

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie

**ANALÝZA METOD SPOJOVÁNÍ
V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU**

Bakalářská práce

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

Vypracoval: Michal Doubek

© 2012 ČZU v Praze

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Doubek

obor Silniční a městská automobilová doprava

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Analýza metod spojování v automobilovém průmyslu**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Analýza metod spojování aplikovaných v automobilovém průmyslu
4. Přednosti a limity metod spojování a jejich vývojové trendy
5. Závěr
6. Seznam literatury
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

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.
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.
Časopisy: International Journal of Adhesion & Adhesives, Journal of Materials Processing Technology, Zváranie – svařování, Welding and Metal Fabrication, TM Svařování – dělení – spojování materiálů, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Strojírenská technologie, The journal of adhesion, Journal of material science.
Firemní materiály a prospekty

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Müller, Ph.D.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

prodlouženo do dubna 2012

Müller

Vedoucí katedry



J-7

Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Müllera, Ph.D. a použil jen literaturu, literární prameny a publikace citované v příloženém seznamu literatury.

V Praze dne

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu této bakalářské práce doc. Ing. Miroslavu Müllerovi, Ph.D. za jeho cenné rady, čas, pomoc a odborné vedení této práce. Rád bych poděkoval panu Ing. Jaroslavu Dražanovi za poskytnuté materiály. Díky patří mé rodině, která mě během studia podporovala.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá analýzou perspektivních metod spojování v automobilovém průmyslu a popisuje jejich přednosti, limity a vývojové trendy.

Práce je rozdělena na dvě části. V první části „Analýza metod spojování v automobilovém průmyslu“ je uvedeno pět základních spojovacích metod (svařování, pájení, lepení, tváření za studena – metoda TOX a šroubové spoje), u kterých je popsána charakteristika, použité materiály, oblast použití a poznatky o metodě. U svařování a pájení je popsáno více metod aplikovaných při spojování v automobilovém průmyslu. Ve druhé části jsou popsány přednosti, limity a vývojové trendy jednotlivých metod spojování.

V závěru práce jsou na základě všech informací zpracovány a shrnuty poznatky vyplývající z této práce.

Klíčová slova: svařování, pájení, lepení, tváření za studena, šroub, laser.

Analysis of methods of joint in the automotive industry

Summary:

This thesis analyzes the emerging methods of connecting in the automotive industry and describes their advantages, limitations and trends.

The work is divided into two parts. In the first part of the "Analysis of methods of connecting in the automotive industry" there is mentioned five basic connecting methods (welding, soldering, adhesive bonding, cold forming method, bolting and TOX) which are described for characterization, materials, field of use and knowledge about the method. For welding and brazing it is described more methods of connecting applied in the automotive industry. The second section describes the advantages, limits and development trends of each method of connecting.

In the conclusion there are processed, and summarized findings based on all information resulting from this work.

Keywords: welding, soldering, adhesive bonding, cold forming, bolt, laser.

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL PRÁCE A METODIKA	2
2.1	CÍL PRÁCE.....	2
2.2	METODIKA.....	2
3	ANALÝZA METOD SPOJOVÁNÍ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	3
3.1	SVAŘOVÁNÍ	4
3.1.1	<i>Definice svařování.....</i>	<i>4</i>
3.2	TAVNÉ SVAŘOVÁNÍ.....	4
3.2.1	<i>Obloukové svařování v ochranných atmosférách</i>	<i>4</i>
3.2.2	<i>Svařování WIG/TIG</i>	<i>5</i>
3.2.3	<i>Svařování MIG/MAG.....</i>	<i>7</i>
3.2.4	<i>Svařování plazmou.....</i>	<i>8</i>
3.2.5	<i>Svařování laserem</i>	<i>10</i>
3.3	TLAKOVÉ SVAŘOVÁNÍ.....	12
3.3.1	<i>Odporové svařování.....</i>	<i>12</i>
3.4	PÁJENÍ.....	14
3.4.1	<i>MIG pájení.....</i>	<i>14</i>
3.4.2	<i>Laserové pájení.....</i>	<i>15</i>
3.5	LEPENÍ.....	16
3.5.1	<i>Teorie lepení.....</i>	<i>16</i>
3.5.2	<i>Rozdělení lepidel.....</i>	<i>17</i>
3.5.3	<i>Konstrukční zřetele lepeného spoje</i>	<i>17</i>
3.5.4	<i>Zatížení a namáhání lepených spojů.....</i>	<i>18</i>
3.5.5	<i>Lepené spoje ve stavbě automobilů.....</i>	<i>18</i>
3.5.6	<i>Konstrukční lepené spoje karosérie</i>	<i>19</i>
3.6	SPOJOVÁNÍ PLECHŮ TVÁŘENÍM ZA STUDENA.....	21
3.6.1	<i>Metoda TOX</i>	<i>21</i>
3.7	ŠROUBOVÉ SPOJE	23
4	PŘEDNOSTI A LIMITY METOD SPOJOVÁNÍ A JEJICH VÝVOJOVÉ TRENDY ..	24
4.1	VÝVOJOVÉ TRENDY SVAŘOVÁNÍ WIG/TIG	24
4.1.1	<i>Přednosti svařování WIG/TIG</i>	<i>24</i>
4.1.2	<i>Limity svařování WIG/TIG</i>	<i>25</i>
4.2	VÝVOJOVÉ TRENDY SVAŘOVÁNÍ MIG/MAG	25
4.2.1	<i>Přednosti svařování MIG/MAG.....</i>	<i>25</i>

4.2.2	<i>Limity svařování MIG/MAG</i>	26
4.3	VÝVOJOVÉ TRENDY SVAŘOVÁNÍ PLAZMOU.....	26
4.3.1	<i>Přednosti svařování plazmou</i>	26
4.3.2	<i>Limity svařování plazmou</i>	27
4.4	VÝVOJOVÉ TRENDY SVAŘOVÁNÍ LASEREM.....	27
4.4.1	<i>Přednosti svařování laserem</i>	28
4.4.2	<i>Limity svařování laserem</i>	28
4.5	VÝVOJOVÉ TRENDY BODOVÉHO SVAŘOVÁNÍ.....	28
4.5.1	<i>Přednosti bodového svařování</i>	29
4.5.2	<i>Limity bodového svařování</i>	29
4.6	VÝVOJOVÉ TRENDY MIG PÁJENÍ.....	29
4.6.1	<i>Přednosti MIG pájení</i>	30
4.6.2	<i>Limity MIG pájení</i>	30
4.7	VÝVOJOVÉ TRENDY LASEROVÉHO PÁJENÍ.....	30
4.7.1	<i>Přednosti laserového pájení</i>	31
4.7.2	<i>Limity laserového pájení</i>	31
4.8	VÝVOJOVÉ TRENDY V OBLASTI LEPENÍ.....	31
4.8.1	<i>Přednosti technologie lepení</i>	32
4.8.2	<i>Limity technologie lepení</i>	32
4.9	VÝVOJOVÉ TRENDY METODY TOX.....	33
4.9.1	<i>Přednosti metody TOX</i>	34
4.9.2	<i>Limity metody TOX</i>	34
4.10	VÝVOJOVÉ TRENDY VE ŠROUBOVÝCH SPOJÍCH.....	34
4.10.1	<i>Přednosti šroubového spoje</i>	35
4.10.2	<i>Limity šroubového spoje</i>	35
5	ZÁVĚR	36
6	SEZNAM LITERATURY	37

1 Úvod

Bakalářská práce „Analýza metod spojování v automobilovém průmyslu“ se zabývá různými způsoby spojování materiálů a zaměřuje se na jejich využití v automobilovém průmyslu. Ten patří v dnešní době i přes jisté problémy s cenami ropy k velmi důležitému průmyslovému dění v ekonomicky vyspělých zemích. Toto odvětví se neustále vyvíjí a množství vyráběných automobilů nezadržitelně roste. Výrobci automobilů jsou proto stále nuceni hledat a vyvíjet nové a efektivní možnosti výroby automobilových dílů i výrobních nástrojů. Automobilky oceňují zejména automatizované metody, které jim umožňují dále zvyšovat svou produkci. Proces výroby automobilů se neobejde bez spojování jednotlivých výrobních dílů. Protože metod spojování je celá řada, v této práci uvádím jen ty, které jsou v oblasti technologie spojování v automobilovém průmyslu perspektivní. Tyto metody jsou důležité nejen dnes, ale budou hrát důležitou roli i v budoucnu, protože jejich neustálý vývoj bude nabízet další technické zdokonalení vyráběných vozů. Spojovací technologie jsou velkým přínosem v automobilovém průmyslu i proto, že se také díky nim například neustále snižuje spotřeba paliva, snižují se emise, hmotnost karosérie, zvyšuje se bezpečnost cestujících apod.

Bakalářská práce se zaměřuje na ty spojovací metody, které lze pro automobilový průmysl považovat za perspektivní: svařování (WIG/TIG, MIG/MAG, plazma, laser), lepení, pájení (MIG pájení a pájení laserem), tváření za studena (metoda TOX) a šroubové spoje. Právě tyto metody totiž zauímají v automobilovém průmyslu významné místo. Nejvíce se asi uplatňuje svařování laserem, které hraje nezastupitelnou roli ve velkosériové produkci. Růst aplikací tohoto způsobu spojování je velmi výrazný. Je to sice technicky vysoce náročná metoda, ale velice efektivní. V technické praxi se však setkáváme s mnoha dalšími metodami spojování, které však už nemají tak velký potenciál v automobilovém průmyslu, jako předchozí uvedené metody. Jsou to např. nýtování, obloukové svařování, některé části odporového svařování apod.

Práce proto mapuje nejčastěji používané metody spojování v automobilovém průmyslu, jejich konstrukční možnosti, přednosti, limity a vývojové trendy.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře s metodami spojování v automobilovém průmyslu. Udělat analýzu metod spojování a popsat přednosti, limity a vývojové trendy jednotlivých metod.

2.2 Metodika

Práce spočívala v rozboru a analyzování literárních poznatků, publikovaných v dostupné literatuře a současně všech ostatních zdrojů týkajících se této problematiky. Dále v podrobném prostudování těchto poznatků a jejich zpracování do finální podoby práce. (literární rešerše). Pro lepší představu jsou v některých oblastech práce použity obrázky a grafy s následným vysvětlením.

3 Analýza metod spojování v automobilovém průmyslu

Tato kapitola bude zaměřena na perspektivní metody spojování v automobilovém průmyslu. Popsány budou metody svařování, lepení, spojování za studena a spojení šroubem. Především bude rozebrána problematika svařování, protože její metody zastupují velkou část spojování v oblasti automobilového průmyslu.

