

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmětů

**Tvorba didaktických materiálů pro podporu výuky technologie
svařování**

Bakalářská práce

Hradec Králové 2022

Autor: Jan Šimeček
Studijní program: Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Studijní obor: Základy techniky, etická výchova
Vedoucí práce: Mgr. Štěpán Major, Ph.D.

BIBLIOGRAFICKÝ ZÁZNAM PRÁCE

ŠIMEČEK, Jan. Tvorba didaktických materiálů pro podporu výuky technologie svařování: bakalářská práce. Hradec králové: Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra technických předmětů, 2022. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Štěpán Major, Ph.D.

ANOTACE

Jednou z nejdůležitějších technologií využívaných jak ve strojírenské výrobě, tak i ve stavebnictví je technologie svařování. Této technologii navzdory jejímu významu je obecně ve výuce technických předmětů věnováno málo času. Studenti technických středních škol jako jsou SPŠ strojírenské se primárně z výrobních technologií věnují studiu obrábění (soustružení, frézování atd.). Studenti si ve většině případů vyzkoušejí maximálně svařování elektrodou. Vyšší kvalifikaci v oblasti sváření většina absolventů SPŠ získá teprve absolvováním speciálních svářečských kurzů. Cílem této práce bude vytvoření vhodných studijních materiálů, teoretických cvičení a návrh dílenských praktik vhodných pro studenty středních škol, které by bylo možno využít ve výuce na SPŠ. Dále se předpokládá, že výsledky této práce bude možno využít i ve výuce na KTP UHK v předmětech „Materiály a technologie“. Tyto výukové materiály by zahrnovaly výukové listy obsahující teorii, listy obsahující návrhy praktických cvičení, a nakonec i laboratorní cvičení (např. návrh jednoduchého experimentu pro identifikaci defektů ve svaru).

KLÍČOVÁ SLOVA

Svařování, technologie, studenti, výuka, materiály

ANNOTATION

One of the most important technologies used in both engineering production and construction is welding technology. Despite its importance, this technology generally spends little time in teaching technical subjects. Students of technical secondary schools such as SPŠ strojnické are primarily engaged in the study of machining (turning, milling, etc.) from production technologies. In most cases, students will try maximum electrode welding. Most SPŠ graduates will only obtain a higher qualification in the field of welding by completing special welding courses. The aim of this work will be the creation of suitable study materials, theoretical exercises and the design of workshop practices suitable for high school students, which could be used in teaching at secondary schools. It is also assumed that the results of this work can be used in teaching at KTP UHK in the subjects "Materials and Technologies". These teaching materials would include instruction sheets containing theory, sheets containing suggestions for practical exercises, and finally laboratory exercises (eg, the design of a simple experiment to identify defects in the weld)..

KEYWORDS

welding, technology, students, classes, materials

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Hradci Králové dne

.....

Jan Šimeček

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval Mgr. Štěpánovi Majorovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat i své rodině za podporu a trpělivost při mém studiu.

OBSAH

Úvod.....	8
1. Svařování.....	9
1.1 Základní názvosloví svařování.....	9
1.2 Základní druhy svarů.....	10
1.2.1 Značení svarů	11
2 Svařování plamenem	11
2.1 Bezpečnostní hlediska při svařování plamenem	12
2.1.1 Bezpečnost s acetylénem	12
2.1.2 Zpětné šlehnutí plamene	13
2.2 Druhy kyslíkovo-acetylenového plamene.....	14
2.3 Svařovací zařízení	15
2.3.1 Redukční ventily	15
2.3.2 Obsluha redukčních ventilů.....	16
2.3.3 Tlakové láhve.....	17
2.3.4 Baterie tlakových láhví	17
2.3.5 Acetylenové bezpečnostní předlohy.....	17
2.3.6 Lahvové ventily.....	17
2.3.7 Hadice.....	18
2.3.8 Pojistka proti zpětnému šlehnutí	18
2.3.9 Svařovací hořák	18
2.3.10 Přídavné materiály pro svařování plamenem	19
2.4 Rozdělení technických plynů	19
2.5 Princip svařování plamenem	20
2.6 Postup při svařování	21
2.6.1 Zapalování plamene	21
2.6.2 Stehování.....	21
2.6.3 Technika svařování plamenem.....	22
2.6.4 Zhasínání plamene	22
2.6.5 Příprava materiálu.....	22
2.7 Vady svarových spojů.....	23
2.7.1 Trhliny ve svarech.....	23
2.7.2 Dutiny ve svarech	24
2.7.3 Pevné vměstky	25
2.7.4 Studené spoje a neprůvary	25
3 Svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou	26

3.1	Svařovací oblouk.....	26
3.1.1	Části svařovacího oblouku.....	26
3.2	Bezpečnostní hlediska při svařování elektrickým obloukem.....	27
3.3	Svařovací zdroje.....	28
3.3.1	Zdroje pro svařování střídavým proudem.....	28
3.3.2	Zdroje pro svařování stejnosměrným proudem	29
3.4	Základní druhy používaných elektrod.....	29
3.5	Základní druhy obalů elektrody	29
3.5.1	Obaly elektrody kyselé	30
3.5.2	Obaly elektrody bazické	30
3.5.3	Obaly elektrody rutilové.....	30
3.5.4	Značení obalů elektrod.....	31
3.6	Postup při svařování elektrickým obloukem.....	31
3.6.1	Příprava materiálu.....	31
3.6.2	Samotné svařování.....	31
3.6.3	Nastavení svařovacího proudu.....	32
3.6.4	Zapálení elektrického oblouku	33
3.6.5	Postup svařování	33
3.6.6	Vady svařování	33
4	Praktická část.....	35
4.1.1	Pracovní list – Svařování plamenem	35
4.1.2	Pracovní list - sváření elektrickým obloukem obalenou elektrodou.....	41
4.1.3	Test na všeobecnou bezpečnost technologie svařování plamenem.....	44
4.1.4	Test na všeobecnou bezpečnost technologie svařování elektrickým obloukem	47
4.1.5	Laboratorní cvičení – zkouška destruktivní – rozlomením.....	51
5	Realizace praktické části	54
	Závěr	56
	Seznam použitých zdrojů.....	57
	Internetové zdroje	59
	Seznam obrázků.....	61
	Seznam tabulek	61

ÚVOD

Přestože je v dnešní době plno novějších, ekonomicky či pracovní méně náročných svařovacích metod, nejvyužívanějšími metodami svařování ve školním prostředí stále zůstávají bezpochyby svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou a svařování plamenem. Další metody svařování se na školním území objevují pouze zřídka. Ačkoliv jsou tyto dvě svařovací metody využívány nejvíce, mnohdy je jejich teoretický základ, který student daného oboru potřebuje pro kvalitní vykonávání svářečské práce nedostačující. Svářečské práce kladou na svářeče značné bezpečnostní požadavky, které ale bez dostačujícího teoretického základu není schopen splnit.

V rámci teoretické části budou definovány veškeré základní informace o technologii svařování od vysvětlení samotného svařování až po samotný postup svařování danými metodami. Praktická část je soustředěná na ověření teoretických znalostí studentů oboru týkající se svařování. Součástí praktické části jsou základní všeobecné testy na bezpečnost jejíž obdoba se využívá při závěrečných zkouškách na svařovacím kurzu. Dále jsou zde pracovní listy na ověření znalostí studentů zábavnější formou, a to jak u svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou, tak také svařování plamenem. Praktická část je završena jednoduchým laboratorním cvičením, které je ale téměř vždy součástí destruktivní zkoušky při svářečských kurzech na kontrolu různých aspektů kvality svaru.

Podstatou bakalářské práce věnované tomuto tématu je rozšířit teoretický základ svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou a svařování plamenem na alespoň dostačující úroveň. Tato bakalářská práce má sloužit jako podklad pro učitele a žáky na středních odborně založených školách, na kterých se provádí výuka svařování danými svařovacími metodami. Ale její obsah by se dal uplatnit také na vysokých školách například v předmětu materiály a technologie na Univerzitě Hradec Králové.

1. SVAŘOVÁNÍ

Svařováním se rozumí spojování dvou kovů stejného druhu, které vytvoří nerozebiratelný spoj. Nerozebiratelný spoj můžeme vytvořit buďto pomocí meziatomovými vazbami mezi spojovanými kovy, pomocí přídavného materiálu či plastickou deformací. Z toho tedy rozumíme, že svařování provádíme různými postupy a můžeme rozdělit svařování do tří základních skupin¹:

- Svařování teplem - K vytvoření nerozebiratelného spoje dochází bez vlivu dalších vnějších sil. Svar se vytvoří při krystalizaci tavné lázně.
- Svařování tlakem a teplem - K vytvoření nerozebiratelného spoje dochází při ohřátí do plastického stavu a následnému stlačení. Pro vytvoření svaru je nutná přítomnost tlaku.
- Svařování tlakem - K vytvoření nerozebiratelného spoje dochází působením vysokého tlaku na plochu svařovaných materiálů. Při tomto druhu svařování se svařuje bez ohřevu, pouze za teploty okolí.

1.1 Základní názvosloví svařování

Základní pojmy, který by měl znát každý svářečský pracovník pro správnou informační orientaci ve svém oboru, protože jsou obsaženy v téměř každé technické dokumentaci, výukovém materiálu případně ve strojírenských tabulkách a dalších materiálů používaných při práci svářeče. Mezi tyto základní pojmy patří²:

- základní materiál – materiál, který je svařován,
- přídavný materiál – materiál, který je přidáván během procesu svařování mezi, než patří například dráty u svařování plamenem, elektrody při svařování elektrickým obloukem případně tyčinky, tavidla atd.,
- svarová lázeň – tento pojem nastává v době, kdy se materiál pomocí svařování roztaví a vytvoří tak svarovou lázeň. svarovou lázeň po ztuhnutí nazýváme svarovaným kovem,

¹ TMĚJ, Jaroslav, Stanislav JENŠI a Heinz NEUMANN. *Teorie svařování*.

² BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek*.

- svarové plochy – plochy základního materiálu, které jsou během procesu svařování nateveny a je na nich vytvořena svarová lázeň,
- svarek – výrobek zhotovený technologií svařování,
- svar – část svarového spoje, která byla během svařování roztavena,
- kořen svaru – část svaru, která je nejvzdálenější od povrchu,
- hloubka závaru – největší hloubka roztavení základního materiálu,
- hranice ztavení – hranice základního materiálu a svarového kovu,
- otupení – nezkosená část svarové plochy,
- úhel zkosení – úhel mezi úkosem a plochou čela,
- úhel otevření – úhel mezi zkosenými částmi svarových ploch,
- housenka – svarový kov navařený nebo přetavený při jednom chodu,
- vrstva – část svarového kovu, která se skládá z jedné nebo více housenek.



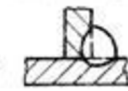



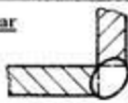

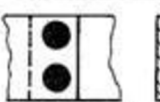






1.2 Základní druhy svarů

Nejobvyklejšími svary jsou tupý, koutový a T-svar. Svary se dělí nejčastěji podle polohy svařování a mezi další druhy svarů řadíme svar lemový, I-svar, V-svar, ½ V-svar, U-svar, X-svar, K-svar, koutový svar převýšený, rohový svar, děrový svar, průvarový svar a bodový svar.³

³ FRISCHHERZ, Adolf, Paul SKOP a Jiří KNOUREK. *Technologie zpracování kovů: Základní poznatky.*

1.2.1 Značení svarů

Na obrázku níže (Obr. 1) vidíme grafické znázornění různých druhů svarů a jejich značení.

Název a provedení svaru	Značení	Název a provedení svaru	Značení
<u>Lemový svar</u> 	π	<u>Koutový svar</u> 	\triangle
<u>Tupé svary</u>		<u>převýšený</u> 	∇
I - svar 	Π	<u>prohládký</u> 	∇
V - svar 	∇	<u>Rohový svar</u> 	∇
1/2 V - svar 	$\frac{1}{2}\nabla$	<u>Děrový svar</u> 	\square
U - svar 	\cup	<u>Průvarový svar</u> 	
podložný V - svar 	∇	<u>Bodový svar</u> 	\circ
s podložkou X - svar 	\times		
K - svar 	κ ∇		

Obr. 1 Značení svarů

Zdroj: (2)

2 SVAŘOVÁNÍ PLAMENEM

Jednou z nejstarších metod sváření je svařování plamenem, pro který lze také využít zastaralý výraz autogen který se ale užívá stále, ačkoliv v dnešní době existuje plno nových způsobů svařování tak svařování plamenem má ve strojírenském průmyslu stále svou roli a je využíváno stále velmi často. Svoji velkou úlohu plní stále v řemeslech jako jsou topenář, instalatér, potrubář či klempíř. Velmi často se se svařováním plamenem můžeme setkat při navařování tvrdých i jiných návarů. Svařování plamenem se začalo rozvíjet po roce 1892, kdy přišel objev průmyslové výroby karbidu vápníku jako suroviny pro výrobu nejčastěji využívaného hořlavého plynu pro svařování plamenem – acetylen. Jak již je výše zmíněno, svařování plamenem patří do skupiny svařování teplem. Při tomto sváření je zdrojem tepla právě plamen, který vzniká ve směsi hořlavých plynů s kyslíkem. Nejčastěji využívaná směsice plynů je acetylen s kyslíkem jejíž teplota plamene dosahuje až 3 200 °C, dalšími velmi často využívanými plyny jsou například svítiplyn, vodík či propan-butan. Velkou

výhodou svařování plamenem je jistě to, že lze využít všude tam, kde není k dispozici z různých důvodů elektrický proud. Plamenové svařování má svou důležitou roli v oborech jako je topenářství, instalaterství, potrubář, klempíř a další. Hlavní oblastí, kde se využívá svařování plamenem je svařování plechů do tloušťky čtyř milimetrů.⁴

2.1 Bezpečnostní hlediska při svařování plamenem

Veškeré svařovací zařízení a jeho další přístroje a komponenty smějí používat výlučně jen pracovníci, jenž úspěšně prošli zkouškou, která testuje jejich znalosti o bezpečnosti práce a manipulaci se svařovacím zařízením a svařováním samotným. Dále také pracovníci musí být proškoleni odborně znalým školitelem.

