

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie

# **Analýza metod spojování v automobilovém průmyslu**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Autor práce: Holpuch Lukáš

©2014

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Holpuch Lukáš

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Analýza metod spojování v automobilovém průmyslu**

Anglický název

**Analysis of bonding methods in automotive industry**

## **Cíle práce**

Shromáždit literární podklady o možnostech spojování v automobilovém průmyslu.

## **Metodika**

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Závěry a přínos práce.

## **Osnova práce**

1. Úvod.
2. Cíl práce a metodika.
3. Metody spojování v automobilovém průmyslu.
4. SWOT analýza metod spojování.
5. Závěr.
6. Seznam literatury.

## Rozsah textové části

cca 30 stran

## Klíčová slova

automobil, clinching, lepení, nýťování, spojování, svařování

## Doporučené zdroje informací

ADAMS, R. D., COMYN, J., WAKE, W. C.: Structural adhesive joints in engineering. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1997. 376 s.  
BROŽEK, M.: Strojírenská technologie I. Praha: ČZU v Praze, 2008. 80 s.  
BRANDON, D., KAPLAN, W. D.: Joining Processes: An introduction. Chichester: Wiley, 1997. 363 s.  
DAVIES, G.: Materials for automobile bodies. Oxford: Butterworth – Heinemann, 2003. 277 s.  
DUCHÁČEK, V.: Polymery výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT Kanag – tisk, 2006. 278 s.  
HABENICHT, G.: Kleben: Grundlagen, Technologien, Anwendung. Berlin: Springer 2002. 921 s.  
HICKS, J.: Welded joint design. New York: Industrial Press, 1999. 141 s.  
LANCASTER, J. F.: Metallurgy of welding. Cambridge: Abington Publishing, 2001. 446 s.  
LOCTITE: Der Loctite. Worldwide Design Handbook. München: Loctite European Group, 1998. 452 s.  
MESSLER, R. W.: Joining of materials and structures from pragmatic process to enabling technology. Burlington: Elsevier, 2004. 790 s.

Časopis: International Journal of Adhesion & Adhesives, Journal of Materials Processing Technology, Research in Agricultural Engineering, International Journal of Solids and Structures, Zváranie – svařování, Welding and Metal Fabrication, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Strojírenská technologie, The journal of adhesion, Journal of material science, The Journal of Physical Chemistry, International Journal of Fatigue, Journal of materials processing technology, Technical Gazette, Strojárstvo, Journal of lasers applications, Journal of Materials Processing Technology.

## Vedoucí práce

Müller Miroslav, doc. Ing., Ph.D.

## Termín zadání

listopad 2012

## Termín odevzdání

duben 2014

prof. Ing. Milan Brožek, CSc.  
Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.  
Děkan fakulty

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma analýza spojování v automobilovém průmyslu vypracoval sám pod vedením doc. Ing. Miroslava Müllera, Ph.D. a uvedl jsem všechnu literaturu, kterou jsem použil.

V Praze dne:

Podpis:

## Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce za odborné konzultace, vhodné rady a strávený čas. Dále děkuji mé rodině za podporu a trpělivost nejen při psaní práce, ale při celém studiu.

## Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou spojování v automobilovém průmyslu. Jejím cílem je shrnutí a popsání podstaty jednotlivých metod.

Práce je logicky členěna do kapitol. První část se zabývá metodami spojování v automobilovém průmyslu jako celku a určitými typy spojování.

V druhé části je popsáno využití, výhody a nevýhody daných metod. V neposlední řadě jsou zahrnuty i aktuální trendy. V závěru práce najdeme SWOT analýzu a shrnutí poznatků z celé práce.

Klíčová slova: automobil, lepení, nýtování, spojování, svařování

### **Analysis of bonding methods in automotive industry**

This bachelor's thesis analyzes the mergers in the automotive industry. Its aim is to summarize and describe the essence of each method.

The work is conceived in three parts. The first part deals with mergers in the automotive industry as a whole, plus a connection types.

The second section describes the use, advantages and disadvantages of these methods. Last but not least, included the current trends. In conclusion, we find a SWOT analysis and summary of findings from the whole work.

Keywords: car, bonding, riveting, coupling, welding

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika.....	2
2.1	Cíl práce.....	2
2.2	Metodika.....	2
3	Metody spojování v automobilovém průmyslu.....	3
3.1	Svařování.....	3
3.2	Metody tavného svařování.....	4
3.2.1	Svařování plamenem.....	4
3.2.2	Svařování elektrickým obloukem (MIG, MAG).....	5
3.2.3	Svařování elektrickým obloukem (WIG, TIG).....	6
3.2.4	Používané materiály.....	7
3.2.5	Ochranné plyny používané při svařování metodami MIG/MAG/WIG.....	7
3.2.6	Svařování plazmou.....	8
3.2.7	Svařování laserem.....	9
3.2.8	Typy laseru.....	10
3.2.9	CO <sub>2</sub> lasery.....	11
3.3	Metody tlakového svařování.....	12
3.3.1	Elektrické odporové svařování.....	12
3.3.2	Stykové odporové svařování.....	13
3.3.3	Bodové odporové svařování.....	13
3.3.4	Výstupkové odporové svařování.....	13
3.3.5	Švové odporové svařování.....	14
3.4	Svařování plastů.....	14
3.5	Clinching.....	15
3.6	Lepení.....	16
3.6.1	Druhy lepidel.....	16

3.6.2	Lepení karosérie .....	17
3.6.3	Spojení kovů a jejich slitin .....	19
3.7	Nýtování a šroubování .....	19
3.7.1	Nýtování .....	20
3.7.2	Typy nýtů .....	20
3.7.3	Použití nýtů .....	20
3.7.4	Druhy nýtových spojů .....	21
3.7.5	Výhody nýtových spojů .....	21
3.7.6	Nevýhody nýtových spojů.....	21
3.7.7	Šroubování .....	22
3.7.8	Šroubové spoje .....	22
3.7.9	Výhody šroubových spojů.....	23
3.7.10	Nevýhody šroubových spojů.....	23
3.7.11	Použití šroubových spojů .....	23
4	SWOT analýza metod spojování.....	25
4.1	SWOT analýza - svařování.....	25
4.2	SWOT analýza – lepení .....	27
4.3	SWOT analýza – nýtování.....	28
4.4	SWOT analýza – šroubování.....	29
4.5	Zhodnocení metod dle SWOT analýzy .....	30
5	Závěr.....	34
6	Seznam literatury.....	36



# 1 Úvod

Spojování materiálů je velmi podstatná část téměř každé výroby. Spojování se samo o sobě vyvíjí a právě z tohoto důvodu musíme neustále sledovat vývojové trendy. Jak plynul čas, tak přicházely nové metody. Každá metoda spojení byla vhodnější pro určitý typ spojení a to přinášelo různé výhody jako je bezpečnost, spotřeba, emise atd.

Nejpoužívanějším sektorem, ve kterém se spojují materiály, je především automobilový průmysl. V této bakalářské práci se budeme zabývat hlavně svařováním v automobilovém průmyslu. Svařování jako metoda spojování materiálů dominuje svou prosperitou a kvalitou svaru.

Zaměříme-li svůj úsudek na budoucí perspektivní metody, které přinesou inovativní změnu a určitý pokrok, vyvodíme, že se proces výroby neobejde bez spojování jednotlivých dílů. V této bakalářské práci se budeme věnovat pouze vybranými metodami. Budou zde probrány metody, které přinášejí výhody a přínos do budoucnosti. Jsou to metody, které se zaměřují na snížení nákladů a jsou ohleduplné vůči životnímu prostředí.

V automobilovém průmyslu se používají metody svařování typu: TIG, WIG, MIG, MAG dále také svařování plasmou, laserem a clinching. Nejpoužívanější metoda spojování, co se týče produktivnosti, je právě metoda laserem. Tato metoda se používá především v hromadné výrobě. Je vysoce produktivní a výkonná, ale na druhou stranu je velmi náročná. Samozřejmě se v automobilovém průmyslu používají i jiné metody, vždy záleží na tom, co přesně chceme spojit.

Výrobní společnosti se snaží používat metody, které jsou nákladově vhodné, bezpečné, rychlé. Dávají důraz na výhody dané metody a na kvalitu provedení lidským faktorem.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této práce je kompilace literárních zdrojů, odborných článků a jiných vhodných pramenů a uvedení do problematiky spojování prostřednictvím analýzy vybraných metod. Cílem je také popsání výhod a nových vývojových trendů u metod, které jsou používány.

Součástí práce je SWOT analýza, ze které vyplynou výhody a nevýhody jednotlivých metod. Zpracování této bakalářské práce předcházelo vypracování bibliografické rešerše.

### **2.2 Metodika**

Tato práce se zaměřuje na kompilaci vědeckých pramenů dostupných v dnešním světě. Čerpal jsem z odborných článků a knih zabývajících se danou problematikou, v textu jsou uvedeny veškeré poslední výsledky výzkumu.

Pro jejich zpracování jsou použity přehledné tabulky, ze kterých lze vyčíst prospěšnost a především jejich prosperitu. Z důvodu lepší vizualizace daných faktorů jsou použity grafy a přílohy.

### 3 Metody spojování v automobilovém průmyslu

V této části budou rozebírány metody spojování v automobilovém průmyslu. Budou zde uvedeny metody svařování, lepení, nýtování, šroubování a clinching.

#### 3.1 Svařování

Svařováním vytváříme pevná a nerozebíratelná spojení kovových částí, jejich výhodou je těsnost a trvanlivost. Svařováním se také zvyšuje produktivita práce, což vede k zlepšení efektivnosti celkového výkonu celé práce. Dále mezi přednosti svařování můžeme zařadit zjednodušení konstrukcí a především zkrácení výrobních časů. Opakem těchto předností je, že je nutné mít k dispozici kvalifikované dělníky a svařením dvou částí nám vzniká nerozebíratelný spoj (TMĚJ – NEUMANN, 1990).

Metody svařování se stále používají ve větším rozsahu téměř ve všech sektorech výrobních procesů. Tím je myšleno, jak při výrobě nových strojních konstrukcí, tak při všeobecných opravách daného výrobku. Svařované součásti často v automobilovém průmyslu nahrazují odlitky a výkovky, zejména u velkých a složitých součástí. Svařované materiály musí být svařitelné. Svařitelnost je tedy schopnost materiálů vytvořit svar spojení určité požadované jakosti (HLUCHÝ, KOLOUCH. 2007).

Jakost lze definovat různými způsoby. Například ve slovníku můžeme nalézt, že je to znak nebo atribut, stupeň nebo třída znamenitosti. Dle Deminga je to určitý typ vztahu k zákazníkovi, jeho potřebám, které je nutné udělat. Dále podle Crosbyho bychom mohli jakost definovat jako stav výrobku, který je shodný s požadavky (KOMORA-KHK,2014).

