Česka zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Odporové svařování využívané v automobilovém průmyslu

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Bc. Ing. Petr Hrabě, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Daniel Stříhavka

PRAHA 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Stříhavka

Zemědělské inženýrství
Inženýrství údržby

Název práce

Odporové svařování využívané v automobilovém průmyslu

Název anglicky

Resistance welding used in the automotive industry

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o odporovém svařování a aplikaci této metody v automobilovém průmyslu. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky stanoví bakalář přínos práce.

Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Cíle práce a metody jejího vypracování.

Přínos a závěry práce.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

Průmysl, spojování materiálu, praxe

Doporučené zdroje informací

BLONDEAU, R.: Metallurgy and mechanics of welding : processes and industrial applications. London, Hoboken : ISTE, 2008.
BRANDON, D.: Joining Processes : An introduction, Chichester, 1997.
HRIVŇÁK, I.: Theory of Weldability of Metals and Alloys. Amsterdam, Elsevier, 1992.
KOUKAL, J., ZMYDLENÝ, T.: Svařování, I. Ostrava, 2005.
KUNCIPÁL, J., PILOUS, V., DUNOVSKÝ, J.: Nové technologie ve svařování. Praha, SNTL, 1984.
LANCASTER, J., F.: Metallurgy of welding. Cambridge, 1999.
Repair and Maintenance Welding Handbook. ESAB AB, 2006.
Vědecká literatura: Journal of Materials Processing Technology, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Strojírenská technologie, Journal of materials science, Journal of material processing technology, Manufacturing technology
ZEZULKA, L.: Svařování : základní informace a povinnosti svářečů při svařování kovů, Šumperk : Sates, 2003.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

Bc. Ing. Petr Hrabě, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2019

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 10. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Odporové svařování využívané v automobilovém průmyslu vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledky obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne: ……

…….

Daniel Stříhavka

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Bc. Ing. Petrovi Hraběti, Ph.D. odborné vedení, vstřícnost a cenné připomínky ke zpracování této bakalářské práce. Rád bych dále poděkoval automobilce Škoda Auto a. s. za poskytnutí podkladů ke zpracování bakalářské práce.

Abstrakt: Bakalářská práce se zabývá tématem odporové svařování využívané v automobilovém průmyslu. Práce je literární rešerší, seznamuje v ní čtenáře se způsoby a postupy bodového odporového svařování a popisuje metodiku jednotlivých operací při procesu svařování v automobilovém průmyslu. Bude představen postup svařovací linky a využití metod v automobilce Škoda.

Klíčová slova: Průmysl, spojování materiálu, praxe, odporové svařování

Resistance welding used in the automotive industry

Summary: This Bachelor Thesis persues the topic of resistance welding in automotive industry. This thesis is a literary recherche, it acquaints the reader with methods and procedures of stigmatic resistance welding and it describes the methodology of individual operations during the welding process in the automotive industry. The thesis will introduce the welding line procedure and used methods in Škoda automobile factory.

Key words: Industry, material joining, practice, resistence welding

Obsah

1. Úvod 1
2. Cíl práce a metodika práce 2
3. Svařování 3
3.1. Historie svařování 3
3.2. Svařování v automobilovém průmyslu 3
3.2.1. Robotické svařování 6
4. Odporové svařování 7
4.1. Charakteristika odporového svařování 7
4.2. Dělení odporového svařování 8
4.3. Bodové svařování 8
4.3.1. Charakteristika bodového svařování 8
4.3.2. Tepelná rovnováha bodových svárů 13
4.3.3. Svařovací režimy 14
4.4. Výstupkové svařování 15
4.4.1. Charakteristika výstupkového svařování 15
4.4.2. Tepelná rovnováha výstupkových svárů 16
4.5. Robotické bodové svařování 17
4.6. Kontrola svarových spojů 18
4.6.1. Kontrola svarů pomocí kapilární metody 18
4.6.2. Kontrola pomocí prozařovací metodou 18
4.6.3. Kontrola svarů pomocí ultrazvukové metody 19
4.6.4. Metalografická kontrola svarů 20
4.6.5. Kontrola svarů pomocí destruktivních zkoušek 20
5. Materiály pro stavbu karoserie automobilu 22
5.1. Ocel 22
5.1.1. Rozdělení ocelí v automobilovém průmyslu 22

5.2. Lehké kovy 23
5.3. Ochrana karoserie proti korozi 24
6. Využití odporového svařování v automobilovém závodě Škoda Auto 27
6.1. Svařovací proces 27
6.1.1. Přední podlaha 27
6.1.2. Zadní podlaha 28
6.1.3. Přední a zadní dveře 29
6.1.4. Přední nosníky, příčné stěny a přední podběhy 30
6.1.5. Postranice 30
6.1.6. Nosná část UB1 31
6.1.7. Nosná část UB2 31
6.1.8. Svaření karoserie 32
6.1.9. Finišovací linka 33
6.2. Metody svařování využívané při výrobním procesu vozu Škoda Roomster 33
6.2.1. Bodové spoje v karoserii 34
6.2.2. Kontrola bodových svarových čoček 35
6.2.3. Výstupkové spoje v karoserii 36
7. Závěr 37
8. Citovaná literatura 38
9. Seznam obrázků 41
10. Seznam tabulek 42
11. Seznam příloh 42
Přílohy 1

1. Úvod

Většina z nás používá automobil každý den. Je pro nás neodmyslitelnou součástí života. Jako lidstvo i automobil samotný a automobilový průmysl prochází vývojem.

Prvními automobily byly kočáry poháněné spalovacím motorem, které se vyráběly ruční výrobou. Prvním automobilem vyrobeným na výrobní lince byl Ford T v roce 1908 v automobilových závodech Ford Motor Comapany. Díky využití montážní linky mohla být cena vyrobených vozů nižší a automobily mohly začít dobývat svět. V dnešních dobách oslavují nejstarší automobilky výročí překračující 100 let. Za 100 let prošel automobilový průmysl neuvěřitelným vývojem, jak samotné automobily, tak i jejich výroba. Dříve se využívalo nosného rámu, na který se poté pokládala karoserie, dnes se využívají samonosné karoserie. První automobil se samonosnou karoserií byl italský vůz Lancia Lambda, vyroben v roce 1923. Prvním sériově vyráběným vozem se samonosnou karoserií byl Citroen Traction Avant vyráběný v letech 1934 až 1957. (CRUICKSHANK, 1992)

S nástupem samonosných karoserií začal být kladen důraz na přesnost. Karoserie se skládá pomocí ocelových plechových výlisků, které mají určitý rozměr. Jako nejvíce výhodnou metodu, u které se dá do jisté míry kompenzovat nepřesnost, se ukázala být metoda odporového svařování. Z počátku bodové odporové svařovaní prováděli dělníci, až s nástupem 50. let 20. století se začali dělníci nahrazovat svařovacími roboty, kteří umí udělat více sváru s větší přesností. V moderních vozech se nachází až přes 5000 bodů provedených pomocí svařovacích robotů. (KOLÍBAL, 2016) (TICHÝ, 2007b)

Dnes se v automobilovém průmyslu převážně využívá ocelových plechových výlisků. Od roku 1994 se začalo nejdříve u luxusních modelů využívat hliníku. V roce 2014 byl představený nový model Ford F-150, který se pyšnil celo hliníkovou karoserií. Materiály a výroba se stále zdokonaluje, ať už je to z důvodů emisních norem anebo nových technologií. Odporové svařování se také stále zdokonaluje, avšak zůstává stále základní spojovací metodou součástí karoserie kvůli své rychlosti a praktičnosti. (Leader, 2017)

2. Cíl práce a metodika práce

Cílem bakalářské práce je seznámení se s odporovým svařováním pomocí literární rešerše, objasnit metody využívané v automobilovém průmyslu a seznámit se současným stavem v automobilovém průmyslu a vytvořit přehled o metodách a způsobech využívaných velkými automobilkami v praxi.

3. Svařování

Svařování je metalurgický proces, při kterém se vytvářejí trvale nerozebíratelné spoje prostřednictvím meziatomových vazeb mezi svařovanými částmi přímo nebo prostřednictvím přídavného materiálu při jejich ohřevu nebo plastické deformace. K vytvoření sváru je potřeba vynaložení mechanické či tepelné energie, popřípadě jejích kombinací, jako tomu je u odporového svařování. (TMĚJ, 1990) (KUNCIPÁL, 1986)

3.1. Historie svařování

Pájení zlata, stříbra a mědi je nejstarší technikou tepelného spojování materiálů. Bylo známo již kolem roku 3000 před n. l. Později asi kolem roku 1000 před n. l. se začalo využívat spojování kujného železa svařováním v ohni. Další nová technologie svařování přišla až okolo roku 1900, kdy se začalo svařovat pomocí plamene (autogenní svařování). Na začátku 20. let 20. století se objevují první elektrické ruční obloukové svařování a také odporové svařování. Od té doby začaly nové technologie přicházet vcelku rychle. V roce 1935 přichází svařování pod tavidlem a metodou WIG. V 50. letech 20. století se objevují další tři metody svařování, metoda MIG, třecí metoda a ultrazvuková metoda. V 60. letech 20. století vzniká svařování pomocí plazmového a elektronového paprsku a dále difuzní svařování. V roce 1965 se objevuje metoda laserová. (KOVAŘÍK, 2000)

3.2. Svařování v automobilovém průmyslu

Automobily vyráběné na konci 19. století a na začátku 20. století byly nýtované. Pomocí nýtů byly spojované nosné části podvozků a šasi bylo též nýtované. Důvodem proč se automobily nýtovaly byla nedůvěra v životnost dynamicky namáhaných autogenních spojů. Až po vynalezení svařování pomocí obalené elektrody se technologie svařování usadila, nejspíše natrvalo, v odvětví automobilového průmyslu. (TICHÝ, 2007a)

Průkopníkem automobilového průmyslu byla automobilka Ford Motor Company. Ta jako první začala využívat spojování plechů karoserie pomocí autogenního svařování. (TICHÝ, 2007a)

S příchodem samonosných karoserií se začaly rychle rozvíjet nové technologie nebo technologie, které nebyly tolik doposud využívané. Díky tomuto rozvoji automobilového průmyslu se svařování stalo první technologií, která byla robotizována. Při ručním svařování je totiž výsledný svar z více než 80 % ovlivněn vlastnostmi svářeče. Z toho plyne, že

prakticky je každý svar originální, protože na svářeče působí únava, fyziologické potřeby a změna nálady.

Při robotizovaným svařování je téměř dokonalé opakování naprogramovaných pohybů a se skloubením s přesným svařováním nám vznikají stále stejně dobré spoje. (TICHÝ, 2007a)

Metody MIG a MAG jsou dobře mechanizovány, dá se říct, že kvůli tomu byly tyto metody při přechodu na vysokofrekvenční výrobu nejlépe prozkoumány. Pokud se dodrží všechny podmínky mají tyto metody při opakovaní jakost velmi vysokou.

MAG je metoda využívající svařování v ochranné atmosféře. Při tomto svařování se používá oxid uhličitý (CO_2), který ochraňuje svarovou lázeň. Při svařování se využívá hoření elektrického oblouku, kdy se odtavuje svařovací elektroda a celý proces je chráněn ochrannou atmosférou, která v tomto případě také ovlivňuje celé svařování. Používá se při svařování podvozkových skupin, částí karoserie, centrálních trubek, nárazníků, výfukových soustav a mnoha dalších míst, kde je kladen důraz na dlouhodobou spolehlivost nosných spojů. (Tichý, 2007) (Kovařík, 2000)

MIG je také metoda svařování v ochranné atmosféře. Avšak při svařování metodou MIG se jako ochranný plyn využívá argon (Ar) nebo helium (He). Vzhledem k jejich vysoké ceně se využívá kombinace obou plynů. Tyto ochranné plyny neovlivňují při svařování svařovací proces, ale pouze chrání svarovou lázeň. MIG využívá také hoření elektrického oblouku, kdy se odtavuje svařovací elektroda. Metoda se používá při svařování dílu z hliníku, při tvrdém pájení pozinkovaných ocelových dílů a při svařování nerezových materiálů. Vývoj této metody je tak neuvěřitelně rychlý. (TICHÝ, 2007b)

Laserové svařování funguje na principu laserového záření, které produkuje mohutné množství světelného záření. Emituje koherentní optické, monochromatické a homogenní záření. Toto záření je schopné dopadat na materiál ve svazku, který má minimální rozbíhavost. Pomocí optického systému se dá paprsek soustředit na velmi malé plochy. Laserové svařování využívá je využíváno k tvrdému pájení na karosářských dílech, kde spoje mají minimální rozměr a po zabroušení zmizí. Dále se využívá ke svařování průvarem více vrstev bez přídavného materiálu. (Tichý, 2007) (Kovařík, 2000)

Dále se využívá kombinovaného svařování, což je laserové svařování v kombinace s metodou MAG. Využívá se svařování pomocí plazmového paprsku. Tato metoda se využívá při svařování tzv. na tupo. Vznikne na povrchu hubený svar. (TICHÝ, 2007b)

