UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009 Jan Petr

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Posuzování kvality lepených spojů při stavbě karoserií

Jan Petr

Bakalářská práce

2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: **2008/2009**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Petr**

Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**

Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury**

Název tématu: **Posuzování kvality lepených spojů při stavbě karoserií**

Zásady pro vypracování:

Student provede zmapování nabídky lepidel pro karosářské plechy pro český automobilový trh.Budou zkoumány parametry lepidel a jejich pevnostní a kvalitativní charakteristiky při stavbě vozu.Na závěr student provede srovnání dosažených výsledků s platnou normalizací.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vlastimil Kapsa**
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2009**

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 28.05. 2009

Jan Petr

SOUHRN

Tato Bakalářská práce se věnuje hodnocení kvality lepených spojů automobilových karoserií. Jsou zde uvedeny přednosti, ale i nedostatky lepených spojů proti ostatním možnostem spojování karoserií. Hlavní náplň práce tvoří hodnocení parametrů lepených spojů a z toho vyvozená kvalita lepení automobilových karoserií. Zaměření této práce je především orientováno na lepení karoserií a jejich hodnocení ve Škoda Auto a.s Mladá Boleslav, kde tuto možnost spojování pomocí lepidla plně využívají.

Vyhodnocením této práce jsou výsledky zkoušek samotných lepidel. Konečné zhodnocení kvality lepených spojů karoserie nám poskytne destruktivní zkouška karoserie a následná kontrola všech spojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

lepení, lepidla, pevnost, zkoušky, napětí, spoje, karoserie.

TITLE

Assessment of glued joints in the construction of body.

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the quality of glued joints car bodies. Are given priority, but also the shortcomings of glued joints against other potential merger bodywork. The main job consists of evaluating the parameters of glued joints and the drawing quality bonding car bodies. The focus of this work is mainly focused on technology and testing in Škoda Auto as, where this merger through full use of adhesives.

Evaluation of this work are the results of tests of the adhesives. Final evaluation of the quality of glued connection body gives us a destructive test of the body and follow-up of all the connections.

KEYWORDS

bonding, adhesives, strength tests, tension, joints, body.

Především chci poděkovat Ing. Vlastimilu Kapsovi za odbornou pomoc a poskytnuté rady při tvorbě této bakalářské práce. Další poděkování chci věnovat Ing. Petru Harsovi ze Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav za podklady poskytnuté k této práci.

Úvod **10**

1 Technologie lepení **11**

1.1 Dělení lepidel **11**
1.1.1 Dle typu aplikace 11
1.1.2 Základní typy strukturních lepidel 12

1.2 Zásady postupu volby lepidla **13**
1.2.1 Význam pevnosti lepených spojů pro výběr lepidla 13
1.2.2 Technologické vlastnosti rozhodující o volbě lepidla 14

1.3 Přehled lepidel používaných pro automobilové karoserie a jejich charakteristiky **14**
1.3.1 Charakteristiky vybraných lepidel 15

1.4 Způsob aplikace lepidel na karoserie **18**
1.4.1 Aplikace lepidel na karoserii automobilu Škoda Fabia II 19
1.4.2 Hlavní zásady navrhování lepených spojů 25
1.4.3 Typy konstrukčních spojů pro automobilové karoserie 25

1.5 Rozložení napětí ve spojích **27**

1.6 Vlivy působící na pevnost lepeného spoje **28**

1.7 Přednosti a nedostatky lepených spojů z hlediska pevnosti a použitelnosti technologie **28**

1.8 Doporučení pro návrh lepených spojů **30**

2 Příprava dílů k lepení **32**

2.1 Slícování lepených dílů **32**

2.2 Povrchové úpravy před lepením **32**

2.3 Čištění a odmašťování **32**

2.4 Význam drsnosti povrchu pro pevnost lepeného spoje **32**

3 Zkoušky lepidel a lepených spojů **34**

3.1 Souhrnný postup **34**
3.1.1 Vstupní kontrola lepidel 34
3.1.2 Kontrola procesu lepení 34
3.1.3 Zkoušky pro technické listy lepidel 34
3.1.4 Zkoušky na konkretizovaných vzorcích 35
3.1.5 Obecné zkoušky konstrukčního uspořádání spojů 35
3.1.6 Rozdělení zkoušek lepených spojů 35

3.2 Typový technologický postup kontroly lepidel **36**
3.2.1 Kontrola lemů vyplněného lepidlem PVC 36
3.2.2 Pohledová kontrola vyplnění lemů lepidlem PVC 37
3.2.3 Pohledová kontrola nanesení lepidla do lemů 37
3.2.4 Pohledová kontrola aplikace lepidla a slepení styčných ploch mezi výztuhami a plechem 37
3.2.5 Kontrola otevřením lemů vyplněných kaučukovým lepidlem 38
3.2.6 Pohledová kontrola aplikace lepidla a slepení styčných ploch u ostatních dílů 38

3.2.7 Všeobecné zásady kontrol lepení ... 39
3.2.8 Předželatinace lepidla v lemech panelových dílů ... 40

4 Praktické provedení zkoušek lepených spojů ... **41**

4.1 Zubová zkouška lemů zadních dveří ... **41**
4.1.1 Grafická dokumentace k zubové zkoušce ... 42
4.1.2 Výsledky měření zubové zkoušky lemu ... 43

4.2 Experimentální hodnocení lepených spojů ... **44**
4.2.1 Postup řešení ... 45
4.2.2 Zkouška nanesené tloušťky lepidla ... 45
4.2.3 Plocha lepidla – zkouška přeplátování ... 47
4.2.4 Zkouška doby vytvrzení ... 48
4.2.5 Zkouška teploty vytvrzení ... 50

4.3 Vyhodnocení zkoušek ... **52**

Závěr ... **53**

Seznam použité literatury ... **55**

Seznam obrázků ... **56**

Seznam grafů ... **57**

Seznam tabulek ... **58**

Seznam zkratek ... **59**

Seznam příloh ... **60**

Úvod

Technologie spojování materiálu pomocí lepidla v automobilovém průmyslu je poměrně novou technologií, která se postupně zdokonaluje a nyní již nahrazuje jiné metody spojování materiálů. Spojování materiálů pomocí lepidla se využívá především tam, kde je špatný přístup pro sváření a tam, kde by teplotní rozdíly při sváření mohly narušit strukturu materiálu. Lepidla se používají pro různé účely. Kromě spojování materiálů jsou i lepidla, která slouží k potlačení hluku, těsnící a k vyrovnání nerovností.

Vlastní bakalářská práce se věnuje technologii lepení v automobilovém závodu Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav, kde je tato metoda spojování dílů karoserií značně konstrukčně rozšířená. Zde jsem měl možnost si prohlédnout proces lepení jednotlivých dílů karoserií. Je to rozsáhlý proces, na jehož konci vzniká kompletně sestavená karoserie připravena plnit svou funkci. V poslední části práce jsou uvedeny příklady zkoušek spojování materiálu a jejich hodnocení.

1 Technologie lepení

Lepení je technologií spojování materiálů, která se provádí nanesením lepidla mezi dvě čisté plochy a po následném vytvrdnutí vznikne požadovaný spoj.

Lepení je důležitým doplňkem tradičních metod spojování, ne jejich výlučnou náhradou. Umožňuje vyztužit a zesílit zejména konstrukce bez nákladného strojního obrábění. Svařování nemůže být nahrazeno lepením, ale často je nutné jejich společné použití. Lepení má řešit především problematiku možností spojování. Používá se v případech, kdy nelze použít jiné metody spojování (například sváření, nýtování).

Obecně lze říci, že lepení je při průmyslové výrobě vhodnější u velkých sérií, při lepení velkých, nebo naopak velice malých ploch [3]. Výjimky nelze vyloučit.

1.1 Dělení lepidel

1.1.1 Dle typu aplikace

1) Teplem vytvrzovaná lepidla

Všechna lepidla, která musí být ohřána, aby došlo k vytvrzení.

2) Přidržovací lepidla

Jde o lepidla, která jsou používána pro dočasné spojení dílů dohromady. Pevnost nebývá vysoká. Typickým příkladem jsou lepicí pásky [8].

3) Teplem tavitelná lepidla

Tyto lepidla jsou aplikována v roztaveném stavu a po vychladnutí ztvrdnou. Typickým příkladem jsou tavné tyčky [1].

4) Vteřinová a minutová lepidla

Všechna lepidla, která vytvrzují během vteřin až minut [9].

5) Pojišťovací lepidla

Pojišťovací lepidla nebo tmely jsou používány pro zajištění šroubových spojů proti povolení.

6) Tlakově citlivá lepidla

Lepidlo je aktivováno tlakem. Tlakově citlivá lepidla jsou používána na samolepících obálkách a oboustranných páskách [10].

7) Zajišťovací lepidla

Používají se jako ochrana proti prokluzování a smýkání nezávitových dílů. Velmi podobná pojišťovacím lepidlům, ale jsou používaná na nezávitové spoje [9].

8) Těsnící lepidla

Těsnící lepidla jsou používána jako prevence proti únikům vzduchu, vody, oleje apod. mezi dvěma povrchy. Těsnící tmel pro lepení oken je typický příklad.

9) Strukturní lepidla

Strukturní lepidla jsou schopna přenášet značné zatížení. Termín „značné zatížení" nebyl dosud definován, ale znamená to schopnost lepidla přenést značné napětí. V praxi to znamená vznik trvalého spojení dvou materiálů s neomezenou životností (v případě absence neúměrného vnějšího zatížení) [1].

10) UV lepidla

Všechna lepidla vytvrditelná působením UV světla.

1.1.2 Základní typy strukturních lepidel

1) Akrylová

Tolerantnější ke stavu povrchu (vhodné i na málo čisté povrchy). Vyšší pevnost ve střihu než epoxidová lepidla, dobrá odolnost proti odlupu a rázu. 2 komponentní, 1 složka – jeden povrch, primer- druhý povrch (možná prodleva před slepením). Novější verze dostupné jako čistě 2 komponentní lepidlo [9].

2) Anaerobní

Vytvrzení se startuje nedostatkem kyslíku, nevytvrzuje předčasně. Mají viskozitu od kapaliny po pastu. Vysoká kohezní pevnost, nízká adhezní přilnavost, nevhodné na propustné materiály. Špatně vyplňují spáry, používané pro pojišťování závitů [1].

3) Kyanoakrylátové (vteřinová lepidla)

Lehce aplikovatelné a extrémně rychlé vytvrzení. Nízkoviskózní lepidla. Lepí plasty, gumy, kovy. Vysoká pevnost, špatná rázová odolnost, lehce poškoditelná vlhkostí a rozpouštědly. Vhodná pro lepení pouze malých ploch, nevyplňují dobře spáry [8].

4) Epoxidová

Dlouhou dobu jediné dostupné technické strukturní lepidlo a stále nejpoužívanější epoxidová lepidla jsou termosetové pryskyřice která ztuhnou polymerizací. Jednou vytvrzená při vyšších teplotách pouze měknou, ale již se zpětně netaví.
Jsou buď dvousložková (vytvrzená smícháním) nebo 1 složková (vytvrzení startováno teplotou). Velmi vysoká pevnost ve střihu, jsou tuhá s malou smrštivostí [8].

5) Tavná

Rychlé vytvrzení (80% pevnosti během 10 až 20 vteřin), lepí savé i nesavé materiály. Vyžadují kvalitnější přípravu povrchu. Necitlivá na vlhkost a rozpouštědla, měknou při vyšších teplotách [1].

6) Metakrylátová

2 složková lepidla, řízeně vytvrzována smísením dvou složek. Dobrá odolnost proti střihu, odlupu, výborná odolnost proti rázům. Odolnost proti vodě, vlhkosti a rozpouštědlům [9].

7) Polyuretanové

2 složková lepidla, pružná i za nízkých teplot. Obstojná smyková pevnost, vynikající odolnost proti vlhkosti. Druhá složka použitá jako reakční na bázi glykolů. Nevytvrzený materiál je citlivý na teplotu a vlhkost [1].

1.2 Zásady postupu volby lepidla

Před navrhováním lepených spojů je třeba objasnit některé zásady:

1) Které pevnosti lepených spojů jsou nejdůležitější při výběru lepidel z hlediska pevnosti
2) které technologické vlastnosti jsou rozhodující z hlediska použití
3) Shrnout charakteristické vlastnosti lepidel na základě zmíněných kritérií.

1.2.1 Význam pevnosti lepených spojů pro výběr lepidla

1) Pevnost v odlupování

Význam této zkoušky je dvojí. Jednak jako zkoušky pro zjištění dodržení správné technologie lepení a jednak pro výběr lepidla pro danou aplikaci.

2) Pevnost ve smyku a pevnost při dlouhodobém zatížení za zvýšené teploty

Druhou důležitou vlastností lepených spojů, která rozhoduje o použitelnosti lepidla v určité konstrukci, je jejich tepelná odolnost při zatížení, charakterizovaná pevností ve smyku při požadované teplotě [3].

3) Vliv okolí na pevnost lepených spojů

Rozhodující jsou hodnoty získané přímým vystavením vzorků vlivu okolí. Pokud nejsou k dispozici, lze hodnotit lepidla buď podle zkoušek urychleného stárnutí, nebo podle zkoušek vystavení vlivu destilované vody [3].

1.2.2 Technologické vlastnosti rozhodující o volbě lepidla

Při výběru lepidel zůstává nejdůležitějším technologickým hlediskem rozdělení na studená a horká lepidla. Pro velmi namáhané díly se mohou použít převážně jen horká lepidla. Při každé aplikaci studeného lepidla se musí rozhodnout, zda bude očekávaná pevnost dostačující. Při volbě horkého lepidla se musí uvážit, zda se může použít lepidel, které vytvrzují za vyšších tlaků. Dále je důležitý i způsob nanášení lepidla [3].

1.3 Přehled lepidel používaných pro automobilové karoserie a jejich charakteristiky

Přehled lepidel je zaměřen na karosářské plechy používané při výrobě automobilových karoserií. Lepidla se stále vyvíjí a přicházejí na trh nové a vylepšené verze původních lepidel. Nová lepidla mají původní strukturu, ale liší se svými vlastnostmi.

Název lepidla	Dodavatel
LEPIDLO TEROSTAT 3216	TEROSON
LEPIDLO BETAGUARD RB10-BV	DOW
LEPIDLO BETAGUARD RB 214-BV	DOW
LEPIDLO BETAMATE 1496V	DOW
LEPIDLO BETAMATE 1496F	DOW
LEPIDLO BETAMATE 1040	DOW
LEPIDLO BETAMATE XB 5103-3	DOW
LEPIDLO BETAGUARD KP 03	DOW
LEPIDLO TEROSTAT 2710 F	TEROSON
LEPIDLO BETAGUARD KP-53	DOW
LEPIDLO Corabond V	PPG
LEPIDLO Coraseal ZEB 643	PPG
LEPIDLO TEROKAL 8026 GB-25	TEROSON

Tab. 1: Lepidla pro karosářské plechy [5]

1.3.1 Charakteristiky vybraných lepidel

Lepidlo BETAMATE 1040

- Strukturní epoxidové lepidlo

Vlastnosti:

Vynikající přilnavost na automobilových karoseriích. Přispívá ke zvýšení pevnosti karoserie. Vzhledem ke své schopnosti utěsňovat chrání proti korozi. Kompatibilní s ostatními mechanickými a tepelnými technikami spojování [7].

Použití:

Lepidlo se používá pro zvýšení tuhosti karoserie.

