

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA DOPRAVNÍ**

Martin Sejkora  
**VÝVOJOVÉ SMĚRY SPOJOVÁNÍ VE VÝROBĚ  
MOTOROVÝCH VOZIDEL**

Bakalářská práce

**2017**

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu prof. Ing. Jiřímu Dunovskému, CSc., IWE za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 20. srpna 2017

.....

podpis

## Anotace

Tato bakalářská práce se věnuje popisu a rozboru jednotlivých metod pevného spojování kovových částí skeletů, popřípadě jednotlivých dílů automobilů. V práci jsou uvedeny nejnovější a nejvíce používané metody používané v tomto odvětví. Mimo spojovací metody je v práci zahrnuto i postupné zařazování přístrojů do provozů a nahrazování běžných zaměstnanců stroji.

### **Klíčová slova:**

Program 4.0, technologie, laser, MIG, MAG, WIG, elektronové svazky, elektroda, spojování, svar.

## Annotation

This bachelor thesis deals with the description and analysis of individual methods of solid connection of metal part sof skeletons, or of individual parts of cars. In the paper are presented the most recent and most used methods used in branch. Besides the connection methods, the gradual assignment of the equipment to the plant and the gradual replacement of the staff by the machine are included.

### **Key words:**

Program 4.0, technology, laser, MIG, MAG, WIG, elektron beam, electrode, welding, weld.

# Obsah

1	Úvod.....	9
2	Program rozvoje 4.0.....	10
2.1	První zmínky o vzniku programu 4.0.....	10
2.2	Charakteristika a cíle programu 4.0.....	11
2.3	Průmysl v České republice .....	11
2.4	Program 4.0 v České republice.....	12
2.4.1	Technologické předpoklady .....	13
2.4.2	Současný stav .....	13
2.5	Dopady na trh práce .....	13
2.6	Vzdělání .....	14
3	Karoserie a používané technologie svařování.....	15
3.1	Karoserie.....	15
3.1.1	Výstroj karoserie .....	15
3.1.2	Dělení karoserií .....	15
3.2	Použité materiály, tvary a jejich požadavky .....	18
3.2.1	Ocelový plech běžné pevnosti .....	18
3.2.2	Vysokopevnostní plech .....	18
3.2.3	Nerezové materiály .....	19
3.2.4	Hliníkové plechy .....	19
3.3	Popis postupu výroby karoserií .....	19
3.4	Požadavky na bezpečnost.....	19
4	Svařovací technologie MIG, MAG, WIG.....	20
4.1	Historie svařování.....	20
4.2	Definice svařování .....	20
4.2.1	Základní pojmy.....	20
4.2.2	Elektrický oblouk.....	21
4.2.3	Druhy svarů .....	21

4.2.4	Vady ve svarech .....	21
4.3	Metoda WIG .....	22
4.3.1	Svařování stejnosměrným proudem .....	22
4.3.2	Svařování střídavým proudem.....	23
4.3.3	Svařování impulsním proudem.....	23
4.3.4	Svařovací hořáky a elektrody .....	23
4.3.5	Ochranné plyny .....	24
4.3.6	Přídavné materiály .....	24
4.4	Metoda MIG a MAG.....	25
4.4.1	Metoda MIG .....	25
4.4.2	Metoda MAG .....	25
4.4.3	Zdroje pro svařování.....	25
4.4.4	Podavače drátu .....	25
4.4.5	Hořáky.....	25
4.4.6	Řízení průběhu svařování .....	26
4.4.7	Reakce probíhající při svařování v ochranném plynu.....	26
4.4.8	Ochranné plyny .....	27
4.4.9	Tlakové lahve .....	27
4.4.10	Přídavný materiál .....	29
4.4.11	Vlivy nastavení napětí a proudu .....	29
4.4.12	Vady svarů .....	30
5	Elektronové svazky .....	30
5.1	Historie svařování pomocí svazku elektronů .....	31
5.2	Princip svařování elektronovými svazky .....	31
5.3	Svařitelnost materiálů.....	32
5.4	Výhody a nevýhody svařování elektronovými svazky.....	32
5.5	Oblasti využití.....	33
6	Svařování laserem.....	33

6.1	Historie laseru .....	33
6.2	Princip svařování laserem.....	34
6.2.1	Laser .....	34
6.2.2	Laserové svařování .....	35
6.2.3	Povrchové svařování .....	35
6.2.4	Svařování metodou Key hole.....	35
6.3	Druhy laserů.....	36
6.3.1	Pevnolátkové lasery .....	36
6.3.2	Polovodičové lasery.....	37
6.3.3	Plynové lasery CO <sub>2</sub> .....	37
6.4	Klady a zápory laserového svařování .....	37
6.5	Oblast využití laserového svařování .....	38
7	Závěr.....	39
8	Doplňující fotodokumentace.....	41
9	Použité zdroje .....	45
9.1	Literatura .....	45
9.2	Internetové zdroje .....	45
10	Seznam obrázků.....	48
11	Seznam tabulek.....	49
12	Seznam grafů .....	50

## Seznam použitých zkratek

%	Procento
:	Interpunkční znaménko udávající poměr
A	Základní jednotka elektrického proudu Ampér
a.s.	Akciová společnost
CAD	Počítačem podporované projektování
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
CPS	Kyberneticko-fyzické systémy
Cr	Chrom
ČR	Česká republika
e	Symbol veličiny energie
EN	Číslo normy
ES	Sedmimístný kód chemických látek
FeO	Oxid železnatý
HDP	Hrubý domácí produkt
I	Symbol elektrické proudu
K	Základní jednotka termodynamické teploty kelvin
kV	Kilovolt
LCD	Display z tekutých krystalků
MAG	Svařování tavící se kovovou elektrodou v aktivním plynu
MIG	Svařování tavící se kovovou elektrodou v inertním plynu
mm	Milimetr
Mn	Mangan
MnO	Oxid manganatý
MPa	Jednotka tlaku megapascal
MPV	Víceúčelové vozidlo
Nb	Niobium
Nd: YAG	Krystal yttria alumina granátu obohaceného o neodym
Ni	Nikl
O <sub>2</sub>	Kyslík
PLC	Programovatelný logický automat
Si	Křemík
SiO <sub>2</sub>	Oxid křemičitý
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
SUV	Sportovní užitkové vozidlo
Ti	Titan



U	Symbol elektrického napětí
UN	Čtyřmístný kód označení látek
USAF	Letectvo Spojených států amerických
V	Základní jednotka elektrického napětí Volt
W	Symbol veličiny práce
WIG	Svařování netavící se wolframovou elektrodou v inertním plynu

# 1 Úvod

Motorová vozidla jsou součástí běžného života každého z nás. Jako taková procházejí vývojem již od počátku dvacátého století. Jsou nejvíce využívaným dopravním prostředkem u nás, s čímž jsou spojené i velké nároky na jejich kvalitu, životnost a praktičnost. Každé vozidlo je svým účelem specifické, ale u každého je důležité kvalitní provedení, jehož základem je karoserie vozu, popřípadě jednotlivé díly, které zajišťují bezproblémový provoz. Karoserie vozu tvoří hlavní konstrukci každého vozu, ať je jednostopé či vícestopé. Jako takové jsou složeny z mnoha částí, které jsou spojeny nejčastěji sváry.

V práci s názvem Vývojové směry ve spojování částí motorových vozidel jsem se zaměřil především na problematiku spojování a možné metody, které jsou využívány ve spojování částí karoserií, kovových dílů a v případě 3D tiskáren i samotnou výrobu některých komponent vozů. V první části mé práce se předně zabývám vytvořením prostoru, ve kterém samotné práce probíhají. Jako prostor je myšleno hlavně použití strojů ve výrobnách, které by se daly kvalifikovat jako čtvrtá průmyslová revoluce. Ve zbylých částech práce již na základě získaných znalostí postupně rozebírám různé druhy spojování částí karoserií.

Cílem bakalářské práce je znázornění a vysvětlení technického spojování kovových částí spolu se srovnáním jednotlivých metod a jejich postupný vývoj v automobilovém průmyslu, přičemž jsou popsány nejnovější metody pro rok 2017.

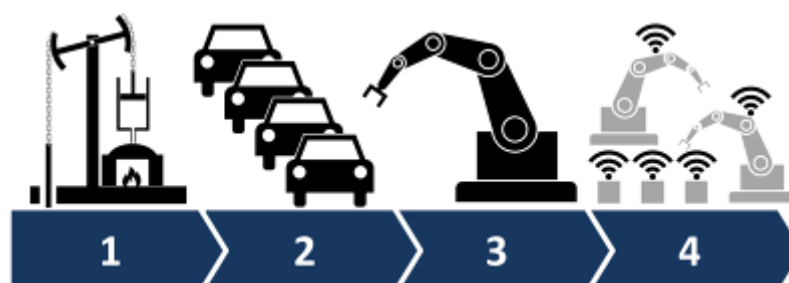
## 2 Program rozvoje 4.0

V postupném vývoji lidstva se souběžně vyvíjely i nástroje, které člověku v mnoha věcech pomáhají. Postupem času se množství lidí stále zvyšovalo a spolu s ním i potřeba navyšovat výrobu nástrojů potřebných především k práci. Původní manufaktury již byly nedostatečné, a tak společnost potřebovala převratný vynález, který by výrobu urychlil. Prvním takovým vynálezem se stal mechanický tkací stav, jehož objevem započala první průmyslová revoluce. Psal se rok 1784 a vynálezcem se stal Edmund Cartwright. Hlavní změna mezi manufakturami a strojní výrobou spočívala hlavně v použití nové hnací síly, kterou se stala pára. Pára poháněla parní kola, která dále poháněla linky po závodech. Jako prvek pro výrobu páry bylo využíváno především uhlí.

Druhá průmyslová revoluce je spojována s objevem elektrického proudu a vznikem montážních linek. Tato revoluce je datována mezi léta 1870 a 1879, což jsou léta první aplikace elektrického proudu a rok kdy byla vynalezena první Edisonova žárovka.

Další revoluce probíhala od roku 1969 a spočívala hlavně v rozvoji programovatelných automatů, které se nazývají PLC, což je jednoduchý počítač vykonávající procesy v cyklech.

V dnešní době se pohybujeme ve čtvrté průmyslové revoluci, přičemž je předpovídáno, že bude trvat ještě nejméně deset let. Tato revoluce je vyspělými státy nazývána Program 4.0. Spočívá především v postupném nahrazování práce zaměstnanců stroji, což by lidským pracovníkům mělo ušetřit práci a zároveň navýšit a zkvalitnit výrobu. Cílem Programu 4.0 je vytvoření plně automatizovaných pracovišť, kde budou lidé jen dohlížet na správné fungování strojů. Jako první začaly tuto metodu prosazovat společnosti v Německu, odkud se šíří prakticky do celého světa. [5, 6]



Obrázek 1. Znázornění průmyslových revolucí

Zdroj: <http://spomocnik.rvp.cz/clanek/20857/4-PRUMYSLOVA-REVOLUCE.html>

### 2.1 První zmínky o vzniku programu 4.0

První zmínky o budoucí potřebné revoluci, Programu 4.0, byly představeny na Hannoverském veletrhu v Německu, psal se rok 2011. Program byl představen pod názvem

Industrie 4.0, a to jako budoucí program, který by měl zajistit zvýšení konkurenceschopnosti německého průmyslu. Program samotný byl spuštěn na témže místě o dva roky později s finanční vládní podporou. Druhou zemí s podporou vlastního Programu 4.0 (Industrie du future) se stala Francie v roce 2015. Po roce 2015 se přidaly i další země. Česká republika, se do Programu 4.0 zapojila 24. srpna 2016. [7]

## **2.2 Charakteristika a cíle programu 4.0**

Podstatou 4. průmyslové revoluce je změna výroby z PLC na plně automatizované systémy, které jsou spolu propojené a spolupracují ve vytvořeném produkčním prostředí. Tato propojení se nazývají kyberneticko-fyzické systémy. Výhodou uvedených systémů je zejména možnost propojit stroje nejen v jedné firmě, ale ve výrobním procesu jako celku. Stroje jsou schopny zpětné kontroly výroby a výrobků. Dále v případě poruch nebo nedostatků dokážou upravit výrobu, ať už množství nebo kvality, případně i reagovat na trh a předpovídat požadavky budoucí.

