

Vliv svařovacího plynu na kvalitu svarového kovu

Marek Velecký

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Velecký**
Osobní číslo: **T15972**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv svařovacího plynu na kvalitu svarového kovu**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie na dané téma
2. Spojování plechů svařováním s použitím plynů o různém složení
3. Příprava vzorků pro měření
4. Hodnocení a diskuze zkoumaných veličin

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

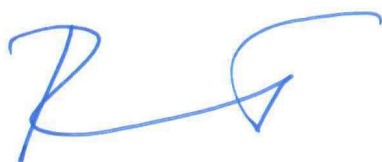
Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

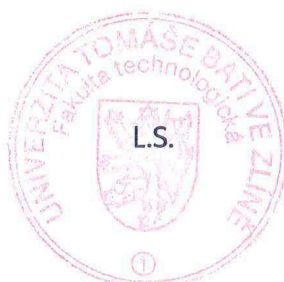
20. května 2016

Ve Zlíně dne 1. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: MAREK VELECKÝ

Obor: PI

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17.05.2016

Marek Velecký

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je řešena ve spolupráci se společností Slovácké strojírny, a.s. se sídlem v Uherském Brodě.

Teoretická část této práce je rozdělena do několika částí. Práce je zaměřena na popis o svařování obecně, metodách svařování a jejich rozdělení, svařovacích plynech, jejich složení, rozdělení a použití vzhledem k jednotlivým metodám svařování, destruktivním i nedestruktivním zkoušením svarových spojů. Praktická část této práce se zabývá problematikou technologie obloukového svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu – 135 (MAG) s použitím aktivních svařovacích plynů vybraného chemického složení, dále pak destruktivním i nedestruktivním zkoušením svarových spojů zhotovených touto technologií, vyhodnocením a doporučením pro použití svařovacích plynů u této technologie.

Klíčová slova: obloukové svařování, svařovací plyny, destruktivní a nedestruktivní zkoušení.

ABSTRACT

This bachelor dissertation is handled in cooperation with Slovácké strojírny, Inc.

The theoretical part is divided into several sections. Welding is generally described therein, welding methods and their division, welding gases, their composition, dissection and use in relation with different welding methods, destructive and non-destructive testing of welds. The operative part deals with the technology of arc melting electrode welding in a protective atmosphere of active gas - 135 (MAG) using active welding gases of selected chemical composition, as well as destructive and non-destructive testing of welds made by this technology, evaluation and recommendations for use of welding gases with this technology.

Keywords: arc welding, welding gases, destructive and non-destructive testing.

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych rád poděkoval několika lidem, kteří se podíleli na vzniku této práce, zejména vedoucímu své bakalářské práce, **Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D.** za jeho odborné vedení a poznatky, **Ing. Pavlu Klonovi**, svařovacímu inženýru a vedoucímu svářečské školy Slováckých strojírén, a.s., rovněž za odborné vedení a poznatky při zpracování této práce, dále panu **Jaroslavu Svobodovi**, svařovacímu praktikovi za ochotu a pomoc při svařování vzorků a v neposlední řadě velké díky patří mé rodině za trpělivost, pomoc a podporu po celou dobu mého studia.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně.....

.....

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SVAŘOVÁNÍ	12
1.1 HISTORIE SVAŘOVÁNÍ	12
1.2 TEORIE VZNIKU SVAROVÉHO SPOJE	14
1.3 ROZDĚLENÍ METOD SVAŘOVÁNÍ	15
1.4 PRACOVNÍ POLOHY	17
1.5 ELEKTRICKÝ OBLOUK.....	17
1.6 OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ V OCHRANNÝCH ATMOSFÉRÁCH	20
1.6.1 Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním/aktivním plynu – 131/135 (MIG/MAG).....	20
2 SVAŘOVACÍ PLYNY	23
2.1 OCHRANNÉ INERTNÍ PLYNY	24
2.2 OCHRANNÉ AKTIVNÍ PLYNY	26
2.3 CHEMICKÉ ÚČINKY OCHRANNÝCH PLYNŮ	26
2.4 METALURGICKÉ REAKCE PŘI SVAŘOVÁNÍ V AKTIVNÍCH OCHRANNÝCH PLYNECH	27
2.5 SMĚSI PLYNŮ VHODNÉ PRO MIG/MAG SVAŘOVÁNÍ	29
3 ZKOUŠKY SVAROVÝCH SPOJŮ	32
3.1 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ SVAROVÝCH SPOJŮ.....	32
3.1.1 Vizuální kontrola.....	32
3.1.2 Penetrační (kapilární) zkouška.....	33
3.1.3 Magnetická zkouška.....	33
3.1.4 Zkouška prozářením.....	33
3.1.5 Ultrazvuková zkouška.....	34
3.2 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ SVAROVÝCH SPOJŮ.....	34
3.2.1 Zkouška tahem	34
3.2.2 Zkouška rozlomením.....	36
3.2.3 Zkouška v ohybu	36
3.2.4 Zkouška vrubové houževnatosti.....	36
3.2.5 Zkoušky tvrdosti.....	36
4 SHRUTÍ	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
5 SLOVÁCKÉ STROJÍRNY, A.S.	40
6 TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ	41