Lepidlo BETAGUARD RB 10-BV

- Tmel a lepidlo pro karoserie se střední pevností dosahovanou bez vytvrzení indukčním procesem

Vlastnosti:

BETAGUARD RB 10-BV byl vyvinut k vytvoření mechanického spojení dvou povrchů, dosahovaného za pomoci skleněných částic. Zajišťuje pevnost ploch nezávislou na složení lepidla, dosahovanou bez indukčního vytvrzení. Nicméně i toto lepidlo může být předvytvrzeno indukčním procesem (10+20 sec/180^{o}C) k dosažení počáteční pevnosti, nebo zajištění odpovídající odolnosti proti vymývání na kritických plochách [7].

Je to za studena aplikovatelný bodový tmel s vysokou pevností. Vyznačuje se dobrou přilnavostí na zaolejované povrchy a je tak vhodný k běžnému užívání v automobilovém průmyslu. Vykazuje dobrou odolnost proti vymývání pro tenký spoj a je slučitelný s běžnými předúpravami povrchu a katoforetickými procesy užívanými v automobilovém průmyslu. Po vytvrzení při katoforetickém procesu je BETAGUARD RB 10-BV vysoce pevný a vysoce odolný proti korozi. Může být aplikován jako těsnící lepidlo na plochách svárů a v lemech [8].

Hlavním cílem je zlepšení těsnosti a tuhosti spojů karoserií. Nabízí alternativu k lepidlům a tmelům s nízkou pevností nebo cenově výhodnější alternativu k epoxidovým lepidlům [7].

Použití:

Byl zvláště vyvinut pro použití při spojování karoserií.

Aplikace:

Lepidlo lze nanášet při pokojové teplotě (bez vyhřívání aplikační hlavy) standardní pístovou pistolí. BETAGUARD RB 10-BV může být aplikován spirálově (vytlačované

lepidlo je nanášeno do tvaru pravidelné spirály). Pomocí tohoto lepidla mohou být prováděny spoje za studena [8].

Pracovní teplota

K dosažení co možná nejlepší počáteční přilnavosti a absorpce oleje je třeba aplikovat přípravek s teplotou 35^{o}C (při vytlačování). Maximálně 45^{o}C při spirálovém nanášení na výtoku z trysky, tryska a předcházející 2 m přívodu by měly být zahřívány na 40 - 60^{o}C.

Podmínky vytvrzení:

minimum: 30 min. při 155^{o}C nebo standardní podmínky při kataforéze.

maximum: 60 min. při 200^{o}C nebo standardní podmínky při kataforéze.

Lepidlo BETAGUARD RB 214 BV

- Syntetický kaučuk

Vlastnosti:

BETAGUARD RB 214 BV je vylepšenou verzí RB 10-BV, má dobrou přilnavost na olejnatý povrch, který se běžně vyskytuje v automobilovém průmyslu. Po vytvrzení má lepidlo vysokou mechanickou pevnost a dobrou odolnost proti korozi. Může být použito při teplotách pod 45°C. Chrání před korozí [9].

Použití:

V automobilovém průmyslu.

Aplikace:

Příprava povrchu není nutná (lepení na olejnatý povrch kovu, max. oleje 3,5 g /m²). Maximální teplota použití 45°C. Tento materiál by neměl být zahřátý na teplotu vyšší než 45°C. Teplota použití minimálně 35°C [10].

Lepidlo BETAGUARD KP 03

- Syntetický kaučuk, těsnící lepidlo

Vlastnosti:

BETAGUARD KP 03 může být použit na spoje s vysokou pevností.

Tímto lepidlem se odstraňuje přímý kontakt dílů kov na kov,zvýšení pevnosti částí karoserie. Může se použít i tam, kde je potřeba vysoká odolnost proti korozi. Dobrá přilnavost na zaolejované povrchy, které se běžně používají v automobilovém průmyslu. Velká pevnost a vysoká odolnost proti korozi [7].

Použití:

V automobilovém průmyslu. Zesílení mezery mezi výztuhou a vnějším panelem (například dveře, kapota motoru).

Aplikace:

Příprava povrchu není nutná (lepení na olejnatý povrch kovu, max. oleje 3,5 g /m²). Maximální teplota při použití má být 50°C. Lepidlo musí být ohřáté na min. hodnotu 30-40°C na trysce [8].

Lepidlo BETAMATE 1496 V

- Konstrukční epoxidové lepidlo

Vlastnosti:

Je vysokopevnostní lepidlo, snadno aplikovatelné za zvýšených teplot. Vynikající přilnavost na automobilových karoseriích. Odolné vůči korozi [7].

Použití:

V automobilovém průmyslu.

Lepidlo BETAMATE 1496F

- Konstrukční epoxidové lepidlo

Vlastnosti :

Vysokopevnostní lepidlo, zvyšuje pevnost karoserie. Zvláště odolné proti vlhkosti. Vynikající přilnavost na oceli, používané v automobilovém průmyslu. Vhodné pro těsnění a ochranu oceli proti korozi. Kompatibilní s ostatními mechanickými a tepelnými druhy spojování [9].

Použití:

Používané v automobilovém průmyslu. Nový typ lepidla.

Lepidlo BETAMATE 5103-3

- Strukturní epoxidové lepidlo

Vlastnosti :

Lepidlo přispívá ke zvýšení tuhosti lepené karoserie. Vzhledem ke své schopnosti těsnit chrání proti korozi. Kompatibilní s ostatními mechanickými a tepelnými technikami spojování. [7]

Použití:

Vysoká přilnavost lepidla na automobilových karoseriích.

Lepidlo TEROSTAT-2710 F

- Na bázi butylkaučuku

Vlastnosti:

Slouží jako těsnící. Jeho předností je odolnost proti vlhkosti.

Aplikace:

Používá se pro utěsnění lepených spojů, především tam kde je potřeba vyplnit mezery.

Lepidlo CORASEAL ZEB 643

- Na bázi kaučuku

Vlastnosti:

Má nízkou pevnost.

Aplikace:

Teplota použití do 50°C. Nebo nahradit vysokým tlakem čerpadla. Pro vysoké objemy dodávek a na dlouhé vzdálenosti potřebuje dostatečné vytápění [10].

1.4 Způsob aplikace lepidel na karoserie

Samotné nanášení lepidel se rozlišuje na dva typy:

1. Studená aplikace

Tato aplikace lepidla je výrobně méně náročná než vyhřívaná, protože není nutné použití vyhřívacích trysek. Kvalita nanášení není tak vysoká, jako u vyhřívaných trysek.

2. Vyhřívaná aplikace

Při nanášení lepidla na povrch materiálu je důležitým faktorem snadné přilnutí lepidla a jeho vytvrzení v co nejkratší době. Pomocí vyhřívání nanášecí trysky se urychlí vytvrzení lepidla a tím i celý proces technologie lepení. Při aplikaci lepidla je důležité, aby co nejlépe přilnulo k povrchu a nedocházelo přitom k nerovnoměrnému nanesení a následně ke snížení pevnosti spoje. Tyto nežádoucí jevy rovněž eliminuje vyhřívání trysky.

Dle způsobu provedení nanesení lepidel rozlišujeme:

1. Ruční aplikace

Použití ve 40 % výroby. Uplatňuje se u lepených ploch, které jsou technologicky náročné pro robotové nanášení, nebo tam, kde série výroby není tak velká, a proto postačí levnější a pomalejší ruční nanášení.

2. Robotově

Tento způsob nanášení se používá v 60 % výroby. Robotové nanášení lepidel je rychlejší a měně náročné na obsluhu. Při nanášení rozlišujeme způsob, kdy se pohybuje buď nanášecí zařízení a lepený díl je v jedné poloze, nebo způsob, kdy se pohybuje lepený díl a nanášecí zařízení je v klidové poloze (stacionární tryska).

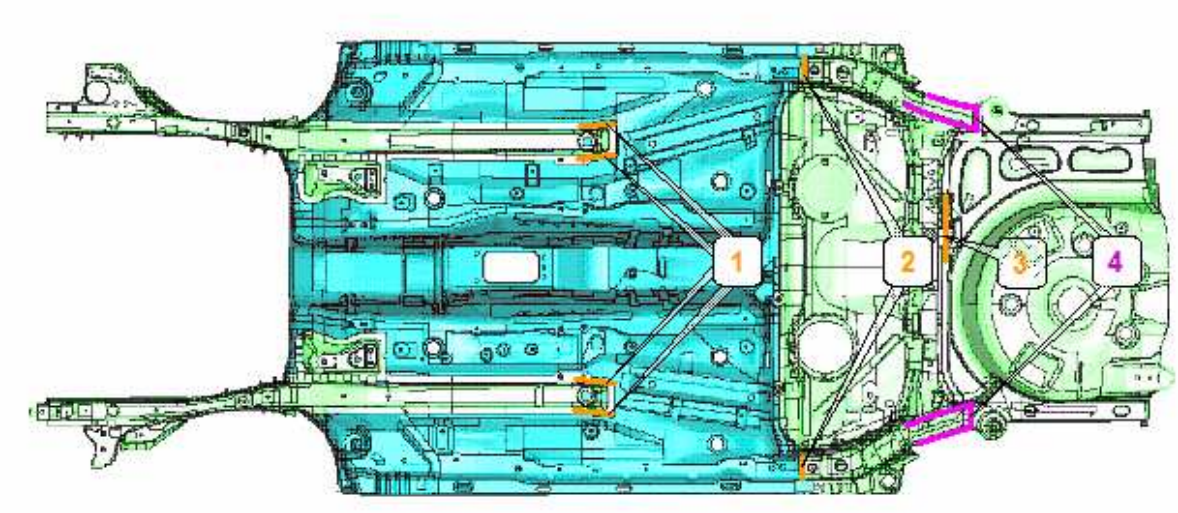
Výhodné je, když se pohybuje lepený díl a tryska stojí. Je totiž těžší naprogramovat trysku tak, aby se přesně pohybovala po předem určené dráze. To je důvod častějšího použití stacionární trysky.

1.4.1 Aplikace lepidel na karoserii automobilu Škoda Fabia II

V této kapitole je uveden příklad vybraného typu karoserie, na které se uplatňují výše uvedená lepidla. Jsou zde naznačeny na jednotlivých částech karoserie místa, na které se daná lepidla nanášejí. Konkrétní lepidla a místa, na které se nanášejí, se u jednotlivých typů karoserií odlišují. Zde je uveden model Škoda Fabia II.

Popis obrázků zahrnuje typ použitého lepidla, jeho pozici na vybraném dílu, číslo operace, zda je lepidlo nanášeno robotově či ručně a jako poslední je uvedeno množství nanášeného lepidla.

Není uvedena kompletní karoserie, chybí přední kapota a páté dveře (z důvodu neposkytnutí všech materiálů k dané stati ze Škoda Auto a.s.).



Obr. 1: Podlaha zadní, Škoda Fabia II [5]

Popis obrázku č. 1:

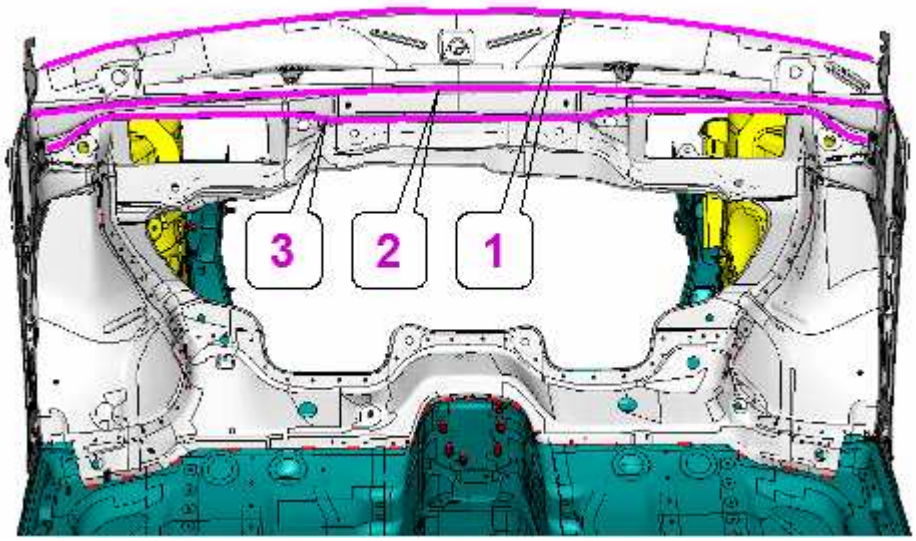
Lepidlo: AMV 167 N60; Betamate XB 5103-3:

Poz. 1,2: UB I GEO, op.10, robotově; 6,4g

Poz. 3: Podlaha zadní, op.5, ručně; 5g

AKD 465 F01; Betaguard KP53:

Poz. 4: Podlaha zadní, op.5, ručně; 29g



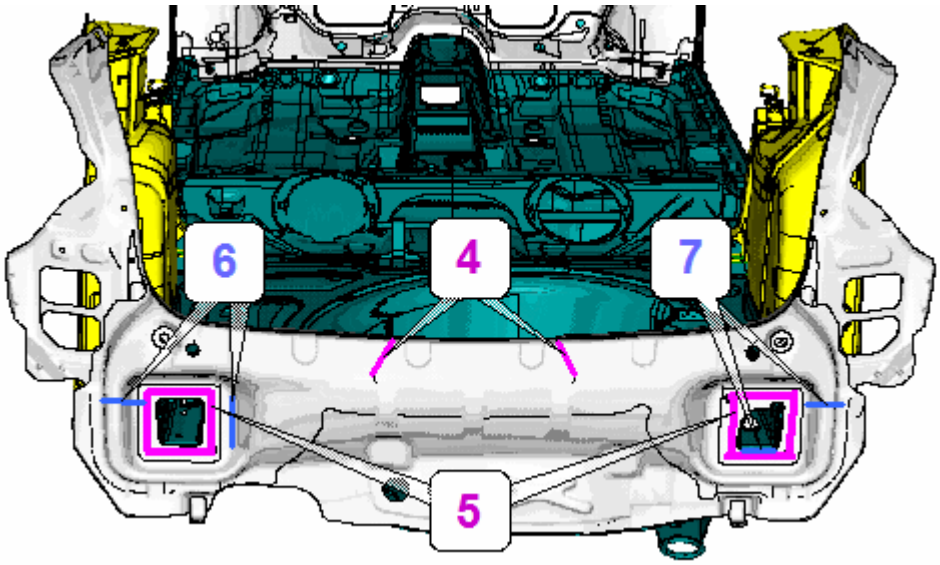
Obr. 2: Rám a příčník čelního skla, Škoda Fabia II [5]

Popis obrázku č. 2:

Lepidlo: AMV 153 W24; Terostat 3216:

Poz. 1: Příčník horní čel. skla, op.2315, ručně; 9,6g

Poz. 2,3: Rám čel. skla horní, op.2405, ručně; 20,5g



Obr. 3: Zadní čelo, Škoda Fabia II [5]