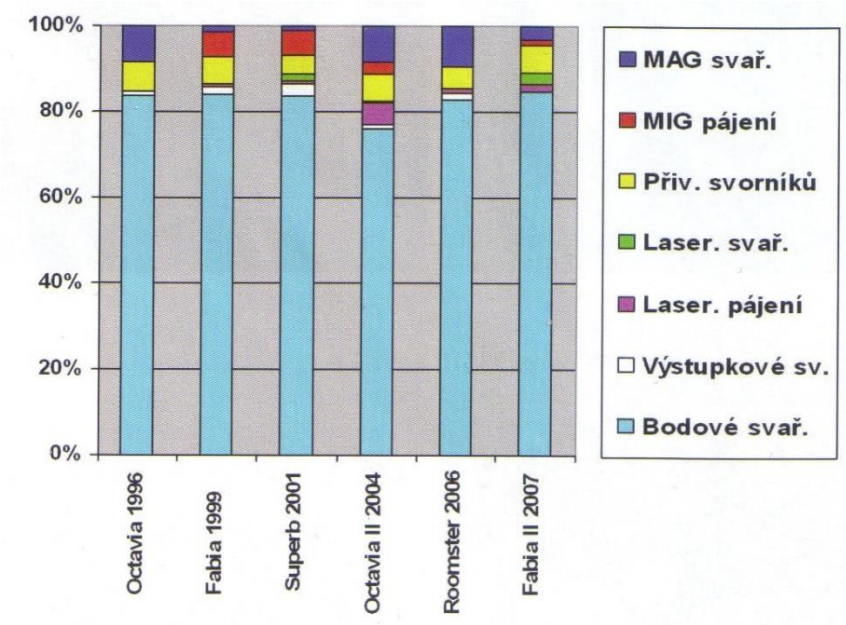
Nejvíce se v automobilovém průmyslu využívá odporové svařování. S příchodem sériové výroby samonosných karoserií se začalo využívat bodové odporové svařování, které je rychlé a velmi efektivní. Díky němu se dají kompenzovat lehké nepřesnosti. Při využití této metody v kombinaci s roboty a dlouhou životností svařovacích elektrod, dostaneme naprostou špičku pro svařování v automobilovém průmyslu. Z odporového svařování se v automobilovém průmyslu ještě hojně využívá výstupkové svařování. Některé díly v karoserií a podvozku musí být rozebíratelně spojeny. Z tohoto důvodu jsou do karoserie pomocí výstupkového svařování přivařeny matice, které umožní provést šroubový spoj. (TICHÝ, 2007b)

Tabulka 1 obsahuje množství vykonaných svařovacích prací v automobilce Škoda na různých modelech automobilů. V obrázku 1 je graficky znázorněn vývoj svařovacích způsobí od doby první Škody Octavia vyrobené v roce 1966 až po generaci řadu Škody Fabia vyrobenou v roce 2007.

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

Tabulka 1- Množství svarů na jednotlivých modelech automobilů Škoda

Zdroj: (JANOTA, 2008)



Obrázek 1- Relativní podíl svařovacích technologií při výrobě vozů Škoda

Zdroj: (JANOTA, 2008)

3.2.1. Robotické svařování

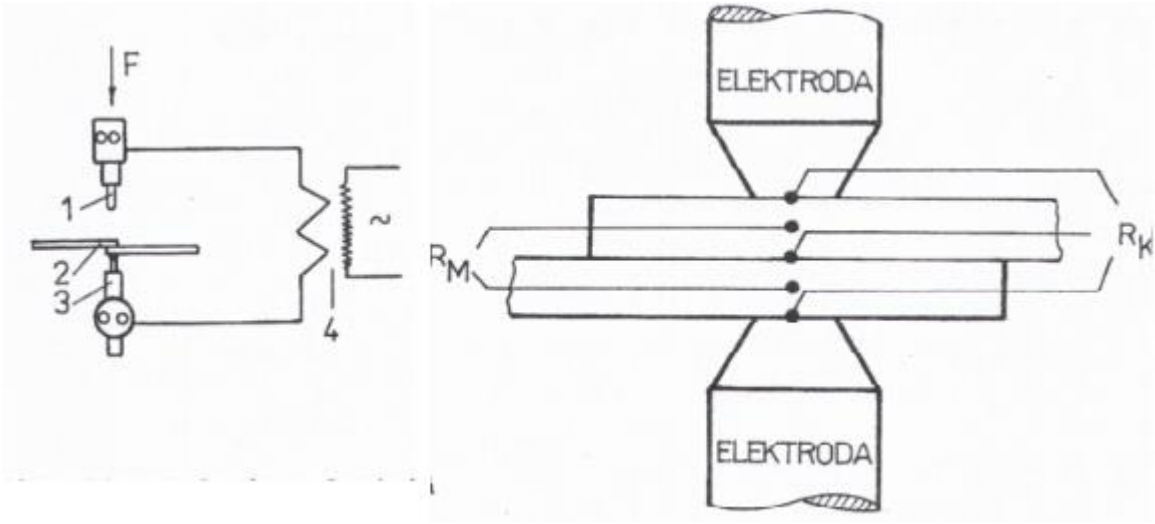
Moderní automobilový průmysl dnes využívá ke svařování svařovací roboty, které jsou někdy i schopné měnit své svařovací hlavice a díky tomu můžou provádět jak bodové svařovaní, tak i například svařovaní metodou MAG nebo MIG. V moderním průmyslu se stále více využívá automatizace a tím pádem vyřazení lidské pracovní síly. Automatizace eliminuje únavu pracovníka, možnosti chyb a tím vyrobením zmetků. Robot je schopný pracovat 24 hodin denně 7 dní v týdnu. ¨Z ekonomického hlediska je využití robotů výhodnější, sníží se náklady na výrobu automobilu, zvýší se produktivita výroby, aniž by se snížila kvalita provedené práce.

Svařovací roboti se rozdělují podle stupňů volnosti pohybu. K určení stupňů volnosti se využívá souřadnicového systému. Může se využívat kartézské souřadnice XYZ, cylindrické, sférické a kloubově sférické souřadnice. Dále se roboti dělí podle řízení, buď na bodové nebo na dráhové. Bodoví roboti se používají například pro bodové odporové svařování. O robotickém bodové svařování bude popsáno více v kapitole 4.5 (KOLÍBAL, 2016). (LOPES, 2017)

4. Odporové svařování

4.1. Charakteristika odporového svařování

Odporové svařování je metoda svařování, při které vzniká svárový spoj z roztavených základních materiálů teplem vyvinutým při průchodu elektrického proudu při spolupůsobení stlačovací síly. Princip odporového svařování je znázorněn na obrázku 2. Část tepla vzniká odporem v místech dotyku (R_K) a část ohmickým odporem materiálu (R_M). (BROŽEK, 2008) (KOVAŘÍK, 2000)



Obrázek 2- Princip odporového svařování

Zdroj: (KOVAŘÍK, 2000)

1- *Pohyblivá tlaková elektroda*
2- *Svařované díly*
3- *Pevná elektroda*
4- *Zdroj proudu* (KOVAŘÍK, 2000)

Svařovací teplo (odporové teplo) vzniká průchodem proudu velké intenzity (až 100 000 A) a za nízkého napětí (5 až 15 V). Soustavu tvoří horní a dolní elektroda při svařování bodovém, švovém a výstupkovém, levá a pravá upínací čelist při svařování stykovém a svařované materiály. Při této metodě svařování se nepoužívá přídavného materiálu. Odporové svařování se nejvíce využívá v sériové a hromadné výrobě. Výhodou odporového svařování je vysoká produktivita. (KUNCIPÁL, 1986) (BROŽEK, 2008)

Při odporovém svařovaní se doporučuje využívat nízkouhlíkových ocelí s obsahem uhlíku do 0,22 %. Dále můžeme také svařovat oceli austenické, niklové slitiny, kombinace materiálů (např. nízkouhlíková ocel s nástrojovou ocelí). Dále se odporově svařují i pozinkované a pocínované materiály, aniž by se výrazně porušila pokovená vrstva. Kvůli vysoké tepelné vodivosti se obtížně odporově svařuje měď, hliník a jejich slitiny. U uhlíku je navíc velmi obtížné před svařováním odstranit jeho oxidy ze svařovacího povrchu. Oxid uhlíku má veliký elektrický odpor a vysokou teplotu tavení, to zabraňuje vytvoření dokonalého svárového spoje. (KOVAŘÍK, 2000)

4.2. Dělení odporového svařování

Odporové svařování se rozděluje do těchto základních skupin:

- Bodové svařování
- Švové svařování
- Výstupkové svařování
- Stykové stlačovací svařování
- Stykové odtavovací svařování (BROŽEK, 2008)

V automobilovém průmyslu je nejvíce využíváno bodové svařování, dále se používá i výstupkové svařování.

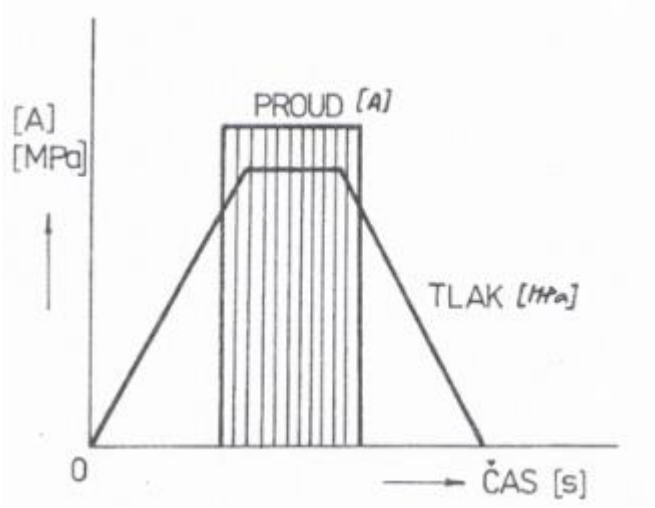
4.3. Bodové svařování

Bodové svařování a švové svařování společně patří k nejznámějším a nejdůležitějším variantám odporového svařování. Díky svým výhodám je hojně využíváno v průmyslu s kusovou i sériovou výrobou, například pro výrobu automobilů, nákladních přívěsů, letadel apod. Při výrobě karosérie auto se udělá 2000 až 5000 bodových svárů, což je více než 90 % spojů. Výrobní linka je schopná vyprodukovat 7 milionů svárů za den. Výhodou bodového svařování není jen rychlost svařovaní, která trvá v rozmezí od 0,03 až 1 s, ale dá se i snadno robotizovat. To je důvodem, proč je v dnešní době bodové svařování, tak hojně využíváno. (KOVAŘÍK, 2000) (ZHOU, 2019)

4.3.1. Charakteristika bodového svařování

Svařované díly se na navzájem přeplátují a stlačí se tyčovými elektrodami, které jsou připojeny na zdroj napětí (svařovací transformátor), viz obrázek 2 vlevo. Při průchodu proudu se stlačené plochy v místě dotyku roztaví z důvodu vzniku vysokého přechodového odporu. Po vypnutí proudu při stálém působení tlaku materiál ztuhne a vytvoří se svárový spoj, tzv.

svárová čočka. Stlačování elektrod se u bodové svářečky může provádět mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. Bodové svařování se běžně využívá ke spojovaní plechů o tloušťce do 3 mm. Dají se ovšem svařovat i plechy o tloušťce od 0,1 mm a výjimečně do max. tloušťky 25 mm. (KOVAŘÍK, 2000)

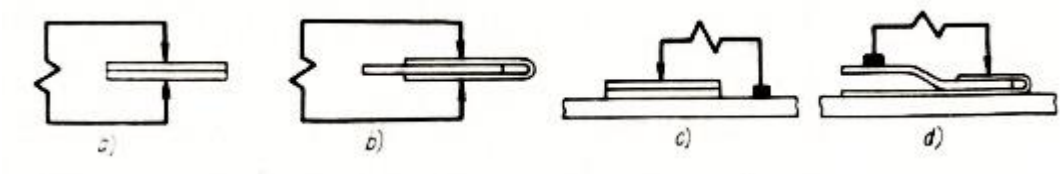


Obrázek 3- Normální pracovní cyklus bodového svařování

Zdroj: (KOVAŘÍK, 2000)

Podle uspořádání svařovacích elektrod se bodové svařování rozděluje na dvě hlavní skupiny:

- **Přímé bodové svařování** – jedná se o bodové svařování, kde jsou svařovací elektrody uspořádány v jedné ose naproti sobě a obě jsou přitlačovány na svařované díly vůči sobě. Přímé bodové svařování je znázorněno na obrázku 4a a 4b.
- **Nepřímé bodové svařování** – jedná se o bodové svařován, kde jsou svařovací elektrody umístěny v různých osách z pravidla z jedné strany svařovacích dílů a přitlačují se vůči podložce. Základní druhy nepřímého bodového svařování jsou znázorněny na obrázku 4c a 4d.