6.1	ZÁKLADNÍ MATERIÁL	41
6.2	PŘÍDAVNÝ MATERIÁL	41
6.3	POUŽITÁ OCHRANNÁ ATMOSFÉRA	42
6.4	DĚLENÍ MATERIÁLU	42
6.5	PŘÍPRAVA SVAROVÝCH PLOCH	42
6.6	STEHOVÁNÍ	42
6.7	SVAŘOVÁNÍ.....	42
7	NDT KONTROLY SVARŮ	43
7.1	VIZUÁLNÍ KONTROLA	43
7.2	PENETRAČNÍ (KAPILÁRNÍ) ZKOUŠKA	44
7.3	ZKOUŠKA PROZÁŘENÍM	45
8	DT KONTROLY SVARŮ	47
8.1	ZKOUŠKA TAHEM	47
8.2	ZKOUŠKA V OHYBU	48
8.3	ZKOUŠKA VRUBOVÉ HOUŽEVNATOSTI.....	49
8.4	ZKOUŠKA TVRDOSTI.....	51
8.5	METALOGRAFICKÉ VÝBRUSY SVAŘENÝCH VZORKŮ	53
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Proces svařování je znám již od dob vzniku kovářství, které vlastně považujeme za první popsané svařování, kdy za pomoci tepla došlo k roztavení kovů a poté spojením dvou a více roztavených částí ke vzniku nerozebíratelného spoje. Svařování se pomalu rozvíjelo spolu se zpracováním kovů, ale teprve až s rozvojem průmyslu a hlavně objevem elektrického proudu dostalo svařování ten pravý význam. Vznikly však nové požadavky na další způsoby spojování kovů. Velkým impulsem pro rozvoj nových metod svařování, zejména elektrickým obloukem, byly obě světové války.

Problematikou, kterou se tato bakalářská práce zabývá, je vliv aktivních svařovacích plynů, o různém chemickém složení, na kvalitu svarového spoje, zhotoveného tavným svařováním, metodou ručního obloukového svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu – 135 (MAG).

Cílem této práce je zjistit, zdali má daný svařovací plyn účinek, ať už příznivý či nepříznivý, na kvalitu svarového spoje. Kvalitou svarového spoje je myšleno nedestruktivní i destruktivní zkoušení svarových spojů. Podkladem pro vyhodnocení kvality bude také hodnocení vnitřní struktury svarového kovu, tepelně ovlivněné oblasti nevyjímaje, ale také z technologického hlediska, výběr a možnost použití určitého plynu k výše zmíněné metodě svařování – 135 (MAG).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SVAŘOVÁNÍ

Svařování je definováno jako nerozebíratelné spojování dvou částí kovů pomocí tepla při teplotě tavení obou materiálů nebo tlaku vyvolávající deformaci kontaktních ploch. [4]

Při tavném svařování může nebo nemusí být použitý přídavný materiál s tavicí teplotou stejnou nebo blízkou teplotě tavení základních materiálů. [4]