Požadavky na jakost při svařování je podle normy EN ISO 3834 (TÜV NORD Czech, 2008). Norma ISO 3834 se skládá z následujících částí: První se skládá z kritéria pro volbu odpovídajících požadavků na jakost. Druhá část popisuje vyšší požadavky na jakost. Třetí se zaměřuje na standardní požadavky na jakost. Čtvrtá část je o základních požadavků na jakost. Závěrečná část obsahuje dokumenty, kterými je nezbytné se řídit pro dosažení shody s požadavky na jakost podle ISO 3834 - 2, ISO 3834 - 3 nebo ISO 3834 - 4 (ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA, 2006).

Svařování rozdělujeme na svařování:

- Tavné
- Tlakové

Při tavném svařování se kovy taví. Přesněji jejich stykové plochy se navzájem mísí a tuhnou a tím vzniká, vytváří se svarový spoj. Vše vzniká bez použití tlaků nebo rázů. V některých případech se používá přídavný materiál o stejném nebo podobném složení, mezi tyto případy bychom mohli zařadit svařování plamenem a elektrickým obloukem (HLUCHÝ, KOLOUCH. 2007).

### **3.2 Metody tavného svařování**

Perspektivní tavné metody svařování v automobilovém průmyslu používané ke spojení jsou metody svařování plamenem, v ochranné atmosféře, plazmou a laserem.

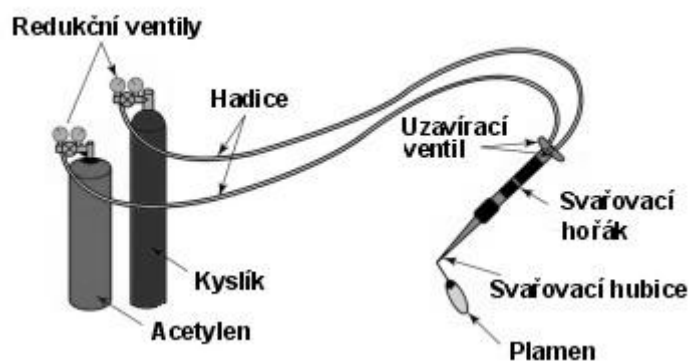
#### **3.2.1 Svařování plamenem**

Při svařování plamenem se základní materiál roztaví plamenem z hořlavého plynu a kyslíku, který slouží jako zdroj tepla. Jako hořlavý plyn se používá většinou acetylen, protože s tímto plynem se dosahují vysoké teploty plamene až 3200 °C (FISHER – KOLEKTIV, 2004).

Stykové plochy spojovaných součástí se natavují působením tepelné energie. Plamenem se svařují všechny užívané kovy a jejich slitiny. Tento způsob svařování je nejvíce vhodný pro svařování plechů do  $t = 1\text{mm}$ . Vzhledem k výstupní rychlosti plynu z hubice hořáku se získává plamen: (HRDLIČKOVÁ, 1981).

- měkký
- střední
- ostrý

Měkkým plamenem se svařuje olovo, zinek a slitiny. Naopak ostrým plamenem se materiál řeže při velké rychlosti (HRDLIČKOVÁ, 1981).



Obrázek 1 Svařování plamenem (SVARINFO, 2007).

Na obrázku 1 můžeme vidět schéma zapojení svařování plamenem. Z důvodu velké pracnosti při této metodě je často nahrazována metodou svařování elektrickým obloukem.

### 3.2.2 Svařování elektrickým obloukem (MIG, MAG)

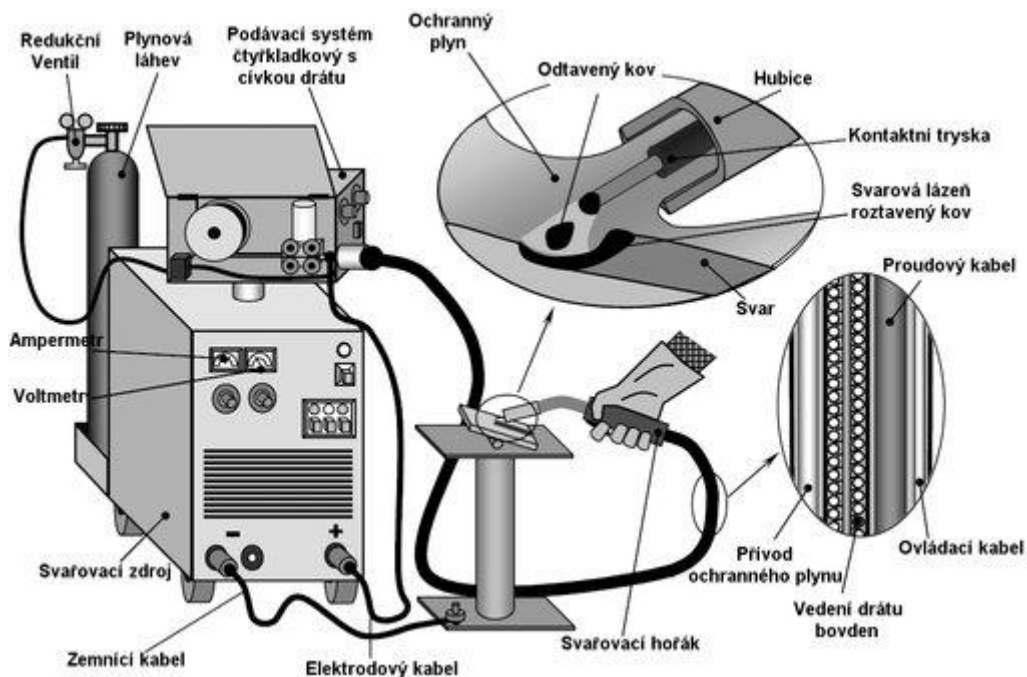
Je to metoda obloukového svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu. Pro svaření dvou částí využívá teplo elektrického oblouku mezi dodávaným drátem a svařencem.

Během tohoto procesu je odtavovaný drát směřován do místa svaření. Svarová lázeň a přidávaný drát jsou chráněny ochranným plynem. Ochranná atmosféra je dodávána výhradně externím zdrojem, přesněji zásobníkem plynů tlakové lahve nebo rozvodem plynu.

Dle složení ochranného plynu pak tuto metodu dělíme na:

- MAG – Metal Aktive Gas - tedy ochranný plyn aktivní
- MIG – Metal Inert Gas – tedy ochranný plyn inertní (AUTOMIG, 1991).

Hlavní úlohou ochranného plynu je znepřístupnit přívod vzduchu do místa svařování. Jeho činností je ochraňovat samotnou elektrodu, oblouk a tavnou lázeň. Právě díky ochrannému plynu je zaručen tepelný přenos energie do svaru a mnohé další parametry. Obloukové svařování má relativně velmi nízké náklady a dokážeme jím provést vysoce kvalitní práci ( WELDING JOURNAL, 2000). Na obrázku 2 můžeme vidět zapojení svařování elektrickým obloukem MIG/MAG.



Obrázek 2 Svařování elektrickým obloukem MIG/MAG (AUTOMIG, 1991)

Touto metodou lze svařovat téměř všechny dostupný materiál, který je svařitelný (KŘÍŽ, R., VÁVRA. 1998).

### 3.2.3 Svařování elektrickým obloukem (WIG,TIG)

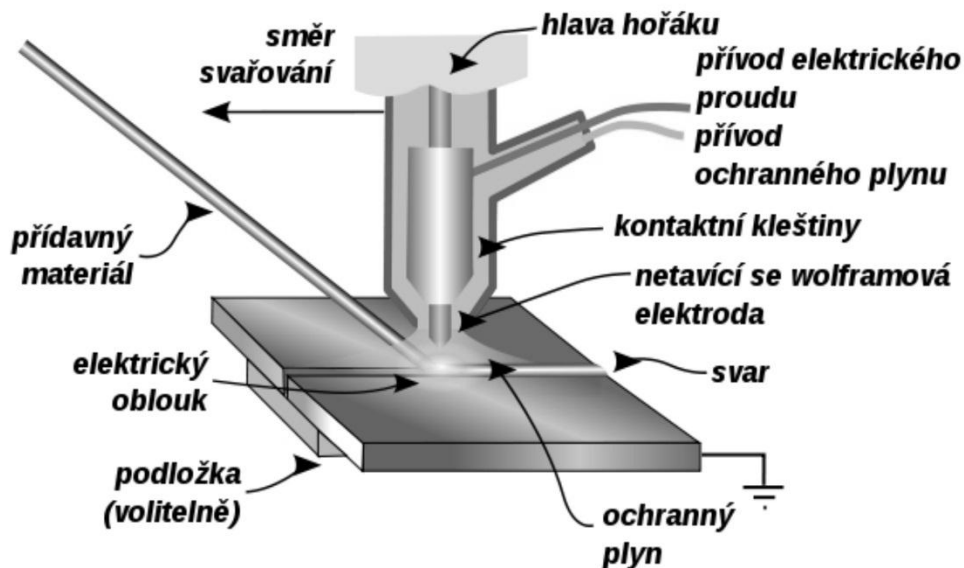
Tato metoda se zařazuje do metod svařování v ochranné atmosféře. Svarová lázeň je ochraňována inertním plynem (Argon, Helium). Tyto plyny jsou cenově velmi vysoké, proto se např. Helium používá pro složitější a náročnější konstrukce (v letectví, jaderné energetice). Svařování obloukem je tvořeno mezi spojovaným materiálem a netavící se wolframovou elektrodou. Tato elektroda nepřijde do styku se svarovou lázní (WIG – Wolfram-Inert-Gas), (KOVAŘIK – ČERNÝ, 2000).

Přidávaný materiál je dodávaný buď:

- a) ručně,
- b) strojně.

Obvykle bývá ve formě drátu, tyčinky, pásky. Tato metoda se nejvíce používá tam, kde se svařují legované oceli. Používá se také tam, kde chceme docílit provaření kořene svaru.

Samozřejmě se také používá neželezných kovů a slitin železa (KOVAŘIK – ČERNÝ, 2000). Na obrázku 3 můžeme vidět schéma zapojení elektrického oblouku WIG/TIG.



Obrázek 3 Svařování elektrickým obloukem WIG/TIG (SVARINFO, 2007).

### 3.2.4 Používané materiály

Používají se vysokolegované a chromované oceli, dále měď, nikl a jejich slitiny (KŘÍŽ, R., VÁVRA. 1998).

### 3.2.5 Ochranné plyny používané při svařování metodami MIG/MAG/WIG

V souhrnné tabulce 1 jsou znázorněny druhy plynů pro metody svařování obloukem.