Co se týče samotného svařování a jeho bezpečnosti, je naprosto zakázáno svařovat v blízkosti lehce výbušných, zápalných či jinak životu ohrožujících látek, kam patří například benzín, methanol, petrolej či koudel. Pokud pracoviště tyto látky obsahuje, je nutné dodržet na volném prostranství vzdálenost od těchto látek minimálně deset metrů. Během svařování plamenem uvnitř různých nádrží či jiných uzavřených prostorech, je potřeba aby se práce pravidelně v určitých intervalech přerušovala a svářeči musí mít přestávku na to, aby vylezli z uzavřeného prostoru a mohli se nadechnout čerstvého vzduchu. Také při svařování v uzavřených prostorech musí být neustále z bezpečnostních důvodů pozorovatel, který ale není se svářeči v uzavřených prostorech, ale stojí mimo. V případě potřeby pozorovatel může vstoupit do nebezpečného prostředí v uzavřeném prostoru ale pouze v případě, že udělal vše, pro svou bezpečnost. Pokud tak neučinil, nemůže v žádném případě vlézt do uzavřeného prostoru. Během svařování v uzavřeném prostoru je zapotřebí zajistit přívod čerstvého vzduchu pomocí ventilátoru a nebezpečné plyny odvádět odsávaním z prostoru ven.⁵

2.1.1 Bezpečnost s acetylémem

Směs acetylénu s kyslíkem, které se nejčastěji využívá při plamenovém svařování je nebezpečná hlavně v tom, že má poměrně velké rozmezí mezi dolní a horní mezí výbušností. Tedy u acetylénu je dolní mez výbušnosti přibližně dvě procenta a horní mez výbušnosti 80 procent. Proto je potřeba před manipulací s acetyleno-kyslíkovým hořákem kontrola úplné těsnosti celého svařovacího zařízení včetně všech armatur, potrubí či hadic. Během svařování je také nesmírně důležité neustálé větrání místnosti, v níž se svařování provádí a ve kterých se acetylén i přes kontrolu těsnosti může nějakým způsobem uvolňovat. Z toho

⁴ KŘÍŽ, Václav. *Svařování plamenem*.

⁵ GRIZMANENKO, Dmitrij L'vovič a G.B. JEVSEJEV. *Svařování a řezání plamenem*.

plyne, že je naprosto zakázáno v místnosti, kde je možná koncentrace acetyleny v mezi výbušnosti, kouřit, pracovat s otevřeným ohněm anebo nějakým způsobem vytvářet jiskry, které by mohly následně způsobit výbuch.

2.1.2 Zpětné šlehnutí plamene

Plamen, který je vhodný k bezpečnému ohřevu a následnému tavení kovu, musí hořet stabilně. Stabilita kyslíkovoacetylenového plamene závisí na podmínkách daného hoření, stabilita je dána vztahem mezi výtokovou rychlostí a rychlostí hoření. V případě vniknutí plamene dovnitř do svařovací hubice či hořáku na řezání, mluvíme o zpětném šlehnutí plamene. Pokud zvýšíme obsah kyslíku ve směsi tím se zvýší i spodní hranice střední výtokové rychlosti což má za důsledek zvýšení možnosti vzniku zpětného šlehnutí plamene. V případě vzniku zpětného šlehnutí je potřeba ihned uzavřít svařovací či řezací hořák uzavřením nejprve acetylenového a následně i kyslíkového uzávěru a poté schladit hořák v čisté vodě bez mastnot případně, se také doporučuje lehce ve vodě profokounout hořák otevřením na krátkou dobu kyslíkového uzávěru.⁶

Předpisy a normy bezpečnosti

1. Ovládat svařovací soupravu ke svařování či řezání kyslíkem smějí pouze osoby, jež dovršily plnoletosti. Jak již bylo výše zmíněno, musí být proškoleni, projít prověrkou bezpečnosti a jsou držitelem svařovacího průkazu.
2. Je povinnost poskytnout svářečům ochranné prostředky, které je ochrání před jiskrymi, horku či záření. Také je povinnost svářeče tyto ochranné prostředky využívat při práci se svařovací soupravou.⁷
3. Osoby mladší osmnácti let mohou svařovat pokud, se vyučili v daném oboru, který zahrnuje práci se svařovací či řezací technikou plamene a úspěšně zakončili svářečské závěrečné zkoušky, které ověřují jejich znalosti v daném oboru.
4. Osoby, které neprojdou zdravotní prohlídkou z různých důvodů mají zakázáno provádět práce se svářecím či řezacím zařízením.
5. Osoby, jež nesplňují předchozí čtyři body mohou svařovat či řezat kyslíkem pouze pod dohledem odborně kvalifikovaného dozoru.

⁶ GRIZMANENKO, Dmitrij L'vovič a G.B. JEVSEJEV. *Svařování a řezání plamenem.*

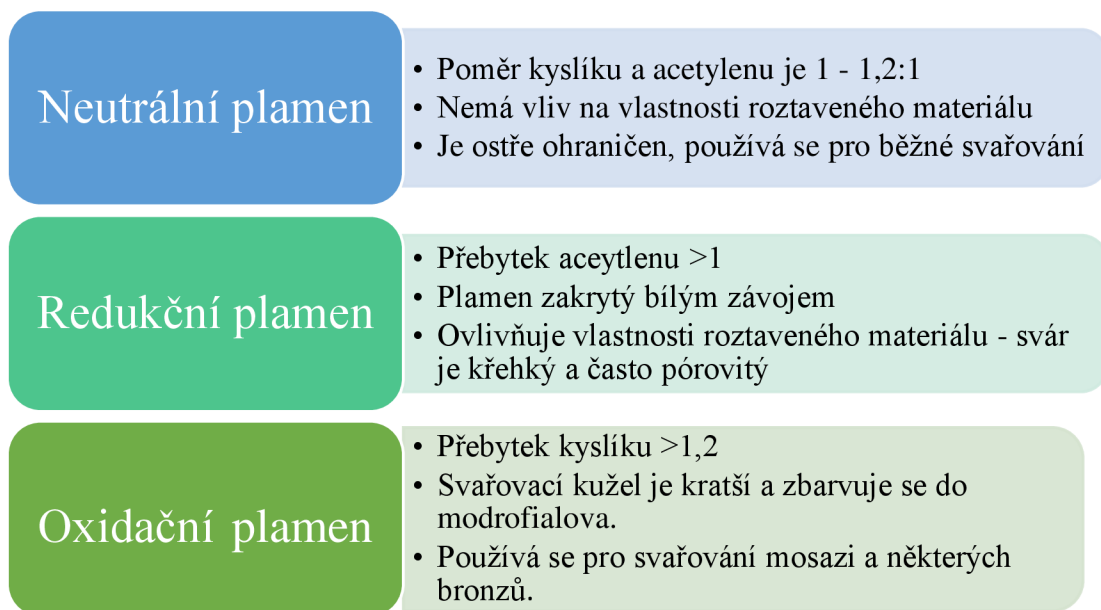
⁷ GRIZMANENKO, Dmitrij L'vovič a G.B. JEVSEJEV. *Svařování a řezání plamenem.*

6. Osoby, které jsou mladší osmnácti let anebo nemají dokončený svařovací kurz mají zakázáno svařovat ve zvláště nebezpečných svařovacích či řezacích prací.⁸

2.2 Druhy kyslíkovo-acetylenového plamene

Druhy kyslíkovo-acetylenového plamene lze dělit dvojím způsobem, podle:

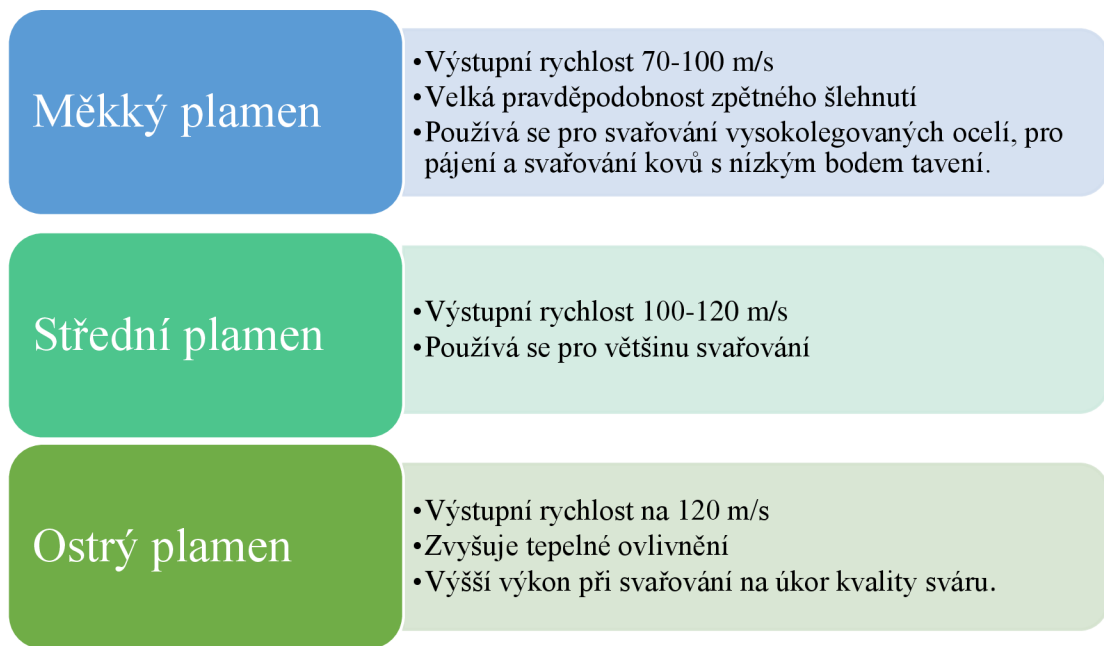
- poměru kyslíku a acetyleny v plamenu rozeznáváme (Obr. 2),
- podle výstupní rychlosti (Obr. 3).



Obr. 2 Rozdělení kyslíkovo-acetylenového plamene dle poměru kyslíků a acetyleny

Zdroj: vlastní zpracování dle (3)

⁸ PLEŠINGER, Augustin. *Bezpečnostní předpisy pro svařování plamenem a řezání kyslíkem: příručka pro praxi a školení upravená podle nové vyhlášky z r. 1959*



Obr. 3 Rozdělení kyslíkovo-acetylenového plamene dle výstupní rychlosti

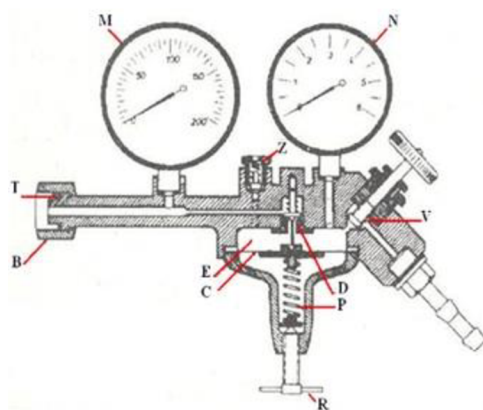
Zroj: vlastní zpracování dle:(3)

2.3 Svařovací zařízení

Pod pojmem svařovací zařízení jsou brány veškeré technické prostředky od zdroje plynu pro svařování plamenem až po samotný svařovací hořák. Mezi svařovací zařízení patří redukční ventily, tlakové láhve, baterie tlakových lahví, acetylenové bezpečnostní předlohy, lahvové ventily, hadice, pojistky proti zpětnému šlehnutí, svařovací hořák a přídavné materiály pro svařování plamenem.

2.3.1 Redukční ventily

Redukční ventil je zařízení, které slouží pro regulaci proměnlivého vstupního tlaku (například z tlakové láhve) na co nejvíce ustálený výstupní tlak, jinak řečeno pracovní tlak. Redukční ventil je připojen na ventil láhve buď to třmenem nebo přesuvnou maticí se závitem. Na níže (Obr. 4) vidíme schéma redukčního ventilu.