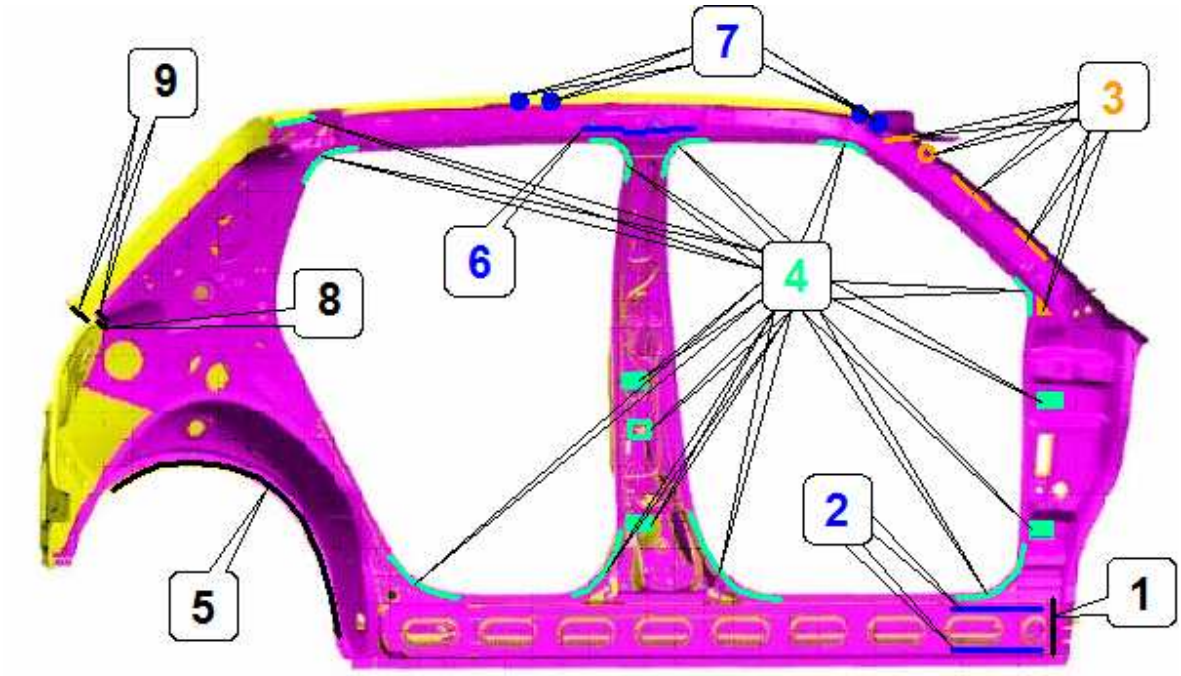
Popis obrázku č. 3:

Lepidlo**: AMV 153 200; Corabond V:**

Poz. 4,5: Zadní čelo, op.35, ručně; 14g

AMV 167 W60; Betamate 1496V:

Poz. 6,7: UB II GEO, op. 60, robotově; 3,26g



Obr. 4: Postranice L/P, Škoda Fabia II [5]

Popis obrázku č. 4:

Lepidlo: **AMV 153 200; Corabond V:**

Poz. 1: Plech uzavírací prahu L/P, op.160/360, ručně; 1g

Poz. 5: Lem zad. krytu kola L/P, op.133, robotově R9B; 17g

Poz. 9: Kanál těsnící L/P, op.160/360, ručně; 2g

Poz. 8: Díl upevňovací SBBR L/P, op.133, robotově R9B; 1g

AMV 167 W60; Betamate 1496V:

Poz. 2: Rám boční stěny úpl. L/P, op.101, ručně; 6g

Poz. 6: Rám boční stěny úpl. L/P, op.101, ručně; 3g

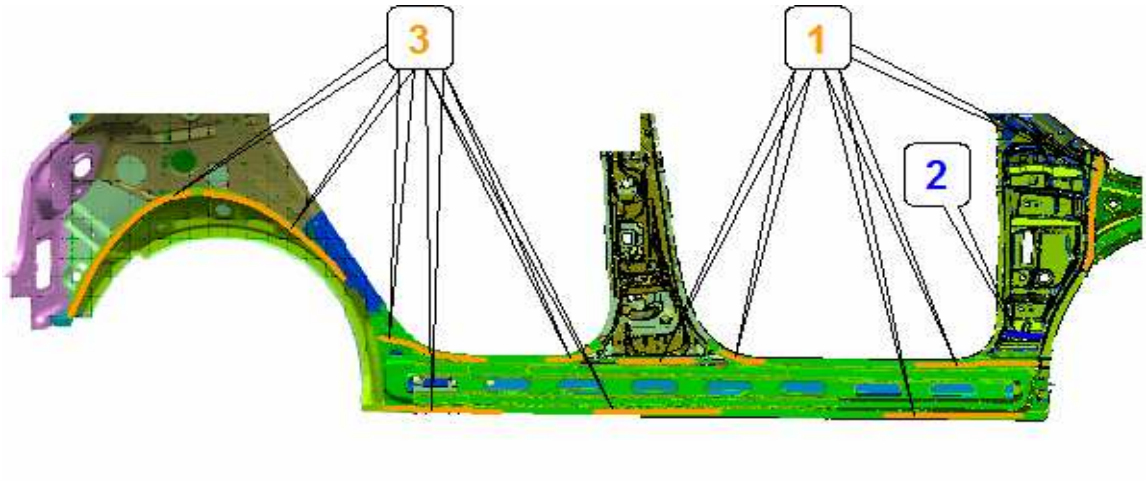
Poz. 7: Rám boční stěny úpl. L/P, op.101, ručně; 3g

AMV 153 W24; Terostat 3216:

Poz. 3: Postranice vnější úpl. L/P, op.133, robotově R9B; 77g

AMV 167 N60; Betamate XB 5103-3:

Poz. 4: Postranice vnější úpl. L/P, op.131, robotově R9A; 37g



Obr. 5: Postranice L/P, Škoda Fabia II [5]

Popis obrázku č. 5:

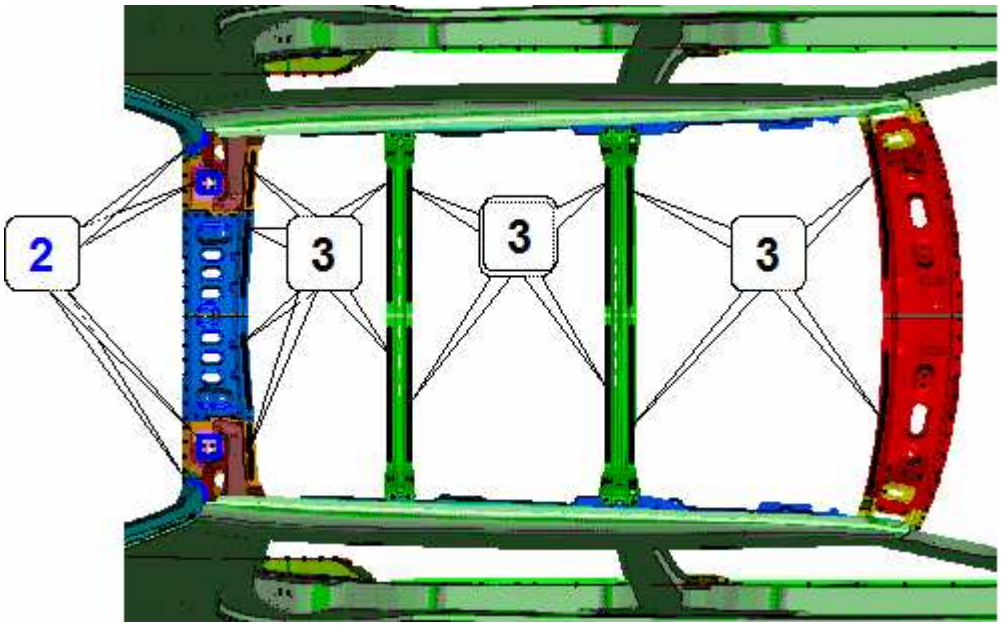
Lepidlo**: AMV 167 N60; Betamate XB 5103-3 (240g):**

Poz. 1: Postranice úpl. L/P, op.20, robotově R 2A/2B

Poz. 3: Postranice úpl. L/P, op.20, robotově R 2C/2D

AMV 167 W60; Betamate 1496V (60g):

Poz. 2: Část nosná UB II, op.20, robotově R 2A/2B



Obr. 6: Příčníky střechy, Škoda Fabia II [5]

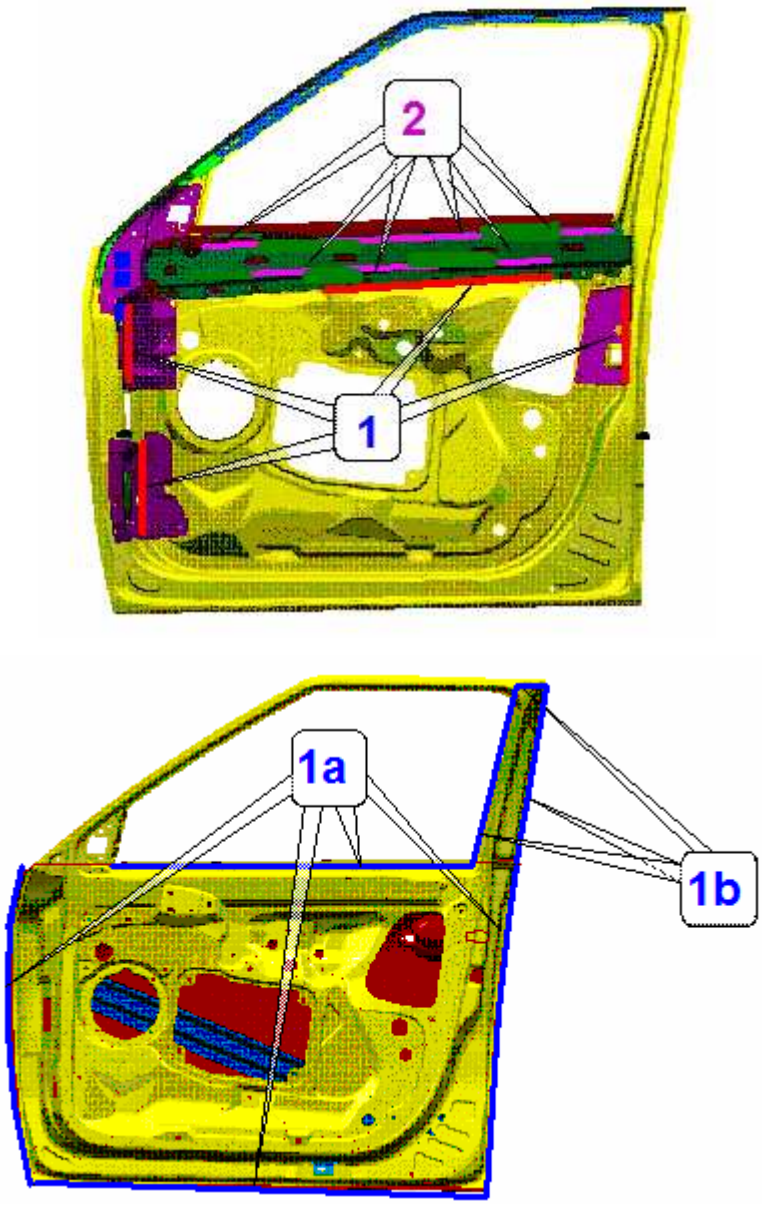
Popis obrázku č. 6:

Lepidlo: **AMV 167 W60; Betamate 1496V:**

Poz. 2: Kanál těsnící L/P, op.100, robotově R10B; 10g

AKL 450 F15; Coraseal ZEB 643:

Poz. 3: Příčníky střechy, op.100, robotově R10A; 155g



Obr. 7: Přední dveře (L/P), Škoda Fabia II [5]

Popis obrázku č. 7:

Lepidlo: **AMV 167 W60; Betamate 1496V:**

Poz. 1: výztuha: - pantů, horní : op. 20 (ručně); 1g/dveře

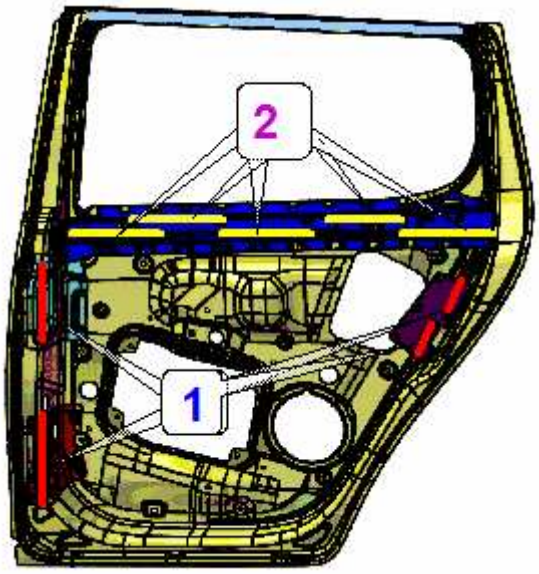
- pantů, dolní: op. 20 (ručně); 1,5g/dveře
- zámku: op. 20 (ručně); 1,5g/dveře
- protinárazová: op. 20 (ručně); 3g/dveře

Poz. 1a: vnitřní plech – op. 150 (robot); 18g/dveře

Poz. 1b: blenda: - op. 130 (robot); 5g/dveře

AMV 153 W24; Terostat 3216:

Poz. 2: protinárazová výztuha hor., op.120 (robot); 47g/dveře



Obr. 8: Zadní dveře (L), Škoda Fabia II [5]

Popis obrázku č. 8:

Lepidlo: **AMV 167 W60; Betamate 1496V:**

Poz. 1: výztuha - pantů horní : op. 20 (ručně); 1g/dveře

- pantů dolní: op. 20 (ručně); 1,5g/dveře
- zámku: op. 20 (ručně); 1,5g/dveře

AMV 153 W24; Terostat 3216:

Poz. 2: protinárazová výztuha hor., op.120 (robot); 30g/dveře

1.4.2 Hlavní zásady navrhování lepených spojů

Lepenou konstrukci je třeba rozdělit na části co nejméně složité a k lepení vhodné. Lepení se nehodí pro díly, které jsou při montáži vystaveny odlupujícím silám. Nevhodné jsou spoje s malým přeplátováním, umístěné mezi těžkými díly. K lepení se nehodí díly s velkým a složitým zakřivením. Spoje a výztuhy musí být uspořádány tak, aby se dal vyvodit tlak při vytvrzování a zajistilo se přiblížení lepených ploch na vzdálenost maximálně 0,4 mm. Lepení dílů se složitým zakřivením se dá zajistit, ale přípravky jsou v tomto případě složitější a většinou se prodlužuje výrobní čas lepení.

Musí se volit takové lepidlo, jehož tuhost je menší než tuhost lepených dílů. Lepené spoje je třeba namáhat ve směru jejich největší pevnosti. Nejběžnější jsou jednoduše přeplátované spoje, tento spoj bude nejúčinnější, budou-li mít adherendy (materiál lepeného povrchu) vyšší modul pružnosti než lepidlo a budou-li dostatečně silné, aby odolávaly ohybu [3]. Lepené díly se musí rozdělit podle míry namáhání (MPa).

Většinou není těžké dosáhnout vysoké bezpečnosti spojů u dílů z tenkých plechů, určených pro běžné teploty. Obtížnější je dosáhnout bezpečnosti u dílů lepených ze silného plechu, zvláště jsou-li vystaveny vyšším teplotám nad 60°C. Zásadně je třeba se snažit převést namáhání lepených spojů na namáhání ve smyku a vyhnout se většímu odlupujícímu zatížení [3].

1.4.3 Typy konstrukčních spojů pro automobilové karoserie

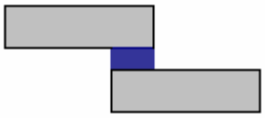
Při návrhu lepeného spoje je třeba rozlišovat dva hlavní aspekty:

1. Typ spoje
2. Způsob zatěžování spoje

Typ spoje ovlivňuje mechanické vlastnosti lepeného spoje, a proto má vliv na jeho kvalitu.

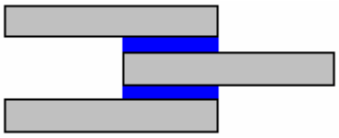
Pro automobilové karoserie se používá nejčastěji jednoduchý přeplátovaný spoj. Pro přesnější slícování jednotlivých dílů karoserie se požívá drážkový spoj, který usnadní spojení dvou dílů. Dvojitý přeplátovaný spoj je alternativou jednoduchého přeplátovaného spoje. Přeplátovaný spoj se zářezem a spoj symetrický slouží k návaznosti lepených dílů na sebe tak, aby nevzniklo převýšení.