Tabulka 1. Ochranné plyny svařování (KOVAŘIK – ČERNÝ, 2000).

Druh a složení plynů a jejich směsí	Použití, výhody
Argon (Ar)	WIG, MIG, neželezné kovy, vysoce legované oceli

Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> )	Svařování MAG nízkouhlíkových ocelí
Ar + 0,5% O <sub>2</sub>	Svařování hliníku a jeho slitin, snižuje se nebezpečí vzniku pórů
Ar + 1,0% O <sub>2</sub>	Korozivzdorné, žáruvzdorné a žáropevné oceli, snížením viskozity tavné lázně, dochází k zlepšení přechodové vrstvy svaru, měď a jejich slitin
Ar + 3,0% O <sub>2</sub>	Nízkouhlíkové a nízkolegované oceli, jemnozrnné oceli, výhody jako u Ar + 1,0% O <sub>2</sub>
Ar + 5,0% O <sub>2</sub>	Svařování ocelí s vyšším obsahem křemíku
Ar + 15% CO <sub>2</sub> + 5% O <sub>2</sub>	Nízkouhlíkové a nízkolegované oceli, dociluje se malého rozstřiku
Ar + 5% CO <sub>2</sub> + 2% O <sub>2</sub>	Nízkouhlíkové oceli, dociluje se dobré kresby povrchu svaru
Ar + 15 až 20%CO <sub>2</sub>	Nízkouhlíkové, nízkolegované oceli, oceli s vyšším obsahem uhlíku, klidné hoření oblouku, pro malé tloušťky
Ar + 5 až 10% H <sub>2</sub>	Automatické svařování vysokolegovaných ocelí, dociluje se vyšší tekutost tavné lázně a závaru
Ar + 0,2% N <sub>2</sub>	Slitiny hliníku bez manganu
Ar + 5 až 7% H <sub>2</sub>	Pro plazmové svařování mědi, niklu a jeho slitin, vysokolegovaných ocelí, lepší stabilita plazmového paprsku
Ar + 15 až 20% N <sub>2</sub>	Svařování nezoxidované mědi

Toto jsou nejpoužívanější ochranné plyny pro dané svařování (KOVÁŘIK – ČERNÝ, 2000).

### 3.2.6 Svařování plazmou

Plazmové svařování se provádí paprskem. Především má velké použití pro tupé svary. Paprsek směřuje po hraně a před paprskem se obě hrany nataví a rozestoupí, po paprsku se opět uzavřou. Když používáme svařování plazmou bez přidávaného materiálu, tak na povrchu materiálu nejčastěji vzniká hubený svar (TICHÝ, 2007).



Mezi plyny, které lze užít, zařazujeme argon nebo jeho směs s héliem. Argon se také používá i s jinými složkami, jako jsou například směs argonu s oxidem uhličitým, vodíkem, kyslíkem (HÁJEK, 2010).

Mezi největší přínos při svařování plazmou je vysoká produktivita při minimálním tepelném ovlivnění materiálu. Proto se tato metoda používá ke svařování ušlechtilých materiálů, což v praxi znamená, že právě v automobilovém odvětví má velké zastoupení. Svařování plazmou nám umožňuje svařovat materiály spojovacími svary o tloušťkách 0,01 až 15 mm a navařování (SCHLIXBIER, 2005), (KŘÍŽ – VÁVRA, 1998).

Pro svařování plazmou používáme tyto metody:

- Svařování mikroplazmové se svařovacím proudem 0,1 A – 20 A,
- Svařování středněplazmové se svařovacím proudem 20 A - 100 A,
- Svařování „klíčovou dírkou“ se svařovacím proudem nad 100 A (NOVÁK, 2011).



Obrázek 4 Svařování plazmou: (HRDLIČKOVÁ, 1981).

### 3.2.7 Svařování laserem

Svařování laserem je vhodné pro širokou škálu úkolů v oblasti svařování. Výkon svařování laserem je v rozmezí od 0,5 – 9 kW. Vzniklý paprsek je možné upravit na průměr až 0,5mm a menší, což je velice vhodné pro spojování materiálů (LUKÁŠEK, 2007).

Při svařování laserem je laser schopen dodávat vstupující energii, což umožňuje vytvářet úzký svar, který je minimálně tepelně ovlivněn. Objem roztavené oceli je velmi malý a právě z tohoto důvodu můžeme pracovat i při větších tloušťkách, a to bez přidaného materiálu (LUKÁŠEK, 2007).

Svařování laserem je velmi používané především v automobilovém průmyslu, kde se upřednostňuje pro svaření karosérií a také pro spojení motorových a převodových částí (KUBÍČEK, 2002).

Jedná se tedy o automatizované svařování, které vytváří úzký svar, při kterém není potřeba používat přídavný materiál, vznikající deformace jsou minimální (Řasa – Gabriel, 2005).

V současné době se používá pět hlavních druhů laserů, tyto druhy laserů se dále dělí dle druhu buzení, provozního režimu a dalších parametrů. Každý z laserů má své výhody a nevýhody a každý z nich je vhodný pro jiné použití (NOVÁK, 2011). Tyto druhy laserů jsou znázorněny v tabulce 2.

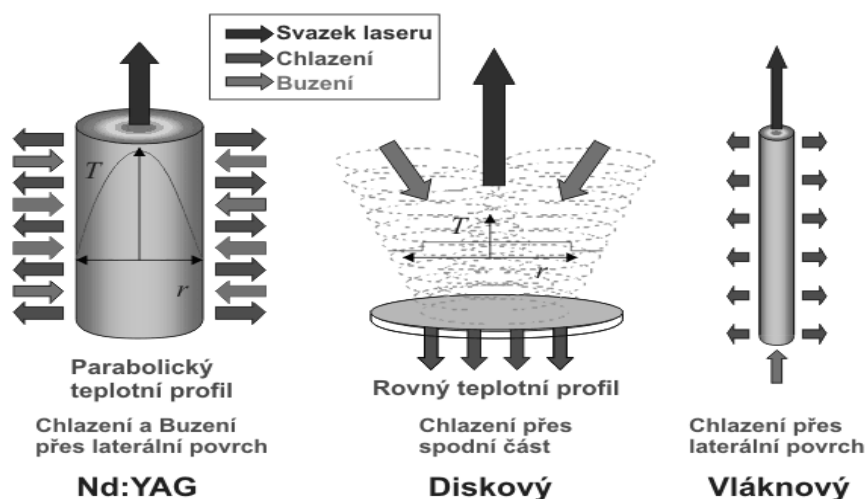
Tabulka 2. Druhy laserů (NOVÁK, 2011).

Laser	Vlnová délka (nm)	Buzení	Efek. <sup>a</sup>	Režim <sup>b</sup>	Výkon / Energie	Typické aplikace	Údržba	Život. (h)
Nd:YAG	1064	LD	~7%	CW	až 6kW	Ř,S	ano	~10 000
				pulsní*	~ mJ@ns (~100W)	Z,G		
		lampy	~3%	pulsní*	~ J@ms (~600W)	S,V		~1000
CO <sub>2</sub>	10 600	RF	~10%	CW / pulsní	10-250W	Z,G, Ř nk.	ano	~20 000
					až 5kW (Slab)	Ř,S		
		EI.	~25%		až 20kW (průtočné)	Ř,S		--
Diskový	1070	LD	~15%	CW	až 16 kW	Ř,S	ano	~10 000
Vláknový	1070	LD	~30%	CW	až 80 kW	Ř,S	ne	~100 000
				QCW	~ J@ms (~1,2kW)	Z,G,M		
				Pulsní	~ mJ@ns (~100W)	Z,G,M		
Diodový	808-980	EI.	~60%	CW	až 10kW	S,K,N	ne	~15 000

### 3.2.8 Typy laseru

Ve svařování laserem máme 3 druhy laserů o vlnové délce ~1μm. Tyto lasery bychom mohli zařadit do skupiny pevnolátkových laserů. Matrice umělého YAG krystal tvoří aktivní prostředí dopovaného ionty (Nd nebo Yb).

Aktivní prostředí je rozdíl mezi těmito typy laserů, přesněji jeho geometrie, viz obrázek níže. Když vezmeme laser a prostředí Nd: YAG, tak je aktivní prostředí tyčinka o délce 15-20 cm a o průměru ~mm. Naopak u diskového laseru je prostředí tenký disk o průměru 10 mm a tloušťce 0,25 mm. U posledního vláknového laseru je prostředí optické vlákno o délce ~ a průměru 50 – 300 $\mu$ m), (NOVÁK, 2011).



Obrázek 5 Schéma Nd: YAG, vláknový a diskový laser (NOVÁK, 2011).

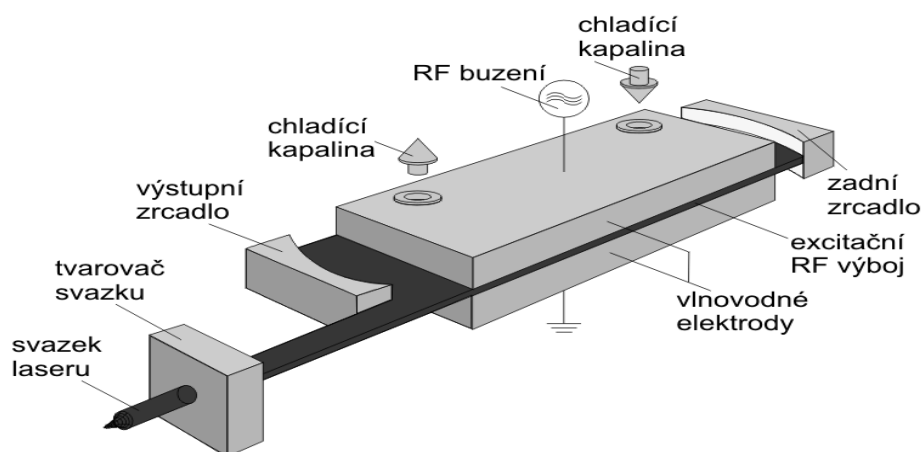
### 3.2.9 CO<sub>2</sub> lasery

Lasery CO<sub>2</sub> se řadí do skupiny plynových laserů, u které je aktivní prostředí směs plynů, které obsahují CO<sub>2</sub>. V běžné praxi se lasery používají buď buzené nebo rádio – frekvenční (RF) nebo i lasery s elektrickým výbojem (*DC – direct current*). Dále můžeme rozdělit lasery dle uzavřenosti rezonátoru. Ty se pak dále dělí na tzv. *sealed off* lasery. To jsou lasery, které jsou uzavřeny hermeticky rezonátorem a dále na průtočné lasery. U průtočných laserů plyn rezonátorem neustále proudí, k tomu jsou nutné vysoké výkony přibližně ~10kW (NOVÁK, 2011).

