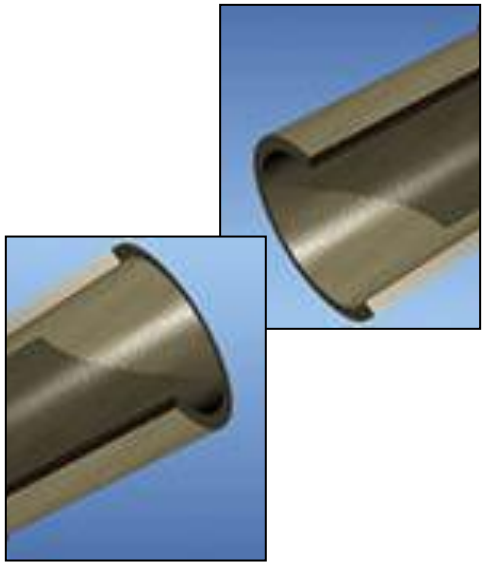
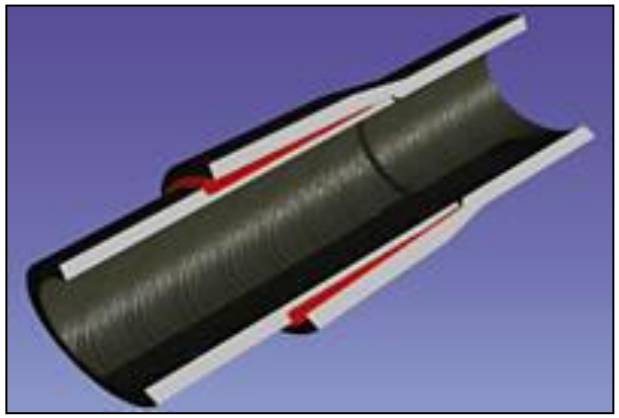
Lepení jako progresivní způsob spojování dílů karoserie

Technologie lepení

- **Spojení součástí** v nerozebíratelný nebo částečně rozebíratelný celek, pomocí přídavných látek nazývaných **lepidla**

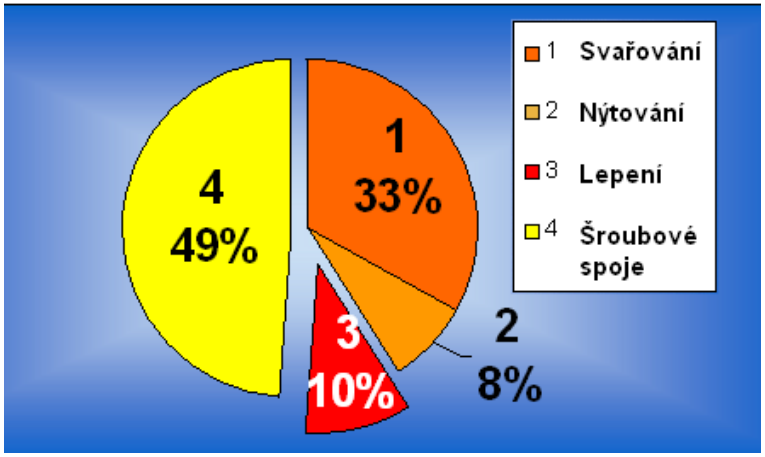




Lepené součásti → **Lepidlo** → **Spoj**

Technologie lepení

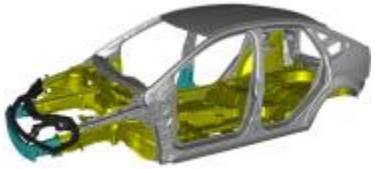
- Počátky způsobů lepení sahající až do oblasti 5 tisíc l. př. n. l.
- V celosvětovém měřítku spojování zaujímá lepení více jak 10%
- Nárůst aplikací důsledkem vývoje nových lepidel



ČR do r.1990

cca 5÷10 m lepidla

ČR současnost



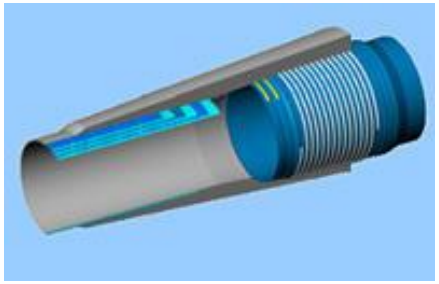
cca 10-ti násobek

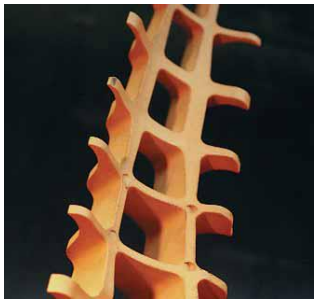
Budoucnost

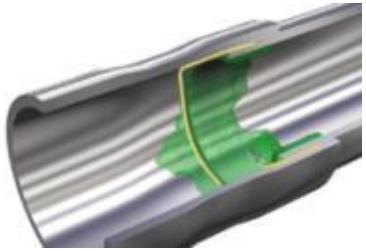
VIZE ???

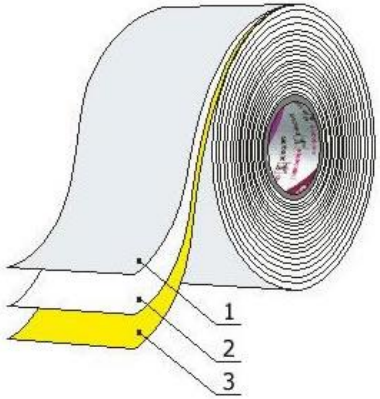
Zvyšování podílu lepení v průmyslu každoročně o cca 3 %.

Význam lepení nejen v průmyslové praxi

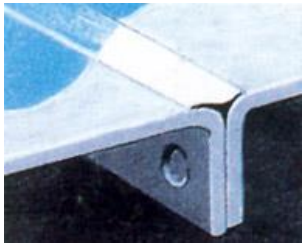


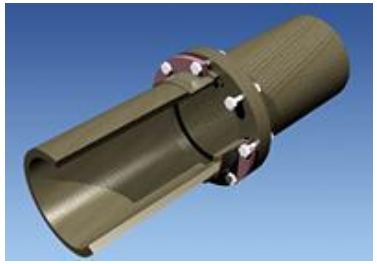






1. Nosič
2. Adhezní můstek
3. Lepidlo





Většina průmyslových lepidel je založena na bázi epoxidových pryskyřic
+ LEPÍCÍ PÁSKY – (samostatná kapitola)

Lepení v automobilovém průmyslu

- **Karosérie** – ocelové výlisky – ***konstrukční lepení (svařovenské)***
- **Interiér** – plastové díly, kovy, textil
- **Skla** – okna, zrcátka

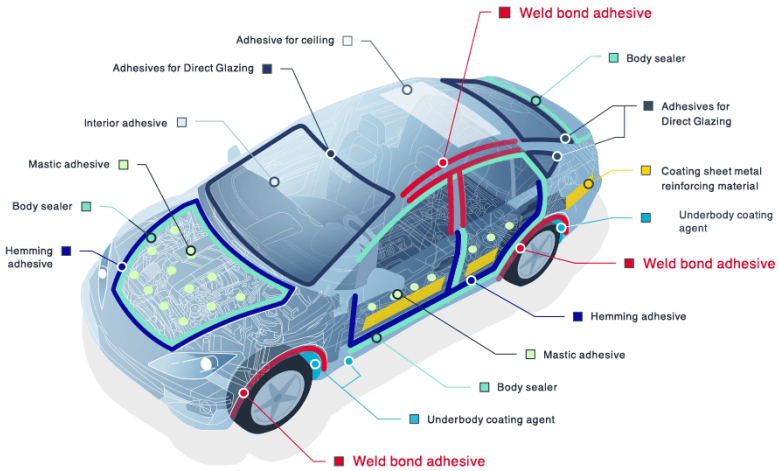
} ***montážní lepení***

Konstrukční lepení

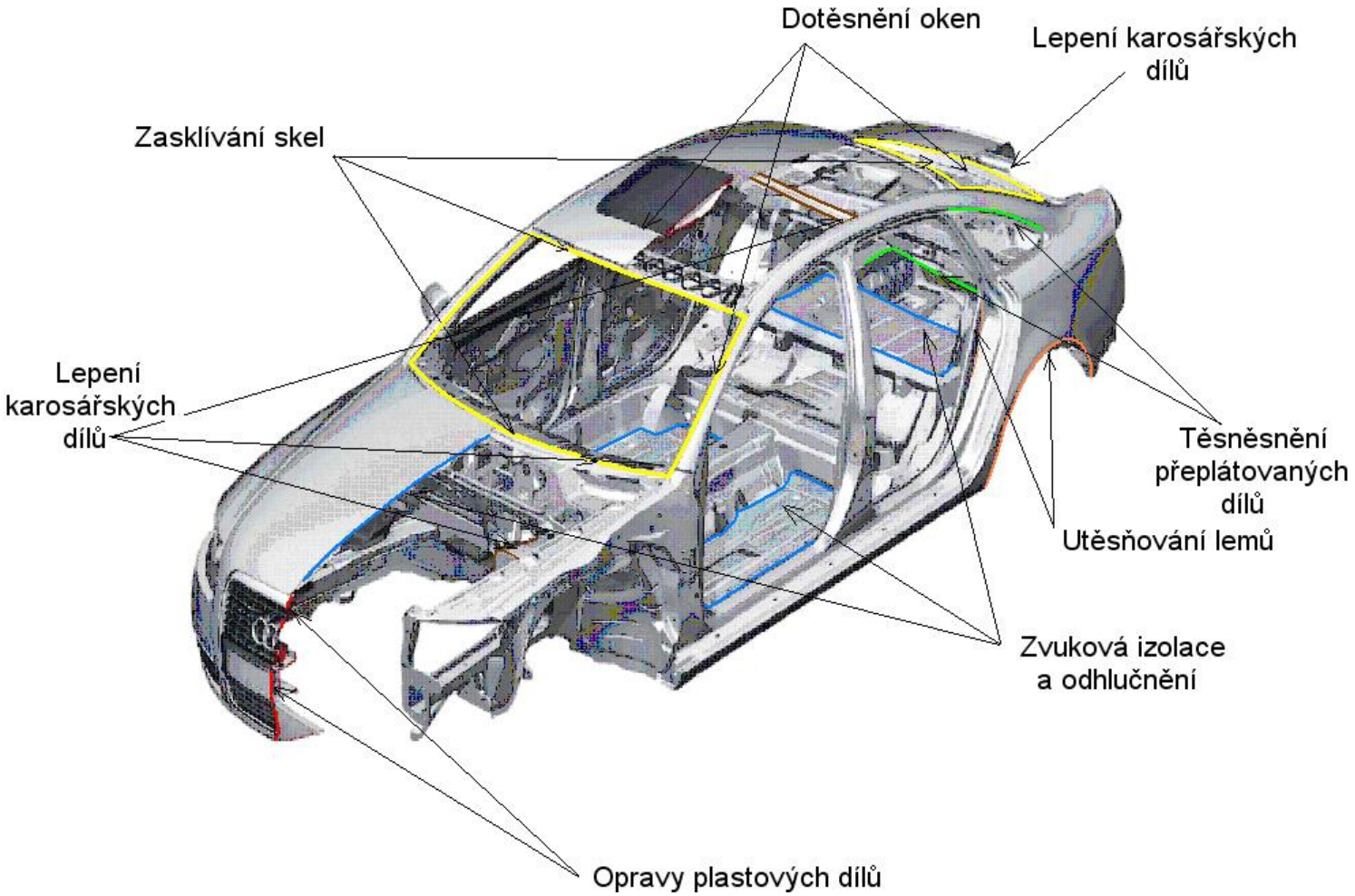
- Spojování částí karoserie,
- Zvýšení tuhosti karoserie (bezpečnost)
- Tlumení rázů,
- Tlumení vibrací a hluku
- Těsnění, (odolnost korozi)
- Tmelení dílů karosérie