Dle spoje lze charakterizovat následující typy:



Obr. 9: Obyčejný přeplátovaný spoj [1]

Obr. 10: Přeplátovaný spoj se zářezem [1]



Obr. 11: Dvojitý přeplátovaný spoj [1]

Obr. 12: Drážkový spoj [1]

Obr. 13: Přeplátovaný spoj symetrický [1]

Dle způsobu zatěžování lze charakterizovat následující typy:

Obr. 14: Tahové zatěžování [1]

Obr. 15: Tlakové zatěžování [1]

Obr. 16: Střihové zatěžování [1]

Obr. 17: Namáhání štěpením [1]

Obr. 18: Odlupovací namáhaní [1]

Namáhání na obr. 18 je obdobné případu na obr. 17 (tuhé substráty) - při použití poddajných substrátů. Případy na obr. 18 a na obr. 17 jsou kombinací základních typů namáhání na obr. 14 – obr. 16.

1.5 Rozložení napětí ve spojích

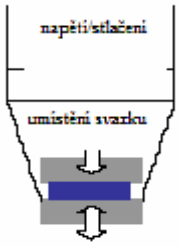
Příčiny nerovnoměrného rozdělení jsou dvě:

První má svůj původ ve vytvrzování lepidla. Rovnoměrné roztahování či smršťování dokonale homogenního tělesa, například změnou teploty, nemůže vyvolat vnitřní pnutí. Pokud dilatují dvě tělesa navzájem více či méně pevně spojená, vzniknou zbytková napětí. Při vytvrzování se lepidlo smršťuje. Určitá část smrštění proběhne ještě před ztuhnutím lepidla a neovlivní nepříznivě rozložení napětí. Podstatná část smrštění nastane po ztuhnutí lepidla a je příčinou zbytkových napětí v nezatíženém lepeném spoji.

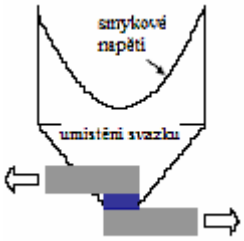
Druhý příspěvek k nehomogenitě napětí vzniká při zatížení spoje. V důsledku nerovnoměrné deformace neideálně tuhého plechu dochází k rozdílné deformaci lepidla, která je největší na koncích přeplátování.

Vlivem nesymetricky působících sil je lepený spoj navíc namáhán ohybovým momentem, který vyvolává na koncích přeplátování ve vrstvě lepidla napětí, která výslednou pevnost snižují a mají u delších přeplátování za následek ohýbání konců plechů.

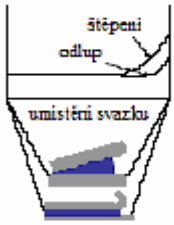
Při zatěžování tahem, tlakem je rozložení napětí při tuhých adherendech rovnoměrné (obr. 19). Při zatěžování smykem je rozložení napětí nerovnoměrné – okraje jsou zatěžovány výrazněji než střed (obr. 20). Při zatěžování odlupem nebo štěpením je extrémně zatěžován jen okraj spoje, zbytek bývá nevyužit (obr. 21) [1].



Obr. 19: Tah–tlak [1]



Obr. 20: Střih [1]



Obr. 21: Odlup, štěpení [1]

1.6 Vlivy působící na pevnost lepeného spoje

Pevnost spoje je v podstatě soubor pevností nebo složek pevnosti, jako jsou pevnosti stanovené krátkodobými zkouškami, dále pevnosti spoje při dlouhodobém statickém a dynamickém zatěžování, pevnosti při zvýšených či snížených teplotách.

U většiny konstrukčních materiálů je nejznámější charakteristikou mez pevnosti v tahu. U lepených spojů tomu tak není. Pevnost lepidla je ve srovnání s pevností kovů malá. Aby bylo využito pevnosti kovového adherendu, musí být lepená plocha velká a převážná část zatížení musí působit v rovině lepené plochy tak, aby byl spoj zatěžován nejvíce smykovým napětím.

Z mnoha možných uspořádání smykově zatěžovaných lepených spojů se nejvíce používá jednoduché přeplátování [3].

Rozdělení napětí v lepeném spoji je podstatně ovlivněno geometrií spoje a zejména deformačními vlastnostmi adherendu a lepidla. Respektování vlivu těchto faktorů na pevnost je zároveň prvním předpokladem úspěšného návrhu lepeného spoje.

1.7 Přednosti a nedostatky lepených spojů z hlediska pevnosti a použitelnosti technologie

Jako každá technologie spojování má i lepení své přednosti a nedostatky.

Přednosti lepení:

1. Zvýšení bezpečnosti při poruše.
2. Snížení výrobních nákladů.
3. Těsnost spoje, zvýšená odolnost proti korozi.
4. Hladké vnější povrchy.
5. Možnost spojovat různé materiály.
6. Možnost spojovat tenké materiály.
7. Útlum vibrací.
8. Možnost spojení velkých ploch.
9. Snížení hmotnosti.

Nedostatky lepení:

1. Malá odolnost proti zvýšení teploty a odlupování.
2. Nutnost úpravy ploch před lepením.

3. Dlouhé vytvrzovací doby.

Tyto přednosti a nedostatky určují konstrukci vhodnou pro lepení a často omezují použití lepidel jen pro určité případy.

Nejdůležitější výhodou lepených spojů je ve srovnání se spoji klasickými zvýšení celkové pevnosti vhodně konstruovaného spoje. Pevnostní výhody lepených spojů proti svařování nejsou vždy tak jednoznačné. Kromě konstrukčního uspořádání a druhu zatížení má podstatný význam spojovaný materiál. Obvykle se lepené spoje uplatní lépe u lehkých slitin a u neželezných kovů než u oceli [3].

K vlastnímu zlepšení pevnosti lepených spojů ještě přispívá vysoká bezpečnost lepené konstrukce při poruše. Zvýšení bezpečnosti při poruše spočívá v tom, že vrstva lepidla odděluje účinek vrubu. Příznivou vlastností lepených spojů je také to, že se trhlina u většiny konstrukčních lepidel zpočátku šíří velmi pomalu a zpravidla ji lze zjistit dříve, než se trhlina stane nebezpečnou.

Lepením lze spojovat téměř všechny materiály. To platí především pro materiály, které se spolu nedají svařit, nebo které po svaření mají nevyhovující pevnost. Na konec to platí pro materiály, které se nedají vůbec, nebo jen těžko, mechanicky obrobit.

Pouze lepení je schopno zajistit rovnoměrné rozdělení síly po celé ploše spoje a umožnit použití materiálů, které by se při jiném způsobu spojování vůbec nedaly použít.

Na životnost karoserií automobilů má velký vliv použití spojovacích lepidel. Vyrábějí se lepidla, která mají pastovitou konzistenci, dovolující vzájemný styk lepených ploch prakticky bez použití vytvrzovacích přípravků. Tato lepidla přitom zajišťují velmi dobré pevnosti spojů i pro tloušťky vrstvy lepidla 3 mm a více. To znamená, že díly nemusí být přesně slícovány. Zavedení lepených spojů při výrobě automobilů přináší kromě lepší korozní odolnosti i menší výrobní tolerance a širší tolerance drsnosti spojovaných ploch [3].

Lepený spoj zvyšuje vzhledem ke svému plošnému charakteru tuhost konstrukce a podstatně omezuje vibrace. Stupeň tlumení vibrací je dán druhem použitého lepidla.

Rovnoměrnost rozdělení napětí umožňuje použít u lepené konstrukce tenčích materiálů, což přináší úspory na hmotnosti výrobku [3].

Lepení přináší zmenšení počtu a zjednodušení dílčích montážních celků a umožňuje spojovat kovy s nekovy.

Kromě výhod má lepení i své nevýhody. Je třeba při konstrukci zajistit takové podmínky, aby nevýhody lepení měly podřadný význam. Není-li to možné, je lépe použít některou tradiční metodu spojování.

Nevýhodou lepených spojů je poměrně malá pevnost za zvýšených teplot. Lepidla vytvrzovaná za laboratorní teploty do 140°C jsou odolná v nejlepším případě do teplot 80-100°C. Lepidla vytvrzovaná za teplot nad 140°C jsou obvykle tepelně odolná bez velkých pevnostních změn do teplot 80°C.

Další z nevýhod je úprava ploch před lepením, která je většinou nutná a pro pevnost spoje rozhodující. Její složitost záleží na druhu adherendu a na požadované pevnosti. Délka vytvrzovací doby zpravidla vzrůstá s nároky na pevnost, které se na spoj kladou. Ve většině případů je vytvrzovací doba určena teplotou, na kterou můžeme díl zahřát. Obecně lze tvrdit, že čím vyšší je vytvrzovací teplota, tím kratší je doba potřebná pro vytvrzení.

Přechod na lepené spoje většinou vyžaduje jinou konstrukci, protože lepidlo se samo o sobě nevyrovná pevnosti adherendu a navíc je třeba vyloučit odlupující síly. Konstrukční uspořádání lepených spojů vyžaduje podrobnější znalost vlastností lepidla a způsobu spojování [3].

Lepení vyžaduje přísné dodržování výrobní technologie, jako je například směšovací poměr, tlak, teplota a doba vytvrzování. Není-li technologický postup dodržen, může mít odchylka horší následky než u jiných metod spojování. U každého konstrukčního lepidla je třeba ověřit jeho náchylnost ke stárnutí vlivem okolí, vody a různých kapalin.

1.8 Doporučení pro návrh lepených spojů

Při navrhování spojů je nutné porozumět principu rozložení napětí ve spoji při jeho provozním zatížení. Následující body shrnují základní doporučení pro konstrukční návrh lepených spojů:

1) Maximalizovat střih / minimalizovat odlup, štěpení

Odlup a štěpení vykazují výrazně větší napěťové špičky a větší nerovnoměrnost rozložení napětí ve spoji než při smykovém zatěžování [1].

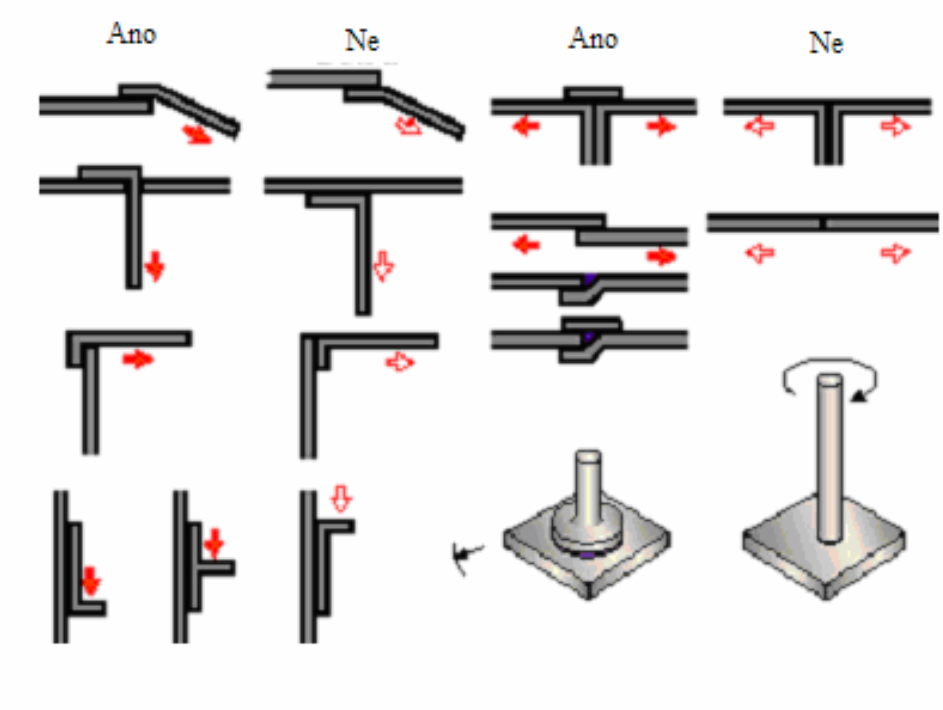
2) Maximalizovat tlak / minimalizovat tah

U většiny lepidel je tlaková pevnost větší než pevnost tahová.

3) Pro zvýšení pevnosti spoje zvětšovat raději šířku spoje než délku spoje

Při zvětšování délky přeplátování dochází k větší nerovnoměrnosti v rozložení napětí ve spoji. Změna pevnosti je lineárně závislá na změně šířky přeplátování nikoliv však na délce přeplátování [1].

Na obr. 22 jsou zobrazeny konstrukční lepené spoje, které se doporučují k použití ve strojírenském průmyslu. Při spojování karoserií se doporučené spoje zásadně dodržují.



Obr. 22: Doporučení pro konstrukční použití lepených spojů [1]

2 Příprava dílů k lepení

2.1 Slícování lepených dílů

Než se začne upravovat povrch adherendu pro lepení, je třeba lepené díly zkušebně sestavit v lepícím přípravku a přizpůsobit je navzájem i s dosedacími plochami přípravku. Není-li je možno přizpůsobit v předepsaných tolerancích, musí se vyměnit. U lepených dílů se nedá počítat s dodatečnou tvarovou úpravou po slepení. Pokud nejsou lepené díly před lepením dobře slícovány, vznikne během vytvrzování ve spoji místní koncentrace napětí, která potom oslabuje pevnost spoje [3].

2.2 Povrchové úpravy před lepením

Povrchová úprava adherendu před lepením je jednou z rozhodujících operací při lepení. Je-li povrch adherendu znečištěn například mastnotou, nebo je-li na povrchu vrstva, která není pevně spojena s jádrem adherendu, musí se povrch obrousit nebo opískovat. Jinak nelze dosáhnout kvalitního spoje ani nejlepšími lepidly.

Povrchová úprava před lepením musí dovolit využití všech předností nových lepidel. Cílem této úpravy je, aby adhezní pevnost byla vyšší než pevnost kohezní. Jedním z úkolů povrchové úpravy před lepením je odstranit absorbovaný film a nahradit ho povrchovou vrstvou, která je pro lepení vhodná a která není rychle znečišťována atmosférou.

2.3 Čištění a odmašťování

Povrchová úprava adherendu před lepením se obvykle skládá z předběžného čištění a odmašťování a z vlastní úpravy povrchu adherendu. Stav povrchu určeného pro lepení může být dost odlišný. Někdy jsou lepeny plochy bez jakékoliv úpravy, jindy postačí jednoduché odmaštění a někdy se plochy jen brousí [3].

Pro úpravu dílů k lepení je ovšem lepší klasické čištění a odmašťování. Samozřejmě, že při odmašťování nejde jen o odmaštění lepených ploch, ale o odmaštění celého lepeného dílu. Během dalších operací, především při vytvrzování za zvýšené teploty, by se mohla mastnota dostat do lepeného spoje a snížit jeho pevnost.

2.4 Význam drsnosti povrchu pro pevnost lepeného spoje

Povrchová úprava před lepením úzce souvisí s drsností povrchu. Důvodem, proč musí být při spojování technických materiálů používána lepidla, je skutečnost, že plochy určené

k lepení nikdy nedosahují dokonalé hladkosti. Lepidlo musí nerovnosti vyplnit a přiblížit se na molekulární vzdálenost k povrchu adherendu.

Výhoda rovnosti proti zdrsnění se může projevit jen tehdy, dojde-li k přiblížení lepených povrchů na vzdálenost odpovídající rozměrům molekul nebo v případě, že méně drsný povrch je z hlediska lepení tvarově vhodnější [3].