*Schéma redukčního ventilu:
 T - těsnění,
 B - matice na připojení k lahvi,
 M manometr tlaku plynu v lahvi,
 N - tlakoměr odebíraného tlaku plynu,
 V - výpustní ventil,
 E - komora na snížení tlaku plynu,
 C - membrána,
 D - ventilové ložisko,
 P - pružina,
 R - regulace ventilu,
 Z - pojistný ventil.*

Obr. 4 Schéma redukčního ventilu

Zdroj: (7)

Redukční ventil na kyslík

Konstrukce redukčního ventilu na kyslík je vyrobena tak, aby nemohlo dojít k samovolnému vnitřnímu vznícení. Je důležité, aby všechny součásti redukčního ventilu byli řádně očištěny od různých nečistot a mastnot. Ventil je vyroben z mosazi.

Redukční ventil na acetylen

Konstrukce redukčního ventilu na acetylen musí být vyrobena tak, aby výstupní tlak z ventilu nepřekročil 1,5 baru. Stejně jako u redukčního ventilu na kyslík také redukční ventil na acetylen je vyroben z mosazi ale připojovací části, tedy třmen a šroub jsou vyrobeny z oceli.

2.3.2 Obsluha redukčních ventilů

Každý, kdo manipuluje se svařovacím zařízením, musí znát i hlavní zásady práce s redukčními ventily. Těmi jsou:

1. Připojení k láhvi – před připojením, je nutno odstranit veškeré nečistoty a masnoty z lahvového i redukčního ventulu. Při nasazování redukčního ventilu stojí svářeč stranou a nepoužívá k nasazení násilí. Dále svářeč musí zkontrolovat těsnost hadic, redukčních ventilů a celého svařovacího zařízení. Nakonec se pomalým otočením regulačního ventilu otevře vstup plynu do hadic.⁹
2. Zkouška těsnosti vysokotlaké části redukčního ventilu – tato zkouška se provádí tak, že se povolí úplně regulační šroub redukčního ventilu, lahvový ventil se otevře

⁹ Sosasou-opvk. Dostupné z: <http://sosasou-opvk.cz/3doc/vmsp/vvmsp.pdf>.

a dočká se, zda se ustálí tlak na monometru, pokud se tak nestane a ukazatel začne klesat, je vysokotlaká část redukčního ventilu netěsná a následně se pomocí pěnотvorného roztkoku zjišťuje kde se netěsnost nachází.

3. Zkouška těsnosti škrťacího ventilu redukčního ventilu – Poté co se zcela uvolní regulační šroup a otevře lahvový ventil se následně utevře výstupní ventil do hadic. Nastaví se pracovní tlak, pokud stoupá tlak a tvoří se bublina na otvoru zvonu redukčního ventilu je za stoupaním tlaku příčina netěsnost škrťacího ventilu který ale následně musí být vyměněn.¹⁰

2.3.3 Tlakové láhve

Pro manipulaci a dopravu plynů se nejčastěji používají tlakové láhve. Tlakové láhve jsou vyrobeny z z bezešvých ocelových trubek jejichž tloušťka stěny se pohybuje mezi pěti a osmi milimetry. Tloušťka stěny závisí na použitém materiálu a také na přetlaku plynu v láhvi. Každá láhev na určitý druh plynu je barevně označená podle druhu plynu jako například láhev kyslíková je označená zpravidla modrou a bílou barvou a láhev acetylenová je značená barvou hnědo-červenou, tedy takovou kaštanovou barvou.

2.3.4 Baterie tlakových láhví

Při pravidelném a dlouhotrvajícím odběru acetyleny z lahve v množství větším jak 1000 litrů za hodinu může docházet ke strhávání acetonu s acetylenem. Pro tyto případy existují baterie tlakových lahví, kdy se acetylenové láhve spojují do baterie. Baterie mohou být jednoduché nebo dvojité.

2.3.5 Acetylenové bezpečnostní předlohy

Acetylenová bezpečnostní předloha slouží jako prevence před zpětným šlehnutím. Předloha je umístěna mezi hořákem a vyvíječem. Pokud je acetylen odebírán z rozvodu, je předloha namontována přímo na pracovišti. Předlohy můžeme dělit na vodní a suché.

2.3.6 Lahvové ventily

Každá tlaková láhev má lahvový ventil, který je do zesílené části hrdla tlakových lahví našroubovány na kuželový závit. Téměř u všech tlakových lahví se využívá pro připojení

¹⁰ Sosasou-opvk. Dostupné z: <http://sosasou-opvk.cz/3doc/vmsp/vvmsp.pdf>.

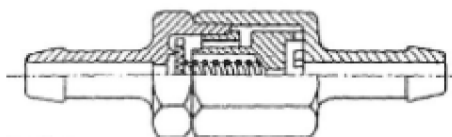
redukčního ventilu převlečná matice, výjimka je pouze u acetylenového ventilu, kde se redukční ventil připojuje pomocí třmenu.

2.3.7 Hadice

Hadice se využívají pro vedení plynu ke svařovacímu hořáku případně jinému druhu odběru plynu. Pro technologii svařování se používají hadice vysokotlaké pryžové s textilní vložkou. Hadice jsou velmi náchylné k poškození proto je důležité jejich stav pravidelně kontrolovat. Tak jako tlakové láhve, také hadice mají své barevné označení, a tedy u kyslíku jsou hadice modré a u acetylenu či jiného hořlavého plynu jsou hadice oznaženy barvou červenou. Průměr hadic se u kyslíku a u hořlavých plynů liší. U kyslíkové hadice je průměr v rozmezí od 6 do 9 mm a u hořlavých plynů je průměr od 9 do 14 mm. Tloušťka stěny se tak pohybuje mezi 4 a 6 mm. Minimální délka hadic pro svařování je pět metrů.

2.3.8 Pojistka proti zpětnému šlehnutí

Kromě vodní předlohy je možné pro prevenci před zpětným šlehnutím použít také pojistky proti zpětnému šlehnutí. Tato pojistka má také funkci zabránění kyslíku vniknout do hořlavého plynu a tím vytvoření výbušné směsi. Pojistka se umísťuje mezi svařovací a řezací hořák a redukční ventil. Na obrázku níže (Obr. 5) vidíme schéma pojistky proti zpětnému šlehnutí.



Obr. 5 Schéma pojistky proti zpětnému šlehnutí

Zdroj: (8)

2.3.9 Svařovací hořák

Svařovací hořák slouží pro sváření plamenem. Uvnitř svařovacího hořáku dochází k smísení hořlavého a oxidujícího plynu tak, aby bylo následně dosaženo požadované výstupní rychlosti a získán ideální plamen pro daný typ svařování či řezání. Rozlišujeme tři druhy hořáků: nízkotlaké (tzv. injektorové), vysokotlaké a speciální.

Nejčastěji využívaný hořák je hořák injektorový. Injektor je takové zařízení, které slouží v důsledku vyššího tlaku kyslíku k nasávání acetyleny o nízkém tlaku do svařovacího nebo řezacího hořáku.^{11 12}

2.3.10 Přídavné materiály pro svařování plamenem

Jak již bylo zmíněno, při svařování plamenem se do tavné lázně přidává přídavný materiál, který spolu s plamenem následně tvoří svar. Jako přídavný materiál u svařování plamenem se používá drát. Jelikož přídavný materiál přímo ovlivní kvalitu zhotoveného svaru je důležité ho obezřetně vybrat a dávat důraz na jeho kvalitu. Důležité je, aby při vybírání přídavného materiálu tedy drátu byl vybrán takový drát, který má co nejvíc podobné nebo nejlépe stejné chemické složení jako má základní svařovaný materiál. Průměr drátu se volí s ohledem na tloušťku plechu svařovaného materiálu (Tab. 1).¹³

Tab. 1 Průměry drátů určených ke svařování s ohledem na tloušťku plechu

Tloušťka plechu (v mm)	0,5-1,0	1,0-3,0	4,0-5,0	6,0-7,0	8,0-9,0	10,0-15,0	20,0-30,0
Průměr drátu (v mm)	1,6	2,0	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0

Zdroj: vlastní zpracování dle (9)

2.4 Rozdělení technických plynů

Svařovací směsi z technických plynů jsou vždy tvořeny plynem hořlavými, mezi něž nejčastěji řadíme například acetylen či vodík a plyn, který není sám o sobě hořlavý, ale hoření podporuje, kterým je především kyslík.

Kyslík

Kyslík je nejdůležitější plyn pro svařování plamenem, bez něho by nebylo možné tvořit hořlavou směs. Jeho chemická značka je O, teplota tání kyslíku činí -218,4 °C a teplota varu

¹¹ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

¹² *Základy svařování plamenem [online]. Dostupné z: <https://www.veteranweb.cz/clanky/zaklady-svarovani-plamenem.php>.*

¹³ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

-182,962 °C.¹⁴ Je to bezbarvý plyn bez zápachu. Pro průmyslové účely se kyslík vyrábí destilací kapalného vzduchu, v menší míře elektrolýzou vody¹⁵.

Acetylen

Je hořlavý plyn, který se nejčastěji využívá pro svařování plamenem. Jeho chemická značka je C₂H₂. Patří do skupiny uhlovodíků a vyrábí se rozkladem karbidu vápníka vodou. Je lehčí než vzduch, takže při úniku jde směrem ke stropu. Technický acetylen zapáchá po česneku. Meze výbušnosti acetyleny se pohybují mezi 2,4 až 80 %.¹⁶

Vodík

Dalším plyne využívaný pro svařování plamenem je vodík. Chemická značka vodíku je H, je to nejlehčí a nejjednodušší plynný chemický prvek. Vodík je plyn bezbarvý, nemá zápach ani chuť. Vodík se v dnešní době vyrábí elektrolýzou vody nebo rozkladem zemního plynu. Meze výbušnosti vodíku se pohybují mezi 4 a 77 %.¹⁷

Další plyny, které se využívají pro svařování plamenem mohou být butan, propan, metan ale ty nejsou pro svařování oceli příliš vhodné.

2.5 Princip svařování plamenem

U plamenového svařování je chemická energie hoření plamene zdrojem tepla pro samotný proces svařování. Plamen vzniká hořením vytvořené hořlavé směsi oxidujícího a hořlavého plynu – nejčastěji tedy acetyleny, jak bylo zmíněno výše. Oxidující a hořlavý plyn se přivádí ze zdroje, tedy například z tlakových lahví do hořáku. Hořák má následně za úkol smísit dané plyny a vytvořit tak hořlavou směs, která se při výstupu z hořáku zapálí pomocí škrtnutí a vznikne plamen potřebný pro svařování. Na obrázku jsou jasně označena jednotlivá pásma u směsice kyslíku a acetyleny.¹⁸ Na obrázku níže (Obr. 6) vidíme schéma acetylenovo-kyslíkového plamene.

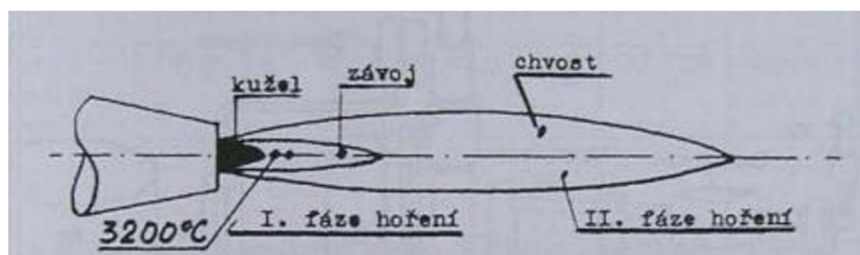
¹⁴ *Periodická tabulka: Kyslík* [online]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/8.html#vyroba>.

¹⁵ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*.

¹⁶ *EBOZP: Encyklopedie BOZP* [online]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Acetylén>.

¹⁷ *Chemie: Vodík* [online]. Dostupné z: <http://ucebnicechemie.wz.cz/index.php?prvek=vodik>.

¹⁸ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*.



Obr. 6 Schéma acetylenovo-kyslíkového plamene

Zdroj: (9)

2.6 Postup při svařování

Tak jako téměř vše v technologii, také svařování má svůj doporučený postup, který svářeči musí dodržovat, jelikož v jiném pořadí, než je níže psáno svařování provádět nelze.