Lasery, které jsou do výkonu 5 kW, jsou lasery s elektrickým výbojem, rádio – frekvenční a lasery CO<sub>2</sub>. Buzení činného plynu se uskutečňuje rádio – frekvenčním vlněním. Toto vlnění se vyskytuje mezi dvěma elektrodami, které zprostředkovávají difúzní chlazení plynu v rezonátoru, a to především svou velkou plochou. Již zmiňované lasery mají dlouhou životnost, což je velká přednost, ale mají také vysokou spolehlivost a velmi nízké provozní náklady.

V dnešní době se CO<sub>2</sub> lasery využívají velmi značně. Jejich použití je například v gravírování a řezání nekovů, jako jsou například plasty, kůže, papír, sklo. Používáme je tedy tehdy, když nelze použít výše uvedené lasery s určitou vlnovou délkou 1 μm. U těchto laserů se používají výkony přibližně do 1,5 kW. Dále se také využívají u řezání a svařování kovů, kde jsou výkony až do 20 kW. Proto se v průmyslových aplikacích velmi používají CO<sub>2</sub> lasery (PAŘÍZEK, 2008).

Lasery s vlnovou délkou 1 μm mají obrovskou nevýhodu, nelze je vést pomocí optických vláken, ale pro vedení svazků je použita metoda, při které je využito zrcadlo. To znamená, že optická dráha vláken je mnohem složitější jak v nutné a časté kalibraci zrcadel, tak i v nárocích na údržbu a čistotu zrcadel. Mezi hlavní světové výrobce CO<sub>2</sub> lasery jsou brány firmy jako Coherent, Rofin, Trumpf, nebo dokonce i Synrad (PAŘÍZEK, 2008).



Obrázek 6 Schéma Co<sub>2</sub> laser (NOVÁK, 2011).

### 3.3 Metody tlakového svařování

Mezi nejvíce používané metody svařování tlakovou metodou je svařování odporové.

#### 3.3.1 Elektrické odporové svařování

Při této metodě se uplatňuje mechanická a tepelná energie. Proud o velikosti až 1500 A, o napětí 0,5 až 30 V. Prochází svařovaným materiálem vloženým do elektrického obvodu svářečky jako odpor. Spojením ohřátých součástí se uskutečňuje působením mechanické energie, která je dodávána tlakem elektrod (HRDLIČKOVÁ, 1981).

Podle tvaru, uspořádání elektrod, průběhu procesu a vlastností spoje je možné odporové svařování rozdělit na: (HRDLIČKOVÁ, 1981).

- Stykové
- Bodové
- Výstupkové
- Švové

### **3.3.2 Stykové odporové svařování**

Už z názvu této spojovací metody je patrné, že se jedná o způsob získávání stykového spoje součástí z uhlíkové i legované oceli a slitin některých neželezných kovů. Jako stykové se spojují dráty při výrobě ve válcovnách, články řetězů atd. (HRDLIČKOVÁ, 1981).

Stykové svařování lze provést dvojím způsobem:

- Pěchováním (dobře svařitelný materiál se ohřeje na teplotu svařování a přitlačením se svaří).
- Odtavením (Zdrojem tepla je zde odtavovací oblouk, důležité je, aby stykové plochy byly stejné co do tvaru, tak i velikosti). (KOVÁŘIK, ČERNÝ, 2000).

### **3.3.3 Bodové odporové svařování**

Vhodné použití této metody je pro přeplátované spoje, nejčastěji u plechů tlustých 2 až 4 mm. Konkrétněji se bodové svařování v automobilovém průmyslu používá ke svařování karosérií. Uplatnění tedy má při spojování uhlíkových i legovaných ocelí a neželezných kovů, zejména mědi a hliníku (HRDLIČKOVÁ, 1981).

### **3.3.4 Výstupkové odporové svařování**

Výstupkové svařování je v praxi často nahrazováno za lepení nebo pájení. Mezi velkou přednost můžeme zařadit provedení velkého počtu svarů současně (HRDLIČKOVÁ, 1981).

Při výstupkovém svařování se do místa svaru aplikuje tlak a elektrický proud. V místě svaru je elektrický odpor, který je závislý a množství tepla. Svar vzniká na místech, kde jsou vytvořeny výstupky. Délka elektrody je přímo úměrná, aby pokryla všechny svary, které se budou svařovat (DAVOREN, 2009).

### 3.3.5 Švové odporové svařování

Švovým svařováním se spojují součásti buď stykově, nebo přeplátováním. Nejrozšířenější použití je při svařování chladičů, nádrží. Spojované součásti mohou být z uhlíkové i slitinové oceli a z neželezných kovů (HRDLIČKOVÁ, 1981).

Svařované součásti s očištěnými stykovými plochami se vkládají mezi rotující kotoučové elektrody. Po dosednutí horní pohyblivé elektrody a stlačení spojovaného materiálu se zapojí poháněné ústrojí elektrod a svařovací proud (HRDLIČKOVÁ, 1981).

### 3.4 Svařování plastů

Většina plastů, které se dnes používají v automobilovém průmyslu, tvoří termoplasty. Díky tepelnému ovlivnění plastu se může dobře tvarovat a svařovat. Svařování plastů je v dnešní době velmi ekonomické a je i zachována pevnost svařovaného dílu. Tato metoda je i velmi rychlá, a tak dokáže ušetřit čas, který je dnes velmi drahá záležitost. Dle způsobu tepla je svařování termoplastu rozděleno na svařování a) horkým vzduchem b) horkým plynem c) ostatní metody (LOYDA, ŠPONER, ONDRÁČEK. 2001).

Tabulka 3. Přehled metod svařování horkým tělesem (LOYDA, ŠPONER, ONDRÁČEK. 2001).

Metody svařování plastů (v závorce označení metody)		Přídavné materiály	Svařované polotovary	Postupy svařování	
				Ruční	Strojní
Přímé	Na tupo horkým tělesem (HS)	Bez přídavných materiálů	Trubky, desky, profily	Výjimečně	Ano
	Profilové horkým tělesem (HN)		Desky, profily	Výjimečně	Ano
	Ohraňováním horkým tělesem (HB)		Desky	Výjimečně	Ano
	Polyfúzní svařování (HD)		Trubky	Do průměru 40 mm	Do průměru 110 mm
	Elektrotvarovkou (HM)		Trubky	Ne	Ano
	Horkým klínem (HH)		Fólie, profily	Výjimečně	Ano
	S oddělením svaru (HT)		Fólie a tenké desky	Výjimečně	Ano
	Bezvýronkové (WNF)		Trubky	Ne	Ano
Nepřímé	Impulsní horkým tělesem (HI)	Fólie	Ano	Ano	
	Tepelně kontaktní horkým tělesem (HK)	Fólie	Ne	Ano	
	Kotoučové svařování (HR)	Fólie	Ne	Ano	

Tabulka 4. Svařování horkým plynem (LOYDA, ŠPONER, ONDRÁČEK. 2001).

Metody svařování plastů (v závorce označení metody)	Přídavné materiály	Svařované polotovary	Postup svařování	
			Ruční	Strojní
Ruční horkým plynem (WF)	Drát, tyčinka	Trubky, desky, profily	Ano	Ne
Horkým plynem s rychlotryskou (WZ)	Drát, tyčinka	Trubky, desky, profily	Ano	Ne
Přepřátovací horkým plynem (WU)	Bez přídavného materiálu	Fólie	Ano	Ano
Vytlačovací horkým plynem (WE)	Drát, granulát	Trubky, desky, profily	Ano	Ano

### 3.5 Clinching

Clinching je inovativní a již osvědčená technika pro spojování plechů a profilů. Spoje jsou vytvořeny za studena bez použití přídavných nebo pomocných dílů. V dnešní době tato metoda zajišťuje snížení výrobních nákladů na rozdíl od metod, jako je např. bodové svařování (AMERICAN WELDING SOCIETY, 2008), (ECKOLD, 2014).



Obrázek 7 Nástroje pro clinching- vespuđu je matrice s pohyblivými elementy a ve vrchním pouzďe je razník (MM Průmyslové spektrum, 2010).

Specifické u této metody spojení je, že dochází ke spojení bez použití spojovacích prvků a speciálních nástrojů, vytvoří se mechanický zámek. Clinching se nejčastěji skládá

z razníku a matrice. Matrice může být s pohyblivým anebo nepohyblivým elementem. Spojení vzniká tak, že razník přitlačí dvě vrstvy plechů do matrice a vytvoří se tak nerozebíratelné spojení. Toto spojení je pak buď kulaté nebo hranaté, a to s prostřihem nebo bez prostřihu spojených částí (MM Průmyslové spektrum, 2010).

### **3.6 Lepení**

V současné době se technologie spojení lepením stala velmi efektivní a produktivní. Je tomu tak proto, že při této technologii nedochází k tepelnému ovlivnění základního materiálu. Především pro tuto výhodu se lepení používá téměř ve všech průmyslových odvětvích, zejména v automobilovém a leteckém průmyslu. Při lepení se spojuje vytvrzená mezivrstva stejné nebo rozdílné látky materiálovým stykem. Lepené spoje jsou konkrétněji používány pro spojování konstrukčních dílů, zajišťování matic a šroubů a utěšňování ploch (FISHER – KOLEKTIV, 2004).

#### **3.6.1 Druhy lepidel**

Lepidla se rozdělují podle různých hledisek. Například podle chemického složení, nosného média, tekutosti, druhu vytvrzovací směsi, použití (KŘÍŽ – VÁVRA, 1994).

Pevnost lepeného spoje určují fyzikální a chemické vlastnosti lepidla. Především koheze a adheze. Trvanlivost lepeného spoje závisí na druhu lepidla. Úprava povrchu a materiál jsou kritériem pro volbu lepidla. Mezi další faktory, které mohou ovlivnit výběr lepidla, jsou teplota, chemikálie a vlhkost. Důležitým prvkem je navržení konstrukce spoje z důvodu toho, aby vybrané lepidlo přilnulo co nejlépe (LOCTITE, 1998).



Tabulka 5. Druhy lepidel v automobilovém průmyslu (DUCHÁČEK, 2006).

Druh lepeného spoje	Příklady	Používaná lepidla	Požadované vlastnosti lepeného spoje
drážkové přírubové lepení	kapota	např. epoxidové pryskyřice	pevnost, tuhost, chování při nárazu, ochrana před štěrbinovou korozi
výztuhové lepení	dveře, kapota	např. polyuretany, PVC, synt. 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 zasklivání	přední, zadní a pevné boční tabule	např. polyuretany	tuhost karoserie, těsnost nepropustnost

Pevnost lepeného spoje určují fyzikální a chemické vlastnosti lepidla. Především koheze a adheze. Trvanlivost lepeného spoje závisí na druhu lepidla. Úprava povrchu a materiál jsou kritériem pro volbu lepidla. Mezi další faktory, co mohou ovlivnit výběr lepidla, jsou teplota, chemikálie a vlhkost. Důležitým prvkem je navržení konstrukce spoje z důvodu toho, aby vybrané lepidlo přilnulo co nejlépe (LOCTITE, 1998).