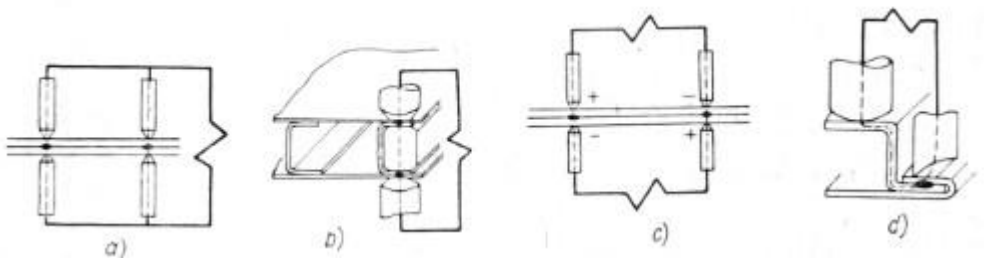


Obrázek 4- Základní druhy bodového svařování

Zdroj: (PLÍVA, 1975)

Dnes se často využívá v sériové a hromadné výrobě dvoubodové a vícebodové (mnohobodové), kdy se na jednom stroji pomocí dvou a více elektrod zhotoví dva nebo více

svárů najednou. Přímé bodové svařování se podle dalšího hlediska dělí na paralelní bodové svařování, které je opatřeno dělenou elektrodou, což umožňuje současně zhotovit více svárů (obrázek 5a) a sériové bodové svařování, při němž se v sérii vytvoří minimálně dva sváry (obrázek 5b). Push – pull je dvoubodové svařování v protitlaku, kdy jsou protilehlé dvojice elektrod připojeny k samostatným transformátorům s okamžitou opačnou polaritou (obrázek 5c). Dále se používá bodové svařování na podložce, při němž se svařují dílce vůči podložce (obrázek 5d). Při bodovém svařování se můžou vytvářet sváry, které se budou částečně překrývat, tím vznikne souvislý šev. Tato metoda se nazývá bodové svařování s překrývajícími se body. (PLÍVA, 1975)



Obrázek 5- Zvláštní způsoby bodového svařování

Zdroj: (PLÍVA, 1975)

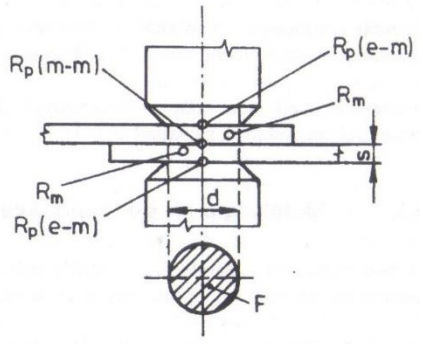
Svařování ovlivňují svařovací parametry – svařovací proud I [A], svařovací čas t [s] a svařovací odpor R [Ω]. Tyto veličiny nám určují množství tepla Q [J] vzniklé při svařovaní. Množství tepla se spočítá využitím Joulova – Lenzova zákona: $Q = R \,.\, I^2 . t$. V tabulce 2 jsou vypsány vhodné parametry pro bodové svařování včetně rozdělení hodnot podle svařovacích režimů. O svařovacích režimech bude více popsáno v kapitole 4.3.3.

Průměr svařovací elektrody (špičky) v dosedací ploše (mm)			d = 2 . s + 4	
Hustota svařovacího proudu (A . mm^{-2})	měkký režim		70 až 120	
	tvrdý režim		110 až 350	
Tloušťka svařovacího plechu ,,s" (mm)			do 1,5	1,5 až 5
Svařovací tlak (MPa)	měkký režim	nelegovaná nízkouhlíková ocel	-	15 až 40
	tvrdý režim	nelegovaná nízkouhlíková ocel	15 až 50	50 až 90
		korozivzdorná ocel	80 až 150	
		hliník, jeho slitiny	70 až 150	
		mosaz, bronz	100	
Svařovací čas τ (period)	tvrdý režim	nelegovaná nízkouhlíková ocel	τ = 8 . s	
		korozivzdorná ocel	τ = 6 . s	
		hliník	τ = 5 . S	

Tabulka 2- Vhodné svařovací parametry pro bodové svařování

Zdroj: (KUNCIPÁL, 1986)

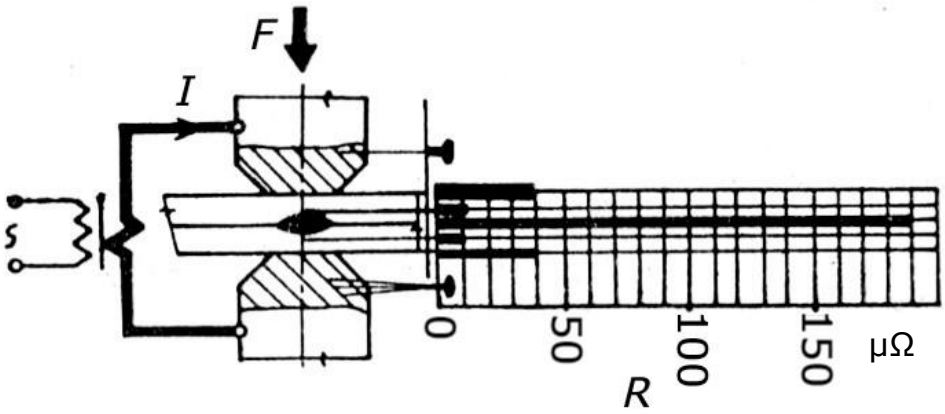
Celkový ohmický odpor svařovací soustavy má několik složek: odpor elektrod, přechodový odpor mezi elektrodou a svařovaným materiálem $R_{p(e-m)}$, odpor svařovaného materiálu R_m a přechodový odpor mezi svařovanými materiály (obrázek 6). (KUNCIPÁL, 1986) (BROŽEK, 2008)



Obrázek 6 - Odpory při bodovém svařování

Zdroj: (BROŽEK, 2008)

Hodnota přechodových odporů závisí výrazně na kvalitě povrchu svařovaných plechů a svařovacích elektrod a na tlaku mezi nimi (obrázek 7). Na obrázku 6 jsou znázorněny hodnoty jednotlivých částí soustavy při bodovém svařovaní. (KUNCIPÁL, 1986)

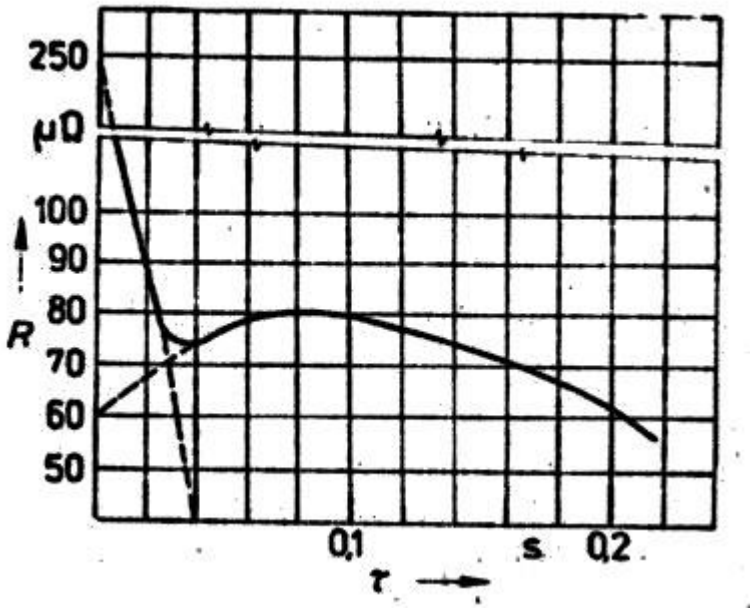


Obrázek 7- Složky odporu při bodovém svařování

Zdroj: (KUNCIPÁL, 1986)

- *F – přítlačná síla*
- *I – svařovací proud* (KUNCIPÁL, 1986)

Teplotní pole ve sváru se mění v závislosti na čase a je prostorově nehomogenní.Z toho plyne, že každý z jednotlivých odporů je funkcí času a místa. Časově proměnný je i celkový odpor mezi elektrodami. Nejvýznamnější složku tvoří na začátku svařovacího procesu tvoří přechodový odpor ve styku svařovaných materiálů, který při rychlém ohřevu materiálu v místech styku rychle zaniká. Průběh svařovacího procesu je dále udržován v chodu díky odporu materiálu. Působením počátečního přechodového odporu a následného zvyšování teploty pomocí odporu materiálu, dojde k tavení materiálu a za působení tlaku vzniká svárová čočka při bodovém svařování, popř. švový svar nebo jiný druh svaru. (KUNCIPÁL, 1986)



Obrázek 8- Závislost velikosti odporu na svařovacím čase pro plech z nelegované oceli

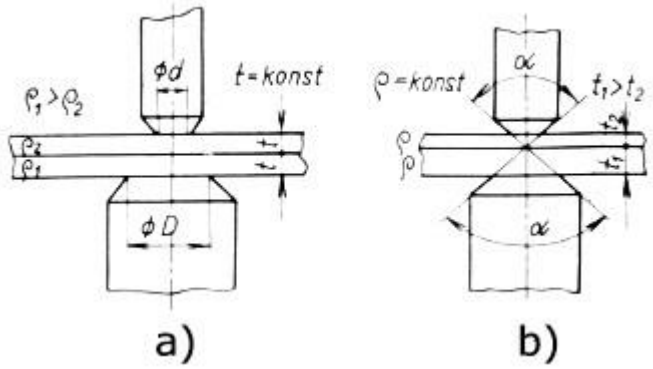
Zdroj: (KUNCIPÁL, 1986)

4.3.2. Tepelná rovnováha bodových svárů

K dosažení dokonalé svárové čočky je vyžadováno tepelné symetrie ve sváru. Tepelná rovnováha se může narušit svařováním různých druhů materiálů nebo tloušťkou svařovaných materiálů, rozdílnými pracovními plochami elektrod apod. Důsledkem narušení teplené rovnováhy nastane nerovnoměrné tavení svařovaných ploch, ale i vznik nesymetrické svárové čočky. (BROŽEK, 2008) (PLÍVA, 1975)

Pokud se svařují materiály o stejné tloušťce, ale různé jakosti materiálu, tepelná nerovnováha se odstraní vhodným přizpůsobením průměrů svařovacích elektrod. Pro materiál s větším ohmickým odporem použijeme svařovací elektrody s větším průměrem a pro materiál s menším ohmickým odporem použijeme svařovací elektrodu s menším průměrem. Správný průměr elektrody vychází z doporučených hodnot pro jeden materiál a průměr druhé elektrody z nich odvodíme (obrázek 9a). Tímto způsobem se opět nastaví tepelná rovnováha. (PLÍVA, 1975)

Jestliže se svařuje materiál o stejné jakosti, ale různých tlouštěk, je třeba dbát na zachování úhlu α. V tomto případě nám tepelnou rovnováhu reprezentuje právě úhel α. Zachováním tohoto úhlu docílíme vyrovnání ohmického odporu mezi svařovanými materiály. Materiál s vetší tloušťkou má větší odpor způsobený delší dráhou proudu (obrázek 9b). (BROŽEK, 2008) (PLÍVA, 1975)



Obrázek 9- Řešení tepelné rovnováhy bodového svařování

Zdroj: (PLÍVA, 1975)

4.3.3. Svařovací režimy

Svařovací režim ukazuje, že pro konstantní R můžeme stejné množství energie získat při dvou různých podmínkách (Tabulka 3). V tabulce 4 se nachází porovnání měkkého a tvrdého svařovacího režimu.

Parametry	Měkký režim	Tvrdý režim
Svařovací tlak [MPa]	< 60	> 80
Svařovací proud [A.mm^{-2}]	< 150	> 200
Svařovací čas [s]	0,1 - 1	0,01 - 0,1

Tabulka 3- Parametry odporového bodového svařování

Zdroj: (BROŽEK, 2008)

	Měkký režim	Tvrdý režim
Svarová čočka	Malý průměr, vysoká	Větší průměr, nízká
Elektrody	Nízká životnost	Vyšší životnost
Vtisky po elektrodě	Hluboké	Mělké
Spotřeba energie	Vyšší	Nižší
Únosnost spoje	Nízká	Vysoká
Produktivita	Nízká	Vysoká

Tabulka 4- Porovnání svařovacích režimů

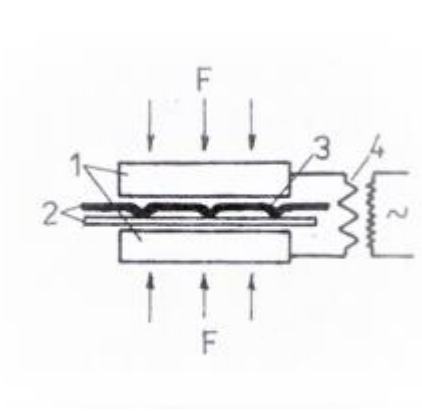
V tabulce vidíme, že je výhodnější tvrdý svařovací režim. Svarové čočky provedené tvrdým svařovacím režimem mají mechanické vlastnosti až o 120 % lepší než čočky vyhotovené měkkým svařovacím režimem. Díky těmto mechanickým vlastnostem můžeme snížit počet bodů na svarku až o 60 %, tím snížíme i pracnost výroby. (BROŽEK, 2008)

4.4. Výstupkové svařování

Při výstupkovém (bradavkovém) svařování neboli svařování na lise (obrázek 10), se k sobě svařují součásti o rozdílných tvarech, průřezu anebo u materiálů s rozdílnými fyzikálními vlastnosti, např. tepelnou vodivostí. Využívá se značně v sériové a hromadné výrobě. Spojují se díky této metodě hlavně drobnější součásti na hotovo, dále se už neprovádí další technologické operace. (KOVAŘÍK, 2000) (PLÍVA, 1975)

4.4.1. Charakteristika výstupkového svařování

Při svařování na lisech se využívá tzv. bradavek nebo výstupků. Do nich je soustředěn proud a tlak, v nich dochází k ohřevu a vznikne svar. Při průchodu elektrického proudu se nenataví pouze výstupky nebo bradavky, ale i jejich protilehlá rovná část plechu. Svařování se provádí pomocí plochých deskových elektrod, které jsou vyrobeny z mědi. Elektrody se nachází na čelistích svařovacího lisu.