Svařování - tavné

- metoda WIG/TIG
- metoda MIG/MAG
- plazma
- laser

Svařování - tlakové

- odporové – bodové

Pájení

- MIG
- laser

Lepení

Tváření za studena

- metoda TOX

Mechanické spojování

- šroubové spoje

3.1 Svařování

Svařování v automobilovém průmyslu tvoří v současné době rozsáhlou oblast národního hospodářství, ve které se může uplatnit velké množství specialistů. Na celou problematiku je možné nahlížet z mnoha úhlů pohledu. [19]

Svarový spoj může vznikat různými způsoby. Pro vytvoření svarového spoje může být rozhodující buď přívod tepelné energie do místa svaru, nebo dosažení plastické deformace v místě svaru. Podle hlavních faktorů, které vedou k vytvoření svarového spoje, je možno metody rozdělit na svařování teplem, tlakem nebo oběma způsoby najednou. [8]

3.1.1 Definice svařování

„Svařování je metalurgický proces, při kterém se vytvářejí nerozebíratelná spojení prostřednictvím meziatomových vazeb mezi svařovanými částmi přímo nebo prostřednictvím přídavného materiálu při jejich ohřevu nebo plastické deformaci.“ [8]

Protože prakticky je velmi obtížné dosáhnout spojení na úrovni meziatomových vazeb za okolních podmínek (běžná teplota a tlak), kdy je termodynamický stav materiálů „metastabilní“, je nutné tento stav změnit. Proto je při svařování nutné působit buď tlakem, teplem nebo oběma faktory najednou. Obecně platí závislost, čím vyšší působí tlak, tím méně je potřeba vnést teplo a obráceně. Svařovat lze kovové i nekovové materiály, materiály podobných i různých vlastností. [22]

3.2 Tavné svařování

3.2.1 Obloukové svařování v ochranných atmosférách

Při obloukovém svařování v ochranných atmosférách hoří oblouk obklopen atmosférou ochranného plynu, který je přiváděn hořákem. Elektroda, oblouk i tavná lázeň je chráněna ochranným plynem před účinky okolní atmosféry. Jako ochrana se používá inertní nebo aktivní plyn. [5]

3.2.2 Svařování WIG/TIG

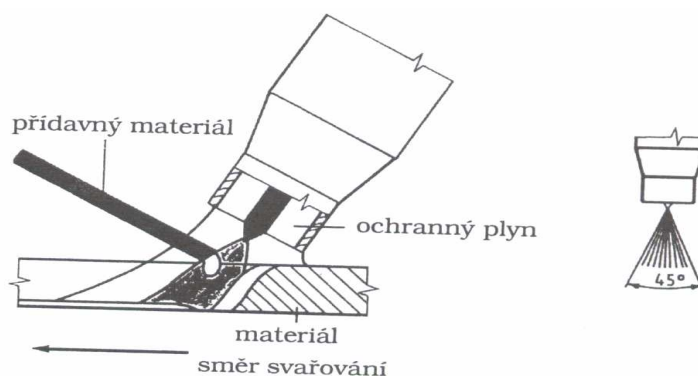
3.2.2.1 Charakteristika

Elektrický oblouk hoří mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem v inertním (netečném) plynu, jak můžeme vidět na obrázku (Obr. 1). Napětí na oblouku se podle druhu ochranného plynu pohybuje kolem 10-15 voltů. Wolframová elektroda je zapojena na minus pól. V případě hliníku se polarita mění (je vyžadováno čištění povrchu od oxidů). [11]

Svary provedené metodou WIG/TIG jsou velmi kvalitní s pěknou kresbou. Správně ošetřené povrchy svarových housenek jsou bez větších známek oxidace. Jsou hladké tak, že je možno bez dalších úprav provádět kapilární zkoušky celistvosti. [11]

Proti účinkům oxidace je elektroda a tavná lázeň chráněna plynovou ochranou na bázi argonu nebo argonu a helia. Častou příměsí je vodík, který zvedá napětí na oblouku a má vliv na nižší povrchové napětí tavné lázně a zvyšuje výkon svařování. [11]

Obr. 1 Princip svařování WIG/TIG [5]



3.2.2.2 Použité materiály

Chromové oceli, vysokolegované chromoniklové oceli, hliník, hořčík, měď, nikl a jejich slitiny, olovo a titan. [5,2]

Při svařování se používá:

- **střídavý proud** pro hliník, hořčík a jejich slitiny,
- **stejnoseměrný proud** pro ocel, měď, titan a jejich slitiny. [5]

3.2.2.3 Oblast použití

Spojovací svary ve všech výrobních a průmyslových odvětvích. Tvarově složité konstrukce, zejména z trubek z hliníkových materiálů a antikoročních ocelí: rámy kol a motorek a ochranné rámy off-road automobilů. [30]

3.2.2.4 Poznatky o metodě

Z článku autora Tichý [21] vyplývá, že metoda TIG byla v automobilovém průmyslu dlouho opomíjena. Důvodem je poměrně malý tepelný výkon. A protože při sériové výrobě čas jsou peníze, nebylo pro tuto metodu využití. Při zavádění robotizovaného pájení pozinkovaných dílů se objevil problém oprav takových spojů při výrobě. Při náběhu nové výroby, při seřizování svařování, ale i během rutinní výroby je potřebné mít k dispozici systém, který je schopen alespoň následně opravit vady v pájených spojih a ve svarech.

„Ukázalo se, že právě pro spoje pájené mosazí je metoda TIG jediná použitelná. Další použití se našlo při odstraňování povrchových porů na svarech ocelových materiálů následně určených pro pozinkování.“ [21]

Tichý [20] uvádí, že metoda svařování TIG má svá **výrazná omezení**. Je velmi obtížné svařovat oceli o větší tloušťce než 5 mm, či hliníkové materiály nad 4 mm. Problém spočívá v malé tepelné účinnosti TIG oblouku. A ani zvyšování svařovacího proudu na 150 či 200 a více ampér nepřináší výraznější výsledek. Přitom zvláště při svařování nerezových materiálů je svařování TIG **nezastupitelné**.

V ukrajinském Ústavu svařování elektrickým obloukem E. O. Patona se při modelování různých podmínek svařování metodou TIG ve velmi složitých svařovacích programech zjistilo, že přidáním některých **kysličníků (oxidů)** přímo do svařovací lázně by se mohl výrazně celý systém hoření oblouku a proudění taveniny ve svarové lázni změnit. Při praktických zkouškách se využilo znalostí vlivu různých oxidů na vlastnosti svařovacího oblouku ze svařování obalovanou elektrodou a plněným trubičkovým drátem. Vznikla tak nová metoda svařování, která dostala název **A-TIG**. O této metodě si dále povíme v kapitole Moderní svařování a vývojové trendy. [20]

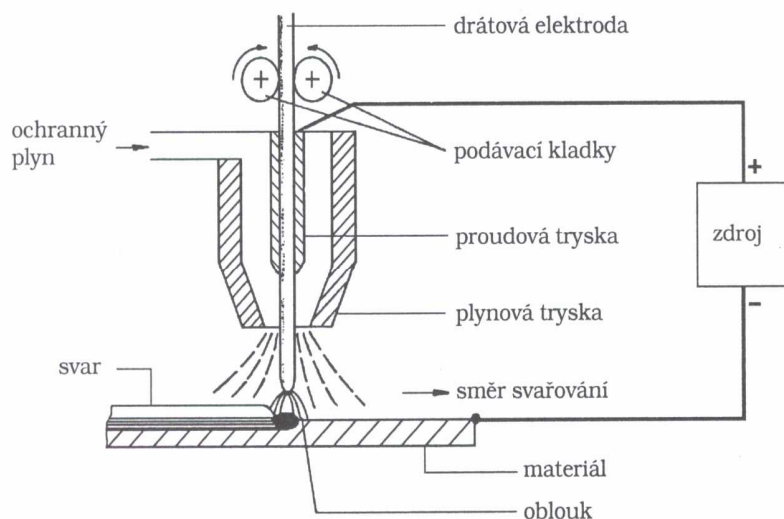
3.2.3 Svařování MIG/MAG

3.2.3.1 Charakteristika

Elektrický oblouk hoří mezi tavící se elektrodou přídavného materiálu, který je dodáván podavačem, a základním materiálem v inertním/aktivním plynu (Obr. 2). Napětí na oblouku se podle ochranného plynu pohybuje kolem 30 až 40 voltů. Elektroda je většinou zapojena na plus pól, jen v případě hliníku se polarita mění. (je vyžadováno čištění povrchu od oxidů). [11]

U metody MIG se jako inertní plyn používá argon, helium nebo jejich směs. U metody MAG se používají směsné plyny na bázi argonu. Nejčastější příměsí je oxid uhličitý a kyslík. [11]

Obr. 2 Princip svařování MIG/MAG [5]



3.2.3.2 Použité materiály

Tyto metody je možné použít na svařování téměř všech druhů svařitelných materiálů. MIG = středně a vysokolegované oceli, hliník a jeho slitiny a barevné kovy. MAG = nízkouhlíkaté nelegované konstrukční strojní oceli s pevností 650 MPa. [3,25]

3.2.3.3 Oblast použití

Naprosto většinu spojů tvoří koutové svary a svary typu plech na plech, kde spojem je opět koutový svar. Metoda MIG je používána při svařování dílů z Al, při tvrdém

pájení pozinkovaných tvrdých dílů a při svařování nerezových materiálů. Metodou MAG jsou běžně svařovány podvozkové skupiny, části karosérií, centrální trubky, nárazníky, výfukové soustavy a mnoho dalších míst na automobilech, kde je požadována dlouhodobá spolehlivost nosných spojů. [21]

3.2.3.4 Poznatky o metodě

Velkým přínosem technologie MIG/MAG je schopnost regulovat typ přenosu přídavného materiálu do svarové lázně pomocí vybraných parametrů. Jedná se v podstatě o moderaci odtaveného materiálu (kapky) na základě požadavku nastavených parametrů.

Druhy přenosů: zkratový, kapkový, impulsní, sprchový, moderovaný, rotační [22]

Dvořák [2] uvádí, že při svařování oceli v ochraně argonu se doporučuje v některých případech přidat do argonu 1 – 5 % kyslíku. Dělá se to pro zvýšení tekutosti svarové lázně a zároveň se tím snižuje pórovitost. Přítomnost kyslíku způsobuje však narůstání objemu kapek a snižování jejich počtu za sekundu, vyšší propal legujících prvků a zvětšení hloubky závaru. Pro vysokolegované oceli je vhodný přídavek 1 % kyslíku, pro uhlíkaté a nízkouhlíkaté oceli 3 až 5 % kyslíku.

