3	308.33	405.3	30.38
Tl 4	311.40	407.5	30.36

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Počet zkoušek	4	4	4
Průměrná hodnota	308.68	406.4	30.59
Směrodatná odchylka	1.86	0.9	0.42



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

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

# STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

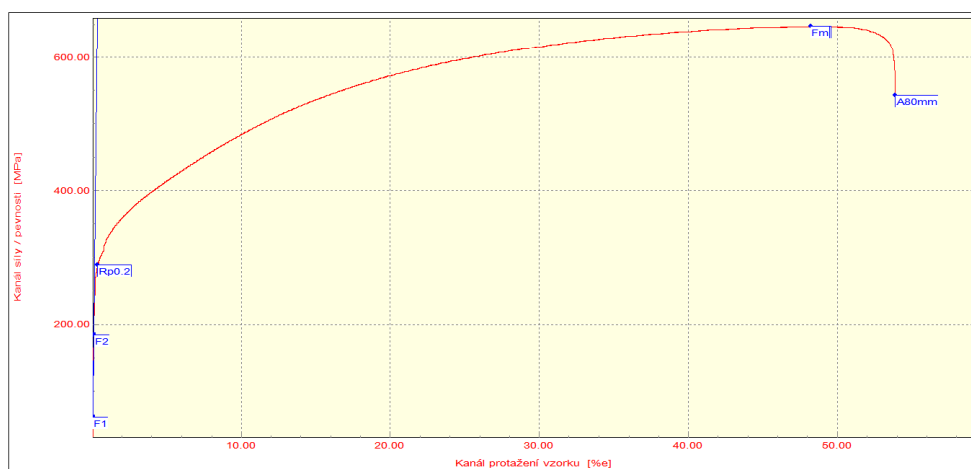
## EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál: : Surfalex  
 Norma: : ČSN EN ISO 6892-1  
 Rychlost zatěžování: : 10 mm/min.  
 Rozměr vzorku: : 0,8 x 20 mm  
 Vypracoval: : Štěpán Suk  
 Datum zkoušky: : 21. 04. 2015  
 Směr odebrání vzorku: : 0  
 Podmínky měření: :

## VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	Číslo vzorku	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
1	1	288,9	647,1	53,58
2	1	293,6	651,3	53,01
3	1	296,7	662,8	53,56
4	1	297,7	658,2	52,48

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Počet zkoušek	4	4	4
Průměrná hodnota	294,2	654,8	53,16
Směrodatná odchylka	4,0	7,0	0,52



## TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

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

# STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

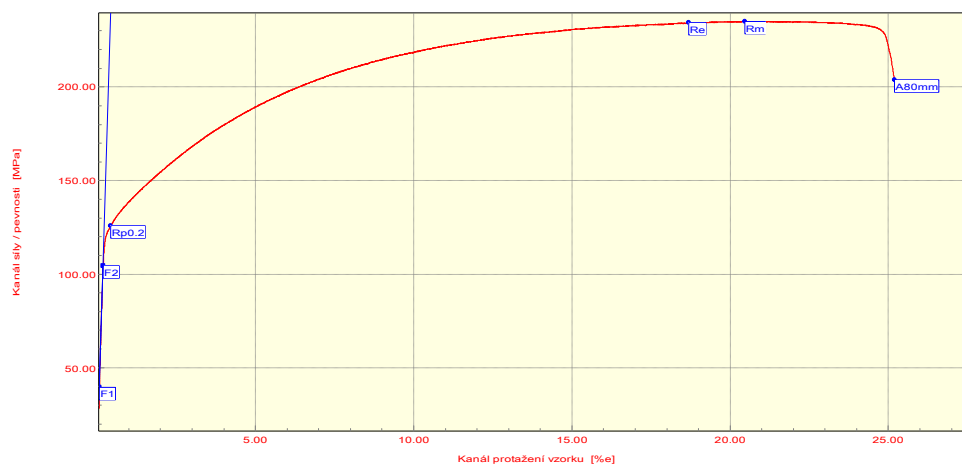
## EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál: : Al  
 Norma: : ČSN EN ISO 6892-1  
 Rychlost zatěžování: : 10 mm/min.  
 Rozměr vzorku: : (1,2 x 20) mm  
 Vypracoval: : Štěpán Suk  
 Datum zkoušky: : 09. 04. 2014  
 Směr odebrání vzorku : 0°  
 Podmínky měření : ---

## VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
ř 1	125.81	235.1	24.83
ř 2	131.48	245.3	24.81
ř 3	132.92	249.2	24.53
ř 4	131.14	241.1	23.37

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Počet zkoušek	4	4	4
Průměrná hodnota	130.34	242.7	24.38
Směrodatná odchylka	3.11	6.0	0.69



## TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

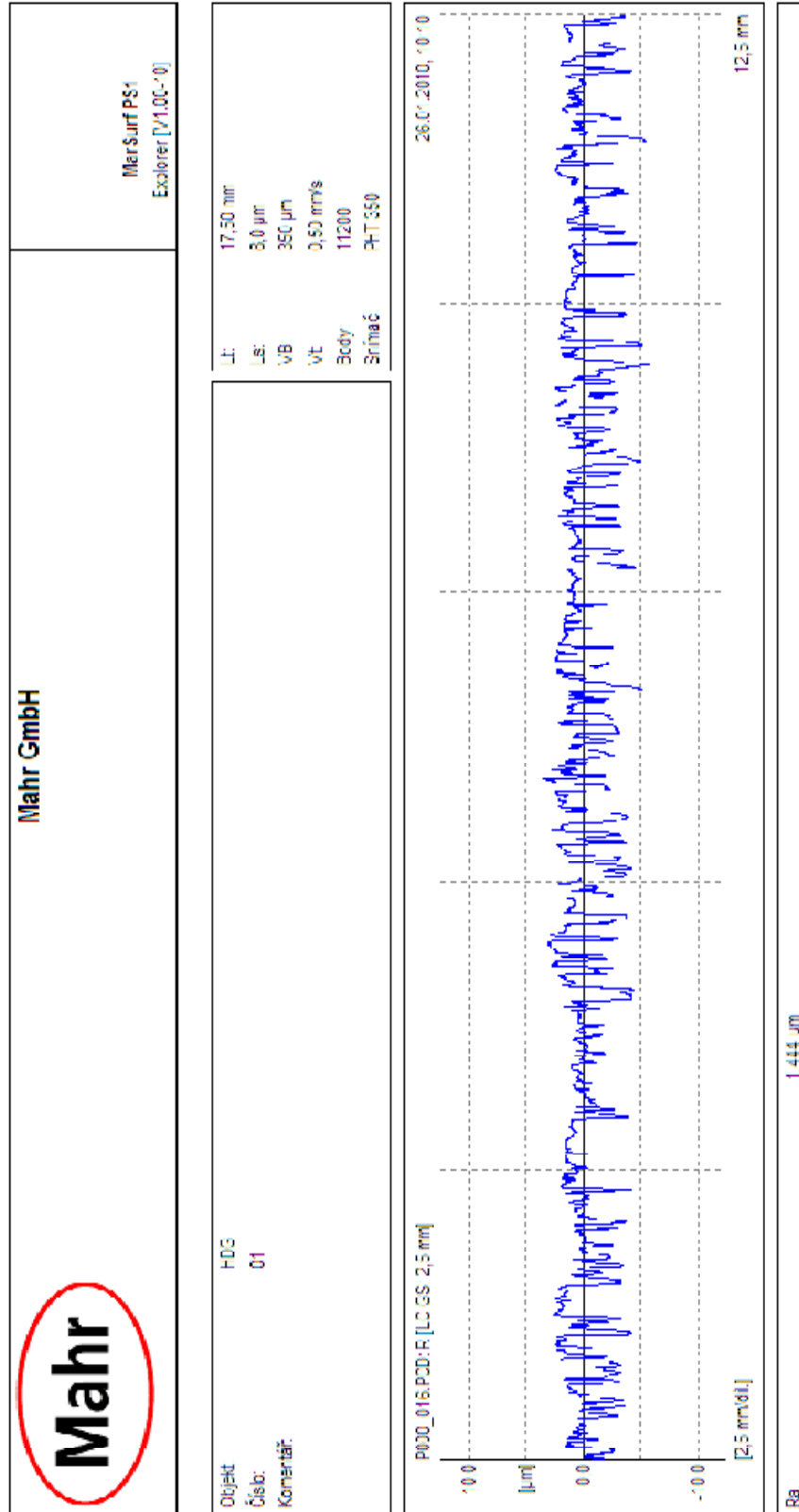
Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