Montážní lepení

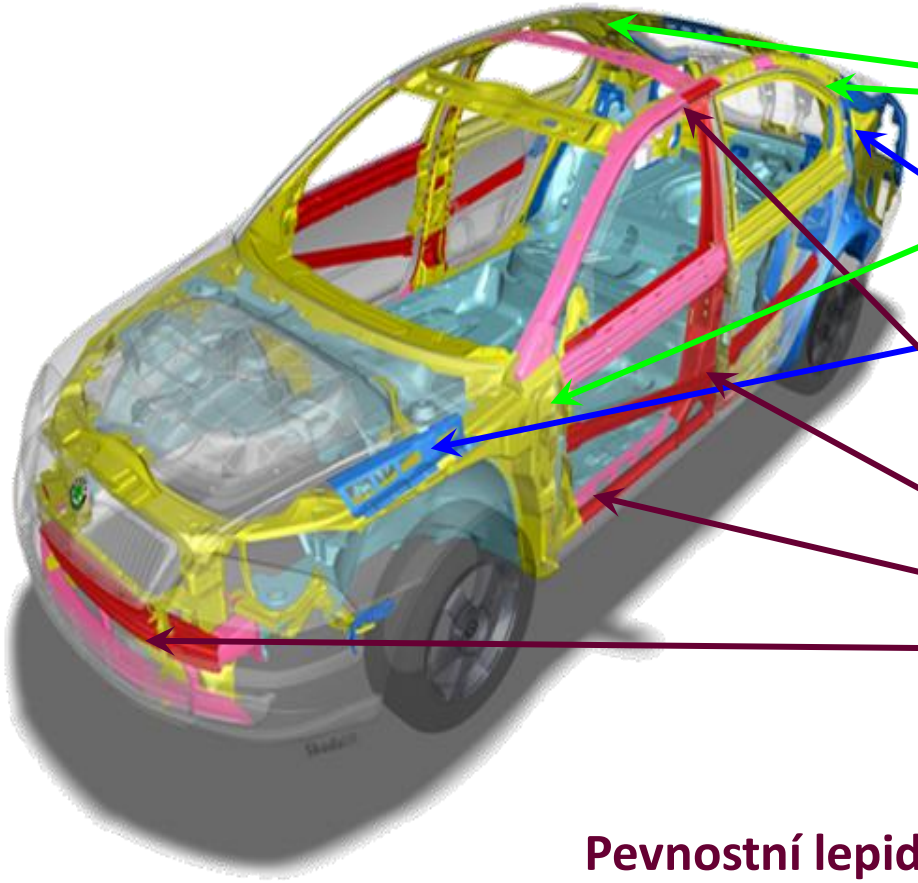
- Upevnění okrasných lišt a dílů
- Upevnění dekoračních fólií
- Ochrana částí karosérie (folie)
- Izolace elektrických rozvodů a součástí
- Bezpečnostní prvky na vozidle
- Interiér, dekorativní povrchy a folie
- Lepení skel, zrcátek ad.



Lepení v automobilovém průmyslu



Lepení v automobilovém průmyslu



Semi-crashová lepidla

Vysokopevnostní kaučuky

Epoxidová pevnostní lepidla

Pevnostní lepidla 12 až 35 MPa

Lepidla pro těsnění a tlumení do 10 MPa

Obecné výhody lepených spojů

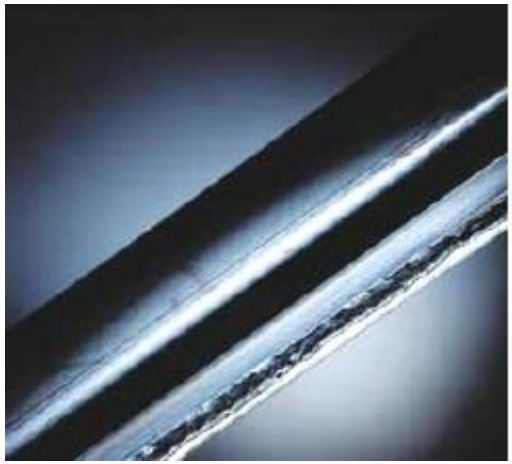
- **Možnost spojovat různé typy materiálů a jejich kombinace (např. ocel – ocel, pryž – pryž, sklo- sklo, nebo ocel – pryž, ocel – sklo) - brzdová obložení, autoskla, zrcadla, omítky a tmely ve stavebnictví ad.**
- **Možnost spojovat materiály bez ohledu na jejich tloušťku(velmi tenké materiály) – polepování fóliemi apod.**
- **Možnost miniaturizace - elektrotechnika**
- **Možnost výroby spoje s dobrou elektrickou, tepelnou izolací nebo spoje s dobrou elektrickou vodivostí.**
- **Možnost spojení za nízké teploty bez ovlivnění spojovaného materiálu a bez zásahu do základního materiálu**
- **Možnost spojování velkých ploch – folie, překližky ad.**
- **Možnost spojovat obtížně svařitelné materiály – lepení Al slitin**
- **Odpadají operace začisťování- povrch spojovaných míst je hladký**
- **Útlum vibrací, rázů, zamezení nežádoucího hluku – pružná lepidla**

Výhody lepených spojů

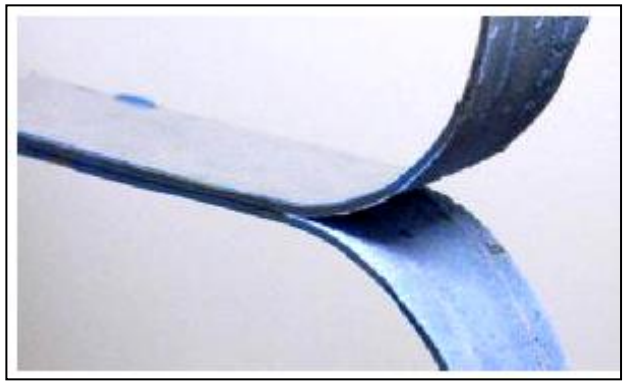
- **Úspora hmotnosti** (menší tloušťka plechu x vyšší tuhost plošného spoje
- **Ochrana proti korozi**
- **Těsnost spojů** (není třeba dotěsňovat spoj)
- **Výrazné snížení hlučnosti konstrukce** (eliminace klepání, skřípání)

Nýt

Šroub



Svar

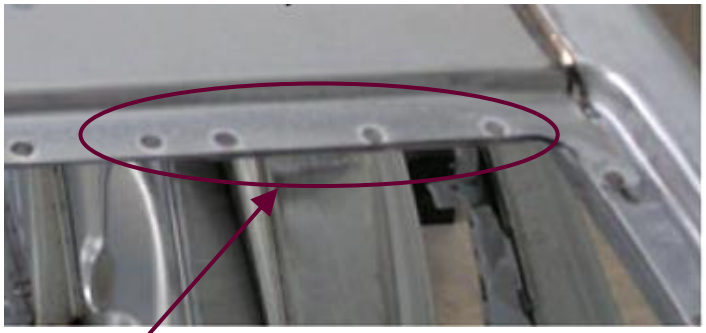


Lepený spoj

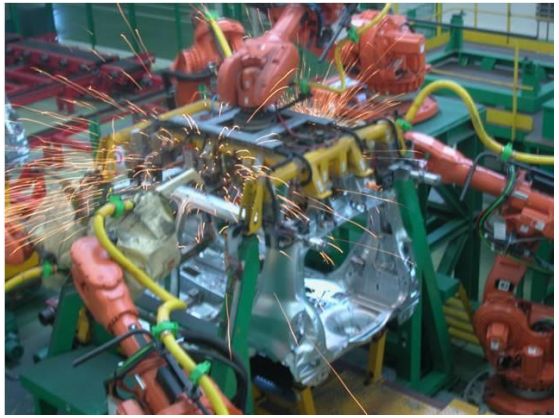
Výhody lepených spojů

- **Povrch spojovaných míst je hladký** (odpadají nákladné operace začišťování)
- **Vysoká kvalita vzhledu povrchu spojovaných dílů v místě spoje**
- **Zlepšení kvality pracovního prostředí** (proti svařování apod.)