1.1 Historie svařování

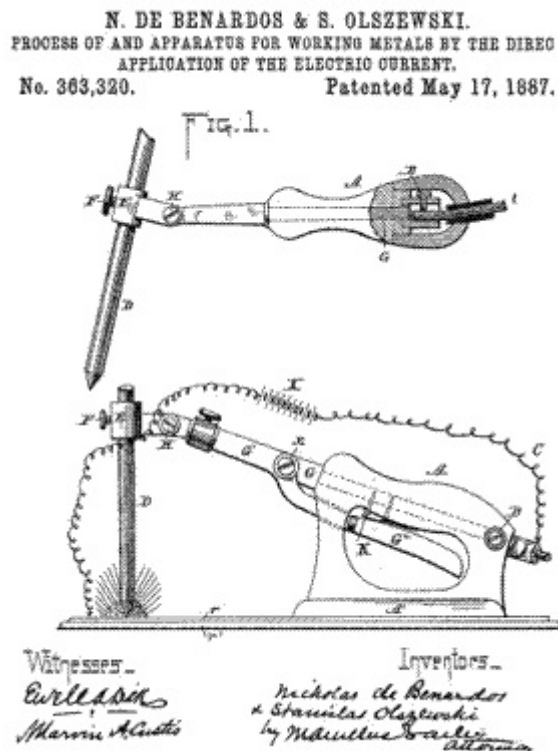
Historie svařování sahá až do starověku, kdy se šperky a drobné předměty ze zlata a drahých kovů vyráběly pomocí tlaku na přeplátované okraje spoje. [4]

V době železné se lidé v severní Africe a z východního středomoří naučili svařovat železo pomocí kovářského svařování. Avšak vynález svařování se připisuje řeku Glaukovi žijícímu kolem roku 688 – 600 př. n. l. [4]

Ve středověku, kdy se výrazně rozvinulo kovářství, bylo vyrobeno mnoho předmětů kovářským svařováním, kdy se oba spojované železné předměty ohřejí na teplotu kolem 1200°C a tlakem pomocí rázů kladiva se spojí dohromady. Svařování, tak jak je známe dnes, bylo objeveno až v 18. století. [4]

V té době v roce 1836 byl objeven Edmundem Davym z Anglie acetylen a tím začalo využití acetylenu pro spojování kovů. Vytvoření elektrického oblouku mezi dvěma uhlíkovými elektrodami využívající zdroje je přisuzováno panu Humphrymu Davysovi v roce 1800. Svařování elektrickým obloukem bylo podmíněno vynálezem elektrického generátoru. [4]

Patent na svařování elektrickým obloukem podali Rus Nikolaj Nikolajevič Benardos pracující ve Francii a Stanislav Olsewský a obdrželi britský patent roku 1885 a americký roku 1887 na svařování uhlíkovými elektrodami. [4]



Obr. 1. Benardosův a Olsewského patent obloukového svařování [4]

Roku 1890 C. L. Coffin z Detroitu obdržel první americký patent za svařování elektrickým obloukem s použitím kovové elektrody. Toto byl první záznam toho, že roztavený kov z elektrody byl přenesen pomocí oblouku do svarového kovu pro vytvoření svaru. [4]

Z dnešního pohledu byl nejdůležitější objev obalené elektrody se stabilním hořením oblouku Švédem Oscarem Kjellbergem v letech 1907-1914. Kovové dráty byly namáčené ve směsi oxidů a křemičitanů, které se vysušily, a vznikl obal, který již ovlivňoval složení svarového kovu. [4]

Současně bylo také objeveno Thompsonem 1885-1910 odporové svařování a v roce 1903 vynalezl Němec Goldschmidt svařování termitem. [4]

Svařování termitem bylo poprvé použito na spojování železničních kolejí. V roce 1937 byla vynalezena metoda svařování pod tavidlem, přičemž první pokusy byly realizovány již po roce 1900 a v roce 1944 je vynalezeno svařování metodou TIG (Tungsten Inert Gas Welding). [4]

V roce 1950 bylo vyvinuto elektrostruskové svařování a v roce 1953 došlo k význačnému objevu, když Ljubavskij a Novošilov oznámili použití ocelových drátových elektrod odtavovaných obloukem v atmosféře plynného CO₂. [4]

Elektronové svařování ve vakuu vyvinul J. A. Stohr ve Francii roku 1950. V roce 1960 americký fyzik T. Maiman (Hughes Aircraft Compeny) zkonstruoval první rubínový laser a laserový paprsek se začal využívat v celé řadě odvětví včetně svařování a od roku 1971, kdy Britský svářečský institut připojil trysku s oxidačním plynem okolo laserového paprsku, i laserové řezání. [4]