3.2.4 Svařování plazmou

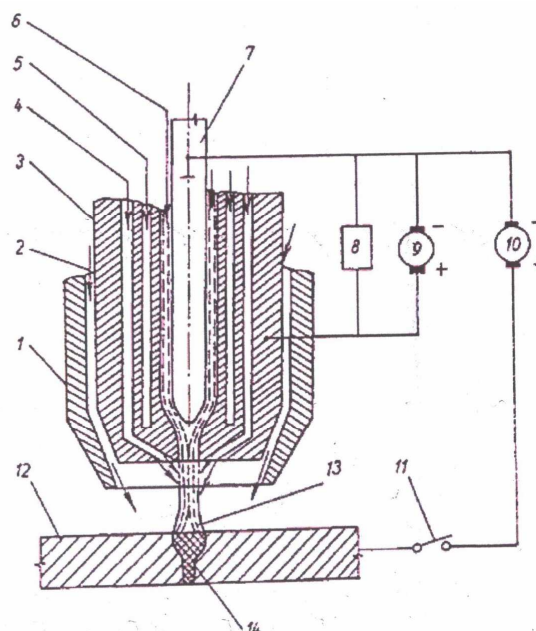
3.2.4.1 Charakteristika

Svařování plazmovým paprskem (Obr. 3) se většinou používá pro tupý svar. Protavený paprsek je veden přesně po hraně, před ním se obě strany hrany roztaví a rozestoupí, za paprskem se opět uzavřou. Při svařování bez přídavného materiálu obvykle vznikne na povrchu hubený svar. [21]

Jako ochranný plyn lze užít argon nebo jeho směs s heliem. V případě potřeby aktivní složky ve směsi se doporučují směsi argonu s vodíkem, oxidem uhličitým nebo kyslíkem. [11]

Obr. 3 Schéma plazmového svařování [23]

- 1) hubice pro přívod ochranného plynu
- 2) ochranný plyn
- 3) tryska hořáku
- 4) fokusační plyn
- 5) vodní chlazení
- 6) plazmový plyn
- 7) wolframová elektroda
- 8) vysokofrekvenční a vysokonapětový ionizátor
- 9) zdroj pomocného oblouku tzv. nezávislé zapojení
- 10) zdroj hlavního elektrického oblouku, tzv. závislé zapojení
- 11) spínač
- 12) základní svařovaný materiál
- 13) plazmový paprsek
- 14) provedený svar



3.2.4.2 Použité materiály

Svařované materiály se dělí podle použitého ochranného plynu. Pro nerezové oceli se používá plazmový plyn na bázi argonu s příměsí vodíku. S příměsí vodíku pro měď, titan, stříbro, bronz. Čistý argon se používá u obyčejných ocelí, zlata a molybdenu. [11]

3.2.4.3 Oblast použití

Společným znakem všech oblastí použití svařování plazmou je vysoká kvalita a produktivita procesu při minimálním tepelném ovlivnění základního materiálu. To vše předurčuje použití této metody zejména pro svařování ušlechtilých materiálů v následujících oblastech průmyslu: automobilový, chemický, potravinářský a letecký. Varianty postupů umožňují spojovací svary tlouštěk 0,01 až 15 mm a navařování [3,17]

3.2.4.4 Poznátky o metodě

Metoda PAW – Plasma Arc Welding (jak se také říká svařování plazmou) se používá třemi způsoby:

- Mikroplazmové svařování se svařovacím proudem 0,1 A – 20 A.
- Středněplazmové svařování se svařovacím proudem 20 A – 100 A.
- Svařování „klíčovou dírkou“ (keyhole welding), nad 100 A. [25]

Jak popisuje Schwarz [18], svařování plazmou je velice podobné metodě TIG, s tím rozdílem, že do elektrického oblouku je vháněn plazmový plyn. Díky výstupní trysce poté vzniká velmi úzký proud plazmy.

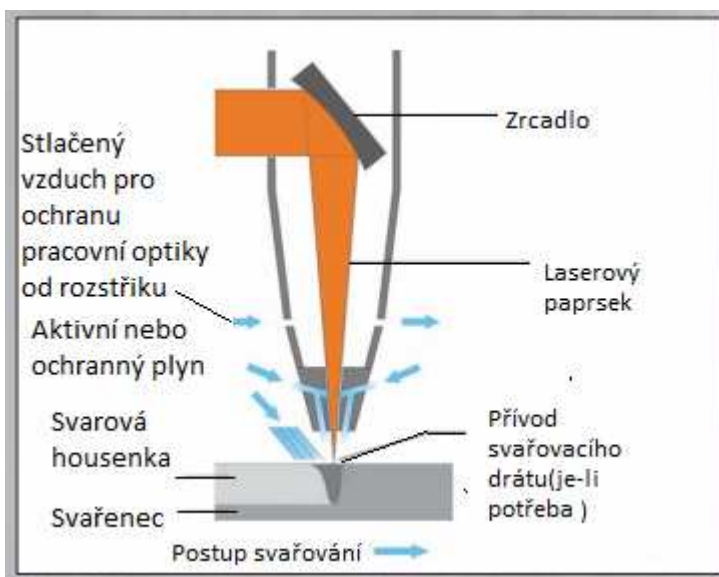
3.2.5 Svařování laserem

3.2.5.1 Charakteristika

Svařování laserem je relativně nová metoda, avšak růst jeho aplikací je velmi výrazný. Vlastnosti této metody a porovnání s ostatními metodami svařování můžeme vidět v tabulce (Tab. 1). Oblast svařování laserem je v rámci výroby svařenců drážní techniky velmi perspektivní technologie. Svařování laserem je nejvíce rozšířené v automobilovém průmyslu, kde je využíváno jak na spojování karoserií, tak na svařování motorových a převodových komponentů. [14]

Jde o strojní automatizované svařování s velmi úzkým svarem (Obr. 4) a hloubkou průvaru až do 25 mm. Poměr šířky ku hloubce svaru se pohybuje od 0,1 do 0,5. Svařovací rychlost dosahuje až 10 m.min⁻¹. Je to rychlý proces vyžadující přesné sestavení s mezerou do 0,1 mm, Přídavný materiál se nepoužívá. Deformace jsou minimální. Oblast použití je od svařování plastů a tepelného svařování až po svařování kovů. [11]

Obr. 4 Princip svařování laserovým paprskem [10]



Tab. 1 Srovnání metod svařování [14]

Metoda	Hustota energie [W/cm ²]	Hloubka průvaru [mm]	šířka/hloubka svaru	Svařovací rychlost [m/min]
Laser	10 ⁷ - 10 ⁹	25	0.1 – 0,5	až 10 m/min
Plamen	10 ³	3	3	0.01
El.oblouk	10 ⁴	4	2	0,5 - 3
Plasma	10 ⁶	až 12	1	0,5 - 5
El. paprsek	10 ⁸	200	0,03	0,5 - 5

3.2.5.2 Druhy laserů

Pevnolátkový Nd-YAG laser:

Pevnolátkový laser pracuje na bázi ozařování krystalu vzácných zemin budícími diodami, pomocí kterého vzniká v soustavě zrcadlové dráhy koherentní laserové záření, které je pak světlovaným kabelem přiváděné k pracovní optice. Pevnolátkové lasery pak mají účinnost přes 25%. [10]

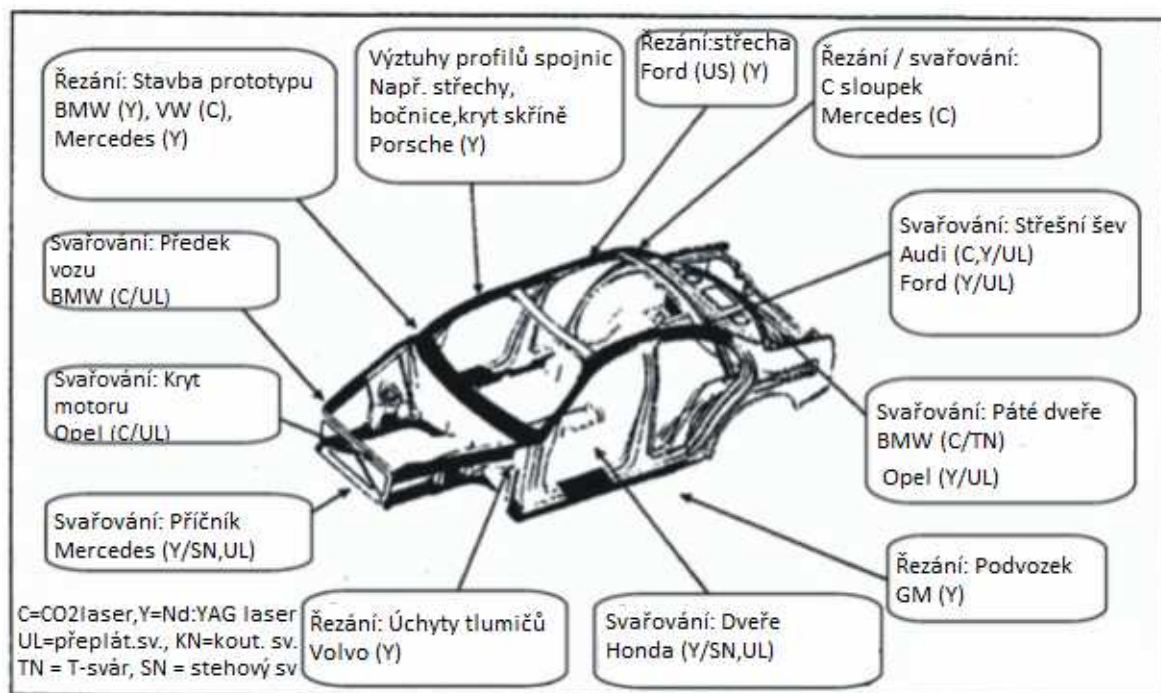
Plynový CO₂ laser :

Principem těchto laserů je zesílení světelného paprsku při mnohonásobném průchodu aktivním prostředím tvořeném směsí plynů CO₂, N₂ a He. Plyn CO₂, obohacený o N₂ a He je poháněn vakuovou turbínou a vybuzen elektrodami spojenými s vysokofrekvenčním generátorem. Lasery CO₂ mají pevné ustavení celého optického systému, poloha řezací optiky je pevně svázána se zdrojem laserového záření. U tohoto typu zdroje se dále nepoužívají další technické plyny. Je však nutné do systému laserového zdroje doplnit všechny tři pracovní plyny. Lasery CO₂ mají účinnost cca 8%. [10]

Polovodičový laser:

Mají velmi kompaktní řešení vlastního laseru s potenciální možností montáže přímo na robotické rameno, nebo opět možnost použít optické vlákno. Problémem je obecně paprsek s hranatým profilem a (zatím) malá životnost vlastního laseru. [14] Využití těchto laserů je patrné na obrázku (Obr. 5).

Obr. 5 Možné aplikace laser při stavbě autokaroserie [26]



3.3 Tlakové svařování

V této podkapitole si povíme a stručně rozebereme nejrozšířenější způsob spojování v automobilovém průmyslu. Bodové svařování je velmi používaná metoda, proto se budeme věnovat pouze jemu.