Výsledkem takové výroby jsou takzvané inteligentní výrobky, jejichž hlavními přednostmi jsou vysoká kvalita za nižší náklady a schopnost zcela dohledat informace o každém takovém výrobku. [8]

## **2.3 Průmysl v České republice**

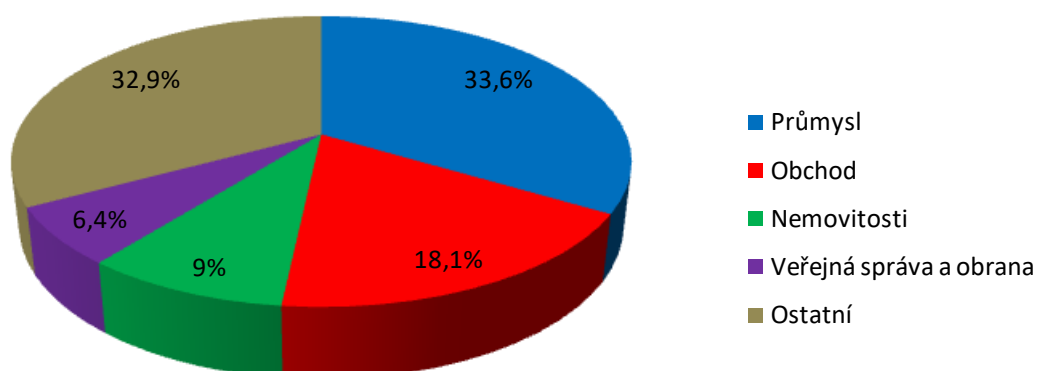
Česká republika je specifická svou závislostí na výrobním průmyslu. Je známo, že se zde těží i nerostné suroviny, jako jsou například uhlí, uran, ropa a další. Jedná se však spíše o malá naleziště, a tak už prakticky od dob středověku je u nás propagována zejména výroba. Důkazem tohoto tvrzení je srovnání ČR s ostatními státy, a to jak v současnosti, tak i v historii. Například pro rok 2015 byl podíl HDP zpracovatelského průmyslu největší v Evropě se zhruba 33,6%. Převážná část průmyslu je zastoupena výrobou, především automobilovou.

Převážnou část automobilové výroby tvoří osobní vozidla. Největším producentem těchto vozidel je pak tuzemská automobilová společnost Škoda auto a.s.. Mezi ostatní automobilové výrobce dále řadíme například firmy Karosa, Kia nebo Tatra.

Objem automobilové výroby každý rok narůstá, téměř o 5% ročně. Například v období leden – červen letošního roku bylo vyrobeno 775 001 vozidel.

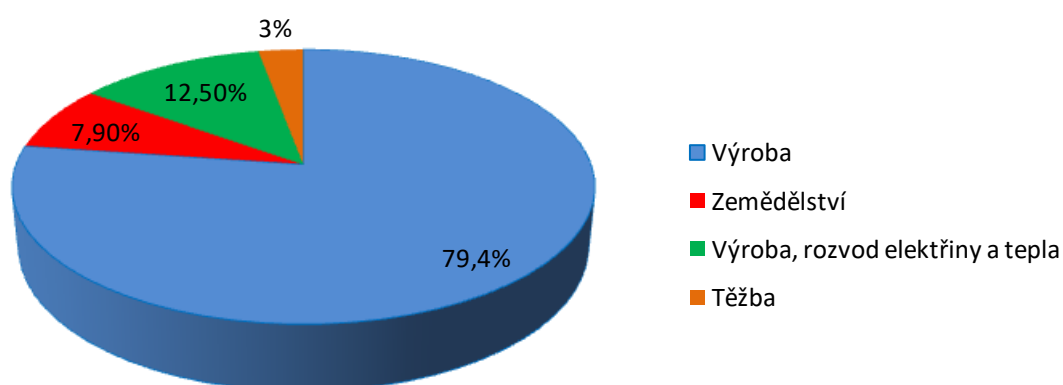
V České republice, se mimo velkou výrobu automobilů, také vyrábí soupravy hromadné dopravy. Jedná se především o soupravy metra, trolejí a trolejbusů. Předním výrobcem je pak firma Škoda transportation a.s.. [9, 10]

## Procentuelní zastoupení jednotlivých sektorů na HDP pro rok 2015



Graf 1. Procentuelní zastoupení jednotlivých sektorů na HDP pro rok 2015

## Procentuelní rozdělení průmyslu pro rok 2015



Graf 2. Procentuelní rozdělení průmyslu pro rok 2015

### 2.4 Program 4.0 v České republice

Nástup Programu 4.0 probíhá v České republice velice pozvolna i přesto, že se od něho očekává velké zlepšení důležité hlavně pro zajištění konkurenceschopnosti s asijskými trhy. Dle průzkumů by v některých odvětvích měly klesnout provozní a režijní náklady téměř o 30% a celkové náklady na zpracování produktů o 25%, přičemž by se měla výrazně zvýšit i produktivita. Dalším pozitivem je vyřešení problému s nedostatkem pracovníků díky

navyšování míry digitalizace, kde člověk více než do výroby zasahuje pouze do kontroly správné činnosti strojů. Nevýhodou může být, že české pojetí iniciativy 4.0 je originální, tedy neozkoušené a v praxi není prověřené.

### **2.4.1 Technologické předpoklady**

Základním technologickým předpokladem Programu 4.0 je především vzájemná komunikace všech strojů s pracovníky výroby. Nejedná se při tom pouze o stroje a pracovníky, kteří se podílí přímo na výrobě, ale i o prvky transportní, částečně materiály i výrobky. Od této komunikace je vyžadována flexibilita a spolupráce. Veškerá komunikace pak probíhá pomocí internetového spojení, kde každý jednotlivý stroj či modul má svou vlastní rozpoznávací adresu, která ho reprezentuje.

Dalším předpokladem této iniciativy je vytvoření takového prostředí, ve kterém se stroje dokážou buď samy opravit, nebo se díky propojení s internetem, o opravu postarat. S tím samozřejmě souvisí potřebná vybavenost k provádění samodiagnostiky.

Z pohledu návrhu výrobků je poté zapotřebí dostatečné softwarové zázemí ve formě CAD systému, které dokáže předat informaci výrobním faktorům. Výrobní faktory následně reagují sestavením potřebné výrobní linky a zahájením provozu.

Vzhledem k tomu, že se jedná o přenosy velkého množství dat, je nezbytné vybudovat i úložiště pro tyto informace, pro jejich schraňování, i pro práci s nimi. [8]

### **2.4.2 Současný stav**

U většiny českých firem, které se postupně blíží k přechodu na iniciativu 4.0, nastává problém v rozdělení komunikace mezi jednotlivými výrobními sektory. Tato komunikace je záměrně držena odděleně kvůli často nedostatečnému síťovému zabezpečení. Mají-li se podniky spolehnout na práci strojů, nutně musí zajistit i dobrou ochranu proti jejich vnějšímu napadení. Dalším nedostatkem jsou pak malé sběrný dat, které samy neumožňují svou kapacitou vznik širší komunikace. Vzniká tak problém, že některé české firmy mají potřebná zařízení, která ovšem nemají prostor se vzájemně ovlivňovat a musí být pro každou funkci člověkem nastavována.

## **2.5 Dopady na trh práce**

Nástup nového systému provází též změna v nabídce pracovních míst. Tato změna souvisí hlavně s nahrazováním některých pracovních pozic stroji. Jedná se hlavně o místa s rutinní náplní práce, jako je například vylupování výrobků či jiné jednoduché práce. Zánik těchto pozic je viditelný ve výrobních společnostech již dnes, kdy jsou stálí zaměstnanci postupně nahrazováni stroji a celkově tak klesá nabídka volných pozic na manuálně jednoduché práce. Přestože člověk má stále oproti stroji výhodu improvizace a kreativního myšlení, dá se do budoucna očekávat i částečné nahrazení na nerutinních pozicích. Lze předpokládat,

že počet existujících pracovních míst může klesnout až o 10% a u velké části ostatních míst může dojít k velké změně pracovní náplně. Oproti tomu vzniknou nová místa hlavně ve spojitosti s roboty.

Kromě ohrožených pracovních pozic je ovšem důležité zabývat se otázkou starších generací a lidí s nízkou kvalifikací, potřebnou pro obsluhu strojů. S ohledem na věk se jedná především o osoby starší padesáti let. Rychlým rozvojem technologií, tak vznikl problém, kterému se starší generace nedokázala přizpůsobit, neboť tak trpí nízkou technologickou gramotností, která je potřebná. [5, 9, 12]

## **2.6 Vzdělání**

Nástup Programu 4.0 provází nejen potřeba zajištění dostatečné technologické připravenosti, ale také připravenosti lidské, která je zajištěna novými návrhy ve vzdělávání. Toto vzdělání je třeba zahájit již na základních a poté i na středních školách. Na uvedených školách je člověk formován a připravován na svou další profesní cestu.

Vzdělávání tak musí prvně začít u samotných učitelů, kteří musí být dostatečně odborně a kvalitně vzdělání. Učitelé však nemusí být vždy odborníky ve všech směrech, a proto by měla být zajištěna i komunikace s odborníky v oboru. Další podmínkou je vybavenost škol, které musí mít přístup k počítačovým technologiím a hlavně k možnostem s nimi žáky seznamovat. Neblahým trendem dnešních škol je jejich vybavenost interaktivními tabulemi, které jsou však po většinu času vypnuté, žáci s nimi nejsou seznamováni a neplní tak svou úlohu.

Dalším předpokladem je podporování žáků v experimentování a ve vlastní tvořivosti, ke které by jim měl být dán na školách prostor s použitím školních pomůcek.

Na vysokých školách by bylo vhodné zavést nové studijní předměty, a to alespoň na fakultách, jejichž obory budou s Programem 4.0 pracovat. Těmito programy by měly být především robotika, kybernetika, simulace procesů, fungování internetu a umělá inteligence. U netechnických oborů bude naopak potřeba zavedení předmětů, které se budou zabývat právy ve virtuální realitě, dále předměty pro aktuální seznámení s fungováním Programu 4.0 a seznámení s výrobními postupy a technologiemi.

Celý tento koncept musí být samozřejmě v první řadě podporován ze strany státu v podobě proškolení a vzdělání učitelů a profesorů a především v dostatečném financování celého projektu. [8]

## 3 Karoserie a používané technologie

### 3.1 Karoserie

Karoserie je část automobilu, ve které jsou vytvořeny prostory pro využití vozidla podle jeho účelu. Má za úkol chránit před vnějšími vlivy posádku, náklad i jednotlivé části vozidla. Zpravidla jsou v ní uložena i převodová ústrojí a poháněcí soustava. Jsou na ni kladeny vysoké požadavky z hlediska bezpečnosti, funkčnosti a estetičnosti. [13]



**Obrázek 2. Samonosná karoseri**

Zdroj: [https://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/karoserie-podvozek-dlouha-cesta\\_42039.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/karoserie-podvozek-dlouha-cesta_42039.html)

#### 3.1.1 Výstroj karoserie

Výstroj karoserie tvoří pomocná zařízení a přístroje. Patří mezi ně pomůcky a prostředky s karoserií pevně spojené a pro provoz automobilu předepsané nebo účelné (např. vnitřní osvětlení). Řadíme k nim také účelová zařízení speciálních automobilů a samojízdných i přípojných strojů (např. jeřáb, naviják, vybavení sanitky apod.). Dále se jedná o ozdobné prvky a kování, jakož i prvky k ochraně vozidla, nákladu a obsluhy (např. bezpečnostní pásy, kontrolní svítilny apod.). [13, 14]

#### 3.1.2 Dělení karoserií

Karoserie, jako základní část každého automobilu, dělíme do několika různých kategorií. První dělení je podle tvarů a způsobů využití. Podle využití rozdělujeme automobily samotné, a to na vozidla osobní a užitková.