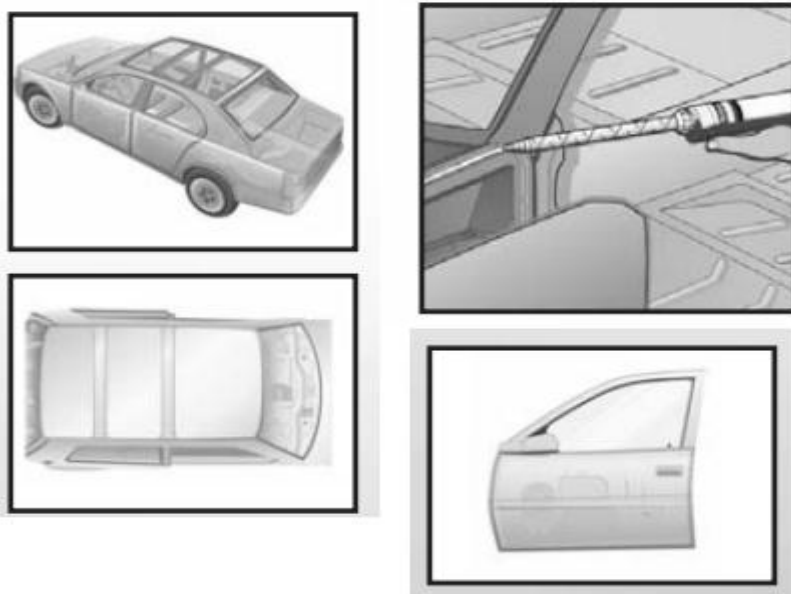
### 3.6.2 Lepení karosérie

Pro lepení plechů karosérie se používá Terokal 5045. Je to dvousložkové epoxidové lepidlo, které má vysokou pevnost a je bezrozpouštědlové. Epoxidové lepidlo má velké použití, například velmi dobře lepí a těsní v jednom kroku, a to dokonce bez použití primeru. Je velmi snadno použitelné a nahrazuje právě bodové svařování. (HENKEL, 2004).

Tabulka 6. Technických údajů (HENKEL, 2004).

<b>2-složkové epoxidové lepidlo</b>	
<b>Barva</b>	
Složka A	černá
Složka B	bílá
<b>Mísící poměr (objemově)</b>	1 : 1
<b>Smísení (složka A + B)</b>	
<b>Barva</b>	šedá
<b>Zpracovatelnost</b>	90 min.
<b>Hustota</b>	cca. 1,20g/cm <sup>3</sup>
<b>Manipulační pevnost</b>	po 6 hod. při 23 °C*
<b>Pevnost ve smyku (1,5mm ocel)</b>	> 20 MPa
<b>Odolnost vůči loupání (0,8mm ocel)</b>	cca. 5 N/mm

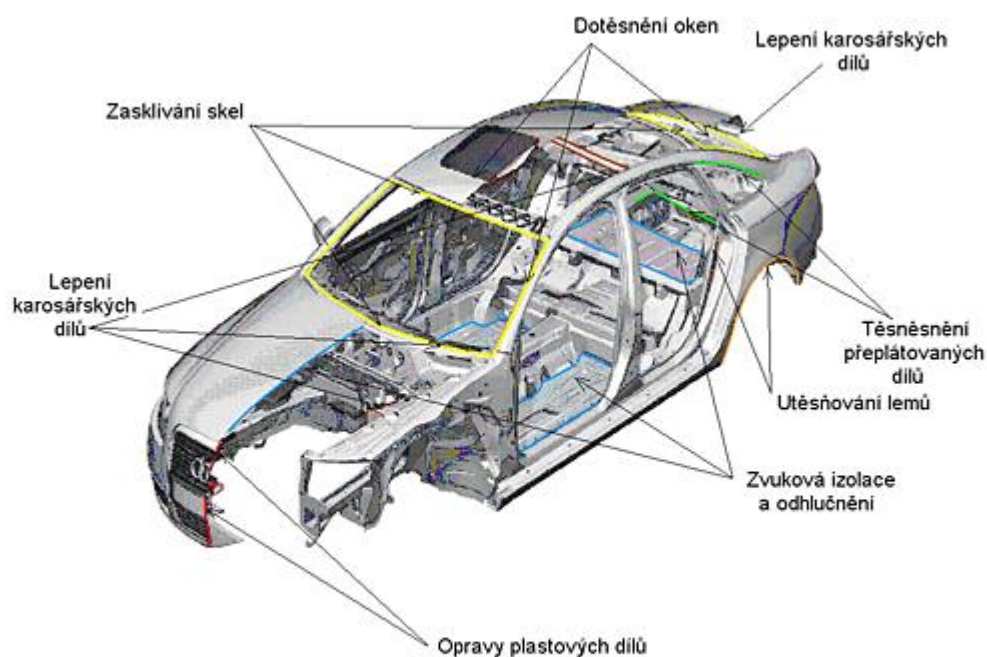
\* Vytvrzení může být urychleno teplem, např. počáteční pevnosti je dosaženo po 30 minutách při 60 °C.



Obrázek 8 Lepení karosérie (HENKEL, 2004).

### 3.6.3 Spojení kovů a jejich slitin

Jakost lepeného spoje závisí na adhezi (přilnavost) lepidla. To znamená na jeho zakotvení v povrchu stykových ploch, které je podmíněno mezimolekulárním napětím vznikajícím na hranici mezi lepidlem a spojovanou součástí. Na mechanické vlastnosti spoje má také významný vliv koheze (soudržnost) lepidla (HRDLIČKOVÁ, 1981).



### Příklady lepených spojů ve stavbě karosérie

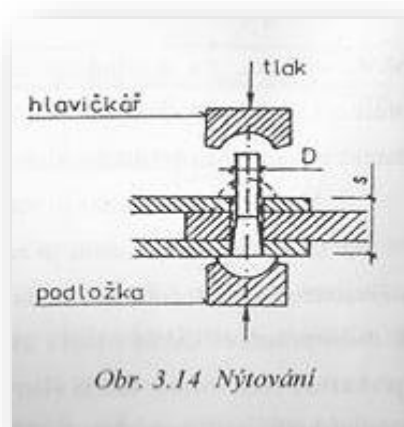
Obrázek 9 Příklad lepených spojů v automobilovém průmyslu (LENFELD, 2005).

### 3.7 Nýtování a šroubování

Původním způsobem spojování ocelových konstrukcí bylo nýtování. V dnešní době se až na výjimky nepoužívá, nýtované konstrukce jsou však i nadále v provozu. Šroubové spoje, které spolu se svařováním nýtování vytlačily, jsou jednodušší na provedení a kromě toho jsou i rozebíratelné (STUDNIČKA, 2001).

### 3.7.1 Nýtování

Při nýtování se vsazoval ohřátý nýt do společné díry ve spojovaných částech a za tepla se tak zvané hlavičkářem vykovala závěrná hlava. Nýt se ohříval v kovářské výhni nebo elektrickým či plynovým ohřivačem nýtu. Nýtovalo se kladivem, později pneumatickými kladivem. Nýty se vyráběly z oceli odpovídajícího spojovaného materiálu tak, aby vždy bylo možné případně nýt odsekat nebo vyměnit. Běžně se používaly nýty s půlkruhovou hlavou nebo nýty zápusťné (STUDNIČKA, 2001).



Obrázek 8 Princip nýtování (STUDNIČKA, 2001).

### 3.7.2 Typy nýtů

Nýty se převážně rozdělují podle tvaru opěrné hlavy. Jsou to nýty 1) s půlkulatou hlavou 2) s čochkovitou hlavou 3) ploskovypuklou hlavou 4) válcovou hlavou 5) zápusťnou hlavou.

### 3.7.3 Použití nýtů

V automobilovém průmyslu se používají například nýty s půlkulovou, případně ploskovypuklou hlavou, a to v místech, kde nám nevadí vyčnívající hlava nýtu z profilu. Přesněji bychom ho mohli najít na vnitřních částech konstrukce (FLAŠKA, 1996).

### 3.7.4 Druhy nýtových spojů

Podle způsobu, jakým nýtový spoj zhotovíme, je můžeme rozdělit na:

- Přímé nýtování – nýtovaný spoj vzniká deformací vložené součásti do díry druhého spojovaného dílu,
- Nepřímé nýtování – nýtovaný spoj vzniká deformací obou konců nýtu vložených do průchozích děr vně spojovacích součástí (STUDNIČKA, 2001).

Přímé nýtování se vytváří z dobře tvářitelného materiálu, pomocí tváření za studena. Naopak nýtování nepřímé se rozděluje na:

- 1) Pevné – vhodné pro přenášení sil, nejčastější použití je pro ocelové konstrukce,
- 2) nepropustné, pevné – jsou konstruovány tak, aby byla zajištěna těsnost a pevnost spoje, vhodné pro výrobu kotlů,
- 3) nepropustné – vyžadují úplnou těsnost spoje, vhodné pro výrobu otevřených nádob
- 4) stehové – nesilové nýty, které připevňují tenké plechy (STUDNIČKA, 2001).

### 3.7.5 Výhody nýtových spojů

- 1) Nedochozí k tepelnému ovlivnění a změně struktury spojovaných materiálů,
- 2) oproti svařovaným konstrukcím jsou nýtové spoje mnohem pružnější,
- 3) velkou předností je velmi nízká energetická náročnost,
- 4) nezpůsobují žádné škodlivé vlivy na zdraví,
- 5) vhodné pro spojování různorodých materiálů (MEDŘICKÝ, 2009).

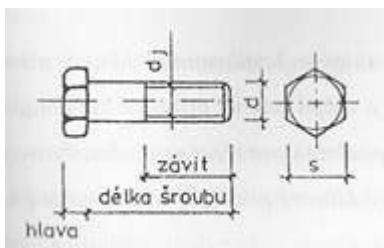
### 3.7.6 Nevýhody nýtových spojů

- 1) Absolutně nýtové spoje nemohou zaručit vzájemnou přesnost,
- 2) nepropustnost se musí zaručovat impregnovanou vložkou,
- 3) možný vznik koroze spojovaných materiálů tak i nýtů,
- 4) u některých spojů je nutné je těsnit přitužováním,
- 5) nýtové konstrukce jsou příliš lehké (MEDŘICKÝ, 2009).