3.3.1 Odporové svařování

Odporové svařování je oblast svařování používaná především v sériové a hromadné výrobě. Svarový spoj vzniká z roztavených základních materiálů teplem vyvinutým při průchodu elektrického proudu při spolupůsobení stlačovací síly. Výhodou odporového svařování je vysoká produktivita. [1]

Pomocí odporového svařování svařujeme převážně oceli, ale také neželezné kovy. Oblast použití odporového svařování je především u zpracování plechů ve všech výrobních odvětvích, využívá se na drobné součástky, spojovací svary velkých průměrů, otevřené a uzavřené profily, karoserie, hřídele, tyče, trubky aj. [3]

3.3.1.1 Bodové svařování

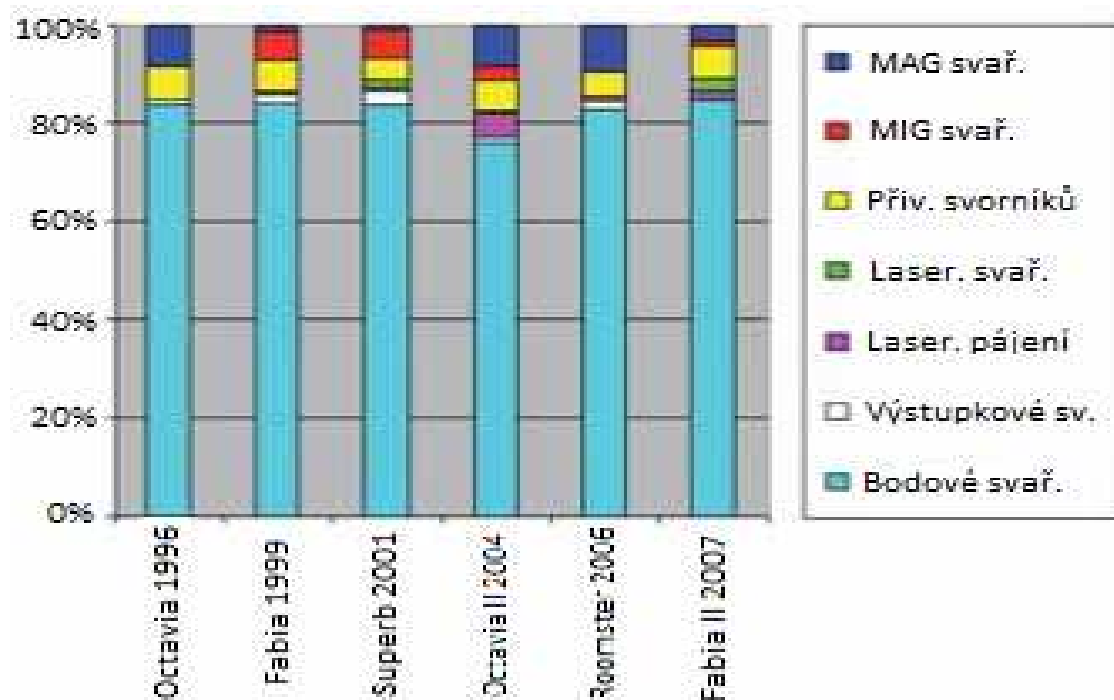
Bodové svařování se používá na výrobu přeplátovaných spojů dílců z tenkého plechu, tloušťky běžně do cca 2,5 až 3 mm, i když bodově lze svařovat i tloušťky větší. V kombinaci s lepením zajišťuje vysokou pevnost po celé délce spojovaných dílů.

Janota [12] uvádí, že ze všech metod odporového svařování se pravděpodobně bodové svařování používá v nejširší míře. Pouze světový automobilový průmysl vyrobí každodenně kolem dvou miliard bodových svarů. Dle tabulky (Tab. 2) a obrázku (Obr. 6) je to do dnešních dnů nejpoužívanější spojovací technologie v automobilové výrobě.

Tab. 2 Množství svarů na jednotlivých modelech automobilů Škoda [30]

Metoda svařování	Množství	Octavia	Fabia	Superb	Octavia II	Roomster
Bodové svary	ks	4400	4500	6201	5000	5217
MIG pájení	m	-	4	7,4	2,5	2
MAG svařování	m	5,5	1	1,2	2,5	7,5
Přivaření svorníků	ks	190	160	214	200	161
Výstupkové svař.	ks	25	46	147	31	34
Laserové pájení	m	-	1	1,03	1,6	1,2
Laserové svařování	m	-	-	3,06	0,5	-

Obr. 6 Graf podílů svařovacích technologií při výrobě vozů Škoda [12]



Převážně se bodují plechy z oceli, ale i z hliníku a jeho slitin, nebo také exotické materiály jako například titan a zirkon. Technologie odporového svařování jsou velmi výkonné i při použití standardních svařovacích strojů. [12]

3.4 Pájení

Způsob metalurgického spojování kovových dílů pomocí roztavené pájky, přičemž pájené plochy základních materiálů nejsou nataveny, ale jen smáčeny použitou pájkou. Pájením se vytváří pájený spoj, definovaný jako spoj dvou nebo více dílů pájkou. **Pájka** je přídatný materiál pro pájení, jehož teplota tavení je nižší, než teplota pájené plochy. Podle pracovní teploty se pájky rozdělují na **měkké pájky** (do 450°C) a **tvrdé pájky** (nad 450°C). [1]

Pájení patří k nejstarším způsobům spojování materiálu působením tepla. Po roce 1930 se postupně zavádí v elektrotechnickém i automobilovém průmyslu. [1]

Metod pájení je celá řada a proto se budeme věnovat jen těm podstatným v automobilovém průmyslu.

3.4.1 MIG pájení

Jak popisuje Pařízek [15], MIG pájení je zvláštní proces spojování hlavně pozinkovaných materiálů. Ještě donedávna se ocelové pozinkované materiály svařovaly zejména metodou MAG klasickým drátem typu SG-1,2 nebo 3. Pokud svařujete třeba pozinkované plechy, setkáte se s nepříjemnostmi, které toto svařování provází:

- nestabilní hoření oblouku,
- provaření zinkové vrstvy,
- pórování,
- velký rozstřík způsobený parami zinku,
- vysoký obsah zplodin a nebezpečí zinkové horečky.

Díky těmto negativním vlivům přišli výrobci přídatných materiálů na trh s novou metodou spojování pomocí nikoliv ocelového, ale **bronzového drátu** s označením CuSi3.

Jako zdroj svářecího proudu se používá klasická MIG/MAG svářečka. Jelikož u této metody nedochází k natavení základního materiálu, ale pouze k tavení přídavného materiálu, jedná se o proces **tvrdého pájení**, nikoliv o svařování. Doporučené plyny jsou Argon, nebo Argon + 1% O₂. [15]

Drátem CuSi3 lze vytvářet oba základní typy spojů: koutový svar i tupý svar. V automobilovém průmyslu je asi nejčastějším spojením spoj překlátovaný, pro nějž je drát CuSi3 také mimořádně vhodný. V průmyslové výrobě má tato metoda velikou perspektivu, neboť do značné míry eliminuje nežádoucí účinky vznikající při klasickém svařování pozinkovaných materiálů a redukuje náklady na dodatečnou protikorozi ochranu svarů. Kromě výše zmiňovaného drátu lze pro MIG pájení použít i dráty typu CuAl8 nebo CuSn6, tedy hliníkový a cínový bronz. Ovšem drát CuSi3 je pro tuto metodu nejpoužívanější. [15]

3.4.2 Laserové pájení

Podle článku [27], ne vždy je nutné používat ke spojování dílů karoserií hned svařování, které sebou přináší určité nebezpečí deformace dílů nadměrným ohřevem. U některých pozinkovaných dílů karoserie postačuje při dostatečné pevnosti spoje **laserové pájení na tvrdo**. Při prvních aplikacích se provádělo **pevnotlakovým Nd:YAG laserem**. Takový postup volila např. automobilka VW při spojování některých zadních dílů karoserie vozidla VW Bora. Při dostatečném výkonu **diodových laserů** se osvědčilo používat pro tvrdé pájení především těchto laserů, kde obdélníkový profil paprsku lépe slouží pro předeřev pájeného spoje než kruhový profil paprsku laseru pevnostlakového. V současné době se 4 kW diodovým laserem pájí natvrdo některé díly karoserie vozidla Audi TT. Tím, že při pájení nedochází k natavení základního materiálu, nedochází ani k nebezpečnému vzniku koroze spoje, přičemž je možné při pájení používat i některého ochranného plynu.

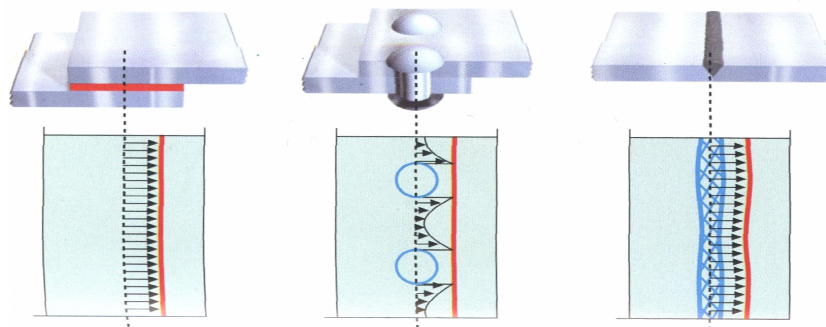
3.5 Lepení

3.5.1 Teorie lepení

„Lepení znamená spojení dvou různých ploch prostřednictvím lepidla, které má dobrou přilnavost k oběma plochám. Každé lepidlo je v okamžiku lepení v kapalném stavu, protože jedině tak může zajistit dokonalé přilnutí k povrchům lepeného materiálu.“[9]

Lepení je vedle tradičních metod, jako je spojování šrouby, nýtování a svařování, uznávanou spojovací technikou. Na obrázku (Obr. 7) máme znázornění rozložení napětí. [4]

Obr. 7 Rozložení napětí u svařovaných, nýtovaných a lepených spojů [4]



Celková pevnost lepeného spoje je závislá především na čtyřech základních parametrech:

- ADHEZE = přilnavost lepidla k lepenému povrchu,
- KOHEZE = soudržnost hmoty lepidla neboli vnitřní pevnosti lepidla,
- SMÁČIVOST lepeného povrchu kapalným lepidlem,
- PEVNOST lepeného materiálu. [9]

3.5.2 Rozdělení lepidel

V technické praxi se lepidla rozdělují dle několika hledisek. Nejobecnější základ pro rozdělení lepidel je jejich **chemické složení**. Podle původu základní složky se lepidla dělí na **přírodní** a **syntetická**. Přírodní se dělí na **organická** (živočišný nebo rostlinný původ, škrob, klišy apod.) a **anorganická** (vodní sklo, sádra, cement). Syntetická dále na lepidla na bázi **reaktoplastů, termoplastická, elastomerová** (kaučukovitá) a **směsná**. [24]

Podle fyzikálního charakteru se dělí lepidla na **pevná, polopevná a tekutá**. Tekutá se dělí na **roztoková, disperzní, pasty a pěny**. [24]

3.5.3 Konstrukční zřetele lepeného spoje

Pevnost a trvanlivost lepeného spoje je vymezena především těmito parametry:

- lepidlem,
- materiálem,
- provozním prostředím,
- konstrukcí spoje,
- zatížením.

Podle Loctite [4], fyzikální a chemické vlastnosti lepidla určují adhezní a kohezní pevnost lepeného spoje. Trvanlivost rovněž velmi závisí na druhu lepidla. Různé postupy lepení umožňují výběr mezi různými hodnotami pevnosti, moduly pružnosti a adhezními vlastnostmi lepidla.

„Materiály a úprava jejich povrchu jsou často prvním výběrovým kritériem pro optimální navržení lepidla nebo konstrukci spoje. Tuhost dílů a mechanické vlastnosti materiálů jsou také velmi důležitými kritérii při výběru nejvhodnějšího lepidla.“ [4]

Provozní prostředí spoje (teplota, chemikálie, vlhkost) přímo ovlivňují výběr lepidla. Provozní prostředí a vnější zatížení jsou nejdůležitější parametry, co se týče trvanlivosti. [4]

Nejdůležitější je navržení konstrukce spoje tak, aby vybrané lepidlo pracovalo co nejlépe. Návrh musí být přizpůsoben jeho omezujícím parametrům a konstrukce spoje se musí optimalizovat, abychom zabránili nevhodným způsobům zatížení jako je loupání nebo štěpení. [4]

3.5.4 Zatížení a namáhání lepených spojů

Brožek [1] popisuje, že vlastnosti a možnosti lepidel by se měly vzít v úvahu již při konstrukci výrobku. Pro dosažení optimálních výsledků v technice lepení by měly pokud možno na spoj působit pouze **stříhové** nebo **tlakové síly**. Síly namáhající spoj loupáním působí nepříznivě, ale lze jim zabránit vhodnými konstrukčními opatřeními. Chceme-li přenášet velké síly, je nutno zvětšit plochy lepených spojů“.