- Osobní vozidla slouží především k přepravě osob a drobného nákladu. Dle jejich stavby ji dále dělíme do několika skupin.
- Kupé – Jedná se z pravidla o vozy se dvěma dveřmi. Většina vozů je sportovnějšiho charakteru, čemuž je přizpůsoben i interiér. Ten je převážně osazen dvěma sedadly, popřípadě čtyřmi, ale v tomto případě je u zadních dvou sedadel nižší komfort.
  - Kabriolet – Typickým rozpoznávacím prvkem kabrioletu je takzvaná sklápěcí střecha. Vůz je tvořen rámem, který má jako skořepinu pouze podlahovou část, tudíž neobsahuje střešní sloupky. Z těchto důvodů musí být vozy v podlahové části extrémně zpevněny, aby nedocházelo ke kroucení vozu během jízdy. Střešní části vozů jsou vybaveny sklápovací střechou, která může být vyrobená buď z pevných částí, nebo například z tkaniny.
  - Sedan – Hlavními prvky sedanu jsou převážně dvě řady sedadel, převážně pro pět pasažérů, přičemž do přední i zadní části vedou samostatné dveře z obou částí vozu. Dalším znakem je oddělení kabiny pro cestující a zavazadlového prostoru.
  - Kombi – Jedná se o upravenou karoserii sedanu s prodlouženou zavazadlovou částí vozu. Kombi dále může obsahovat dvě, až tři řady sedadel při čem poslední řada bývá buď sklápěcí prakticky až do zarovnání sedadel s podlahou zavazadlového prostoru, nebo se dají sedadla celá rychle vyndat.
  - Limuzína – Je uzpůsobený sedan s protaženou kabinou pro cestující. U většiny limuzín bývá oddělena první a druhá řada sedadel přepážkou. Ostatní sedadla mohou být uzpůsobena v řadách, které jsou sklopné, nebo mohou být uzpůsobena v prostoru ke zvýšení komfortu.
  - MPV – Hlavním znakem těchto částečně užitkových vozů je jejich velikost, přesněji výška střechy. Vozidla jsou uzpůsobena ke zvětšení vnitřního prostoru, ať již z důvodů navýšení počtu pasažérů, nebo po demontování sedadel ke zvětšení prostoru pro náklad. U některých vozů se jedná o schopnost pojmout náklad na europaletě, která má plochu  $0,96 \text{ m}^2$ .
  - SUV – Tato vozidla jsou uzpůsobena jak k jízdě v terénu, tak i po klasické silnici. Tomu je uzpůsobena výška podvozku a často i pohon všech kol. Dalším znakem těchto vozů je větší nákladový prostor.
  - Hatchback – Převážně se jedná o vozidla s menším zavazadlovým prostorem, ale se schopností převážet až pět osob. Příkladem těchto vozů je v České republice například Škoda Fabia.

- Pick – up – Vozy, které jsou kombinací užitkového a osobního automobilu. Jejich hlavním znakem je otevřený nákladový prostor, popřípadě má demontovatelná střecha.
  - Terénní vůz – Tato vozidla jsou, jak je z názvu patrné, uzpůsobena k jízdě v terénu, mají tedy poměrně vysoký podvozek, pohon všech kol a celkově jsou uzpůsobena k co největší pevnosti a eliminaci nárazů a vibrací způsobených otáčením kol.
- Užitková vozidla jsou používána k přepravě nákladů. Podle specifikací těchto nákladů, zda se jedná o sypký, pevný, popřípadě o jiné struktury, je dělíme do skupin.
- Skříň – Tvoří uzavřenou nákladovou část přístupnou dveřmi ze zadní části nebo z boku.
  - Valník – Nákladová část, která je ohraničená bočnicemi, zadní a přední částí čela. Bočnice i zadní část jsou sklopné, kvůli lepší manipulaci při nakládání. Přední část je zpevněná, aby zabránila průchodu nákladu do kabiny řidiče, například u dopravních nehod.
  - Korba – Nejčastěji celokovový nákladový prostor, u něhož je možné sklápění, má výklopné čelo.
  - Plošina – Automobil je vybaven pouze nosnou plochou bez čel a bočnic.
  - Speciální - Speciálními karoseriemi jsou například hasičské automobily, případně automobily, u nichž jsou vyžadovány speciální požadavky.
- Dělení karoserí podle typu rámu
- Obdélníkový – Obdélníkový rám patří k nejjednodušším typům. Je tvořen dvěma podélníky, které jsou k sobě připevněny pomocí příček. Spojení s příčkami bývá buď pomocí sváru popřípadě nýtované, nebo šroubované. Podélníky samotné nejsou v celé délce stejného tvaru, ale ke koncům nosníku jsou prohnuté pro lepší možnost uchycení pérování.
  - Páteřový – Tento rám bývá nejčastěji používán u nákladních automobilů. V Čechách ho používá hlavně firma Tatra. Je tvořen základní páteří (nosníkem), který je v přední části vyvýšený pro uchycení motoru a převodového ústrojí. Pro připevnění zbytku výbavy automobilu, jako je korba a nákladový prostor, je využíván pomocný rám.
  - Plošinový – Jedná se o typ konstrukce, kde je celá podlahová plošina vylisována z jednoho kusu plechu, případně je k ní ještě následně přivařen obdélníkový rám
  - Příhradový – Příhradový rám je specifický hlavně pro závodní vozidla, popřípadě autobusová vozidla. Je tvořen svařenými trubkami popřípadě jinými

profily, které dohromady tvoří příhradovou konstrukci. Důvodem použití u závodních automobilů je jejich vysoká pevnost a odolnost proti namáhání. Nevýhodou je složitost při konstrukci a výměně poškozených částí.

- Křížový – tento rám je tvořen dvěma podélníky, které se směrem ke středu nosníku k sobě přibližují a na středu jsou k sobě svařeny. Celkový tvar připomíná písmeno X a stejně jako u obdélníkového nosníku je i tento ve zbylé části propojen příčkami.
- Obvodový – U karoserie obvodového rámu dochází mezi nápravami k rozšíření nosníků na šířku vozidla. Nosníky zároveň tedy tvoří i prahy vozidla. [14, 15]

## **3.2 Použité materiály, tvary a jejich požadavky**

Při výrobě karoserií je používáno několik základních materiálů. Použití je závislé hlavně na typu vozidla. U nákladních automobilů se jedná především o použití vysokopevnostních plechů. Oproti tomu u osobních automobilů se zejména poslední dobou více používají lehké materiály, jako jsou například hliník a jeho slitiny. Profily pro výrobu rámu jsou dodávány do automobilových závodů přímo z hutí. Dodávány jsou podle předem daných tvarů a rozměrů, které jsou normované. Tloušťka profilů se obvykle pohybuje mezi 1,5 až 3 mm. Profily jsou dále spojovány pomocí několika metod, a to svařováním, nýtováním nebo šroubovým spojením. [14]

### **3.2.1 Ocelový plech běžné pevnosti**

Ocelový plech je nejčastěji používaným kovem při konstrukci karoserií. Je používán v několika úpravách. Nejčastější úpravou je pozinkování, popřípadě jiná povrchová úprava, která zajišťuje delší životnost. Používaný plech spadá do třídy 11, o mezi kluzu mezi 120 až 180 MPa. Příkladem těchto plechů jsou například EN DC03 nebo EN DC04. Tloušťky těchto plechů se pohybují v rozmezí 0,5 – 2 mm.

Potřebné vlastnosti plechu jsou především dobrá svařitelnost, která je dána množstvím uhlíku v oceli. Množství uhlíku v těchto ocelích může být maximálně 0,5%. Dále pak musí být vhodné pro lisování, stříhání a ohýbání. [14]

### **3.2.2 Vysokopevnostní plech**

Pro výrobu více namáhaných karoserií, jako například u nákladních automobilů, používáme vysokopevnostní plech o mezi kluzu do 400 MPa. Příkladem těchto materiálů jsou EN DC04 a EN DC01. Tloušťky plechu se pohybují mezi 0,5 – 2 mm. Odlišností od plechu běžné pevnosti je větší zpětné pružení, s čímž souvisí horší opravitelnost. [14]

### 3.2.3 Nerezové materiály

Mezi nerezové materiály požívané u karoserií řadíme následující slitiny. První je austenitická ocel Cr – Ni. Dle označení EN 1.4301. Tato ocel obsahuje maximálně 18% chromu a 10% niklu. Vyniká velkou odolností proti korozi a je výborně svařitelná a tažná. Nevýhodou je její obtížná obrobiteľnosť.

Druhým typem je ocel feritická Cr – Ti – Nb. Dle označení EN 1.4509. Tato ocel obsahuje maximálně 18% chromu, 0, 5% titanu a 1% niobia. Jako austenitická ocel je i tato velice odolná proti korozi a dobrá pro sváření. Má dostačující tažnosť, ale špatnou houževnatost za nízkých teplot.

Třetím typem je ocel feritická Cr – Ni. Dle označení EN 1.4003. Obsahuje maximálně 12% chromu a 1% niklu. Ocel je dobře odolná proti plošné korozi, má však slabou odolnosť proti mezikrystalické korozi. Dále není vhodná pro sváření. [14]

### 3.2.4 Hliníkové plechy

Hliníkové plechy jsou používány z několika důvodů, přičemž hlavními jsou snížení váhy vozu, vysoká pevnost a vysoká odolnosť proti korozi. Běžně se používají hlavně slitiny hliníku s křemíkem a hořčíkem. Tvarování plechů probíhá lisováním, vytlačováním nebo tlakovým litím. Spojování plechů probíhá pomocí svařování v ochranné atmosféře metodou MIG nebo WIG. [14]

## 3.3 Popis postupu výroby karoserií

K výrobě samotných karoserií je přednostně potřeba dodat materiály do továrny. Materiál je buď přivážen ve formě profilů, případně je přivezen plech dané tloušťky v rolích. Tyto role jsou dále odmotávány a plech z nich putuje do lisovny, kde jsou z něj vylisovány potřebné díly. Součásti jsou následně přepravovány do svařovny, kde je postupně karoserie svařována a dostává tvar budoucího automobilu. Tyto první dva kroky jsou plně strojově obsluhovány a člověk pouze dohlíží na správné fungování strojů. V moment, kdy jsou všechny pevné části karoserie přivařeny, putuje výrobek do lakovny. Poté, kdy barva karoserie ztuhne, dochází k dostrojení automobilu a následnému testování. Tento proces, například při výrobě Škody Octavia, trvá deset až dvanáct hodin, pokud nepočítáme závěrečné testování. [14]

## 3.4 Požadavky na bezpečnosť

Z pohledu bezpečnosti je u karoserií kladen velký důraz na kvalitu použitých materiálů a dodržení výrobních postupů. U výrobních postupů mluvíme hlavně o dodržení teplot při svařování a o kontrole, zda svár odpovídá normám. Samotné konstrukce karoserií pak jsou navrhovány z několika hledisek a to především z pohledu tuhosti. Čelní a zadní část je

navrhována tak, aby v případě nárazu pohltila co možná nejvíce energie, což je zajištěno takzvanými deformačními zónami, které se při nárazu deformují, čímž vstřebávají energii. U osobních aut bývá tato zóna dlouhá 300 – 850 mm. Střední část je oproti tomu navrhována na vysokou pevnost proto, aby kokpit pro cestující zůstal v případě nárazu nedeformovaný a lidé měli dost místa na končetiny, popřípadě nebyl možný průnik cizích těles. [14]

## **4 Svařovací technologie MIG, MAG, WIG**

### **4.1 Historie svařování**

První zkušenosti se spojováním kovů mělo lidstvo již ve starověku a středověku, kdy byla jako první metoda spojování použito kovářské svařování. Kovářské spojování spočívá v ohřátí obou svařovaných konců a následné skování.

Svařování podobné tomu dnešnímu registrujeme až počátkem 19. století, kdy byl objeven plyn acetylén. Pomocí acetylénu bylo možné udržet stabilní plamen, pomocí kterého se dalo nejen řezat, ale i spojovat materiál.

První patentované použití elektrického oblouku datujeme do roku 1885, kdy byli Benardosem a Olsewským schopni svářet uhlíkovými elektrodami. Nedlouho poté v roce 1888 byla patentována Slavjanovem kovová elektroda, která byla zdokonalena Kjellbergem vynálezcem obalené elektrody.

V dalších letech postupoval vývoj a bylo postupně zkoušeno svařování v plynech. Mezi tyto plyny patřilo hlavně helium a argon. Větší průlom ve svařování plynem nastal v roce 1953, kdy byla Ljubavskim a Novošilovem představena metoda svařování v atmosféře  $CO_2$ . Od jejich objevu bylo vynalezeno ještě několik metod svařování, jako jsou například svařování elektronovými svazky, laserem a dalšími. [1, 2, 17]

### **4.2 Definice svařování**

Svařování kovů a jejich slitin probíhá pomocí tepla, tlaku, popřípadě jejich kombinací, přičemž vzniká nedemontovatelné spojení. Ke spojení může, ale nemusí, být použit přídavný tavný materiál stejného, nebo podobného, složení jako materiály, které slučujeme. Při tepelném svařování dochází ke zmíněnému ohřátí a roztavení spojovaných částí, popřípadě přidání tavného materiálu, spojení a následné ztuhnutí. Pokud svařujeme tlakem, dochází ke spojení materiálů pomocí vyvolání plastické deformace. Deformace vzniká při překrytí spojovaných ploch a následném rázu. U měkkých kovů se takto dá svařovat i za studena. [1]

#### **4.2.1 Základní pojmy**

Základní materiál – jedná se o materiál, který je svařován. Zvažujeme u něj jeho složení, tloušťku a jeho strukturu

Tavný materiál – Tavný materiál vstupuje během svařování do svárové lázně, taví se a pomáhá spojovat základní materiál.

Svarová lázeň – Jedná se o objem roztavené hmoty základního a tavného materiálu v místě svaru.