1.2 Teorie vzniku svarového spoje

Svařování kovů a jeho slitin je definováno jako nerozebíratelná spojení s využitím tepelné, mechanické nebo radiační energie. Spojení nastane působením meziatomových sil a adhezních vazeb na teplem nebo tlakem aktivovaných kontaktních plochách. Pevné látky mohou mít různý typ vazby, která odpovídá různým typům rozložení elektronů a iontů. Ionty jsou v atomu uspořádány tak, aby potenciální energie krystalu byla co možná nejmenší. Základem vazby je mrak valenčních elektronů, které mohou volně přecházet od atomu k atomu. Ke kovové vazbě tedy dochází, pokud přitažlivé síly mezi kovovými ionty a elektronovým mrakem převyšují odpudivé síly elektronů v tomto mraku. Ionty jsou uspořádány podle přesně definovaného rozložení, podle něhož v pevných látkách existují mezi ionty síly přitažlivé a odpudivé. [4]

Proces svařování vyžaduje aktivaci kontaktních ploch, tj. dodání energie aktivace pro překonání bariéry potenciální energie povrchových atomů. Pro svařování lze použít následující formy aktivační energie:

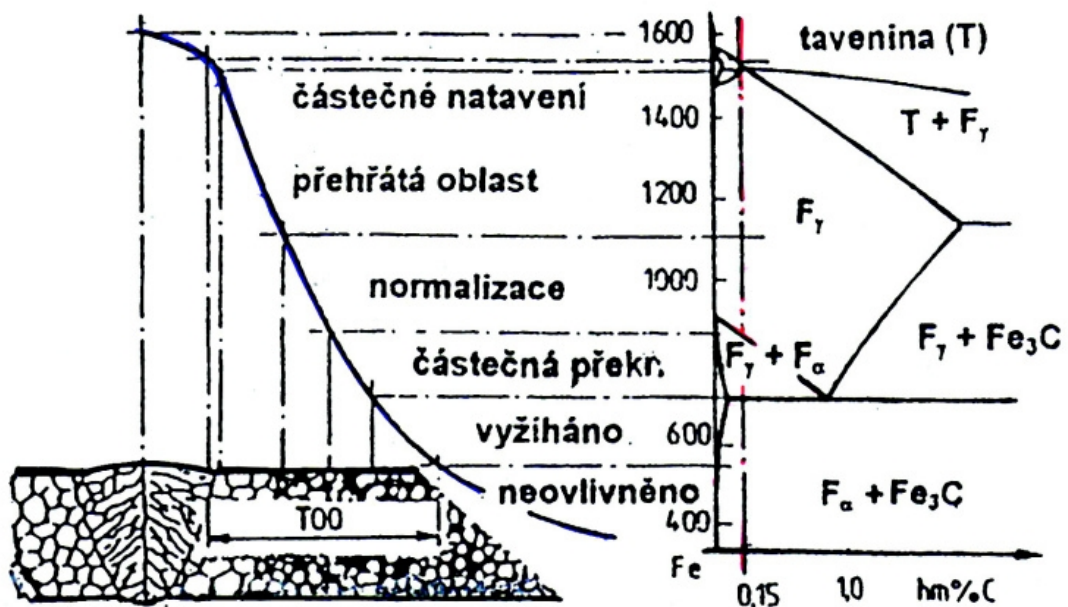
- Termická aktivace – tavné svařování
- Pružné a plastické deformace – mechanická aktivace – tlakové svařování
- Elektronové, fotonové nebo iontové ozáření – radiační aktivace – tavné svařování

Všechny metody svařování lze rozdělit na dvě velké skupiny - tavné a tlakové svařování. U tavného svařování je vytvoření spoje dosaženo přívodem tepelné energie do oblasti svaru, kdy dochází k natavení základního, případně přídavného materiálu. Tekutá fáze je vázána na povrch tuhé fáze adhezními silami a při tuhnutí taveniny se slabé adhezní síly mění na chemickou vazbu ve formě krystalové mřížky. Rostou nová zrna a původní rozhraní tavenina-tuhá fáze zaniká. Růst zrn je orientován proti směru odvodu tepla a kolmo

na izotermy. Svarový kov je charakterizován tzv. dendritickou krystalizací, přičemž velikost dendritů závisí na množství přivedeného tepla na jednotku délky svaru. [4, 5]

Tlakové metody svařování jsou založeny na působení mechanické energie. Aktivací povrchových atomů a makro nebo mikro deformací se přiblíží spojované povrchy na vzdálenost působení meziatomových sil, přičemž vznikne vlastní spoj. Pro snížení zatěžovací síly lze kontaktní místo ohřát pod teplotu tavení. U obou způsobů svařování je třeba překonat energetickou hladinu potenciální energie na rozhraní spojovaných ploch. [4]

U tavných metod svařování je kolem roztavené části tzv. svarový kov, pásmo, kde dosáhla teplota hodnoty překryštalizačních pochodů a proběhla alespoň částečná rekrystalizace. Tato oblast se nazývá tepelně ovlivněná oblast. [4, 5]



Obr. 2. Vliv teplotního účinku svařování na strukturu svarového kovu [5]

1.3 Rozdělení metod svařování

Rozdělení metod svařování je uvedeno v normě ČSN EN ISO 4063 – Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování.