Při výpočtu spojů je třeba vzít v úvahu všechny vlivy konkrétního případu. Dále uvedené dílčí faktory zahrnují hlavní odchylky hodnot zjištěných na zkušebních vzorcích od hodnot dosažitelných v praxi. Při výpočtu jsou zohledněny všechny vlivy – druh materiálu, velikost spáry, drsnost lepeného povrchu, velikost lepené plochy, směr a druh zatížení, provozní teplota a způsob vytvrzení lepidla. Ve speciálních případech (u chemických vlivů) je třeba do výpočtu zahrnout tyto faktory. [1]

3.5.5 Lepené spoje ve stavbě automobilů

Lepené spoje ve stavbě automobilů lze rozdělit do několika skupin:

Lepení frikčních materiálů, konstrukční lepené spoje karosérie, tmelení karosérie, lepení lepidly, která obsahují rozpouštědla, lepení okenních skel, lepení tavnými lepidly, lepení samolepicími páskami. Další použití charakterizuje obrázek (Obr. 8).

Lepidla pro moderní výrobu automobilů musí mít tyto vlastnosti:

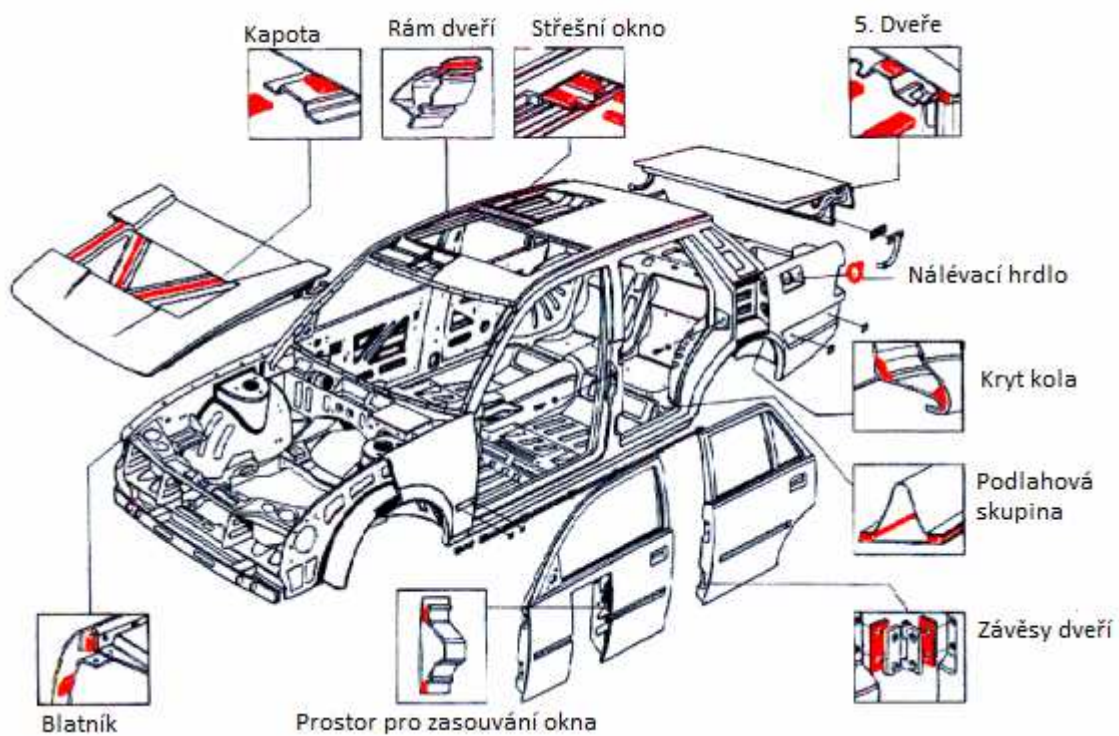
- odolávat teplotám v rozmezí -50 až +80 °C, v některých případech i vyšší,
- odolávat povětrnostním vlivům, roztokům soli, pohonným hmotám, olejům a brzdovým kapalinám po dobu životnosti vozu,
- lepit různé materiály – od kovů přes pryže, lakované povrchy až k plastům – a to bez větších nároků na úpravu povrchu před lepením. Často je třeba lepit i méně zamaštěné nebo jinak znečištěné povrchy,
- vyhovovat požadavkům vysoké frekvence hromadné výroby a dát se snadno nanášet,
- výrobní náklady lepení musí být nižší než náklady tradičních způsobů spojování a operace lepení musí vyhovovat i bezpečnostním předpisům. [6]

3.5.6 Konstrukční lepené spoje karosérie

Z článku [24], se lepené konstrukční spoje v automobilovém průmyslu uplatňují v řadě variant jak z hlediska konstrukčního provedení, tak i z hlediska funkčního namáhání. Předpokladem pro dobrou pevnost a dostatečnou únosnost lepeného spoje je především vhodná konstrukce spoje. Lepené spoje jsou charakteristické velmi dobrou pevností ve smyku, pevnost v tahu je již výrazně nižší. Ještě horší je pevnost spoje při odlupování. Proto zásady vhodného užití lepeného spoje vycházejí jednak z charakteru použitého lepidla a také z požadavku co nejvíce redukovat namáhání v tahu a odlupování. Pokud nelze tyto faktory dostatečně omezit a je-li třeba zvýšit spolehlivost spoje, kombinuje se lepení s ostatními technikami spojování. V mnoha případech jsou **lepené spoje** využívány v **kombinaci s bodovým svařováním** (např. lemy dveří).“

Tenké karosářské plechy se nejčastěji spojují technologií odporového (bodového, švového či výstupkového) svařování. Povrchy plechů se často pro zvýšení odolnosti proti korozi opatřují zejména elektrolyticky nebo zároveň nanášenými povlaky na bázi Zn, což do této technologie vnáší specifické problémy. Mezi ně patří spojování plechů různých tloušťek a jakostí. Další nepříjemnosti způsobuje právě povrchová vrstva zinku. Ve srovnání se současně používaným svařováním (odporové bodování karosérie) se dosáhne technikou lepení mnoho výhod. [24]

Obr. 8 Použití lepidel ve stavbě karoserie [24]



3.6 Spojování plechů tvářením za studena

Automobilový průmysl patří mezi jedno z mála odvětví, které stále roste a neustále zvyšuje objem výroby. Což znamená, že je potřeba vyrábět velké množství plechových dílů.

Díly z plechů jsou dnes vyráběny nejvíce z pozinkovaných plechů a tvoří velký balík zakázek, které jsou vyráběny pomocí lisovacích nástrojů. Jedná se o velké série dílů, pokud možno co nejlevnějších. Proto jsou hledány nové možnosti, jak snížit ceny vyráběných dílů a náklady na jejich výrobu. Ale je také požadována vyšší kvalita, přesnost vyráběných dílů a jejich vyšší složitost. Tím se dostáváme k aplikacím nových normalizovaných prvků přímo do postupových nástrojů. [13]

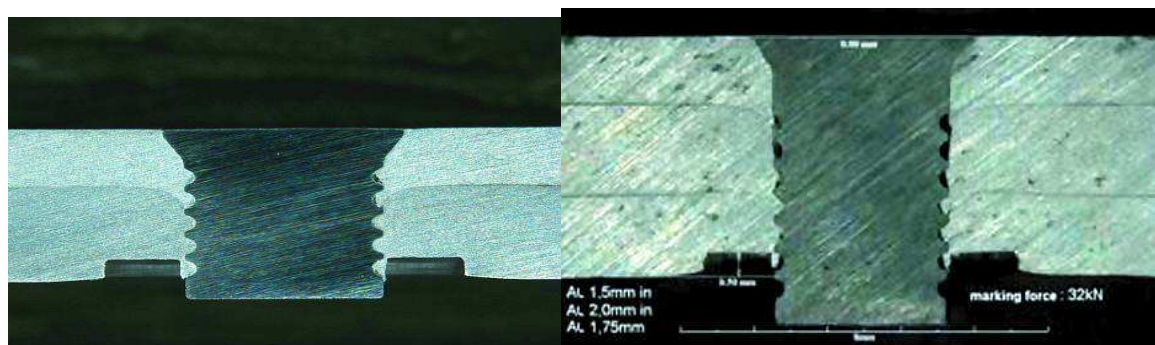
3.6.1 Metoda TOX

Tato metoda je velmi ekonomická, jednoduchá a šetrná k životnímu prostředí. Úspory dosahují 30 až 60 % oproti bodovému svařování.

3.6.1.1 Princip a popis metody

Základní princip spojování až tří vrstev plechu metodou „TOX CLINCHING“ lze popsat jako nýtování bez nýtů za studena (podrobně na Obr. 9). Jak uvádí Kaiser [13], při testování mechanických vlastností těchto spojů, bylo zjištěno, že dosahují lepších vlastností, než běžně používané bodové svary. Další výhodou oproti bodovým svarům je to, že nevzniká tepelně ovlivněná oblast se změněnými vlastnostmi základního materiálu. Největší výhodou oproti svařovaným spojům je v možnosti velké variability spojovaných materiálů.

Obr. 9 Spoj dvou a tří plechů pomocí prostřihovacího nýtu. [35]



Obr. 10 Fáze tvoření spoje, tvorba pevného spojení materiálu a finální spoj [35]



Princip spočívá v tom (Obr. 10), že na horní spojovaný materiál působí razník a v důsledku tohoto tlaku dochází k zatékání vrchního materiálu do spodního a spodního materiálu do matrice. Ke konci cyklu dojde k stranovému zatečení horního materiálu do spodního. [28]

3.6.1.2 Oblasti využití spojů TOX

Z článku [29] vyplývá, že spoje TOX mají nezastupitelný význam v automobilovém průmyslu). S ohledem na trend snižování hmotnosti automobilů se mnoho plechových dílů vyrábí kombinací materiálů Fe a Al nebo jejich slitin. Prakticky jedinou spojovací technologií pro tyto účely jsou spoje TOX, eventuálně ve spojení TOX + lepení. Jako příklady lze uvést části karoserií, jako jsou přední a zadní víka, dveře a stahovací střechy, nebo sedačky, konstrukce stahování oken, držáky armatur apod.

V tomto odvětví se uplatňují spoje TOX jednak pro svou bezkonkurenční odolnost proti korozi a také kvůli výborné pevnosti spojů při střídavém namáhání způsobeném různým chvěním a otřesy.