### 3.7.7 Šroubování

Šroubové spoje jsou velmi časté a rozšířené po celém světě. Je to druh spojení, který se využívá ve strojírenství. Dokáže spojit dva a více součástí lehce a velice pevně a přitom je to rozebíratelné spojení (ŠVEC, 1997).

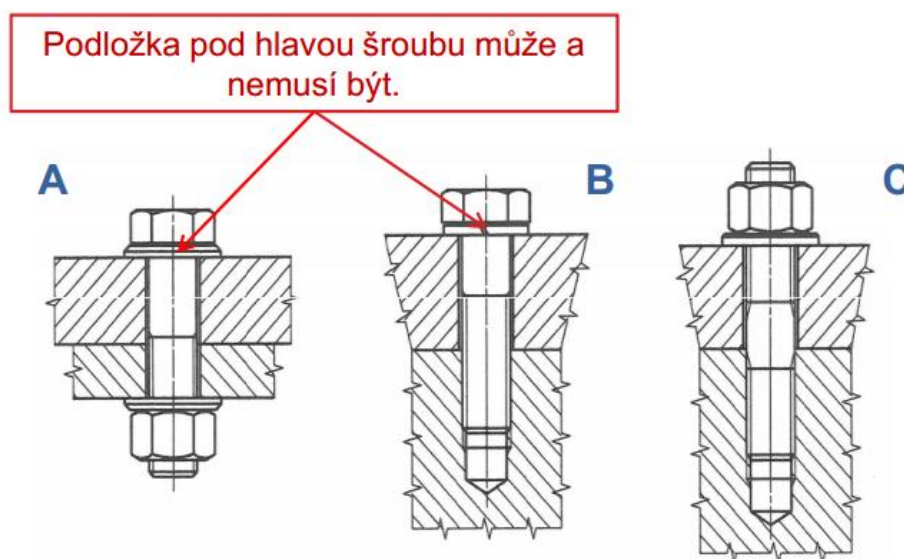
Šroubový spoj je založen na dvou částech, z nichž první část je matice a druhá je šroub. Tyto šrouby jsou celosvětově označovány podle normy ISO, EN (ŠVEC, 1997).



Obrázek 9 Šroub (STUDNIČKA, 2001).

### 3.7.8 Šroubové spoje

Vzhledem k jednoduchosti a univerzálnosti jsou šroubové spoje v konstrukční praxi nejčastějším používaným spojením. Tam, kde jsou šrouby použity ke spojení materiálů, můžeme je rozdělit na tři základní druhy šroubových spojů (SHIGLEY – MISCHKE – BUDYNAS, 2010):



Obrázek 10 Druhy šroubových spojů (SHIGLEY – MISCHKE – BUDYNAS, 2010).

- A) Spoj se šroubem s hlavou a maticí – průměr díry, ve které se šroub nachází je dle ČSN EN 20273. Tato norma nám určuje velikost dle jmenovitého průměru závitu a řady provedení (jemná, střední, hrubá). Nejrozšířenější je řada střední.
- B) Spoj zašroubovaným šroubem s hlavou - délka zašroubovaného závitu závisí na jmenovitém průměru závitu a spojovaném materiálu (SHIGLEY – MISCHKE – BUDYNAS, 2010).
- C) Spoj se závrtným šroubem a maticí – vhodný pro místa, kde potřebujeme závit šetřit, protože nedochází k opotřebením vnitřních závitů třením při dotahování (SHIGLEY – MISCHKE – BUDYNAS, 2010).

### **3.7.9 Výhody šroubových spojů**

- 1) Jednoduchost vytvoření spojení,
- 2) univerzálnost spojení,
- 3) možnost přesného stažení s předepsaným napětím,
- 4) práci zvládne méně kvalifikovaný pracovník (HRDLIČKOVÁ, 1981).

### **3.7.10 Nevýhody šroubových spojů**

- 1) Preciznost při utahování matice o daný úhel
- 2) Při špatném druhu šroubu dochází k velkému opotřebením
- 3) Omezená délka spojení
- 4) Potřeba matice k utáhnutí (HRDLIČKOVÁ, 1981).

### **3.7.11 Použití šroubových spojů**

Šroubové spojení je vhodné použít tam, kde se vyskytuje velké opotřebením. Především proto, že lze jednoduše vyměnit použité části. V automobilovém průmyslu se šroubové spoje používají velmi často například pro uchycení motoru a jeho části nebo k uchycení karosérie (AMERICAN WELDING SOCIETY, 2008).



Obrázek 11 Konstrukce karosérie (EJOT, 2014).

Například při uchycování karosérie se používají šroubové spoje, protože musí být bezpečné a trvale upevněny. Kromě jednoduchosti a přístupnosti je to vhodná metoda pro uchycení (EJOT, 2014).



## 4 SWOT analýza metod spojování

SWOT analýza se řadí mezi metody, které nám pomáhají identifikovat silné a slabé stránky, příležitosti a jejich hrozby, které jsou spojeny určitým typem a druhem spojení dvou a více materiálů. Především díky této metodě je možné komplexně vyhodnotit vhodnost dané metody a nalezení optimality pro určitý problém (KOTLER, 2004).

SWOT metoda se zabývá klasifikací a ohodnocením daných faktorů, které jsou rozděleny do čtyř skupin. Oboustrannou reakcí je dán faktor silných a slabých stránek spojování ku příležitostem a nebezpečím na straně druhé. Z tohoto lze určit kvalitativní informace, které identifikují a charakterizují úroveň jejich vzájemného střetu. (KOTLER, 2004). V následující části budou rozebrány podrobně metody spojování ve SWOT analýzách.

### 4.1 SWOT analýza - svařování

Svařování přispívá k úspěchu v mnoha klíčových průmyslových odvětvích. Tím jsou myšleny stavba lodí, výroba letadel, automobilový průmysl. Svařování hraje hlavní roli při opravách a prodlužování životnosti vyráběných produktů. Jako v každém jiném odvětví má svařování své silné a slabé stránky, které jsou ovlivněny příležitostmi a hrozbami (DAVOREN, 2009).

Silné stránky - nákladová efektivita, spolehlivost a bezpečnost. Svařování poskytuje pevnější a lehčí produkty než při použití jiné metody spojení, velký rozsah materiálu od kovů, keramiky až po polymery, z toho vyplývá velká univerzálnost. Mezi další silné stránky bychom mohli zahrnout životnost celkového spojení (MEDŘICKÝ, 2009).

Slabé stránky – svařovací proces brzdí příliš mnoho výrobců především proto, že vyžaduje vysokou energii a časově náročné úsilí. Svařování není exaktní věda, tak se vždy vyskytují nedostatky. Minimalizace těchto nedostatků závisí na svářečových dovednostech. Z toho plyne, že slabá stránka je nedostatek kvalifikovaných pracovníků, kteří mohou provádět pokročilé svařování (DAVOREN, 2009).

Příležitosti – možnosti a nedostatky nám ukazují cestu vpřed pro průmysl. Zlepšení kvality svaru a zvýšení efektivity procesu svařování může změnit negativní vnímání a zabránit hledání na trhu za svařování alternativ. Proto zvyšování kvality svářečských schopností vede k užitečnému úsilí. Poskytování více informací a potřebného vzdělání vede k zlepšení celkové kvality svaru (DAVOREN, 2009).

Hrozby – svařovací průmysl čelí mnoha hrozbám. Neúčinnost svařovacího procesu a nedokonalé úpravy povrchu vedou ke špatnému vnímání průmyslu. Proto vznikají hrozby z důvodu těchto slabín, například ve formě chemických lepidel. Mnoho firem se právě otáčí k průmyslovým lepidlům z důvodu lepší pružnosti. Další hrozbou je konkurence z jiných zemí, kde se může vyskytnout lepší kvalita, než je u nás (KOTLER, 2004).

Tabulka 7. SWOT analýza svařování

SWOT Analýza		Interní analýza	
		Silné stránky	Slabé stránky
Externí Analýza	Příležitosti	Vysoká efektivita Životnost Pevnost spojení Univerzálnost	Časově náročné Velká spotřeba energie Svářečské dovednosti Nedostatek pracovníků
	Hrozby	Mohou vznikat praskliny Nedokonalé úpravy povrchu Lepší vlastnosti	Zlepšení kvality Zvýšení efektivity Svářečské schopnosti

## 4.2 SWOT analýza – lepení

Stejně jako jiné technologie, tak i lepení má své silné a slabé stránky. Při výběru typu lepidla je nutné vzít v potaz jak ekonomické hledisko, tak i technické přednosti. Zvážíme-li technologii lepení ve srovnání s klasickými metodami spojení, je nutné si uvědomit, že metoda lepení by se měla brát pouze jako metoda doplňková, nikoli jako metoda, která by měla nahradit stávající metody spojování (BROŽEK, 2008).

Silné stránky - lepení umožňuje spojit stejné nebo různorodé materiály k sobě. Aplikací lepidla není narušena celistvost spojovaných dílů. Mezi velké výhody lepení je považována v dnešním světě vlastnost tlumení vibrací a s tím je i spojená ekonomická složka a ta je tvořena díky nízkým nákladům (DAVOREN, 2009).

Slabé stránky – lepení klade opravdu vysoké nároky na rovinnost a čistotu povrchu, některé lepené spoje jsou nerozebíratelné, maximální tvrdost spoje je dosažena až po určité době. Lepení v průmyslovém měřítku je vysoce náročné na výbavu pracoviště (BROŽEK, 2008).

Příležitosti - lepení je dnes bráno jako vysoce moderní technologie, i když ve skutečnosti je opravdu velice stará. Můžeme dosáhnout velice vysoké pevnosti, avšak za předpokladu, že zvládneme vybrat jak vhodné lepidlo tak i dokážeme dostatečně připravit povrch spojovaného materiálu (MEDŘICKÝ, 2009).

Hrozby – při lepení některých materiálů je nezbytné použít vytvrzovací přípravky, což vede k složitějšímu procesu lepení. Velice vysokou hrozbu nám v metodě lepení tvoří namáhání a také odlupování (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994).

Tabulka 8. SWOT analýza lepení

SWOT Analýza		Interní analýza	
		Silné stránky	Slabé stránky
Externí Analýza	Příležitosti	Spojení stejných nebo různorodých materiálů Tlumí vibrace Nezvýšení hmotnosti spoje	Vysoké nároky na čistotu povrchu Max. tvrdost dosažena až po určité době Omezená odolnost proti vysokým teplotám
	Hrozby	Vhodnost druhu lepidla Zvládnutí podmínek pro perfektní přípravu povrchu	Přípravky Malá odolnost vůči namáhání Možné odlupování

### 4.3 SWOT analýza – nýtování

Metoda spojení pomocí nýtů se již v dnešní době opravdu používá jen výjimečně. Především má využití při spojování těžko svařitelných materiálů na montážích, kde není výskyt elektrického proudu. (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994).

