

**Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta**

**Metody spojování využívané v automobilovém  
průmyslu**

Bakalářská práce

Autor práce: David Gregora  
Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

PRAHA 2016

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci *Metody spojování využívané v automobilovém průmyslu* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18.3.2016

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Miroslavu Müllerovi, Ph.D. za odbornou pomoc při zpracování této bakalářské práce. Dále děkuji celé své rodině a blízkým za trpělivost a nápomoc.



# Metody spojování využívané v automobilovém průmyslu

## Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu metod spojování plechů v automobilovém průmyslu. V práci jsou teoreticky rozebrány a popsány jednotlivé metody, které jsou nejčastěji využívány ke spojování plechů především v automobilovém průmyslu. Jsou uvedeny jejich principy, výhody a nevýhody. Vybrané metody jsou svařování, pájení, lepení, nýtování a clinching. Bakalářská práce se zabývá metodami, které se v automobilovém průmyslu využívají již dlouhou dobu, ale i metodami, které jsou poměrně nové a do výroby přinášejí výhody spojené hlavně se zvýšením produktivity práce, snížením výrobních nákladů a hmotnosti celé karoserie.

**Klíčová slova:** spojování plechů, svařování, pájení, lepení, nýtování, clinching

# Connecting methods used in automotive industry

## Summary

This bachelor thesis is focused on analyzing methods of joining sheets in the automotive industry. In the thesis are theoretically analyzed and described the various methods that are most often used for connecting plates in the automotive industry. It stated their principles, advantages and disadvantages. Selected methods are welding, soldering, adhesive bonding, riveting and clinching. This thesis works with methods that are used in the automotive industry for a long time, but also methods that are relatively new and brings to the production benefits that are mainly increasing productivity and lowering production costs and the weight of the entire body.

**Keywords:** joining sheets, welding, soldering, adhesive bonding, riveting, clinching

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika .....	2
2.1	Cíl práce .....	2
2.2	Metodika .....	2
3	Metody využívané ke spojování .....	3
3.1	Svařování .....	3
3.2	Tavné svařování .....	4
3.2.1	Svařování elektrickým obloukem (MAG, MIG, WIG, TIG) .....	4
3.2.2	Ochranné plyny a přídavný materiál .....	6
3.2.3	Svařování plamenem .....	6
3.2.4	Svařování laserem.....	6
3.2.5	Princip funkce a dělení laserů.....	7
3.2.6	Svařování plazmou .....	7
3.3	Tlakové svařování.....	8
3.3.1	Bodové svařování .....	8
3.3.2	Svařovací režim .....	9
3.3.3	Užití v konstrukci karoserie.....	9
3.3.4	Švové svařování.....	10
3.3.5	Výstupkové svařování .....	10
3.4	Pájení .....	11
3.4.1	Technologické vlastnosti pájky .....	12
3.4.2	Metody pájení dle zdroje tepla .....	13
3.4.3	Laserové pájení.....	13
3.5	Lepení .....	14
3.5.1	Mechanismus soudržnosti .....	14

3.5.2	Dělení lepidel.....	15
3.5.3	Lepení karoserií .....	15
3.5.4	Výhody a nevýhody lepených spojů.....	17
3.6	Nýtování.....	18
3.6.1	Dělení nýtování .....	18
3.6.2	Využití v automobilovém průmyslu .....	19
3.6.3	Rivset.....	20
3.6.4	Princip metody.....	20
3.6.5	Výhody metody .....	21
3.6.6	Rivtac.....	21
3.6.7	Užití ve stavbě karoserie.....	22
3.6.8	Princip metody.....	23
3.6.9	Nastřelovací zařízení .....	23
3.7	Clinching.....	24
3.7.1	Princip metody.....	25
3.7.2	Užití v automobilovém průmyslu .....	26
3.7.3	TOX clinching .....	26
3.7.4	Princip metody a pevnost spoje .....	26
3.7.5	Metoda Rivclinch .....	27
3.7.6	Princip metody.....	27
3.7.7	Výhody a nevýhody metody clinching.....	28
4	Tabulkové zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých metod spojování.....	28
5	Závěr.....	31
6	Seznam použitých zdrojů.....	33





# 1 Úvod

V bakalářské práci je popsána problematika spojování plechů v automobilovém průmyslu. Jako hlavní metody jsou v dnešní době využívány svařování, lepení, pájení a clinching.

V současnosti se karoserie vyrábí stále nejvíce z ocelových plechů, které jsou téměř výhradně opatřeny ochrannou povrchovou vrstvou. To často u jednotlivých metod znesnadňuje jejich spojení a v některých případech ho v podstatě vylučuje. Podobně je tomu u spojování oceli s hliníkem, což je materiál, který se do automobilového průmyslu dostává čím dál častěji.

Jako hlavní důvod využívání hliníku je především jeho nižší hmotnost oproti oceli. Zároveň má při použití vhodných spojovacích metod dobré mechanické vlastnosti. Hliník se v karoseriích využívá například u kapot motorů, stahování oken, vnitřní zástavby automobilu a zadních vík. Dostává se ovšem i do konstrukčně významnějších oblastí, jako například B sloupky karoserií.

Vhodná volba použité metody spojování je zásadní. Je jí třeba správně zvolit vzhledem k následně vyžadované pevnosti a tím bezpečnosti celé konstrukce. Dnes je moderní a zároveň i ekologické snažit se o co nejnižší hmotnost karoserie. Vezmeme-li například možnost nahradit metodu svařování s přídavným materiálem metodou clinching. Při svařování se do spoje musí přivést přídavný materiál. Vzhledem k tomu, že se v karoserii svařování stále využívá jako dominantní metoda spojování, může být úspora hmotnosti znatelná. Při metodě clinching dochází pouze k "prolisování" materiálů do sebe, takže hmotnost zůstává stejná. Jedná se samozřejmě pouze o příklad, protože tyto dvě metody se v dnešní době a nejspíš ani v nejbližší budoucnosti nebudou moci vzájemně absolutně nahradit, jelikož má každá své výhody a nevýhody a především rozdílné pevnostní vlastnosti spoje.

Metody spojování se do jisté míry dají kombinovat a často dochází k vylepšení vlastnosti spoje. Je ovšem potřeba experimentů, složitých výpočtů a simulací ke zvolení kombinace metod a dosažení bezpečnosti.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je sumarizace teoretických znalostí jednotlivých metod využívaných ke spojování plechů především v automobilovém průmyslu. Jsou popsány metody, které jsou ve strojném průmyslu využívány již delší čas, ale i metody, které jsou poměrně nové. Ve všech případech jsou uvedeny jejich principy a jejich hlavní výhody a nevýhody.

### **2.2 Metodika**

Práce je zaměřena na souhrn metod spojování plechů a to především v automobilovém průmyslu. K tomu bylo využito doporučené literatury a ostatních zdrojů dané problematiky, po jejichž nastudování bylo možné jednotlivé metody srozumitelně popsat a v případě lepší představy bylo použito vhodných obrázků.

### **3 Metody využívané ke spojování**

V této kapitole budou v podkapitolách uvedeny metody, které se v automobilovém průmyslu využívají nejčastěji. Jsou to metody: svařování, pájení, nýtování, lepení a clinching. Ve výrobě karoserií se využívají především tři druhy materiálu. Těmi jsou ocel, slitiny hliníku a kompozitní materiály.

Každý z těchto materiálů je vhodný k jinému použití a také se významně liší ve svých pevnostních možnostech. Dílce z oceli se nejčastěji využívají ke konstrukčně nejvíce namáhaným částem a to díky jejich mechanickým vlastnostem. Slitiny hliníku a kompozity se využívají spíše jako doplňkové materiály. Například jako střechy, kapoty, nebo vnitřní zástavba karoserie.

Ovšem v dnešní době, kdy se v automobilovém průmyslu velice rozšiřuje trend ubírání hmotnosti celé konstrukce, není neobvyklé vyrábět celou karosérii z lehkých slitin, případně z kompozitních materiálů. To je ovšem veliký extrém, využívaný především pro nejmodernější sportovní automobily, hlavně z důvodu obrovských vývojových nákladů a technologií.

#### **3.1 Svařování**

Svařování je proces, kterým se vytváří trvalé, nerozebíratelné spojení dvou nebo více součástí. Základním požadavkem je vytvoření takových podmínek, které umožní vznik nových meziatomových vazeb. Svařovat lze materiály kovové i nekovové. Ideální je svařování materiálů podobných vlastností, ale ani svařování materiálů jiných vlastností v dnešní době není problém.

Pro kvalitu spoje je třeba zvolit ideální metodu s ohledem na svařovaný materiál, požadované vlastnosti svaru a tím i celku. V okolí spoje (tepelně ovlivněná oblast) dochází vždy ke změnám fyzikálních a mechanických vlastností základního spoje a to zejména v důsledku působení vysokých teplot. Tyto změny a velikost ovlivněné oblasti lze opět ovlivnit vhodným výběrem metody svařování.

Všechny metody svařování a obecně spojování materiálů mají své výhody a nevýhody. Vždy je třeba zamyslet se nad těmito aspekty, které mohou mít vliv na spojování součástí a tím i konstrukční celek. [1]

Svařování se dá rozdělit na dvě hlavní metody a to:

- tavné svařování,
- tlakové svařování.

### **3.2 Tavné svařování**

Již z názvu je patrné, jaký je princip této metody. K vytvoření svaru dochází natavením materiálů v místě požadovaného budoucího svaru. K tomu není využito žádných tlaků nebo rázů. Je obvyklé, že se k vytvoření svaru používá přídavný materiál stejného nebo podobného složení, jako má základní materiál.