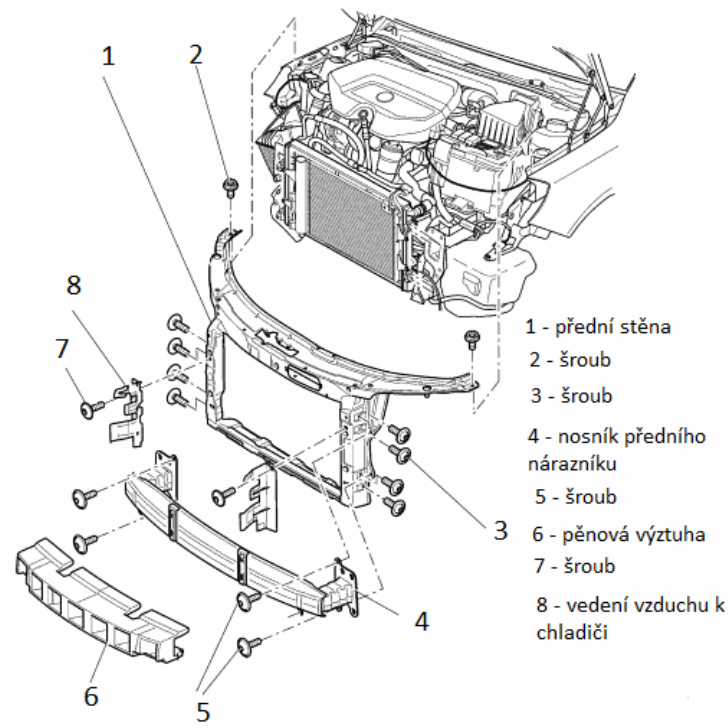
3.7 Šroubové spoje

Šroubový spoj se skládá nejméně ze tří částí: spojovacího šroubu a spojovaných součástí. Spojování šrouby je ideální metodou v případě, když se požaduje častá a snadná demontáž. Tato metoda je obvykle velmi spolehlivá. Za určitých okolností se však mohou šrouby uvolnit, proto by měly být zajištěny.

Pro použití šroubů se musí vyvrtat otvory, čímž dochází k oslabení části. Je-li spoj zatížen, koncentruje se v blízkosti vyvrtaných otvorů napětí. To může někdy vést k únavě materiálu. Pokud se tedy používají šrouby, je nezbytné zvětšit tloušťku materiálu, čímž se docílí požadované stability. Kromě toho se vyvrtáním otvorů pro šrouby zvyšuje nebezpečí koroze. Z tohoto důvodu je často nutné provést dodatečné utěsnění nebo ochranu materiálu, což je obvykle komplikovaná a nákladná záležitost. Spojováním různých kovů může dojít i k elektrické korozi nebo k diferenciální tepelné dilataci. [4]

Ukázka analýzy použití šroubových spojů v automobilovém průmyslu je zobrazena na obrázku (Obr. 11). Obrázek ukazuje na přední část karoserie a nosník nárazníku Škody Fabie II. [7]

Obr. 11 Montážní přehled úplného modulu přední stěny [7]



4 Přednosti a limity metod spojování a jejich vývojové trendy

Tato kapitola bude zaměřena na vývojové trendy jednotlivých metod spojování popsaných v kapitole 3 a u každé metody budou popsány její přednosti a limity.

4.1 Vývojové trendy svařování WIG/TIG

V kapitole 3.2.3.4 je již zmíněno, že přidáním některých kysličníků (oxidů) přímo do svařovací lázně by se mohl výrazně změnit celý systém hoření oblouku a proudění taveniny ve svarové lázni. Při praktických zkouškách se využilo znalostí vlivu různých oxidů na vlastnosti svařovacího oblouku ze svařování obalovanou elektrodou a plněným trubičkovým drátem. Vznikla tak nová metoda svařování, která dostala název **A-TIG**.

Z článku Tichý [20] vyplývá, že A-TIG se od klasického TIG liší především tím, že na místo svařování je nejprve nanesena vrstvička oxidu. A právě volba správného oxidu způsobí výraznou kontrakci (stlačení) oblouku a tím se zmenší průměr sloupce oblouku a naroste proudová hustota v místě styku oblouku se základním materiálem. Současně se výrazně změní proudění ve svarové lázni, kdy tavenina proudí v ose oblouku dovnitř lázně.

Při svařování bez přídavného materiálu se projeví všechny vlastnosti oblouku bez maskování případných nepřesností jeho hoření. Nevznikají vruby, zápaly, póry a další vady způsobené nedokonalým podáváním přídavného materiálu. [20]

Přesně uložená oxidická vrstva způsobí velké zvětšení hloubky závaru, při svařovacím proudu 100 A je to až o 100%, u proudu 150 A o cca 110% a u proudu 200 A o cca 100%. [20]

4.1.1 Přednosti svařování WIG/TIG

- poskytuje účinnou ochranu svarové lázně v inertním ochranném plynu,
- poskytuje koncentrovaný paprsek,
- je možné svařovat s přídavným drátem i bez něj,
- po svaření není třeba svar dodatečně upravovat - odstranění strusky apod. [22]

4.1.2 Limity svařování WIG/TIG

- vysoká technická náročnost na svařovací zařízení,
- malá produktivita,
- malá tepelná účinnost oblouku. [2]

4.2 Vývojové trendy svařování MIG/MAG

Hájek [11] v článku uvádí, že výrobci svařovacích zdrojů přišli s metodou CMT (Cold Metal Transfer), která umožnila zcela eliminovat rozstřík. Přídavný materiál je ve vhodném okamžiku přenosu odstříhnut od drátu v hubici a přejde hladce do tavné lázně. Vnesené teplo je minimální. Svařování vysokými odtavnými výkony touto metodou však nebude možné. Stejně tak kvalita průvaru může být diskutabilní.

Hodně se také experimentuje s rotujícími elektrodami či elektrodami v tandemu. Velmi zajímavým vylepšením je dělená tryska, která jako nůžky vymezuje vůli drátu v trysce. Tryska má potom konstantní přesnost a cca 10 x vyšší životnost. [11]

Poslední trend ve vývoji plynů představuje snižování podílu aktivních složek v závislosti na tloušťce svařovaných materiálů a tří komponentní směsi na bázi argonu, oxidu uhličitého a kyslíku. Přitom pro ruční svařování malých tlouštěk se podíl kyslíku snížil až na 1 % ve směsi. [11]

4.2.1 Přednosti svařování MIG/MAG

- svařování ve všech svařovacích polohách,
- vysoká svařovací rychlost = vyšší produktivita,
- nižší nároky na čištění strusky,
- eliminace zplodin oproti metodě MMA,
- oblouk i svarová lázeň je jasně viditelná,
- při svařování ve zkratovém přenosu – nižší vnesené teplo do svařence = menší deformace. [22]

4.2.2 Limity svařování MIG/MAG

- svařovací zdroj je náročnější na obsluhu,
- vyšší pořizovací cena,
- vyšší nárok na údržbu,
- při špatných podmínkách ventilace je riziko odfouknutí ochranného plynu,
- relativně vysoké vyzářené teplo do prostoru. [22]

4.3 Vývojové trendy svařování plazmou

Je vidět stále větší použití mechanizovaného a automatizovaného procesu svařování. Probíhá intenzivní materiálový výzkum svařitelnosti i jinak obtížně svařitelných materiálů. Rozšiřuje se oblast používaných výkonů. [11]

Z článku odborného časopisu [17] se dozvídáme o svařování „klíčovou dírkou“. Tento trend spočívá v tom, že teplo a dynamický účinek oblouku vytvářejí otvor na přední straně tavné lázně. Tento otvor, kde oblouk přechází přes materiál, se nazývá klíčová dírka. Při posuvu plazmového hořáku ve směru svařování dochází vlivem povrchového napětí k opětovnému spojení svarového kovu za klíčovou dírkou. Tento efekt umožňuje svařování tupých svarů do tloušťky 8 mm bez úpravy svarového úkosu a na jeden průchod. Spotřeba přídavného materiálu se tak sníží až na 1/10. Ekonomický přínos této metody je zřejmý. Snadná kontrola průvaru, nízká citlivost na změny délky oblouku, vysoká stabilita oblouku i při nízkých parametrech společně s malou tepelně ovlivněnou oblastí zajišťují vysokou kvalitu svařovacího procesu. Svařování metodou klíčové dírky je velmi vhodné pro automatizaci svařovacího procesu.

4.3.1 Přednosti svařování plazmou

- vyšší rychlost svařování,
- menší tepelně ovlivněnou oblast, a tím i menší deformace,
- menší převýšení svaru, a tím i snížení pracnosti následného opracování svaru,
- zachování příznivých mechanických hodnot základního materiálu,

- vynikající vzhled svaru při snadné reprodukovatelnosti,
- vynikající kvalita svaru,
- snížení pracnosti přípravy svarových ploch,
- do tloušťky 8 mm není nutné svarové plochy úkosovat,
- lze svařovat jedním průchodem a pouze z jedné strany,
- úspora přídavného materiálu. [17]

4.3.2 Limity svařování plazmou

- vodík může tvořit výbušné směsi,
- síťový přívod musí být uzemněný,
- z blízkosti okolí je třeba odstranit všechny hořlavé látky,
- nepodceňovat ohrožení ultrafialovým zářením. [17]

4.4 Vývojové trendy svařování laserem

Vývojovým trendem podle Hájka [11] je, že i když se zatím ke svařování používají hlavně CO₂ lasery, zvyšování parametrů zejména u diodových a vláknových laserů pro ně znamená významnou konkurenci. Tyto nové lasery pak rozšiřují svoje pole aplikací od svařování plastů a tepelného zpracování, kde na kvalitě laserového paprsku a výkonu až tak nezáleželo, ke svařování kovů. Důležité je, aby si také nových technologických možností povšimli konstruktéři a zbavili se stereotypů při navrhování spojů.

V této oblasti je největší pokrok u automobilového průmyslu, kde se již často průmyslově využívá metody **laser-hybrid** spojující **TIG + laser**, **plazma + laser** ale hlavně **MIG/MAG + laser**. Metoda laser-hybrid rozšiřuje možnosti obou metod, neboť zlepšuje překlenutí mezer oproti klasickému laseru a zvyšuje výkon a kvalitu oproti čisté metodě MIG/MAG, případně TIG. Zejména se jedná o zmenšení tepelně ovlivněných oblastí u hliníkových vytvrditelných slitin, které jsou v případě hybridního svařování mnohem menší. Nezanedbatelná je i úspora rovnání, množství vneseného tepla se totiž zredukuje až o 85%. [11]

4.4.1 Přednosti svařování laserem

- lehce dosažitelný úzký a hluboký svar u širokého spektra materiálů,
- efektivní hluboké svary mohou být provedené u materiálů o tloušťce 12 mm,
- malé deformace a malé tepelně ovlivněné pásmo,
- vysoká produktivita,
- vhodné pro automatizaci výroby,
- nedochází k žádnému znečišťování svaru materiálem elektrod,
- paprsek může svařovat i na těžko dostupných místech. [14,18]

4.4.2 Limity svařování laserem

- cena laserových zařízení a vysoké provozní náklady,
- u plynových laserů je nevýhodou vlnová délka paprsku (není možné přenášet optickým kabelem ale soustavou zrcadel) a také vznik nežádoucí plazmy,
- svařování nutno provádět strojově (pomocí CNC systému),
- u plynových laserů je ještě nevýhodou malá účinnost a musí být dobré chlazení,
- nízká energetická účinnost. [18]

4.5 Vývojové trendy bodového svařování

Velmi významným trendem jak popisuje Fronius [31], je spojování hliníku. Náročné aplikace tohoto druhu vyžadují často přecházet k nákladným způsobům mechanického spojování, jako jsou speciální nýty nebo šrouby. Proto vzniká poptávka po optimalizovaném bodovém svařování použitelném pro komplexní alternativní aplikace. Zařízení DeltaSpot tuto výzvu přijalo a zvládnulo.