Svarový spoj – Je oblast tvořená svarem a oblastí, která byla svářením ovlivněna. [1]

### **4.2.2 Elektrický oblouk**

Elektrický oblouk byl objeven v roce 1808 Humphry Davym. Ve svařování však začal být používán až zhruba po osmdesáti letech. Tento oblouk tvoří nízkonapěťový, vysokotlaký výboj hořící v ionizovaném plynu. Pro stálé hoření potřebuje dostatečné elektrické napětí a proud. Pro vznik oblouku existuje několik metod. První metodou je krátký dotyk mezi základním materiálem a elektrodou, kterou protéká nastavený proud pro svařování. V místě dotyku dojde k ohřátí materiálu, které je založeno na zkratu proudu. Ohřevem materiálu dojde i ke zvýšení teploty okolního prostředí a následné ionizaci plynného prostředí, které umožní vést elektrický proud v plynu. Pokud zároveň dodržíme i ionizační napětí, neboli napětí, kterým je třeba urychlit elektron, aby byl schopen vytrhnout jiný elektron z valenční vrstvy základního materiálu, dojde k odtavování elektrody a vzniku stabilního oblouku.

Druhou metodou je zapálení elektrické jiskry pomocí vysokonapěťového a vysokokmitočtového ionizátoru. Tato jiskra ionizuje okolní prostředí výbojem, který opět umožní vedení proudu a vznik oblouku. Tato metoda je používána u metody svařování WIG. Třetí možností je zahřívání pouze špičky hrotu wolframové elektrody. Po zahřátí dojde opět k dotyku se základním materiálem a vznikne oblouk. Při vzdálení elektrody dojde k nárůstu proudu. [3]

### **4.2.3 Druhy svarů**

Tupý svar – tupý svar uvažujeme ve tvarech připomínající písmena I, Y, V, U. V případě větší tloušťky materiálu lze využít i oboustranný svár.

Koutový svar – koutový svar může být u několika možností svařování. Jedná se buď o rohové svary a T svary.

Děrový svar – vzniká, pokud svařujeme části, z nichž v jedné vyplňujeme důlek.

Lemový svar – při svařování lemu nepoužíváme přídatný tavný materiál. Dochází pouze k roztavení krajů svařovaných částí. [1]

### **4.2.4 Vady ve svarech**

Vady ve svarech vznikají při všech druzích svařování a tvoří vážný problém, který ovlivňuje celkovou životnost a schopnost svaru odolávat namáhání. Tyto vady dělíme podle jejich tvaru a výskytu. Toto dělení upravuje směrnice ČSN ISO 6520 a dělí vady do šesti skupin.

První skupinou jsou trhliny. Trhliny vznikají jak za vysokých teplot, zhruba mezi 800 – 950 stupni celsia, tak i u nižších teplot pod 300 stupňů celsia. Celkově jsou trhliny způsobeny hlavně z důvodu celkové napjatosti mezi tepelně ovlivněnou a neovlivněnou oblastí. Další důvodem může být zanesení nečistot do svaru, kdy se jedná především o síru a fosfor. Síra a fosfor vytváří spolu s železem sloučeniny, které při chladnutí narušují krystalovou mřížku železa.

Druhým typem jsou bubliny a dutiny. Tyto nejčastěji kulové tvary, naplněné vzduchem, jsou zapříčiněny například nedostatečně vyschlou elektrodou, nedostatečně očištěnými hranami svarových ploch, nebo i vysokou svarovou rychlostí.

Třetím typem vady jsou vměsky. Vměskami mohou být například zbytky strusky, která se vytváří během svaření. Pokud následně není mezi jednotlivými vrstvami svaru struska odstraněna, zůstává na místě a narušuje svar.

Čtvrtou vadou jsou špatné průvary, vznikající zejména nevhodně nastaveným svarovým proudem, špatným zkosením hran základního materiálu nebo vysoké svařovací rychlosti. Opakem špatného průvaru jsou zápaly, při kterých dochází ke vzniku ostrých a natavených prohloubení.

Posledním typem vad jsou studené spoje. Pod tímto pojmem se označují tavně nedokonalá spojení základního materiálu. Bývají způsobena nízkým svařovacím proudem nebo nevhodně zvolenou velikostí elektrody. [18]

## **4.3 Metoda WIG**

Metoda WIG je typ obloukového svařování netavící se elektrodou v inertním plynu. U metody WIG vzniká elektrický oblouk mezi základním materiálem a wolframovou elektrodou. Oblouk je chráněn inertním plynem ve formě argonu, helia nebo jejich směsí. Při svařování používáme tři různé metody a to svařování stejnosměrným proudem, střídavým proudem nebo impulsním proudem. [2]

### **4.3.1 Svařování stejnosměrným proudem**

Při svařování metodou WIG stejnosměrným proudem je elektroda zapojena na záporný pól zdroje a základní materiál je zapojen na kladný pól. Rozložení tepla v oblouku není rovnoměrné a přibližně odpovídá rozdělení 1/3 na elektrodu a 2/3 na základní materiál. Z těchto důvodů nedochází k přehřívání elektrody a svarová lázeň má zároveň vysokou vrstvu závaru. Tento typ svařování je používán pro všechny typy ocelí, titanu, niklu, mědi a jejich slitin. Při dodržení předem určené směsi helia a argonu můžeme navíc svářet i hliník. Tato směs je tvořena minimálně 75% helia doplněné o zmíněný argon. [3, 19]

### 4.3.2 Svařování střídavým proudem

Při svařování střídavým proudem je elektroda zapojena na kladný pól zdroje, což umožňuje využívat takzvané čistící účinky. Čistící účinky jsou využívány hlavně při spojování hliníku, který je pokryt oxidem hlinitým. Oxid hlinitý je při sváření nežádoucí z důvodu své vysoké teploty tavení, která je o mnoho vyšší než teplota tavení samotného hliníku. Z toho důvodu se při existenci oxidu hliník špatně spojuje a svár není stabilní. Čistící účinek je zajištěn vznikem katodové skvrny na elektrodě, která není stálá a pohybuje se po místech, která jsou pokryta oxidem. Při zasažení se pak oxid snáze odpaří. [3, 19]

### 4.3.3 Svařování impulsním proudem

U svařování impulsním proudem se intenzita svařovacího proudu mění mezi proudovými hladinami  $I_p$  a  $I_z$ . Průběh impulzů poté může mít průběh sinusový, pravoúhlý nebo jiný. Mezi výhody toho svařování patří především snížení tepelné deformace, které je způsobeno snížením tepelného ovlivnění, dále lepší mechanické vlastnosti svarů. Díky těmto vlastnostem je umožněno svařovat i tenké plechy. [3, 19]

### 4.3.4 Svařovací hořáky a elektrody

Svařovací hořáky jsou nejvíce zatížené části svářecí techniky. Slouží k vedení ochranného plynu, chlazení, uchycení elektrody a přívod elektrického proudu. Chlazení hořáku je zajištěno dvěma způsoby a to buď procházejícím plynem, nebo u hořáků nad 150 A procházející vodou.

Vedení plynu v hořáku je zajištěno plynovou tryskou. Podle průměru plynové trysky je třeba měnit velikost chráněné plochy před vzduchem.

Proudový rozsah (A)	Průměry plynové trysky (mm)
Do 70	6 – 9
70 – 150	9 – 11
150 – 250	11 – 13
250 – 300	13 – 15
300 – 500	15 – 18

Tabulka 1. Průměry plynové trysky v závislosti na velikosti proudu [3]

Jako materiál pro výrobu elektrod je využíván hlavně wolfram. Wolframové elektrody se používají především z důvodu své vysoké teploty tavení, která je stanovena na 3380 stupňů celsia. Elektrody se vyrábí buď čistě z wolframu o čistotě 99,9% nebo s příměsí oxidu kovů. Těmito kovy jsou například thorium, lanthan, cer a zirkon. Mimo jiné mají tyto oxidy i lepší vliv na celkovou životnost elektrod a dále snižují celkovou teplotu ohřevu.



Označení	Barevné označení
WP	Zelená
WT 10	Žlutá
WT 20	Červená
WT 30	Fialová
WT 40	Oranžová
WZ 8	Bílá
WL 10	Červená
WC 20	Šedá
WL 20	Modrá
WS 2	Tyrkysová
WLYC 10	Zlatá

Tabulka 2. Označení elektrod [3]

Označení wolframových elektrod popisuje jejich složení. První písmeno označuje wolfram jako základní prvek. Druhé písmeno označuje příměs, T – thorium, Z – zirkon, L – lanthan, C – cer. Pokud je druhé písmeno P je elektroda označena jako čistá bez příměsí. Číslo za písmenným označením udává desetinásobek koncentrace oxidu. [3, 19]

#### 4.3.5 Ochranné plyny

Inertní ochranné plyny zajišťují v místě svaru ochrannou atmosféru. Ta zamezuje vnikání vzduchu, který stojí za oxidací a naplynění svaru, tedy za jeho poškozením. Jako inertní plyn je převážně používán argon a helium.

Argon je inertní plyn bez barvy a zápachu. Nevytváří žádné sloučeniny. Získává se ze vzduchu pomocí procesu zvaného destilace. Bod varu argonu je – 185,8 stupně celsia. Mimo svařecí techniku se používá například ve spojitosti s dusíkem jako výplň žárovek.

Helium je, stejně jako argon, plyn bez barvy i zápachu. Je to druhý nejrozšířenější prvek ve vesmíru, avšak na zemi se vyskytuje pouze v malé míře. Největší mírou je zastoupen v zemním plynu, ze kterého je také získáván vymrazováním. [3]

Tyto plyny se buď používají samostatně, nebo je využívána jejich směs. Nejčastěji se používají v kombinaci 70% argonu a 30% helia. Tato kombinace se projevuje zejména zrychlením svařování a lepší hloubkou závaru.

#### 4.3.6 Přídavné materiály

Přídavné materiály do svaru přidáváme z několika důvodů. Hlavním důvodem je dodání tavného materiálu. Dalším důvodem i pozitivem je možnost legovat základní materiál přísadami, které zlepšují jeho vlastnosti.

Materiál do svaru dodáváme ve dvou verzích a to buď jako tyčky nebo dráty. Svařovací tyčky jsou vyráběny v různých délkách mezi 600 – 1000 mm a o různých průměrech do zhruba 8 mm. Složením jsou převážně z legujících prvků. Oproti tomu dráty jsou namotány na cívce

a nemusí se tedy tak často doplňovat. Vyrábí se v průřezích od 0,6 do 2,4 mm. Vyrobené jsou nejčastěji z mědi a hliníku, popřípadě jejich slitin. [3]

## **4.4 Metoda MIG a MAG**

### **4.4.1 Metoda MIG**

Metodou MIG uvažujeme metodu obloukového svařování tavící se elektrodou v inertním plynu. Při tomto typu svařování je do místa svaru dodáván tavný drát z cívky. Díky inertnímu plynu nedochází k působení okolní atmosféry na svar a následné oxidaci. Jako inertní plyn je opět využíván argon a helium. Tato metoda se využívá hlavně při svařování ocelí, hliníku, mědi a jim podobných kovů. [3]

### **4.4.2 Metoda MAG**

Metoda MAG je obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu. U metody MAG se stejně jako u metody MIG dodává do hořáku tavný drát, který zajišťuje dobrý objem sváru, ale na rozdíl od inertního plynu u metody MIG se plyn ve formě oxidu uhličitého nebo jeho směsi aktivně účastní reakcí v oblouku. [3]

### **4.4.3 Zdroje pro svařování**

V případě sváření a to jak metodou MIG tak i metodou MAG, používáme stejnosměrný zdroj. Pro tento zdroj platí zapojení, kde kladný pól připojujeme na drátovou elektrodu. Pro regulaci svařování slouží u většiny svářecích zdrojů transformátor s možností regulace proudu. Za transformátorem je umístěný usměrňovač, který slouží k přeměně střídavého proudu na stejnosměrný. K regulaci špiček proudu je navíc vybaven tlumivkami, které zajišťují zamezení rozstříku. [3]

### **4.4.4 Podavače drátu**

Svařujeme-li pomocí metody MIG/MAG, je zapotřebí dodávat do svaru tavný drát. Tavný drát je postupně odmotáván z role pomocí podavače. Podavač může mít několik forem, podle toho z kolika kladek je tvořen. Důležité je, že celý mechanismus je automaticky poháněný podle rychlosti svařování. V závislosti na počtu kladek dělíme podavače na jednokladkové, dvoukladkové, čtyřkladkové nebo s mimoběžnými osami. [3]

### **4.4.5 Hořáky**

Mezi hlavní části svářecích soupav patří neodmyslitelně hořáky. Hořáky zajišťují hlavně přívod drátu, jeho napájení proudem a přívod ochranného plynu. Z důvodu teplot a celkových nároků, kterým jsou hořáky vystavovány, je potřeba je chladit a zároveň vyrábět z kvalitních

vodivých materiálů. Chlazení hořáků probíhá dvěma způsoby. U malých svářeček postačuje k chlazení protékající ochranný plyn, oproti tomu u větších souprav je hořák chlazen protékající chladicí kapalinou. Jako materiál je nejvíce používaná slitina mědi, která je vysoce vodivá, legovaná chromem kvůli zajištění lepší odolnosti. [3, 17]

#### 4.4.6 Řízení průběhu svařování

Průběh svařování je ovládán řídicí jednotkou, která reaguje na spínač hořáku. Podle počtu spínacích poloh hořáku pak rozlišujeme několik režimů řízení.