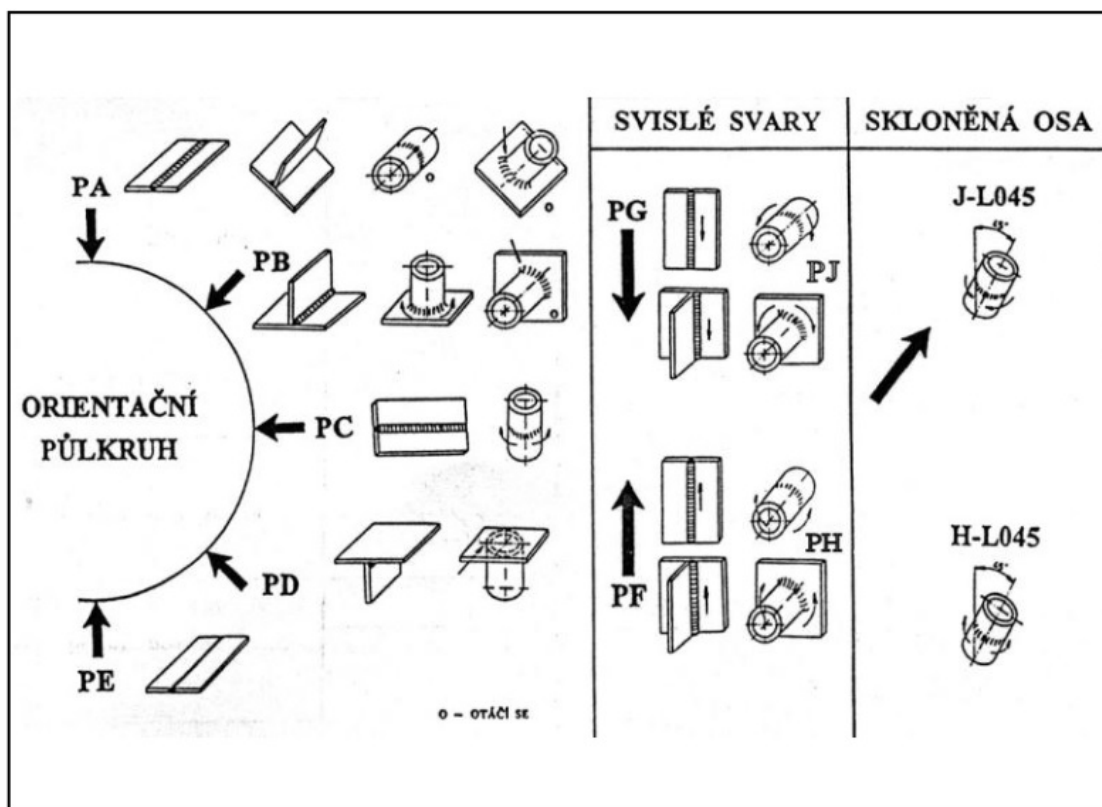
U každé metody svařování je v kulaté závorce uvedeno i číselné označení hlavní metody svařování (jedna číslice), skupiny (dvě číslice) a podskupiny (tři číslice) tak jak je toto značení uvedeno v dalších materiálech, např. u WPS – technologické postupy svařování, výkresové dokumentaci, označování zkoušek svářečů apod. [4]

Dále je uveden stručný přehled nejznámějších technologií svařování a pájení.