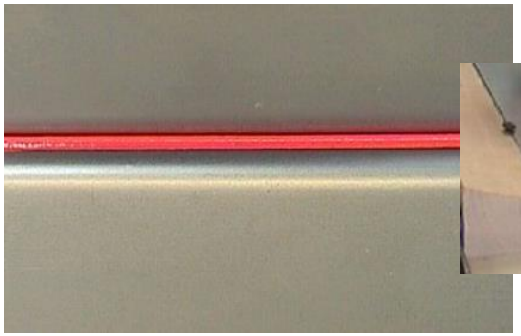
Svar metodou MIG / laser



Místa bodových svarů

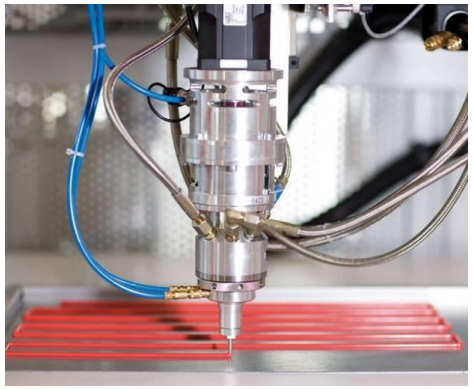


Pracoviště pro svařování



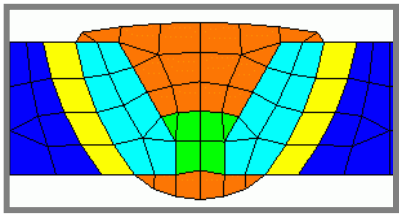
Lepený spoj

Pracoviště pro nanášení lepidel



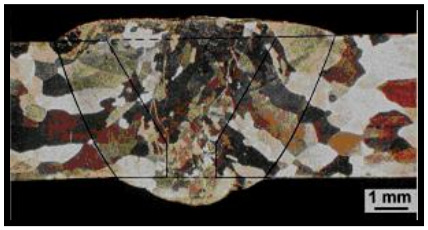
Výhody lepených spojů

- **Nedochází k ovlivnění struktury základního materiálu**

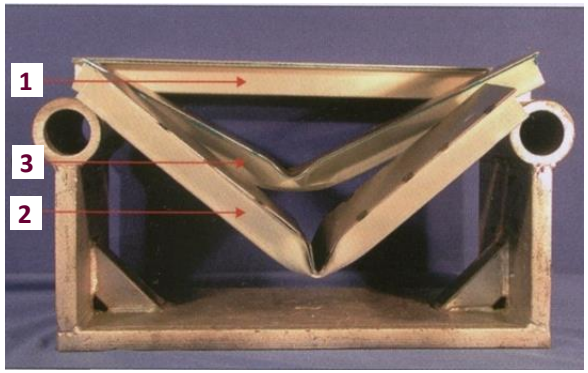


oblasti svaru ovlivněné teplem

změna struktury v okolí svaru



- **Zvýšení pevnosti**



Pevnostní lepidlo + bodové svařování

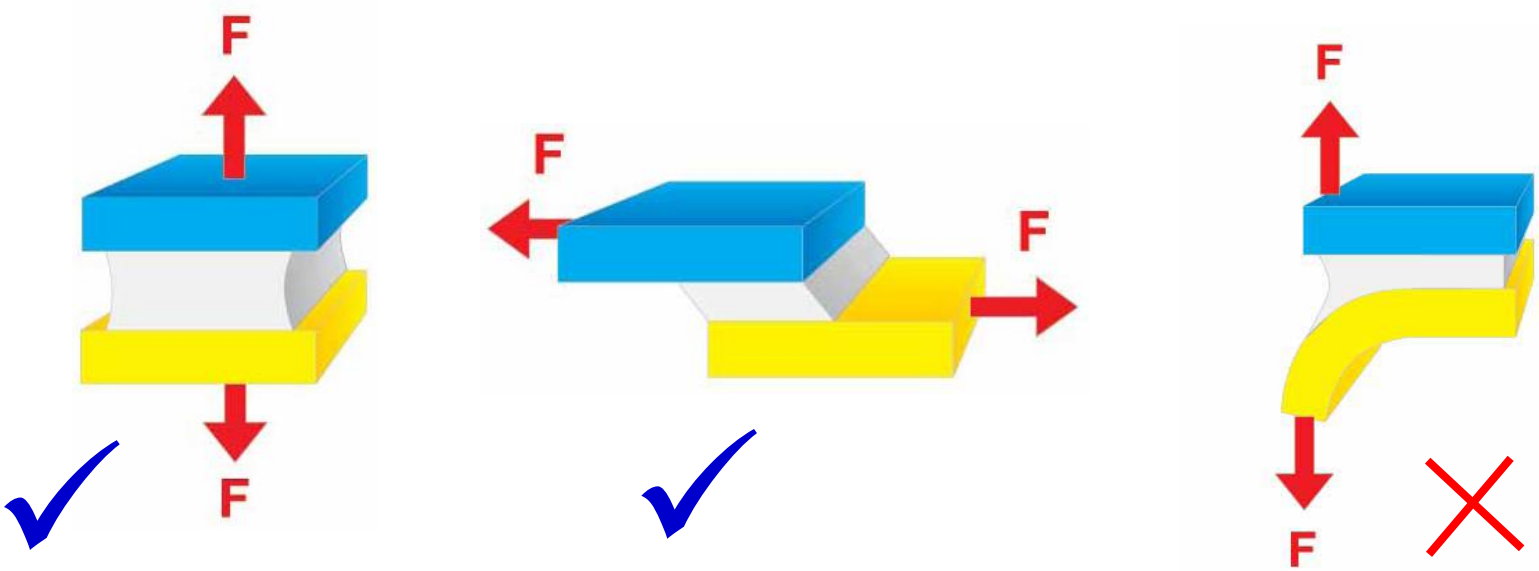
Bodové svařování

Slepeno

Zvýšení bezpečnosti vozidla při nehodě

Nevýhody lepených spojů

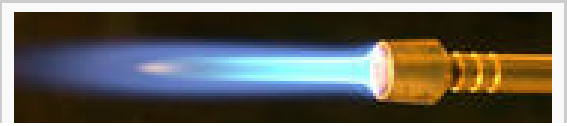
- **Nízká odolnost proti namáhání v odlupování**.



- **Nutnost úprav ploch před vlastním lepením**
  (důležitá je čistota a rovinnost povrchu lepených ploch)

Nevýhody lepených spojů

- **Úprava povrchu** - u adherendů s nedostatečnými adhezivními vlastnostmi (plasty) jsou nutné speciální úpravy povrchů před lepením (např. použitím aktivátorů)
  - zvýšení povrchové energie materiálu
  - změna polarity – oxidace



- **Vytvrzovací doba** - spoj nelze okamžitě zatížit (maximální pevnosti je dosaženo až po určité době)

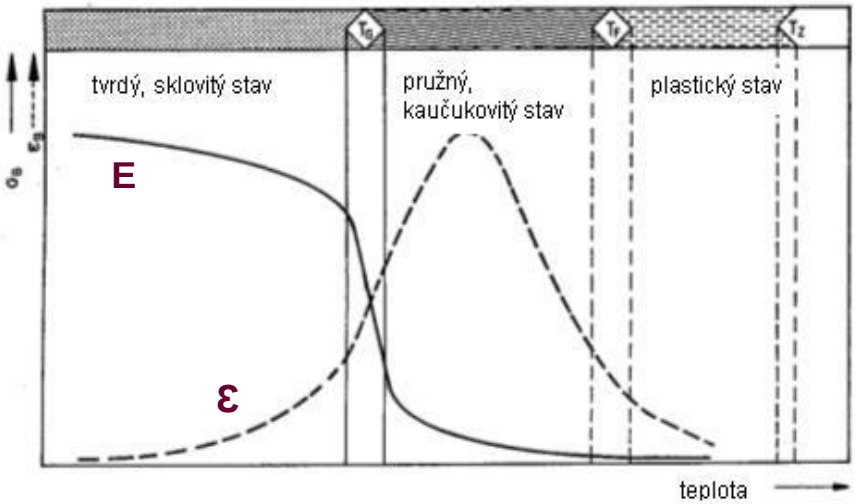
Zásadní vliv typu lepidla – ani vteřinová lepidla nemají „okamžitou“ 100% pevnost

- **Vytvrzovacích přípravky** – (fixační) u některých lepidel je třeba použít vytvrzovací přípravky, případně připravit směs několika složek.

Nevýhody lepených spojů

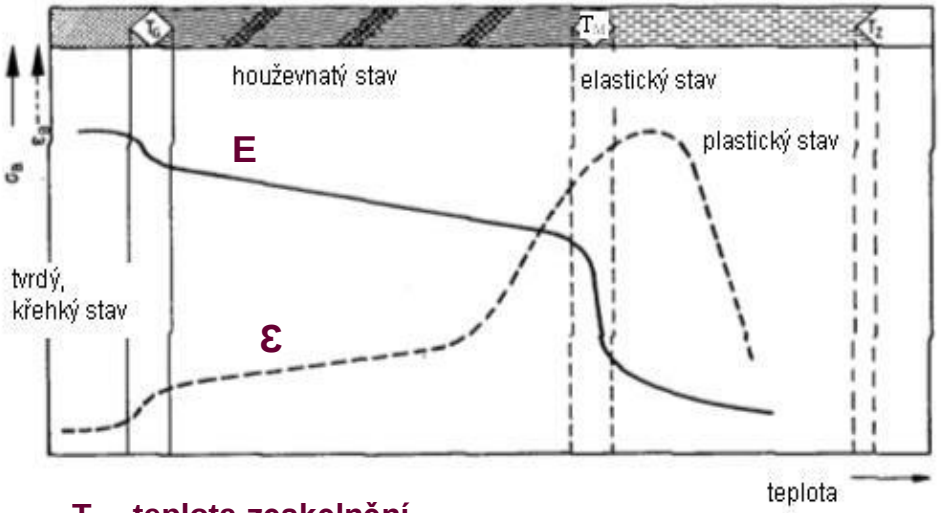
Malá odolnost proti zvýšení teploty – přechodové teploty plastů