- Dvoutakt – dvoutaktem rozumíme spínač hořáku, jenž má pouze jednu polohu spínače. Při stisku spínače se nejprve spustí přívod ochranného plynu, u něhož je nezbytné, aby obklopoval svarovou lázeň už před započetím samotného sváření, a následně, po několika vteřinách, je spuštěn podavač drátu a svařovací proud. Při ukončení svařování se s uvolněním spínače vypíná svařovací proud i podavač a opět po několika vteřinách je vypnut i přívod ochranného plynu.
- Čtyřtakt – tento režim spočívá v postupném spínání spínače, přičemž každé stisknutí zapíná či vypíná jednotlivé funkce a dohromady tvoří čtyři takty. První stisknutí spustí přívod ochranného plynu. Po uvolnění spínače nastává druhý takt, který spustí podavač drátu, ten je následován spuštěním svařovacího proudu. Při třetím taktu, tedy při stisknutí spínače, dochází k zastavení podavače a vypnutí proudu. Následuje poslední takt, tedy uvolnění spínače a zastavení přívodu ochranného plynu. Logickou výhodou čtyřtaktního režimu je snadný provoz při dlouhých svárech, kde není třeba držet stále stlačený spínač hořáku.
- Speciální čtyřtakt – spočívá v přepínání velikosti svařovacího proudu. Při tomto režimu využíváme celkem tři velikosti svařovacích proudů. Prvním stiskem aktivujeme přívod ochranného plynu a zároveň prvního a nejvyššího proudu. Tento proud slouží k zapálení oblouku. Po zapálení oblouku druhým stiskem klesne hodnota proudu na velikost ideální ke svařování. Tuto hodnotu používáme po celou dobu svařování. K postupnému ukončení svaru slouží třetí takt, který opět sníží hodnotu proudu na velikost ideální pro koncové vyplnění kráteru. Čtvrtým stiskem svařování ukončuje. [3]

#### 4.4.7 Reakce probíhající při svařování v ochranném plynu

Nejvíce sledovanými reakcemi, které ovlivňují celkovou kvalitu svaru, jsou především oxidace a desoxidace. Tyto reakce mají hlavní vliv na čistotu svaru, tvar oblouku i svarové housenky. Hlavním nebezpečím zmíněné oxidace je vnik kyslíku do svaru. Kyslík je ve svaru nežádoucí z důvodu jeho schopnosti slučovat se s prvky v tavenině. Přesněji dochází ke slučování  $\text{FeO}$  s  $\text{C}$  přičemž se tvoří bubliny oxidu uhelnatého. Oxid uhelnatý ve svaru může za celkovou bublinatost svaru. Jako prevence vzniku bublin slouží přídatné materiály Mn

a Si, které jsou přidány k tavnému materiálu, a zajišťují vznik strusky. Principem strusky je odvod nežádoucích sloučenin na povrch svaru, odkud mohou být odstraněny. Pro výrobu strusky jsou používány směsi o procentuálním rozložení: 14% FeO, a celkově 85% MnO a SiO<sub>2</sub> v poměrech 1,5 : 1 až 1,8 : 1.

Další nevýhodou kyslíku je celkové zvýšení teploty svařování, kdy způsobuje větší přenos tepla do základního materiálu a tím i hlubší svarovou lázeň. [3]

#### 4.4.8 Ochranné plyny

Hlavním principem svařování metodou MIG a MAG je spojování kovů v ochranné atmosféře zabraňující vniku nežádoucích vlivů. Mezi tyto vlivy patří hlavně vnik vzduchu, který může za oxidaci a nitridaci svaru. Tyto vlivy pak způsobují celkově horší kvalitu spoje. Další výhodou ochranných plynů je zajištění kvalitního hoření, udržování stabilního oblouku a dobrý přenos tepla do svaru.

Pro každou metodu, a to jak MIG, nebo MAG, jsou používány jiné směsi plynů. Pro metodu MIG je použit především argon a helium, popřípadě jejich směs.

Pro metodu MAG používáme především směsi obsahující oxid uhličitý nebo kyslík. Zbylý prostor je pak vyplněn argonem nebo heliem.

- Kyslík – kyslík značíme chemickou značkou O. Tento prvek se však za normálních podmínek vyskytuje ve formě O<sub>2</sub>. Slučováním s jinými prvky způsobuje hoření, po kterém vznikají sloučeniny, které jsou nazývány oxidy. Vyrábí se nejčastěji destilací ze zkapalněného vzduchu. Po destilaci je nejčastěji uchováván v tlakových nádobách. Ve svařování je kyslík prospěšný hlavně díky tomu, že zvyšuje tekutost ve svarové lázni. Při větší tekutosti tak dochází k lepšímu odvodu nežádoucích látek na povrch svaru. V tlakových lahvích připravovaných pro sváření je obsažen v koncentraci do 3%, pokud se mísí spolu s argonem a CO<sub>2</sub>, nebo do 8% spolu s heliem.
- Oxid uhličitý – oxid uhličitý je sloučenina dvou atomů kyslíku a jednoho atomu uhlíku. Značen je značkou CO<sub>2</sub> a jedná se o sloučeninu bez barvy a zápachu. V běžném životě vzniká hlavně při hoření, například kyslíku s uhlíkem. Pro průmyslové účely se vyrábí žháním vápence. Ve svarové lázni má několik výhodných vlastností. Jedná se především o velký přenos tepla zajišťující hluboký průvar a dostatečné odplynění.
- Směs argonu a oxidu uhličitého – směsný plyn složený z argonu a CO<sub>2</sub> má výborné vlastnosti vzhledem k hloubce závaru a stabilním obloukem. V tlakové láhvi se plyn mísí při zastoupení argonu a 15 – 25% CO<sub>2</sub>.
- Směs argonu, oxidu uhličitého a kyslíku – složení této směsi obsahuje 5 – 13% oxidu uhličitého, 5% kyslíku a argon. Tento typ směsi zajišťuje díky kyslíku vysokou tekutost a kvalitní odplynění. Dále se vyznačuje celkově poklidným průběhem svařování a kvalitním koncovým svarem. [3]



#### 4.4.9 Tlakové lahve

Samotný ochranný plyn je uchováván v tlakových lahvích, které mají předepsané rozměry a další specifikace. Před několika lety byl používán typ lahve o plnicím tlaku 150 bar. V dnešní době už byly tyto lahve nahrazeny nádobami s plnicím tlakem 200 bar, což přináší výhodu většího množství plynu v nádobě. Nově jsou pak pro lahve plněné směsí argonu

používány lahve o tlaku 300 bar. Stejně jako u předchozího typu je velkou výhodou množství plynu. Nevýhodou může být velká váha, se kterou souvisí i posun těžiště výš a zapříčinění menší stability při převozu. Aby nedocházelo k ohrožení, například při pádu lahve, je horní část opatřena ochranným krytem. Ten má zároveň funkci madla při přesunu a díky ergonomickému tvaru zajišťuje i dobrý přístup k ovládacím prvkům. Další odlišností od starých nádob je používání rychlospojek pro zapojení svařovacích hadic, díky čemuž není potřeba používat montážní klíče. K výbavě lahví patří taktéž manometr ukazující aktuální tlak a řídicí ventil k regulaci protékajícího plynu. Velký důraz je kladen hlavně na čistotu plynu, pro který slouží ukazatel třídy čistoty plynu. Skládá se z čísla, tečky a čísla. Pro příklad číslo 2.5 znamená čistotu plynu 99.5%.

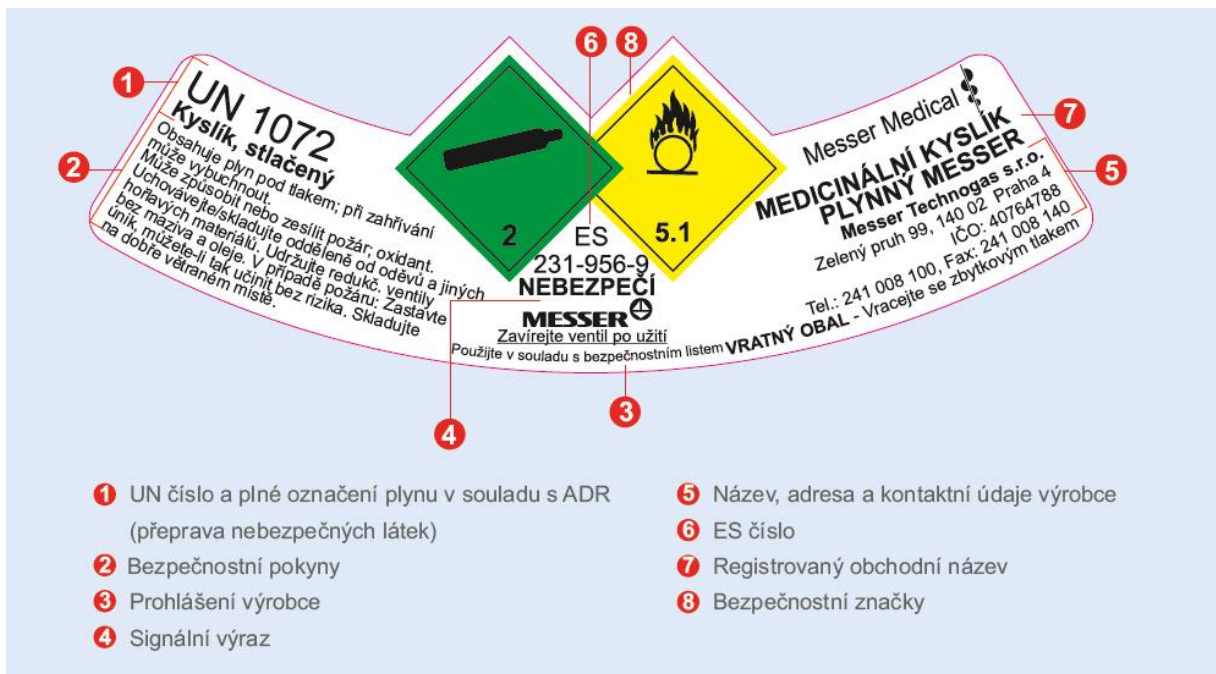
Pro kontrolu nádob slouží norma ČSN 07 8304.

Dalším specifickým tlakových lahví je barevné označení vrcholu nádoby. Barevné označení slouží jako rozpoznávací znamení obsahu nádoby. Barevné označení se řídí v systému RAL dle normy ČSN EN 1089-3 a je zapsáno v tabulce.

Plyn	Barva	EN 1089-3	Číslo RAL
Oxid uhličitý		Šedá	7037
Helium		Hnědá	8008
Kyslík		Bílá	9010
Argon		Tmavozelená	6001
Argonové směsi, směsi dusíku a oxidu uhličitého		Jasně zelená	6018/1020
Acetylen		Kaštanově hnědá	3009
Dusík		Černá	9005
Vodík		Červená	3000
Chlór, oxid siřičitý		Žlutá	1018
Oxid dusný		Modrá	5010

Tabulka 3. Označení tlakových nádob [22]

Mimo barevné označení jsou nádoby navíc označeny nálepkou. Nálepka obsahuje informace o výrobci, o bezpečném zacházení, věty týkající se nebezpečnosti, názvy a popis náplně, čísla UN a ES a bezpečnostní značky. [20, 21, 22]



Obrázek 2. Označení tlakových lahví

Zdroj: <https://www.messergroup.com/web/messer-technogas-spol.-s.r.o./znaceni-tlakovych-lahvi>

#### 4.4.10 Přídavný materiál

Pro svaření metodu MIG, MAG je důležité přidávat do svaru tavný materiál. Tavný materiál je dodáván ve formě drátu, který rozlišujeme na dva druhy, a to na plný nebo plněný drát. Drát je do svaru podáván nejčastěji z cívky. Jelikož je drátu spotřebováváno celkem velké množství a jeho časté doplňování by zdržovalo provoz, jsou role vyráběny ve větších objemech. Váha rolí se pohybuje mezi pěti až dvěma sty kilogramy. Každá role musí být označena údaji, mezi které patří: označení výrobce, označení drátu dle normy, váha, průměr tavného materiálu a číslo tavby.