2.6.1 Zapalování plamene

Při zahajování svařování si pomocí lehkého otevření kyslíkového a acetylenového ventilu vytvoříme hořlavou směs kterou následně zapálíme. Následně je našim úkolem hořící plamen přenastavit tak aby byl vyhovující pro daný druh svařování. Aby klidně hořel a nezhasínal, příliš neprskal, dostatečně taval svařovaný materiál, ale aby naopak nepropaloval svařovaný materiál příliš rychle. Toto nastavování se provádí pomocí přidávání případně odebrání jednoho z plynů až dokud se nevytvoří ideální plamen. Velkou výhodou acetyleno-kyslíkového plamene je barevné označení plamene které nám při hoření napoví, správnost směsi hořlavých plynů.¹⁹

2.6.2 Stehování

Stehování nebo často také bodování je spojení svařovaných dílů krátkými svary tak, aby připravený svarek mohl být následně svařován. Sice se jedná pouze o krátký svar, který má za úkol dočasné spojení svaru k svařování ale i přes to, je důležité, aby se k němu přistupovalo stejně jako k vlastnímu svařování tedy aby steh byl kvalitně svařen stejně jako svar. Pokud svářeč steh po svařování nebude odstraňovat, je důležité, aby steh byl vytvořen stejným způsobem svařování jako svar celý. Stehování neboli bodování se vytváří na obou stranách svařovaného materiálu v případě kulatiny klidně i na více místech, hlavním

¹⁹ Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.

důvodem k tomu je, aby během působení tepla ze svařovaného plamene se nestalo, že na jedné straně se nám svařovaný materiál rozjede a zvětší tak mezeru od druhé plochy.²⁰

2.6.3 Technika svařování plamenem

Nejčastěji se svařují plamenem tupé, křížové či rohové spoje. Tloušťka materiálů svařovaných plamenem jsou většinou od 0,6 mm do 6 mm. Pro materiály do 1 mm se většinou nemusí využívat ani přídavné materiály v podobě tyčinek či drátů. Při svařování plamenem se využívají dva způsoby techniky svařování a těmi jsou:

1. Svařování dopředu neboli doleva – při tomto postupu svařování se přídavný materiál neboli přídavný drát vede před hořákem směrem doleva. Svařovací hořák je nejčastěji veden v úhlu cca 45° k svařovacímu materiálu. Během tohoto svařování je svár a jeho kořen málo chráněn před vzduchem a tím dochází k horším mechanickým vlastnostem sváru, protože dochází k rychlému chladnutí svařovací housenky. Tento druh svařování je méně náročný a je tedy vhodný pro svářeče s menšími manuálními dovednostmi. V průběhu svařování dopředu dochází k vznikaní vnitřních napětí a deformací.
2. Svařování dozadu neboli doprava – druhým typem svařování je svařování dozadu. Při tomto svařování hořák postupuje ve směru svařování zleva doprava a přídavný materiál, tedy drát postupuje za ním. Svařovací housenka se vytváří za přídavným materiálem. Při tomto svařování je sklon hořáku od 30 do 75° k svařovacímu materiálu. Tato metoda je vhodná pro více manuálně zručné svářeče.

2.6.4 Zhasínání plamene

I pro zhasínání plamene je důležitý postup, při zhasínání je důležité nejprve uzavřít ventil s hořlavým plynem a poté uzavřít ventil s kyslíkem. Důležité je také zjištění, zda k zhasnutí plamene opravdu došlo, to se dá zjistit jednoduchým způsobem – otevřením na malou chvílku ventilu hořlavého plynu.²¹

2.6.5 Příprava materiálu

Před zahájením svařování je potřeba připravit svařovanou plochu. Příprava u tupých svarů je dána tloušťkou materiálu. Tedy u tenkých plechů je příprava materiálu jednodušší. Při

²⁰ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

²¹ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

přípravě materiálu s tlustší plochou je třeba zkosit plochu podle daného svaru pro lepší provaření materiálu. U svařování kotových svarů je příprava velmi jednoduchá, protože stačí svařované materiály pouze postavit kolmo k sobě. Svařovaná plocha musí být zbavena veškerých mastnot a dalších nečistot. Dále je třeba dostatečně prostudovat technickou dokumentaci k danému výrobku. Po přípravě materiálu z hlediska veškerých rozměrů, očištění a případného zkosení nic nebrání svářeči zahájit sváření materiálu.²²

2.7 Vady svarových spojů

Svařovací proces vytváří v základním materiálu změnu ve struktuře a vlastnostech. Svarové spoje jsou na konstrukci kritickým bodem, proto jsou na ně kladeny určité požadavky z hlediska vlastností pro daný způsob použití. Rozdělení vad svarových spojů se dle normy dělí do šesti skupin, viz obrázek níže (Obr. 7).



Obr. 7 Rozdělení vad svarových spojů

Zdroj: vlastní zpracování dle (5)

2.7.1 Trhliny ve svarech

Nejproblématictější vada celistvosti ve svarových spojkách a ve svaru jsou nepřijatelné. Vznik trhliny ve svaru může být důsledkem různých příčin a určení konkrétní příčiny může být mnohdy náročné, neboť se na vznik trhliny ve svaru podílí více faktorů. Mezi nejzákladnější druhy trhlín můžeme dělit:

- Trhliny vzniklé za tepla neboli horké trhliny – jedná se o oddělení materiálu, ke kterému dochází při vysokých teplotách podél hranice zrn, když úroveň napětí a rychlost deformace převyšují určitou úroveň. Trhliny za tepla nejčastěji

²² *El-učebnice* [online]. Dostupné z: http://www.el-učebnice.cz/html/sm-3/files/KAPITOLA_4.6_1.html.

vznikají ve svarech ocelí, austenitických ocelí, slitin hliníku, slitin mědi a na bázi niklu.

- Trhliny vzniklé za studena neboli studené trhliny – Tyto trhliny jsou místním porušením, které vzniká následkem kritické kombinace mikrostruktury, napětí a obsahu vodíku. Jsou známé také jako vodíkové trhliny či trhliny zbržděné. Jak z názvu vyplývá, studené trhliny vznikají za nízkých teplot, pod 200°C.
- Žíhací trhliny – vznikají ve vysoce vyhřátém pásmu tepelně ovlivněné oblasti. Například při svařování dalších vrstev svaru, nebo při tepelném zpracování. Častý vznik žíhacích trhlín můžeme pozorovat ve fázi ohřevu na teplotu žíhání v oblasti teplot 200–300 °C dále také v teplotách 500–600 °C a pod návary nízkolegovaných ocelí při navařování austenitickou navařovací páskou.
- Lamelární trhliny – tyto trhliny vznikají u svarových spojů tam, kde je tepelně ovlivněna oblast základního materiálu ve směru tloušťky plechů. Výskyt těchto trhlín můžeme pozorovat zejména u koutových svarů. Lamelární trhliny se řadí k trhlinám za studena i přes to, že jejich vyvolání může být spojováno s defekty vzniklými při vysokých teplotách.²³

2.7.2 Dutiny ve svarech

Plynové dutiny vznikají obzvláště konsekvencí klesající rozpustnosti plynů v tavenině s klesající teplotou a jejich patrně rozdílnou rozpustností v tuhém a tekutém stavu. Podle normy rozeznáváme následující druhy dutin ve svaru:

- póry – plynové dutiny převážně kulovitěho tvaru,
- rovnoměrná pórovitost – Jak název napovídá, jde o rovnoměrně rozmístěné póry ve svarovém kovu,
- protáhlý pór – Protáhlá nekulová dutina s největším rozměrem orientovaným téměř rovnoběžně s osou svaru,
- shluk pórů – Řada pórů orientovaná rovnoběžně s osou svaru,

²³ NEUMANN, Heinz. *Teorie svařování a pájení*.

- červovitý pór – dutina trubičkového tvaru a uspořádání ve svarovém kovu způsobená uvolňováním plynu,
- povrchový pór – pór, který vystupuje na povrch svaru,
- povrchová pórovitost – pórovitost objevující se na povrchu svaru.²⁴

2.7.3 Pevné vměstky

ČSN EN ISO 6520-1 charakterizuje pevné vměstky jako tuhá cizí látka zachycená ve svarovém kovu. Pevné vměstky mohou vznikat v různých fázích vzniku svarového spoje. Podle zmíněné normy se rozeznávají následující druhy pevných vměstků:

- struskový vměstek – tuhý vměstek ve formě strusky,
- tavidlový vměstek – tuhý vměstek ve formě tavidla,
- oxidický vměstek – tuhý vměstek ve formě kovového oxidu,
- oxidický povlak – oxidický povlak způsobený kombinací nedostatečné ochrany proti přístupu vzduchu a turbulence ve svarové lázni,
- kovový vměstek – tuhý vměstek ve formě cizího kovu.

2.7.4 Studené spoje a neprůvary

ČSN EN ISO 6520-1 charakterizuje studené spoje jako nedostatečné spojení mezi svarovým kovem a základním materiálem nebo mezi jednotlivými vrstevkami svarového kovu. Můžeme pozorovat výskyt těchto případů:

- studený spoj v kořeni,
- studený spoj na svarové ploše,
- studený spoj mezi housenkami,
- mikro-studený spoj.

²⁴ NEUMANN, Heinz. *Teorie svařování a pájení*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-171-9.

Neprůvar výše uvedená norma definuje jako rozdíl mezi skutečným a předepsaným průvarem. Do skupiny neprůvarů a studených spojů dále patří naprovařený kořen, který vzniká v případě, že jedna nebo obě svarové plochy kořene nejsou nataveny.²⁵

3 SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM OBALENOU ELEKTRODOU

Svařování elektrickým obloukem je jednou z vůbec prvních svařovacích metod. Svařování elektrickým obloukem se ve světě začalo objevovat už v 19. století. U tohoto druhu svařování ve většině případů hoří elektrický oblouk mezi elektrodou a základním materiálem. Svařování elektrickým obloukem patří do skupiny tavného svařování, při kterém dochází k natavení svarových ploch základního materiálu a přídavného materiálu teplem od elektrického oblouku. Při svařování elektrickým obloukem se velmi často jako elektroda volí elektroda obalená. Svařování elektrodou obalenou je jeden z mnoha druhů svařování elektrickým obloukem. Elektroda se při tomto druhu svařování připojuje pomocí držáku a kabelu k jednomu pólu zdroje. Druhý pól je zemnicí svorkou tzv. „kostra“²⁶

3.1 Svařovací oblouk

Jedná se o elektrický výboj kruhového průřezu, který prochází horkým ionizovaným plynem. Pro svařovací oblouk je charakteristické napětí mezi 10 a 50 V a svařovací proud mezi 10 až 2000 A. V oblouku jsou na žhavé katodě uvolňovány elektrony, ty procházejí sloupcem oblouku a jsou odváděny anodou. Teplota oblouku přesahuje 5000 °C.

3.1.1 Části svařovacího oblouku

Části svařovacího oblouku se rozdělují takto:

- katodová skvrna – Část povrchu žhavé katody. Dle geometrie a teploty katody se rozděljuje na stabilní anebo se po povrchu katody přemísťuje,
- oblast katodového úbytku napětí – Prostor, který je v těsné blízkosti katody o tloušťce asi 0,1 mm,

²⁵ NEUMANN, Heinz. *Teorie svařování a pájení*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-171-9.

²⁶ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

- sloupec oblouku – Prostor mezi elektrodami, zřetelně září a jeho teplota překračuje hodnotu 5000 °C. Co se týče poklesu napětí, v této oblasti je rovnoměrný a závisí na délce oblouku,
- oblast anodového úbytku napětí – Leží u anody a má malou tloušťku. Dochází tam k rychlému úbytku napětí,
- anodová skvrna – Oblast na anodě, kde jsou absorbovány elektrony.²⁷

3.2 Bezpečnostní hlediska při svařování elektrickým obloukem

Pro bezpečnost práce při svařování elektrickým obloukem je nutné se řídit bezpečnostními ustanoveními podle ČSN 05 0600, ČSN 05 0601, ČSN 05 0630, ČSN 05 2208 a ČSN 05 2209. Mezi důležité zásady pro bezpečnost při svařování elektrickým obloukem patří:

- svařovaný, a tedy zahřátý výrobek bude svářeč brát do kleští,
- svářeč zkontroluje, zda svařovací zařízení či vodiče nenesou známky poškození,
- svářeč bude vybaven správným oblečením pro svařování a zapnutý až ke krku,
- svářeč se seznámí s návodem na obsluhu konkrétního, používaného svařovacího zařízení,
- svářeč zkontroluje, zda v okolí nejsou přítomné hořlavé, výbušné a jiné nebezpečné látky,
- svářeči musí být seznámeny s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem,²⁸
- svářeč na pracovišti bude udržovat pořádek a bude mít pro případ potřeby v okolí potřebné vybavení (kladivo, ocelový kartáč, pilník atd.),
- spustí odsávací zařízení,
- při nedostatku denního světla na pracovišti zapne umělé osvětlení,
- v kukle bude mít ochranný skleněný svářečský filtr se stupněm ochrany který, je určený pro daný druh sváření,
- vzorek na svařování si připraví tak, aby ho mohl pohodlně svařovat,

²⁷ MINAŘÍK, Václav. *Obloukové svařování*.

²⁸ MUSIL, Miloslav a Jaromír MORAVEC. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: výukové materiály pro kurzy Mezinárodní svářečský inženýr IWE, Mezinárodní svářečský technolog IWT*.

- při očištění svařeného materiálu a jeho strusky bude mít svářeč nasazené ochranné průhledné brýle.

3.3 Svařovací zdroje

Svařovací zdroje je možné rozdělit na dvě základní skupiny – těmi jsou svařovací zdroje točivé a svařovací zdroje statické.

Točivé zdroje se skládají z motoru, který je elektrický nebo spalovací a dále se skládá z dynama s budícím vinutím pro regulaci proudu. Tento způsob se využívá většinou ve spojení se spalovacím motorem pro svařování v extrémních podmínkách, kde není možnost napojení na elektrorozvodnou síť, protože tento způsob je velmi hlučný, má vysokou spotřebu proudu naprázdno a hmotnost je příliš velká.

Statické zdroje se rozdělují na svařovací transformátory, svařovací usměrňovače se síťovým transformátorem a bez síťového transformátoru.