Obrázek 10- Svařování na lise

Zdroj: (KOVAŘÍK, 2000)

1- *Elektrody*
2- *Svařované díly*
3- *Výstupek*
4- *Zdroj proudu* (KOVAŘÍK, 2000)

U této technologie je možné ihned po svaření ve svařovacích lisech provézt vyžíhání, aby se snížilo vnitřní pnutí. (KOVAŘÍK, 2000)

Z důvodu, že se svařování na lisech využívá nejvíce k svařování součástí o jiných tvarech, je důležité, aby svařovací plochy byly upraveny tak, aby při začátku svařování spojované díly na sebe dosedly, co nejmenší plochou. Tím se docílí velké místní koncentrace svařovacího

proudu a tlaku. Pro svařování pomocí metody výstupkového svařování se využívají svařovací přípravky pro zajištění polohy při svařování. (KOVAŘÍK, 2000)

Svařovací proud, doba svařování (např. 0,2 s pro plechy s nízkouhlíkové oceli do tloušťky 1 mm) a přítlačný tlak (50 až 150 MPa na 1 mm^2 svařovacího průřezu). Parametry ovlivňuje při svařování tloušťka svařovaných plechů, materiál plechů, celková plocha sváru a tvary výstupků. Výstupky musí být vytvořeny tak, aby i při vyšších teplotách byly stále pevné a tuhé, aby mohly co nejdéle koncentrovat proud a tlak v průběhu svařování. Pokud se svařují plechy různých materiálů, vytvoří se výstupku na tom plechu, který má menší elektrický odpor. (KOVAŘÍK, 2000)

4.4.2. Tepelná rovnováha výstupkových svárů

Abychom dosáhli kvalitního výstupkového spoje, musí mít oba svařované dílce v místě spoje vhodnou svarovou teplotu, oba se musí být současně v tekutém stavu. Tato situace nastane, pokud jsou oba předměty ve spoji v tepelného rovnováze. Pokud nebude splněna podmínka tepelné rovnováhy nastane buď tzv. studený spoj anebo dojde k přehřátí jednoho ze svařovaných dílců ve spoji. (PLÍVA, 1975)

Svařování nesymetrických dílů přináší nesymetrii tepelnou. Tepelné nesymetrii se dá částečně zabránit tím, že množství odvedeného tepla je v poměru k množství tepla potřebnému na vytvoření spoje co nejmenší. Tohoto stavu dosáhneme krátkým průběhem procesu. Z toho plyne, že čím je nesymetrie dvou dílců větší, tím musíme použít tvrdší svařovací režim, abychom měli, co nejkratší průběh svařovacího procesu. Bohužel při využívání tvrdého svařovacího režimu nastávají i nepříjemné jevy elektroenergetického charakteru (tvrdé nárazy v napájecí síti), tak i jevy metalurgického charakteru (vysoké lokální přehřátí materiálu ve spoji, explozivní výstřiky, podřezávání spoje apod.). (PLÍVA, 1975)

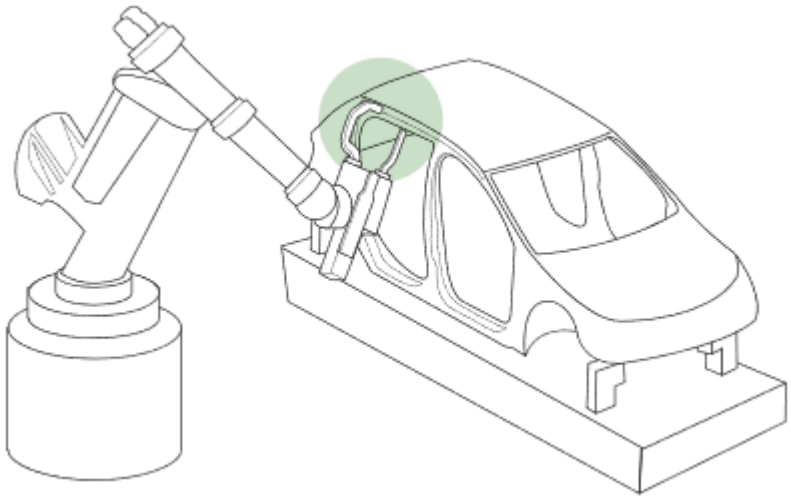
Snažíme se řešit výstupkové svařování tak, aby se svařování neprovádělo za extrémních podmínek. Abychom dosáhli tepelné rovnováhy, musíme vhodně umístit výstupky na jednom z dílců, vhodně uspořádat upínací čelisti a opěrné elektrody. Při rozhodování o umístění výstupku musí pracovat s faktem, že výstupky odvádí mnohem méně tepla než rovné plochy. Díky tomu se výstupky mnohem rychleji zahřejí na svařovací teplotu. Pokud svařujeme stejnorodý materiál nebo symetrické předměty, vytváříme výstupky širokoúhlé se širokou základnou. Při svařování nestejně tlustých materiálů se výstupky vytváří na tlustším materiálu. Jestliže budeme svařovat dva různorodé materiály, které budou mít stejnou tloušťku, vytvoříme výstupky na materiálu s lepší tepelnou vodivostí. (PLÍVA, 1975)

Lokální teplo, které vznikne při výstupkovém svařování, se šíří z místa spoje svařovaným předmětem a odvádí se povrchově z předmětu do okolního vzduchu, ale i do upínacích čelistí nebo opěrných elektrod. Odvod tepla do předmětů svařovacího lisu je mnohem větší než odvod tepla do okolního vzduchu. Když posuzujeme tepelnou rovnováhu výstupkového svaru, jde o relativní poměr v obou svařovaných částích, neuvažují se tepelné ztráty do okolního vzduchu. Pro posouzení tepelného poměru se vychází pouze z okamžitého stavu, tedy z počátečního stavu na začátku svařování, tento stav je rozhodující. (PLÍVA, 1975)

4.5. Robotické bodové svařování

Robotické bodové svařování (obrázek 11) je v automobilovém průmyslu hodně využíváno kvůli své rychlosti svařování. Vyrobení sváru netrvá ani vteřinu. Využití robotického bodového svařování má i své nevýhody. Jelikož svařování bodovým svařovaní je prováděno kleštěmi, na kterých jsou umístěny elektrody, potřebují svařovací kleště prostor a svařované plechy musí být umístěny s ohledem na geometrickou toleranci, aby mohl být proveden svar. (LOPES, 2017)

V průměru je na karoserii jednoho vozu okolo 5000 bodů. Svary se v rámci strojení karoserie přes sebe různě překrývají, a tak na jedné karoserii pracuje několik svařovacích robotů. Každý robot svařuje jinou část vozu. Jeden svařovací robot svařuje levou stranu vozu, druhý pravou stranu vozu atd. Na konci se tyto části svaří dohromady a vznikne karoserie. Pro rychlé a správné svařování je důležité mít vyváženou svařovací linku, aby nebyly pomalé svařovací operace před operacemi, které se dají snadno a rychle zhotovit. (LOPES, 2017)



Obrázek 11- Přístupný bod pro svařování pomocí bodového svařování

Zdroj: (LOPES, 2017)

4.6. Kontrola svarových spojů

Kontrola svarových spojů se může provádět dvěma způsoby, destruktivní metodou nebo nedestruktivní metodou. Druh kontroly spojů závisí na typu konstrukce, požadovaná bezpečnost a životnost konstrukce. V automobilovém průmyslu se nejčastěji využívá jako nedestruktivní metoda kontrola pomocí ultrazvuku. Při destruktivní metodě se využívá pneumatický sekáč. (Podklady Škoda Auto a.s.)

4.6.1. Kontrola svarů pomocí kapilární metody

Kapilární metoda se provádí za pomocí fluorescenční kapaliny. Pomocí této metody se zjišťují povrchové vady svarových spojů. Využívá se přitom vzlínání nebo prolínání detekční kapaliny. Při použití barevné indikace vytváří detekční kapalina necelistvé obrazce, barva je odlišná od pozadí. Pokud se použije fluorescenční detekční kapaliny se necelistvost projeví v tmavé místnosti za použití ultrafialového záření. Citlivost kapilární metody závisí na druhu materiálu, na drsnosti materiálu, druh vad, vlastnostech použitých zkušebních prostředků a teplotě a době trvání zkoušky. (Kovařík, 2000) (Plíva, 1975)

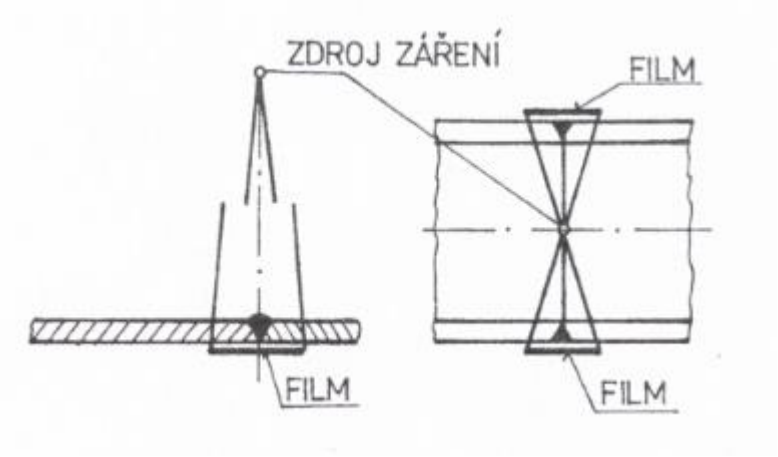
Důležité je povrch nejdříve pořádně očistit a odmastit, na povrch se dále nanese detekční kapalina(penetrant). Barvivo vnikne do povrchových necelistvostí, penetrace musí trvat nejméně 5 minut. Po 5 minutách se penetrant pečlivě odstraní z povrchu. Povrch se po setření penetrantu osuší a co nejrychleji se na povrch nanese výbojka. Výbojka zajistí, že detekční kapalina začne vzlínat a vystoupí z trhlin. Výbojka bývá nejčastěji bílé barvy a penetrant většinou červený. Vzniklá detekce vad je tedy lehce čitelná. (Kovařík, 2000)

4.6.2. Kontrola pomocí prozařovací metodou

U této metody se využívá rentgenového záření. Využívá se technického rentgenu 100 až 400 kV, záření gama (Ir 192, Cs 137 a Co 60) nebo betatronů anebo lineárně urychlených elektronů.

Používá se gama záření o vlnových délkách 10^{-12} až 10^{-9} m. Gama záření je příčné elektromagnetické vlnění. Energii záření je nutno volit tak, aby byla dosažena, co nejlepší zjistitelnost vad. (Kovařík, 2000)

Rentgenové záření je doporučené používat u ocelí nepřekračující tloušťku 75 mm, záření gama je možné použít do tloušťky vetší než 120 mm. Pro ještě větší tloušťky se doporučuje používat lineární urychlovač, či betatrony. Prozařovací metodou (obrázek 12) nelze zjišťovat povrchové vady. Dají se s ní zjistit pouze prostorové vady, které jsou vetší než 2 % tloušťky prozařovaného materiálu.



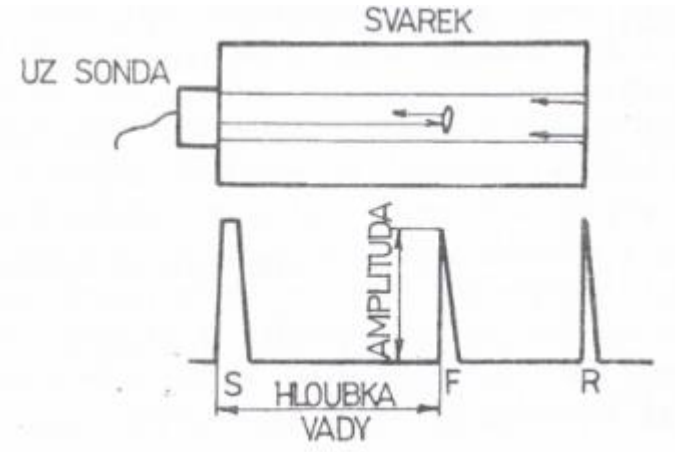
Obrázek 12- Prozáření při kontrole svarů

Zdroj: (Kovařík, 2000)

Využití kontroly svarů pomocí prozáření je stanoveno normou ČSN EN 1435 (Nedestruktivní zkoušení svarů. Metodika zkoušení svarových spojů prozařováním). (Kovařík, 2000)

4.6.3. Kontrola svarů pomocí ultrazvukové metody

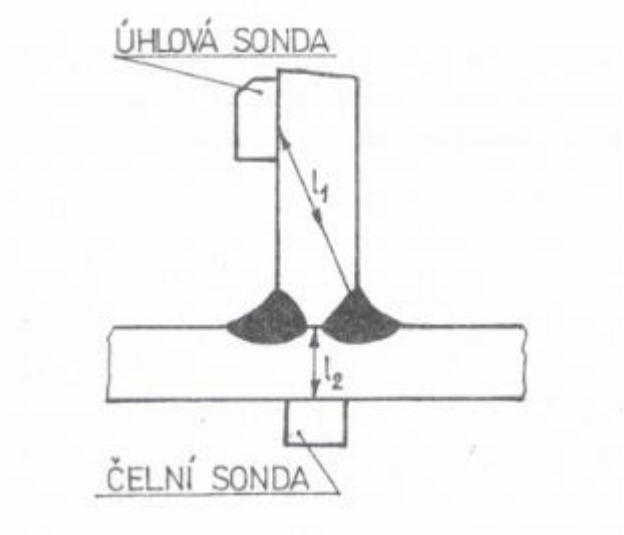
Ultrazvuková metoda se využívá ve velké míře díky své rychlosti a je levnější než metoda prozařování. Ultrazvukovou metodu smí provést pouze speciálně vyškolený pracovník. Výhodou nedestruktivních metod je, že zkontrolovaná část se může vrátit zpět do výrobního cyklu, pokud se nenajde neshoda. Kontrola ultrazvukem má velikou citlivost při hledání plošných vad např. trhlin. Nejčastěji se používá ke kontrole impulzní metoda (obrázek 13). Mezi vysílacím impulzem S a impulzem R, který tvoří zadní stěnu, je zřetelný rušivý impulz F, který nám určuje vadu. (KOVAŘÍK, 2000) (PLÍVA, 1975)



Obrázek 13- Schéma impulzní kontroly

Zdroj: (KOVAŘÍK, 2000)

Svárové spoje se kontrolují ultrazvukem o frekvenci 0,5 až 20 MHz, nejčastěji to bývají frekvence 2 až 4 MHz. Vady jsou zřetelné, leží-li plocha vady kolmo ke směru ultrazvukových vln. Používají se čelní ultrazvukové sondy, ty vysílají vlny podélně. Dále se používají úhlové ultrazvukové sondy (35° až 80°). Úhlové sondy vysílají vlny příčně. Rychlost šíření vln závisí na materiálu, bere se jako konstanta pro dané materiály, např. pro uhlíkovou ocel je rychlost šíření podélných vln v materiálu 5850 $m.s^{-1}$. (KOVAŘÍK, 2000)



Obrázek 14- Umístění sond

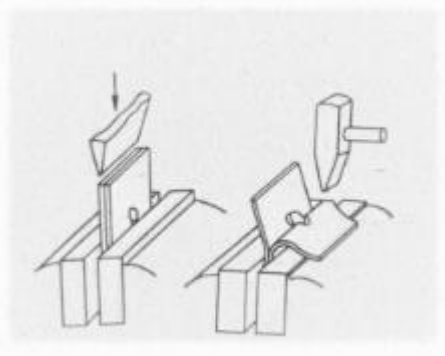
Zdroj: (KOVAŘÍK, 2000)

4.6.4. Metalografická kontrola svarů

Touto zkouškou se zjišťuje přehled struktury svaru a přechodové oblasti, jeho homogenitě, výskyt pórů, bublin a prasklin atd. Jedná se tak lehce o destruktivní zkoušku, kvůli této zkoušce se musí provést výbrus. Tím se zjistí makrostruktura a mikrostruktura spoje. Řez pro výbrus se u bodového svaru vede v rovině průměru svarové čočky, obdobně se to provádí i výstupkového svařování.