Samotná výroba drátu se skládá z několika kroků. Prvním krokem je výroba nekonečné trubičky drátu kalibrované na plnicí průměr. Poté dochází k naplnění trubičky vibračním způsobem. Plněna je aglomerovaným plnivem, které je tvořeno struskovými přísadami. Po plnění dochází k tažení trubičky, čímž se zmenšuje její průměr, a následnému žíhání na měkko. Žíháním ubývá obsahu vodíku v kovu. Nakonec dochází ke koncovému tažení na výsledný průměr. Drát může být ještě leštěn, popřípadě poměděn. [19, 3]

#### 4.4.11 Vlivy nastavení napětí a proudu

Na výslednou podobu svaru a průběh svařování má mimo přídavný materiál extrémní vliv nastavení napětí a proudu. Napětí nejvíce ovlivňuje šířku svarové housenky, rozměr a také tvar oblouku. Při nevhodném nastavení dochází k několika problémům. Pokud je napětí příliš nízké, dochází ke vzniku úzké housenky a při svařování o více vrstvách může docházet ke

vzniku studených spojů. Oproti tomu, pokud je napětí příliš vysoké, dochází k náchylnosti svaru na pórovitost a dochází ke zvýšení rozstříku, který je zapříčiněn nekvalitní velikostí svarové lázně.

Svařovací proud ovlivňuje oproti napětí hlavně odtavování přídavného materiálu a celkovou tekutost svarové lázně. Velký vliv má také na hloubku závaru. Při nevhodném nastavení proudu může docházet ke špatné tekutosti svarové lázně a tím ke vzniku dutin a neprůvarům. [3]

#### **4.4.12 Vady svarů**

Při svařování metodou MIG a MAG mohou vznikat vady ve svarech. Tyto vady blíže specifikuje norma ČSN EN ISO 6520-1, která je řadí do šesti skupin.

- Trhliny – Trhliny vznikají především špatným natavením přístroje nebo příliš velkou rychlostí svařování popřípadě rychlé zchladnutí.
- Dutiny – Tyto útvary jsou připisovány špatnému odstranění nečistot ze svarových ploch nebo špatné tekutosti svarové lázně. Celkově snižují mechanickou odolnost svaru.
- Vměstky – Jsou to většinou nekovové nečistoty, popřípadě zbytky špatně odstraněné strusky, které byly zavařeny další vrstvou svaru.
- Studené spoje a neprůvary – Nejčastější příčinou vzniku je vysoká rychlost svařování a nedostatečná připravenost svarových ploch, popřípadě špatně nastavené napětí a proud.
- Vady ve tvaru a rozměru svaru – Jedná se o nedovařené spoje, zápaly, špatné šířky svarové housenky a podobně. Vznikají při špatně zvolené velikosti elektrody, pomalém svařování nebo špatně nastaveném přístroji.
- Jiné vady - Mezi jiné vady patří veškeré nezmíněné poruchy, které jsou z většiny zapříčiněny samotným svářečem. [3, 18]

## **5 Elektronové svazky**

Spojování materiálů pomocí svazku elektronů je dalším způsobem tepelného svařování. Pro ohřev základního materiálu je využívána kinetická energie svazku elektronů. Tyto elektrony se pohybují vysokou rychlostí a při dopadu na spojovaný materiál se mění jejich kinetická energie v tepelnou. Při tomto druhu svařování není do svaru přidáván další přídavný materiál. Mezi výhody této metody patří vysoká hloubka závaru, kdy je možné svářet materiály o velké síle na jeden průchod. [3]

## 5.1 Historie svařování pomocí svazku elektronů

První pokus o sestavení nové svařovací technologie byl vyvinut ve Francii a uskutečnil ji J. A. Stohr. Pokusy byly uskutečňovány mezi léty 1954 až 1957. Po jeho výsledcích byla metoda postupně rozšířena do vyspělých zemí a používána na důležitých projektech. Prvním důležitým projektem bylo spojování kovů na ruské kosmické lodi Sojuz 6 v roce 1967. Metoda zpočátku nebyla používána jen v tehdejším SSSR, ale byla využívána například při svařování koster vojenských letadel USAF jako například F 15. [23]

## 5.2 Princip svařování elektronovými svazky

Hlavním principem tohoto typu svařování je dostatečné urychlení elektronů, které jsou potřebné k předání energie svařovanému materiálu. Jako zdroj elektronů slouží nejčastěji rozžhavený wolframový drát. Elektrony jsou po rozžhavení elektrody uvolňovány takzvanou Wehneltovou clonou, která má záporné napětí vůči wolframové katodě. Elektrony jsou poté urychlovány elektrickým polem na rychlost blízkou rychlosti světla. Přesněji se jedná o 60 – 75% rychlosti světla, při čemž mají elektrony urychlovací napětí až 200 kV.

Vzniklou kinetickou energii elektronu lze vypočítat podle vzorce:

$$W = e \cdot U$$

Při čemž hodnota  $e$  udává elementární náboj elektronu a hodnota  $U$  je urychlovací napětí.

Výsledek je udáván v elektronvoltech.

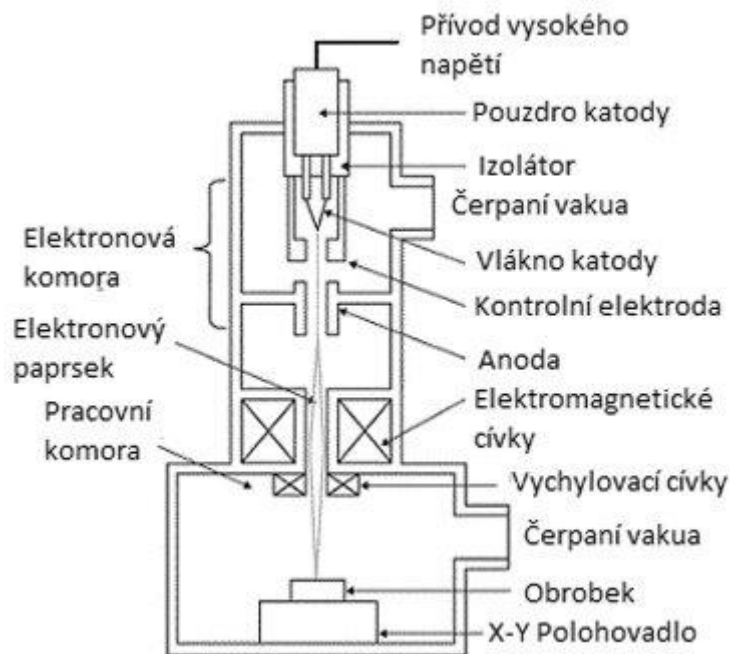
Urychlené elektrony je poté potřeba usměrnit. Usměrnění, neboli fokusace, probíhá pomocí magnetického pole.

Takto usměrněné a urychlené elektrony jsou vedeny na svařovaný materiál. Po dopadu se velká část elektronů odráží, ale zhruba třetina proniká do povrchové vrstvy kovu, kde dochází k vibračnímu přenosu energie, která zajistí vyšší rychlost kmitání atomové mřížky kovu. Během pár pikosekund pak dochází k ohřátí materiálu na teplotu tání a poté na teplotu varu, při níž se uvolňují páry kovu, které nebrání dalšímu průchodu elektronů a tedy jejich prostupu do větších hloubek. Dochází tak k provaření celé tloušťky materiálu.

Díky své rychlosti je konečný svár jemnozrný s vlastnostmi velice podobnými původnímu materiálu.

Celý tento děj probíhá v úplném, nebo alespoň částečném vakuu, kdy nedochází k rozptylování elektronů molekulami vzduchu. [3, 23]





**Obrázek 4. Schéma elektronového svařování**

Zdroj: <http://www.mmspektrum.com/clanek/elektronove-svarovani-perspektivni-metoda-pro-specialni-materialy.html>

### 5.3 Svařitelnost materiálů

Díky skutečnosti, že svařování probíhá ve vakuu, je umožněno spojovat i chemicky aktivní kovy. Mezi tyto kovy patří například titan, niobium a wolfram. Problémem je jejich reaktivnost s kyslíkem, dusíkem a vodíkem, díky kterým dochází ke zhoršení mechanických vlastností svaru. Dalšími materiály jsou prvky jinak tavně nesvařitelné. Nesvařitelnost těchto kombinací prvků vychází ze vzniku křehkého svaru, který nemá dostatečnou pevnost a praská. Příkladem těchto kombinací je titan spolu s hliníkem, nebo měď a hliník.

Poslední velké využití je u nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí o vysoké čistotě, především ze strany obsahu síry a fosforu. Obsah těchto prvků v základním materiálu nesmí přesáhnout 0,015%. [23]

### 5.4 Výhody a nevýhody svařování elektronovými svazky

Svařování pomocí elektronových svazků má v praxi mnoho výhod. Mezi tyto výhody řadíme například:

- Kvalitní svar o hlubokém závaru s jemnou kresbou na povrchu.
- Kompletní ochrana svaru před vlivem vzduchu.
- Minimální tepelné ovlivnění okolní oblasti svaru.
- Malá šíře svaru.

- Možnost svařování součástí o velkých tloušťkách na jeden průchod paprsku.
- Velká ochrana svářeče před kovovými parami.
- Velká svarová rychlost.
- Velký stupeň automatizace.
- Svařitelnost velkého množství materiálů.

Jako předchozí typ sváření mají i elektronové svazky několik nevýhod, například:

- Vysoké pořizovací náklady a náklady na údržbu.
- Potřeba velké čistoty svarových ploch.
- Dlouhé vyčerpávání vzduchu z pracovní komory.
- Potřebná vysoká čistota materiálu. [3]

## 5.5 Oblasti využití

Využití v oblasti sváření probíhá především v odvětvích průmyslu s vysokými nároky na kvalitu a čistotu svaru. Těmito oblastmi jsou kosmický, automobilový a letecký průmysl. Speciálně se pak jedná o svařování potrubí, ventilů, vlnoců, dílů, kde svařujeme dva různé prvky, nebo i vakuové a kryogenní techniku.

Kromě svařování se však elektronové svazky využívají například v LCD obrazovkách nebo ke gravírování. [23]

## 6 Svařování laserem

Svařování laserem je jednou z nejnovějších technologií spojování materiálů. Je vyznačován vysokou svarovou rychlostí a přesností vedení svaru, přičemž dochází k minimální deformaci a ovlivnění okolního materiálu. [3]

### 6.1 Historie laseru

První zmínku o laseru popsal Albert Einstein v roce 1917, avšak první prototyp laseru vznikl teprve 16. května 1960. Vynálezcem prototypu byl Theodore Harold Maiman. Jako aktivní prostředí využil velký krystal rubínu. O tři roky později byl vynalezen CO<sub>2</sub> laser, který našel široké využití. Jeho nevýhodou však zůstávalo dosahování malých výkonů. Vyšších výkonů je dosahováno pevnolátkovými lasery.

Celkově v průběhu let došlo k rozšíření laserů do celé škály různých odvětví od měření délek, přes medicínální účely až po vojenství. [26]

## 6.2 Princip svařování laserem

### 6.2.1 Laser

Samotné slovo laser, je zkratkou z anglického názvu light amplification by stimulated emission of radiation, což v překladu znamená zesilování světla pomocí stimulované, neboli povzbuzené, emise záření.

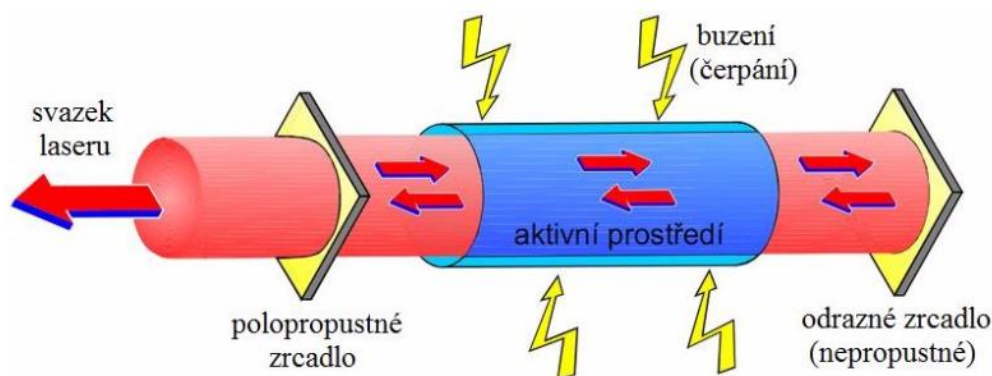
Princip vzniku laserového paprsku je v potřebě dostat co nejvíce atomů, například rubínového laseru, ze základního stavu do stavu absorpce fotonu a z ní na metastabilní hladinu. Když jsou atomy v metastabilní hladině, jsou vystaveny stimulujícímu fotonu. Po vystavení fotonu se vrátí atomy do základního stavu a vyzáří přebytečnou energii ve formě fotonů. Dochází tak k zesílení světla.