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





Příloha č. 10



Mahr GmbH

MarsurfPS,  
Explorer [V1 00-1C]

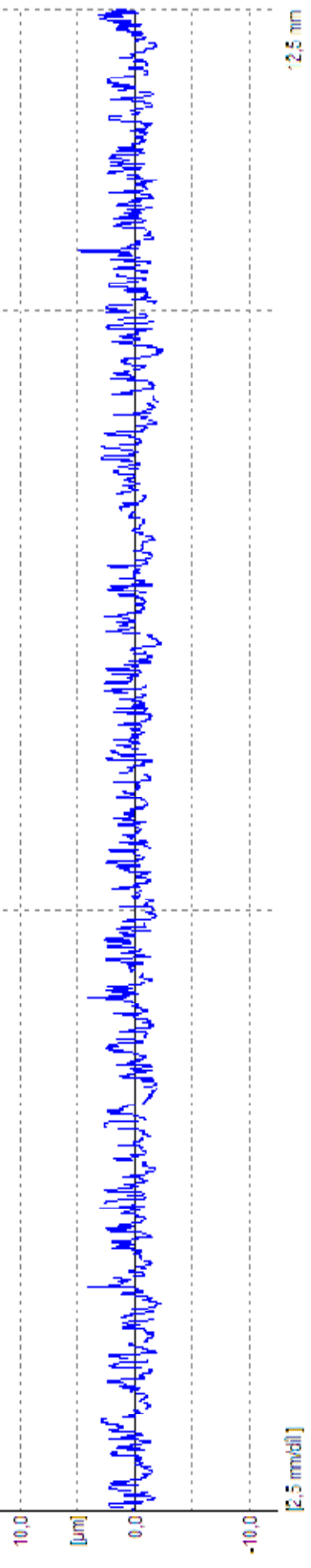
Objekt:  
Číslo:  
Komentář:

AL  
01

L: 17,50 mm  
Ls: 8,0 µm  
VE: 350 µm  
Vt: 0,50 mm/s  
Body: 11200  
Srnáček: PHT 350

P000\_017.PCD: R [ILC GS: 2,5 mm]

25.01.2010 10:15



Ra

0.919 µm

Příloha č. 11



Mahr GmbH

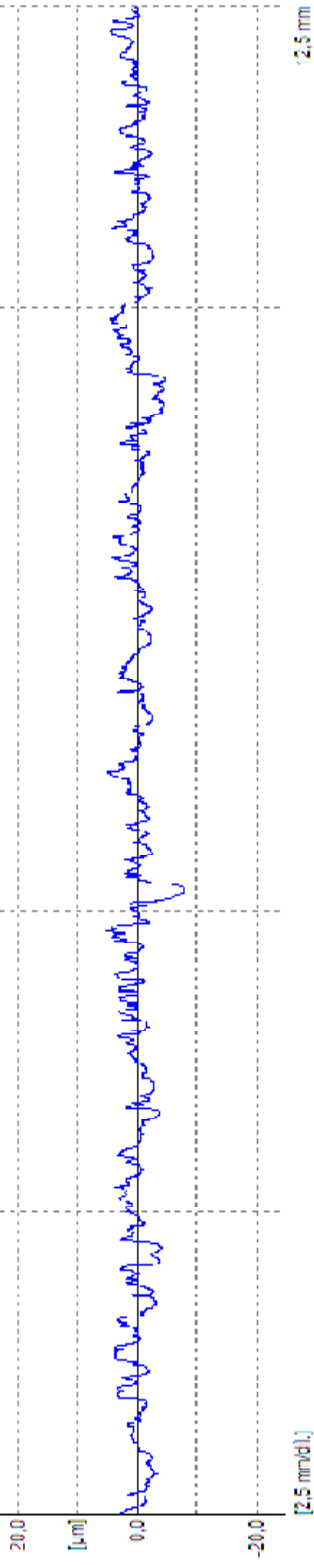
Marsurf PSI  
Explorer [V1.00-10]

Objekt: CRS  
Číslo: 01  
Komentář:

Lt: 17,50 mm  
Ls: 3,0 µm  
VB: 350 µm  
Vt: 0,50 mm/s  
Body: 11200  
Šnimač: PHT 350

F000\_016.PCD: F (LC GS: 2,5 mm)

26.01.2010, 10:05



Ra

1,550 µm

2,5 mm

Příloha č. 12



Mahr GmbH

ManSurf PS1  
Explor: [V1.00-10]

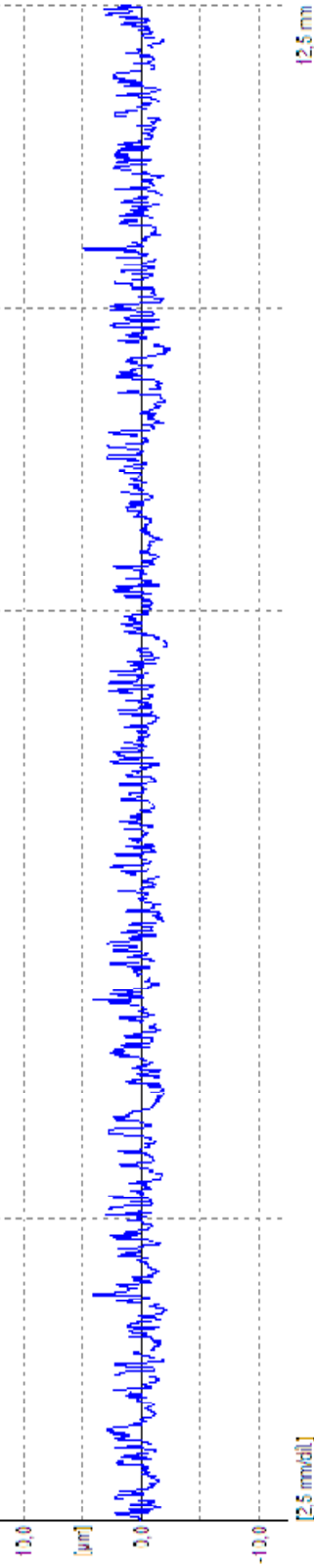
Objekt:  
Sacc:  
Kommentar:

Nerez  
01

Lt: 17,50 mm  
Ls: 3,0 µm  
VE: 350 µm  
Vt: 0,50 mm/s  
Body: 11200  
Stimac: PHT 350

P002\_017.PCD-R [LC GS 2,5 mm]

26.01.2012, 10:15



[2,5 mm/div]

12,5 mm

Re

0,919 µm

Příloha č. 13



# ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

## Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1440G  
Testovaný substrát: : Al  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
Vypracoval: : Štěpán SUK

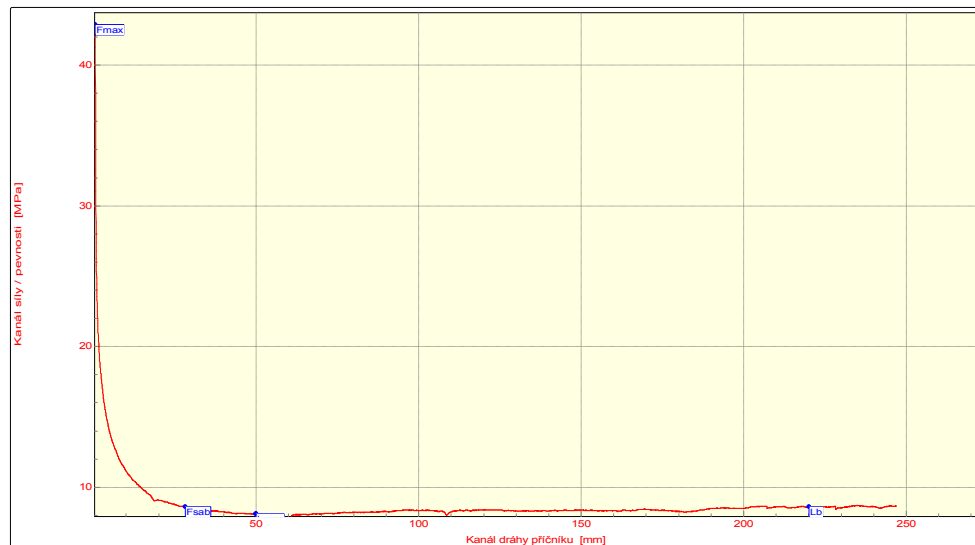
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	1291.32	7.97
2	1072.26	8.32
3	978.40	8.09
4	914.16	8.18

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	1064.04	8.14
Směrodatná odchylka	164.85	0.14



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  
 Testovaný substrát: : Nerez+Al  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

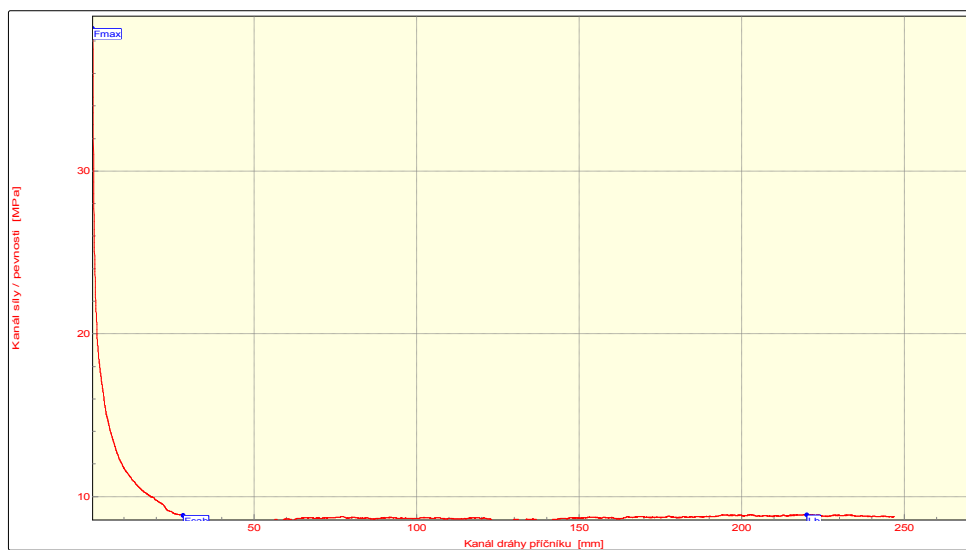
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	968.94	8.69
2	975.24	9.59
3	770.34	9.33

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	3	3
Průměrná hodnota	904.84	9.20
Směrodatná odchylka	116.52	0.46



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  
Testovaný substrát : CRS  
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
Vypracoval : Štěpán SUK

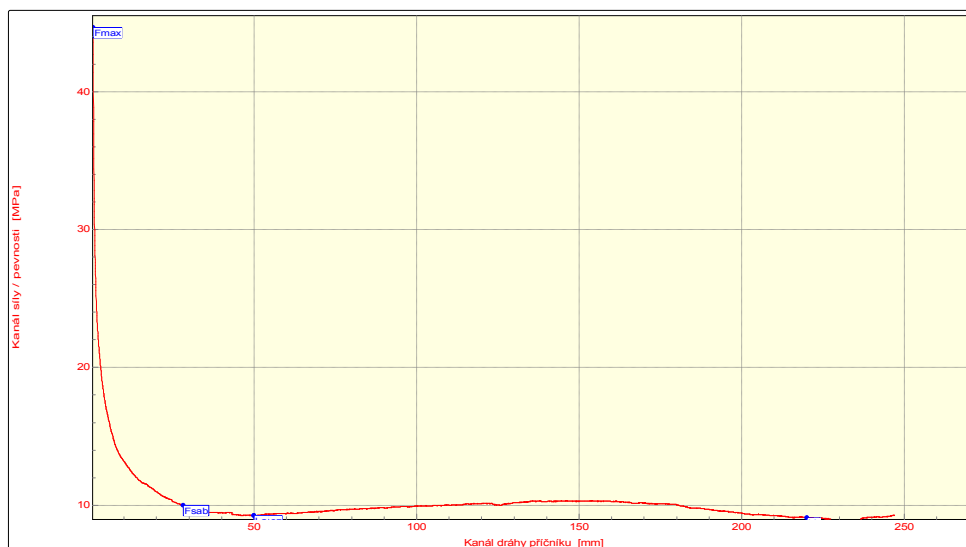
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT

## VÝSLEDKY

CF : 100  
SCF :  
AF :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	1206.02	9.32
2	1036.82	9.94
3	1070.24	10.34
4	1116.24	9.79

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	1107.33	9.85
Směrodatná odchylka	73.41	0.42



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  
 Testovaný substrát : CRS+Al  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Štěpán SUK