Amorfní plast



T_g - teplota zeskelnění
T_f - teplota viskózního toku

Semikrystalický plast



T_g - teplota zeskelnění
T_M - teplota tání

Technologie lepení – příprava povrchu

Naprosto odlišná situace úpravy povrchu plechu – **NEODMAŠŤUJE SE**

Nanášení maziva na povrch plechů v automobilovém průmyslu

Konzervační olej (výrobce plechu)

- dnes převážně i jako olej tažný tzv. *Prelube*
- při problémech je nahrazen olejem tažným
  - přímo
  - po omytí pracím olejem

Celkové množství oleje na povrchu lepených plechů, které zde zůstává po tvářecích operacích může dosahovat až 10 g/m^2

- Lepidla, která jsou schopna zajistit požadovanou pevnost a vlastnosti spoje i s olejem na povrchu.
- Zkoušky lepených spojů pro karosářské výlisky se provádějí vždy jako kombinace: **PLECH – OLEJ – LEPIDLO**

Způsob nanášení lepidla

- je určitá mezifáze
- odděluje přípravné operace od vlastního vytvoření lepeného spoje
- cílem nanášení lepidla je vytvoření souvislé a rovnoměrné vrstvy lepidla určité tloušťky
- ve většině případů se lepidlo nanáší na obě lepené půlky
- způsob závisí především na konzistenci lepidla, na tvaru a velikosti lepených ploch

Dříve

- štětcem
- válečkem
- tyčinkou

→ *V kusové výrobě* → *Nutnost přípravných operací*

Domácnosti

Způsob nanášení lepidla - ruční

Ruční pistole pro nanášení jedno komponentních lepidel **– 1K lepení**

Kartuše

Vysokotlaká ruční pistole

Ruční AKU pistole

Ruční pistole na stlačený vzduch

Tuby pro **2K lepení** mají různou velikost - podle směšovacího poměru *lepidlo x tvrdidlo*

Způsob nanášení lepidla - strojní

- Vytlačovací pistole
- Stříkací pistole
- Nanášení naválcováním

Moderní systémy ovládané pomocí PC

- *Možnost zvolit kritéria nanášení – tvar a vzhled naneseného lepidla (p-T)*
- *Regulace viskozity*

- Vzduchové systémy
- Bezvzduchové systémy

V současné době není nutné žádným zvláštním způsobem připravovat lepidlo vzhledem ke způsobu jeho nanášení na lepené povrchy (vyjma vícesložkových lepicích systémů)

Způsob nanášení lepidla - strojní

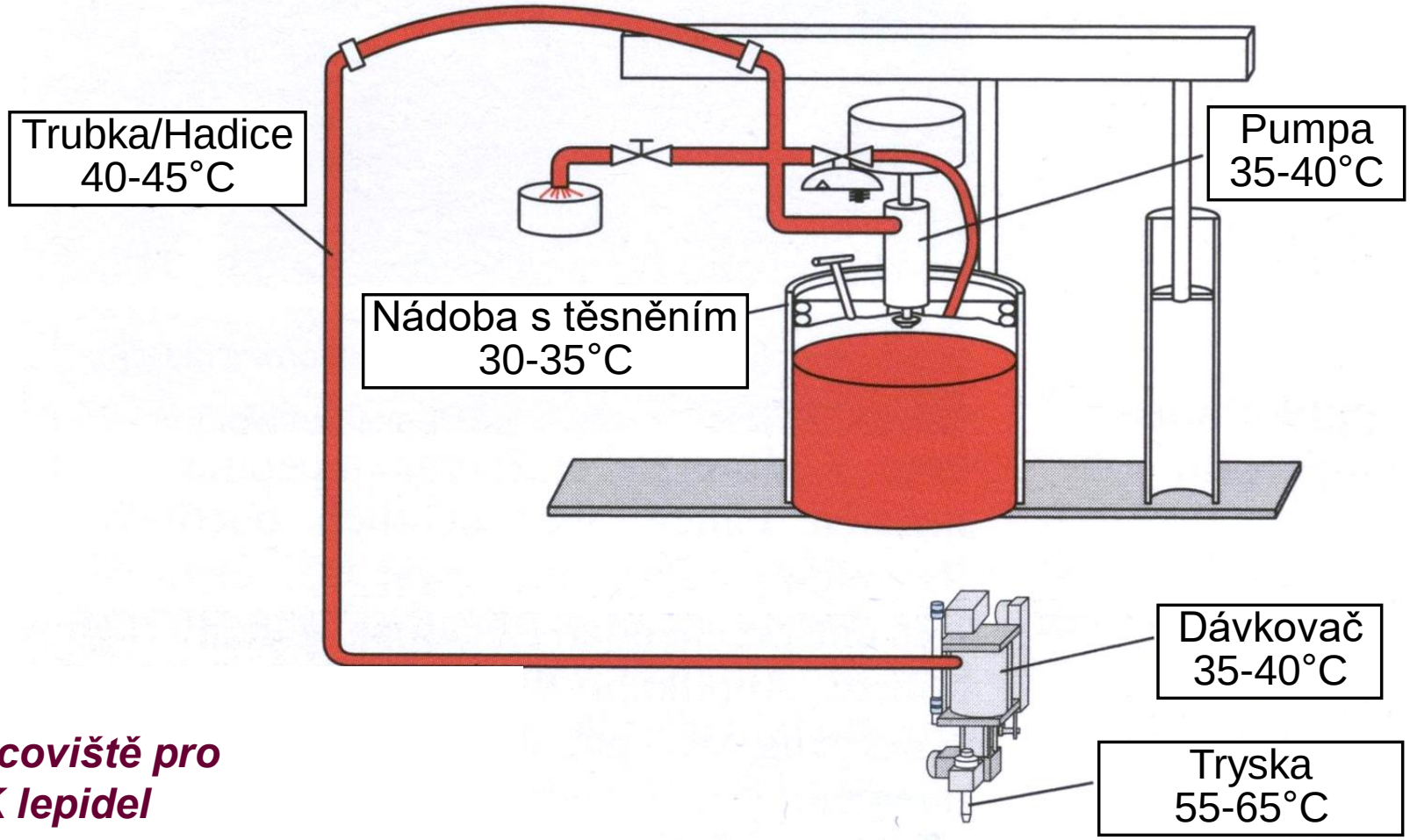


Schéma pracoviště pro nanášení 1K lepidel

Způsob nanášení lepidla - strojní

Pracoviště pro nanášení 1K lepidel

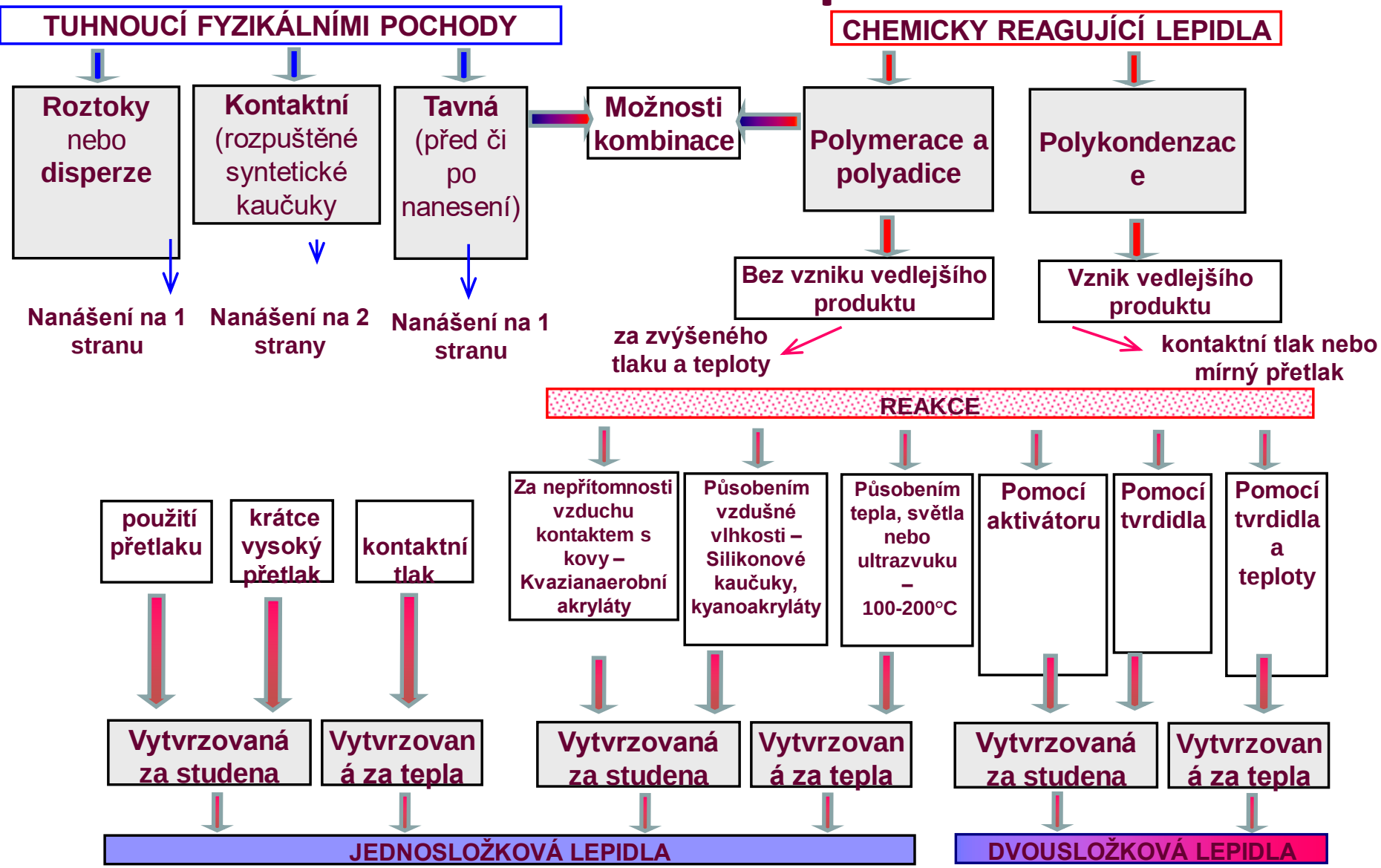
Vytvrzení lepidla

- Závislý především na typu použitého lepidla a jeho struktuře - lepidla dodávána v takovém stavu, v jakém jsou přímo aplikována (neplatí pro vícefázová lepidla a speciální disperzní tmely)
- Potřeba určitý čas, tlak a teplota
- Probíhá většinou v upínacích, nebo polohovacích přípravcích