- Obloukové svařování (1)
 - Obloukové svařování tavící se elektrodou bez ochranného plynu (11)
 - Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (111)
 - Obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu (114)
 - Svařování pod tavidlem (12)
 - Svařování pod tavidlem drátovou elektrodou (121)
 - Svařování pod tavidlem páskovou elektrodou (122)
 - Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu (13)
 - Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu - MIG (131)
 - Obloukové svařování tavící se plněnou elektrodou v inertním plynu (132)
 - Obloukové svařování tavící se plněnou elektrodou s kovovým práškem v inertním plynu (133)
 - Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu – MAG (135)
 - Obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu (136)
 - Obloukové svařování plněnou elektrodou s kovovým práškem v aktivním plynu (138)
 - Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranném plynu (14)
 - Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu – TIG (141)
 - Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu bez přídavného materiálu (142)
 - Plazmové svařování (15)
- Odporové svařování (2)
 - Odporové bodové svařování (21)
 - Odporové švové svařování (22)
 - Odporové výstupkové svařování (23)
 - Odtavovací stykové svařování (24)
 - Odporové přivařování svorníků (26)
- Plamenové svařování (3)
 - Plamenové svařování s kyslíkem (31)
- Tlakové svařování (4)
 - Ultrazvukové svařování (41)
 - Třecí svařování (42)
 - Třecí svařování promíšením (43)
 - Svařování velkou mechanickou energií (44)
 - Svařování výbuchem (441)
 - Tlakové svařování za studena (48)
 - Tlakové svařování za horka (49)
- Svařování svazkem paprsků (5)
 - Elektronové svařování (51)
 - Laserové svařování (52)
- Ostatní způsoby svařování (7)
 - Aluminotermické svařování (71)
 - Elektrostruskové svařování (72)
 - Indukční svařování (74)
- Pájení tvrdé, měkké a do úkosu (9)

1.4 Pracovní polohy

Svařování probíhá v závislosti na složitosti konstrukce v různých svařovacích polohách. Pro potřeby zkoušek svářečů, technologických postupů, výkresové dokumentace, aj. jsou polohy normalizovány dle ČSN EN ISO 6947 – Svařování a příbuzné procesy – Polohy svařování. [4]



Obr. 3. Polohy svařování dle ČSN EN ISO 6947 [4]

1.5 Elektrický oblouk

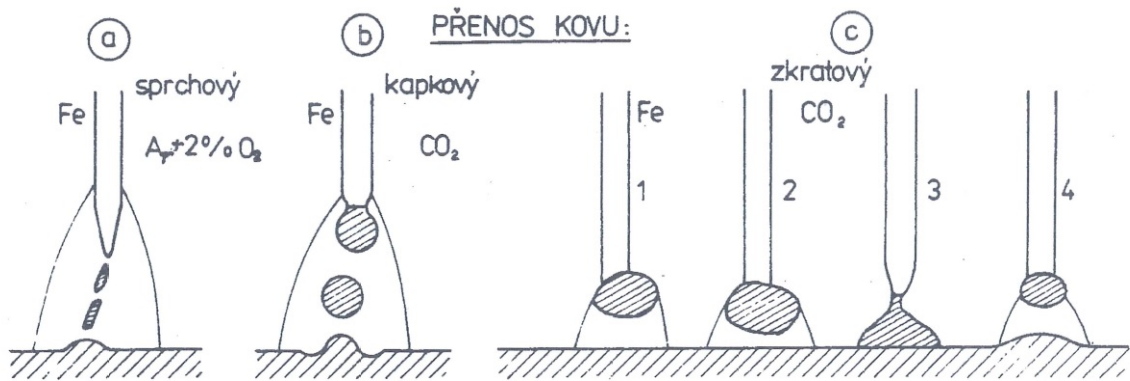
Elektrický oblouk je výboj v plynech. U svařování se elektrický oblouk využívá k přeměně elektrické energie na energii tepelnou a vzniká obvykle mezi elektrodou a základním materiálem, při poměrně značné intenzitě proudu a za relativně nízkého napětí. [4]

Elektrický oblouk vznikne za předpokladu, že napětí mezi elektrodou a materiálem je vyšší než ionizační napětí plynu při dostatečné proudové hustotě a trvalý elektrický výboj nastane, když vznikající teplo zabezpečí ohřátí plynu na teplotu potřebnou pro tepelnou ionizaci obklopující atmosféry. [4]

Výkon elektrického oblouku, geometrický tvar a teplotu je možno podle technologických požadavků v širokých mezích měnit. Tato variabilita dala vzniknout řadě způsobů svařování. [4]