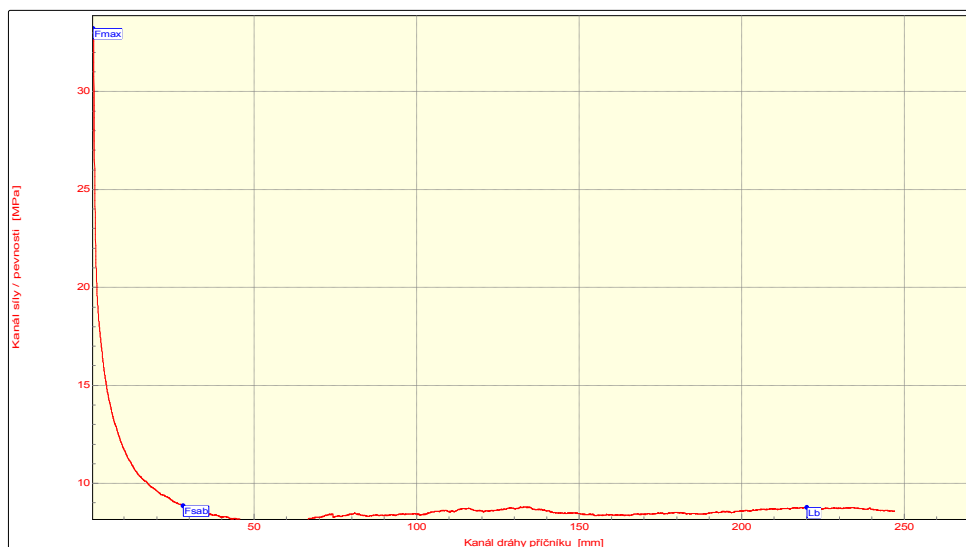
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF : 90  
 SCF : 10  
 AF :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	1139.76	8.77
2	1035.90	8.35
3	830.54	8.48
4	916.34	9.06

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	980.64	8.66
Směrodatná odchylka	135.45	0.32



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  
 Testovaný substrát : CRS-HDG  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : —  
 Vypracoval : —

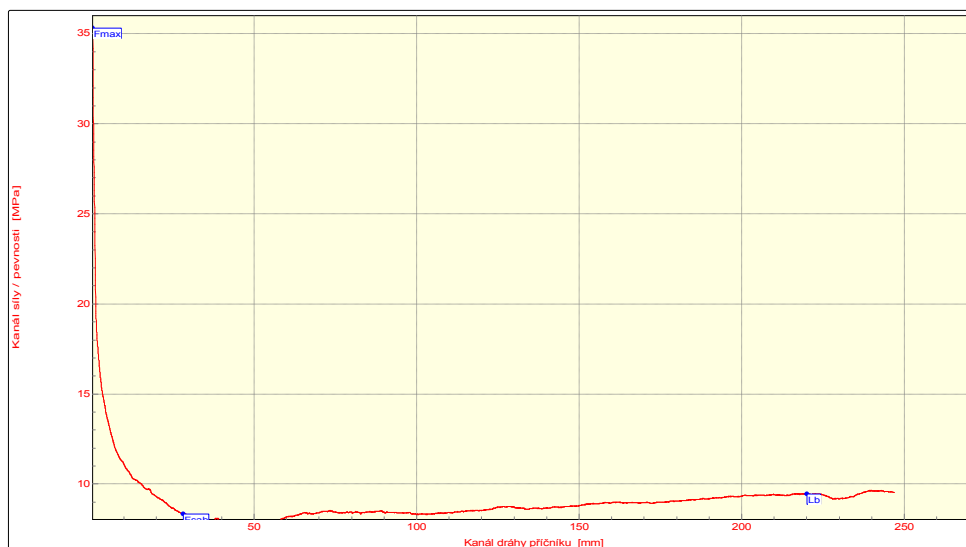
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 60  
 SCF: : 40  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	882,82	8,72
2	816,94	8,42
3	876,28	8,35
4	770,10	8,05

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	836,54	8,38
Směrodatná odchylka	53,29	0,28



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  
 Testovaný substrát: : CRS+Nerez  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

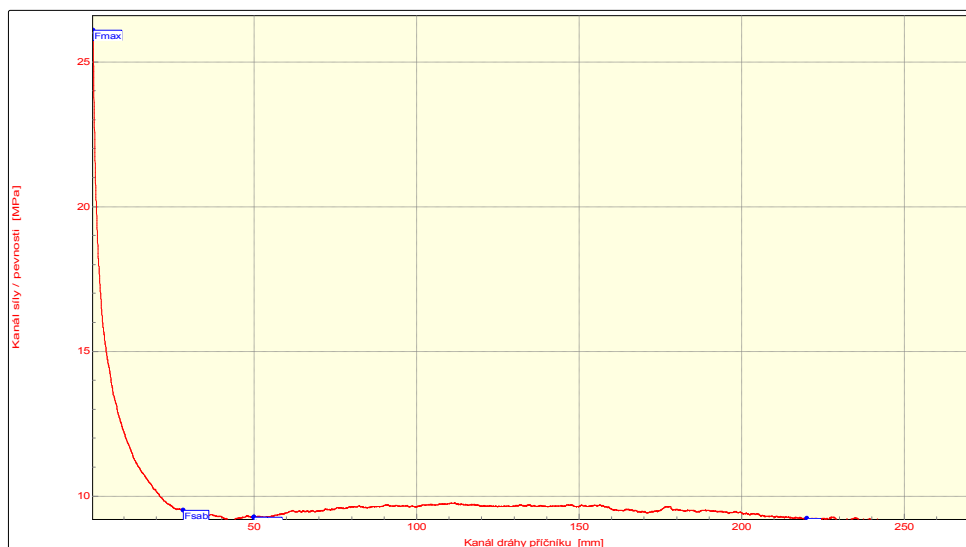
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	652.08	9.54
2	739.08	8.98
3	838.72	9.05
4	634.02	9.05

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	715.97	9.15
Směrodatná odchylka	93.81	0.26



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  
 Testovaný substrát: : HDG  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

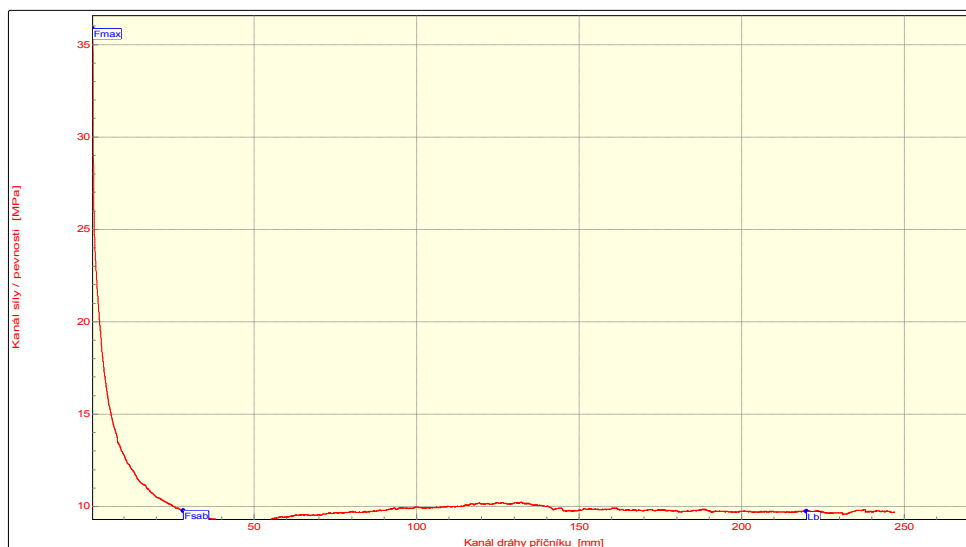
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	880.30	9.17
2	870.06	8.63
3	896.64	9.78
4	842.20	9.51