Způsob vytvrzování lepidla

- Vsáknutím a odpařením obsažené vody
- Odtěkáním organických rozpouštědel
- Vulkanizací
- Vlivem zvýšené teploty
- Vlivem vlhkosti okolního prostředí
- Kontaktem s kovy
- Přidáním tvrdidel
- Změnou skupenství
- Ultrafialovým zářením

Rozdělení lepidel



Hodnocení lepených spojů

Lepidlo vs. lepený spoj

- Naprosto odlišná situace v hodnocení
- Technické materiály ⟹ **Základní mechanické vlastnosti**
- Lepené spoje ⟹ **Komplexní vlastnosti celku**

Bez stárnutí a po stárnutí
(po korozním zatěžování)

- Hodnocení z hlediska zatěžování, adheze,
- Korozních vlastností

VŽDY JAKO SOUSTAVA

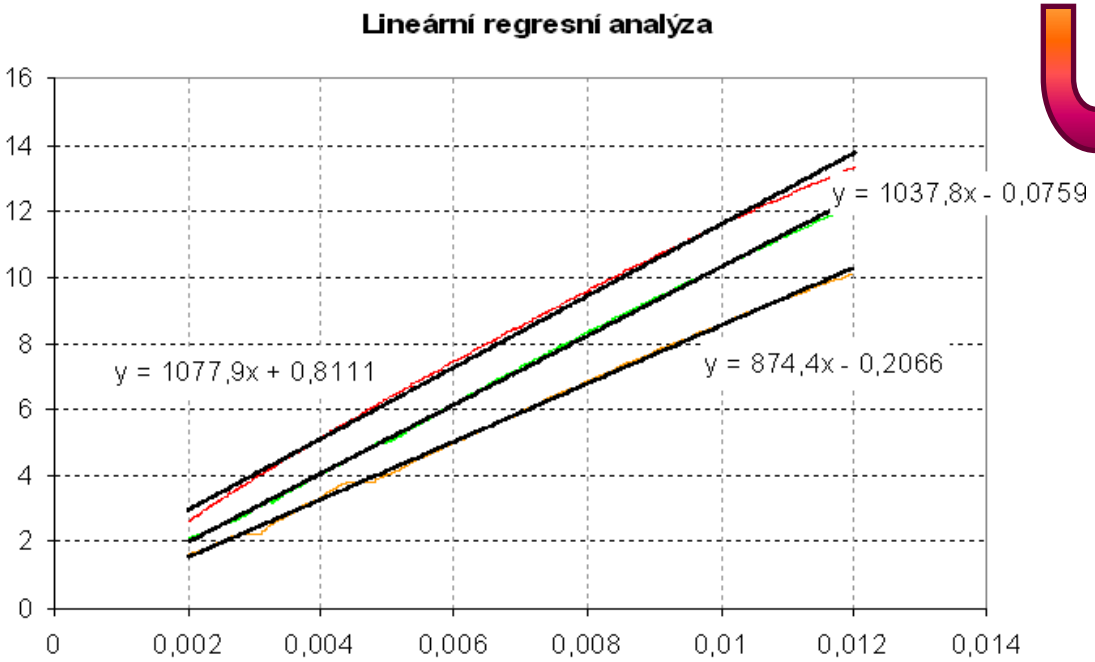
- Základní vlastnosti materiálu
- Pevnost, tažnost apod.

Normalizované zkoušky x Nenormalizované

Hodnocení lepených spojů

Mechanické vlastnosti lepidla

- Problém vyrobit odpovídající vzorky
- Je možné použít předpisy pro hodnocení mechanických vlastností pro plasty
- Statická zkouška tahem pro plastické hmoty: EN ISO 527-1,2,3.
- Mez pevnosti, Mez kluzu**, Modul pružnosti**



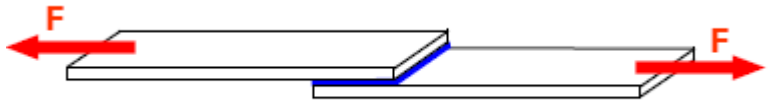
- Tahem, ohybem
- Vliv velikosti vzorku
- Lze použít i spoje na tupo

Hodnocení lepených spojů

Zkouška pevnosti ve smyku při zatěžování tahem dle PV 12.35

- Podstatou zkoušky je namáhání lepeného spoje ve smyku statickým tahem ve směru podélné osy až do porušení vzorku

  - **Nahrazuje normy PV 12.05 a PV 12.07**
  - **Rozměry vzorků: 150 x 25 mm**
  - **Velikost přeplátování / tloušťka lepidla**



  - Konstrukční lepidla 10 mm/0,2 mm
  - Výplňová lepidla 16 mm/2 mm

- Nanesení maziva v požadovaném množství nástřikem, nebo bavlněnou tkaninou
- Kondicionace 24 hodin odležet
- Zkušební rychlost 50 mm/min

$$\tau = \frac{F_{max}}{S}$$

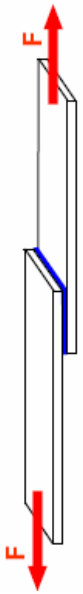
Hodnotí se pevnost ve smyku a typ porušení

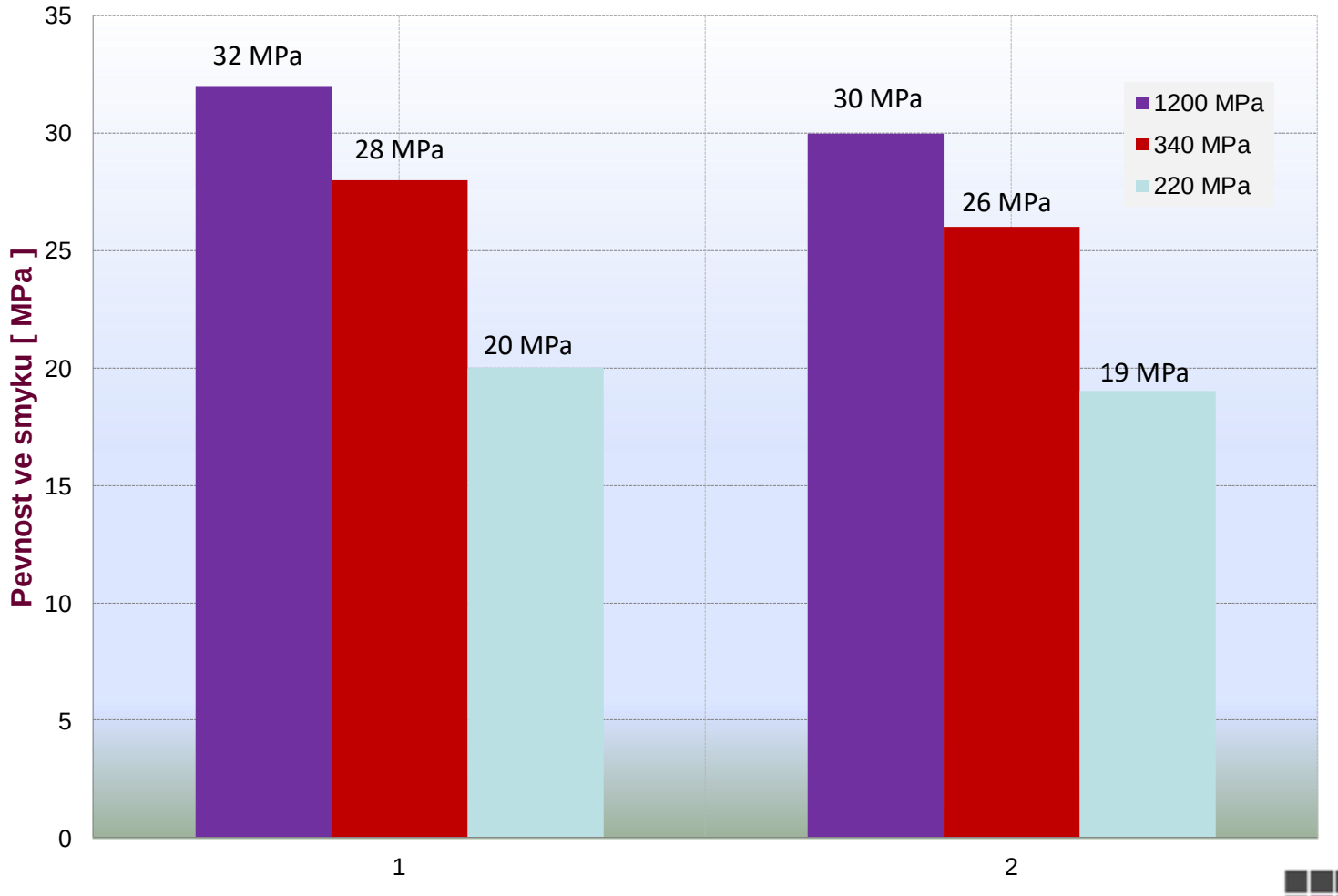
- **PV 12.05**
- **PV 12.07**
- **PV 12.35**