Svařovací zdroje pro svařování elektrickým obloukem musí splňovat specifické požadavky kterými jsou:

1. bezpečná konstrukce dle platných norem a předpisů,
2. napětí naprázdno musí odpovídat druhu proudu a prostředí kde se svařuje,
3. statická charakteristika musí odpovídat způsobu svařování,
4. dynamická charakteristika musí být taková, že v případě zkratu rychle vzroste svařovací napětí,
5. zařízení musí být odolné vůči krátkodobým zkratům,
6. napětí či proud musí být regulován tak, jak to vyžaduje metoda svařování.²⁹

3.3.1 Zdroje pro svařování střídavým proudem

Při svařování střídavým proudem, který se značí „AC“ se používají jednofázové transformátory. Konstrukce transformátoru tvoří železné jádro, kolem kterého jsou navinuta primární a sekundární vinutí. V současnosti se transformátory používají jen pro méně náročné práce.

²⁹ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

3.3.2 Zdroje pro svařování stejnosměrným proudem

Při svařování stejnosměrným proudem, který se značí „DC“ se používají svařovací agregáty což jsou například rotační svářečky. Dále svařovací usměrňovače, které mají za síťový transformátor řazený elektronicky řízený usměňovací člen, který dává stejnosměrný proud s možností různých průběhu intezity proudu v rámci stanovené svařovací periody.³⁰

3.4 Základní druhy používaných elektrod

Při volbě průměru elektrody se postupuje podle tloušťky materiálu, tvaru a plochy svaru. Elektrody jsou vyráběny v rozměrové řadě průměru 1,6 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3,15 mm, 4 mm, 5 mm, 6,3 mm a 8 mm. Elektrody, které jsou požívané při svařování elektrickým obloukem se skládají z kovového jádra a obalu. Obal elktrody je směsí organických a anorganických látek a výrazně ovlivňuje celý průběh a vlastně i celkový výsledek svařování. Obal elektrody má tyto funkce:

1. Metalurgická funkce obalu elektrody

K vytvoření svaru s potřebným chemickým složením se musí zabránit přístupu vzduchu tak, že část látek v obalu elektrody se zplyňují a vytváří tak ochrannou clonu kolem elektrického oblouku a tavné lázně. Následná vytvořená struska na housence svaru musí zpomalit ochlazování svaru a tím podpořit vznik příznivých struktur.

2. Fyzikální funkce obalu elektrody

Obal elektrody má za úkol usnadňovat svařování v různých polohách a dobře formovat povrch svarové housenky.

3. Elektrická funkce obalu elektrody

Ionizační obal, který obsahuje látky zlepšující ionizaci v mezeře a stabilitu oblouku

3.5 Základní druhy obalů elektrody

Obaly elektrody se dělí podle chemického složení a reakcí vytvořené strusky na následující skupiny.

³⁰ DVOŘÁK, Milan. *Technologie II.*

3.5.1 Obaly elektrody kyselé

Tyto obaly obsahují oxidy železa a křemíku jejich velkou výhodou je velká pracovní výkonnost dále je pro ně charakteristický velký závar, elektrický oblouk při využití těchto elektrod má vysokou teplotu a je stabilní. Nevýhodou využití těchto elektrod je tekutost kovu a strusky, která je při svařování velmi vysoká, a proto se nehodí k využití při svařování v polohách. Sama struska je ale velmi lehce odstranitelná a tyto obaly lze využít jak pro stejnosměrný proud „DC“ tak pro proud střídavý „AC“. ³¹

3.5.2 Obaly elektrody bazické

Oproti obalům elektrody kyselým, tyto obaly neobsahují oxidy železa. Základem obalu tvoří převážně uhličitany. Elektrický oblouk při svařování elektrodami s bazickým obalem nedosahuje takové teploty jako elektrody s obalem kyselým. Elektroda během svařování se odtavuje po velkých částech a tavná lázeň rychle chladne a následně tuhne. Nespornou výhodou je, že elektrody s tímto obalem lze využít pro svařování ve všech polohách. Nevýhodou oproti předchozím obalům je jejich použití primárně pro stejnosměrný proud „DC“. Při svařování jsou tyto obaly náchylné na vlnutí a tím dochází ke vzniku pórů při svařování. Výsledkem je ale kvalitní svarový kov, který je vhodný pro dynamické namáhání.

3.5.3 Obaly elektrody rutilové

Tento obal elektrody obsahuje oxid titaničitý neboli rutil, který v kombinaci s uhličitany, silikaty a dalších vhodných přísad vytvoří strusku s velmi dobrými redukčními a fyzikálními vlastnostmi. Obaly rutilové jsou vhodné pro svařování ve všech polohách. Tavná lázeň je velmi snadno ovladatelná a struska snadno odstranitelná. Během svařování elektrodou s obalem rutilovým svarový kov teče poměrně hustě a rychle tuhne a tím umožňuje překlenutí větších mezer, které jsou důsledkem nedokonalé přípravy. Závar těchto elektrod s rutilovým obalem je poměrně malý. Elektrody nejsou citlivé na přetížení. Stejně jako u elektrody s kyselým obalem lze s těmito elektrodami svářet jak na střídavý „AC“ tak na stejnosměrný „DC“ proud.

Kromě těchto obalů jsou dále vytvářeny elektrody s obalem stabilizačním, organicko-rutilovým, celulozovým a ze solé halových prvků.³²

³¹ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

³² *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

3.5.4 Značení obalů elektrod

- A – kyselé obal
- B – bazický obal
- C – celulózový obal
- R – rutilový obal
- RA – rutil-kyselé obal
- RB – rutil-bazický obal
- RC – rutil-celulózový obal
- RR – rutilový tlustý obal³³

3.6 Postup při svařování elektrickým obloukem

3.6.1 Příprava materiálu

Vhodná příprava materiálu pro svařování je nedílnou součástí svařování a je velmi důležitá pro správný výsledek svařování. Nejdůležitější požadavky, které jsou kladeny na materiál před jeho svařováním jsou, aby materiál který, bude svařovaný byl dokonale čistý, měl správný tvar a správný rozměr svarových ploch. Dokonalé očištění je velmi důležité, materiál musí být zbaven barev, mastnot včetně vody či vlhkosti, okují a rzi. Očištění materiálu se provádí pomocí ocelového kartáče, pilováním, broušením a tak podobně. Svařování se může zahájit až v době, kdy je materiál dokonale zbaven všech nečistot a mastnot. Co se týče úpravy materiálu, tak ta závisí na tloušťce svařovaného materiálu. Tedy při svařování tenkých materiálu se okraje materiálu mohou kolmo zastříhnout (do 4 mm). Kdežto u svařování materiálů s větší tloušťkou se vytváří dostatečné otupení, hrana nesmí zůstat ale ostrá, protože v ostré hraně by se materiál mohl přehřívat.

3.6.2 Samotné svařování

Pro vytvoření kvalitního sváru, a tedy pro dokonečnou úspěšného svařování je důležitá schopnost svářeče vytvořit během svařování dostatečně velkou a teplou svarovou lázeň. Velikost a teplota svarové lázně se dá ovlivnit volbou průměru elektrody, velikosti svařovacího proudu a v neposlední řadě také rychlostí postupu svařování. Pokud svářeč svařuje kořenové housenky, tenké plechy anebo sváry v různých polohách, je zde vhodné využít menší průměr obalené elektrody. Naopak u svařování krycí vrstvy či výplně v základní

³³ BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro kurz svařování metodou 111: (ruční obloukové svařování obalenou elektrodou).*

poloze využijeme obalené elektrody s větším průměrem. Co se týče intenzity či velikosti svařovacího proudu, ten se většinou volí podle doporučení výrobce daných obalených elektrod a můžeme je najít na obalu od elektrod. Menší hodnoty svařovacího proudu se volí při svařování kořenových housenek, svařování v obtížných polohách, kde by vysoká hodnota svařovacího proudu neumožnila kvalitně zhotovenou svarovou housenku a také v místech, kde je nižší odvod tepla svarkem. Naopak v případě svařování výplňových a krycích vrstev či v místech kde je odvod tepla svarkem vyšší, se využijí vyšší hodnoty svařovacího proudu. Během svařování je velmi důležité udržovat konstatní postupovou rychlost tak, aby elektrický oblouk hořel v kraji svarové lázně a struska nikdy nepředbíhala oblouk.³⁴

3.6.3 Nastavení svařovacího proudu

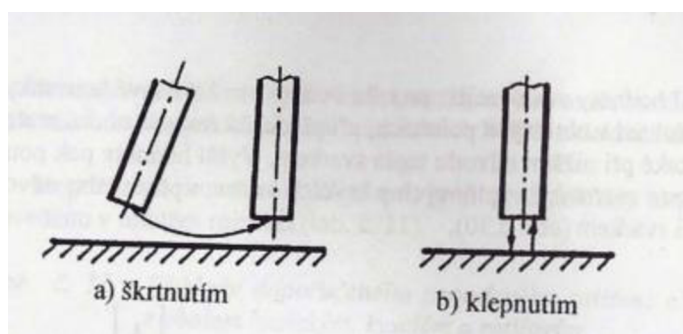
Svařovací proud se nastavuje vždy před zahájením svářečské práce podle údajů uvedených na obalu výrobcem elektrod. Svařovací proud se volí dle přípustného proudového rozmezí podle polohy svařování. Vyšší hodnoty z přípustného proudového rozmezí se volí pro rychlé svařování koutových svarů do úžlabí. Střední hodnoty z přípustného proudového rozmezí se volí pro svařování v poloze vodorovně shora. Nižší hodnoty z přípustného proudového rozmezí se volí pro svařování svislých svarů. V případě, že svářeč pracuje se svářečkou, se kterou dosud nesvářel a jemu tedy neznámá a na níž není označeno nastavení proudu, při volbě svařovacího proudu zvolí raději nastavení vyššího svařovacího proudu a postupně ubírá, protože vyšší svařovací proud je pro kvalitu svaru méně nebezpečný a destruktivní jak nastavený svařovací proud malý. Při nastavení příliš nízkého svařovacího proudu hrozí tvorba studených spojů, dále zhasínání oblouku, obalená elektroda se během postupu svařování lepí ke svařovanému materiálu a je tedy těžké udržet oblouk normální délky, což má za důsledek různé defekty ve svařovací housence. Naopak pokud svářeč zvolí příliš vysoký svařovací proud, pozná to tak, že se během svařování elektroda žhaví, svarový kov se rozstříkuje a při svařování oblouk „prská“, což má za důsledek to, že tavná lázeň dosahuje širokých rozměrů a kresba housenky je protáhlá a špičatá. Navíc se mohou objevovat zápaly. Správně nastavený svařovací proud se pozná podle eliptické kresby housenky a svarový kov přechází do základního kovu plynule.³⁵

³⁴ BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek.*

³⁵ MINAŘÍK, Václav. *Obloukové svařování. 2., aktualiz. vyd. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003, c1998. ISBN 80-718-3285-5.*

3.6.4 Zapálení elektrického oblouku

Elektrický oblouk se zapaluje pouze v místě, kde vznikne budoucí svar. Zapálení elektrického oblouku spočívá ve škrtnutí případně klepnutí elektrody o základní materiál. Ve chvíli škrtnutí či klepnutí elektrodou o základní materiál je elektroda kolmo a následně při postupu svařování se nakloní. Délka elektrického oblouku přibližně odpovídá průměru zvolené elektrody. Na obrázku níže (Obr. 8) vidíme možnosti zapálení elektrického oblouku.



Obr. 8 Zapálení elektrického oblouku

Zdroj: (1)

3.6.5 Postup svařování

Během svařování obalenou elektrodu vedeme pod určitým sklonem, který závisí na poloze, ve které svařujeme. Sklon elektrody je důležitý, neboť úprava sklonu má vliv na případné foukání oblouku, a to se následně může projevit především na okrajích svarku. Při napojení svarové housenky zapálíme elektrický oblouk na konci svarové housenky, případně až za koncem a přeneseme oblouk zpět až k jeho nejvyššímu místu tak, aby housenka plynule navázala a pokračovala ve svařování. Při ukončování svařování se s elektrodou mírně vrátíme tak, abychom vyplnili koncový kráter a potom oddálením elektrody přerušíme elektrický oblouk. Kořenové housenky se svařují přímočarým pohybem bez kývání elektrody. Před nanesením každé další vrstvy housenky musíme odstranit strusku z předchozí vrstvy.³⁶

3.6.6 Vady svařování

Při svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou se může vytvořit několik druhů vad svařování. Každá vada má ale svou prevenci, se kterou lze vadám svaru předejít.