3 Zkoušky lepidel a lepených spojů

3.1 Souhrnný postup

3.1.1 Vstupní kontrola lepidel

Do vstupní kontroly se počítají všechny zkoušky, zaměřené na potvrzení již známé kvality lepidel, a to při vstupu lepidel do závodu a při zahájení výroby.
Zpravidla se do těchto zkoušek zahrnuje:

1) vzhledová kontrola lepidel,
2) fyzikálně chemické zkoušky lepidel (například stanovení viskozity),
3) mechanické zkoušky lepených spojů,

Rozsah zkoušek při vstupu lepidel do závodu určují technické přejímací podmínky každého lepidla. Rozsah zkoušek před zahájením lepení určuje technologický postup.

3.1.2 Kontrola procesu lepení

Výše popsané zkoušky zahrnují pouze část kontroly procesu lepení, která se provádí na lepených vzorcích nebo na lepených dílech.

Destruktivní zkoušky vzorků se dělí na zkoušky z technologických přídavků a na zkoušky vzorků lepených ve zvláštním přípravku. Vzorky z technologických přídavků nelze připravit u všech lepených dílů, jsou však výhodnější než vzorky lepené ve zvláštních přípravcích. Získají se odříznutím technologického přídavku, s nímž se pro tyto zkoušky počítá. Pevnostní zkouška je přizpůsobena provoznímu namáhání. Znamená to, že vzorky prodělávají spolu s lepeným dílem celý proces lepení, včetně vytvrzování.

Vzorky lepené ve zvláštních přípravcích jsou lepeny souběžně s vyráběnými díly. Mohou však nastat od pevnosti vyráběných dílů určité odchylky. Obvykle se zkouší pevnost ve smyku při laboratorní teplotě, někdy i při teplotě 80°C a pevnost v odlupování [3].

3.1.3 Zkoušky pro technické listy lepidel

Jsou to zkoušky prováděné na normalizovaných vzorcích spojů nebo to jsou zkoušky vlastností lepidel podle normalizovaných metod ČSN. Tyto zkoušky slouží ke stanovení parametrů a vlastností pro technické listy lepidel, které se dodávají ke všem lepidlům při vstupu do výrobního závodu.

Technické listy slouží jako informativní materiály k dodaným lepidlům. Podle technických listů se stanovuje technologický postup lepení.

3.1.4 Zkoušky na konkretizovaných vzorcích

Konkretizované vzorky napodobují hlavní pevnostní uzly lepeného dílu. Mají ověřit, zda má lepidlo vlastnosti, které se od něj očekávají na základě hodnot podle technických listů, vhodné pro provoz výrobku.

3.1.5 Obecné zkoušky konstrukčního uspořádání spojů

Cílem těchto zkoušek je zajistit závislost pevností různých typů lepených spojů a konstrukčních prvků na konstrukčních faktorech, které tyto pevnosti ovlivňují. Jsou to zkoušky převážně zaměřené k sestavení obecných směrnic pro navrhování lepených konstrukcí. Patří sem například vliv délky přeplátování a tloušťky vzorku na pevnost ve smyku lepeného spoje [3].

3.1.6 Rozdělení zkoušek lepených spojů

Při vstupní kontrole se prověří známá kvalita lepidla, v kontrole procesu lepení se zkontroluje dodržení technologického postupu. Při zkouškách na konkretizovaných vzorcích či na hotových dílech se ověří, zda výběr lepidla podle parametrů z materiálových listů splňuje předpoklady vlastností lepidla na skutečném dílu za podmínek buď provozních, nebo provozním poměrům blízkých. Dále se při zkouškách ověří správnost konstrukčního uspořádání vycházejícího z technických listů a z obecných zkoušek konstrukčního uspořádání [3].

Zkoušky pro materiálové listy lepidel a obecné zkoušky konstrukčního uspořádání spojů mají význam převážně pro výběr lepidla a pro návrh konstrukčního řešení lepeného dílu.

Pro zkoušky lepidel je nutné znát jednotlivé typy spojů. Základními typy spojů pro zkoušky lepidel je přeplátovaný spoj, čep / prsten a odlup (90°, 180°).

3.2 Typový technologický postup kontroly lepidel

Kontrolu a vyhodnocení nanášení lepidel provádí poučený pracovník – seřizovač.

3.2.1 Kontrola lemů vyplněného lepidlem PVC

Kontrola vyplnění se provádí vždy na díle určeném pro destrukční kontrolu pevnosti spojů. Četnost je dána týdenní tabulkou „četnosti sekáčových zkoušek s následnou likvidací svařence“ [4].

Dále je tato kontrola provedena vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit vyplnění lemů lepidlem. Tuto kontrolu je možné provést odstřižením lemů pomocí el. nůžek nebo odbroušením s následným otevřením lemu.

Střihová zkouška je prováděna takto:

Pracovník vezme díl, položí jej na stůl pro střihovou (sekáčovou) zkoušku a pomocí el. nůžek odstřihne lem po celém obvodu dílu. Zkontroluje vytlačení lepidla na obou plochách lemovací stojiny povrchového a vnitřního plechu dle obrazové návodky. Dále seřizovač vyhodnotí množství lepidla v jednotlivých sekcích dle obrázku v tabulce VZB-0059/99 (viz příloha A) a výsledek zaznamená, dle legendy, do již zmíněné tabulky VZB-0059/99 [4].

Zkouška otevření lemů odbroušením je prováděna takto:

Pracovník vezme díl, položí jej na stůl a za pomoci koordinátora provede odbroušení lemu rotační bruskou s brousícím kotoučem o průměru 180 mm. Jemným broušením ztenčení hlavy lemu po obvodu dílu, tak aby nedošlo k probroušení lemu. Při této činnosti broušení hrany používá bezpečnostní štít. Dále vezme ostrý sekáč (případně šroubovák), kterým odehne stojinu povrchového plechu. Vnitřní lem rámečku odstřihne pomocí el. nůžek. Zkontroluje lepidlo na obou plochách lemovací stojiny povrchového a vnitřního plechu dle obrazové pracovní návodky. Dále seřizovač vyhodnotí množství lepidla v jednotlivých sekcích dle obrázku v tabulce VZB-0059/99 (viz příloha A) a výsledek zaznamená dle legendy, do již zmíněné tabulky VZB-0059/99 [4].

V případě zjištění nedostatku lepidla v lemu, hodnocení podle OPN, ihned informuje koordinátora, případně mistra, který zajistí opravu či seřízení nanášecího zařízení, nebo nanášecích parametrů. Takto znehodnocený díl označí oranžovou závěskou „díl pozastaven“ a zanechá na pracovišti do další kontroly.

3.2.2 Pohledová kontrola vyplnění lemů lepidlem PVC

Pohledovou kontrolu vyplnění lemů provádí seřizovač cca. každé 2 hodiny. Pokud seřizovač v dané době provádí střihovou kontrolu (která je nadřazená pohledové kontrole) zaznamenává výsledky střihové kontroly.

Způsob provádění pohledové kontroly:

Pracovník provede kontrolu na stole pro čištění přetoků. Lepidlo musí být přeteklé po celém obvodu kontrolovaného dílu. Vyhodnocení provádí po jednotlivých sekcích a výsledek kontroly zaznamená do tabulky VZB-0059/99 (viz příloha A) dle legendy [4].

V případě zjištění nedostatku lepidla v lemu, hodnoceného podle OPN, ihned informuje koordinátora, případně mistra, který zajistí opravu či seřízení nanášecího zařízení, nebo nanášecích parametrů.

Tato kontrola je provedena vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit vyplnění lemů lepidlem. V případě, že se v tuto chvíli na lince nevyrábí (z důvodu prostoje apod.) nutno provést záznam do tabulky jako N - nevyrábí se.

3.2.3 Pohledová kontrola nanesení lepidla do lemů

Pohledovou kontrolu nanesení lepidla na povrchový plech provádí seřizovač cca každé 2 hodiny. Kontroluje celistvost, neporušenost, plynulost a přilnutí naneseného materiálu na plech. Výsledek kontroly zaznamená do tabulky VZB – 0059/99 (viz příloha A) [4].

V případě zjištění nedostatku nanesení lepidla do lemu, hodnoceného dle OPN, ihned informuje koordinátora, který zajistí opravu či seřízení nanášecího zařízení, nebo nanášecích parametrů. Tato kontrola je provedena vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit vyplnění lemů lepidlem [4]. V případě, že se v tuto dobu na lince nevyrábí (z důvodu prostoje apod.) nutno provést záznam do tabulky jako N – nevyrábí se.

3.2.4 Pohledová kontrola aplikace lepidla a slepení styčných ploch mezi výztuhami a plechem

Kontrolu lepidla mezi výztuhou a povrchovým plechem provádí seřizovač cca každé 2 hodiny. Kontrolu slepení styčné plochy povrchu a výztuhy provádí seřizovač pouze při

kontrole otevření lemů na daném díle. Kontrolu provede pohledem až po oddělení povrchového a vnitřního plechu a vyhodnotí dle OPN.

Dále provádí pohledovou kontrolu celistvosti, neporušenosti, plynulosti a přilnutí naneseného materiálu na plech při aplikaci. Výsledek kontroly zaznamená do tabulky VZB – 0059/99 (viz příloha A) [4].

V případě zjištění nedostatku nanesení lepidla, hodnoceného podle OPN, ihned informuje koordinátora, který zajistí opravu či seřízení nanášecího zařízení, nebo nanášecích parametrů.

Tato kontrola je provedena vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit slepení povrchového plechu s výztuhou. V případě, že se v tuto dobu na lince nevyrábí (z důvodu prostoje apod.) nutno provést záznam do tabulky jako N – nevyrábí se.

3.2.5 Kontrola otevřením lemů vyplněných kaučukovým lepidlem

Kontrola otevření lemů a vyplnění se provádí vždy na díle určeném pro destrukční kontrolu pevnosti spojů. Četnost je určena týdenní tabulkou „četnosti sekáčových zkoušek s následnou likvidací svařence“ [4].

Dále je tato kontrola provedena vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit vyplnění lemů lepidlem.

V případě zjištění nedostatku lepidla, hodnoceného podle OPN, ihned informuje koordinátora, který zajistí opravu či seřízení nanášecího zařízení, nebo nanášecích parametrů. Takto znehodnocený díl označí oranžovou závěskou “ díl pozastaven“ a zanechá na pracovišti do další kontroly.

3.2.6 Pohledová kontrola aplikace lepidla a slepení styčných ploch u ostatních dílů

Kontrolu aplikace lepidla nebo slepení styčné plochy mezi dvěma díly provádí seřizovač cca každé 2 hodiny. Kontrolu slepení styčné plochy provádí seřizovač na díle, u kterého byla provedena destrukční kontrola pevnosti svarových bodů. Kontrolu a vyhodnocení slepení dle OPN provede až po oddělení plechů od sebe. Tuto kontrolu slepení styčné plochy provádí pouze tehdy, pokud je možné díly od sebe oddělit.

Dále provádí pohledovou kontrolu celistvosti, neporušenosti, plynulosti a přilnutí naneseného materiálu na plech při aplikaci. Výsledek kontroly zaznamená do tabulky VZB – 0059/99 (viz příloha A) [4].

V případě zjištění nedostatku nanesení lepidla, hodnoceného podle OPN, ihned informuje koordinátora, který zajistí opravu či seřízení nanášecího zařízení, nebo nanášecích parametrů.

Tato kontrola je provedena vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit slepení dílů.

3.2.7 Všeobecné zásady kontrol lepení

V případě, že výsledek kontroly lepidla bude nevyhovující, provede seřizovač záznam do tabulky „Závady kontrol nanášení lepidla“ VZB – 0060/99 (viz příloha B), včetně popisu provedeného zásahu do zařízení.

Pokud po provedeném opatření v nevyhovující partii dílu bude následná kontrola lemu, nebo pohledová kontrola nanášení, opět nevyhovující, opakuje pracovník postup včetně záznamů do tabulky VZB – 0060/99 (viz příloha B) až do vyhovujícího výsledku této partie [4].

V případě, že budou nedostatky odstraněny při pohledové kontrole, provede pracovník nadřazenou kontrolu odstřižení, otevření lemu nebo kontrolu slepení styčné plochy výztuhy s povrchovým plechem.

Před započetím vyhodnocování do tabulky VZB – 0059/99 (viz příloha A) vyplní pracovník v tabulce datum, čas, směnu, druh kontroly (P - pohledová, S - střihová nebo otevření lemů). Pokud bude v dané směně druh kontroly „S“ vyhodnocen značkou “N“ (nevyrábělo se), tato kontrola musí být provedena ihned po rozjetí i mimo daný plánovaný termín. K těmto druhům kontrol je automaticky prováděna kontrola slepení styčných ploch výztuh s povrchovým plechem [4].

Seřizovač zanechá vždy poslední kontrolovaný díl (kontroly otevření lemu) na stanoveném místě.

Pohledové kontroly na dílech limusina/combi provádí na každém typu minimálně 1× za směnu s přihlédnutím na poměr výroby jednotlivých typů. Kontrolu otevření lemů je nutné provést v daný termín na obou typech limusina i combi.

3.2.8 Předželatinace lepidla v lemech panelových dílů

Želatinace je pouze podpůrná (technologická) operace, kde dochází k předvytvrzení lepidla v lemech panelových dílů, jejím účelem je zajištění částečné tuhosti pro možnost nalícování karoserií. Úplné dokončení vytvrzení proběhne až v procesu lakovny [4].

V případě problémů s lícováním panelových dílů pracovník provede kontrolu vytvrzení lepidla v lemech po obvodu dílu. Tuto kontrolu provádí pohledově. Správné předvytvrzení – lepidlo je tmavší, nemaže se na dotek, může lepit. Nedostatečné předvytvrzení – lepidlo na dotek lepí, špiní, lze jej rozetřít.
Přepálené lepidlo – lepidlo nesmí změnit svou barvu, musí zůstat tmavé. Zesvětlání lepidla, případně pórovitá struktura lepidla signalizuje přepálení lepidla. V případě potřeby (přepálené, nevytvrzené lepidlo) pracovník informuje údržbu, která zajistí opravu [4].

4 Praktické provedení zkoušek lepených spojů

V rámci hodnocení kvality lepených spojů při stavbě karoserií jsem měl možnost zúčastnit se ve ŠKODA AUTO a.s v Mladé Boleslavi tzv. zubové zkoušky lemu zadních dveří u automobilu Škoda Fabia II. Tato zkouška se provádí s četností dvou karoserií stejného typu vozu za měsíc. Do destrukční zkušebny se přistaví už kompletně sestavená karoserie po KTL (první fáze ošetření karoserie proti korozi) z důvodu úplného vytvrzení lepidla. Rozebrání celé karoserie trvá jeden týden. Tato destruktivní zkouška se provádí u všech typů vozidel značky Škoda.