#### **3.2.1 Svařování elektrickým obloukem (MAG, MIG, WIG, TIG)**

V současné době nejvíce používaná metoda tavného svařování. K natavení základního materiálu se využívá elektrický oblouk, který vzniká mezi materiálem a elektrodou. Ke svařování je potřeba střídavý, nebo stejnosměrný proud s intenzitou až 500 A. Proto nelze odebrat proud rovnou ze sítě (220/380 V). Je třeba využít buď točivé svařovací agregáty, nebo svařovací transformátory. Přídavný materiál je ve formě elektrody, která může být různým způsobem chráněna. Je možnost mít elektrodu obalenou speciálním obalem, nebo ji holou chránit obtékajícím plynem. [1]

#### **Metoda MAG, MIG**

Jedná se o metody, kdy je svarová lázeň a elektroda ochraňována vhodným plynem. Z názvu metody se plyn dělí na I - inertní (vůči svaru netečný) nebo A - aktivní (vstupuje do svaru).

#### **Metoda MAG**

Hoření oblouku mezi elektrodou a základním materiálem způsobuje natavení základního materiálu. Na obrázku 1 je vidět princip metody a svařovací zařízení. Plyn plní svou primární funkci chránění elektrody a svarové lázně před přístupem okolní atmosféry a navíc oxiduje svarovou lázeň. Při tomto způsobu svařování je využíváno zásadně stejnosměrného proudu. Ochranným plynem je nejčastěji oxid uhličitý a to díky jeho příznivé ceně.

## Metoda MIG

Je principem stejná jako metoda MAG s tím rozdílem, že ochranný plyn nijak nevstupuje do svarové lázně. Má za úkol skutečně pouze ochranu elektrody a vznikajícího svaru před okolní atmosférou.



Obr. 1 Princip metody MIG, MAG [30]

## Metoda WIG, TIG

Tyto dvě metody jsou také založeny na principu ochraňování svarové lázně pomocí plynu. Hlavní odlišnost ovšem přichází s přívodem přidavného materiálu. Elektroda se zde neodtavuje, ale slouží pouze k vytvoření oblouku. Přídavný materiál se přivádí zvlášť a to buď ručně nebo automatizovaně. Ochranný plyn (helium, argon) plní pouze ochranou funkci a je podstatně dražší než u předchozích metod. [3]

Elektrody vůbec nepřichází do styku se svarovou lázní, což je vzhledem k jejich materiálu a ceně pochopitelné. U metody WIG je elektroda z wolframu, u metody TIG z titanu. Svařování hliníku a jeho slitin je velmi problematické, protože na povrchu velice rychle oxidují a vytváří na svém povrchu oxidické vrstvy. [3]

### **3.2.2 Ochranné plyny a přídavný materiál**

Pro svařování různých materiálů je vhodnější jiný druh plynu. Všechny ochranné plyny jsou argonové a přidávají se do nich v určitém poměru různé plyny. Jsou to: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, a N<sub>2</sub>. Vždy před svařováním je třeba zvolit vhodný typ směsi, aby došlo k co nejkvalitnějšímu svaření. Dle směsi se dají svařovat například: hliník a jeho směsi, korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné oceli, nízkouhlíkové a nízkolegované oceli, oceli s vyšším obsahem křemíku, vysokolegované oceli, měď, nikl a jeho slitiny. [3]

### **3.2.3 Svařování plamenem**

U této metody, která je spíše okrajovou metodou v použití u karoserií, je hlavní nevýhodou velká tepelně ovlivněná oblast. Ta vzniká spalováním směsi, která je tvořena spálením hořlavého plynu a kyslíku. Souprava ke sváření je složena z tlakových lahví, hadic a vlastních svařovacích hořáků.

Pro provedení svaru je nutné do svarové mezery vložit svařovací materiál, který by měl být stejného, nebo podobného složení jako základní materiál. Plamen se posuzuje dle jeho intenzity na měkký, střední a ostrý. Dle poměru míšení se dělí na neutrální, oxidační a redukční.

Svařování plamenem je v dnešní době posuzován spíše jako podřadnější druh svařování. Využití nachází stále v opravárenství a je dobrý na svařování materiálů větších tloušťek. [3]

### **3.2.4 Svařování laserem**

Jde o techniku svařování, kdy laserový paprsek nataví a následně svaří dva materiály dohromady. Během procesu jsou k sobě části přitisknuty a laserový paprsek se pohybuje za pomoci robotu po celé délce, kde je požadováno vytvoření svaru. Paprsek je chráněn plynovým obalem, aby nedocházelo k poškození svaru okolní atmosférou.

Tuto metodu používají například automobilky BMW, Ford, Volvo a Honda k přivařování střechy k bočnicím automobilu a to hlavně z důvodu dobré manipulace a rychlosti. Na obrázku 2 je vidět robot, který provádí přivaření střechy. Ve Spojených státech bylo od roku 2000 nahrazeno 50% bodových svarů právě metodou svařování pomocí laseru.[4]

### Výhody laserového svařování

Hlavní výhodou této metody je soustředění paprsku na malou plochu, což má za následek malou tepelně ovlivněnou oblast. Dále pak možnost svařovat materiály jinou metodou nespojitelné. Velké uplatnění nachází také v dělení materiálu. [3]



Obr. 2 Laserové svařování střechy[31]

### 3.2.5 Princip funkce a dělení laserů

Laser je zařízení, které produkuje velmi velké světelné záření. Je schopen produkovat optické záření, které dopadá na základní materiál ve svazku, který se naprosto minimálně rozbíhá. Tento paprsek se pak soustřeďuje na malou plochu pomocí optického systému. Tímto paprsek lze vyvolat teplotu až kolem 15 000 °C. [3]

Lasery se dělí dle typu aktivního prostředí na: pevnolátkové, kapalinové a plynové. Dále se mohou dělit dle systému buzení na pevnolátkové a plynové lasery (helium neonový laser, argonový iontový laser, helium - kadmiový laser, dusíkový laser a CO<sub>2</sub> laser). [5]

### 3.2.6 Svařování plazmou

Tato metoda je využívána pro své malé tepelné ovlivnění materiálu a možnost svařování neželezných kovů. Jako zdroj tepla se používá úzký svazek plazma, který má teplotu řádově 10<sup>4</sup> °C a vystupuje z trysky nadzvukovou rychlostí. Paprsek je velmi stabilní a dlouhý kolem 300 mm. Velmi málo se rozšiřuje, díky čemuž je svarová lázeň velice úzká.

Hořák je chlazen vodou a jako plyn se používá dusík pro ocel, argon a vodík pro neželezné kovy. Díky vysoké hustotě plazmového plynu v místě svaru lze svařovat průchozím paprskem. Prochází-li celou tloušťkou materiálu, natavuje obě plochy. Do tloušťky 12 mm lze tedy svařovat bez přídavného materiálu a úkosů.

#### Výhody svařování plazmou:

- malá deformace svarů,
- minimální ovlivnění materiálu - svařování malých tlouštěk,
- možnost svaření těžkotavitelných materiálů,
- velmi dobře použitelné k dělení materiálů,
- mikroplazmovým svařováním lze svařovat již tloušťky od 0,06 mm.[2]

### 3.3 Tlakové svařování

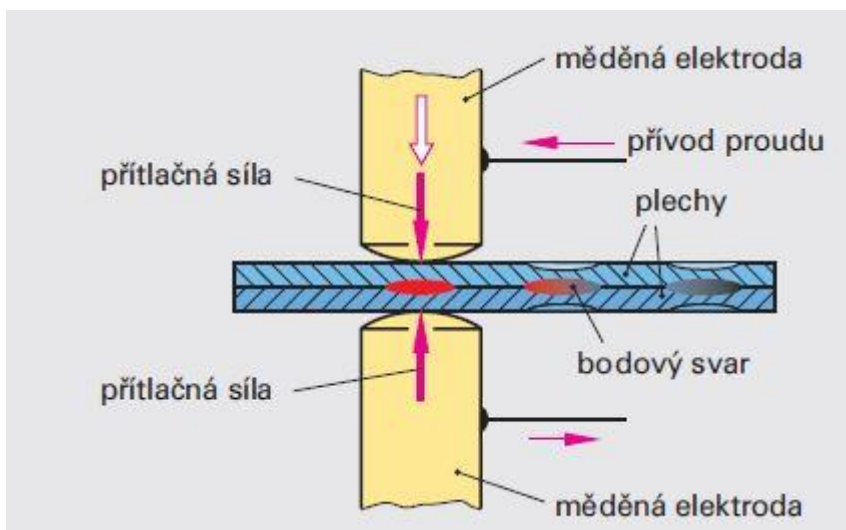
V této kategorii lze vyzdvihnout metodu odporového svařování, která je v automobilovém průmyslu velmi frekventovaně využívána. Z této metody budou popsány tyto: bodové svařování, švové svařování, výstupkové svařování.

#### 3.3.1 Bodové svařování

Nejčastěji používaná metoda z kategorie odporového svařování, která využívá průchodu proudu materiálem za současného působení přitlačné síly. Do dnešní doby nejpoužívanější metoda v automobilovém průmyslu. V karoserii automobilu se nachází přibližně 5000 bodových svarů. Obvyklá tloušťka spojovaných materiálů je 2,5 - 3 mm (lze svařovat i tlustší materiály). Spoj je vytvořen tzv. čočkou, která vznikne mezi přeplátovanými plechy. Pro svařování se využívají duté elektrody chlazené vodou s výměnnou kontaktní špičkou. Nejpoužívanějším materiálem elektrod je měď. [6]

#### Svařovací cyklus

Na obrázku 3 je znázorněno bodové svařování. Nejdříve se svařované části sevrou a stlačí mezi elektrodami. Následuje spuštění obvodu proudu, který zahřívá plochu mezi elektrodami, jenž má přibližně stejný průměr jako svařovací elektroda. Po dosažení teploty tavení se vytvoří tekuté jádro a dojde ke svaření. Poté je průchod svařovacího proudu přerušen, avšak přitlak ještě chvíli trvá a vytvořený svar i jeho okolí rychle ztuhne.