Silné stránky – Mezi největší výhodou bychom měli zařadit, že nedochází k tepelnému ovlivnění spojovaných materiálů, vzniká velmi pružný spoj, který je velice nízko energeticky náročný. Nezpůsobuje žádné škodlivé vlivy na zdraví (MEDŘICKÝ, 2009).

Slabé stránky – Mezi velkou slabinu je považováno to, že nýtové spoje nemohou zaručit vzájemnou přesnost. Některé nýtové konstrukce jsou příliš lehké a musí se těsnit přituzováním (MEDŘICKÝ, 2009).

Příležitosti- Mezi největší příležitost uplatnění nýtových spojů se řadí místa, kde není přívod elektrického proudu. Také můžeme dosáhnout vysoké nepropustnosti, když použijeme impregnovanou vložku (KOTLER, 2004).

Hrozby – Velké nebezpečí hrozí nýtovým spojům kvůli možnému výskytu koroze, a to nejen u nýtu, ale i u spojovaného materiálu. Další hrozbou jsou také nové moderní technologie, které nahrazují metodu nýtování (MEDŘICKÝ, 2009).

Tabulka 9. SWOT analýza nýtování

SWOT Analýza		Interní analýza	
		Silné stránky	Slabé stránky
Externí Analýza	Příležitosti	Nedochází k tepelnému ovlivnění spojovaného materiálu Žádné škodlivé vlivy na zdraví	Nemohou zaručit vzájemnou přesnost Lehkost nýtových konstrukcí Těsnit přitužováním
	Hrozby	Místa, kde není přívod elektrického proudu Vysoká nepropustnost	Možný výskyt koroze Moderní technologie Omezená tepelná pevnost

#### 4.4 SWOT analýza – šroubování

Silné stránky – vzhledem k jednoduchosti, univerzálnosti použití, možnosti přesného stažení součásti s předepsaným napětím i ke skutečnosti, že montáž a demontáž může provádět méně zkušený pracovník, jsou šrouby nejrozšířenějším montážním spojením (HRDLIČKOVÁ, 1981).

Slabé stránky – velkou nevýhodou je, že musíme dbát na preciznost při dotahování a utahování matice o daný úhel. V některých případech je velmi malá únosnost (SHIGLEY – MISCHKE – BUDYNAS, 2010).

Příležitosti – velkou příležitostí je možná montáž a velmi jednoduchá demontáž. Oproti jiným spojením má možnou výměnu plasticky deformovaných šroubů. Při silovém spoji součásti je velmi dobrá rozmanitost zatížení (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994).

Hrozby – při využití materiálu mohou vzniknout problémy z důvodu nepříznivého rozdělení napětí, dále je velké nebezpečí z důvodu možného výskytu koroze. Dynamická únosnost je omezená vrubovým účinkem závitu, neboli je nutné předpětí (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994).

Tabulka 10. SWOT analýza šroubování

SWOT Analýza		Interní analýza	
		Silné stránky	Slabé stránky
Externí Analýza	Příležitosti	Jednoduchost Univerzálnost Přesné stažení	Preciznost Únosnost Tepelná odolnost
	Hrozby	Montáž, demontáž Výměna Rozmanitost	Rozdělení napětí Koroze Předpětí

#### 4.5 Zhodnocení metod dle SWOT analýzy

V této části bakalářské práce bych rád představil směrnici pro výběr metody spojení součástí, jejich přednosti, nedostatky a celkově je analyzoval, zdali jsou vhodné či nikoliv. V tabulce 11 je zhodnocení metod dle určitých kritérií (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994):

Tabulka 11. Zhodnocení metod (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994):

Hlavní kritéria	Dílčí kritéria	Svařování	Lepení	Nýtové spoje	Šroubové spoje
Funkce	Rozmanitost zatížení	Velmi dobrá (možné všechny směry zatížení)	Omezená (přednosti smykového namáhání)	Omezená (přednostní směry zatížení)	Dobrá (při silovém spoji součástí)
	Možnost středění	Neexistuje (pouze přidavnými konstrukčními zásahy)	Neexistuje (pouze přidavnými konstrukčními zásahy)	Dobrá (zvláště u nýtů zatažených za tepla)	Omezená (pouze s přidavnými konstrukčními úpravami)
	Tuhost	Dobrá	Dobrá	uspokojivá	Silně závislá od konstrukce
	Přídavné funkce	Téměř žádné (utěsnění omezeno)	Utěsnění, elektrická izolace	žádné	Pohyb (speciálních tvarů závitů)
Konstrukce navrhování	Rozmanitost konstrukce	Velmi dobrá (vzhledem k tvaru) uspokojivá (vzhledem k mat)	Omezená (vzhledem k tvaru) dobrá (vzhledem k materiálu)	Omezená (vázaná na normalizované součásti a profily)	Omezená (vázaná na normalizované součásti)
	Využití materiálu	Dobré (vhodnou konstrukcí)	Dobré (malý vrubový účinek, různé materiály spojovaných částí)	Špatné (nepříznivé rozdělení napětí)	Špatné (nepříznivé rozdělení napětí)
	Statická únosnost	Velmi dobrá (spojovací součásti je materiál)	Dobrá (tvarem smykových ploch)	Omezená (nýtová rozteč určuje rozdělení napětí)	Omezená (jakostí a počte šroubu)
	Dynamická únosnost	Omezená (tvarové a metalurgické vruby)	Dobrá (malé vrubové účinky)	Špatná (podmíněné vrubové účinky)	Omezená (vrubový účinek závitů, předpětí nutné)
	Náročnost na prostor	Nízká (tvar svaru je přizpůsoben tvarovým požadavkům)	Velká (jsou nutné velké spojovací plochy)	Střední (podle výšky zatížení)	Střední (podle tvaru a jakosti šroubu)

Bezpečnost ergonomie	Provozní bezpečnost	Velmi dobrá (u bezpárového svaru)	Omezené (chování při dlouhodobém zatížení na volném vzduchu)	Dobrá (i při dlouhodobém provozu)	Problematická (Podle druhu a jakosti šroubů)
	Tvarování (design)	Dobré - omezené (hladký povrch, omezení normalizovaným i profily)	Dobré (hladký povrch)	Omezené (s výjimkou zápustných nýtů)	Omezené (podle počtu a tvaru šroubů)
Výroba, montáž, kontrola	Stupeň obtížnosti	Nízký (při příznivé konstrukci a správné volbě materiálu)	Vysoký (při vícesložkovém lepidle a tepelném vytvrzování)	Nízký (hrubé tolerance, jednoduché obrábění a montáž)	Nízký (jednoduché obrábění, normalizované součásti)
	Stupeň automatizace	Dobry (vysoký stav vývoje)	Omezené (přípravky technologie obtížné)	Vysoký (jednoduché nástroje a technologie)	Vysoký (snadná montáž)
	Rozebíratelnost	Nemožná (porušení nevyhnutelné)	Podmíněně možná (při některých lepidlech)	Omezená (porušení nýtů)	Velmi dobrá (snadná montáž)
	Zabezpečení jakosti	Dobré (malé rozměry svarů, povrchové trhliny znatelné)	Problematické (špatné lepení se těžko pozná)	Dobré (pevně sedící nýt se snadno pozná)	Dobré (při vhodném způsobu utahování)
Provoz	Přetížitelnost	Problematická (jen za cenu plastických deformací)	Nemožná (plastická deformace nepřípustná)	Možná (překročení meze kluzu většinou bez problémů)	Možná (je-li možná výměna plastických deformovaných šroubů)
	Znovu- použitelnost	Téměř nemožné (jen po opracování spojovaných součástí)	Problematické (stav povrchu, velikosti spáry)	Možná (po odvrtání s novými nýty)	Dobrá (nejsou-li šrouby plasticky deformovány)



	Chování při změně teploty	Velmi dobré (jako materiál spojovaných částí)	Omezená tepelná pevnost (podle lepidla)	Bez-problémové	Bezproblémové (uvažuje-li se při návrhu)
	Odolnost proti korozi	Problematická (spárorová koroze zamezitelná jen tvarováním)	Problematická (kvůli sklonu ke stárnutí)	Problematická (je-li spára)	Problematická (v důsledku spárorové koroze)
Opravy a údržba	Prohlídky a údržba	Jednoduché (způsoby zkoušení povrchu možné)	Nákladné (zkoušky rentgenem a ultrazvukem)	Jednoduché (uvolněné nýty jsou zřejmé)	Jednoduché (uvolněné šrouby jsou zřejmé)
	Opravy a znovuvvedení do provozu	Dobré (oprava svaru možná)	Sotva možné (nové lepení nutné)	Možné (odvrtáním s novými nýty)	Možné (výměnou šroubů)
Náklady	Výrobní náklady	Nízké (především v kusové výrobě velkých částí)	Vysoké (přípravky, přesnost obrábění)	Nízké (jednoduché obrábění a montáž)	Nízké (jednoduché obrábění, normalizované součásti, jednoduchá montáž)
	Provozní	Žádné	Žádné	Žádné	Pouze při nutném dotažení

Podle tabulky 11. je vidět celkové zhodnocení metod spojování podle kritérií, jako je například funkce, konstrukce navrhování, výroba, údržba, provoz, ale i nákladnost.

## 5 Závěr

Výsledný cíl této bakalářské práce bylo analyzování metod spojování v automobilovém průmyslu, shromáždění literárních poznatků a popsání, jaká z metod je vhodná pro určité operace spojení. Jednotlivé vhodné metody byly zobrazeny pomocí obrázků pro lepší vizualizaci.

V dnešní době se klade opravdu velký důraz na cenu, kvalitu, bezpečnost a snižování hmotnosti při volbě metody. Tyto znaky vedou k volbě nových materiálů, mezi které bychom mohli zařadit slitiny neželezných kovů a další. Společnosti dnes musí brát v potaz vývoj v oblasti svařování, lepení, clinching, který je dnes velmi vyvíjející.

Technologie spojování materiálů se neustále vyvíjí a v rozsahu bakalářské práce nebylo možné zahrnout všechny metody spojení, ale ty, co zde zmiňované jsou, patří mezi produktivnější a lze od nich očekávat v budoucnu mnoho inovativních změn, které budou jistě prosperující.

V současné době jsou metody spojování v automobilovém průmyslu používány v automatizaci a robotizaci výroby, což vede k zlepšení kvality a kvantity vyráběných dílů. Další průlomovou výhodou je zvýšení efektivnosti, která vede k lepšímu přínosu technologií celému světu. Metody spojování v sériové výrobě již zavedl Henry Ford jako první a tím se zasloužil o celosvětový převrat ve výrobě. Stal se vzorem a dodnes je základ sériové výroby zakotven ve Fordově nápadu.