³⁶ BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek.*

1. Plynové dutiny – k předejití plynových dutin je potřeba řádně očistit základní materiál. Při volbě obalených elektrod vybrat ty, které jsou zcela vysušené. Dále nesvařovat ve velkém průvaru, nenatahovat oblouk, a nakonec zvolit správné parametry svařování tedy hlavně zvolit správný svařovací proud.
2. Struskové vměstky – k předejití struskových vměstků je potřeba řádně očistit předcházející housenky. Důležité je také aby při svařování struska nepředběhla oblouk. Správně zvolení svařovacího proudu. Při malém svařovacím proudu je vytvoření struskových vměstků vyšší.
3. Neprovařený kořen nebo naopak nadměrně protelký kořen – důležité k předejití špatně provařeného nebo přespříliš proteklého kořene je důkladně připravit svařové plochy a zvolit správné parametry svařování.
4. Studený spoj – pro vyhnutí se studenému spoji je důležité zvolit optimální parametry svařování případně je na svářeči samotném, aby lépe vedl obalenou elektrodu jejíž vedení může mít za důsledek špatné provaření, a tedy vytvoření studeného spoje.
5. Trhliny – trhlinám ve svaru se dá vyhnout zabráněním rychlého ochlazování svarku – proto vždy necháme svar vychladnou samovolně, a ne ihned chlazení vodou. A také při ukončování svaru vyplnit koncový kráter.
6. Zápaly – nepoužitím nadměrné intenzity proudu se vyhneme vytvoření zápalů.
7. Nadměrné převýšení – abychom se vyhnuli nadměrnému převýšení svaru je důležité zvolit správnou postupovou rychlost, použít menší průměr elektrody a také správně rozvrhnout výplňové vrstvy.
8. Dotek elektrody – vada spíše optická, nikterak nemusí poškodit svar jako takový, ale je možné se jí vyhnout jednoduchým způsobem – oblouk zapalovat pouze v místě budoucího svaru.
9. Rozstřík – vyhnutí se rostříku můžeme správným očištěním svarku a dodržením správné polaroty svařovacího proudu. ³⁷

³⁷ BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí): se souborem testových otázek.*

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1.1 Pracovní list – Svařování plamenem

Základní informace

- Jedna z nejstarších svařovacích metod.
- Sváření plamenem se také říká autogen.
- Patří do skupiny svařování teplem.
- Nejčastěji se využívá směs kyslíku a acetylenu.
- Teplota plamene směsice kyslíku s acetylenem dosahuje až 3 200 °C.
- Základní materiál – materiál, který je svařován.
- Přídavný materiál – materiál, který je přidáván během procesu svařování, mezi něž patří například dráty u svařování plamenem, elektrody při svařování elektrickým obloukem případně tyčinky, tavidla atd.
- Svarová lázeň – tento pojem nastává v době, kdy se materiál pomocí svařování roztaví a vytvoří tedy svarovou lázeň. Svarovou lázeň po ztuhnutí nazýváme svarovaným kovem.
- Svarové plochy – plochy základního materiálu, které jsou během procesu svařování nateveny a je na nich vytvořena svarová lázeň.
- Dalšími druhy plynů používané pro svařování plamenem jsou svítiplyn, vodík nebo propan-butan.
- Využívá se pro svařování plechů do 4 milimetrů.³⁸

Kyslík

- Nejdůležitější plyn pro svařování plamenem.
- Bez kyslíku není možné vytvořit hořlavou směs.
- Jeho chemická značka je O.
- Bezbarvý plyn.
- Nemá zápach.

³⁸ BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek.*

- Pro průmyslové účely se kyslík vyrábí destilací kapalného vzduchu, v menší míře elektrolýzou vody.³⁹

Acetylen

- Hořlavý plyn, který se nejčastěji využívá pro svařování plamenem.
- Chemická značka acetyleny je C₂H₂.
- Patří do skupiny uhlovodíků.
- Je lehčí než vzduch, stoupá ke stropu.
- Dolní mez výbušnosti jsou přibližně 2 %.
- Horní mez výbušnosti přibližně 80 %.⁴⁰

Druhy svarů

- Druhy svarů svařováním plamene se dělí do dvou základních skupin:
 1. Podle poměru kyslíku a acetyleny v plamenu.
 - a) Neutrální plamen – poměr kyslíku a acetyleny je 1-1,2:1.
 - b) Redukční plamen – přebytek acetyleny >1
 - c) Oxidační plamen – přebytek kyslíku > 1,2
 2. Podle výstupní rychlosti.
 - a) Měkký plamen – výstupní rychlost je 70-100 metrů za sekundu.
 - b) Střední plamen – výstupní rychlost je 100-120 metrů za sekundu.
 - c) Ostrý plamen – výstupní rychlost je nad 120 metrů za sekundu.⁴¹

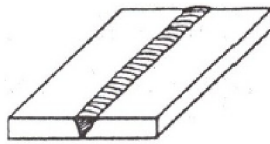
Typy svarových spojů

1. Podle účelu
 - a) Nosné
 - b) Těsnící
 - c) Stehové
 - d) Spojovací
2. Podle vzájemné polohy svařovaných součástí
 - a) Tupé

³⁹ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

⁴⁰ *EBOZP: Encyklopedie BOZP [online]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Acetylén>.*

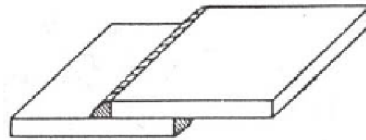
⁴¹ *DVOŘÁK, Milan. Technologie II.*



Obr. 9 Tupý svarový spoj

Zdroj: (6)

b) Překlátované

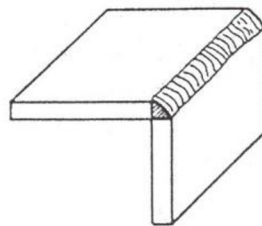


Obr. 10 Překlátový svarový spoj

Zdroj: (6)

1. Podle vzájemné polohy svařovaných součástí

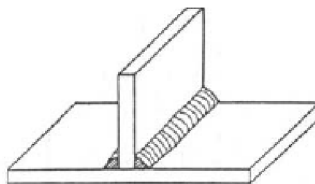
a) Rohové



Obr. 11 Rohový svarový spoj

Zdroj: (6)

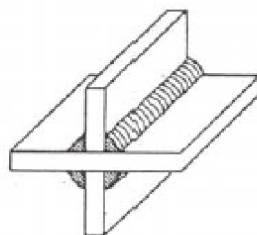
b) Typu „T“



Obr. 12 Typu "T" svarový spoj

Zdroj: (6)

c) Křížové



Obr. 13 - Křížový svarový spoj

Zdroj: (6)

Postup svařování

1. Svařování dopředu neboli doleva – přídavný materiál se vede před hořákem směrem doleva. Hořák je veden v úhlu 45° .
2. Svařování dozadu neboli doprava – hořák postupuje ve směru svařování zleva doprava a přídavný materiál se vede za hořákem. Sklon hořáku k materiálu je cca $30-75^\circ$.

Svařovací hořák

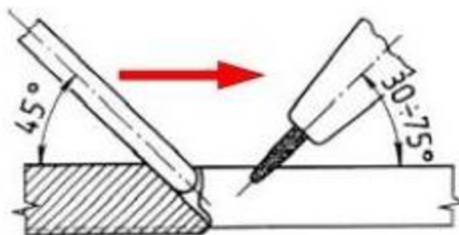
- Slouží ke svařování plamenem.
- Uvnitř dochází ke smísení hořlavého a oxidujícího plynu.

Druhy hořáků:

- a) Nízkotlaké (injektorové)
- b) Vysokotlaké
- c) Speciální⁴²

⁴² Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.

1. Vyjmenuj tři typy svarových spojů podle účelu:
2. Vyjmenuj tři typy svarových spojů podle vzájemné polohy
3. O jaký postup svařování jde a co o něm víš?



Obr. 14 Postup svařování

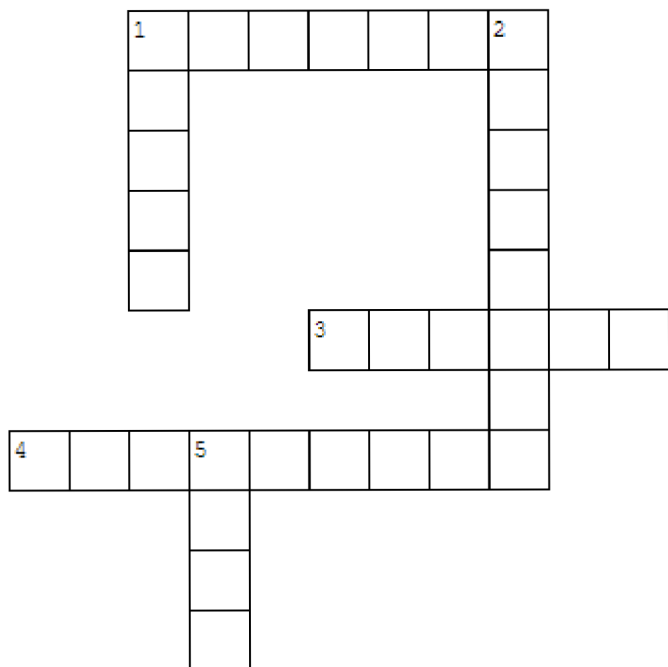
Zdroj: (9)

4. Dopln chybějící slova:

Svařování plamenem patří do skupiny sváření Jiný název pro svařování plamenem je Nejčastěji se využívá směs kyslíku a Tato směsice dosahuje teploty až Dalšími druhy plynů používané pro svařování plamenem jsou, nebo Využívá se pro svařování plechů do milimetrů. Výstupní rychlost 70-100 metrů za sekundu platí pro plamen. Chemická značka kyslíku je Výstupní rychlost ostrého plamene se pohybuje okolo metrů za sekundu. U plamene s přebytkem kyslíku větší jak 1,2 mluvíme o plamenu

5. Nakresli zjednodušený nákres svaru typu „T“.

6. Vyplň křížovku



Svisle:

1. Předmět, který slouží pro vytvoření směsice hořlavého plynu s oxidačním.
2. Základní hořlavý plyn
5. Svarový spoj podle vzájemné polohy svařovacích ploch.

Vodorovně:

1. Vlastnost plynu, která definuje, jestli plyn při úniku bude stoupat nebo klesat.
2. Nejdůležitější plyn pro sváření
4. další plyn využívaný pro svařování plamenem

7. Vysvětli základní pojmy:

- Základní materiá:
- Přídavný materiál:
- Svarová lázeň:
- Svarové plochy:

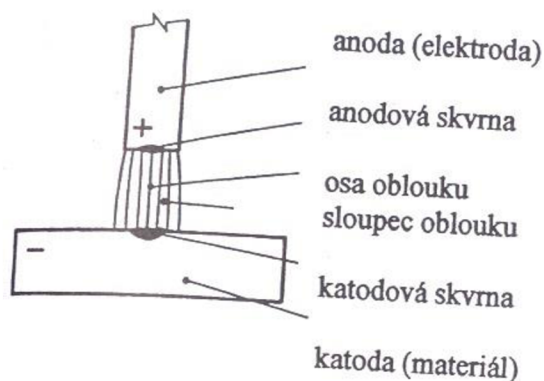
4.1.2 Pracovní list - sváření elektrickým obloukem obalenou elektrodou

Základní informace

- Jedna z prvních svařovacích metod.
- Patří do skupiny tavného svařování.
- Svařuje se obalenou elektrodou.
- Elektroda se připojuje pomocí držáku a kabelu k jednomu pólu zdroje, druhý pól je zemnicí svorka tzv. „kostra“.
- Střídavý proud se značí AC.
- Stejnosměrný proud se značí DC.⁴³

Části svařovacího oblouku

1. Katodová skvrna
2. Oblast katodového úbytku napětí
3. Sloupec oblouku
4. Oblast anodového úbytku napětí
5. Anodová skvrna⁴⁴



Obr. 15 Části svařovacího oblouku

Zdroj:(4)

Druhy obalů

1. Kyselé obaly značení „A“
2. Bazické značení „B“
3. Celulózový obal značení „C“
4. Rutilový obal značení „R“
5. Rutilový-kyselý obal značení „RA“

⁴³ Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.

⁴⁴ MINAŘÍK, Václav. Obloukové svařování.

6. Rutilový-bazický obal značení „RB“
7. Rutilový-celulózový obal značení „RC“⁴⁵

Zapálení elektrického oblouku

Elektrický oblouk se zapaluje pouze v místě, kde vznikne budoucí svar. Zapálení elektrického oblouku spočívá ve škrtnutí případně klepnutí elektrody o základní materiál. Ve chvíli škrtnutí či klepnutí elektrodou o základní materiál je elektroda kolmo a následně při postupu svařování se nakloní.⁴⁶

⁴⁵ *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů.*

⁴⁶ BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek.*

1. Vyjmenuje alespoň 5 druhů obalů i s jejich zkratkami.

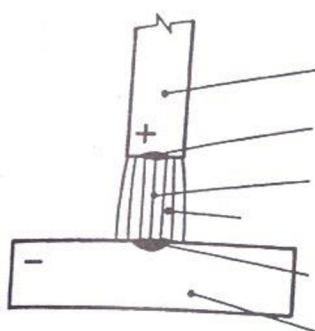
2. Vyjmenuj části svařovacího oblouku.

3. Co je to „kostra“?

4. Popiš vlastními slovy zapálení elektrického oblouku.

5. Jak se značí střídavý a stejnosměrný proud?

6. Popiš obrázek



Obr. 16 Části elektrického oblouku

Zdroj: (4)

4.1.3 Test na všeobecnou bezpečnost technologie svařování plamenem

1. Svářečské práce mohou vykonávat:

- a) Všechny osoby starší 18 let.
- b) Osoby, které prošly úspěšně svářečským kurzem.**
- c) Všechny osoby.
- d) Osoby, které si na sváření dostatečně věří.