Svařování elektrickým obloukem tavící se kovovou elektrodou v ochraně plynu vytváří velkou škálu možností přenosu materiálu z tavící se elektrody do svarové lázně především v závislosti na proudu, napětí na oblouku, průměru elektrody a složení ochranného plynu. Jde o celý komplex fyzikálních podmínek svařování, které určují charakter procesu a výrazně ovlivňují metalurgické reakce mezi ochranným plynem a svarovým kovem a tedy také výsledné vlastnosti svarového kovu. Způsoby přenosu kovu v elektrickém oblouku záleží především na velikosti svařovacích parametrů, na ochranném plynu, na svařovaném materiálu, na poloze svařování a zvolené polaritě. Rozdělení přenosů kovu není zcela ucelené. Výrobci svařovacích zdrojů, přídatných materiálů a někteří autoři vědeckých publikací uvádějí více druhů přenosů kovu, mnohdy nejednotně pojmenované. Zde jsou uvedeny čtyři druhy přenosu kovu, které popisuje norma ČSN EN ISO 4063. [4, 1]

- a) **Sprchový přenos**, pro který je charakteristický relativně dlouhý oblouk, vysoká proudová hustota a vyšší napětí na oblouku. Tekutý kov prochází obloukem jako proud oddělených drobných kapek. Tento způsob přenosu se vyskytuje hlavně při svařování v ochranných plynech bohatých na argon. [4]
- b) **Kapkový přenos** je charakteristický pro svařování v ochraně plynu CO₂, kdy při určitých parametrech svařování a kratším oblouku se odtavují větší kapky kovu frekvencí 5 až 10 kapek za sekundu. Se zvyšujícím se proudem velikost rozměru kapek klesá a zvyšuje se frekvence jejich oddělování. [4]
- c) **Zkratový přenos** při krátkém oblouku, který se vyznačuje pravidelným střídáním fáze hoření oblouku a zkratu, při kterém se kapka roztaveného kovu na konci elektrody dotkne tavné lázně, vytvoří zkrat a po jeho přerušení se opět zapálí oblouk. [4]
- d) **Impulzní přenos** je proces, řízený mikroprocesorem svářečského zdroje. Při použití směsných plynů skupiny M je vhodný i pro metodu MAG. Výhodou je malý rozstřík kovu a nízké tepelné zatížení svaru. Dlouhý oblouk, přenos kovu formou velkých kapek. [1]



Obr. 4. Způsoby přenosu kovu elektrody v elektrickém oblouku [4]

Elektrický oblouk je intenzivním zdrojem tepla, z hlediska tavného svařování má velmi příznivé vlastnosti. Tepelný účinek oblouku je koncentrován na poměrně malou plochu a účinnost přenosu energie do svařovaného materiálu je dobrá. Prostřednictvím parametrů svařování lze v souvislosti s tepelnými a mechanickými účinky oblouku ovlivňovat i svarový spoj z hlediska jeho geometrie a také velikosti napětí a deformace ve svařovaném materiálu. Teplota oblouku a roztaveného kovu elektrody a základního materiálu patří k nejdůležitějším faktorům, které určují fyzikální, chemické a metalurgické vlastnosti svařovacího procesu. Na teplotě závisí stupeň disociace a ionizace plynu v oblouku, rozpustnost plynů v kovu, tavení elektrody a přenos kovu obloukem. Na tepelnou bilanci oblouku má rozhodující vliv směr proudění plazmy a přenos tepla vedením mezi plazmou a roztavenou svarovou lázní. Teplota ve sloupci oblouku závisí kromě tepelného příkonu i na tepelné vodivosti plynu, ve kterém oblouk existuje a je tím vyšší, čím je horší odvod tepla, tzn. čím je tepelná vodivost okolí nižší. Z plynů běžně se vyskytujících při svařování je tepelně nejméně vodivý argon, nejvodivější je oxid uhličitý. Proto při stejném tepelném příkonu a stejné délce má největší průměr sloupce a nejvyšší teplotu oblouk v argonu, nejmenší průměr sloupce a nejnižší teplotu oblouku v oxidu uhličitém. [4]

1.6 Obloukové svařování v ochranných atmosférách

Obloukové svařování je světově nejpoužívanější technologie svařování v objemu svařovaných konstrukcí. Růst podílu svařovaných ocelových konstrukcí vykazuje především metoda MAG, která stále častěji nahrazuje ruční svařování obalenou elektrodou. Výrazné rozšíření zaznamenává svařování MAG plněnou elektrodou především v technicky vyspělých státech. Svařování rozměrných hliníkových konstrukcí je doménou MIG svařování pulsním proudem. MIG/MAG metoda je také nejpoužívanější technologie aplikovaná na mechanizovaných a robotizovaných výrobních systémech. V oblasti svařování trubkových systémů chemických, potravinářských a energetických zařízení je nejpoužívanější technologií metoda TIG. [4]