V první části této bakalářské práce je podrobně rozebrána metoda svařování, která tvoří neodmyslitelnou složku při spojování nejen v automobilovém průmyslu. V další části jsou popsány další metody spojení, jako je lepení nebo nýtování.

V automobilovém průmyslu je mnoho způsobů spojení, proto je v další části SWOT analýza metod, které jsou podrobně popsány v této bakalářské práci.

Při volbě technologie spojení musíme brát v potaz všechny složky. Nejen technické, jako je například pevnost nebo náročnost na vytvoření, ale také ekonomické parametry, jako jsou náklady ať už výrobní nebo provozní, tak i využití materiálu.

V úplném závěru práce nalezneme celkové shrnutí všech metod, jejich přednosti, ale i jejich nedostatky, které jsou brány v potaz při vybrání metody spojení materiálu.

Přínosem této bakalářské práce je, že podává přehled o metodách spojování v automobilovém průmyslu.

## 6 Seznam literatury

- BROŽEK, M. *Strojírenská technologie I*. 2. vydání. Praha: ČZU v Praze. 2008. ISBN 978-80-213-1780-2.
- DUCHÁČEK, V. *Polymery výroba, vlastnosti zpracování, použití*. Praha: VŠCHT Kanag.2006.
- FISHER, U., Kolektiv. *Základy strojnictví*. 4. vydání. Praha: Europa – Sobotáles cz, 2004. ISBN 80-86706-09-5.
- FLAŠKA, M., ŠTEKNER, Bedřich. *Speciální technologie*. 4. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01419-3.
- HLUCHÝ, M. –KOLOUCH, J. *Strojírenská technologie I, nauka o materiálu*. 1. díl Praha: Scienta, spol. s r.o. 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- HRDLIČKOVÁ, D. *Strojírenská technologie III*. 2. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1981.
- KOTLER, P. *Marketing*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0513-3.
- KOVAŘÍK, R, ČERNÝ F. *Technologie svařování*. 2. vydání Plzeň: ZČU, 2000.
- KŘÍŽ, R., VÁVRA, P. *Strojírenská příručka svazek 8*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-054-2.
- KŘÍŽ, R, VÁVRA, P. *Strojírenská příručka svazek 5*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1994. ISBN 80-85827-59-X.
- LOCTITE. *Der Loctite. World wide design handbook*. 2. vydání. Mnichov: Loctite European Group, 1998.
- LOYDA, M., ŠPONER, V., ONDRÁČEK, L., a kol. *Svařování termoplastů*. Vyd. 1. Praha: UNO spol. s. r. o., 2001. ISBN 80–238–6603–6.
- MEDŘICKÝ, V. *Ocelové konstrukce vodohospodářských staveb*. 2. vydání. Praha: ČVUT, 2009. ISBN: 80-01-04310-X.
- PETERKA, J. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1980.

ŘASA, J. – GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3*, metody a nástroje pro obrábění. 1. díl Praha: Scienta, spol. s r.o. 2005. ISBN 80-7183-337-1.

SHIGLEY Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 2010. Vysoké učení technické v Brně. Brno: VUT IUM, ISBN 978-80-214-2629-0.

STUDNIČKA, J. *Ocelové konstrukce*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. 2001. ISBN 978-80-01-04800-9.

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů: *Spoje a části spojovací*. Praha: ČVUT, 1997.

TMĚJ, J., NEUMANN, H., JENŠÍ, S. *Teorie svařování*. 2. vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1990. ISBN 80-7083-010-7.

AMERICAN WELDING SOCIETY. Low - Heat Process Enhances Joining of Coated Sheet Metals. [online] 2008. [cit. 2014-01-3]. Dostupné z

<http://www.aws.org/w/a/wj/2003/01/026/index.html#A>

AUTOMIG. Metody svařování. [online] 1991. [cit. 2014-01-3]. Dostupné z

<http://automig.cz/o-svarovani/metody/>

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. Požadavky na jakost. [online]. 2006. [cit. 2014-01-3]. Dostupné z

[http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html\\_nahledy/05/76197/76197\\_nahled.htm](http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/05/76197/76197_nahled.htm)

DAVOREN, J. SWOT for Welding Industry. [online] 2009. [cit. 2014-01-3]. Dostupné z <http://yourbusiness.azcentral.com/swot-welding-industry-27990.html>

ECKOLD. CLINCHING - NEXT GENERATION OF JOINING TECHNIQUE FOR SHEET METAL & PROFILES. [online]. 2014. [cit. 2014-01-3]. Dostupné z

<http://www.eckold.com/en-us/productsforsheetmetalworking/clinching.aspx>

EJOT. The flow drill screw for high strength sheet metal joints. [online]. 2014. [cit. 2014-01-3]. Dostupné z

<http://web.ejot.de/ejot.de/FDS%C2%AE--5065.htm>

HÁJEK, J. Přehled technologií svařování v ochranných plynech. *MM Průmyslové spektrum*[online]. 2010, č. 3. [cit. 2014-1-1]. Dostupné z

<http://www.mmspektrum.com/clanek/prehled-technologie-svarovani-v-ochrannych-plynech.html>

HENKEL ČR spol. s r. o. Lepení dílu karosérie. [online] 2004.[cit. 2014-03-3]. Dostupné z

[http://www.loctite.cz/czc/content\\_data/95574\\_neten\\_pro\\_opravy\\_karosrie\\_broura.pdf](http://www.loctite.cz/czc/content_data/95574_neten_pro_opravy_karosrie_broura.pdf)

KOMORA-KHK. Pojem jakost. [online]. 2014. [cit. 2014-03-3]. Dostupné z

<http://www.komora-khk.cz/business/documents/?soubor=moduly/5-jakost/03-pojem-jakost-a-zasady-managementu/03-01-pojem-jakost.pdf>

KUBÍČEK, J. Technické aspekty svařování laserem. [online]. 2002, [cit. 2014-03-1].

Dostupné z <http://www.svarak.cz/images/stories/pdf/Svarov%C3%A1ni%20laserem.pdf>

LENFELD, P. Technologie zpracování plastů. [online] 2005, [cit. 2014-03-13].

Dostupné z [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/obsah.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm)

LUKÁŠEK, J. Laserové svařování [online]. 2007, [cit. 2014-6.3]. Dostupné z

<http://www.welding.cz/laser/svarovani.htm>

MM PRŮMYSLOVÉ CENTRUM. Clinching přináší možnosti spojování plechů za studena. [online]. 2010, [cit. 2014-03-07]. Dostupné z

<http://www.mmspektrum.com/clanek/clinching-prinasi-moznosti-spojovani-plechu-za-studena.html>

NOVÁK, M. Seriál na téma lasery – hlavní typy laserů používaných v průmyslu.

[online]. 2011, [cit. 2014-03-07]. Dostupné z

<http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu-128>

PAŘÍZEK, P. MIG pájení. [online]. 2008, [cit. 2014-04-3]. Dostupné z

<http://svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007101201>

SCHLIXBIER, M. Trendy vývoje svařování plazmou. Konstrukce[online]. 2005, č. 4. [cit. 2014-6-03]. Dostupné z

<http://www.konstrukce.cz/clanek/trendy-vyvojesvarovani-plazmou/>

SVARINFO. Magazín praktického svařování [online] 2007,[cit. 2014-01-4]

Dostupné z

<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2007010802>

TICHÝ, J. Svařování v automobilovém průmyslu. 2. část. *Svět svaru* [online]. 2007, č. 3. [cit. 2014-01-4]. Dostupné z

[http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Sva%C5%99.v.Automob\\_2\\_2007.pdf](http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Sva%C5%99.v.Automob_2_2007.pdf)

TÜV NORD Czech, Požadavky na jakost při svařování dle EN ISO 3834-2, 3, 4.[online]. 2008. [cit. 2014-01-4] Dostupné z

<http://www.tuv-nord.com/cz/cs/svarovani/en-iso-3834-608.htm>

WELDING JOURNAL. Automotive industry. [online] 2000. [cit. 2014-01-4]

Dostupné z

[http://www.aws.org/wj/2000/11/WJ\\_2000\\_11.pdf](http://www.aws.org/wj/2000/11/WJ_2000_11.pdf)

## Seznam obrázků:

Obrázek 1 Svařování plamenem (SVARINFO, 2007).....	5
Obrázek 2 Svařování elektrickým obloukem MIG/MAG (AUTOMIG, 1991).....	6
Obrázek 3 Svařování elektrickým obloukem WIG/TIG (SVARINFO, 2007).....	7
Obrázek 4 Svařování plazmou: (HRDLIČKOVÁ, 1981). ....	9
Obrázek 5 Schéma Nd: YAG, vláknový a diskový laser (NOVÁK, 2011). ....	11
Obrázek 6 Schéma Co <sub>2</sub> laser (NOVÁK, 2011). ....	12
Obrázek 7 Nástroje pro clinching- vespuđu je matrice s pohyblivými elementy a ve vrchním pouzďe je razník (MM Průmyslové spektrum, 2010). ....	15
Obrázek 8 Lepení karosérie (HENKEL, 2004). ....	18
Obrázek 9 Příklad lepených spojů v automobilovém průmyslu (LENFELD, 2005). ....	19
Obrázek 10 Princip nýtování (STUDNIČKA, 2001). ....	20
Obrázek 11 Šroub (STUDNIČKA, 2001). ....	22
Obrázek 12 Druhy šroubových spojů (SHIGLEY – MISCHKE – BUDYNAS, 2010). ....	22
Obrázek 13 Konstrukce karosérie (EJOT, 2014).....	24

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Ochranné plyny svařování (KOVAŘIK – ČERNÝ, 2000). ....	7
Tabulka 2. Druhy laserů (NOVÁK, 2011). ....	10
Tabulka 3. Přehled metod svařování horkým tělesem (LOYDA, ŠPONER, ONDRÁČEK. 2001).....	14
Tabulka 4. Svařování horkým plynem (LOYDA, ŠPONER, ONDRÁČEK. 2001). ....	15
Tabulka 5. Druhy lepidel v automobilovém průmyslu (DUCHÁČEK, 2006).....	17
Tabulka 6. Technických údajů (HENKEL, 2004). ....	18
Tabulka 7. SWOT analýza svařování .....	26
Tabulka 8. SWOT analýza lepení.....	28
Tabulka 9. SWOT analýza nýtování.....	29
Tabulka 10. SWOT analýza šroubování.....	30
Tabulka 11. Zhodnocení metod (KŘÍŽ, VÁVRA, 1994):.....	31