4.1 Zubová zkouška lemů zadních dveří

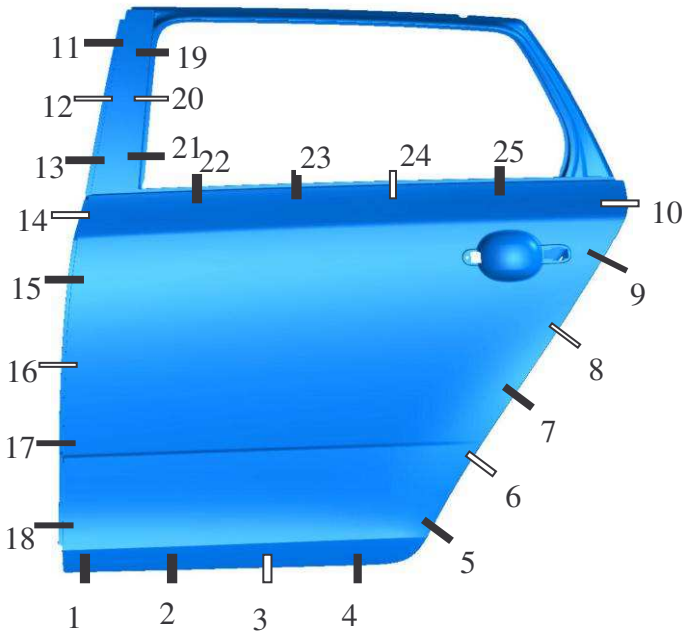
Zubová zkouška je zkouškou lemů všech částí karoserie. Zjišťuje se při ní geometrie lemu (obr. 25). V destruktivní laboratoři se provedou rovnoměrně rozmístěné výřezy na jednotlivých místech zkoušeného dílu (obr. 24). Ve zkušební laboratoři se vzorek zabrousí, naleptá a následně se vyhodnocuje hotový výbrus pod mikroskopem. Hodnotí se množství naneseného lepidla pomocí rozměrů jednotlivých částí lemu (obr. 25). Výsledné hodnoty se porovnávají s předem stanovenou výkresovou dokumentací. Konečný výsledek se uvádí v %, které se určí z naměřených rozměrů příslušného vzorku. Výsledky se zapisují do záznamových listů a slouží jako protokol o výsledcích zkoušky.

Pro vyhodnocení vzorků se používá příslušný mikroskop (obr. 23) a pomocí softwaru počítače se měří konkrétní vzorek a výsledky se zpracovávají dle výkresové dokumentace.

Obr. 23: Mikroskop

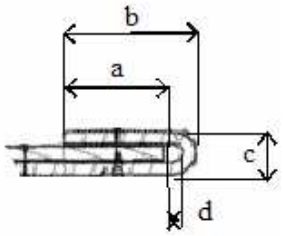
4.1.1 Grafická dokumentace k zubové zkoušce

Na obr. 24 jsou vyznačena místa odběru všech vzorků, které byly odebrány a následně zpracovávány v laboratoři. Pro zkoušku lemů postačí vybrat rovnoměrně rozmístěné vzorky po obvodu dveří a z nich po provedeném měření v laboratoři určit kvalitu lepených lemů celých dveří.



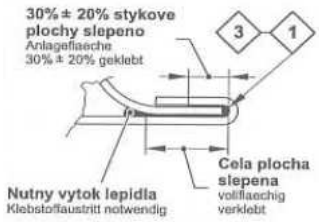
Obr. 24: Boční dveře zadní levé [6]

Na obr. 25 je znázorněn lem dveří, který je kotován dle výkresové dokumentace. Slouží pro orientaci při měření zkoumaného vzorku.



Obr. 25: Geometrie lemu [6]

Obr. 26 znázorňuje příklad slepeného lemu u dveří a jeho správné vyplnění lepidlem na obou stykových plochách.



Obr. 26: Vzor slepeného lemu [6]

Podmínky zkoušky: Lemy - plnění 130 ± 20%

odebraný vzorek

100+30% - je přetok

100-30% - chybí přetok

Podmínky zkoušky vycházejí z listu OPN (viz příloha C).

4.1.2 Výsledky měření zubové zkoušky lemu

Výsledky zubové zkoušky se zaznamenávají jako rozměr nanášeného lepidla v [mm] a podle výkresové dokumentace se rozměry převedou na procentuální hodnoty. Limity plnění lemů jsou dány výkresovou dokumentací. Pří této zkoušce bylo plnění stanoveno na 130 ± 20 %.

V Tab. 2 jsou výsledky vzorků 1 až 10. Všechny tyto vzorky vykazují podle podmínek plnění správné nanášení lepidla. Množství lepidla bylo u vzorků 2, 3, a 4 dokonce vyšší než je limit plnění.

Rozměr	**a =** min. 4,3 **d=** max. 1,9 **b =** 7-1 **c =** 2,4+0,2									
(mm)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
a	6,7	6,8		7,2	6,1		5,3		4,8	
b	8,1	7,9		7,8	7,2		7,1		7,1	
c	2,6	2,6		2,5	2,7		2,6		2,5	
d	0,7	0,4		0,1	0,5		1,2		1,7	
%	110	150	150	150	130	130	130	130	130	130

Tab. 2: Výsledky zubové zkoušky 1

V Tab. 3 jsou výsledky zkoušky vzorků 11 až 21. Vzorky 11, 12 a 13 limity plnění nesplňují o 10 %. Vzorky 14, 15, 16, 17 a 18 limity plnění splňují. Vzorky 19, 20 a 21 limity nesplňují o 10%. Z výsledků vyplívá, že na zkoušených dveřích bylo nesprávně naneseno lepidlo pouze na zesílené části dveří v oblasti B-sloupku z obou stran.

Rozměr	**a =** min. 5,2 **d** = max.2 **b =** 8-1 **c =** 2,6+0,2			**a** = min. 4,3 **d** = max. 1,9 **b** = 7-1 **c** = 2,4+0,2					**a =** min. 3,3 **d**= max. 1,9 **b = 6**-1 **c =** 2,7+0,2		
(mm)	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**
a	6,3		6,2		7,1		6,0	6,1	5,6		4,4
b	8,2		7,7		8,2		8,0	7,9	7,4		7,3
c	2,6		2,7		2,4		2,3	2,3	2,7		2,7
d	1,2		0,8		0,5		1,4	1,2	1,0		2,1
%	100	100	100	120	120	120	120	110	100	100	100

Tab. 3: Výsledky zubové zkoušky 2

V Tab. 4 jsou výsledky vzorků 22, 23, 24 a 25 v poslední části dveří. Všechny vzorky vykazovaly správné plnění lemu.

Rozměr	**a** = min. 4,3 **d**= max. 1,9 **b** = 7-1 **c** = 2,5+0,2			
(mm)	**22**	**23**	**24**	**25**
a	6,3	7,0		4,8
b	7,6	8,6		8,3
c	2,4	2,4		2,3
d	0,5	1,1		2,8
%	110	110	110	110

Tab. 4: Výsledky zubové zkoušky 3

Vyhodnocení:

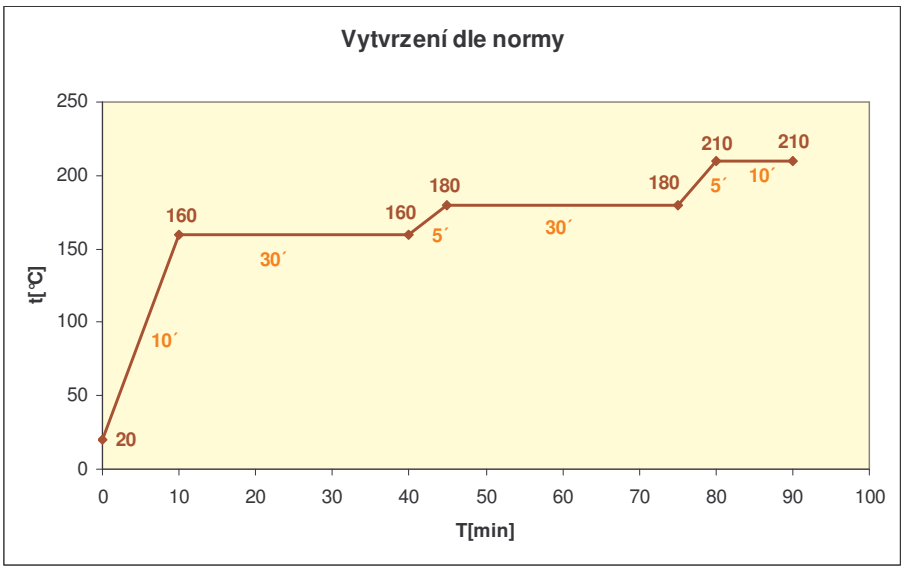
Odebrané vzorky ze zadních dveří vykazují ve většině případů správné množství nanášení lepidla. Pouze vzorky číslo 11, 12, 13, 19, 20 a 21 vykazují podle výsledných procent horší nanášení lepidla. Tyto vzorky pocházejí z okenního rámu na zesílené části dveří v horní oblasti B-sloupku. Příčinou nesprávného nanášení lepidla je v tomto případě špatné nastavení aplikační trysky. Nápravné opatření se provede seřízením nanášecího zařízení.

4.2 Experimentální hodnocení lepených spojů

Cílem experimentu je ověření a prokázání základních vlastností – zejména plochy a tloušťky naneseného lepidla, dále ověření a prokázání základních fyzikálních vlastností (zejména pevnosti) lepeného spoje a doporučení zkoušek uvedených spojů pro sériovou výrobu okované karoserie [2].

4.2.1 Postup řešení

Nejdříve je sepsán plán práce, podle kterého se následně postupuje. První vzorky nebyly připravovány podle normy. Účelem této první zkoušky je naučit se manipulovat se vzorky jak čerstvě slepenými, tak posléze i s vytvrzenými, a poté se naučit je roztrhnout na trhacím stroji a vyhodnotit výsledky. Všechny následující vzorky už jsou zhotovovány podle normy. Zjišťuje se, jaký vliv má na pevnost spoje tloušťka naneseného lepidla, velikost přeplátování, délka, či teplota vytvrzování.



Graf. 1: Průběh vytvrzování dle normy [2]

4.2.2 Zkouška nanesené tloušťky lepidla

Pomůcky: Plech 29 mm x 1 mm x 80 mm - 20 ks (10 vzorků), lepidlo RB 10, přípravek k sevření vzorků - 2 plechy 60x60 mm (10 ks), šroub - 20 k, Podložka - 20 ks, matice - 20 ks

Parametry vytvrzení: Tloušťka lepidla, Norma

Obsah zkoušky: Vytvrzení v peci - doba ohřevu 10 min na 160°C, setrvání 30 min, doba ohřevu 5 min na 180°C, setrvání 30 min, doba ohřevu 5 min na 210°C, setrvání 10 min.

Počet tvrzení: 2

Čas zk./celkový čas: 90 min/180 min

Kontrola parametrů: R_m

Vyhodnocení: Závislost R_m na tloušťce lepidla.

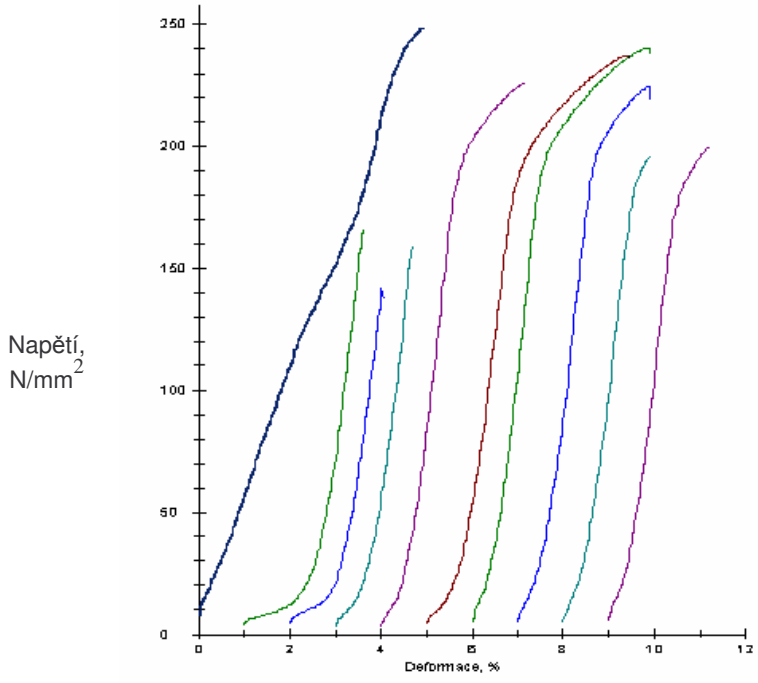
Popis zkoušky nanesené tloušťky lepidla

Tato uskutečněná zkouška nebyla prováděna podle normy. Vzorky měly rozměry cca 29 mm x 80 mm a tloušťku 1mm. Délky přeplátování byly vždy 20 mm. Tloušťky lepidla se

pohybovaly od 0,28 do 0,86 mm. Tyto tloušťky jsou tloušťky teoretické, spočítané ze 4 různých měření tloušťky vzorku, protože jsme zde nevkládali drátky. Ty byly použity u následujících zkoušek pro dosažení konstantní tloušťky. Z tehdy platné normy PV 12.07 byly vzaty hodnoty pro teplotní průběh vytvrzování lepidla a také pro trhání [2].

Vzorek č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tl. plechu [mm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Šířka vzorku [mm]	28,51	28,64	29,32	27,75	29,33	29,17	28,7	28,3	29,51	28,58
Délka přeplát. [mm]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tl. lepidla [mm]	0,49	0,62	0,7	0,59	0,47	0,28	0,36	0,57	0,86	0,63
F_{max} [kN]	141,38	95,03	82,86	88,48	132,47	138,4	137,71	127	115,67	114,25
R_m [N/mm^2]	**247,95**	**165,9**	**141,3**	**159,43**	**225,82**	**237,23**	**239,91**	**224,38**	**195,99**	**199,87**
Místo lomu	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo	lepidlo
Plocha lepidla (Po roztržení)										

Tab. 5: Výsledky zkoušky nanesení tloušťky lepidla [2]



Graf. 2: Výsledky zkoušky nanesení tloušťky lepidla [2]

Hodnocení:

Čím nižší vrstvu lepidla naneseme, tím má spoj vyšší pevnost. Díky pokusům jsme také zjistili, že by se lepidlo mělo vytvrzovat v co nejbližší době po nanesení, nejlépe do 15 minut. Vytvrdíme-li lepidlo kupříkladu v jiný den, než bylo naneseno, ztrácí spoj svou pevnost [2].

4.2.3 Plocha lepidla – zkouška přeplátování

Pomůcky: Plech 20 mm x 1 mm x 150 mm - 10 ks (5 vzorků), lepidlo RB 10, přípravek k sevření vzorků - 2 plechy 60x60 mm (5 ks), šroub - 10 ks, podložka - 10 ks, matice -10 ks

Parametry zapékání: Šířka přeplátování, Norma.

Obsah zkoušky: Vytvrzení v peci - doba ohřevu 10 min na 160°C, setrvání 30 min, doba ohřevu 5 min na 180°C, setrvání 30 min, doba ohřevu 5 min na 210°C, setrvání 10 min.

Počet vytvrzení: 1

Čas zk./celkový čas: 90 min/90 min

Kontrola parametrů: R_m

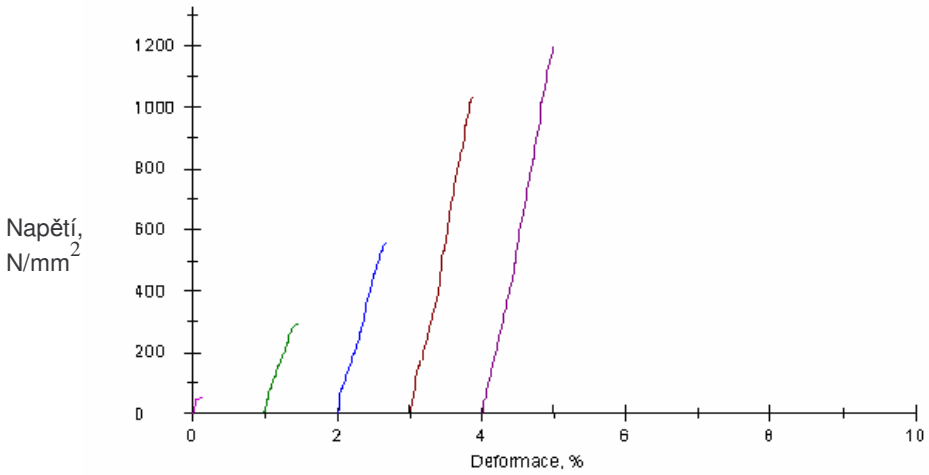
Vyhodnocení: Závislost R_m na délce přeplátování

Popis zkoušky přeplátování lepidla

V pořadí druhá zkouška prováděná také podle normy PV 12.07 byla délka přeplátování lepidla. Zde jsme měnili normou danou délku 20 mm na délky 5 mm - 25 mm.