2. Vzdálenost od látek hořlavých či výbušných je:

- a) 5 metrů
- b) 10 metrů**
- c) 15 metrů
- d) 13 metrů

3. Při svařování v uzavřené nádobě stojí bezpečnostní pozorovatel:

- a) Vedle svářeče.
- b) Mimo uzavřenou nádobu.**
- c) Není vůbec přítomen.
- d) Stojí na místě, kde je dostatečný signál na zavolání záchranné služby.

4. Láhev acetylenu má barvu:

- a) Bílou
- b) Kaštanovou
- c) Modrou
- d) Červenou**

5. Minimální délka hadic je:

- a) 3 metry
- b) 5 metrů**
- c) 8 metrů
- d) 6 metrů

6. Horní mez výbušnosti acetylenu je:

- a) 75 %
- b) 47 %
- c) 60 %
- d) 80 %**

7. Dolní mez výbušnosti acetylenu je:

- a) 6 %
- b) 11 %
- c) 2 %
- d) 3 %

8. Před začátkem svařování svářeč zkontroluje zda:

- a) Nejsou v okolí hořlavé látky.
- b) Není v okolí mnoho lidí.
- c) Je svářečské místo dostatečně osvětleno.
- d) Má čistou svářečskou zástěru.

9. Osoby mladší 18 let mohou svařovat v případě:

- a) Se vyučili v daném oboru a mají platný svářečský průkaz.
- b) Se vyučili v daném oboru a umí svářet.
- c) Mají ústní svolení svářečského technologa
- d) Nemohou vůbec svářet.

10. Osoby, které nemají platnou zdravotní prohlídku:

- a) Nemohou provádět svářečské práce.
- b) Mohou provádět svářečské práce pod dohledem dospělé osoby.
- c) Nemohou provádět svářečské práce, pokud se na to sami necítí.
- d) Mohou provádět svářečské práce pod dohledem osoby s platným svářečským průkazem.

11. Pozorovatel může vstoupit do uzavřené nádoby v případě:

- a) Že udělal vše pro svou bezpečnost.
- b) Je svářeč v bezvědomí.
- c) Že mu potřebuje říct něco důležitého.
- d) Že se mu nezdá postup svařování vykonávaný svářečem.

12. V případě že se hořák přehřeje nebo dojde ke zpětnému šlehnutí:

- a) Je nutné nastavit okamžitě měkký plamen.
- b) Je nutné vypnout plamen a nahlásit to starší osobě v okolí.
- c) Je nutné vypnout plamen a schladit ho ve vodě.
- d) Vypnout plamen a počkat až se sám schladí.

13. U neutrálního plamene je poměr kyslíku a acetylenu:

- a) 1:2
- b) 1-1,2:1**
- c) 2:1
- d) 3:1

14. Před připojením redukčních ventilů k acetylenové láhvi je nutné:

- a) Odstranit veškeré nečistoty a mastnoty na redukčním ventilu.
- b) Zkontrolovat správné barevné označení láhve.
- c) Nemusí se nic kontrolovat.
- d) Odstranit veškeré nečistoty a mastnoty na redukčním a lahvovém ventilu.**

15. Teplota kyslíku-acetylenového plamene je:

- a) 2600 °C
- b) 3300 °C
- c) 3200 °C**
- d) 4200 °C

16. Mechanické vlastnosti svařovaného spoje jsou:

- a) U svařování dopředu lepší.
- b) U svařování dozadu lepší.**
- c) U obojího stejné.
- d) Nezáleží na směru svařování, sváří se podle toho, zda je svářeč pravák či levák.

17. Při svařování dopředu se přídavný materiál vede:

- a) Před hořákem.**
- b) Za hořákem.
- c) Není to podstatné.
- d) Vedle hořáku.

18. Metoda svařování plamenem je značená:

- a) ZK 311**
- b) ZK 111
- c) ZK 141
- d) ZK 131

19. Funkce redukčního ventilu je:

- a) Vyrovnává tlak v láhvi na stejnou hodnotu jako pracovní tlak.
- b) Snižuje vysoký vstupní tlak na stejnou hodnotu jako pracovní tlak.**
- c) Redukuje nastavený pracovní tlak.
- d) Zvyšuje nízký vstupní tlak na vyšší pracovní tlak.

20. Hustota acetylenu ve srovnání se vzduchem je:

- a) Acetylen je těžší než vzduch.
- b) Acetylen je lehčí než vzduch.**
- c) Acetylen je stejně těžký jako vzduch.
- d) Není to podstatné.⁴⁷

4.1.4 Test na všeobecnou bezpečnost technologie svařování elektrickým obloukem

1. Bezpečnostní směrnice pro obloukové sváření kovů představují české normy:

- a) ČSN 05 0505 a ČSN 05 0910
- b) ČSN 06 0560 a ČSN 06 05530
- c) ČSN 05 0601 a ČSN 05 0630**
- d) ČSN 05 0605 a ČSN 05 6850

2. Svařovací transformátory dodávají proud:

- a) Stejnoseměrný
- b) Třífázový
- c) Střídavý**
- d) Všechny

3. Po skončení svařování, během přemísťování zahřátého svařeného výrobku svářeč:

- a) Vezme výrobek do rukavice.
- b) Nesmí se ho vůbec dotýkat.
- c) Vezme do rukavice a hodí do vody, aby se rychleji schladil.
- d) Vezme do kleští.**

⁴⁷ Svarbazar [online]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/testy/test311-1.html>.

4. Během práce v nádobách či jiných uzavřených prostorech je nezbytné:

- a) Používat hlavně střídavý proud.
- b) Aby bylo zajištěno odstávání škodlivých látek a následný přívod čistého ničím znečištěného vzduchu.
- c) Používat hlavně stejnosměrný proud.
- d) Svařovat jen za přítomnosti bezpečnostního technika nebo vedoucího.

5. Před započítím svařování, svářeč:

- a) Zkontroluje dostatečné osvětlení v místě svařování.
- b) Zkontroluje, zda v okolí nikdo další nesvařuje.
- c) Zkontroluje, zda svařovací zařízení či vodiče nejsou poškozeny.
- d) Zkontroluje, zda na svařovacím materiálu není přítomná voda.

6. V případě nalezení závady, svářeč postupuje:

- a) Pokud je to možné, závadu odstraní sám.
- b) Odstaví svařovací zařízení a opravu provede pověřený pracovník.
- c) Závadu ohlásí a pokud je to možné, pokračuje v práci.
- d) Závadu ohlásí až dokončí veškeré svářečské práce.

7. Jak postupovat při poskytnutí první pomoci po úrazu elektrickým proudem?

- a) Vyprostit zraněného a následné přivolání lékařské pomoci.
- b) Oznámenit vedoucímu a počkat na jeho instrukce.
- c) Vyprostit zraněného, zahájit srdeční masáž, zavolat lékaře a v poslední řadě oznámit to nadřízenému.
- d) Nejprve to oznámenit nadřízenému, následuje vyproštění, srdeční masáž, a nakonec přivolat lékaře.

8. V jakých jednotkách měříme elektrický proud?

- a) Volt
- b) Ampér
- c) Watt
- d) Joule

9. Co je u držáků na svařování nepřípustné?

- a) Aby se používaly na svařování.
- b) Aby byly chlazeny vzduchem.
- c) Aby byly chlazeny vodou.
- d) Aby byly označené černou barvou.

10. Práce se zvýšeným nebezpečím se provádí:

- a) Jen na ústní příkaz mistra.
- b) **Jen na písemný příkaz prověřeného pracovníka.**
- c) Jen na ústní příkaz vedoucího organizace.
- d) Podle usouzení svářeče.

11. Jaká definice svarku je správná?

- a) Velký kus svaru.
- b) **Výsledný výrobek vytvořený svařováním.**
- c) Přídavný materiál.
- d) Hovorové označení vodicích kleští.

12. Jaké označení má elektroda s rutilovým obalem?

- a) **E-R**
- b) E-B
- c) E-E
- d) E-R-U

13. Střídavý proud se značí zkratkou:

- a) **AC**
- b) AA
- c) DC
- d) DA

14. Zapálení elektrického oblouku:

- a) Zapaluje kdekoliv svářeč usoudí.
- b) Zapaluje na volném místě.
- c) **Zapaluje pouze tam, kde vznikne další svar.**
- d) Zapaluje pouze tam, kde, již svar je.

15. Které z těchto vad, jsou u svaru nepřijatelné?

- a) Póry a bubliny.
- b) Nadměrné převýšení krycí housenky.
- c) Póry a trhliny.
- d) **Studené spoje a trhliny.**

16. Jaká definice svařitelnosti je správná?

- a) Spojování kovů spojem, který vznikl nastavením prostřednictvím elektrického oblouku nebo plamenem.
- b) Chemická charakteristika kovu vyjadřující jeho možnou vhodnost pro svařování.
- c) Mechanická charakteristika kovu vyjadřující jeho nevhodnost pro svařování.
- d) **Souhrnná charakteristika vyjadřující vhodnost kovu pro svařování.**

17. Jak často se musí svařovací vodiče kontrolovat?

- a) **Každý den před zahájením práce.**
- b) Každý měsíc.
- c) Jednou za týden.
- d) Pouze na pokyn vedoucího.

18. Značení metody svařování elektrickým obloukem s obalenou elektrodou je:

- a) ZK 311
- b) ZK 131
- c) **ZK 111**
- d) ZK 141

19. Během případného přemístování svařovacího zdroje na pracovišti:

- a) Svařovací zdroj by měl být vypnutý.
- b) **Svařovací zdroj musí být odpojen od sítě.**
- c) Musí se zacházet s ním tak, aby nedošlo k převržení svařovacího zdroje.
- d) Musí se zacházet s ním tak, aby při přemístování nebyl v okolí nikdo jiný.

20. Pracovníci na pracovišti, kde se svařuje by seznámeni s poskytnutím první pomoci při zásahu elektrickým obloukem:

- a) Záleží na vedoucím.
- b) **Rozhodně musí být.**
- c) Mohou být.
- d) Záleží na jejich zájmu.⁴⁸

⁴⁸ Svarbazar [online]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/testy/test111-2.html>.

4.1.5 Laboratorní cvičení – zkouška destruktivní – rozlomením

Teorie:

Zkouška rozlomením patří do zkoušek svarů destruktivních, tedy že po provedení této zkoušky není svařený materiál vhodný pro svůj účel. Tato zkouška je stanovena dle ČSN EN 1320 a je nejjednodušší zkouškou. Pomocí této zkoušky se ve svaru zjišťuje typ, velikost a rozmístění vnitřních vad jako jsou dutiny, trhliny, studené spoje a neprůvary. Tato zkouška se provádí při závěrečném kurzu svařování nejčastěji svařování elektrickým obloukem koutového svaru. Zkouška spočívá v rozlomení spoje ve svarovém kovu tak, aby bylo možné pozorovat lomovou plochu. Lom může být vyvolán dvěma způsoby, a to buď statickým nebo dynamickým zatížením.^{49 50}

Pomůcky: kleště, svěrák, ocelový kartáč, kladivo, svarek, úhlová bruska

Zadání:

1. Svaření koutového svaru elektrickým obloukem.
2. Nechat svarek vychladnout.
3. Očistit pomocí ocelového kartáče zbývající strusku z housenky.
4. Pomocí úhlové brusky naříznou svar uprostřed housenky.
5. Upnout svarek do svěráku.
6. Pomocí kleští zlomit svarek v naříznuté části.
7. V případě, že se pomocí kleští nepovede, použít kladivo.
8. Následně provést zkoušku vizuální – prohlédnout lom svaru.
9. Hledat dutiny, trhliny, studené spoje atd.
10. Zapsat veškeré informace do protokolu.

Výsledek:

Zjištění případných vnitřních vad svaru.

Přílohy: obrázky, fotky, náčrty atd.

⁴⁹ PODHORA, Jiří. *Destruktivní zkoušení základních materiálů a svarových spojů*.

⁵⁰ ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1810>.