Obr. 3 Princip bodového svařování [30]



### **3.3.2 Svařovací režim**

#### **Měkký svařovací režim**

Takto nastavená kombinace dosahuje nižší produktivitu práce tím, že vyžaduje delší časy ke spojení materiálu. Vzniklá struktura svaru je hrubá, čímž je spoj méně pevný. Delší čas svařování má za následek i větší energetické ztráty a ztráty sáláním tepla do okolí. Elektrody jsou více namáhané a vyžadují častější opravy, nebo výměnu. Velkou výhodou tohoto režimu je snížení nebezpečí zakalení základního materiálu - výhoda u materiálu, který má vyšší procento uhlíku. Vznikne menší průměr svarové čočky. [2]

#### **Tvrký svařovací režim**

Elektrody se méně opotřebovávají díky použití vyšších tlaků, kvůli kterým se dají použít nižší proudy a elektrody se méně zahřívají. Tím se zvyšuje jejich životnost. Tento režim má vyšší účinnost a produktivitu díky kratším časům svařování, čímž se znatelně ovlivňuje tepelně ovlivněná oblast a ztráty.

Naproti tomu jsou vyšší náklady na pořízení svařovacích strojů. Ty musí být pro použití vysokých tlaků vybaveny pneumatickým nebo hydraulickým systémem pro vyvození těchto sil. Tvrdý režim je vhodný zejména pro spojování legovaných ocelí, neželezných kovů a jejich slitin. Současná praxe stále jednoznačně preferuje tvrdý svařovací režim. [2]

### **3.3.3 Užití v konstrukci karoserie**

Odporové svařování je stále dominantní metodou v oblasti spojování jednotlivých dílů karoserie. Zejména bodové a švové svařování jsou velice frekventovaně využívány a to hlavně z důvodu pevnosti spoje a možnosti automatizace.

Bodové svařování lze najít v téměř každé oblasti spojování karoserie. Jako příklad je na obrázku 4 uveden postup kompletování přední části podlahy automobilu. Celý proces je automatizován již od připravení a ustavení jednotlivých částí robotem, až po jejich uložení do palet k další manipulaci a zpracování. [7]



Obr. 4 Kompletování podlahy bodovým svařováním [7]

### 3.3.4 Švové svařování

Švové svařování je další metodou odporového svařování, přičemž se jedná o obdobu bodového svařování. Hlavní rozdíl mezi těmito metodami je, že elektrody jsou otočné a mají kotoučový tvar. Mezi těmito kotouči se svařují opět nejčastěji přeplátované spojované materiály. [9]

Otáčením svařovacích elektrod a průchodem svařovacího proudu vznikají buďto jednotlivé, nebo překrývající se bodové svary, jak je vidět na obrázku 5. Pokud by se elektrody neotáčely, šlo by o metodu bodového svařování. Použitím kotoučových elektrod je celý proces svařování citlivější zejména na opotřebení povrchu elektrod a jejich čepů. Opotřebení povrchu se dá eliminovat chlazením kotoučů vodou zevnitř, nebo zvenku. [8]

V automobilovém průmyslu je tato metoda využívána například ve svařování palivových nádrží. Je kombinována s lepením, aby došlo k co nejlepšímu utěsnění spoje a tím se zamezilo unikání paliva a výparů.

### 3.3.5 Výstupkové svařování

Tato metoda patří mezi nejproduktivnější způsoby odporového svařování. Ke koncentraci svařovaného proudu a tlaku do místa svaru slouží výstupky vhodného tvaru, které se zhotoví lisováním nebo obráběním. Stroje pro tento způsob svařování se nazývají svařovací lis. Deskové elektrody nejprve stisknou obě součásti a po dolehnutí výstupků se zapne svařovací proud. Tím dojde v místě styku obou částí k natavení a svaření. Svar má jako

u předchozích metod tvar čočky. Svařovací lisy pracují automaticky, podle předem nastaveného programu. Nejčastěji se svařují oceli legované a nelegované. [3]

Požadavkem na výstupkové svařování je, aby byl povrch čistý, jinak by z důvodu různých přechodových odporů výstupků mohlo dojít k nerovnoměrnému rozdělení proudu a tím i rozdílnému provedení svarů. [9]

### **3.4 Pájení**

Pájení je metalurgický proces, při kterém vzniká nerozebíratelný spoj kovů se stejným, nebo jiným chemickým složením pomocí roztavené slitiny - pájky. Umožňuje spojení materiálů, které svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi svařitelnost potlačují, nebo vylučují. Největším rozdílem oproti svařování je, že nedochází k natavování pájených ploch, ale pouze k jejich smáčení roztavenou pájkou. Teplota tání pájky je vždy nižší než základního kovu. [10]

#### **Tavidlo**

Kapalné, nebo tuhé chemické látky odstraňující z pájené plochy oxidy a nečistoty a zabraňují její další oxidaci. Největší účinnosti dosahuje, pokud se taví při teplotě o 200 až 300 °C nižší, než je teplota samotného pájení.

#### **Tvrdé a měkké pájky**

Charakteristika pájky zohledňující především parametry pevnosti a materiál pájky.

- Tvrdé pájky - založeny na bázi mědi, hliníku a stříbra. Použití u spojů, kde je vyžadována větší pevnost (až 500 MPa).
- Měkké pájky - cínové a zvláštní. Dodávají se ve tvaru litých tyček, nebo trubiček s náplní tavidla. Spoje menší pevnosti v tahu (20 - 80 MPa) a ve stříhu (do 40 MPa).

[11]

#### **Tvrdé a měkké pájení**

- Tvrdé pájení - s použitím tavidla, pájka má teplotu likvidu nad 450 °C.
- Měkké pájení - s použitím tavidla, kdy pájka má teplotu likvidu pod 450 °C.

### **3.4.1 Technologické vlastnosti pájky**

- Smáčivost - schopnost tekuté pájky (nebo tavidla) přilnout k povrchu základního materiálu při určité teplotě.
- Roztékavost - schopnost tekuté pájky (nebo tavidla) roztékat se při určité teplotě na vodorovném povrchu základního materiálu.
- Vzlínavost (kapilarita) - schopnost tekuté pájky při určité teplotě vyplnit úzkou mezeru spoje působením kapilárních sil. [12]

### **Výhody pájení**

Největší výhodou pájení je možnost spojování kovů a slitin, které jsou jinak nespojitelné.

Dalšími výhodami jsou:

- menší energetický výdej na spojování,
- možnost automatizace,
- jednoduchost zařízení oproti svařování,
- užití nižších teplot - menší tepelné ovlivnění spojovaného materiálu,
- v některých případech nahradí svařování.

### **Nevýhody pájení**

Nesporná a nejspíše největší nevýhoda pájení je menší pevnost vytvořených spojů.

Dalšími nevýhodami jsou:

- kvůli přidávání dalšího materiálu do spoje se mohou zhoršit antikorozi vlastnosti,
- nevhodné na tvorbu dlouhých spojů,
- cena přídatného materiálu (pájky) je vyšší, než u svařování. [12]

### 3.4.2 Metody pájení dle zdroje tepla

Volbu metody pájení je třeba předem zvážit s ohledem na požadovanou pevnost spoje, materiál spojovaných součástí a cenu pájky.

- Pájení pájkou (dotykové) - měkké pájení - pro pájení se používají nástroje pájedla, nebo páječky (vlastní, trvale zabudovaný zdroj tepla). Pájedla jsou měděné, vhodně veliké, v držáku ustavené hroty ohříváné v peci nebo jiném zařízení.
- Plamenem - měkké i tvrdé pájení - ohřev probíhá pomocí hořáku s nejčastěji kyslíkovo -acetylenovým plamenem.
- Elektrickým obloukem, indukčně, ultrazvukem, třením, horkým vzduchem.
- Laserovým, elektronovým paprskem.
- Ponorem - v solné lázni, kovové lázni. [11]

### 3.4.3 Laserové pájení

V automobilovém průmyslu je využíváno zejména laserové pájení. Touto metodou se spojují zadní výklopné dveře a střecha (obrázek 5). Výsledný spoj je velice příznivý na pohled, neboť pájka tvoří zaoblené přechody a šev se nemusí dodatečně nijak upravovat.

Nejde pouze o spojování oceli i s povrchovou úpravu, kterou pájení nenaruší, ale také o spojování oceli se slitinami hliníku.

Principem laserového pájení je roztavení drátu, který je přídavným materiálem, pomocí laserového paprsku. Tento drát je do prostoru budoucího spojení přiváděn jednotkou podavače drátu a následně se taví laserem. Roztavený přídavný materiál je vtahován do štěrbině mezi spojovanými částmi, která má funkci kapiláry. [13]



*Obr. 5 Laserové pájení zadních dveří [13]*

### 3.5 Lepení

V dnešní době, kdy se především v automobilovém průmyslu snaží výrobci o snížení hmotnosti konstrukcí a nákladů, se lepení vyrovnává a v některých aspektech předhání spoje vyráběné svařováním a pájením. Lepení má zastoupení ve všech fázích výroby karoserie. Plní funkci přenosu síly, těsnění, izolace, antikorozi ochrany, nebo tlumení chvění.