4.6.5. Kontrola svarů pomocí destruktivních zkoušek

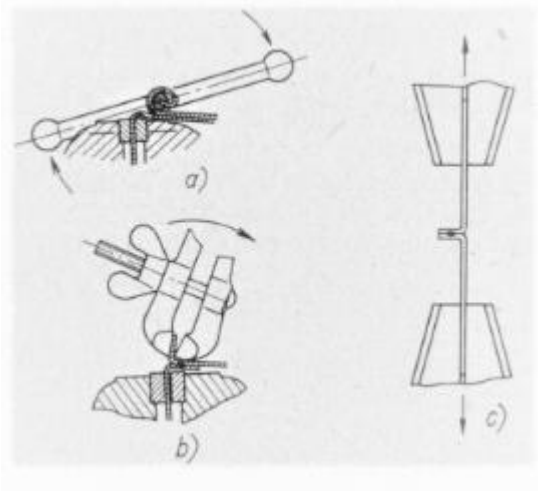
Kontrola svarů pomocí sekáče je nejběžnější dílenskou kontrolou. Metoda dokáže rychle odkrýt mnohé chyby, např. difúzní spojení anebo křehkost. (PLÍVA, 1975)



Obrázek 15- Kontrola svarů pomocí sekáče

Zdroj: (PLÍVA, 1975)

Zdokonalením zkoušky pomocí sekáče vznikla zkouška odlupovací. Odlupovací zkouška se dá provádět ručně pomocí nástroje připomínající otvírač konzerv (obrázek 16a), dá se provádět ve svěráku (obrázek 16b), nebo se dá vzorek vložit do trhacího stroje kde bude mechaniky odzkoušen (obrázek 16c). Ruční metody odlupovací zkoušky mají skoro stejný význam jako zkouška kladivem ve svěráku. U této metody však odpadá nebezpečí přeseknutí spoje, metoda je přesnější a dá se s ní zkontrolovat řada bodových svarů ve značné délce. Strojní odlupovací zkouška je schopná odkrýt difúzní spoje, na rozdíl od zkoušky ruční. Ve strojní zkoušce se dá zkontrolovat i přechodová oblast, především křehkost oblasti. Síla zjištěná při porušení spoje při zkoušce je do jisté míry měřítkem houževnatosti svaru. (PLÍVA, 1975)



Obrázek 16- Odlupovací zkoušky

Zdroj: (PLÍVA, 1975)

5. Materiály pro stavbu karoserie automobilu

Automobilový průmysl je jediný, který má takovou rozmanitost využitých materiálů. Využívají se nejčastěji oceli, lehké kovy a plasty. (VLK, 2003a)

5.1. Ocel

Karoserie je převážně vyrobená z ocelových plechů. Využití tohoto materiálů má rovnou několik důvodů, nejdůležitějšími jsou:

- Vysoká pevnost oceli
- Snadná tvárnost (tažnost) oceli
- Lehká svařitelnost a spojování pájením
- Dostačující životnost při antikorozním zpracování
- Příznivá cena oceli (VLK, 2003a)

Ocelové plechy jsou dodávány v tabulích, svitcích a pásů. Dále se využívají ocelové trubky (rámy sedadel, výztuhy, součásti kování), otevřené profily, uzavřené profily, tažené plné profily, výkovky (dveře) a odlitky, které jsou z temperované litiny.

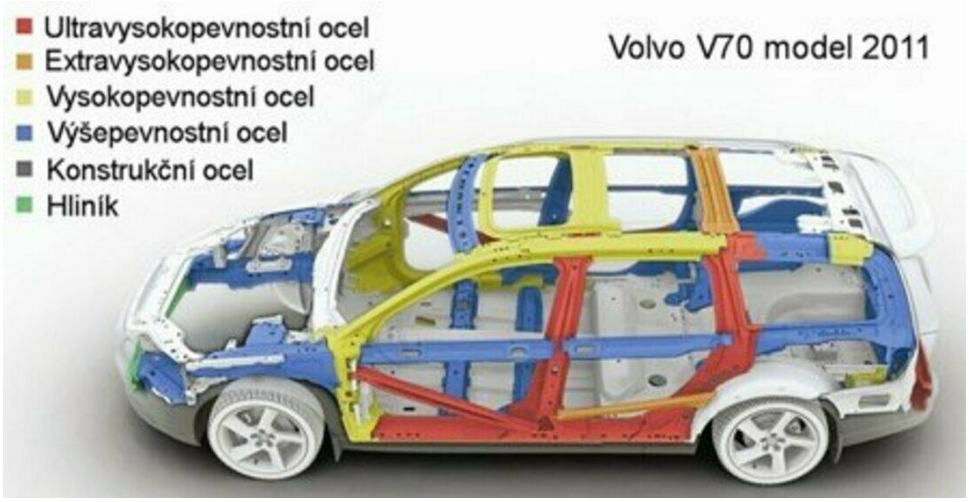
Dnes se pro výrobu automobilů využívají pozinkované plechy z důvodu korozní odolnosti. (VLK, 2003b)

5.1.1. Rozdělení ocelí v automobilovém průmyslu

Oceli se v automobilovém průmyslu rozdělují podle pevnosti do čtyř základních skupin:

- Měkké oceli
- Vysokopevnostní oceli (HSS)
- Oceli velmi vysokých pevností (VHSS)
- Ultravysokopevnostní oceli (UHSS)

Na obrázku 11 můžeme vidět rozdělení využití vysokopevnostních oceli u vozu Volvo V70 model 2011.



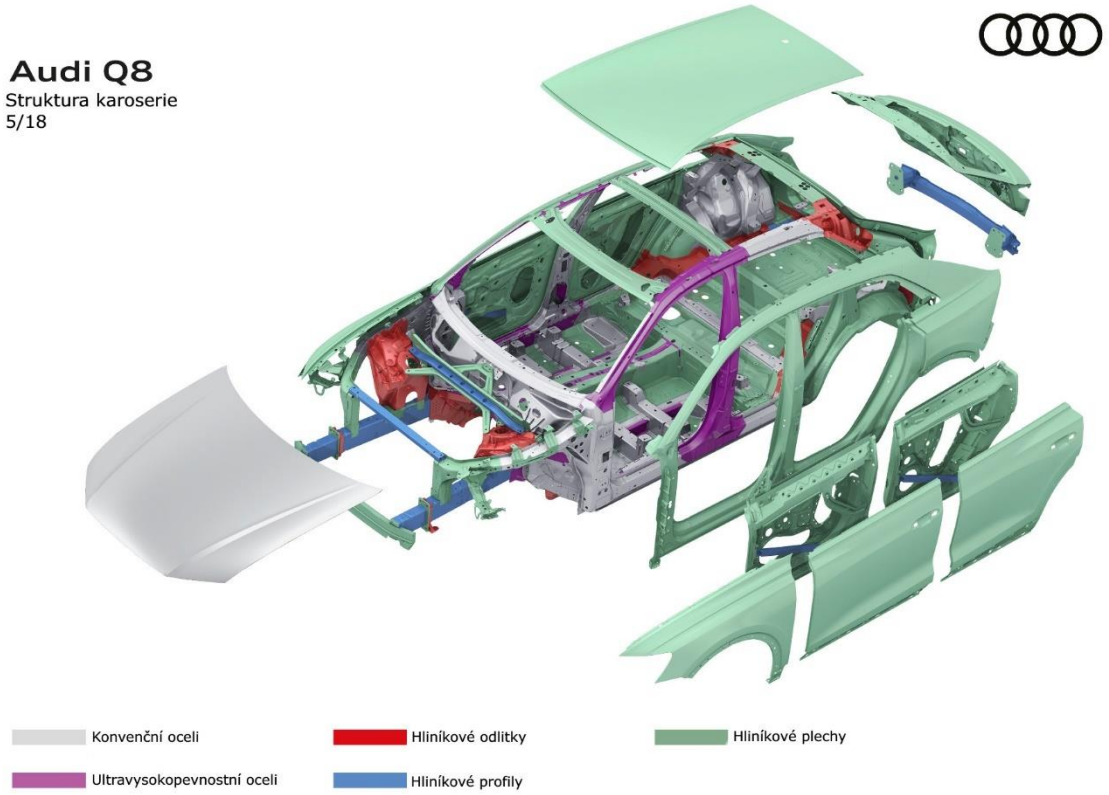
Obrázek 17- Použití vysokopevnostních ocelí ve voze Volvo V70

Zdroj: (ABUŠINOV, 2012)

V příloze 1 jsou vypsány druhy ocelí podle pevnostních skupin, dále u ocelí jsou vypsány možnosti využití.

5.2. Lehké kovy

S příchodem přísnějších emisních norem pro automobily a snahou snižovat stále spotřebu paliva musí automobilky stále vyvíjet lehčí konstrukce. Automobilky v 70. letech 20. století začaly využívat výhod slitin hliníku a díky tomu snížit značně celkovou hmotnost automobilů. Snížením hmotnosti o 100 kg se nám sníží spotřeba o 0,3 l a produkce emisí CO_2 o 7,5 g na 100 kilometrů. Nové pevné slitiny hliníku dokážou zcela nahradit ocel, příkladem může být Ford F-150, který v roce 2014 snížil svoji hmotnost díky využití hliníkových slitin o 350 kg. Avšak největším průkopníkem v oblasti využití hliníku je automobilka Audi. Inženýři z Audi vymysleli prototyp s prostorovým hliníkovým rámem ASF a integrovanými velkoplošnými hliníkovými panely, které nahrazují nosnou funkci v rámu. (VLK, 2003b) (ABUŠINOV, 2012) (MACHÁČOVÁ)



Obrázek 18- Konstrukce karoserie Audi Q8 s označením materiálů podle barev

Zdroj: (DAHNCKE, 2019)

V automobilovém průmyslu se využívají hliníkové slitiny s označením EN AW (European Standard Aluminium Wrought) a AA (Aluminium Association). V příloze 2 jsou vypsány mechanické vlastnosti slitin hliníku.

Dnes vyráběné konstrukce automobilů obsahují okolo 152 kg hliníku. Hmotnost využitého hliníku každým rokem roste. Předpokládá se, že v roce 2025 bude v průměru hmotnost využití hliníku okolo 250 kg.

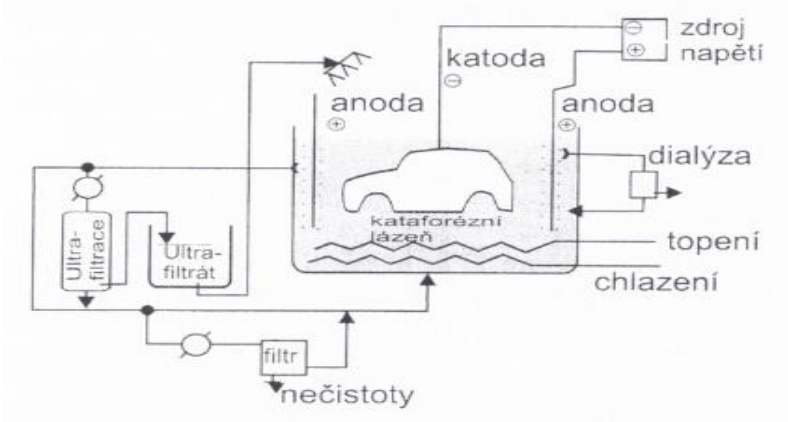
Budoucností automobilového průmyslu jsou lehká auta, která jsou stavěná z hliníku a využívají nejmodernější konstruktérské metody. Hliník je i snadno recyklovatelný. (Leader, 2017) (MACHÁČOVÁ)

5.3. Ochrana karoserie proti korozi

Životnost celé karoserie určuje její antikorozní ochrana. Postupy antikorozního opatření se u různých firem liší, nové metody ošetřování karoserií jsou tajemstvím každé automobilky (VLK, 2003b).