} **Modifikovaná ČSN-EN 1465 pro lepení karosářských plechů**

Hodnocení lepených spojů

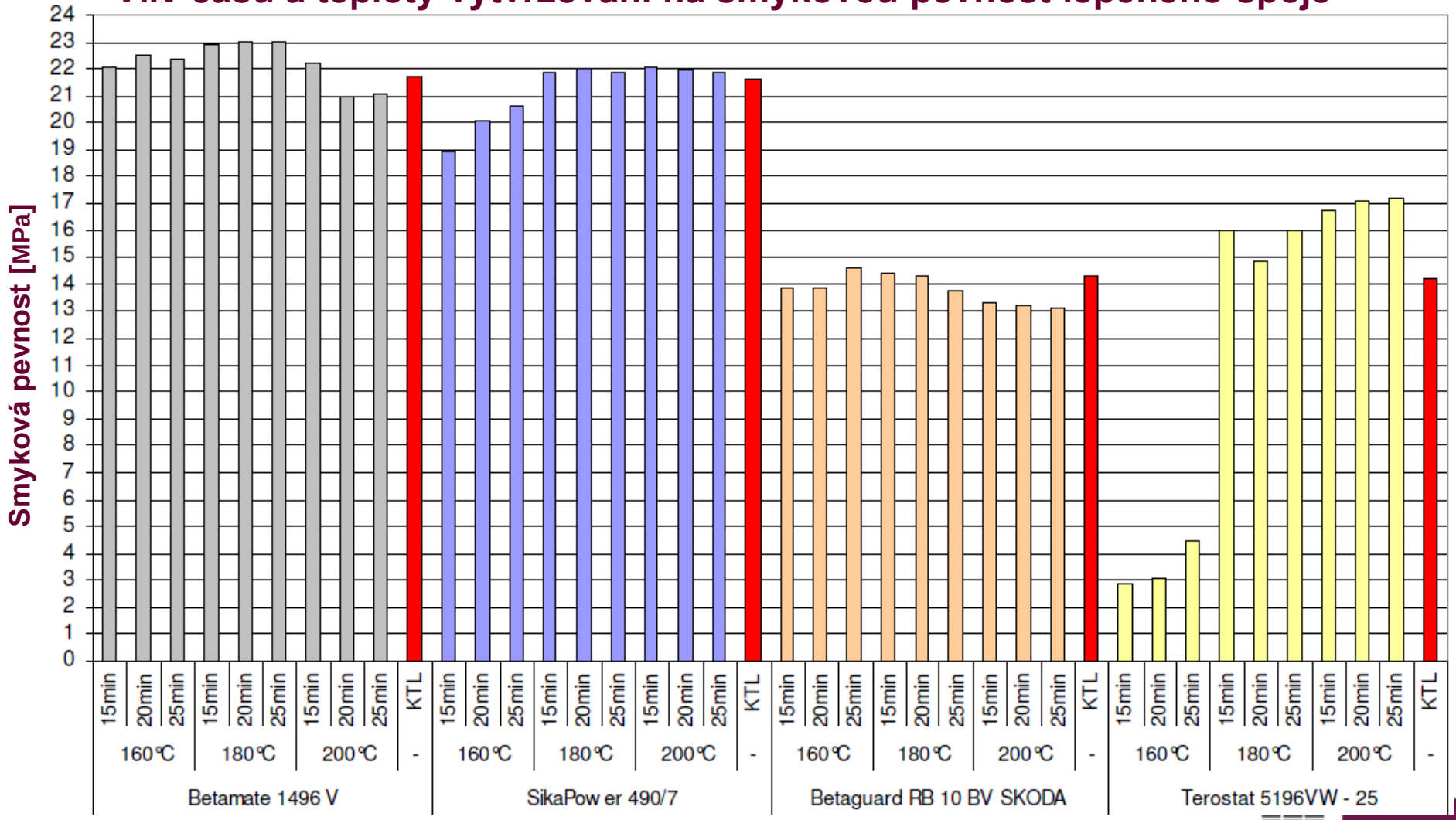
Vliv pevnosti plechu (substrátu) na pevnost lepeného spoje dle PV 12.35





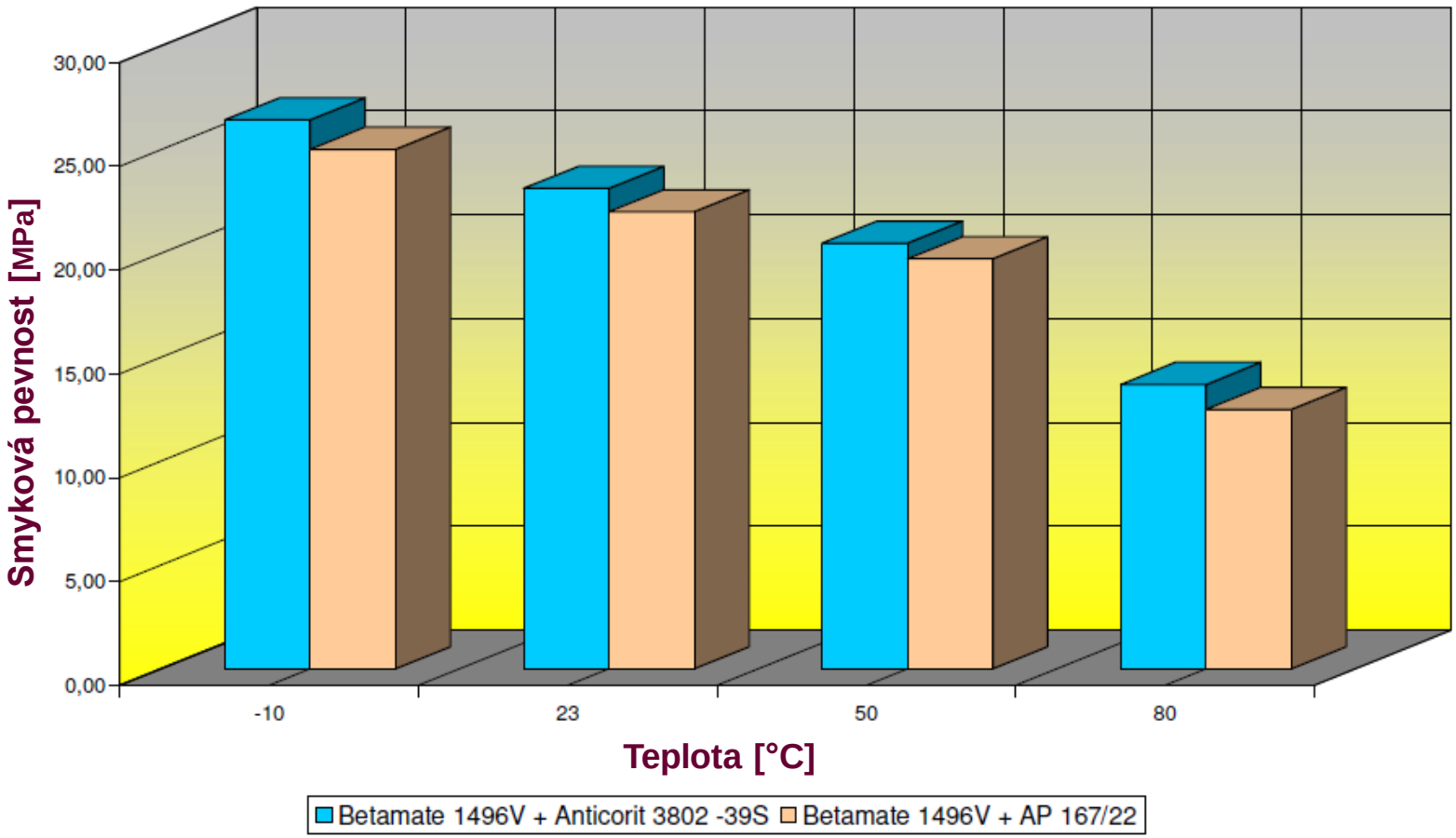
Hodnocení lepených spojů

Vliv času a teploty vytvrzování na smykovou pevnost lepeného spoje



Hodnocení lepených spojů

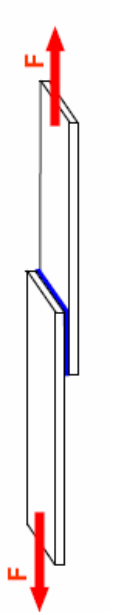
Vliv teploty a maziva na smykovou pevnost lepeného spoje

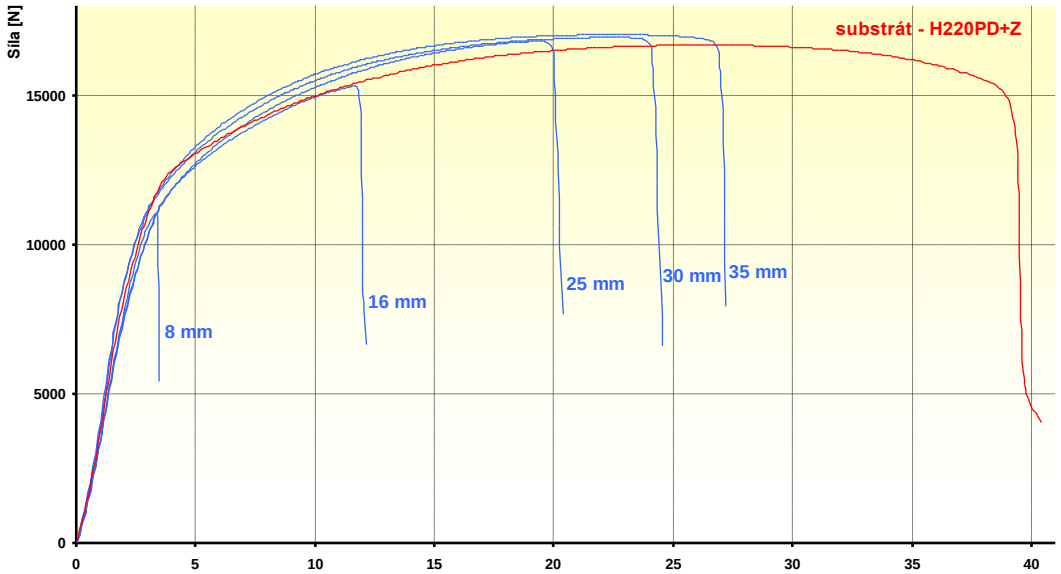


Hodnocení lepených spojů

Vliv lepené plochy na smykovou pevnost spoje

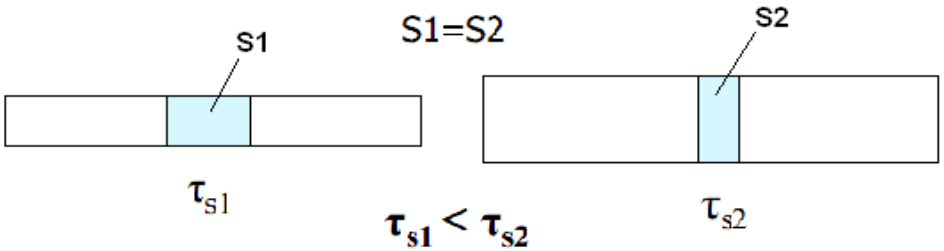
PV 12.35





Pro zvětšení únosnosti lepeného spoje namáhaného na smyk je výhodnější zvětšovat plochu spoje šířkou oproti délce přeplátování.