Lepené spoje jsou opět spoje nerozebíratelné. Jedná se o spojování dvou či více prvků stejného, nebo naprosto odlišného materiálu (ocel - ocel, ocel - pryž), kdy spojovacím médiem je lepidlo, které se nanáší mezi dvě vrstvy lepených materiálů. Kohezní síla (samotná pevnost lepidla) a adheze (schopnost lepidla přilnout na povrch) jsou základními činiteli při zajišťování trvanlivosti a kvality spoje. [14]

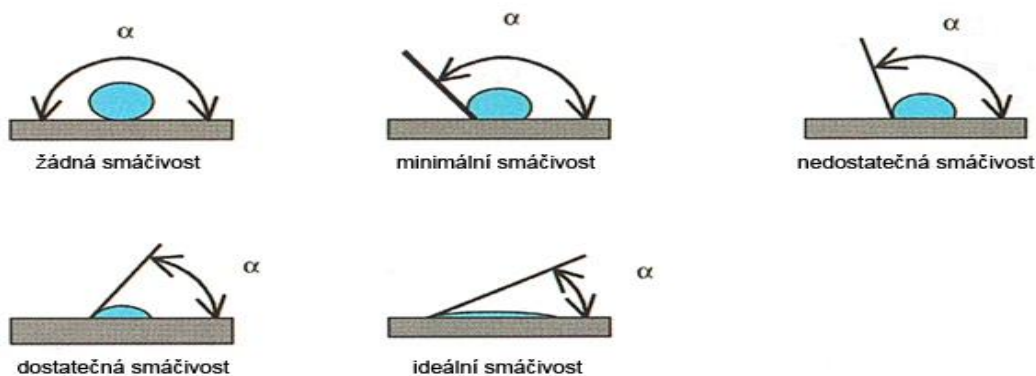
#### 3.5.1 Mechanismus soudržnosti

Je pojmenování vlastností a faktorů lepeného spoje, které zajišťují a umožňují samotný vznik lepeného spoje. Těmito vlastnostmi jsou zejména smáčivost povrchu, adheze a koheze.

#### Smáčivost povrchu

Vlastnost látek s povrchovou energií, která je vyjádřena jako povrchové napětí. V případě, že je povrchové napětí kapaliny menší než napětí předmětu na který chceme kapalinu aplikovat, nastane k rozlití kapaliny po povrchu předmětu.

Ze všech látek má voda nejvyšší povrchové napětí. Je proto možné si z jejího chování na lepeném povrchu vyvodit, jak budou povrch smáčet jiné kapaliny, hlavně pak lepidla. Nejpoužívanější je metoda kapková, zobrazená na obrázku 6, kdy se vyhodnocuje, jaký úhel svírá tečna povrchu kapky s lepeným povrchem. [15]



Obr. 6 Kapková metoda k posouzení smáčivosti [11]

## **Adheze**

Neboli přilnavost, se dá definovat jako vzájemné přitahování materiálů adhezními silami. Úzce souvisí s molekulovou strukturou lepidla. Je výsledkem, který vznikne působením chemických a mezimolekulárních vazeb za působení fyzikálních sil.

## **Koheze**

Je ve výsledku označení pro množství energie, kterou je potřeba vytvořit k odtržení jednotlivých částecek od sebe. Soudržnost (jiné označení pro kohezi) je stav látky, při kterém její částice drží pospolu díky valenčním a mezimolekulárním silám.

Kvalita lepeného spoje závisí na obou těchto faktorech stejnou měrou. Nelze ho vylepšit pouze zaměřením se jen na jednu z těchto složek. [14]

### **3.5.2 Dělení lepidel**

V technické sféře se lepidla dělí dle několika hledisek. Nejzákladnějším možným dělením je dle jeho chemického složení. Podle původu jeho základní složky jsou lepidla přírodní a syntetická.

Přírodní lepidla

- Organická – živočišný nebo rostlinný původ (škrob, živočišné klihy).
- Anorganická – vodní sklo, cement, sádra.

Syntetická lepidla: termoplastická, na bázi reaktoplastů, kaučukovitá a směsná.

Dle fyzikálního hlediska se lepidla dají rozdělit na:

- pevná,
- polopevná,
- tekutá - roztoková, pasty, disperzní a pěny.

### **3.5.3 Lepení karoserií**

Vzhledem k potřebě automobilového průmyslu na plynulou a rychlou výrobu je nevhodné se před spojováním plechů zabývat očišťováním a odmašťováním povrchů. Při svařování to není tolik problémový faktor, ale u lepení by mohlo dojít k nedostatečnému přilnutí lepidla na základní materiál a tím k výraznému oslabení celého spoje.

Okruh použitelných lepidel se tedy zužuje na určitá lepidla, kterým nevadí maziva a jsou stále dostatečně přilnavá a pevná. Plechy z hutí se do výroby například k lisování dodávají s povrchovou vrstvou maziva pro zlepšení tření a antikoročních vlastností, která se pohybuje okolo 1 až 3 g.m<sup>-2</sup>.

Lepidla k vyztužování se vytvrzují společně s lakem. U použití při těsnění lemů se využívá indukční ohřívání v průběhu montování a ke kompletnímu vytvrzení dojde během procesu vytvrzování laku karoserie v peci. Tabulka 1 zobrazuje použití bází lepidel, jejich aplikace a druh lepeného spoje. [14,16]

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

*Tab. 1 Užívaná lepidla a jejich oblast použití [14]*

Technologie lepení si své místo v montování karoserií nachází čím dál tím více a to především vzhledem k nastavenému trendu snižování hmotnosti automobilu jako celku. Dalším významným faktorem, který velikým způsobem ovlivňuje zastoupení lepení ve stavbě karoserií, je energetická úspora oproti ostatním metodám spojování.



## **Aplikace lepení ve stavbě karoserie**

### **Lepení za účelem těsnění:**

- těsnění blatníků, hrdla palivové nádrže,
- oken, zvukové izolace dveří.

### **Nízkopevnostní lepené spoje:**

- spojení hrdla nádrže se zadní postranicí a rámem dveří,
- lepení výztuh pro povrchové díly dveří, kapoty,
- lepení střechy a jejích výztuh.

### **Pevnostní lepené spoje:**

- lepení lemů dveří a kapoty. [14]

### **3.5.4 Výhody a nevýhody lepených spojů**

Jako všechny metody má tato své nesporné výhody, ale i nevýhody. Za největší přínos se dá považovat velice nízká hmotnost vytvořeného spoje a možnost naprostého utěsnění. Na druhou stranu jsou největší nevýhodou nižší mechanické vlastnosti spoje.

#### **Výhody:**

- spojování stejných (ocel - ocel) i různých materiálů (ocel - plast, sklo...) bez ohledu na tloušťku,
- aplikací lepidla není narušen fyzický stav materiálu, ani jeho estetika,
- lze připravit spoje plynotěsné, vodotěsné, spoje s dobrou elektrickou, tepelnou a zvukovou izolací,
- v podstatě žádné zvyšování hmotnosti konstrukce,
- tlumí vibrace, zabraňuje vzniku elektrolytické koroze,
- lze vytvořit spoje průhledné, jinak zabarvené.

#### **Nevýhody:**

- vytvoření nerozebíratelného spoje,
- vysoké požadavky na čistotu povrchu a rovinnost spojů,

- při špatných adhezních vlastnostech nutnost použít zvláštní úpravy povrchu,
- nižší odolnost spoje vůči vyšší teplotě,
- u některých spojů je nejvyšší pevnosti dosaženo až po určitém čase,
- životnost jistých druhů lepidel je časově omezená,
- velká citlivost na namáhání v odlupování,
- u některých lepidel je potřeba speciální vytvrzovací přípravky. [17]

### 3.6 Nýtování

Nýtování je metoda spojování dvou či více materiálů v nerozebíratelný spoj. Spojovacím elementem je nýt nebo čep. Po snýtování se součásti stáhnou k sobě a ve spoji vznikne tření, které je v tomto případě žádoucí. Čím je toto tření větší, tím lépe, protože se snižuje smykové namáhání nýtu, kterým je namáhán.

V dnešní době, kdy jsou používány modernější a kvalitnější metody, se nýtování používá již méně. Užití je hlavně v provizorních opravách, ale jsou případy, kdy je nýtování hlavní metodou spojování a je stále nenahraditelná. Například dříve bylo nýtování naprosto nepostradatelné při stavbách mostů a kotlů. Spojení bylo poměrně jednoduché, pevnostně na vysoké úrovni a jednoduché na kontrolu.

Dělení nýtovaných spojů se dá klasifikovat podle teploty, za které se tvoří. Při nýtování za studena vznikne spoj s tvarovým stykem. Nýt není dostatečně stažen a dochází k namáhání na smyk. Naopak při nýtování za tepla se nýt zahřeje a při chladnutí se stažením nýtu vytvoří velké tření a součásti se přitáhnou k sobě. V tomto případě převládá namáhání tahové, které je příznivější. [18,19]

#### 3.6.1 Dělení nýtování

Nýtování se dělí na dva hlavní způsoby. Přímé nýtování a nepřímé nýtování.

##### Přímé nýtování

Spojení součástí je realizováno tak, že se po nasunutí jedné součásti do druhé zdeformuje jedna její část. Tento způsob je méně častý.