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	872.30	9.27
Směrodatná odchylka	22.86	0.50



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  
 Testovaný substrát : HDG+Al  
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování : 100 mm/min  
 Vypracoval : Štěpán SUK

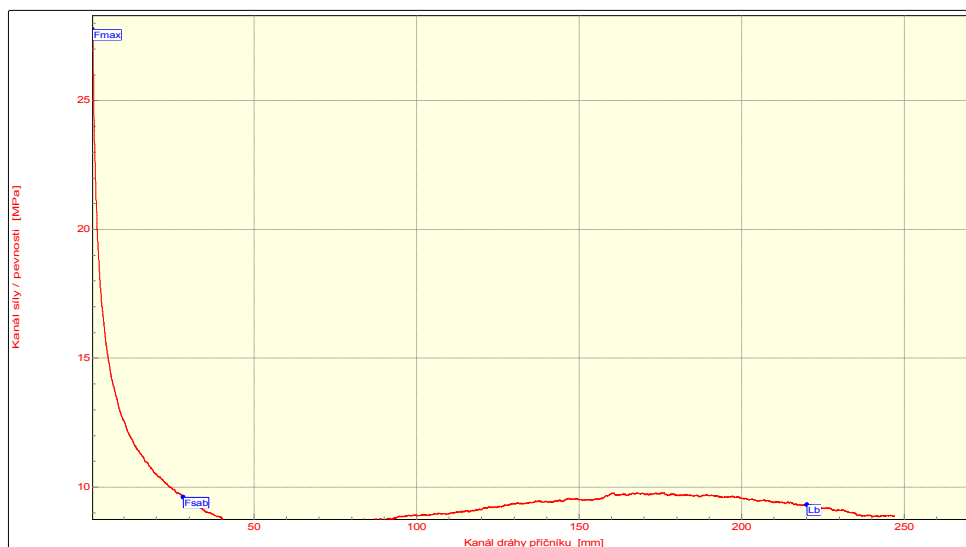
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF : 100  
 SCF :  
 AF :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	994.08	10.44
2	887.62	9.25
3	987.98	9.03
4	693.90	9.24

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	890.95	9.49
Směrodatná odchylka	140.11	0.64



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  
 Testovaný substrát: : Nerez  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

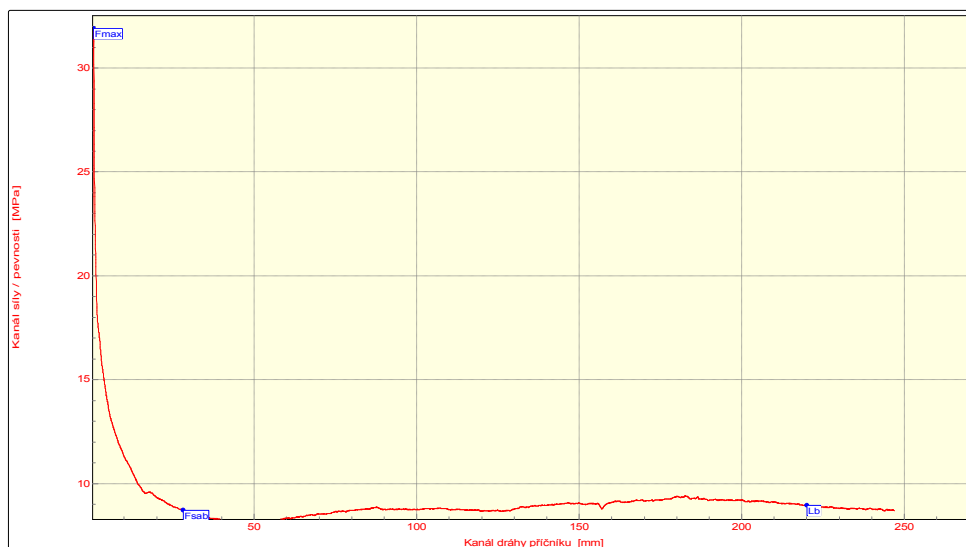
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	797.44	8.91
2	627.70	9.01
3	688.02	8.86
4	818.78	8.81

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	732.98	8.90
Směrodatná odchylka	90.59	0.08



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  
 Testovaný substrát: : HDG+Nerez  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

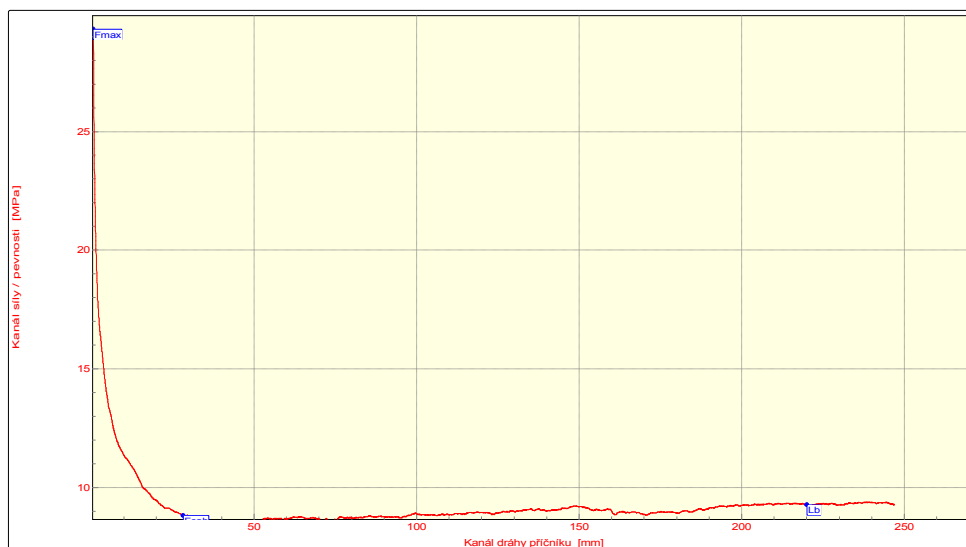
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	732.66	8.96
2	506.18	9.12
3	401.44	9.04
4	655.80	9.06

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	574.02	9.05
Směrodatná odchylka	148.59	0.07



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: : Betaguard RB214BV  
Testovaný substrát: : Al  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
Vypracoval: : Štěpán SUK