Vzorek č.	a0 mm	b0 mm	L0 mm	R_m N/mm^2	ε Fmax. %
1	0,18	5	99,98	**59,47**	0,17
2	0,22	10	99,98	**291,68**	0,44
3	0,22	15	99,98	**556,54**	0,67
4	0,22	20	99,98	**1029,32**	0,9
5	0,23	25	99,98	**1200,66**	1,03

Tab. 6: Výsledky zkoušky přeplátování lepidla [2]



Graf. 3: Výsledky zkoušky přeplátování lepidla [2]

Hodnocení:

Z této zkoušky vyplývá, že se zvětšující se délkou přeplátování při dodržení tloušťky naneseného lepidla roste i pevnost v tahu daného vzorku. Mohli bychom pokračovat dále a nanášet lepidlo na stále větší plochu, dokud by slepený vzorek nepraskl v plechu. (K tomu například dojde i při použití pevnostního lepidla AMV 167 W60 - Betamate 1496N a to již při délce přeplátování 18 mm) [2].

4.2.4 Zkouška doby vytvrzení

Pomůcky: Plech 20 mm x 1 mm x 150 mm - 10 ks (5 vzorků), lepidlo, přípravek k sevření vzorků - 2 plechy 60x60 mm (5 ks), šroub - 10 ks, podložka - 10 ks, matice - 10 ks

Parametry zapékání: Čas: 65 ÷ 140 min, teplota 180°C.

Obsah zk.: Vytvrzení v peci - doba ohřevu 10 min na 170°C, poté 5 min na 180°C. Po 65 min vyndat první vzorek, následně každých 20 min další.

Počet vytvrzení: 1

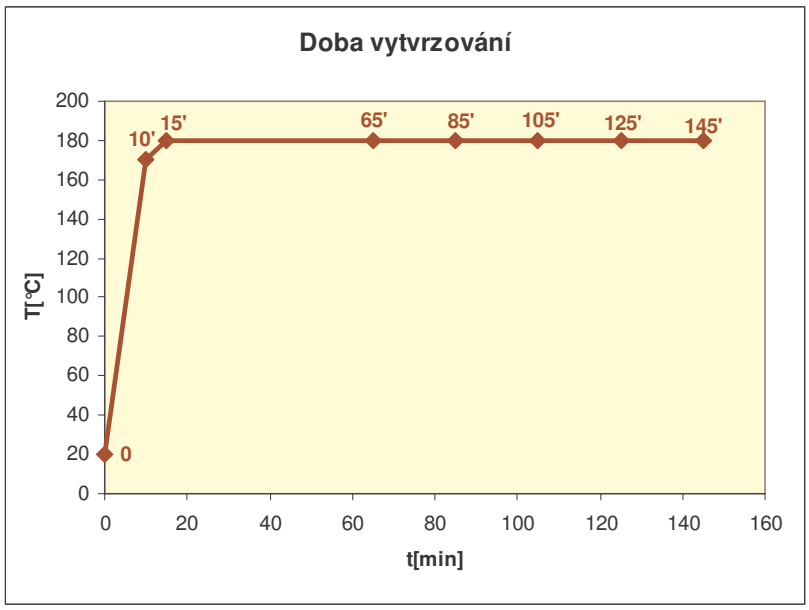
Čas tvrzení/celkový čas: 90 min/90 min

Kontrola parametrů: $R_{m,}$ kontrola vytvrzení

Vyhodnocení: Závislost R_m na době vytvrzení, závislost vytvrzení na době vytvrzování

Popis zkoušky doby vytvrzení

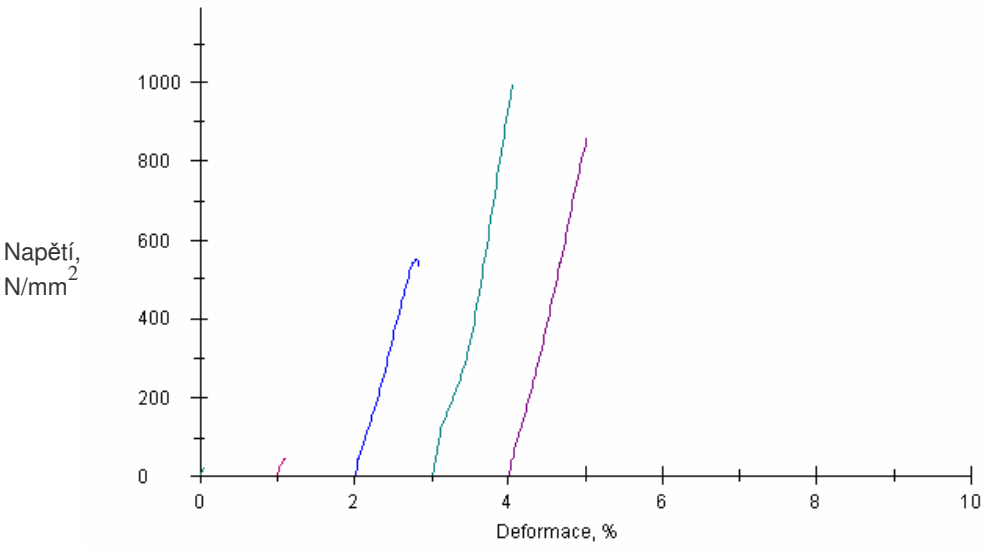
Třetí zkouškou byla testována doba vytvrzování lepidla. Při této zkoušce jsme si připravili vzorky dle normy, ale změnili jsme průběh teploty vytvrzování. Tento průběh je zřetelný z následujícího grafu. I tady se při trhání postupovalo podle normy.



Graf. 4: Průběh vytvrzování [2]

Vzorek č.	a0 mm	b0 mm	L0 mm	R_m N/mm^2	ε Fmax. %
1	0,3	20	99,98	**29,25**	0,32
2	0,25	20	99,98	**49,53**	0,45
3	0,3	20	99,98	**552,17**	0,79
4	0,22	20	99,98	**995,91**	1,08
5	0,32	20	99,98	**860,42**	1,03

Tab. 7: Výsledky zkoušky doby vytvrzení [2]



Graf. 5: Výsledky zkoušky doby vytvrzení [2]

Hodnocení:

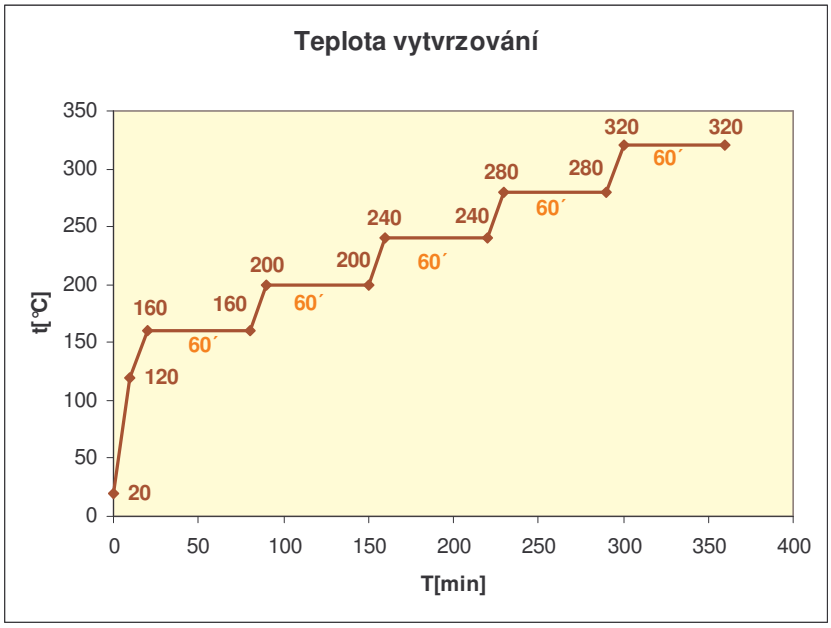
Nejvyšší pevnost vykazoval vzorek č. 4. Vzorky 1 - 3 byly nedostatečně vytvrzené a vzorek č. 5 byl „přepečený“ [2].

4.2.5 Zkouška teploty vytvrzení

Pomůcky: Plech 20 mm x 1 mm x 150 mm - 10 ks (5 vzorků), lepidlo RB 10
přípravek k sevření vzorků - 2 plechy cca. 60x60 mm (5 ks), šroub - 10 ks, podložka - 10 ks, matice - 10 ks.
Parametry zapékání: teplota 160°C až 320°C, krok po 40°C
Vytvrzení v peci: doba ohřevu 10 min na 120°C, poté 10 min na 160°C, setrvání 60 min, vyjmout vzorek; doba ohřevu 10 min na 200°C, setrvání 60 min, vyjmout vzorek; doba ohřevu 10 min na 240°C, setrvání 60 min, vyjmout vzorek; doba ohřevu 10 min na 280°C, setrvání 60 min, vyjmout vzorek; doba ohřevu 10 min na 320°C, setrvání 60 min, vyjmout vzorek.
Počet tvrzení: 1
Čas vytvrzení/celkový čas: 90 min/90 min
Kontrola parametrů: R_m, kontrola vytvrzení, kontrola barvy
Vyhodnocení: Závislost R_m na době vytvrzení, závislost vytvrzení na době vytvrzování, závislost barvy na čase vytvrzení.

Popis zkoušky teploty vytvrzení

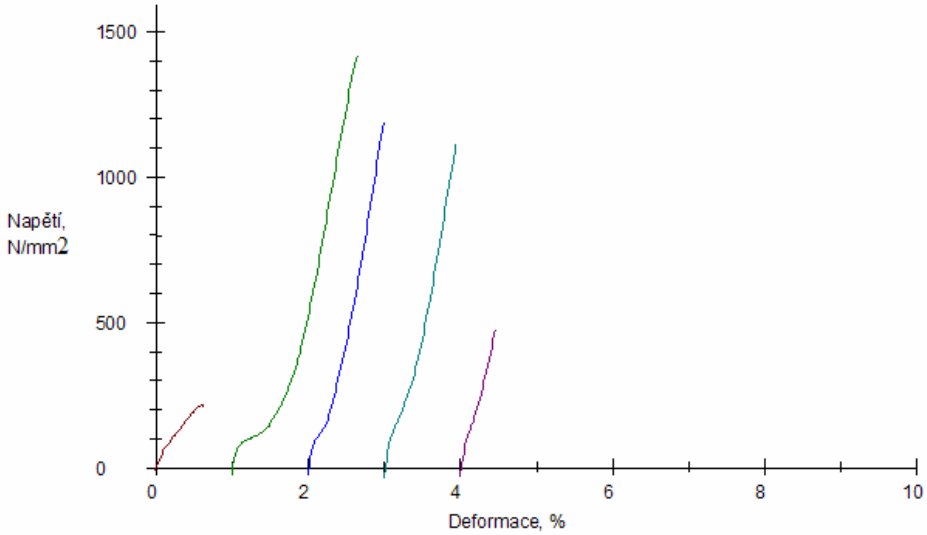
Zkouškou byla závislost teploty vytvrzování na vytvrzení lepidla, ale také barva lepidla při určitých stupních vytvrzení. Tento průběh je také popsán výše a je patrný i z následujícího grafu [2].



Graf. 6: Průběh teploty vytvrzení [2]

Vzorek č.	a0 mm	b0 mm	L0 mm	R_m N/mm^2	ε Fmax. %
1	0,28	20	94,98	**212,69**	0,61
2	0,22	20	94,98	**1420,57**	1,64
3	0,23	20	94,99	**1191,03**	0,99
4	0,23	20	94,97	**1118,17**	0,94
5	0,23	20	94,98	**475,46**	0,46

Tab. 8: Výsledky zkoušky teploty vytvrzení [2]



Graf. 7: Výsledky zkoušky teploty vytvrzení [2]

Hodnocení:

Touto zkouškou bylo zjištěno, že lepidlo mění dle stupně vytvrzení svou barvu. Lepidlo nevytvrzené, má barvu šedou. Ta postupně tmavne až na hnědo černou, kterou má lepidlo na vzorku posledním, přepečeném. I zde je z výsledků jasně patrné, které vzorky nebyly dostatečně vytvrzené a naopak které byly „přepečené“. [2]

4.3 Vyhodnocení zkoušek

Kontrolu lepených spojů je vhodné provádět v laboratoři podle normy a ve výrobě kontrolovat pouze dodržení technologického postupu daného spoje (tvar a místo nanesení lepidla, jeho objem i průběh vytvrzování).

Kontrola lepených spojů přímo na karoserii je nákladná a značně složitá. Vzorek odebraný z karoserie nemá většinou ideální tvar pro danou zkoušku. Musíme dbát na to, z jakého místa ho odebíráme (vzhledem k radiusu, tvarovému zakřivením karoserie apod.), ale i na to, abychom neporušili konzistenci daného spoje. Vyříznutím kontrolované části karoserie dojde k znehodnocení celého dílu a tím i ke zvýšení nákladů na zmetky. Destruktivní zkoušky jsou vhodné jen v případě změny některého ze zásadních parametrů. Těmi jsou například změna geometrie lemu, nebo také změna samotného lepidla [2].

Tyto zkoušky je vhodné provádět při náběhu nového produktu. Naopak pro sériovou výrobu jsou vhodnější zkoušky nedestruktivní. Těmi může být kupříkladu měření tloušťky lepidla, délky přeplátování, nebo také kontrola procesu vytvrzování. Další možnou zkouškou je kontrola barvy lepidla.

Závěr

Vlastní bakalářská práce se věnuje lepeným spojům používaných při výrobě automobilových karoserií. Pozornost přitom byla zaměřena na druhy lepidel a jejich charakteristiky, konstrukci spojů, technologii lepení a v neposlední řadě na hodnocení lepených spojů ověřené praktickou zkouškou. Zkoušky, které jsem zde uvedl, hodnotí vlastnosti lepidla a jeho vhodnost k použití při spojování materiálů. Praktická zkouška potom dává výsledek o tom, jestli jsou při lepení karoserie dodrženy všechny postupy a požadavky procesu lepení.

Pevnost lepených spojů je ve srovnání s pevností ocelových dílů karoserií malá. Aby byl spoj dostatečně pevný, musí být lepená plocha velká a zatížení musí působit v rovině lepené plochy tak, aby vzniklo zatížení smykem. Ze spojů smykově namáhaných se nejčastěji používá jednoduché přeplátování. Lepený spoj zvyšuje tuhost konstrukce a díky velké ploše spoje a přispívá k omezení vibrací.

Kvalita lepeného spoje u karoserií je ovlivněna typem použitého lepidla (seznam lepidel je uveden v kapitole č. 1). Nejvíce používané epoxidové lepidlo BETAMATE 1496 V je vysokopevnostní a svými vlastnostmi vhodné k použití na velmi namáhané spoje. Dalším často používaným lepidlem je BETAGUARD RB 214 BV. Lepidlo TEROSTAT-2710 F se používá pro utěsnění spojů. Dále mohou být použita lepidla tlumící nebo k vyrovnání nerovností.

Pro hodnocení lepených spojů je tloušťka vrstvy naneseného lepidla významným činitelem. Dle provedeného experimentu (4.2.2) je zřejmé, že je nutné nanášet co nejtenčí vrstvu lepidla pro dosažení nejvyšší pevnosti spoje. Další důležitým činitelem pro hodnocení spojů je plocha lepidla – velikost přeplátování (4.2.3). Z tohoto experimentu je zřejmé, že čím delší je přeplátování lepeného spoje, tím výší je pevnost spoje ve smyku. Experiment byl proveden podle normy PV 12.07.