## Nepřímé nýtování

Dvě či více součástí se přeplátují a do všech se vytvoří otvor stejného průměru. Do otvoru se vloží nýt, který je na jedné straně opatřen opěrnou hlavou. Z vyčnívající části se hlava vytvoří roznýtováním.

## Rozdělení nýtů

V automobilovém průmyslu jsou nýťované spoje spíše v menším podílu k ostatním metodám. Je to dáno dlouhou dobou přípravy, která je nutná pro připravení celého spoje a práce se nedá příliš automatizovat. Při nýtování se nikdy nedá zaručit přesná poloha součástí, které se nejdříve musí předděrovat. Zde nastává další riziko. Vytvořením otvoru pro nýt okamžitě vzniká zeslabení konstrukce, ze kterého se primárně budou v případě nadměrného namáhání spoje šířit trhliny.

Nýty jsou konstrukční prvky rotačního tvaru, určené ke zhotovení nerozebíratelných spojů za studena. Nýty mohou být plného průřezu nebo duté. Skládá se z válcovitého těla, podpěrné hlavy a po roznýtování závěrnou hlavou. Materiálem nýtů bývají nejčastěji materiály s vysokou tažností - oceli tříd 11 a 12, měď a hliník.

- Zápustné - užití v případech, kdy je z provozních, bezpečnostních či estetických důvodů nežádoucí vyčnívající hlava nýtu.
- Konstrukční - vysoká pevnost nýtu, určeno pro spojování prutových konstrukcí, mostů, jeřábů.
- Kotlové - nýtování kapalinových, nebo plynových nádob a kotlů. Zde je kladen důraz hlavně na těsnost spojení.
- Drobné - průměr těla nýtu je maximálně 9 mm. Užití v elektrotechnice a spojování tenkých plechů.
- Speciální - duté, výbušné, s trnem, rozpěrné. [18,20]

### 3.6.2 Využití v automobilovém průmyslu

Klasické metody nýtování jsou v konstruování karoserií již pomalu vytlačovány ostatními metodami. Přesto se vyvíjí nové technologie, které se na konstrukci podílí poměrně velkou měrou. Firma Böllhoff, která se specializuje na vývoj montážní techniky a spojovacích prvků přišla s řadou novinek, ze kterých lze vybrat dvě, které se v automobilovém průmyslu již používají a to s poměrně velkým úspěchem. Jedná se o metodu RIVSET - narážecí nýt a metodu RIVTAC - vysokorychlostní nastřelování čepů.

### 3.6.3 Rivset

Tato metoda se zakládá na naražení čepu do spojovaných součástí, čímž vznikne spoj se silovým a tvarovým stykem. Zároveň není nutné materiály předděrovat. Nýt si v průběhu operace prorazí vrchní část materiálu, do spodní se vlisuje a vytvoří tvarový zámek.

Tuto metodu lze aplikovat ve všech oblastech konstrukce karoserie a to od spojování nosných částí, po prvky v interiéru i ve výrobě agregátů.

#### Možnosti spojování

Spojování dvojice ocel – ocel je naprostou samozřejmostí. Tato metoda je ideální i pro spojování oceli s hliníkem, pouze hliníku nebo těchto dvou materiálů s umělou hmotou. K tomu jsou využívány speciální, poloduté nýty různých tvarů a rozměrů. Nýt a výsledné spojení je viditelné na obrázku 7.



*Obr. 7 Narážecí nýt a spojení jím vytvořené [22]*

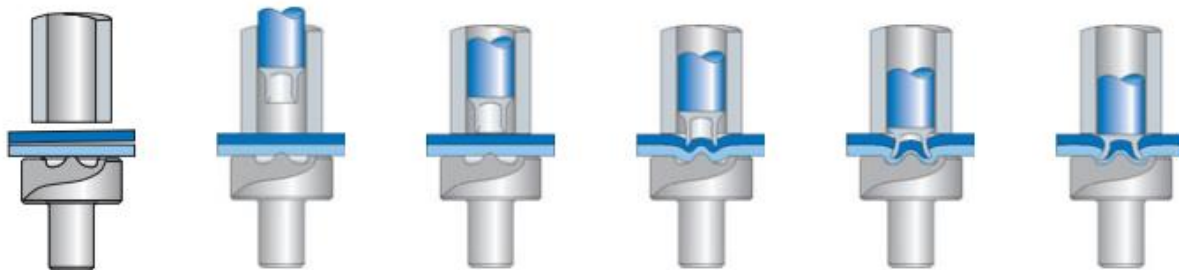
Velice často je mezi spojované materiály aplikována mezivrstva lepidla, která napomáhá jak pevnosti spoje, tak jeho těsnosti. [21]

### 3.6.4 Princip metody

Na obrázku 8 je zobrazen schematický postup metody RIVSET. Přeplátované materiály určené ke spojení se vloží mezi dvě čelisti. Vrchní část, která slouží ke stlačení plechů je dutá trubka a zároveň je zásobníkem nýtů.

Po ustavení polohy spojovaných součástí dojde k jejich stlačení a následně píst přitlačí nýt na vrchní materiál. Vyvozením síly se tato vrstva prostřihne a v tento moment se oba dva materiály začínají vtlačovat do spodní matrice, která udá tvar spodní straně spojení.

Díky kuželovitému vystouplému středu matrice se nýt začne stranově rozpínat a tím dojde k vytvoření zámku a silově tvarovému styku. Následuje pouze uvolnění síly, oddálení zásobníku od vrchní části materiálu a spoj je hotov. [22]



*Obr. 8 Princip metody RIVSET [22]*

### 3.6.5 Výhody metody

Jako největší výhoda této metody možnost jednoduše spojovat jinak nespajitelné materiály. Dále nevznikají žádné výpary a energetické náročnost je také o poznání nižší, než například u svařování. Nevýhodou může být nižší pevnost spoje a pohledová část spodního dílu spoje. Dalšími výhodami jsou:

- široké spektrum spojovaných tloušťek a materiálů,
- nulový tepelný vliv na materiál,
- vysoká dynamická pevnost,
- automatizace,
- vystřížený materiál zůstává součástí spoje. [22]

### 3.6.6 Rivtac

S rostoucími požadavky na zlehčování karoserií se musí počítat se značnějším využívání lehkých slitin. Rostoucí trend a důrazné hlídání emisí automobilů bude nutit stále více automobilek přecházet na elektropohon. V tomto případě je nutnost snížení hmotnosti karoserie velice opodstatněná, protože váha baterií je značná.

Většina částí karoserie je tvořena vysokopevnostními oceli, které mají velkou crashovou pevnost, ovšem na úkor větší hmotnosti. Do budoucna se stále více počítá s modulárními systémy, které jsou založené na skládání dutých, většinou hliníkových profilů.

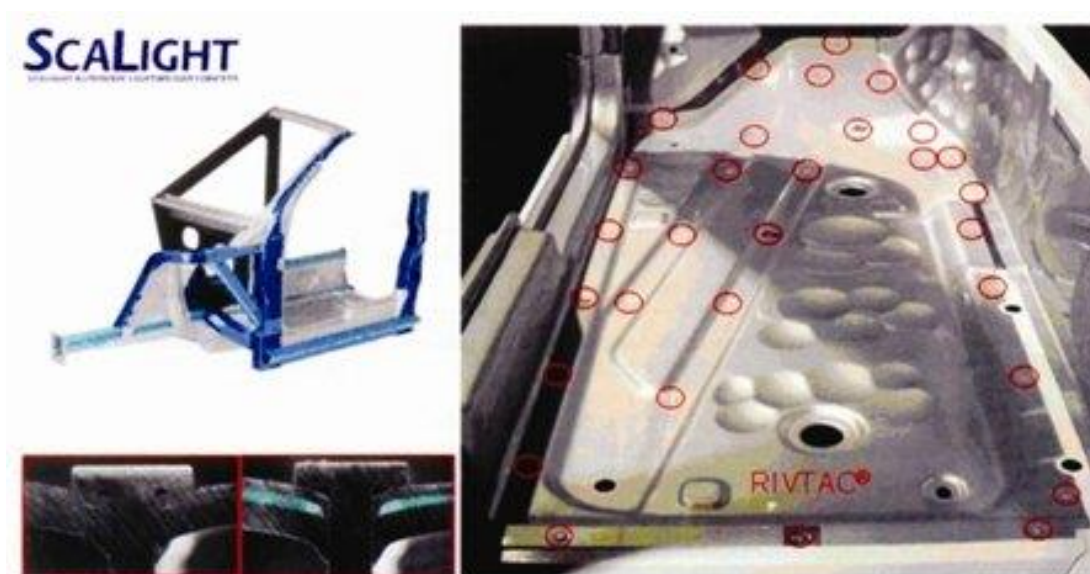
Zástupci této technologie jsou především metody ScaLight Koncept, ILIPT-Koncept a EDAG-Light-Car. Tyto metody zvyšují hospodárnost konstrukce karoserie a díky smíšeným materiálům konstrukce se využije pozitivních vlastností především kombinace vysokopevnostní oceli s hliníkem a plasty.

Všechny tyto metody potřebují nové spojovací technologie. Často je přístupná pouze jedna strana spojovaných materiálů a spojení je nutné provést bez operace předděrování. Výhodou je možnost použití pro následné povlakování ochrannou vrstvou a spojování dutých, uzavřených dílů. Metodu RIVTAC používá zejména platforma EDAG-Light-Car. [23]

### 3.6.7 Užití ve stavbě karoserie

Nastřelování svorníků - nýtů je využíváno především ve dvou oblastech konstrukce karoserie. První je spojování podlahy tloušťky 0,8 a 1,5 mm k ocelovému rámu vytvořeného z profilů tloušťky 2 mm. Spojování je prováděno v kombinaci s lepením na cca 30 místech. Ve druhém případě je vidět použití ve smíšených částech karoserie. Jedná se o spojování plechů z vysokopevnostní oceli s profily a odlitky z hliníku. Tato kombinace materiálů je využita společně s lepením v oblasti hliníkového B sloupku, který je v zadní části spojován s ocelovým profilem podběhu.