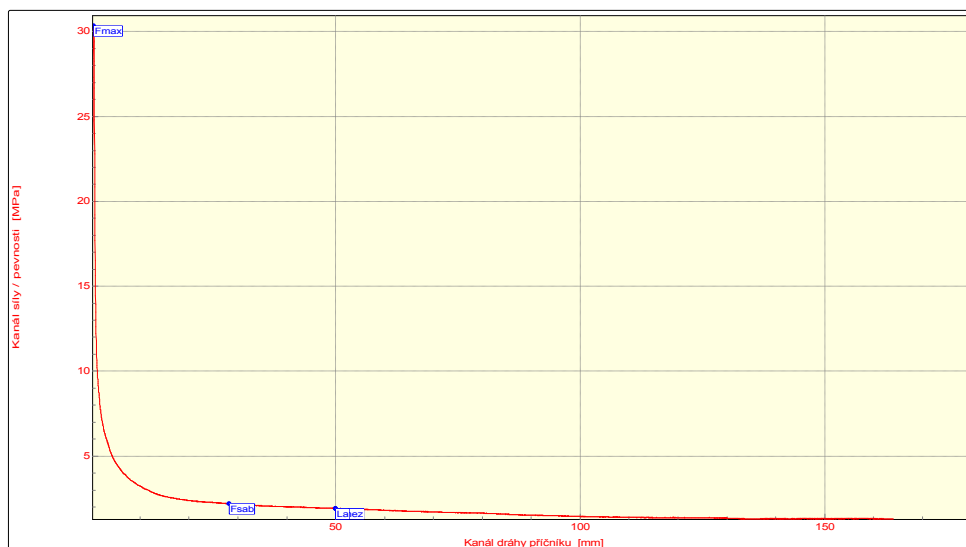
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	758,58	1,51
2	739,08	1,51
3	775,88	1,45
4	732,88	1,38

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	751,60	1,46
Směrodatná odchylka	19,54	0,06



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: : Betaguard RB214BV  
 Testovaný substrát: : CRS  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

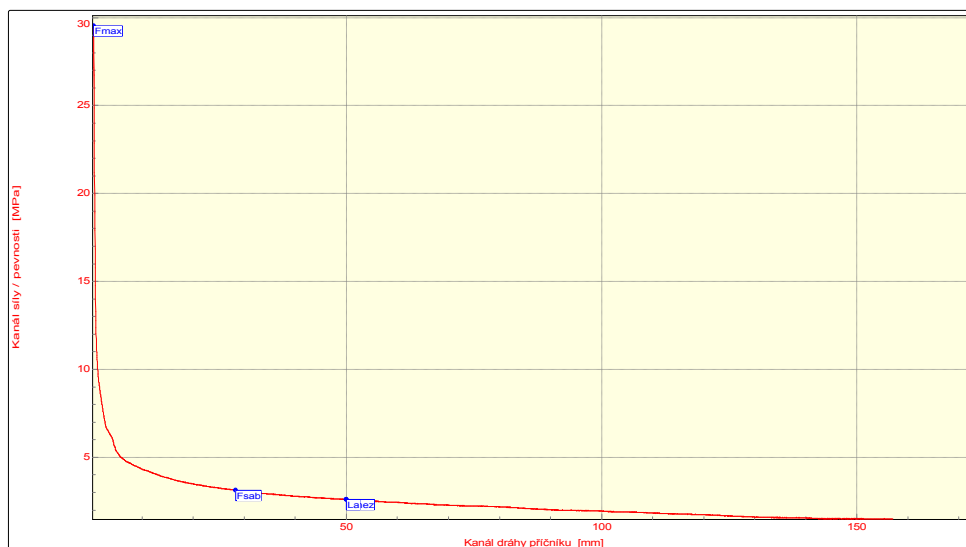
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	738.32	1.95
2	739.20	1.95
3	718.28	2.05
4	709.58	1.67

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	726.35	1.90
Směrodatná odchylka	14.77	0.16



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: : Betaguard RB214BV  
 Testovaný substrát: : CRS+Al  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

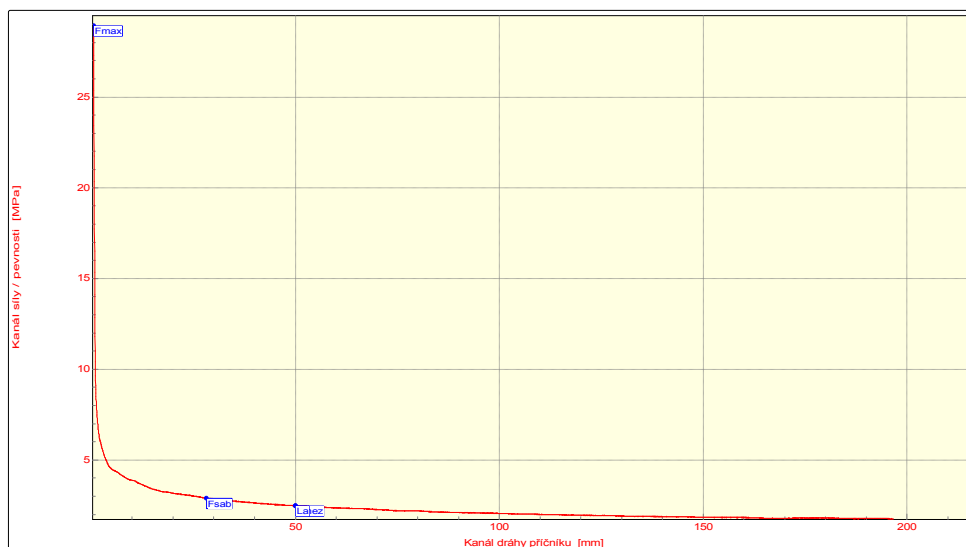
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	722.98	2.00
2	757.92	1.65
3	772.72	1.67
4	690.20	1.75

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	735.95	1.77
Směrodatná odchylka	36.95	0.16



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: : Betaguard RB214BV  
Testovaný substrát: : CRS-HDG  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : —  
Vypracoval: : —

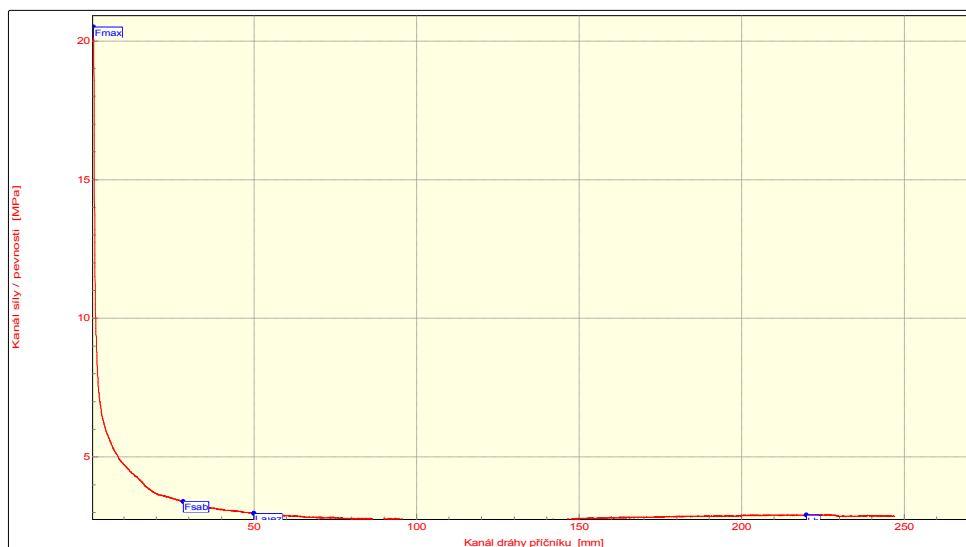
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	512,64	2,80
2	513,08	3,40
3	548,26	3,31
4	542,60	3,29

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	529,15	3,20
Směrodatná odchylka	18,95	0,27