Vzniklé fotony jsou následně odráženy zrcadly a prochází opět stejným prostředím. Opětvným průchodem fotonů se děj opakuje a podporuje stimulovanou emisi. V moment, kdy je fotonů dostatečné množství, opouští rezonátor ve formě světelného svazku.

Vzniklý světelný svazek má několik vlastností, především je koherentní. Koherentnost, jinak řečeno uspořádanost, znamená, že se laser oproti klasickému světlu šíří pouze v úzkém paprsku. Například běžná domácí žárovka svítí prakticky do všech směrů.

Další vlastností je, že vzniklý paprsek má pouze jednu barvu, která záleží na použitém aktivním prostředí vzniku fotonů. Tato vlastnost se nazývá monochromaticnost.

Poslední vlastností je malá divergence paprsku. Díky této malé rozbíhavosti je paprsek využíván například při měření velkých vzdáleností a podobně. [4, 28]



Obrázek 5. Schéma vzniku paprsku

Zdroj: <http://docplayer.cz/24124127-Svarovani-oceli-s-rozdielnymi-vlastnostmi-pomoci-yb-yag-laseru.html>

## 6.2.2 Laserové svařování

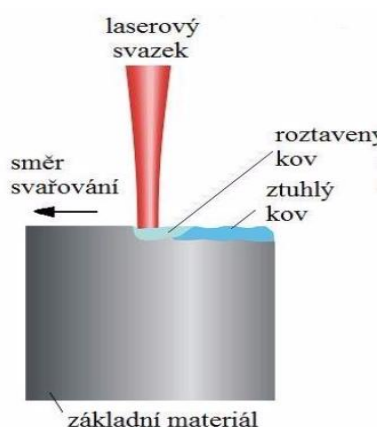
Styk paprsku se svařovaným materiálem probíhá podobně jako při sváření elektronovými svazky s tím rozdílem, že foton oproti elektronu nemusí přeměňovat kinetickou energii v tepelnou, ale přímo zvyšuje frekvenci pohybu atomů v mřížce a zvyšuje tak teplotu. Velká podobnost ale nastává v množství odražené a vstřebané energie do svařovaného materiálu.

Po ohřátí kovu, stejně jako u elektronových svazků, dochází ke vzniku par kovu a následnou ionizací vzniká plazma. Plazma ovšem pohlcuje velkou část fotonu a brání tak hlubšímu průniku fotonu do svaru. Z tohoto důvodu je často plazma ofukováno ochranným plynem, nejčastěji ve formě He, který zároveň chrání svar před oxidací při tuhnutí.

Pro laserové svařování rozlišujeme dva režimy účinku. [3, 26]

## 6.2.3 Povrchové svařování

Povrchové svařování je využíváno do malých hloubek, řádově do 2 mm. Dochází při něm k roztavení vrchní vrstvy spojovaných kovů přímou absorpcí záření. Následným ztuhnutím vzniká mělký svar. Jeho výhodou je vysoká rychlost svařování. [24, 26]

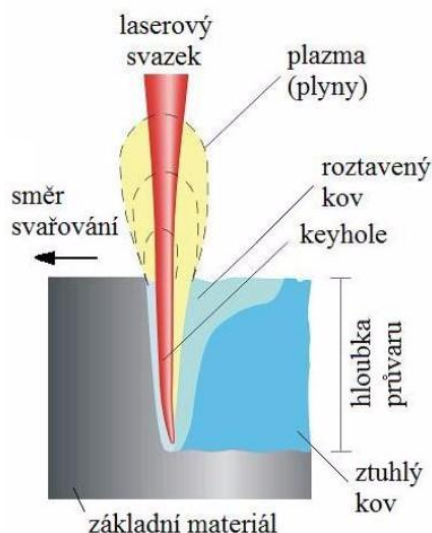


Obrázek 6. Povrchové svařování

Zdroj: <http://docplayer.cz/24124127-Svarovani-oceli-s-rozdilnymi-vlastnostmi-pomoci-yb-yag-laseru.html>

## 6.2.4 Svařování metodou Key hole

Metoda Key hole spočívá v hlubokém provařování při vzniku mělké kapiláry, která má rozměry zhruba dvounásobku šíře fotonového svazku. V této kapiláře dochází ke vzniku par kovů o velkém tlaku, který brání jejímu uzavření. Ze stěn této kapiláry pak dochází k přenosu energie do roztaveného materiálu a dále do pevného materiálu. Díky těmto jevům proniká paprsek hluboko a vytváří úzký svar připomínající klíčovou díрку. [24, 26]



**Obrázek 7. Metoda Key hole**

Zdroj: <http://docplayer.cz/24124127-Svarovani-oceli-s-rozdielnymi-vlastnostmi-pomoci-yb-yag-laseru.html>

## 6.3 Druhy laserů

Lasery dělíme do několika druhů v závislosti na typu aktivního prostředí, ve kterém vzniká svazek fotonů.

### 6.3.1 Pevnolátkové lasery

Pevnolátkové lasery využívají jako aktivní materiál pevnou látku. Prvním typem pevnolátkového aktivního prostředí je rubín. V rubínu se nacházejí rovnoměrně rozložené ionty chrómu  $\text{Cr}^{3+}$ . V těchto iontech pak lze dosáhnout takzvané inverze populace.

Samotný rubín je vyráběn jako váleček o dokonalém výbrusu, přičemž na obou koncích je seříznut do úhlu 90 stupňů. Tyto konce pak bývají napařovány kovem. Z jedné strany se nejčastěji jedná o stříbro pro vznik dokonalé odrazivosti a z druhé strany o jinou látku, která tvoří polopropustné zrcadlo o propustnosti 10 – 20%. Tyto odrazové plochy potom slouží jako rezonátor. Celý rezonátor je poté uzavřen do odrazové dutiny, která je chlazená a uvnitř vyplněná plynem ve formě kryptonu nebo xenonu.

Velkou výhodou těchto laserů je možnost vedení fokusovaného svazku světlovodnými kabely. Tato skutečnost se využívá především pro vedení světla do hlav svářecích robotů. Nevýhodou je jejich malá účinnost a potřeba neustálého chlazení.

Vyšší účinnosti dosahují vylepšené lasery, kde je jako aktivní materiál využíván krystal yttria alumina granátu obohaceného o neodym. Zkráceně se tento laser nazývá Nd: YAG. Buzení dochází nejčastěji pomocí xenonové výbojky, při čemž může vznikat jak impulsní, tak kontinuální záření.

Tento typ laseru má velké uplatnění nejen v průmyslu, ale i v medicíně. Oproti rubínu dosahuje účinnosti zhruba 30%. [3, 26]

### 6.3.2 Polovodičové lasery

Polovodičový laser je speciálním typem pevnolátkového laseru. Jako aktivní prostředí je používáno neodýmové sklo  $\text{Nd}^{3+}$ . Tyto lasery vynikají vysokou účinností. Další výhodou je možnost vyrábět je ve velkém množství rozměrů.

Mimo neodýmové lasery se využívají též krystaly yttrio hlinitého perosvitku, nebo například arsenid galitý. Arsenid galitý má však oproti ostatním nevýhodu v potřebě chlazení na hodnotu 77K, tedy  $-196$  stupňů celsia. Této teploty je dosahováno pomocí chlazení dusíkem. [3, 26]

### 6.3.3 Plynové lasery $\text{CO}_2$

První plynový laser  $\text{CO}_2$  byl vynalezen již v roce 1964 panem Patalem, při čemž jako aktivní prostředí byla využita směs plynů helia, dusíku a oxidu uhličitého. Princip spočívá v předání energie molekule dusíku, která dále svým narážením předává energii molekulám  $\text{CO}_2$ . Dochází tak k excitaci  $\text{CO}_2$  na vyšší energetickou hladinu. Při sestupu na nižší energetickou hladinu pak dochází k vyzáření fotonu.  $\text{CO}_2$  ovšem musí sestoupit až na základní hladinu, což zajišťuje právě helium, které zároveň ochlazuje aktivní prostředí. Plyny jsou nejčastěji míchány v poměru 80% helia + 15% dusíku + 5% oxidu uhličitého.

Směs plynů je uzavřena ve skleněném válečku. Ten je stejně jako v předchozím případě, z obou konců napařen kovy. Z jedné strany stříbrem, z důvodu plné odrazivosti a z druhého konce galiem, který zajišťuje propustnost zhruba 20%.

Speciálním druhem  $\text{CO}_2$  laserů je difuzí chlazený laser. Klasický laser je chlazený průchodem plynu přes chladič, zatímco difuzí chlazený laser předává teplo do měděných deskových elektrod. Deskové elektrody jsou pak ochlazovány protékající kapalinou.

Výhodou těchto laserů jsou malé rozměry, tepelná rovnováha a nízké provozní náklady. [3]

## 6.4 Klady a zápory laserového svařování

Jako i ostatní metody, tak i laser má spoustu výhod při používání. Patří mezi ně:

- Velice malá oblast ovlivněná teplem.
- Není třeba dodávat další přídavné materiály.
- Možnost svařet velkou škálu tloušťek materiálu začínající na mikrometrech.
- Vysoká automatizace procesu
- Velká svarová rychlost
- Tichý a čistý provoz, kde lze škodlivé páry jednoduše odstraňovat odsátím.
- Snížení celkových výrobních nákladu na výrobky.

- Svar je velice kvalitní bez nutnosti dalšího opracování

Nevýhodou laserového svařování je jeho pořizovací cena. [25, 27]

## **6.5 Oblast využití laserového svařování**

Oblast využití laserového svařování je velice široká. Nejvíce využívána je v místech, kde je vyžadováno dosažení vysoké automatizace, přičemž je žádoucí dosáhnout kvalitního svaru o vlastnostech blížících se základnímu materiálu. Používáno je tedy hlavně ve strojírenském průmyslu, převážně automobilovém a leteckém průmyslu, dále je to elektronické, zbrojní a zdravotnická výroba. [29]

## 7 Závěr

V dnešní době plné technologií přicházíme ke stále se zvyšující míře závislosti práce na umělé inteligenci. Jako už několikrát v historii, tak i dnes, stojí současná společnost před rozhodnutím, zdali setrvat u starých a zažitých výrobních postupů, nebo se vydat novým směrem, který byl nazván Program 4.0. Tato nová platforma, jakožto prvek čtvrté průmyslové revoluce, využívá celé množství nových, ale zároveň nezkoušených systémů.

V úvodu bakalářské práce byly popsány základní požadavky a potřebné prostředí vzniku Programu 4.0. Dále byla popsána stávající situace v České republice, a to jak z pohledu připravenosti k přechodu na Program 4.0, tak i z pohledu aktuálního objemu a druhu výroby.

V další části bylo provedeno seznámení se základním prvkem automobilu, karoserií. Karoserie byly dále rozděleny do několika skupin podle tvarů, způsobů montáže a druhu použití. Následně byly popsány materiály, ze kterých se konstrukce karoserií vyrábí.

Ve třetí části byly popsány jednotlivé metody sloužící ke spojování částí karoserií a výrobě speciálních automobilových dílů. Dále byly vysvětleny základní principy a funkčnost samotných svářecích zařízení a ukázány příklady využití ve výrobě.

Bakalářská práce tvoří přehledný popis Programu 4.0 a jednotlivých svářecích technologií používaných v sériových výrobcích. Zároveň díky rozsáhlé fotodokumentaci může sloužit jako pomocník při rozpoznávání jednotlivých typů svářecích souprav, nebo vad, které se na svarech objevují.

Jak jsem již ve své práci uvedl, Program 4.0. spočívá zejména v postupném nahrazování práce zaměstnanců stroji, což by dle odborných studií mělo vést k významnému poklesu provozních, režijních i celkových nákladů a v neposlední řadě i k nárůstu produktivity. Jeho zavedením by mělo dojít také k vyřešení problému s nedostatkem pracovníků, a to především díky navyšování digitalizace. Handicapem tohoto programu je však jeho originalita a s ní související neověřenost v praxi.