Oba dva případy jsou viditelné na obrázku 9, kdy v první části je zobrazeno spojování B sloupku a ve druhé části je naznačeno spojení ocelové podlahy s ocelovým rámem. [23]



Obr. 9 užití RIVTAC v karoserii [23]

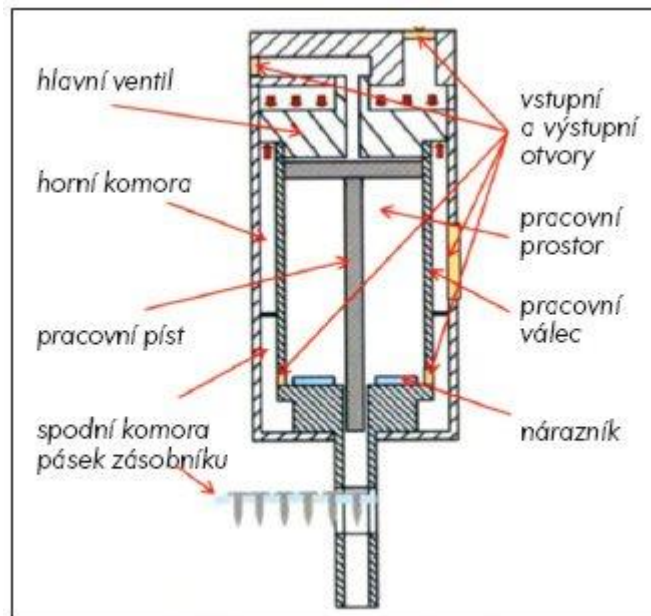
### 3.6.8 Princip metody

Tato metoda je založena na vysokorychlostním průchodu nýtu skrze spojované materiály. Díky krátkodobému lokálnímu vzestupu teploty v místě perforace materiálů dojde k zatečení materiálu do rýhování nýtu, čímž se docílí vysoký tvarový styk. Zároveň je na základě stlačení a slisování částí docíleno silového styku.

Samotný proces vytvoření spoje metodou RIVTAC se děje ve 4 krocích. Nejprve se určí pozice pro vytvoření spoje přesunutím nýtovací hlavy na požadované místo. Následně dojde k jejímu přiložení na spojované části a pomocí vysokého tlaku a rychlosti začne nýt vnikat do vrchní části materiálu. Po kompletním průchodu přeplátovanými částmi dojde k utažení spoje v důsledku zatečení materiálu do rýhování nýtu. V poslední fázi se zásobník s nýty přesune na další místo a celý proces se může opakovat. [22]

### 3.6.9 Nastřelovací zařízení

K provedení spoje dochází v důsledku vysokorychlostního nastřelení nýtu skrze spojované součásti. Toho je docíleno pomocí působení tlaku na aplikační píst, který nýt ze zásobníku protlačí do materiálů. K aplikaci se dají použít robotizované stacionární stroje, nebo ruční zařízení k lepší manipulaci. Schéma ručního i robotizovaného zařízení je patrné na obrázku 10. [22]



Obr. 10 Schéma nastřelovacího zařízení [23]

## Výhody metody

Tato metoda přináší výhody zejména v možnosti spojení vícevrstvých materiálů, které mohou být různorodé. Dalšími výhodami jsou například:

- není potřeba předděrování,
- minimální doba na vytvoření spoje,
- spojování vícevrstvých a nesusoudných materiálů,
- energeticky nenáročná,
- nevznikají žádné škodliviny a spaliny,
- postačuje jednostranný přístup,
- vysoká pevnost spoje,
- výhodná kombinace s lepením,
- žádný odpad. [22]

### 3.7 Clinching

Metoda clinching je spojování dvou součástí tvářením za studena. Spoj vznikne bez použití dalšího přídavného materiálu, či spojovacích prvků. Pro vytvoření spoje se užívá speciálních nástrojů, které součásti plasticky bez porušení spojí. Vznikne mechanický zámek, který vytvoří nerozebíratelný spoj.

Metoda clinching (někdy označována za nýtování bez nýtu) je poměrně nová metoda, která je využívána především v automobilovém průmyslu. Hlavně proto, že automobilkám jde o snižování váhy karoserií, ekonomické zefektivnění výroby a spojování materiálů, které jsou ostatními metodami velice složité, nebo nemožné.

Nástroje pro tuto metodu se skládají z razníku a matrice, která udává tvar a vytváří mechanický zámek spoje. Matrice se vyrábí s pohyblivým elementem nebo bez něj. Principem metody, zobrazeném na obrázku 11, je stlačení spojovaných materiálů k sobě s následným vtlačováním razníku do matrice. Tím dojde ke stranovému zatečení materiálu, čímž se vytvoří zámek, který brání laterálnímu posunu vrstev. Tvar výsledného spoje se odvíjí od použitých nástrojů, obecně se však dají kategorizovat na kulaté a hranaté. [33,34]

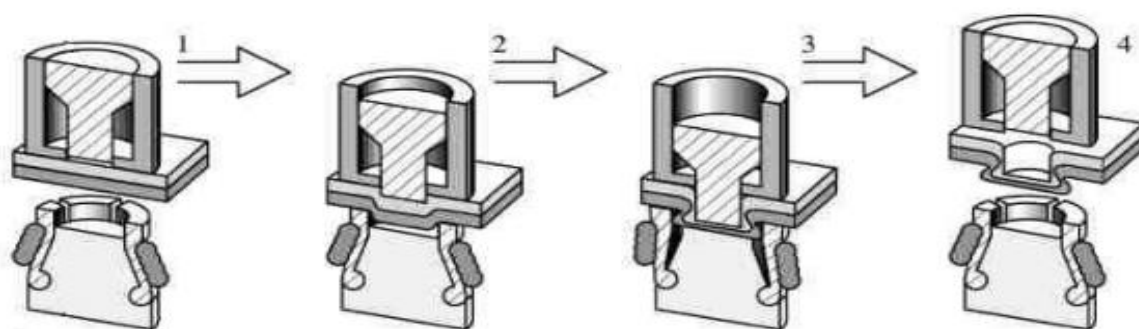
Pevnost spoje je určena dle typu nástroje a především jeho rozměru. Standardně se dodávají od minimálního průměru od 3 mm do 10 mm, přičemž se pevnost spoje navyšuje s použitím vyššího průměru. [33,34]



### 3.7.1 Princip metody

Výhodou je, že při procesu nedochází k narušení materiálu, nevznikají trhliny a pokud je materiál ošetřen například antikorozií vrstvou, ani ta není porušena. To je velká výhoda, protože má spoj téměř stejné antikorozií vlastnosti jako celá součást a dále není třeba uvažovat o dodatečné antikorozií ochraně, nebo opravách. [24]

Clinching se provádí ručně nebo roboticky. Pro ruční zhotovení spoje se využívají speciální kleště, jejichž výhodou je hlavně v manipulaci a přístupu k hůře dostupným místům. Robotiky se využívá v továrnách na automatizovaných linkách. Zde je velká produktivita práce za nižší náklady než například oproti bodovému svařování. [24]



Obr. 11 Proces metody clinching [24]

1. Rzník se přiloží na požadované místo na přeplátovaných dílech konstrukce.
2. Přeplátované plechy se sevrou mezi rzník a matici. Na rzník působí síla  $F$ , která se snaží vtlačovat materiál do matrice a vyplňovat jím její prostor.
3. Ke konci procesu se matrice rozevře, aby mohlo dojít ke stranovému zatékání materiálu a tím se vytvořil mechanický zámek, který díly drží pohromadě a brání jejich vzájemnému posunutí.
4. V poslední fázi dojde k uvolnění síly a vysunutí spoje z matrice a rzníku. [25]

### 3.7.2 Užití v automobilovém průmyslu

Díky své možnosti spojovat nesourodé materiály je využívána především u spojení oceli s hliníkem. Používá se u méně staticky namáhaných součástí díky své lepší únosnosti dynamického zatížení, než má bodové svařování. Přesto se využívá například u spojování B sloupků, které se čím dál častěji vyrábí z hliníkových profilů.

Nejčastější oblasti využití této metody jsou ve vnitřní zástavbě automobilu pojezdy posunu sedadel a jejich boční části, rám střešního okna, páka ruční brzdy a mechanismus stahování oken. Z exteriérových a zatěžovanějších prvků jde například o kryty brzdových kotoučů, úchyty silentbloků motoru a rám kapoty motoru. [24]

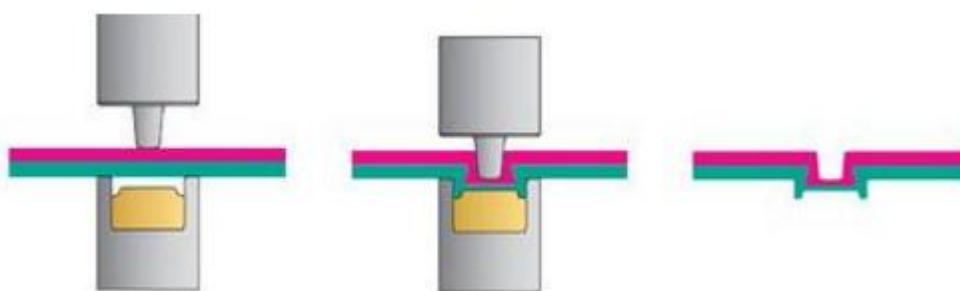
### 3.7.3 TOX clinching

Je metoda vyvinutá firmou TOX Pressotechnik a přináší alternativu k bodovému svařování, oproti kterému proces spojování probíhá za studena bez přídavného materiálu a vzniku výparů a škodlivin.