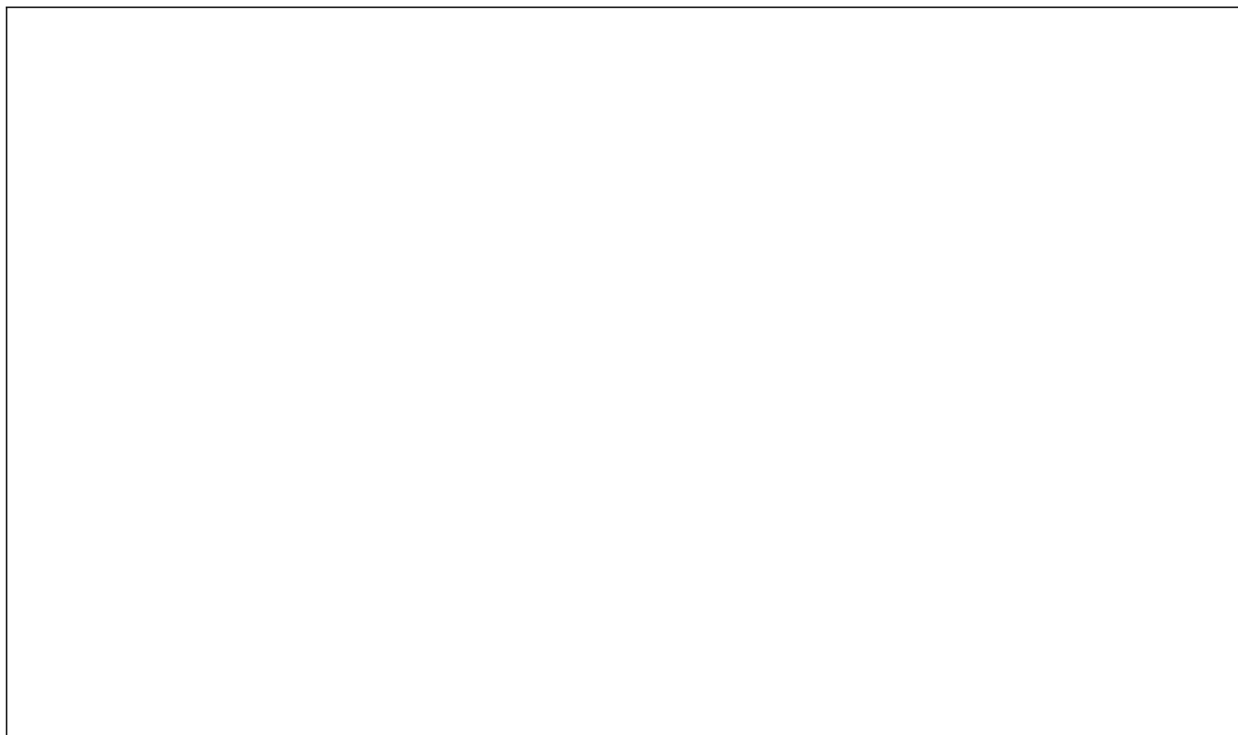
Laboratorní cvičení protokol

Téma:	Školní rok:
Jméno:	Datum:
Příjmení:	Třída:

Postup vlastními slovy:

Výsledek měření:

Závěr:



Přílohy:

5 REALIZACE PRAKTICKÉ ČÁSTI

Dané dílčí aspekty praktické části bakalářské práce se povedlo realizovat na střední odborné škole v Pardubicích. Realizace dílčích aspektů probíhala ve spolupráci s dvaceti studenty mužského pohlaví. Jednalo se o třídu třetího ročníku oboru mechanik plynových zařízení. Studenti již měli nějaké zkušenosti s danými svařovacími technologiemi což bylo považováno za výhodu. Začátek realizace praktické části se odehrával během teoretické výuky, ve které při dvouhodinové výuce nejprve studenti dostali první část pracovních listů – tedy část, ve které je teorie. Po nastudování byla teoretická část mnou vybrána a rozdal jsem druhou část. Některé studenty tato forma ověřování vědomostí bavila více, některé méně. Celkově jsem se ale setkal s pozitivní odezvou. Při vyhodnocení pracovních listů jsem nenašel žádné výraznější chybování a všichni studenti se s tím popasovali velmi dobře. Je možné říci, že na malou chybnost mělo vliv zejména to, jak krátký časový úsek byl mezi přečtení teoretické části a následným vyplňováním praktické části. Kyby jednotlivé části pracovních listů měly mezi sebou delší časový odstup, je pravděpodobné, že by byla chybnost vyšší.

Další část mé praktické náplně bakalářské práce jsem realizoval s tentýž třídou o týden později, tedy během jejich praxe. Sešli jsme se v dílnách dané střední odborné školy. Studenti právě absolvovali další týden svářečského kurzu a tím pádem se mé další dva aspekty z praktické části náramně hodily. Byl to tedy svářečský kurz na svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou to mi však nezabránilo dát studentům testy na všeobecnou bezpečnost při svařování jak na elektrický oblouk, tak na svařování plamenem, neboť kurz svařování plamenem měli již úspěšně za sebou. Po rozdání testů si šli studenti sednout samostatně každý do své kóje ve které svářeli ale měli zde také stůl a židli pro psaní testů. Testy byly rozdány dva, tudíž studenti měli 40 minut na vyplnění. Následně po odevzdání všech testů od studentů jsem je opravil. U testů na svařování plamenem byla zaznamenána menší chybnost zřejmě díky již úspěšně zvládnutému svářečskému kurzu na svařování plamenem. Kdežto u testu na všeobecnou bezpečnost svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou by v současné chvíli prošlo pouze jedenáct z dvaceti studentů, ale věřím, že do konce daného kurzu zlepší své teoretické vědomosti a úspěšně zakončí i tento kurz.

Následovala poslední část mé praktické náplně bakalářské práce, a to laboratorní cvičení na jednoduchou destruktivní zkoušku svaru. Studenti ve svých kójích svařili koutový svár elektrickým obloukem, následně svár nařízli bruskou a zlomili ve svěráku. Poté si daný rozlomený svár kontrolovali každý sám, ale také se podělili s ostatními o své výsledky. Bylo

na studentech vidět, že tato praktická část je baví nejvíce a mezi sebou se mnohdy až chlubili svými výsledky. Následné zapisování do laboratorního archu je už tolik nebavilo. Výsledná laboratorní cvičení byla velmi kvalitně zpracována a byl zde vidět individuální přístup každého studenta, neboť každé laboratorní cvičení bylo ojedinělé. Někteří studenti si s tím dali větší práci a graficky zvýrazňovali různé pojmy. Jelikož to bylo realizováno během výuky a laboratorní archy vyplňovali též během výuky, nebylo možné do laboratorních archů prostřednictvím přílohy přidat obrázky jejich zkoušek svaru ale i přesto, je hodnotím kladně.

Ze svého pohledu realizaci vlastní praktické části bakalářské práce hodnotím velmi kladně. Studenti byli ochotní spolupracovat a ačkoliv, že je některé části bavili více či méně zanechali ve mně velmi pozitivní dojem při jejich práci.

ZÁVĚR

Svařovací technologie je velmi obsáhlá kapitola s mnoha druhy svařovacích technologií. Při výběru svařovacích technologií jsem se zaměřil zejména na v dnešní době stále nejvíce využívané svařovací technologie na středních školách a svářecích dílnách, tedy na svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou a svařování plamenem. Snahou této práce bylo objasnit začínajícím svářečům z řad studentů technologii svařování těmito druhy svařování, dodat dostatečný teoretický základ jak studentům, tak učitelům případně učitelům odborných výcviků. Věřím, že tato práce může dopomoci ke zkvalitnění teoretického základu daných svařovacích technologií, což může vést ke zvýšení kvality svářečů a jejich profesionalitě a také zvýšení konkurence v daném oboru. Zkvalitnění teoretického základu a získání vědomostí nejen o bezpečnosti může v oboru svařování zmenšit riziko zranění svářeče či poškození jeho okolí, neboť právě získané vědomosti mohou svářeči dopomoci ke zlepšení pracovního výkonu ve svařování a zohlednění veškerých bezpečnostních rizik.

Dále bych chtěl říci, že teorie samozřejmě nikdy nenahradí praxi, v nichž si studenti, budoucí svářeči, osvojí veškeré svařovací dovednosti v daných technologiích, ale je důležité, a to nejen v tomto oboru, hledat cesty v nichž nenásilnou formou kvalitně propojíme teorii s praxí neboť k vykonávání jakékoliv práce je podstatné zcela ovládnout jak teoretickou, tak praktickou část. Teoretická část úzce souvisí s praktickou částí a k ovládnutí jakéhokoliv oboru nesmí být vynechána ani jedna z těchto částí neboť skutečný odborník svého oboru ovládá veškeré teoretické i praktické vědomosti a dovednosti.

Věřím, že teoretický základ uvedený v této práci, a následné ověření vědomostí v praktické části formou pracovních listů, testů a laboratorního cvičení v této bakalářské práci je dostačující pro bezchybné zvládnutí svářečské práce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro kurz svařování metodou 111: (ruční obloukové svařování obalenou elektrodou)*. Ostrava: ZEROSS, c2000. Svařování. ISBN 80-857-7177-2.
- BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí): se souborem testových otázek*. 3., aktualiz. vyd. V Ostravě: ZEROSS, c2012. Svařování. ISBN 80-866-9817-3.
- DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
- FRISCHHERZ, Adolf, Paul SKOP a Jiří KNOUREK. *Technologie zpracování kovů: Základní poznatky*. 3. Praha: Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1999. ISBN 80-902110-7-0.
- FROLEC, Ivo. *Kovářství*. Praha: Grada, 2003. Řemesla, tradice, technika. ISBN 80-247-0611-3.
- GRIZMANENKO, Dmitrij L'vovič a G.B. JEVSEJEV. *Svařování a řezání plamenem*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISBN 1803-3288.
- HANUŠ, Josef. *Listy chemické: Časopis věnovaný zájmům technické lučby*. 28. Praha: Spolek chemiků českých, 1904. ISBN 1803-3288.
- HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-718-3244-8.
- KŘÍŽ, Václav. *Svařování plamenem*. 6. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974. ISBN 04-242-62.
- MINAŘÍK, Václav. *Obloukové svařování*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003, c1998. ISBN 80-718-3285-5.
- MUSIL, Miloslav a Jaromír MORAVEC. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: výukové materiály pro kurzy Mezinárodní svářečský inženýr IWE, Mezinárodní svářečský technolog IWT*. Česká Třebová: DOM-ZO 13, 2017. ISBN 978-80-906720-0-0.
- NEUMANN, Heinz. *Teorie svařování a pájení*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-171-9.
- PLEŠINGER, Augustin. *Bezpečnostní předpisy pro svařování plamenem a řezání kyslíkem: příručka pro praxi a školení upravená podle nové vyhlášky z r. 1959*. Praha: Praha: Práce, 1959. ISBN 1-0421-412.

PODHORA, Jiří. *Destruktivní zkoušení základních materiálů a svarových spojů*. Brno: TDS Brno – SMS, 2005. ISBN 80-903-3864-X.

Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.

TMĚJ, Jaroslav, Stanislav JENŠI a Heinz NEUMANN. *Teorie svařování*. 1. Liberec: Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1990. ISBN 80-7083-010-7.

INTERNETOVÉ ZDROJE

Chemie: Vodík [online]. Praha: učebnice WZ, 2020 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <http://ucebnicechemie.wz.cz/index.php?prvek=vodik>

Druhy svarů. In: *Slideplayer* [online]. Zlín: Střední průmyslová škola Zlín, 2012, 2012 [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3733520/12/images/5/Druhy+a+značení+svarů.jpg>
EBOZP: Encyklopedie BOZP [online]. Praha: Encyklopedie BOZP, 2007 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Acetylén>

ELUC [online]. Olomouc: ELUC, 2014 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1810>

El-učebnice [online]. Praha: el-učebnice, 2020 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: http://www.el-ucebnice.cz/html/sm-3/files/KAPITOLA_4.6_1.html

Periodická tabulka: Kyslík [online]. Praha: www.prvky.com, 2017 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/8.html#vyroba>

Sosasou-opvk. *Sosasou-opvk* [online]. Neratovice: Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Neratovice, 2011 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <http://sosasou-opvk.cz/3doc/vmosp/vmosp.pdf>

Svarbazar [online]. ČR: svarinfo, 2007 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/testy/test111-2.html>

Svarbazar [online]. ČR: svarinfo, 2007 [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/testy/test311-1.html>

Základy svařování plamenem [online]. Praha: Veteran wb, 2014 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <https://www.veteranweb.cz/clanky/zaklady-svarovani-plamenem.php>

ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK

- (1) BARTOŠ, Jaroslav. *Učebnice pro základní kurz svařování metodou 111 1.1: (ruční svařování elektrickým obloukem, obalenou elektrodou nelegovaných a nízkolegovaných ocelí) : se souborem testových otázek.*
- (2) *Druhy svariů. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3733520/12/images/5/Druhy+a+značení+svariů.jpg>.*
- (3) DVOŘÁK, Milan. *Technologie II. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.*
- (4) HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2.*
- (5) NEUMANN, Heinz. *Teorie svařování a pájení. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-171-9.*
- (6) *Přehled metod svařování [online]. Olomouc: Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, 2008 [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/strojtech/Lapsanska_prehled_metod_svarovani+++++.pdf*
- (7) *schéma redukčního ventilu [2] - https://player.slideplayer.cz/96/16616801/slides/slide_6.jpg*
- (8) *1 Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologiů.*
- (9) *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologiů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.*

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Značení svarů.....	11
Obr. 2 Rozdělení kyslíkovo-acetylenového plamene dle poměru kyslíků a acetylenu	14
Obr. 3 Rozdělení kyslíkovo-acetylenového plamene dle výstuní rychlosti.....	15
Obr. 4 Schéma redukčního ventilu	16
Obr. 5 Schéma pojistky proti zpětnému šlehnutí	18
Obr. 6 Schéma acetylenovo-kyslíkového plamene.....	21
Obr. 7 Rozdělení vad svarových spojů	23
Obr. 8 Zapálení elektrického oblouku	33
Obr. 9 Tupý svarový spoj	37
Obr. 10 Přepletový svarový spoj.....	37
Obr. 11 Rohový svarový spoj	37
Obr. 12 Typu "T" svarový spoj.....	37
Obr. 13 - Křížový svarový spoj	38
Obr. 14 Postup svařování	39
Obr. 15 Části svařovacího oblouku.....	41
Obr. 16 Části elektrického oblouku	43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Průměry drátů určených ke svařování s ohledem na tloušťku plechu	19
---	----