I přes tato uvedená negativa se však domnívám se, že Program 4.0 je pro naši společnost do budoucna velice žádoucí a perspektivní. Jeho základním technologickým předpokladem je totiž již dnes tolik žádaná vzájemná komunikace všech strojů s pracovníky výroby a vytvoření prostředí, kde se stroje dokážou samy opravit, popřípadě se pomocí propojení s internetem o opravu postarat. Z pohledu návrhu výrobků bude proto třeba zajistit dostatečné softwarové zázemí a to včetně ochrany proti jeho vnějšímu napadení a dále pak úložiště pro dané informace, pro jejich schraňování a pro práci s nimi. Vzhledem ke skutečnosti, že některé pracovní pozice budou ve stále větší míře nahrazovány stroji, s čímž bude souviset i pokles nabídky volných míst na manuálně jednoduché práce, dojde u ostatních pracovních pozic ke změnám pracovní náplně. Přestože člověk má oproti stroji stále výhodu improvizace a kreativního myšlení, můžeme do budoucna očekávat i jeho



částečné nahrazení na nerutinních pozicích. Nutně pak vzniknou i nová místa, a to hlavně ve spojitosti s roboty. Bude proto třeba zajistit potřebné odborné vzdělávání pracovníků, a to již na základních a následně i na středních školách, protože již zde je člověk připravován na svou profesi. Celý tento koncept musí být samozřejmě podporován i ze strany státu v podobě proškolení a vzdělání učitelů a profesorů a především v dostatečném financování celého projektu. Dalším předpokladem by pak mělo být kvalitní vybavení škol s přístupy k počítačovým technologiím a k možnostem s nimi žáky seznamovat. Na vysokých školách by bylo vhodné zavést nové studijní předměty, a to především na fakultách, jejichž obory budou s Programem 4.0 pracovat. U netechnických oborů bude naopak potřeba zavedení předmětů, které se budou zabývat právy ve virtuální realitě, dále předměty pro aktuální seznámení s fungováním Programu 4.0 a seznámení s výrobními postupy a technologiemi. Věřím, že uvedené poznatky, ke kterým jsem došel v bakalářské práci, budu moci využít i ve své další budoucí práci.

Pro zpracování bakalářské práce bylo použito několik pomocných programů. Především pro psaní byl využit program Microsoft Word 2007. Pro obrazovou část byl využit program Microsoft office picture manager. Fotografie byly pořizovány fotoaparátem z mobilního telefonu Lenovo K5. Zbýlá grafická část pochází z programu Microsoft Excel.

## 8 Doplnující fotodokumentace



**Obrázek 8. Svářecí robot metoda MIG**

Zdroj: autor 2017



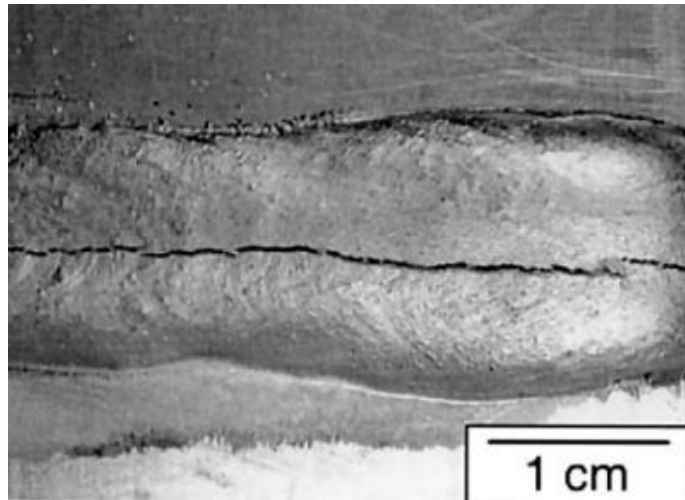
**Obrázek 9. Pohled na označenou tlakovou lahev a ovládací ventily**

Zdroj: autor 2017



**Obrázek 10. Pohled na svářecí hořák pro metodu MIG**

Zdroj: autor 2017



**Obrázek 11. Vad svaru - trhlina**

Zdroj: <http://www.mmspektrum.com/clanek/svaritelnost-hlinikovych-slitin.html>



**Obrázek 12. Vad svaru - dutiny**

Zdroj: <https://www.svarforum.cz/forum/viewtopic.php?id=6161>



**Obrázek 13. Vad svaru – rozstřík, vměstky**

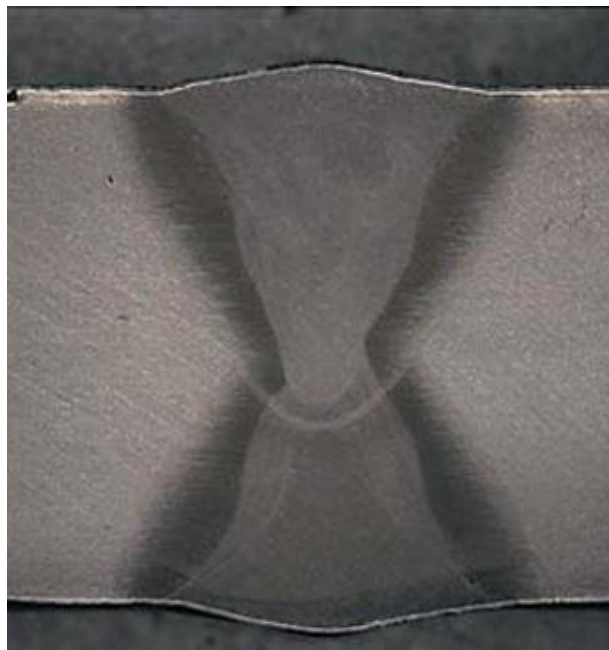
Zdroj: <https://www.svarforum.cz/forum/viewtopic.php?id=5783>





**Obrázek 14. Kvalitní svarová housenka**

Zdroj: <http://www.noquestionbike.eu/cz/technologie>



**Obrázek 15. Řez svarem**

Zdroj: <http://www.ewm-group.cz/forcearc/>

## 9 Použité zdroje

### 9.1 Literatura

- [1] NĚMEC, Milan; SUCHÁNEK, Jan; ŠANOVEC, Jan. *Základy strojírenské technologie I.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2016. 162 s. ISBN: 978-80-01-06056-8
- [2] MINAŘÍK, Václav. *Přehled metod svařování.* Ostrava: Vydavatelství ZEROSS, 2002. 84s. ISBN: 80-85771-95-0
- [3] AMBROŽ, Oldřich; KANDUS, Bohumil; KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie svařování a zařízení.* Ostrava: Vydavatelství ZEROSS, 2001. 395s. ISBN: 80-85771-81-0
- [4] NOVÁKOVÁ, Danuše; MALÁ, Zuzana; NOVÁK, Rudolf. *Fyzika II.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 170s. ISBN: 80-01-03090-3

### 9.2 Internetové zdroje

- [5] Průmysl 4.0 a čtvrtá průmyslová revoluce [online]. 2016 [cit. 2017-06-23]. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/prumysl-4-0-a-ctvrta-prumyslova-revoluce.html>>
- [6] Od 1. Průmyslové revoluce ke 4. [online]. 2015 [cit 2017-06-24]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4\\_31001.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html)
- [7] Get ready for the connected Industry [online]. 2017 [cit 2017-07-03]. Dostupné z: <http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/industrie-4.0/>
- [8] Národní iniciativa průmysl 4.0 [online]. 2016 [cit 2017-07-04]. Dostupné z: <http://kzps.cz/wp-content/uploads/2016/02/kzps-cr.pdf>
- [9] Obchod je nutné brát jako celek [online]. 2015 [cit 2017-07-05]. Dostupné z: <http://retailnews.cz/2015/05/12/obchod-je-nutno-brat-jako-celek/>
- [10] Ekonomika v číslech [online]. 2017 [cit 2017-07-09]. Dostupné z: <http://www.spcr.cz/muze-vas-zajimat/ekonomika-v-cislech>

- [11] 4. průmyslová revoluce [online]. 2016 [cit 2017-07-13]. Dostupné z: <http://spomocnik.rvp.cz/clanek/20857/4-PRUMYSLOVA-REVOLUCE.html>
- [12] Iniciativa práce 4.0 [online]. 2016 [cit 2017-07-15]. Dostupné z: [https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/prace\\_4\\_0/studie\\_iniciativa\\_prace\\_4.0.pdf](https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/prace_4_0/studie_iniciativa_prace_4.0.pdf)
- [13] Karoserie a rámy motorových vozidel [online]. 2016 [cit. 2017-08-12].  
Dostupné z: <http://old.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf>
- [14] Stavba karoserií a skříní [online]. 2007 [cit. 2017-08-15].  
Dostupné z: [http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U27\\_Stavba\\_karoserii\\_a\\_skrini.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U27_Stavba_karoserii_a_skrini.pdf)
- [15] Druhy karoserií osobních automobilů [online]. 2010 [cit. 2017-08-15].  
Dostupné z: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/karoserie/32-druhy-karoserii-osobnich-automobilu.html>
- [16] Karoserie dodávkových a nákladních automobilů [online]. 2014 [cit. 2017-08-17].  
Dostupné z: [http://www.sossoukyjov.cz/data/file/K\\_technologie/VY\\_32\\_INOVACE\\_3c/VY\\_32\\_INOVACE\\_3c14.pdf](http://www.sossoukyjov.cz/data/file/K_technologie/VY_32_INOVACE_3c/VY_32_INOVACE_3c14.pdf)
- [17] Využití metody svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu ve strojírenské praxi [online]. 2014 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Martin/Downloads/zaverecna\\_prace%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Martin/Downloads/zaverecna_prace%20(3).pdf)
- [18] Typy vad, příčiny jejich vzniku a hodnocení [online]. 2012 [cit. 2017-08-16].  
Dostupné z: <http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=384>
- [19] Technologie svařování [online]. 2015 [cit. 2017-08-17]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory\\_soubory/technologie\\_vyroby\\_I\\_\\_svarovani\\_\\_kubicek.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_vyroby_I__svarovani__kubicek.pdf)
- [20] Výukový vzdělávací modul svařování [online]. 2011 [cit. 2017-08-18].  
Dostupné z: [http://www.sosasou-opvk.cz/3doc/vys/Vyukovy\\_vzdelavaci\\_modul\\_svarovani\\_MIG-MAG.pdf](http://www.sosasou-opvk.cz/3doc/vys/Vyukovy_vzdelavaci_modul_svarovani_MIG-MAG.pdf)
- [21] Ochranné plyny pro svařování [online]. 2016 [cit. 2017-08-18].  
Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/ochranne-plyny-pro-svarovani\\_38525.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/ochranne-plyny-pro-svarovani_38525.html)

- [22] Značení tlakových lahví [online]. 2015 [cit. 2017-08-18].  
Dostupné z: <https://www.messergroup.com/web/messer-technogas-spol.-s.r.o./znaceni-tlakovych-lahvi>
- [23] Svařování elektronovým svazkem [online]. 2010 [cit. 2017-08-19].  
Dostupné z: <http://ebt.isibrno.cz/cs/svarovani-elektronovym-svazkem>
- [24] Technologie využívající laser [online]. 2013 [cit. 2017-08-19]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory\\_soubory/hsv\\_\\_specialni\\_metody\\_svarovani\\_\\_svarovani\\_laserem\\_2013\\_\\_mrna.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__svarovani_laserem_2013__mrna.pdf)
- [25] Laserové svařování kovů [online]. 2016 [cit. 2017-08-19].  
Dostupné z: <http://www.lintech.cz/laserove-svarovani-kovu>
- [26] Seriál na téma lasery – laserové svařování I (laser welding) [online].  
2013 [cit. 2017-08-19]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery--laserove-svarovani-i-laser-welding-134>
- [27] Laserové svařování [online]. 2007 [cit. 2017-08-19].  
Dostupné z: <http://www.welding.cz/laser/svarovani.htm>
- [28] Princip laseru [online]. 2011 [cit. 2017-08-19].  
Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k22.htm>
- [29] Princip laseru [online]. [cit. 2017-08-19]. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadlenkova/Princip%20laseru.pdf>



## 10 Seznam obrázků

Obrázek 1.	Znázornění průmyslových revolucí
Obrázek 2.	Samonosná karoserie
Obrázek 3.	Označení tlakových lahví
Obrázek 4.	Schéma elektronového svařování
Obrázek 5.	Schéma vzniku paprsku
Obrázek 6.	Povrchové svařování
Obrázek 7.	Metoda Key hole
Obrázek 8.	Svařovací robot metoda MIG
Obrázek 9.	Pohled na označenou tlakovou lahev a ovládací ventily
Obrázek 10.	Pohled na svářecí hořák pro metodu MIG
Obrázek 11.	Vad svaru – trhlina
Obrázek 12.	Vad svaru – dutiny
Obrázek 13.	Vad svaru – rozstřík, vměstky
Obrázek 14.	Kvalitní svarová housenka
Obrázek 15.	Řez svarem

## 11 Seznam tabulek

Tabulka 1.	Průměry plynové trysky v závislosti na velikosti proudu
Tabulka 2.	Označení elektrod
Tabulka 3.	Označení tlakových nádob

## **12 Seznam grafů**

- Graf 1.            Procentuelní zastoupení jednotlivých sektorů na HDP pro rok 2015
- Graf 2.            Procentuelní rozdělení průmyslu pro rok 2015