### 3.7.4 Princip metody a pevnost spoje

Na přeplátované materiály, které leží na nepohyblivé matrici působí razník. Oba dva materiály začínají vyplňovat vybranou dutinu matrice, která je na části dna mírně vystouplá. Tím spodní materiál zabíhá do stran a vrchní materiál zaujímá jeho místo, čímž se vytvoří mechanický zámek, který plechům brání proti vzájemnému posunutí. Celý proces je znázorněn na obrázku 12.

Výsledkem je nerozebíratelné spojení bez ostrých hran a ořepů, při kterém nedošlo k porušení materiálu, ani jeho případných povrchových vrstev. [26]



Obr. 12 Postup metody TOX [27]

Pevnost spoje je díky charakteru, velikosti a tvorbě spojení srovnávána s bodovým svařováním. Statická pevnost je téměř srovnatelná a dynamická bodový svar předčí. Je to dáno absencí mechanických trhlin a téměř naprosto neovlivněné struktury materiálu po zhotovení spoje.

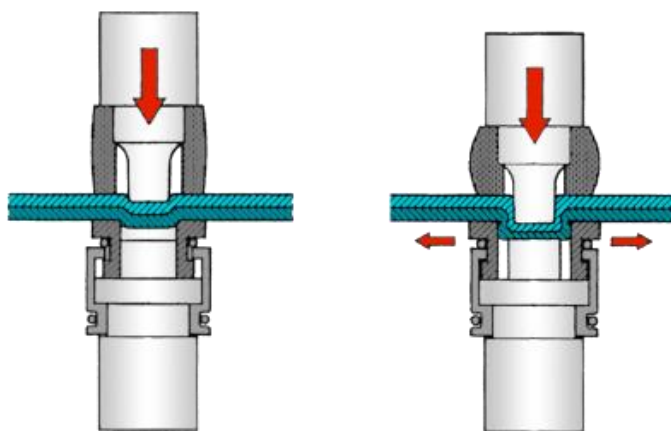
Dalším důležitým faktorem je nepoškození povrchové ochranné vrstvy, která při procesu teče společně se základním materiálem. Oproti bodovému svařování je značná úspora energie přiváděné do svaru, ale i energie spotřebované na odsávání výparů. Neopomenutelná je také úspora přídavného materiálu, který je nulový. [27]

### 3.7.5 Metoda Rivclinch

Technologie vyvinutá společností Böllhoff. Jedná se o obdobu metody TOX s tím rozdílem, že matrice se ke konci procesu roztáhne do stran, čímž se vrchnímu materiálu umožní zatéct do spodního a vytvořit zámek proti posunutí. Jedná se o metodu clinching, kdy je matrice tvořena z pohyblivých elementů. Za studena vzniká opět silový a tvarový styk. Spojovat lze dva a více materiálů do celkové tloušťky 8 mm. [28]

### 3.7.6 Princip metody

Na obrázku 13 je znázorněn proces metody Rivclinch. V první fázi se vymezuje poloha budoucího spoje. Následně se razník přitlačí na spojované materiály, čímž se ustaví jejich poloha a zamezí jejich pohybu. Poté dochází k protlačování vrstev až na dno matrice, která je v tomto případě rovná a hladká. Jakmile se spodní vrstva materiálu dotkne dna matrice, dochází k jejímu stranovému rozevření, v důsledku čehož se materiál také stranově rozpíná a tím zatéká do sebe. [28]



Obr. 13 Princip metody Rivclinch [22]

### 3.7.7 Výhody a nevýhody metody clinching

Výhody:

- spojování materiálů nesourodých částí,
- metoda bez přídavného materiálu,
- vytvoření spoje nezvyšuje hmotnost,
- nižší energetická náročnost proti svařování,
- nevznikají spaliny ani výpary,
- povrchová vrstva není narušena,
- možnost vícevrstvého spojení.

Nevýhody:

- nižší statická pevnost oproti bodovému svařování,
- vyžaduje oboustranný přístup,
- spodní část spoje je vystouplá,
- z vrchní strany vzniká válcovitá prohlubeň. [29]

## 4 Tabulkové zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých metod spojování

V této kapitole budou v tabulkách přehledně srovnány výhody a nevýhody vybraných metod, které se nejvíce využívají ke spojování plechů v automobilovém průmyslu. V tabulce číslo 2 jsou zvláště srovnány metody svařování a to z toho důvodu, že svařování je stále dominantní metodou spojování.

Přesto se ve dnešní době automobilky snaží přicházet s novými metodami spojování, které by byly o něco ekonomičtější a eliminovaly některé nevýhody, které metoda svařování přináší. Jedná se především o velkou energetickou náročnost zejména u svařování hliníku, který se má stát dominantním materiálem. Při svařování hliníku vzniká na jeho povrchu kvůli jeho reakci s kyslíkem v atmosféře tenká oxidická vrstva. Ta sice plní ochrannou funkci proti korozi, ale má vyšší bod tání a tím znesnadňuje svařování. [35]

<b>Metoda</b>	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
MAG / MIG	ochrana svaru před okolní atmosférou, možnost automatizace, dobré provaření, metoda MAG – zlepšení vlastností vstupem plynu do svaru	cena ochranných plynů, vznik výparů a zplodin, vyšší tepelné ovlivnění materiálu
WIG / TIG	ochrana svaru před okolní atmosférou, možnost automatizace, dobré provaření	cena ochranných plynů, vznik výparů a zplodin, vyšší tepelné ovlivnění materiálu
Laserové svařování	možnost spojování tenkých materiálů, menší tepelně ovlivněná oblast, velice dobré provaření, využití k dělení materiálu	vysoká spotřeba energie, drahé zařízení, zplodiny
Svařování plazmou	možnost spojování tenkých materiálů, menší tepelně ovlivněná oblast, malá deformace svarů	vysoká spotřeba energie, drahé zařízení, vznik škodlivin
Bodové svařování	vysoká produktivita práce, automatizace, bez přídavného materiálu, krátký čas k vytvoření svaru	nutný oboustranný přístup, vznik škodlivin, vyšší energetická náročnost
Švové svařování	vysoká produktivita práce, automatizace, bez přídavného materiálu, v kombinaci s lepením vylepšení vlastností	důraz na čistotu stykových ploch, energetická náročnost
Výstupkové svařování	provedení velkého počtu svarů naráz	důraz na čistotu stykových ploch, energetická náročnost
Pájení laserem	možnost spojování materiálů s povrchovou úpravou, estetický vzhled spoje, v některých případech náhrada svařování	energetické náročnost, cena přídavného materiálu, menší pevnost spoje

*Tab. 2 Porovnání metod svařování [3,5,8,11,30]*

V tabulce 3 jsou vyčteny takové metody spojování, které se sice mechanickým vlastnostem svařence teprve přibližují, ale jejich vhodnou kombinací a vývojem se časem zařadí mezi metody určené ke spojování vysoce namáhaných konstrukčních uzlů. Tyto metody jsou v konstrukcích v porovnání se svařováním používány poměrně nově, ale je v nich vidět potenciál a cesta, která by mohla automobilovému průmyslu pomoci.

	<b>Metoda</b>	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
	Lepení	spojování materiálů různých dvojic, těsnění spoje, nízká hmotnost spoje, neporuší povrchovou vrstvu	důslednější příprava povrchu, menší pevnost spoje
Nýtování	Rivset	spoj je z vrchní strany hladký, variabilní spojovaná tloušťka	nutnost oboustranného přístupu, pohledová spodní strana spoje
	Rivtac	postačuje jednostranný přístup, rychlá aplikace, vysoká pevnost, není nutnost předděrování	perforování materiálu, nýt vyčnívá na obou stranách
Clinching	TOX	minimální tepelné ovlivnění materiálu, žádný přídavný materiál, nízká energetická náročnost, neporuší povrchovou vrstvu	nutnost oboustranného přístupu, oproti bodovému svařování nižší pevnost spoje
	Rivclinch	minimální tepelné ovlivnění materiálu, žádný přídavný materiál, nízká energetická náročnost, vyšší dynamická únosnost oproti bodovému svařování, neporuší povrchovou vrstvu	nižší statická únosnost oproti bodovému svařování, Potřeba oboustranného přístupu, nerovný povrch spoje

*Tab. 3 Srovnání nekonvenčních metod spojování [14,22,29,33]*

## 5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zanalyzování metod spojování plechů, které jsou využívány především v automobilovém průmyslu.

Tohoto cíle bylo dosaženo shromážděním a nastudováním odborné literatury a následným popsáním, uvedením výhod a nevýhod, vysvětlením principu a ve vybraných případech zobrazením obrázků.

V dnešní době je kladen na kritéria výroby automobilů pravděpodobně ještě větší důraz, než tomu bývalo dříve. Bezpečnost, náklady na výrobu, spotřeba paliva automobilu a celková hmotnost jsou nyní nejdiskutovanějšími faktory, které ovlivňují rozhodování ohledně technologií, kterými se budou nejen karoserie, ale i celé vozy vyrábět.