Do lakovny přijíždí jednotlivé karoserie jako hotové svařence. Celý proces ochrany karoserie začíná odmaštěním a fosfátováním. Odmaštěním se z karoserie odstraňují nečistoty vázány pomocí fyzikální absorpce anebo adhezními silami na povrch kovu karoserie. Pro lepší představu bude celý proces popsán na konkrétním případě povrchové ochrany používané pro vůz Škoda Superb. (ČUMPELÍK, 2004)

Při fosfátování je celá karoserie ponořena do lázně, ve které je její povrch ošetřen chemicky vyloučením 5 μm vrstvy krystalického zinkofosfátu. Zinkofosfát zajistí lepší korozní odolnost a také napomáhá k lepší přilnavosti dalších vrstev antikorozní a povrchové ochrany. Dalším krokem je ponorné nanášení elektroforetického základu v lázni (obrázek 19). Elektrochemická reakce způsobí vyloučení ochranné vrstvy o tloušťce 15 až 20 μm. Zajistí se díky tomu velmi dobrá antikorozní ochrana spojů, hran a dutin karoserie. Plechy využívané v automobilovém průmyslu jsou již elektrolyticky pozinkovány do tloušťky 8 μm a vnitřní plechy jsou žárově zinkovány až do tloušťky 10 μm. (VLK, 2003b) (ČUMPELÍK, 2004)

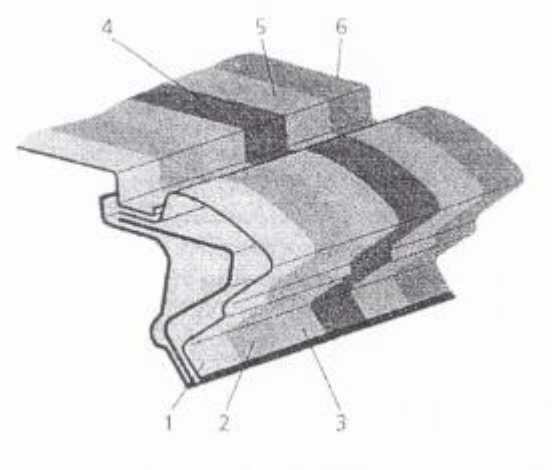


Obrázek 19- Princip elektroforezního základování

Zdroj: (VLK, 2003b)

Po kontrole kvality kataforézní vrstvy přichází na řadu utěsnění spojů, které se provádí ve dvou krocích – jemné a hrubé – používají se těsnící materiály na bázi PVC (polyvinylchloridu). Materiál má zajistit vodotěsnost a zajišťuje i odhlučnění karoserie. Pomocí PVC plastizolů se důkladně ochrání podlahy a podvozek karoserie, které tvoří důležitou část antikorozní ochrany. Vrstva plastizolu chrání podvozek automobilu proti odlétávajícím kamínkům. PVC plastizol se nanáší ve vrstvě několika desetin milimetru. Na speciálním transparentním vozíku, tzv. skidu, putuje takto připravená karoserie do další kabiny. Zde je automaticky elektrostaticky nanášen vodou ředitelný plnič. Úkolem plniče je vyrovnat drobné nerovnosti pro dokonalý vzhled vrchního laku. Tloušťka naneseného plniče se pohybuje okolo 35 μm. Po zaschnutí plniče, který schne 20 minut při teplotě okolo 165 °C,

a kontrole kvality se již nanáší barevný podklad, který určuje barevný odstín karoserie. Podklad má tloušťku od 15 do 25 μm, záleží na typu použitého materiálu – metalický nebo UNI lak. Na barevný podklad je nanesen konvenční bezbarvý lak, jehož sušení probíhá při teplotě 140 °C. Díky vrstvě bezbarvého laku, která činí 35 až 45 μm, dosahuje lak na karoserii vysokého lesku a má lepší odolnost proti vnějším vlivů, jako např. UV záření, imise z ovzduší a další chemické vlivy. (VLK, 2003b) (ČUMPELÍK, 2004)



Obrázek 20- Systém nátěrových antikorozních vrstev na povrchu karoserie (Škoda – VW)

Zdroj: (VLK, 2003b)

1- *Pozinkovaný plech karoserie*
2- *Trikationtový fosfát*
3- *Katoferické základování*
4- *Plnič (tmel)*
5- *Barevný podkladový lak*
6- *Vrchní bezbarvý lak* (VLK, 2003b)

Vrchním lakem povrchová úprava nekončí. Při poslední kontrole se zjišťuje, zda je vůz dokonale nalakován. Je-li to nutné provedou se malé opravy a skid s karoserií směřuje do dekoru. V dekoru se na karoserii přidávají dekorační prvky, jako je štítek s nápisem Superb, gumové pásky na boční hrany atd. (ČUMPELÍK, 2004)

Poslední operací je konzervace dutin pomocí vosku, který se nanáší při teplotě 120 °C. Vosk neobsahuje organická rozpouštědla a je šetrný k životnímu prostředí. Po konzervaci dutin je antikorozní ochrana karoserie kompletní. (ČUMPELÍK, 2004)

6. Využití odporového svařování v automobilovém závodě Škoda Auto

Každá automobilka má své výrobní know-how, které nechce nikam dál šířit a nechává si ho jen pro sebe. Základní části svařování jsou však skoro pro všechny automobilky stejné. Automobilka Škoda dovolila využít jejich dostupné informace ke zpracovaní bakalářské práce. Pro popsání využití odporového svařovaní byl vybrán výrobní proces Škody Roomster. Vůz byl vyráběn v letech 2006 až 2015 v automobilových závodech Škoda Auto v Kvasinech.

Vůz je tvořen samonosnou karoserií, která je svařovaná. Tvary sloupků, prahů, střechy a další profily jsou tvarovány, tak aby disponovaly největší pevností, vhodné spojení a těsnění s ostatními díly karoserie. Všechny díly karoserie společně tvoří homogenní celek, který musí být dostatečný a pružný, aby chránil posádku vozu. (Podklady Škoda Auto a.s.)

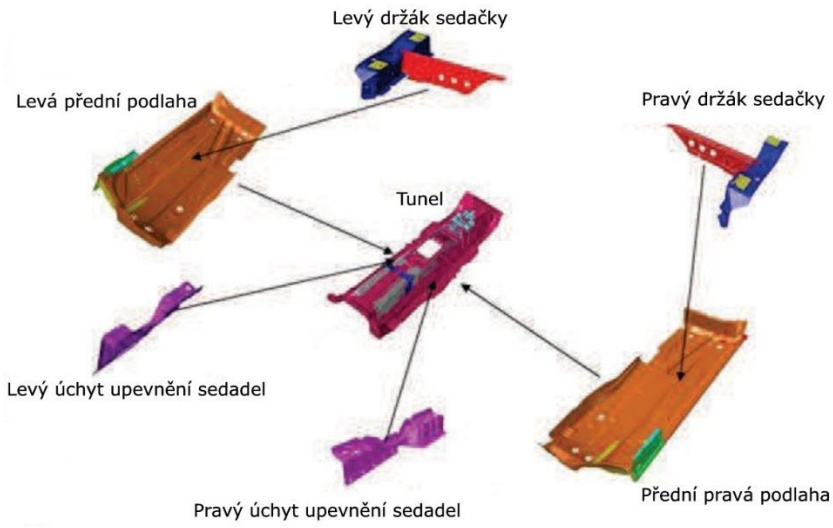
6.1. Svařovací proces

Celý svařovací proces probíhá v části svařovny s označením A05R. Svařovna je rozdělena do několika úseků, kde se kompletují různé časti karoserie a ty potom putují dále do dalších částí svařovny, kde jsou vykonány další svařovací a výrobní postupy. Do pracovišť se dopravují potřebné materiály a výlisky profilů pomocí logistiky. Výlisky a materiály kompletují pracovníci nebo poloautomatický roboti. Kompletují se podle výrobního procesu. (Podklady Škoda Auto a.s.)

Linka A05R má několik plně automatických robotů. Roboti umí měnit pracovní nástavce podle toho jakou činnost mají právě ve výrobním programu vykonávat. Zvládají svářet několika technologiemi a nanášet těsnící tmely. Karoserie na sobě mají čárové kódy podle, kterých roboti poznají, o jakou část karoserie se jedná a jaký mají využít výrobní program. Robot si sám vyndává části karoserie ze zásobníku a po ukončení svého výrobního programu vrací část karoserie zase zpět do zásobníku. Využívají se roboti Kuka a Fanuc. (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.1. Přední podlaha

Přední podlaha je tvořená z několika menších výlisků uvedených na obrázku 21. Pracovníci výlisky vloží do přípravku a zajistí je proti pohybu, následně jsou výlisky sbodovány. (Podklady Škoda Auto a.s.)



Obrázek 21- Části přední podlahy

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

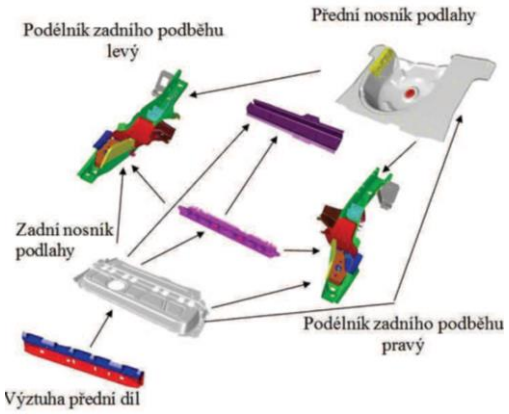
Zhotovené svařence jsou přemístěny na palety a odvezeny ke svařovacím robotům. Robot si sám z palet odebere jednotlivé díly a připevní si je sám do přípravku na svařování. Po uložení všech částí podlahy, robot podlahu svaří pomocí bodovacích kleští. Svařený celek podlahy (obrázek 22) je opět přemístěn na paletu a putuje k dalšímu svařovacímu procesu. (Podklady Škoda Auto a.s.)

Obrázek 22- Komplet přední podlahy

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.2. Zadní podlaha

Zadní podlaha je složená z několika podkompletů uvedených na obrázku 23. Podkomplety jsou z menších částí, které jsou k sobě spojeny pomocí bodových svarů. Po svaření pracovníky jsou svařené části umístěny na palety, na kterých podkomplety směřují ke svařovacím robotům. (Podklady Škoda Auto a.s.)



Obrázek 23- Části zadní podlahy

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

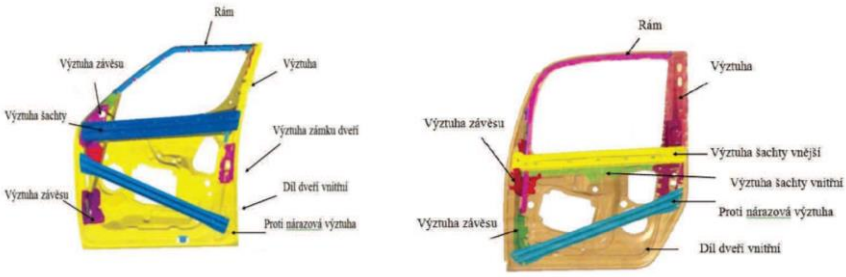
Robot si sám jednotlivé části upne do svařovacích přípravků a pomocí bodovacích kleští vytvoří komplet zadní podlahy (obrázek 24). Po svaření jsou podlahové části umístěny opět na palety a odevzdány k dalším výrobním postupům. (Podklady Škoda Auto a.s.)

Obrázek 24- Komplet zadní podlahy

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.3. Přední a zadní dveře

Výrobní proces předních a zadních dveří je stejná. Dveře jsou tvořeny z jednotlivých částí, jak je uvedeno na obrázku 25, pracovníci svařovny jednotlivé díly spojí pomocí bodového svařování a přemístí je dále ke svařovacím robotům. Robot jednotlivé díly svaří pomocí bodového svařovaní a svařovací metody MIG. Hotové přední a zadní dveře jsou umístěny na palety, na kterých dveře putují pomocí logistiky až na linku strojení. (Podklady Škoda Auto a.s.)



Obrázek 25- Přední a zadní dveře

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.4. Přední nosníky, příčné stěny a přední podběhy

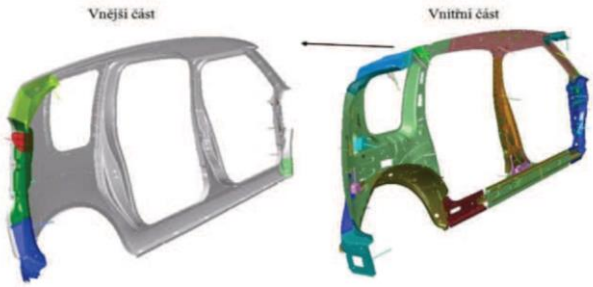
Přední nosníky, příčné stěny a přední podběhy (obrázek 26) jsou totožné s vozem Škoda Fabia II. Tyhle díly se v automobilovém závodě Kvasiny nevyrábí. Dováží se do Kvasin z výrobní linky v Mladé Boleslavi. Díly jsou logisticky přepraveny na svařovací linku UB1. (Podklady Škoda Auto a.s.)

Obrázek 26- Příčný nosník, příčná stěna a podběhy

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.5. Postranice

Robot si upevní postranice (obrázek 27) do svařovacího rámu a nejdříve svaří pomocí bodovacích kleští přeložené části postranice. Na svařování postranic pracují dva svařovací roboti, kteří nejdříve provádí svařování bodovým svařovaní podle předepsané geometrie a poté si vymění svařovací nástavce na nástavce MIG a pájí těsnící kanálek. Svařená postranice je přemístěna na robotové pracoviště UB2. (Podklady Škoda Auto a.s.)