Pro zařízení DeltaSpot jsou charakteristické robotové svařovací kleště s obíhající procesní páskou, která probíhá mezi elektrodami a spojovanými plechy. Důsledkem stále probíhajícího opakovaného spouštění posuvu procesní pásky je kontinuální proces

s konstantní kvalitou spojů dosahovanou i v průběhu více pracovních směn. Přesnost svařovacího procesu, exaktní kontrola kvality a dlouhá životnost elektrod jsou pak dalšími důsledky. Odpadá rovněž frézování elektrod, které by bylo nutno provádět v krátkých intervalech. Tyto získávají, díky procesní pásce, optimální ochranu proti otěru a vzniku usazenin z povlaku plechů. Je zaručená konstantní kvalita svarových bodů. [31]

4.5.1 Přednosti bodového svařování

- nejpoužívanější spojovací technologie v automobilovém průmyslu ,
- použití pro hromadnou a velkosériovou výrobu,
- svařování přeplátovaných spojů z tenkého plechu (tloušťka do 2,5 až 3 mm),
- dokáže svařit i větší tloušťky plechu,
- malá hmotnost robotických kleští. [1,12]

4.5.2 Limity bodového svařování

- při svařování materiálů různé kvality může nastat nerovnoměrné tavení svařovaných materiálů,
- stejná situace může nastat také při svařování materiálů různých tlouštěk,
- větší nároky na čistotu svařovaného materiálu. [1,12]

4.6 Vývojové trendy MIG pájení

Zdokonalení uvedené metody v kapitole 3.4.1 podle článku [22], přináší dále použití impulzního svařovacího zdroje, které umožní dokonale naprogramovat celý proces tvorby, oddělení, přenosu a spojení kapky přídavného materiálu pro různé druhy materiálu a polohy svařování. Proto jsou při MIG pájení dosahovány nejlepší výsledky impulzními invertorovými svařovacími zdroji s programovým řízením a pamětí pro individuální nastavení. Velkou výhodou je katodový ochranný efekt, kdy při mírném poškození zinkového filmu dochází k jeho „samoopravení“

4.6.1 Přednosti MIG pájení

- malé deformace díky menšímu vnesenému teplu,
- stabilní a bezrozstříkový přenos svarového kovu,
- menší vypálení zinkové vrstvy,
- spoj je odolná vůči korozi bez dalších úprav,
- možnost spojovat i velmi tenké plechy,
- velmi nízký obsah zplodin. [15]

4.6.2 Limity MIG pájení

- nevhodná metoda pro amatérskou činnost,
- díky vysokému obsahu mědi jsou i velké náklady na drát,
- provaření zinkové vrstvy,
- dodržení všech předepsaných pájecích parametrů,
- mohou se objevit póry a průduchy ve svarovém švu. [15]

4.7 Vývojové trendy laserového pájení

Z článku [32] můžeme dojít k závěru, že pokud jde o vzájemné pájení ocelových dílů a dílů z hliníkových slitin, což je aktuální zvláště při snaze o snížení hmotnosti vozidel, pak zcela nový postup s novou, ale zatím blíže nespecifikovanou pájkou, se údajně podařil německé AG Berliner Photon. Přes rozdílné fyzikální a mechanické vlastnosti obou složek a oxidaci povrchu Al by měl zaručovat jak dosažení spolehlivých fyzikálních parametrů spoje, tak i zachování nerušeného tvaru spojovaných dílů. Tvrdé pájení laserem se samozřejmě neomezuje jen na automobilovou výrobu, ale začíná se používat i u jiných technologiích, jako je například pájení řezných destiček na nástroje.

4.7.1 Přednosti laserového pájení

- povrch pájeného švu je hladký a čistý,
- nemusí se nijak dále obrábět,
- spojování různých materiálů jako např. hliníku s ocelí,
- platí zde obecné přednosti laserů. [32]

4.7.2 Limity laserového pájení

- před lakováním je nutné díl karosérie očistit,
- některé pájky jsou nákladné (na bázi stříbra),
- aby bylo možné šev pájet, musí být přístupná pouze jedna strana. [32]

4.8 Vývojové trendy v oblasti lepení

Ve vývoji technologie lepení jsou stále více žádány prvky, které usnadňují a zlepšují lepený spoj. Vývojové trendy jsou například odolnost vůči mastnotě, stárnutí, přípravě povrchu, nemusí se míchat, menší mechanická úprava před použitím apod. Lepené spoje se proto v automobilovém průmyslu uplatňují stále větší měrou. Dá se říci, že lepení zastává buď funkci doplňkovou a těsnící, nebo může ve specifických případech zastoupit technologii svařování v konstrukčních pevnostních spojkách. [24]

Trendem lepidel se stalo např. vysokopevnostní akrylátové lepidlo, což je rychlovytvrzující strukturální lepidlo pro lepení velkých ploch různých materiálů s vynikajícími pevnostními vlastnostmi. Např. na lepení hliníkového plechu s plasty.

Dalším trendem jsou kyanoakryláty, což jsou superrychlá vytvrzující lepidla pro lepení různých materiálů jako jsou hliník, ocel, plasty a guma. Např. lepení gumových profilů nebo kombinací plast/guma. [33] Technika lepení se z dnešní moderní výroby už nedá vyloučit. Výrazný postup lepidel v oboru spojování různorodých materiálů ovlivňuje vývoj, konstrukci a výrobní technologie moderních strojů. [33]

Na základě všech informací o lepení se dá říci, že tato technologie se bude vyvíjet a v automobilovém průmyslu častěji uplatňovat.

4.8.1 Přednosti technologie lepení

- možnost dosáhnout vysoké pevnosti spojů (při namáhání ve smyku a rázu),
- tlumí vibrace v konstrukci a zvyšují tuhost i vzpěrovou pevnost souboru,
- správně navržený lepený spoj zabraňuje vzniku elektrolytické koroze kovových adherendů,
- rovnoměrné rozložení napětí,
- struktura materiálu se nemění (na rozdíl od svařování) a mat. se nedeformuje,
- utěsňují a izolují spoje,
- spojování kombinace stejných i různých materiálů (ocel – ocel, ocel – pryž),
- snižuje počet součástí a zlepšuje vzhled spoje. [1,4]

4.8.2 Limity technologie lepení

- klade vysoké požadavky na rovinnost a čistotu povrchu lepených dílů,
- u adherendů se špatnými adhezními vlastnostmi jsou nutné speciální úpravy povrchu (např. aktivace),
- u některých lepidel je třeba použít vytvrzovací přípravky, příp. připravit směs,
- nerozebíratelný spoj,
- spoje jsou citlivé na namáhání v odlupování,
- životnost některých lepidel je časově omezená,
- maximální pevnosti spoje je dosaženo až po určité době,
- lepené spoje mají omezenou odolnost proti vyšším teplotám,
- lepení v průmyslovém měřítku je náročnější na vybavení pracoviště. [1,4]

4.9 Vývojové trendy metody TOX

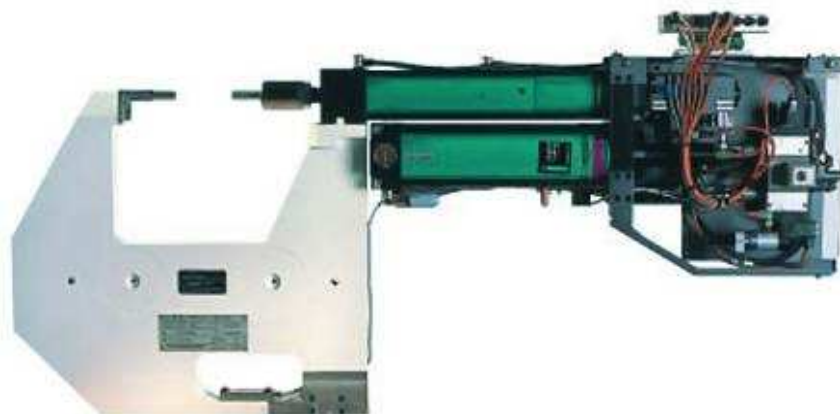
Svět spojování se musí rozvíjet stejně rychle, jako se vyvíjejí stále nové a nové druhy a vlastnosti materiálů. Tím také stoupá nutnost dále rozšiřovat různé způsoby a technologie spojování, a to zejména na tváření spojů za studena. V této oblasti zaujímá vedoucí postavení firma TOX Pressotechnik, která za svůj nový projekt „Robotické kleště pro aplikaci TOXspojů do ultrapevných materiálů“ získala ocenění na Robotics Award 2011 v Hannoveru. Tuto metodu si přiblížíme v následujícím textu. [16]

Princip metody spočívá vlisováváním speciálních elementů (tzv. Vollstanzniet) do spojovaných plechů. Tato aplikace umožňuje efektivně spojovat různé kombinace materiálů v karoseriích automobilů, a to zejména v těch zónách, které jsou relevantní pro výsledky nárazových testů. Využití těchto vysokopevnostních a hybridních materiálů, jejichž aplikace je podmíněna novými možnostmi jejich efektivního spojování, přineslo u nového projektu úsporu hmotnosti až o 100 kg na jeden automobil, a to při současně zvýšené bezpečnosti a odolnosti karoserie při haváriích auta. [16]

Spolu s vývojem robotických kleští (Obr. 12) pro spojování vysokopevnostních plechů a TOX-spojů pro vícevrstvé plechy z mixu různých materiálů byly vyvinuty samozřejmě tomu odpovídající moduly přísunu elementů „Vollstanzniet“. [16]

Na letošním veletrhu v Hannoveru oceněná firma TOX Pressotechnik je specialistou na spojování plechů technologií tváření za studena. V oboru působí již 20 let a zaujímá vedoucí pozici u řady výrobců automobilů (VW, Audi, BMW, Škoda apod.). [16]

Obr. 12 Kleště nesené robotem nebo stacionární [16]



4.9.1 Přednosti metody TOX

- nízké provozní náklady,
- dynamická pevnost spoje vyšší než u bodového sváru,
- statická pevnost dosahuje cca 70% pevnosti bodového sváru,
- nevznikají žádné mechanické trhliny,
- lze spojovat již povrchově upravené materiály bez porušení povrchové vrstvy,
- v místě bodu dochází ke zpevnění materiálu,
- jednoduchou nedestruktivní metodou kontrolujeme kvalitu spoje,
- energeticky úsporný způsob, jak spojovat dva a více materiálů. [28]

4.9.2 Limity metody TOX

- vysoké pořizovací náklady na strojovou techniku,
- složitá konstrukce matrice,
- nerozebíratelný spoj. [16]

4.10 Vývojové trendy ve šroubových spojích

Ani tato technologie nijak nezůstává pozadu a neustále se vyvíjí. Příkladem toho jsou podle technického týdeníku [34], šrouby MATHread. Tyto šrouby zajišťují krátké doby pracovních taktů a tím se minimalizují vady, opravy, neshodné výrobky a prostoje při montáži. Podstatně se sníží nebezpečí úrazu pro montážníky při provádění šroubových spojů do průchozích otvorů. Den co den vznikají v průmyslu na celém světě při montáži spojovacích prvků nákladné problémy způsobené nesprávným nasazením závitu šroubů do závitu matice. Tím klesá rychlost práce a vznikají rizika úrazu pro montážníky. Kromě toho náklady na opravy, odstranění vad a zmetků zatěžují výrobní proces.