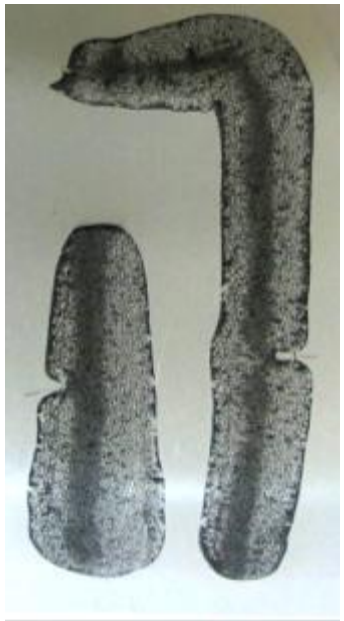
Přeplátování → Plocha → Přenášené síly → Okrajové napěťové špičky → Střední smykové pevnost

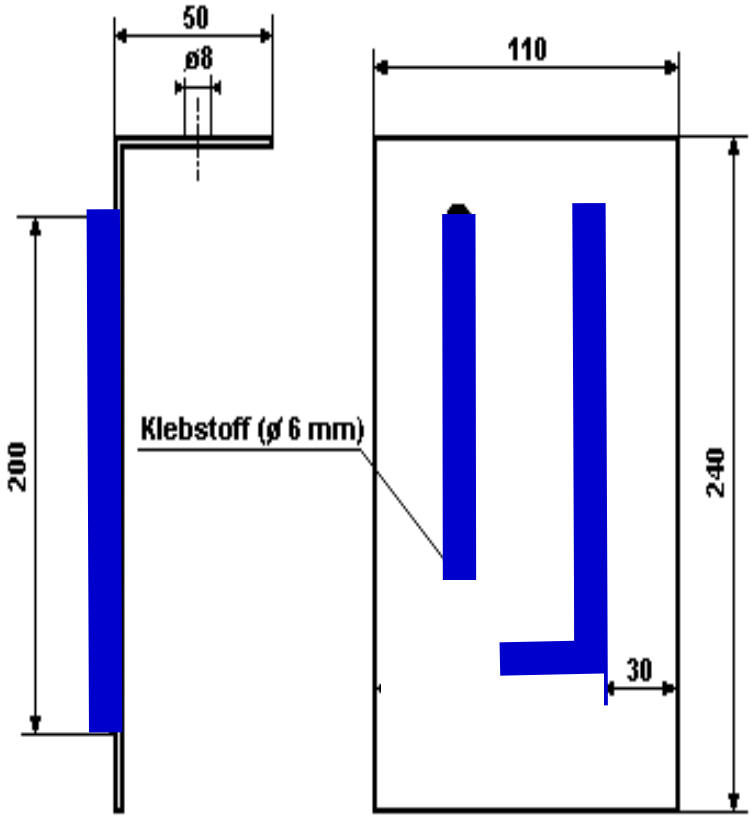


Hodnocení lepených spojů

T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů dle PV 12. 30

- Podstatou této zkoušky je zatěžování zkušebního spoje odlupováním statickým tahem ve směru kolmém na lepenou plochu.
- Zkušební vzorek 250 x 110 mm.
- Nanesení maziva v požadovaném množství násti
- Tloušťka lepidla ve spoji 3 mm
- Kondicionace 24 hodin odležet
- Vytvrzení dle parametrů
- Zkušební rychlost není dána
- Hodnotí se typ porušení

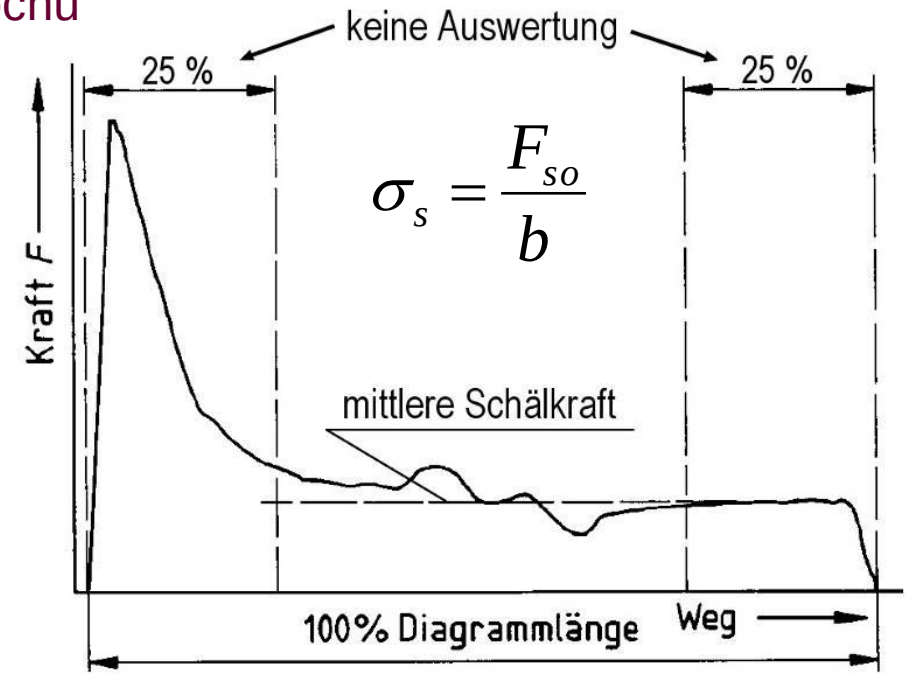




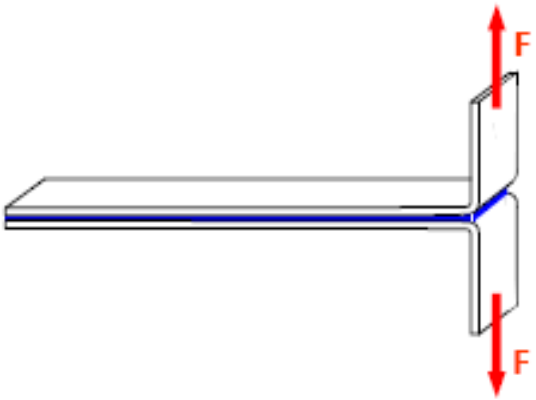
Hodnocení lepených spojů

T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů dle ISO 11339

- Podstatou této zkoušky je zatěžování zkušebního spoje odlupováním statickým tahem ve směru kolmém na lepenou plochu
- Slepená plochy 150 x 25 mm
- Tloušťka lepidla ve spoji
  - konstrukční lepidla 0,2 mm
  - výplňová lepidla 2 mm
- Kondicionace 24 hodin odležet
- Vytvrzení
- Zkušební rychlost 100 mm/min