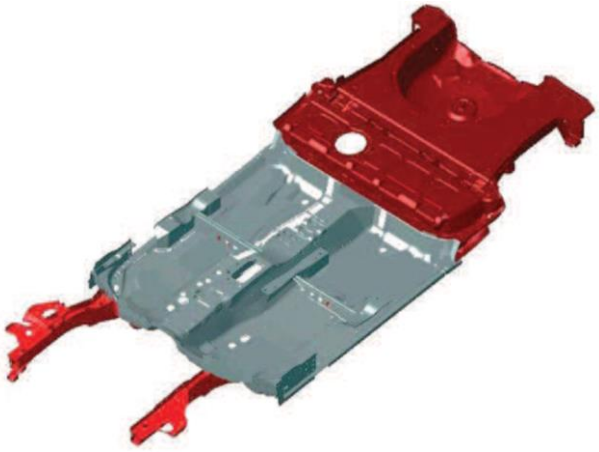


Obrázek 27- Postranice

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.6. Nosná část UB1

Nosná část UB1 (obrázek 28) se skládá z předních nosníků, přední podlahy a zadní podlahy. Díly jsou transportovány rovnou ze svých výrobních linek na pracoviště, kde se skládá nosná část UB1. Na nosné části pracují čtyři roboti, kteří nejdříve pomocí manipulačních kleští upevní části nosné části do svařovacího přípravku. Poté si vymění manipulační kleště na bodovací kleště a podle geometrického plánu jsou vytvořeny bodové svary. Po svařování roboty se UB1 přesune po lince k pracovníkům, kteří dobodují a dovaří těžko přístupná místa, kam se roboti nedostali. Následně se UB1 přemístí do otočného přípravku, kde je schopná se otáčet o 360°. V tomto přípravku je nosná část převezena ke svařovacím robotům, kteří provedou výstupkové svařovaní. (Podklady Škoda Auto a.s.)



Obrázek 28- Nosná část UB1

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.7. Nosná část UB2

Na tomto pracovišti se provádí svařování předních podběhů, příčné stěny, výztuh, zadních vnitřních podběhů a zadního čela k nosné části UB1. Roboti nejdříve vyndají jednotlivé díly ze zásobníku, poté nanesou na díly těsnící hmotu a pomocí upínáků je připevní k nosné části UB1. Díly jsou zajištěné proti pohybu a roboti si vyměňují nástavce na bodovací kleště. Pomocí bodovacích kleští provádí bodové svary. Po svaření se upínáky uvolní. (Podklady Škoda Auto a.s.)

Obrázek 29- Nosná část UB2

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

Nově vzniklá nosná část UB2 (obrázek 29) se přemístí k poloautomatickým robotům, kde se provádí další svary, aby byla zajištěná pevnost a tuhost konstrukce karoserie. Když se dokončí svařování pomocí poloautomatů, přesune se celá nosná část k pracovníkovi, který zkontroluje podle jasně daných pravidel celou konstrukci, zda je správně svařena. Pokud je UB2 správně svařená, pracovník udělí do vozové karty razítko a podpis a konstrukce putuje opět do zásobníku. Jestliže se na konstrukci najdou chyby, konstrukce je přemístěna do speciálního pracoviště, kde jsou nedostatky odstraněny. Poté je nosná část dána do zásobníku. (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.8. Svaření karoserie

Na svařovací linku sjedou nejdříve postranice ze zásobníku, které jsou upevněny do speciálních pojízdných rámů. Poté sjede na linku nosná část UB2. Pomocí automatického pohonu jsou přiloženy obě postranice k nosné části. Pracovníci vloží mezi postranice výztuhy střechy, u kterých se poté zahnou speciální úchyty, ty potom drží celou konstrukci, aby se nerozpadla. Takhle připravená karoserie se za pomoci robotů, zafixuje speciální klecí proti pohybu, a aby byly dodrženy správné rozměry. Roboti si vymění nástavce a provádí bodové svařování. Po dokončení svařování je z karoserie vyjmutá klec, která ji fixovala.

Obrázek 30- Svařená karoserie bez střechy

Zdroj: (Podklady Škoda Auto a.s.)

Karoserie popojíždí k dalším robotům, kteří podle načtení čárového kódu vybírají správnou střechu. Roboti nanesou těsnící hmotu na střechu a střechu přiloží na karoserii. Takhle připravená karoserie přijíždí ke svařovacím pracovníkům, kteří dosváří místa kam se nedostaly roboti. Jedná se jak o bodové svařování, tak i o další metody svařování, jako je opět použití MIG technologie k utěsnění určitých míst. Kompletně svařená karoserie přejíždí do zásobníku, kde čeká na další výrobní proces. (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.1.9. Finišovací linka

Poslední zastávkou karoserie před korozní ochranou a následným nanesením laku je linka finišovací. Na této lince se svařená karoserie zkontroluje. Následuje její broušení a odstranění veškerých nedostatků jako jsou otřepy, výstřiky, nerovnosti a groty. Tyto nedostatky vznikly při ručním a automatizačním svařování.

Po této kontrole a opracování karoserie je karoserie přemístěna na montážní linku, kde se na karoserii montují dveře, nárazníky a kapoty. Pracovníci tyto díly montují pomocí montážních přípravků. Pro všechny namontované díly platí montážní norma, ve které je napsáno, jak mají být díly přidělány a jaké mají mít spáry.

Poslední operací před umístěním karoserie do zásobníku lakovny je povrchový finiš. Klempíři provádějící finiš kontrolují karoserii a vyhledávají povrchové nerovnosti. Závady, které se dají odstranit v toku linky jsou odstraněny. Jestliže takto učinit nelze je karoserie vyjmuta z výrobní linky a přesunuta do opravárenského boxu, aby nedošlo k zastavení výroby. V opravárenském boxu pracovník nedostatky opraví do požadující kvality. Deformace a zvlnění na povrchu karoserie jsou opravovány předepsaným klempířským nářadím. Pokud se jedná o větší závadu na panelovém dílu, tak se závada neopravuje, ale díl je vyměněn za jiný. Důvodem je ušetření času a výměna je jednodušší než oprava takové vady.

Po provedení těchto oprav prochází karoserie výstupní kontrolou, dostává razítko kvality a putuje do zásobníku lakovny. V zásobníku karoserie čeká na antikorozní lázeň a poté je na ni nanesen požadovaný lak.

6.2. Metody svařování využívané při výrobním procesu vozu Škoda Roomster

Pří vyrábění automobilu Škoda Roomster je na karoserii vyhotoveno 5217 bodových svarů, 2 m pájených spojů pomocí technologie MIG, 7,5 m svarů pomocí technologie MAG, 161 kusů přivařených svorníků (metoda, při které se využívá hoření elektrického oblouku), 34 svarů pomocí výstupkového svařování a 1,2 m pájených spojů pomocí laserového pájení (viz. tab.

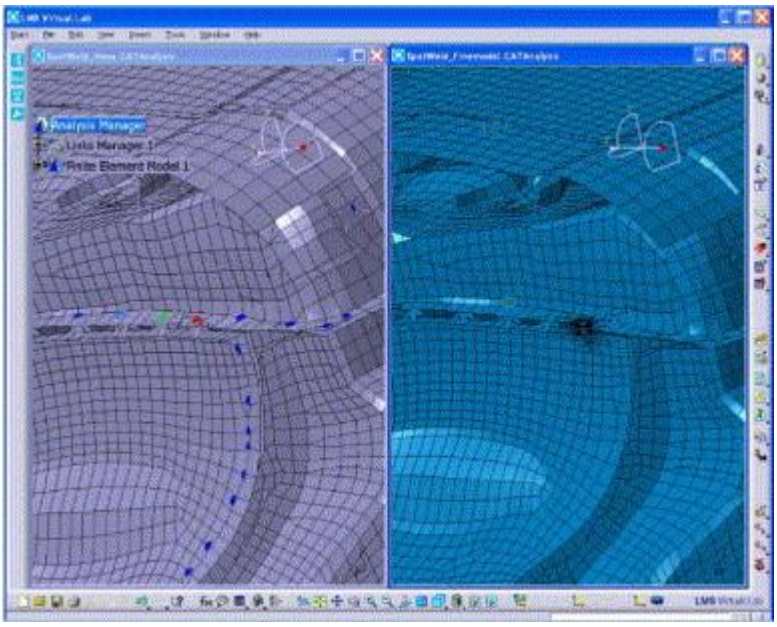
1). Dál v kapitole se bude probírat pouze odporové svařovaní, tedy bodové svařování a výstupkové.

Svařovací technologie se při výrobě karoserie střídají, protože díky kombinaci různých svařovacích technologií je u karoserie dosaženo požadovaných pevností, jak dynamických, tak i statických. Dále střídání technologií má vliv na deformační zóny automobilu a na jeho torzní namáhání. (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.2.1. Bodové spoje v karoserii

K vytváření bodových spojů se v dnešní době nejvíce využívá středofrekvenčních svařovacích kleští, které jsou připevněny na robotech. Tenhle způsob svařování tvoří špičku svařovací technologie v automobilovém průmyslu. První svařovací roboty využívala automobilka již při výrobě přelomové Škody 1000 MB. Roboti byli využíváni k automatickému bodovému svařování. Dnes automobilka využívá stovky konvenčních robotů, kteří se neumí učit a pouze vykonávají práci podle zadání. Roboti jsou řízeni vstupním algoritmem, který nereaguje na žádné změny v okolním prostředí anebo změny vstupních podmínek. „Typickým příkladem jsou svařovací roboti, kteří vědí, v jakých bodech mají provádět sváření, jak dlouho a jakým proudem. Jsou ovšem natolik jednoduší, že jsou z bezpečnostních důvodů umístěni v ochranné kleci.“ Říká Petr Hofman z automobilových závodů Škoda Auto. Automobilka využívá robotů Kuka. Zavádí do výroby i roboty Kuka IIWA (Intelligent Industrial Work Assistent), jedná se o roboty, kteří jsou schopní hledat nové cesty ke splnění jim zadaných úkolů. Kuka IIWA se využívá pro činnosti, které jsou ergonomicky složité pro lidi. (Roboti ve ŠKODA AUTO vyrábějí vozy už mnoho let. Ti noví jsou chytřejší, 2020) (Podklady Škoda Auto a.s.)

Již při vývoji karoserie se zohledňují rozměry bodovacího svařovacího zařízení, potřebného prostoru pro svařovací elektrody a dobrý přístup ke svařovanému místu. Kvalita bodového svaru záleží na vhodném materiálu ke svařování, bezpečnosti svařování (konstrukce) a možnost svařování (výroba). Tyhle tři kritéria mají pro finální spoj stejně velkou váhu. U bodové čočky je nejvíce důležité, aby byla co nejvíce odolná vůči smykovému zatížení. Protože pevnost bodového svaru při smykovém zatížení je mnohem vyšší než pevnost bodu při příčném zatížení. (Podklady Škoda Auto a.s.)



Obrázek 31- Analýza trvanlivosti bodových svarů

Zdroj: (Donders, 2006)

Umístění bodových spojů se řeší již při modelování karoserie (obrázek 31). Je důležité, aby body byly dobře přístupné a kleště svíraly pravý úhel se spojovanými materiály. Pokud tak není dodrženo vznikne elipsoidní spoj, který nemá ty správné vlastnosti. Body musí být správně rozloženy po celé délce svařované plochy, aby mezi svary byly rovnoměrně rozloženy působící síly. Pokud by spoje byly špatně rozloženy po délce svarové plochy mohlo by dojít k překročení meze únavy materiálu, či svarové čočky, vlivem působeným kmitáním, nárazy atd. Při bodování karoserie je nutné vyvarovat vkládání bodových spojů do míst, která jsou špatně přístupná. Mohly by vzniknout nedokonalé spoje, které potom tvoří nejslabší článek řetězu pevnosti karoserie. (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.2.2. Kontrola bodových svarových čoček

Kontrola bodových svarových čoček začíná pohledovou kontrolou. Při této kontrole se dá zjistit, zda je svarová čočka správně umístěna, zda není moc blízko u okraje, zda jsou čočky ve správném rozestupu. Dále se dá zkontrolovat velikosti čočky, typická velikost správně provedené čočky bývá v rozmezí od 3 do 7 mm, záleží o jak tlusté plechy se jedná. Průměrně to bývá 6 mm. Pohledem se dají zjistit i nedokonalosti svarové čočky, můžou se objevit stříkance, či trhliny v čočce. Dál můžeme vidět i vtlačení elektrody ve spoji. V okolí čočky může vidět i ovlivnění přechodové oblasti průchodem elektrického proudu. (Donders, 2006) (Podklady Škoda Auto a.s.)

Ke kontrole kvality bodových spojů se využívají ještě nedestruktivní metody a destruktivní metody. Zde si uvedeme pouze metody, které se využívají v automobilce Škoda Auto. Principy zkušebních metod jsou popsány v kapitole 4.6. (Podklady Škoda Auto a.s.)

V automobilce se využívají tyto nedestruktivní metody:

- Zkouška pohledem – popsána výše
- Kontrola pomocí ultrazvuku

Z destruktivních metod se v automobilce využívají tyto:

- Zkouška sekáčem
- Zkouška loupáním a odvíjením
- Střihová zkouška
- Zkouška metalografická (Podklady Škoda Auto a.s.)

6.2.3. Výstupkové spoje v karoserii

Využívá se při přivařování drobných dílů, matek a při svařování stojin, které nemají dostatečnou délku na provedení klasického bodového odporového svařování a není u těchto stojin brán požadavek na vysokou pevnost spoje. Nejčastěji se přivařují metrické matky k plechu podlahy, k podběhům atd. Využívají se tam kde je potřeba vyrobit rozebíratelný spoj a metrická matka je přivařena k plechu v místě kde se bude přidělávat třeba silentblok motoru, spojení nápravnice s karoserií atd. (Podklady Škoda Auto a.s.)

7. Závěr

V bakalářské práci byly popsány způsoby odporového svařování pomocí literární rešerše, které se používají v automobilovém průmyslu. Nejvíce využívaným způsobem z odporového svařování je metoda bodového svařování. Tato metoda tvoří základ svařování automobilového průmyslu díky své rychlosti a flexibilitě. Z odporového svařování se dále využívá svařování výstupkové, které se nevyužívá tolik jako bodové svařování, ale hraje v automobilovém průmysl taky důležitou roli. U metody bodového svařování byla popsána charakteristika svařování, druhy bodového svařování, dále tepelná rovnováha svařování a svařovací režimy pro bodové svařování. V poslední kapitole bodového svařování byly popsány kontroly svarových spojů. Byly popsány principy nedestruktivních zkoušek, a i destruktivní zkoušky. Kapitoly o výstupkovém svařování seznámili čtenáře o charakteristice tohoto svařování a o tepelné rovnováze při svařování. V bakalářské práci je i popsáno svařování za pomoci svařovacích robotů.