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: : Betaguard RB214BV  
 Testovaný substrát: : CRS+Nerez  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

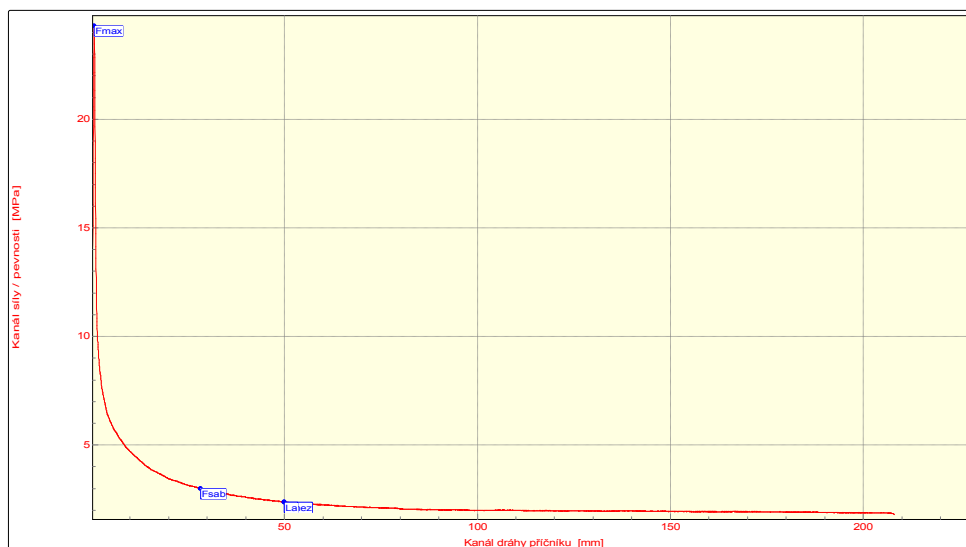
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	607.44	2.01
2	640.22	2.05
3	612.68	1.83
4	631.62	2.06

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	622.99	1.99
Směrodatná odchylka	15.49	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: : Betaguard RB214BV  
Testovaný substrát: : HDG  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
Vypracoval: : Štěpán SUK

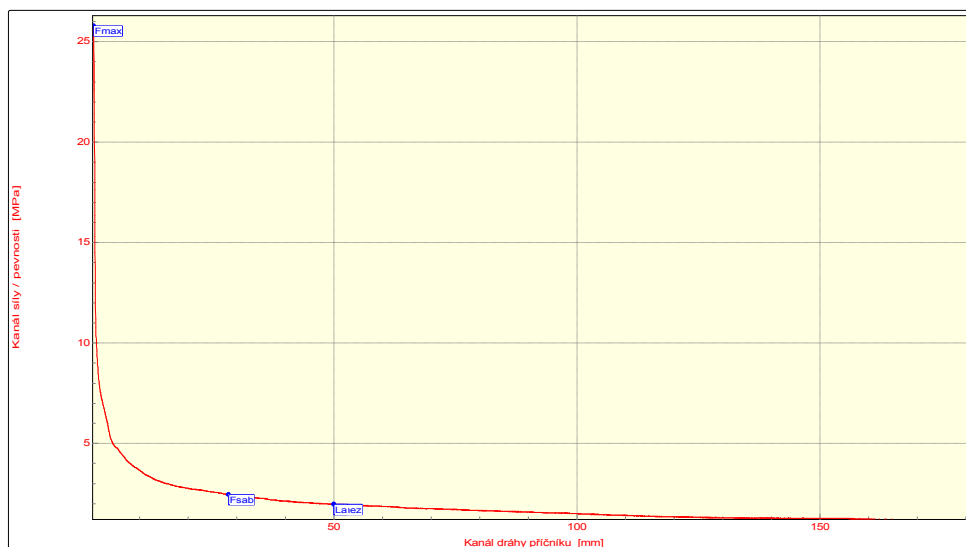
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	644.90	1.50
2	627.26	1.67
3	651.10	1.46
4	690.64	1.55

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	653.47	1.55
Směrodatná odchylka	26.76	0.09



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: : Betaguard RB214BV  
 Testovaný substrát: : HDG+Al  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

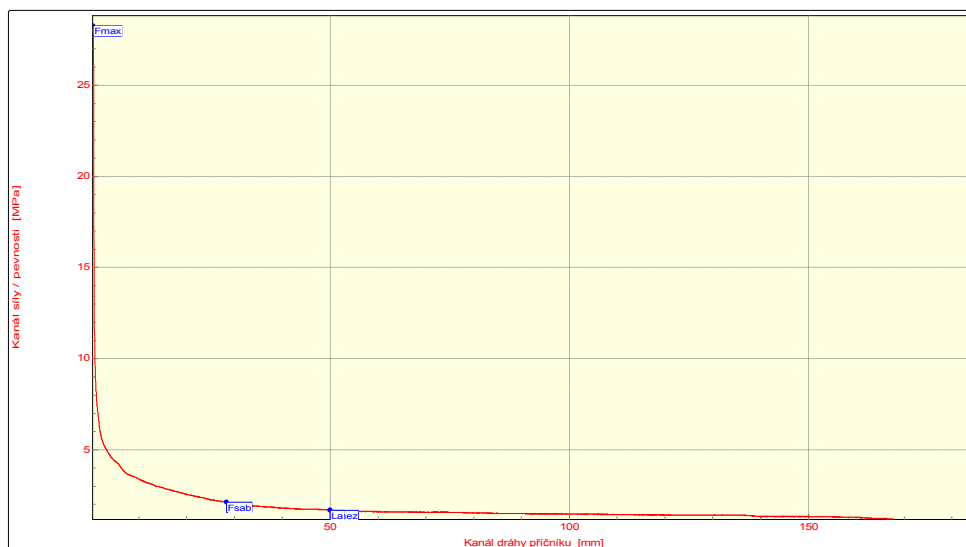
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	706,54	1,45
2	652,20	1,64
3	688,46	1,48
4	710,44	1,63

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	689,41	1,55
Směrodatná odchylka	26,59	0,10



### 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: : Betaguard RB214BV  
 Testovaný substrát: : Nerez  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

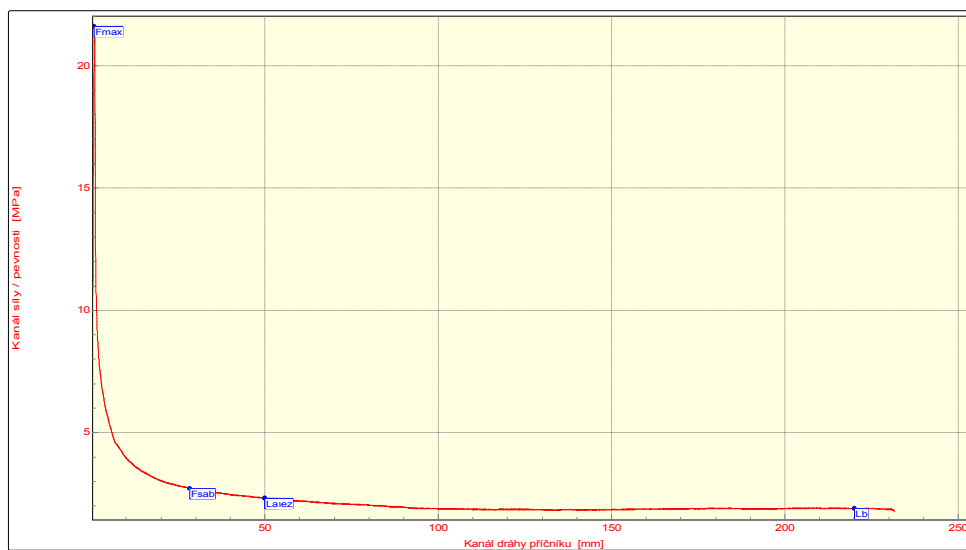
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	540.16	1.94
2	608.42	1.70
3	541.68	1.89