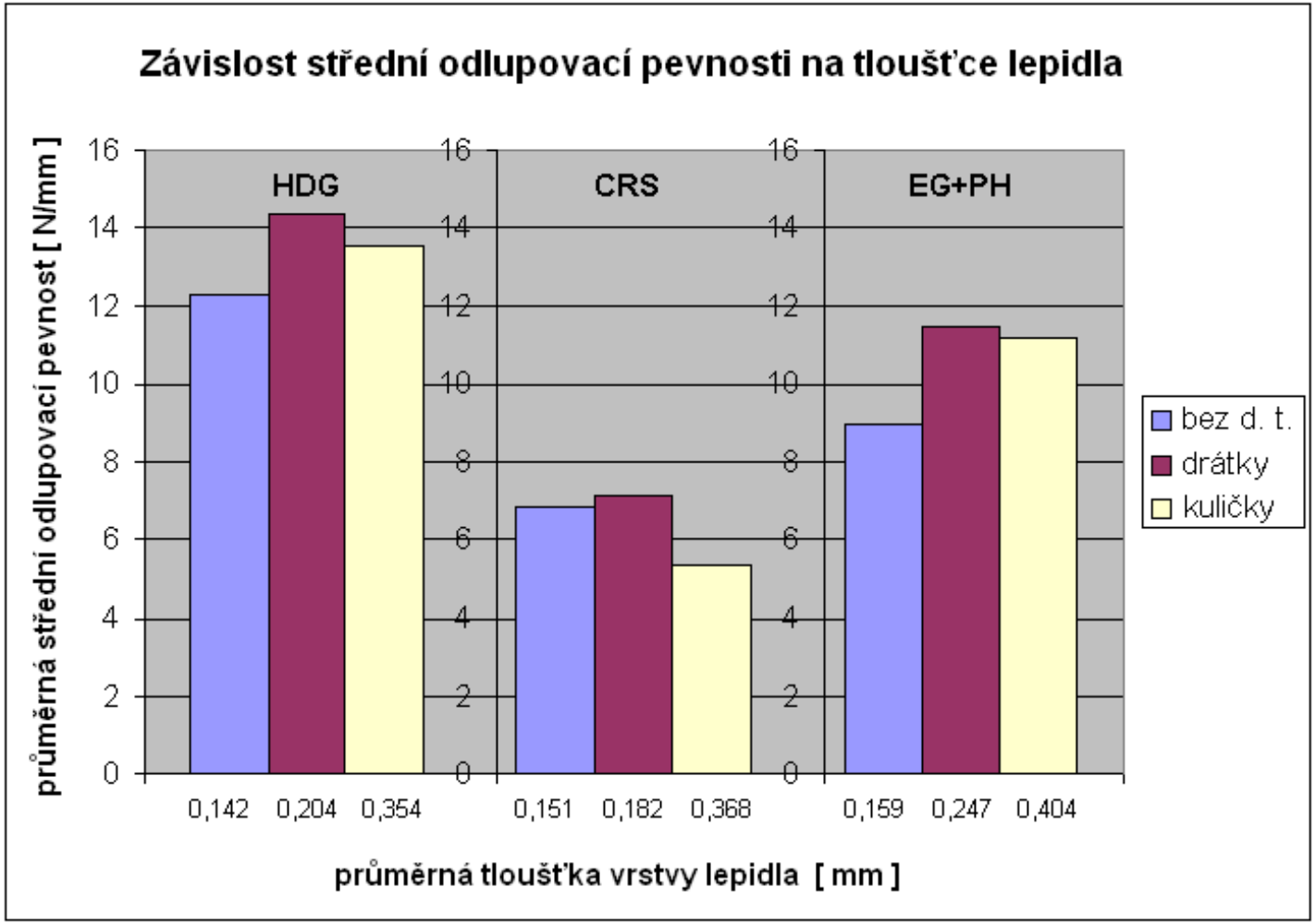


$$\sigma_s = \frac{F_{so}}{b}$$



Hodnocení lepených spojů

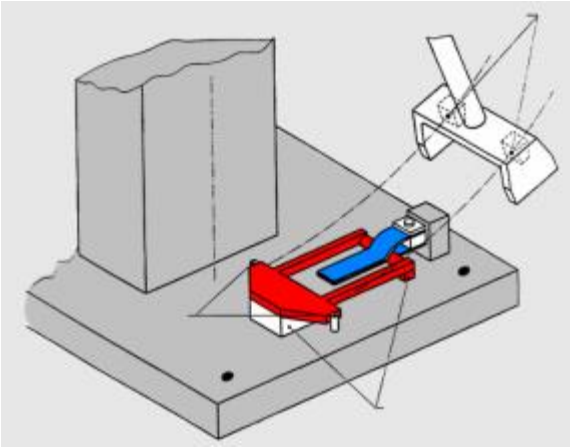
T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů dle ISO 11339



Hodnocení lepených spojů

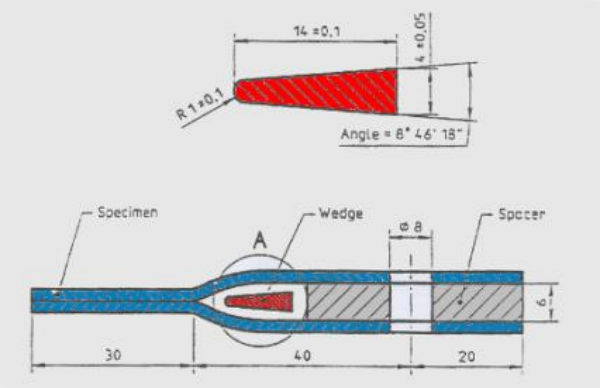
Stanovení dynamické odolnosti vysoce pevných slepů vůči štípání rázem dle ISO 11343

- Dynamická zkouška
- Zkušební vzorek ze dvou symetricky slepených plechů o rozměrech 20 x 90 mm
- Rozměr lepené plochy 20 x 30 mm
- Slepený vzorek je rozštípnut pomocí ocelového klínu rychlostí od 2 m/s do 6 m/s
- Dvě varianty zkoušky
  - **Symetrický klín** - pro vzorky z ohebných adherendů
  - **Nesymetrický klín** - pro vzorky zhotovené jako kombinaci ohebného a neohebného adherendu (zkoušení vysokopevnostních plechů)



Dynamická zkouška – použití Sharpyho kladiva o velikosti od 50 J do 300 J

Nesymetrický klín

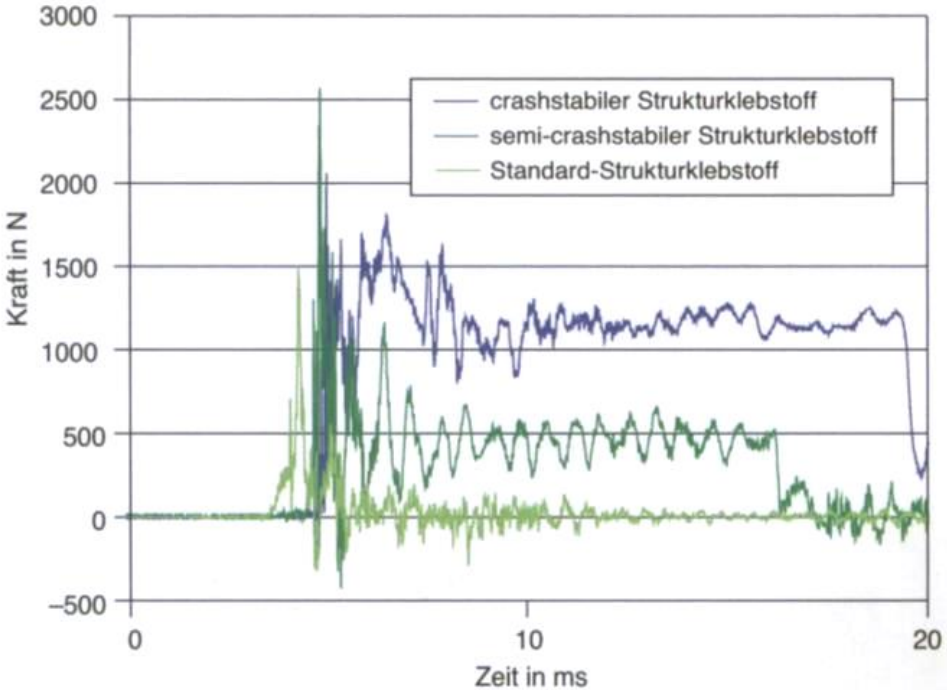


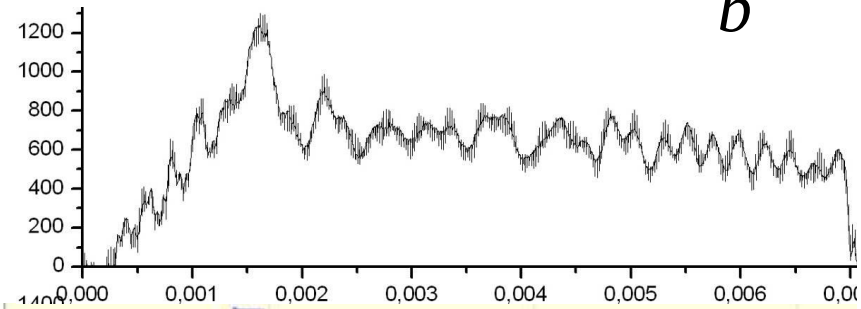
Hodnocení lepených spojů

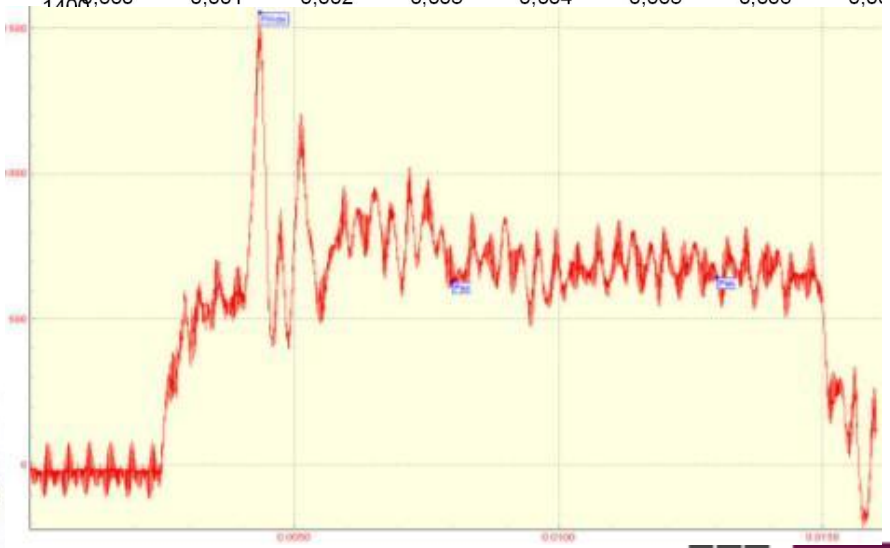
Stanovení dynamické odolnosti vysoce pevných slepů vůči štípání rázem dle ISO 11343

- Hodnotí se velikost střední pevnost při štípání v úseku L1 až L2
- Dále energie potřebná pro rozštípnutí vzorku
- Typ porušení dle ISO 10365.

$$p_s = \frac{F_{so}}{b}$$





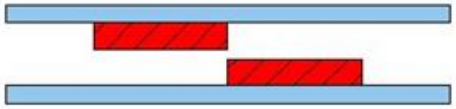


Hodnocení lepených spojů

Typ porušení lepeného spoje u zkušebních těles dle ČSN-EN 10 365

CF

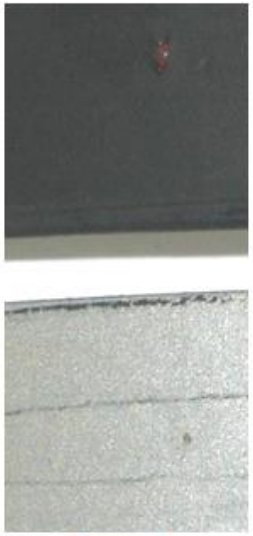
SCF



AF

SCF

CF



AF

Děkuji za pozornost.

Autor: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.
doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.
E-mail: pavel.doubek@tul.cz
pavel.solfonk@tul.cz