Dále v bakalářské práci byly popsány kovové materiály, které se používají na výrobu karoserií. Byl popsán i postup antikorozní ochrany karoserií. Avšak byl popsán pouze všeobecný základ, každá automobilka si tento postup upravuje a je to jejich „know-how“.

V poslední řadě byl v bakalářské práci zpracován svařovací proces automobilu Škoda Roomster. Při popsání svařovacího procesu vyplynulo, že základ svařování je pro všechny automobilky stejný. Speciality při svařování si automobilky nechávají pro sebe jako své „know-how“. Z výrobního procesu dále vyplynulo, že se čím dál více využívá právě na metodu bodového svařování automatizace, kdy svařování provádí místo pracovníků roboti. Najdou se situace, kdy se stále využívají pracovníci z důvodů, že robot není natolik flexibilní, aby se dostal se svařovacím ústrojím na všechna místa karoserie. Ze svařovacího procesu ještě vyplívá, jak je důležité navrhování v modelovacích programech, aby byly spoje vhodně umístěné ať už z hlediska dostupnosti, tak i správného navržení pro požadovanou pevnost.

8. Citovaná literatura

ABUŠINOV, Alexandr, 2012. Technologie pro lehké automobilové konstrukce. *Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/technologie-pro-lehke-automobilove-konstrukce

ARCLORMITTAL. *3D Motion solutions* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://automotive.arcelormittal.com/s-in_motion_solutions/ice_solutions_catalogue#?mode=1&solutions=A0&version=heavy

BROŽEK, Milan, 2008. *Strojírenská technologie I (návody ke cvičení)*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra materiálu a strojírenské technologie.

CRUICKSHANK, Gordon, 1992. *Cars and How They Work*. Londýn: Dorling Kindersley Ltd.

ČUMPELÍK, Jiří, 2004. Povrchové úpravy v autoprůmyslu - Škoda Superb. *Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/povrchove-upravy-v-autoprumyslu-skoda-superb

DAHNCKE, Mark a Jacob BROWN, 2019. Tech talk: Not all collision repair is the same. *Audi* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://media.audiusa.com/en-us/releases/420

DONDERS, S., M. BRUGHMANS a L. HERMANS. The robustness of dynamic vehicle performance to spot weld failures. Finite Elements in Analysis and Design [online]. 2006, , 13 [cit. 2021-3-20]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168874X05001447#!

JANOTA, Martin, 2008. Odporové svařování: Základní technologické informace. *Svět svaru*. Ostrava: Hadyna - International, spol. s.r.o.

KOLÍBAL, Zdeněk, 2016. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM.

KOVAŘÍK, Rudolf a František ČERNÝ, 2000. *Technologie svařování*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.

KUNCIPÁL, Josef, 1986. *Teorie svařování: celostátní vysokoškolská učebnice pro strojní fakulty vysokých škol technických*. Praha: Státní nakladtelství technické literatury.

LEADER, Aluminium, 2017. *Aluminium Applications* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://aluminiumleader.com/application/transport/

LOPES, Thiago, C.G.S. SIKORA a Rafael MOLINA, 2017. Balancing a robotic spot welding manufacturing line: An industrial case study. In: *ScienceDirect* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221717305180

MACHÁČOVÁ, Dana a Pavel MACHÁČ. Stavba karoserií a skříní [online]. Kopřivnice: VOŠ, SOŠ A SOU Kopřivnice, 2012 [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U27_Stavba_karoserii_a_skrini.pdfPLÍVA, Ladislav, 1975. *Odporové svařování*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.

Podklady Škoda Auto a.s.

Roboti ve ŠKODA AUTO vyrábějí vozy už mnoho let. Ti noví jsou chytřejší, 2020. *Škoda Auto* [online]. 1 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: https://www.skoda-kariera.cz/blog/2020-01-20-roboti-ve-skodovce-vyrabeji-auta-uz-mnoho-let

STROJMETAL. *Tabulka slitin* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: https://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin

TICHÝ, Jiří, 2007a. Svařování v automobilovém průmyslu 1.část. *Svět svaru*. Ostrava: Hadyna - International, spol. s.r.o.

TICHÝ, Jiří, 2007b. Svařování v automobilovém průmyslu 2.část. *Svět sváru*. Ostrava: Hadyna - International, spol. s.r.o.

TMĚJ, Jaroslav, Heinz NEUMANN a Stanislav JENŠÍ, 1990. *Teorie svařování*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní Liberec.

VLK, František, 2003a. *Automobilová technická příručka*. Brno: František Vlk.

VLK, František, 2003b. *Stavba motorových vozidel*. Brno: František Vlk.

ZHOU, Kang a Ping YAO, 2019. Overview of recent advances of process analysis and quality control in resistance spot welding. In: *Mechanical Systems and Signal Processing* [online]. [cit. 2020]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327019300573

9. Seznam obrázků

Obrázek 1- Relativní podíl svařovacích technologií při výrobě vozů Škoda 6
Obrázek 2- Princip odporového svařování 7
Obrázek 3- Normální pracovní cyklus bodového svařování 9
Obrázek 4- Základní druhy bodového svařování 9
Obrázek 5- Zvláštní způsoby bodového svařování 10
Obrázek 6 - Odpory při bodovém svařování 11
Obrázek 7- Složky odporu při bodovém svařování 12
Obrázek 8- Závislost velikosti odporu na svařovacím čase pro plech z nelegované oceli 13
Obrázek 9- Řešení tepelné rovnováhy bodového svařování 14
Obrázek 10- Svařování na lise 15
Obrázek 11- Přístupný bod pro svařování pomocí bodového svařování 17
Obrázek 12- Prozáření při kontrole svarů 19
Obrázek 13- Schéma impulzní kontroly 19
Obrázek 14- Umístění sond 20
Obrázek 15- Kontrola svarů pomocí sekáče 21
Obrázek 16- Odlupovací zkoušky 21
Obrázek 17- Použití vysokopevnostních ocelí ve voze Volvo V70 23
Obrázek 18- Konstrukce karoserie Audi Q8 s označením materiálů podle barev 24
Obrázek 19- Princip elektroforezního základování 25
Obrázek 20- Systém nátěrových antikorozních vrstev na povrchu karoserie (Škoda – VW) 26
Obrázek 21- Části přední podlahy 28
Obrázek 22- Komplet přední podlahy 28
Obrázek 23- Části zadní podlahy 29
Obrázek 24- Komplet zadní podlahy 29
Obrázek 25- Přední a zadní dveře 30
Obrázek 26- Příčný nosník, příčná stěna a podběhy 30
Obrázek 27- Postranice 30
Obrázek 28- Nosná část UB1 31
Obrázek 29- Nosná část UB2 32
Obrázek 30- Svařená karoserie bez střechy 32
Obrázek 31- Analýza trvanlivosti bodových svarů 35

10. Seznam tabulek

Tabulka 1- Množství svarů na jednotlivých modelech automobilů Škoda 5
Tabulka 2- Vhodné svařovací parametry pro bodové svařování 11
Tabulka 3- Parametry odporového bodového svařování 14
Tabulka 4- Porovnání svařovacích režimů 14

11. Seznam příloh

Příloha 1- Rozdělení karosářských ocelí podle pevnosti a použití……1

Příloha 2- Standartně používané slitiny hliníku pro zápustkové výkovky…….2

Přílohy

Příloha 1: Rozdělení karosářských ocelí podle pevnosti a použití

Zdroj: Arclor Mital

Skupina	Druh oceli	Použití
Měkké oceli	- ocel běžné kvality (Commercial steel, CS) - tažná ocel (Drawing/Forming steel, DS/FS) - hlubokotažná ocel (Deep drawing steel, DDS) - zvlášť hlubokotažná ocel (Extra-deep drawing steel, EDDS) - zvlášť hlubokotažná ocel plus (Extra-deep drawing steel Plus, EDDS+)	kryty dveří, podlaha, blatníky, kliková skříň
Vysokopevnostní oceli (HSS)	Oceli vysokopevnostní bez intersticiálních prvků (Interstitial-free high-strength steel, IF-HS)	příčníky, střední mezidveřní sloupky (B-sloupky), kapota
	Bake-hardening oceli (Bake-hardening steels, BH)	dveře, kapota, dveře zavazadlového prostoru, přední blatník, střecha, spodek karosérie, výztuha, příčné nosníky
	Vysokopevnostní nízkolegované oceli (High-strength low-alloy steels, HSLA)	výztuha nárazníku, podélné nosníky, podvozek, kola
Oceli velmi vysokých pevností (VHSS)	Oceli s plasticitou vyvolanou transformací (Transformation-induced plasticity steels, TRIP)	podélné nosníky, příčníky, vyztužení středních mezidveřních sloupků, prahy, vyztužení nárazníku
	Dvoufázové oceli (Dual-phase steels, DP)	střední mezidveřní sloupky, nárazník, kola, spojovací materiál
	Vícefázové oceli (Complex-phase steels, CP)	šikmý nosník dveří, ramena zavěšení kola
	Feriticko-bainitické oceli (Ferritic-bainitic steels, FB)	podélné nosníky, příčníky, kola, převodovka, ramena zavěšení kola
Ultravysokopevnostní oceli (UHSS)	Martenzitické oceli (Martensitic steel, MART)	přední a zadní nárazníky, šikmé nosníky dveří, prahy, příčný nosník střechy

Příloha 2: Standartně používané slitiny hliníku pro zápustkové výkovky – vlastnosti a použití

Zdroj: Strojmetal

Mezinárodní označení	Specifické vlastnosti materiálu	Typické oblasti použití
EN AW-1350 A	výborné vlastnosti lesku a anodizace, zvýšená tepelná a elektrická vodivost, vysoká odolnost vůči korozi a chemická odolnost, dobrá svařitelnost	elektrotechnický průmysl, chemický průmysl
EN AW-2014	zvýšené pevnostní vlastnosti	letecký průmysl, strojírenství, automobilový průmysl
EN AW-2017 A	dobrá dynamická odolnost vůči zátěži	strojírenství, bezpečnostní komponenty
EN AW-2024	zvýšené pevnostní vlastnosti	letecký průmysl, strojírenství
EN AW-2618 A	zvýšené vlastnosti tepelné odolnosti	letecký průmysl, strojírenství, automobilový průmysl
EN AW-5083	vysoká odolnost vůči mořské vodě, dobrá svařitelnost, odolnost vůči kryogenním teplotám	komponenty odolné vůči mořské vodě, loďařství, strojírenství, chemický průmysl
EN AW-5754	dobré anodizační vlastnosti, dobrá svařitelnost	strojírenství, automobilový průmysl, domácí potřeby
EN AW-6401	odolná vůči korozi, elektro-chemicky lze upravit do lesku a anodizovat, pro nejvyšší dekorativní nároky	automobilový průmysl
EN AW-6060/6063	výborné vlastnosti tváření, svařitelná, odolná vůči korozi, elektro-chemicky lze upravit do lesku a anodizovat, pro nejvyšší dekorativní nároky	automobilový průmysl, domácí potřeby, kování
EN AW-6005 A	svařitelná, lze anodizovat	doprava, transport, kolejová vozidla, stavební průmysl
EN AW-6061	dobrá statická a dynamická odolnost vůči zátěži, i pro dekorativní nároky při zvýšené pevnosti	strojírenství, automobilový průmysl, stavební průmysl
EN AW-6082	dobrá statická a dynamická odolnost vůči zátěži, dobrá odolnost vůči korozi, vhodná pro třískové obrábění	strojírenství, automobilový průmysl, stavební průmysl, komponenty do hydraulických a pneumatických zařízení
EN AW-6082	dobrá statická a dynamická odolnost vůči zátěži, dobrá odolnost vůči korozi a korozi trhlin z napětí, vhodná pro třískové obrábění	automobilový průmysl, bezpečnostní a podvozkové komponenty

EN AW-6082	zvýšená odolnost vůči tvorbě hrubého zrna a vůči korozi a korozi trhlin z napětí, vhodná pro třískové obrábění, zvýšená statická a dynamická odolnost vůči zátěži	automobilový průmysl, bezpečnostní a podvozkové komponenty
EN AW-6110 A	zvýšené pevnostní vlastnosti, vhodná pro třískové obrábění, zvýšená statická a dynamická odolnost vůči zátěži	automobilový průmysl, bezpečnostní a podvozkové komponenty
AA 6110	zvýšené pevnostní vlastnosti, vhodná pro třískové obrábění, zvýšená statická a dynamická odolnost vůči zátěži	automobilový průmysl, bezpečnostní a podvozkové komponenty
AA 6066	zvýšené pevnostní vlastnosti, vhodná pro třískové obrábění, zvýšená statická a dynamická odolnost vůči zátěži	automobilový průmysl, bezpečnostní a podvozkové komponenty
EN AW-7020	dobrá svařitelnost	doprava, transport, kolejová vozidla, automobilový průmysl, strojírenství
AA 7018	zvýšené pevnostní vlastnosti, dobrá svařitelnost	automobilový průmysl, strojírenství
EN AW-7022	zvýšené pevnostní vlastnosti	strojírenství, komponenty hydraulických zařízení
EN AW-7075	extrémně vysoké pevnostní vlastnosti / nejvyšší odolnost proti korozi trhlin z napětí	automobilový průmysl, letecký průmysl, strojírenství, komponenty hydraulických zařízení