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	3	3
Průměrná hodnota	563.42	1.84
Směrodatná odchylka	38.98	0.13



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: : Betaguard RB214BV  
Testovaný substrát: : Nerez+Al  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
Vypracoval: : Štěpán SUK

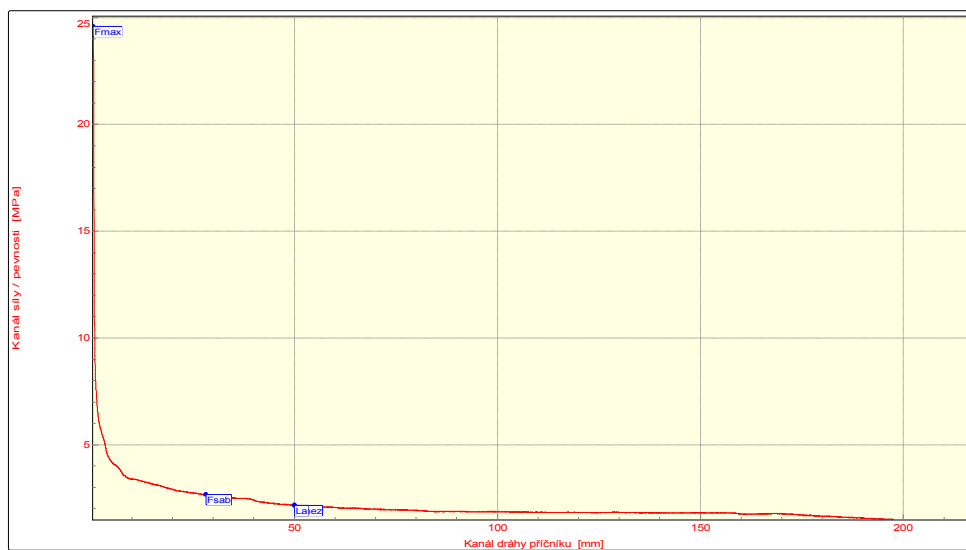
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	614.74	1.85
2	544.62	1.69
3	620.30	1.85

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	3	3
Průměrná hodnota	593.22	1.79
Směrodatná odchylka	42.18	0.09



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: : Betaguard RB214BV  
 Testovaný substrát: : Nerez+HDG  
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39s  
 Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min  
 Vypracoval: : Štěpán SUK

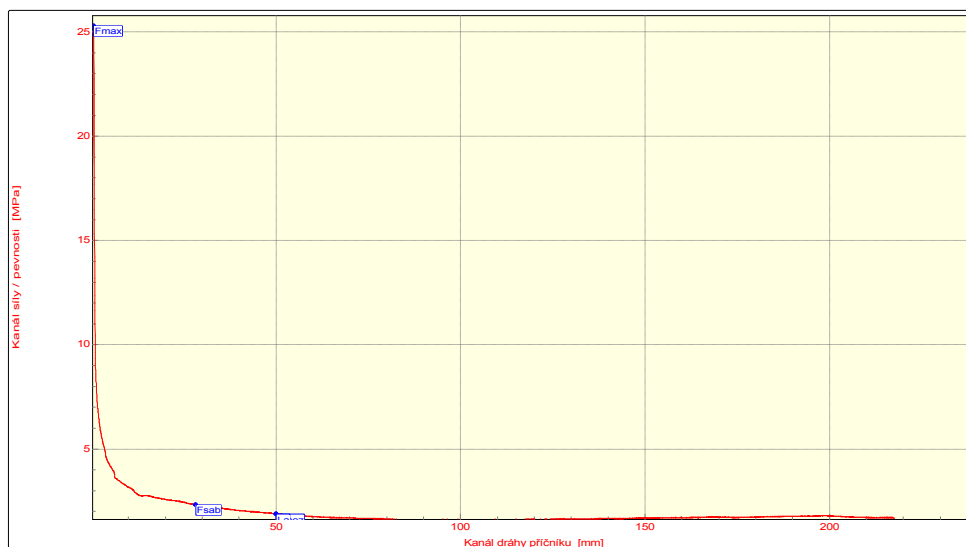
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
 Vytvrzeno 180°C 20 min.  
 Test při RT

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
 SCF: :  
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	632.16	1.69
2	659.38	1.88
3	569.88	1.78
4	526.22	2.03

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	596.91	1.85
Směrodatná odchylka	60.20	0.14



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

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

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

Příloha č. 33



AI-HDG

CRS-HDG

ANK-ANK

ANK-CRS



ANK-HDG

ANK-AI

HDG-HDG

CRS-AI



AI-AI

CRS-CRS

Příloha č. 34

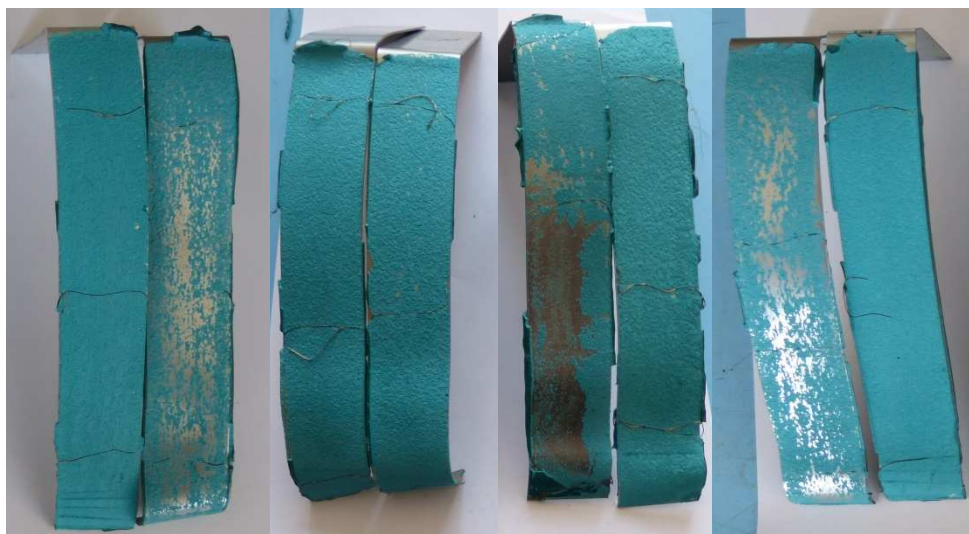


AI-HDG

AI-AI

CRS-CRS

ANK-CRS



CRS-AI

ANK-ANK

HDG-CRS

ANK-HDG



HDG-HDG



CRS-HDG