Práce je zaměřena na technologii lepení v automobilovém závodě Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav. Proces lepení je zde kontrolován už při vstupu lepidel do výrobního závodu. Začíná ověřením pravosti certifikátu daného lepidla, pokračuje vizuální kontrolou lepidel, následuje technologický postup, rozpracovanost jednotlivých dílů a závěrem procesu kontroly je destruktivní zkouška celé karoserie, při níž je hodnocena kvalita všech spojů.

Ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav provedená zubová zkouška lemů bočních dveří šetřila množství lepidla nanášeného mezi styčné plochy lemu. Odebrané vzorky z dveří byly podrobeny zkoušce a výsledky měření byly porovnány s výkresovou dokumentací. Vzorky 11, 12, 13, 19, 20, 21 (obr. 24) nebyly v limitu plnění lemu dle výkresové dokumentace. V tomto případě byl limit plnění stanoven na 130% ± 20%. Zbytek vzorků daným limitům plnění vyhovělo.

Podle uvážení výsledků praktických zkoušek v této práci a porovnání významu technologie lepení s jinými technologiemi spojování dílů karoserií lze říci, že lepení se stává v automobilovém průmyslu nezastupitelné a lze do budoucna očekávat, že jeho uplatnění se bude rozšiřovat.

Seznam použité literatury

[1] FIRMA SWELL spol. s.r.o. *Obecná rešerše použití a zkoušek lepených spojů*. Náměstí Jiřího z Poděbrad 236, 508 01 Hořice, CZ.

[2] KUPILIKOVÁ, Hana. *Hodnocení základních technických vlastností lepených spojů*. Praktická maturitní zkouška, 2007.

[3] PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství.* Vydalo SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., Spálená 51, 113 02 Praha 1, v roce 1980.

[4] ŠKODA AUTO a.s. MLADÁ BOLESLAV. *Výrobní postup pro závod 31 a verzi 1,* 2007.

[5] ŠKODA AUTO a.s. MLADÁ BOLESLAV. *Přehled lepidel SK250 – platforma A05.* prezentace, 2008.

[6] ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav. *Výkresová dokumentace, 2009.*

[7] ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav. *Technické listy lepidel,* 2008.

[8] *Itw Plexus - Structural Adhesives* [online]. [cit. 2007-05-08] Dostupné z: <http://www.itwplexus.co.uk/es/products/guidebond.html>.

[9] *Dow Automotive* [online]. [cit. 2009-02-16] Dostupné z: <http://www.matrix-as.cz/automotive/content/blogcategory>.

[10] *Sika - lepidla* [online]. [cit. 2009-04-05] Dostupné z: <http://www.sika.cz/cz-home.htm>.

Seznam obrázků

Obr. 1: Podlaha zadní, Škoda Fabia II [5] 19
Obr. 2: Rám a příčník čelního skla, Škoda Fabia II [5] 20
Obr. 3: Zadní čelo, Škoda Fabia II [5] 20
Obr. 4: Postranice L/P, Škoda Fabia II [5] 21
Obr. 5: Postranice L/P, Škoda Fabia II [5] 22
Obr. 6: Příčníky střechy, Škoda Fabia II [5] 22
Obr. 7: Přední dveře (L/P), Škoda Fabia II [5] 23
Obr. 8: Zadní dveře (L), Škoda Fabia II [5] 24
Obr. 9: Obyčejný přeplátovaný spoj [1] 26
Obr. 10: Přeplátovaný spoj se zářezem [1] 26
Obr. 11: Dvojitý přeplátovaný spoj [1] 26
Obr. 12: Drážkový spoj [1] 26
Obr. 13: Přeplátovaný spoj symetrický [1] 26
Obr. 14: Tahové zatěžování [1] 26
Obr. 15: Tlakové zatěžování [1] 26
Obr. 16: Střihové zatěžování [1] 26
Obr. 17: Namáhání štěpením [1] 26
Obr. 18: Odlupovací namáhaní [1] 26
Obr. 19: Tah–tlak [1] 27
Obr. 20: Střih [1] 27
Obr. 21: Odlup, štěpení [1] 27
Obr. 22: Doporučení pro konstrukční použití lepených spojů [1] 31
Obr. 23: Mikroskop 41
Obr. 24: Boční dveře zadní levé [6] 42
Obr. 25: Geometrie lemu [6] 42
Obr. 26: Vzor slepeného lemu [6] 43

Seznam grafů

Graf. 1: Průběh vytvrzování dle normy [2] 45
Graf. 2: Výsledky zkoušky nanesení tloušťky lepidla [2] 46
Graf. 3: Výsledky zkoušky přeplátování lepidla [2] 48
Graf. 4: Průběh vytvrzování [2] 49
Graf. 5: Výsledky zkoušky doby vytvrzení [2] 49
Graf. 6: Průběh teploty vytvrzení [2] 51
Graf. 7: Výsledky zkoušky teploty vytvrzení [2] 51

Seznam tabulek

Tab. 1: Lepidla pro karosářské plechy [5] 14
Tab. 2: Výsledky zubové zkoušky 1 43
Tab. 3: Výsledky zubové zkoušky 2 44
Tab. 4: Výsledky zubové zkoušky 3 44
Tab. 5: Výsledky zkoušky nanesení tloušťky lepidla [2] 46
Tab. 6: Výsledky zkoušky přeplátování lepidla [2] 47
Tab. 7: Výsledky zkoušky doby vytvrzení [2] 49
Tab. 8: Výsledky zkoušky teploty vytvrzení [2] 51

Seznam zkratek

Ks: počet kusů

KTL: kataforézní proces

min: jednotka času v minutách

mm: jednotka délky v milimetrech

MPa: jednotka tlaku v Mega Pascalech

obr: obrázek

Op: operace

OPN: obrazová pracovní návodka

Poz: pozice

R_m : mez pevnosti

Seznam příloh

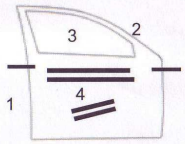
Příloha A: Kontrola nanášení plastizolu – panelové díly

Příloha B: Výpis závad zjištěných při kontrole nanášení plastizolu

Příloha C: Obrazový pracovní návod (OPN)

Příloha D: Pohledová kontrola nanášení a slepení (OPN)

KONTROLA NANÁŠENÍ PLASTIZOLU - PANELOVÉ DÍLY: Boční dveře přední L.



VYHODNOCENÍ PLASTIZOLU V JEDNOTLIVÝCH PARTIÍCH.

DRUH MATERIÁLU: AMV 153 420 AMV 153 W24

Název materiálu	Druh	Povolená tol. Celkem	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon
AMV 153 420	č. pozice 1	110mm																																			
	č. pozice 2	194mm																																			
	č. pozice 3	216mm																																			
AMV 153 W24	č. pozice 4	0																																			
Datum	den+měs																																				
Čas	hodina																																				
Směna	A; B; C																																				
Podpis																																					

Název materiálu	Druh	Povolená tol. Celkem	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon
AMV 153 420	č. pozice 1	110mm																																			
	č. pozice 2	194mm																																			
	č. pozice 3	216mm																																			
AMV 153 W24	č. pozice 4	0																																			
Datum	den+měs																																				
Čas	hodina																																				
Směna	A; B; C																																				
Podpis																																					

Název materiálu	Druh	Povolená tol. Celkem	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon	č.kon
AMV 153 420	č. pozice 1	110mm																																			
	č. pozice 2	194mm																																			
	č. pozice 3	216mm																																			
AMV 153 W24	č. pozice 4	0																																			
Datum	den+měs																																				
Čas	hodina																																				
Směna	A; B; C																																				
Podpis																																					

Vyplnění lemů = 120% - 180%. Povolená tolerance - celkový součet míst v dané sekci vyplněných na 110%. Maximální délka vyplnění na 110% nemí být delší nežli 80mm.

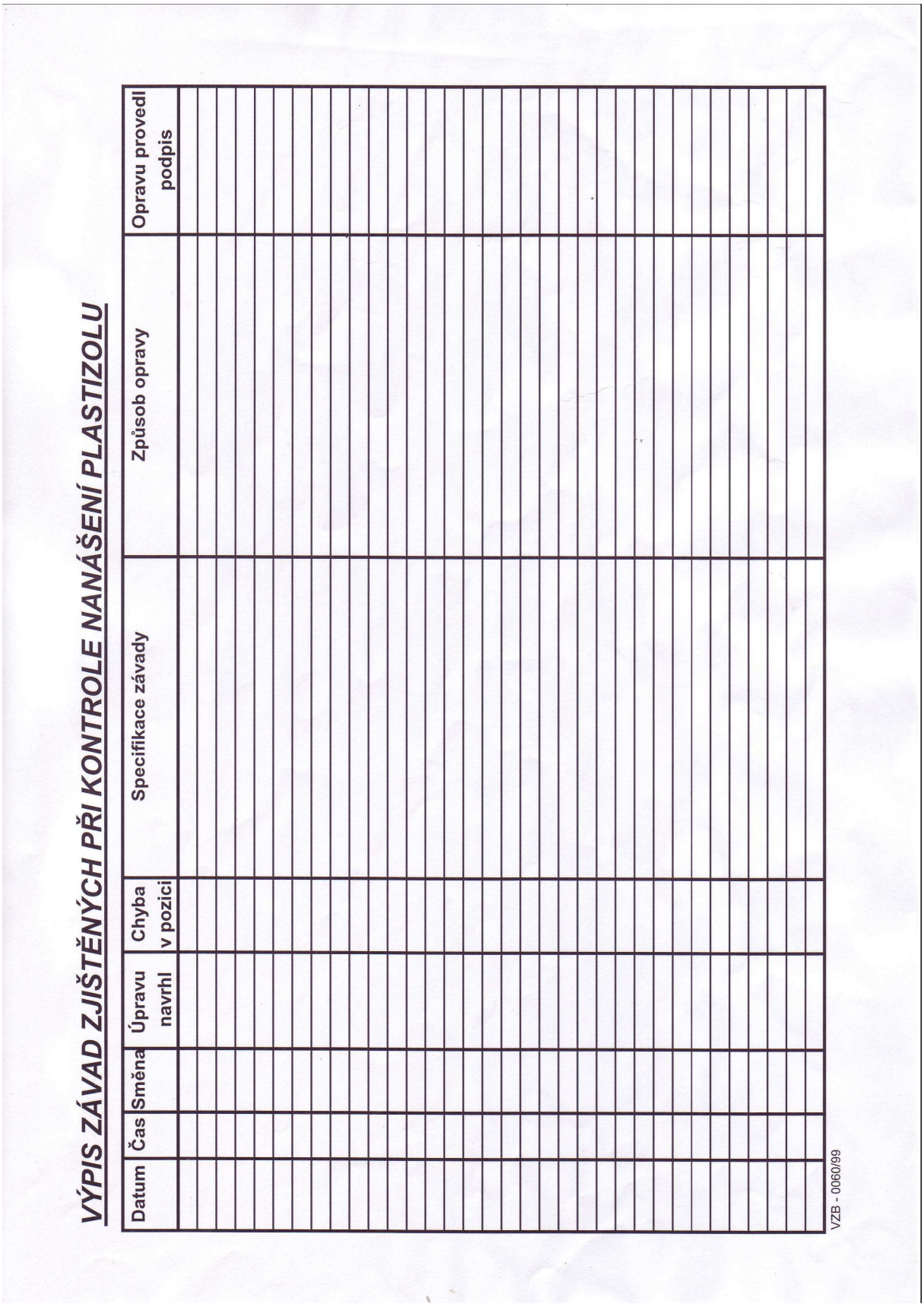
P - pohledová (vizuelní) kontrola **S** - střihová kontrola **PROVEDL SMĚNA:** **A** - _____

LEGENDA: **O** - dobré **X** - špatné **N** - nevyrábí se **B** - _____

C - _____

VZB - 0059/99

Příloha B: Výpis závad zjištěných při kontrole nanášení plastizolu



VÝPIS ZÁVAD ZJIŠTĚNÝCH PŘI KONTROLE NANÁŠENÍ PLASTIZOLU

Datum	Čas	Směna	Úpravu navrhl	Chyba v pozici	Specifikace závady	Způsob opravy	Opravu provedl podpis

VZB - 0060/99

Příloha C: Obrazový pracovní návod (OPN)

OBRAZOVÝ PRACOVNÍ NÁVOD

Typ: A; A0 Číslo operace: 999 444 012 OP 10 Název: Kontrola lepidla v lemu List: 1/1

Lem v řezu – zobrazení procentického plnění pro možnost vyhodnocení .

100%
80%
30%
10%
100%

Procenta plnění lemů vyhodnocovat dle této předlohy.

PŘÍKLAD:
vyplnění na 110%

Odehnutá stojina povrchového plechu 10% vyplnění

Povrchový plech 100% vyplnění

Platnost od: 30.5.200 Zpracoval: Urban VZT - 1 Schválil: Krejčí VZT - 1

VZB – 0008/04

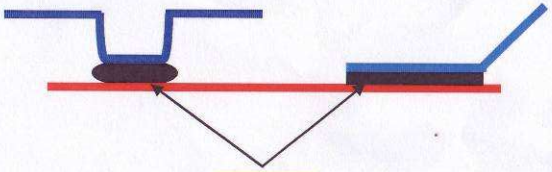
Obrazový pracovní návod - Pohledová kontrola nanešení a slepení

ŠKODA AUTO akciová společnost

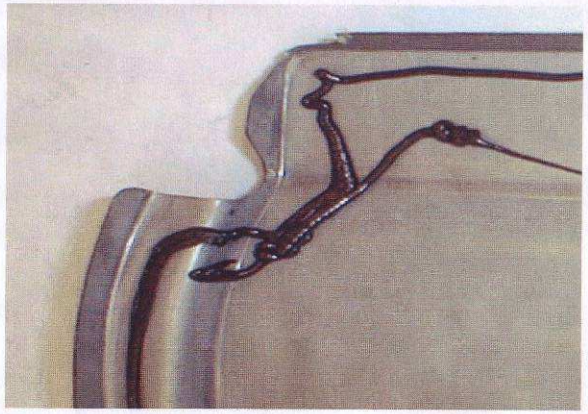
Čís. dílu: příloha TTP 999 444 012 **Název dílu:** Slepení styčné plochy + aplikace lepidel **Typ:** A + A0

NESPRÁVNÁ APLIKACE LEPIDLA !!!

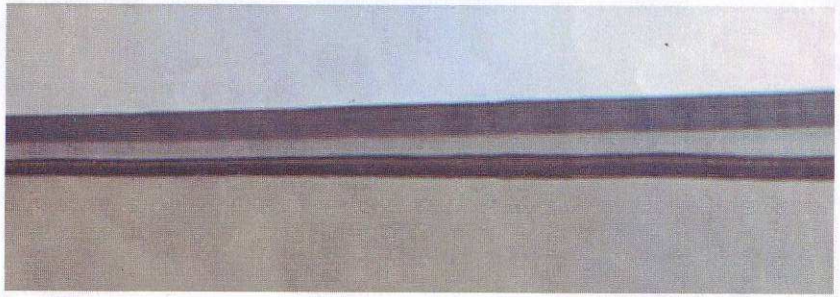
SPRÁVNÉ SLEPENÍ
STYČNÁ PLOCHA = 100% !!!



NESPRÁVNÁ APLIKACE LEPIDLA DO LEMU !!!



SPRÁVNÁ APLIKACE LEPIDLA DO LEMU !!!



Zpracoval: **Urban; VZT 1** Schválil: **Krejčí; VZT 1** Dne: 30.5.2006 TPM-0072/95