Tato práce se zabývá srovnáním metod, kterými se plechy spojují nejčastěji a to: svařováním, pájením, lepením, nýtováním a metodou clinching. Technologie svařování byla a stále je nejfrekventovaněji využívaná metoda. Je to dáno především možností nejlepšího poměru nákladů k pevnosti spojení. Je ovšem i několik negativních faktorů, díky kterým se dostávají do popředí ostatní zmiňované metody.

Plechý se před spojováním v konstrukční celky opatřují povrchovou ochranou, která v některých případech tento proces znemožňuje nebo znesnadňuje a někdy je tato vrstva narušena. Je třeba se zamyslet, zda se z ekonomického hlediska vyplatí všechna tato porušená místa vyhledávat a opravovat, nebo jim vhodnou technologií předcházet. Rozvíjející se metoda, která by mohla nahradit bodové svařování je nastřelování svorníků - nýtů a metoda clinching, která má srovnatelnou statickou a lepší dynamickou únosnost spoje. Je také energeticky méně náročná a ušetří se finance za přídavný materiál.

Metoda lepení se využívá spíše jako doplňková například k nýtování, svařování a metodě clinching. Její pevnostní limity stále nejsou přizpůsobené k více namáhaným částem karoserie.

Do budoucna se v automobilovém průmyslu stále více počítá s obměnou spalovacích motorů za elektrické pohony. Bude tedy kladen stále větší důraz na snižování hmotnosti karoserie vzhledem k velké váze baterií. S tím přichází potřeba vyrábět karoserie z lehčích

materiálů, především hliníku a jeho slitin a používat takové technologie, které jsou ekonomicky i ekologicky méně náročné.

Jako nejlepší metodou do budoucnosti by bylo dobré se v automobilovém průmyslu zaměřit na spojování plechů za studena. Energetické a ekologické mantinely budou stále zužovat možnosti výroby a nutit automobilky přicházet s novými metodami, případně více aplikovat moderní způsoby spojování.



## 6 Seznam použitých zdrojů

- [1] KUNCIPÁL, J. PILOUS, V. DUNOVSKÝ, J. *Nové technologie ve svařování*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1984. 290 s.
- [2] HLUCHÝ, M. KOLOUCH, J. PAŇÁK, R. *Strojírenská technologie 2 – polotovary a jejich technologičnost 1. díl*. Praha: Scientia, 1998. 316 s. ISBN 80-7183-117-4.
- [3] KOVAŘÍK, R. ČERNÝ, F. *Technologie svařování*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008. 186 s. ISBN 978-80-7082-697-3.
- [4] ZHANG, Y. *Using a Car Body in white (BIW) to Study the Feasibility of Applying Laser Welding*. Lasers in Engineering. 2014, Woll.0, pp. 107 – 120. ISSN 0898-1507
- [5] KOŘÁN, P. Seriál na téma lasery – hlavní typy laserů používaných v průmyslu [online]. Publikováno 19.2.2013. [cit. 2016-1-28]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu-128>
- [6] GSCHEIDLE, R. A KOL. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. 629 s. ISBN 80-85920-76-X.
- [7] PODSTAVEK, M. Svařovací postup škoda Roomster [online]. Publikováno 2012. [cit. 2016-1-28]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=52297](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52297)
- [8] Švové odporové svařování [online]. Publikováno 22.4.2010. [cit. 2015-12-6]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/11-22.pdf>
- [9] ADAMKA, J. TURŇA, M. HAVALDA, O. STYK, J. *Základy zvarania, delenia a spajkovania kovov*. 2. upravené vydanie. Bratislava: Alfa, 1983. 543 s.
- [10] MESSLER, R. W. *Joining of materials and structures from pragmatic process to enabling technology*. Burlington: Elsevier, 2004. 790 p. ISBN 0-80-7506-7757-0.
- [11] Technologie 1 – pájení [online]. Publikováno 12.3.2010. [cit. 2016-1-28]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy/cvi%C4%8Den%C3%AD13\\_prezetace.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy/cvi%C4%8Den%C3%AD13_prezetace.pdf)
- [12] BROŽEK, M. *Základy strojírenské technologie – návody na cvičení*. 1. vydání. Praha: ČZU, 2001. 163 s. ISBN 80-213-0724-2.

- [13] Pájení [online]. Publikováno 10.8.2015. [cit. 2016-1-28] Dostupné z:  
<http://www.cz.trumpf.com/cs/produkty/laserova-technika/reseni/oblasti-pouziti/laserove-svareni/pajeni.html>
- [14] Technologie lepení v automobilovém průmyslu - studijní materiál, speciální technologie [online]. Publikováno 1.10.2005. [cit. 2016-3-9] Dostupné z:  
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/spt.htm>
- [15] BROŽEK, M. *Strojírenská technologie - technologické postupy*. Praha: ČZU, 2009. 103 s. ISBN 978- 80-213-1942-4.
- [16] BROCKMANN, W. *Adhesive bonding: materials, applications and technology*. Weinheim: WILEY-VCH, 2009. 414 p. ISBN 978-3-527-32014-1.
- [17] PETERKA, J. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1980. 788 s.
- [18] NĚMEC, K. *Nýtování*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965. 64 s.
- [19] KŘÍŽ, R. VÁVRA, P. *Strojírenská příručka svazek 5*. Praha: SCIENTIA, 1994. 237 s. ISBN 80-85827-59-X.
- [20] WOLF, J. *Spojování tenkých plechů*. Praha, 2012. 61 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita. Brožek Milan
- [21] Vysoce pevné a bezpečné spojení materiálů [online]. Publikováno 12.9.2013. [cit. 2016-3-9] Dostupné z:  
[http://www.boellhoff.cz/cs/cz/spojovaci\\_prvky/specialni\\_spojovaci\\_prvky/nytovaci\\_technika/rivset.php](http://www.boellhoff.cz/cs/cz/spojovaci_prvky/specialni_spojovaci_prvky/nytovaci_technika/rivset.php)
- [22] Rivset [online]. Publikováno 7.3.2014. [cit. 2016-3-10] Dostupné z:  
<http://www.boellhoff.cz/static/pdf/downloadcenter/EN/RIVSET-EN-6701.pdf>
- [23] ŠANOVEC, J. *Moderní způsoby spojování dílů karoserií*. MM průmyslové spektrum. 2012, č. 10, s. 52-53. ISSN 1212-2572.
- [24] Clinching - always the right connection [online]. Publikováno 8.10.2013. [cit. 2016-2-18]. Dostupné z: <http://www.tox-en.com/news/news-and-blog/blog-detail/news/toxR-clinching-always-the-right-connection/>

- [25] Rivclinch [online]. Publikováno 8.1.2014. [cit. 2016-3-8]. Dostupné z: <http://www.boellhoff.cz/static/pdf/downloadcenter/EN/RIVCLINCH-EN-6780.pdf>
- [26] VOJTĚCH, D. *Materiály a jejich mezní stavy*. Praha: VŠCHT, 2010. 212 s. ISBN 978-80-7080-741-5.
- [27] TOX-Clinching: Riveting without rivets [online]. Publikováno 12.6.2014. [cit. 2016-2-28]. Dostupné z: <http://www.tox-en.com/applications/clinching/tox-joining-technology/>
- [28] Vysoce pevné spojení v kovových materiálech [online]. Publikováno 26.3.2013. [cit. 2016-3-2]. Dostupné z: [http://www.boellhoff.cz/cs/cz/montazni\\_systemy/clinčovani.php](http://www.boellhoff.cz/cs/cz/montazni_systemy/clinčovani.php)
- [29] The Clinch Joint characteristics [online]. Publikováno 26.1.2016. [cit. 2016-3-3]. Dostupné z: <http://www.bollhoff-attexor.com/process/technical-infos.html>
- [30] Pohled do technologie svařování - MIG-MAG [online]. Publikováno 24.5.2010. [cit. 2016-3-5]. Dostupné z: <http://www.toolscomp.cz/technologie/pohled-do-technologie-svarovani-mig-mag/>
- [31] Laser development at Volvo [online]. Publikováno 1.3.2013. [cit. 2016-3-4]. Dostupné z: <http://www.industrial-lasers.com/articles/print/volume-28/issue-2/features/laser-development-at-volvo.html>
- [32] Svařování [online]. Publikováno 2.6.2010. [cit. 2016-3-4]. Dostupné z: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2743](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2743)
- [33] Clinching [online]. Publikováno 18.3.2013. [cit. 2016-2-28]. Dostupné z: <http://www.tox-us.com/us/applications/clinching.html>
- [34] How does clinching work? [online]. Publikováno 7.3.2014. [cit. 2016-3-10] Dostupné z: <http://norlok.com/what-is-clinching/>
- [35] BORSELLINO, C. Adhesive joining of aluminium AA6082: The effects of resin and surface treatment [online]. Publikováno 7.6.2009. [cit. 2016-3-21] Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014374960800016X>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Princip metody MIG, MAG [30].....	5
Obr. 2 Laserové svařování střechy [31].....	7
Obr. 3 Princip bodového svařování [30].....	8
Obr. 4 Kompletování podlahy bodovým svařováním [7].....	10
Obr. 5 Laserové pájení zadních dveří [13].....	13
Obr. 6 Kapková metoda k posouzení smáčivosti [11].....	14
Obr. 7 Narážecí nýt a spojení jím vytvořené [22].....	20
Obr. 8 Princip metody RIVSET [22].....	21
Obr. 9 Užití RIVTAC v karosérii [23].....	22
Obr. 10 Schéma nastřelovacího zařízení [23].....	23
Obr. 11 Proces metody clinching [24].....	25
Obr. 12 Postup metody TOX [27].....	26
Obr. 13 Princip metody Rivclinch [22].....	27