Proto společnost Arnold Umformtechnik poskytuje inovační řešení tohoto problému pomocí patentovaného zaváděcího tvaru hrotu šroubu MATHread. Speciální design zaváděcí špice zajišťuje optimální posuv v aplikaci. Při styku závitů navede MATHread

závit šroubu do záběru se závitem matice. Speciální charakteristika šroubu vždy zajistí správné usazení obou závitových spirál. Díky tomu jsou šrouby se zaváděcí špicí MATHread kratší, lehčí a mají univerzálnější použití než ostatní speciální upevňovací prvky. Snadno se montují, jsou robustní, a tak eliminují všechny problémy vyskytující se v souvislosti s montáží závitových spojovacích prvků. Tím tento produkt napomáhá nejen trvalé úspoře nákladů ve výrobním procesu, ale je navíc ještě důležitým příspěvkem při řešení technologicky obtížných montážních postupů. [34]

Tyto důvody jsou rozhodující k tomu, že se systém MATHread postupně stal obecným standardem u prvovýrobců jako je např. General Motors a DaimlerChrysler.

4.10.1 Přednosti šroubového spoje

- spolehlivá metoda,
- rozebíratelný spoj,
- snadná montáž a demontáž,
- nedochází zde k tepelnému ovlivnění materiálu,
- předepjatost šroubu – výhoda u tepelně ovlivněné oblasti spoje.

4.10.2 Limity šroubového spoje

- zajištění šroubů proti uvolnění,
- oslabeně části z důvodu vyvrtání otvorů,
- při zatížení spoje se v blízkosti vyvrtaných otvorů koncentruje napětí,
- zvýšení nebezpečí koroze,
- někdy je nutné provést dodatečné utěsnění nebo ochranu materiálu,
- u spojování různých kovů může dojít k elektrické korozi nebo k diferenciální tepelné roztažnosti. [4]

5 Závěr

V první části bakalářské práce je po pečlivém prostudování všech zdrojů uvedených v seznamu literatury teoreticky vysvětlena analýza metod spojování v automobilovém průmyslu. Ve druhé části jsou teoreticky rozebrány přednosti, limity a vývojové trendy jednotlivých metod.

Protože metody spojování aplikované v automobilovém průmyslu jsou různorodé a velmi rozmanité, práce je zaměřena na ty perspektivní s dobrou vývojovou budoucností. Technologie, které jsem vybral pro tuto práci, jsou hodně využívané a neustále se zdokonalují a vyvíjí. V automobilovém průmyslu usnadňují výrobu, zvyšují produktivitu, neustále se zlepšují, snižují náklady, zrychlují výrobu, usnadňují práci apod. Další příjemnou informací je, že se zmenšuje dopad na životní prostředí, což je v momentální době velice rozšířené téma. Příznivý je také dopad na naši ekonomiku. Podstatné je, že konstruktéři přemýšlí a vynalézají nové technologie, jak snižovat hmotnost z automobilů a zlepšovat konstrukce karoserie. Toto má totiž veliký vliv na naši bezpečnost na silnicích.

Na přední pozice metod spojování bych asi uvedl technologii laseru. Tato technologie zaznamenává největší pokroky mezi spojováním v automobilovém průmyslu. Je to technicky vysoce náročná metoda, ale po jejím zvládnutí je velice efektivní. Tato technologie je náročná na pořizovací i provozní náklady, ale tyhle svoje nevýhody rozhodně kompenzuje svojí účinností. Používá se především pro velkosériovou produkci v oblasti automobilového průmyslu, kde je splněna velká masovost výroby. Používá se nejen pro spojování karosérií, ale i pro svařování motorových a převodových komponentů.

V současné době je největší výhodou v automatizaci a robotizaci výroby. Důvodem zavádění průmyslových robotů do spojování v automobilovém průmyslu je jednoznačný. U výrobců a dodavatelů je potřeba zvýšit kvalitu vyráběných dílů a zefektivnit výrobu v obrovských sériích. K tomu pomohla cenová dostupnost robotů a jejich technický vývoj, ale i požadavek zákazníků kupovat díly s opakovatelně vysokou kvalitou zpracování. Všechny spojovací technologie, které se vynalézají a budou se dít zrobotizovat, tak budou automobilovému průmyslu velice přínosné.

6 Seznam literatury

- [1] BROŽEK, Milan. *Strojírenská technologie I*. 2. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. 80 s. ISBN 978-80-213-1780-2
- [2] DVOŘÁK, Karel. *Svařování kovů v ochranných atmosférách aktivních a inertních plynů*. Příbram: QUICK – SERVIS, 1994. 55 s.
- [3] KRÍŽ, Rudolf – VÁVRA, Pavel. *Strojírenská příručka svazek 8*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. 255 s. ISBN 80-7183-054-2
- [4] LOCTITE. DER LOCTITE. *Worldwide design handbook*. 2. vydání. Mnichov: Loctite European Group, 1998. 452 s.
- [5] MINAŘÍK, Václav. *Obloukové svařování*. 2. vydání. Praha: Scientia, 2003. 241 s. ISBN 80-7183-285-5
- [6] PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. 788 s
- [7] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Fabia II*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2008. 352 s. ISBN 978-80-247-2155-2
- [8] TMĚJ, Jaroslav – NEUMANN, Heinz – JENŠÍ, Stanislav. *Teorie svařování*. 2. vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1990. 208 s. ISBN 80-7083-010-7
- [9] BERAN, Rudolf. ABC lepidla [online]. 2005 [cit. 2012-02-05]. Dostupné z http://www.abclepidla.cz/pdfs/Zaklady_teorie_lepeni.pdf
- [10] HADYNA, Daniel. Laserové svařování. *Svět svaru* [online]. 2011, č. 3. [cit. 2012-01-04]. Dostupné z http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/2011-3_Laser.pdf
- [11] HÁJEK, Jaroslav. Přehled technologií svařování v ochranných plynech. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010, č. 3. [cit. 2012-01-02]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/prehled-technologie-svarovani-v-ochrannych-plynech.html>

- [12] JANOTA, Martin. Odporové svařování. *Svět svaru* [online]. 2008. č. 2. [cit. 2012-01-15]. Dostupné z http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/2008-2_Odporove-svarovani.pdf
- [13] KAISER, Viktor. Nové možnosti využití postupových nástrojů pro plošné tváření plechů. [online]. [cit. 2012-03-01]. Dostupné z http://stc.fs.cvut.cz/History/2007/Sbornik/S2/Kaiser_Viktor_12123.pdf
- [14] KUBÍČEK, Jaroslav. Technické aspekty svařování laserem. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z <http://www.svarak.cz/images/stories/pdf/Svarov%C3%A1ni%20laserem.pdf>
- [15] PAŘÍZEK, Petr. MIG pájení. [online]. 2008, [cit. 2012-01-31]. Dostupné z <http://svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007101201>
- [16] PFEIFFER, Wolfgang – KVAPIL, Ladislav. Spojování plechů tvářením za studena. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2011, č. 11. [cit. 2012-03-04]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/spojovani-plechu-tvarenim-za-studena.html>
- [17] SCHLIXBIER, Michal. Trendy vývoje svařování plazmou. *Konstrukce* [online]. 2005, č. 4. [cit. 2012-03-05]. Dostupné z <http://www.konstrukce.cz/clanek/trendy-vyvoje-svarovani-plazmou/>
- [18] SCHWARZ, Drahomír. Plazmové, elektronové a laserové svařování. *Svět svaru* [online]. 2010, č. 1. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z <http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/2010-1%20Plazma-laser-elektronov%C3%A9.pdf>
- [19] TICHÝ, Jiří. Svařování v automobilovém průmyslu. 2. část. *Svět svaru* [online]. 2007, č. 2. [cit. 2012-01-07]. Dostupné z http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Sva%C5%99.v.Automob_2007.pdf
- [20] TICHÝ, Jiří. Nové metody svařování: A-TIG. [online]. 2009, [cit. 2012-03-05]. Dostupné z <http://svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2009050604>

- [21] TICHÝ, Jiří. Svařování v automobilovém průmyslu. 2. část. *Svět svaru* [online]. 2007, č. 3. [cit. 2012-01-08]. Dostupné z http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Sva%C5%99.v.Automob_2_2007.pdf
- [22] AUTOMIG. Metody svařování. [online]. [cit. 2012-01-10]. Dostupné z <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
- [23] Technologie I [online]. [cit. 2012-01-11]. Dostupné z http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy/cvi%C4%8Den%C3%AD12_prezeta_ce.pdf
- [24] Technologie lepení v automobilovém průmyslu, s. 1-9. [online]. [cit. 2012-02-17]. Dostupné z http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/lepeni.pdf
- [25] ESAB. Svařování plazmou. [online]. [cit. 2012-01-20]. Dostupné z <http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-paw.cfm>
- [26] Možná místa aplikace laseru při stavbě karoserie. [online]. [cit. 2012-03-04]. Dostupné z <http://dp.bajaja.net/08.html>
- [27] Laserové technologie na Laser 2001. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2001, č. 10. [cit. 2012-02-25]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/laserove-technologie-na-laser-2001.html>
- [28] OK Stroj servis. Spojování plechů – TOX Clinching. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z <http://www.ok-servis.cz/spojovani-plechu-tox-clinching.html>
- [29] Spojování plechů protlačováním spojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2001, č. 9. [cit. 2012-03-11]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/spojovani-plechu-protlacovanim-spoju.html>
- [30] SVARINFO. TIG svařování I – základní principy. [online]. 2009, [cit. 2012-01-14]. Dostupné z <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2008011702>
- [31] FRONIUS. DeltaSpot. [online]. [cit. 2012-02-26]. Dostupné z http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-B636F864-6ED9FC2D/fronius_ceska_republika/hs.xsl/29_3919.htm

- [32] Mikropájení a makropájení laserem. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2003, č. 10. [cit. 2012-03-09]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/mikronapajeni-a-makropajeni-laserem.html>
- [33] ULBRICH. Špeciálne lepidlá pre množstvo aplikácií. [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z http://www.ulbrich.sk/img/katalog/dpg_28_sk.jpg
- [34] TECHNICKÝ TÝDENÍK. Spojovací prvek řeší problémy s montáží a trvale šetří náklady. [online]. 2007, č. 3. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=2055&mark=%9Arouby%20flowform>
- [35] TOX PRESSOTECHNIK. TOX – Verbindungssysteme. [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z http://www.tox-de.com/fileadmin/pdf/de/verbindungstechnik/TOX_Joining_Systems_80_201102_de.pdf
- [36] ESAB. Svařování v ochranné atmosféře plynů. [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupné z <http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-mig-gmaw.cfm>

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Princip svařování WIG/TIG [5]</i>	<i>5</i>
<i>Obr. 2 Princip svařování MIG/MAG [5]</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 3 Schéma plazmového svařování [23].....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 4 Princip svařování laserovým paprskem [10]</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 5 Možné aplikace laser při stavbě autokaroserie [26].....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 6 Graf podílů svařovacích technologií při výrobě vozů Škoda [12]</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 7 Rozložení napětí u svařovaných, nýtovaných a lepených spojů [4]</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 8 Použití lepidel ve stavbě karoserie [24]</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 9 Spoj dvou a tří plechů pomocí prostřihovacího nýtu. [35]</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 10 Fáze tvoření spoje, tvorba pevného spojení materiálu a finální spoj [35]</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 11 Montážní přehled úplného modulu přední stěny [7]</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 12 Kleště nesené robotem nebo stacionární [16].....</i>	<i>33</i>