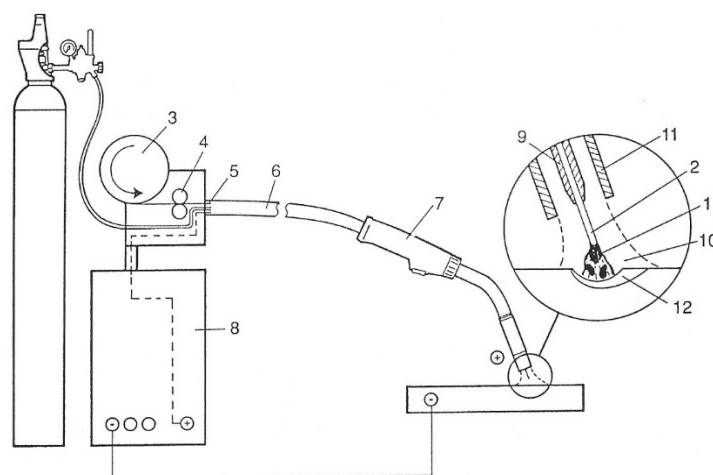
Při obloukovém svařování v ochranných atmosférách hoří oblouk obklopen atmosférou ochranného plynu, která chrání elektrodu, oblouk, odtavující se kapky přídavného materiálu a tavnou lázeň proti účinkům vzdušného kyslíku a dusíku. Jednotlivé technologie se rozlišují podle druhu elektrody a ochranného plynu:

- TIG – Tungsten Inert Gas – Svařování netavící se wolframovou elektrodou v inertním plynu
- MIG – Metal Inert Gas – Svařování tavící se kovovou elektrodou v inertním plynu
- MAG – Metal Activ Gas – Svařování tavící se kovovou elektrodou v aktivním plynu [4]

1.6.1 Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním/aktivním plynu – 131/135 (MIG/MAG)

Svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu MAG patří vedle svařování obalenou elektrodou v celosvětovém měřítku k nejrozšířenějším metodám pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Svařování MIG v inertním plynu získává na důležitosti vlivem růstu objemu konstrukcí, staveb, lodí a dopravních prostředků vyráběných z hliníkových slitin. [4]

1. elektrický oblouk
2. drátová elektroda
3. zásobník drátu
4. podávací kladky
5. rychloupínací spojka
6. hořákový kabel
7. svařovací hořák
8. zdroj svařovacího proudu
9. kontaktní svařovací průvlak
10. ochranný plyn
11. plynová tryska
12. svarová lázeň



Obr. 5. Základní schéma svařování metodou MIG/MAG [4]

Hlavními důvody rozšíření metody MIG/MAG je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší (15 až 25 mm). Drát je podáván podávacími kladkami umístěnými v podavači, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů z cívky o běžné hmotnosti 18 kg. [4]

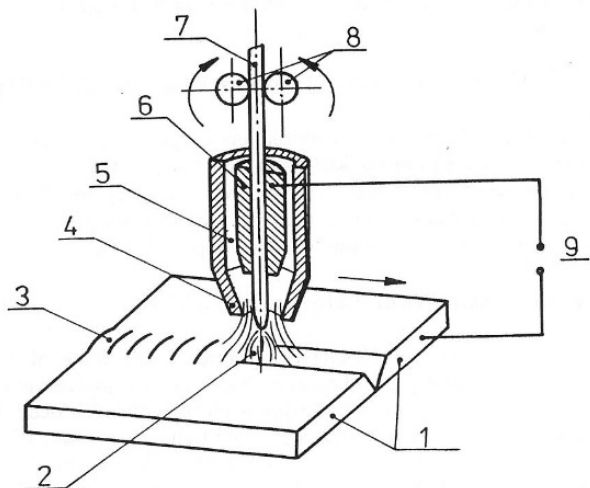
Proudová hustota je u svařování MAG nejvyšší ze všech obloukových metod a dosahuje až $600 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$ a svařovací proudy se pohybují od 30 A u svařování tenkých plechů drátem o průměru 0,6 – 0,8 mm, až do 700 A u vysokovýkonných mechanizovaných metod. Charakter přenosu kovu obloukem závisí na parametrech svařování a ochranném plynu, přičemž běžný je zkratový pro tenké plechy a sprchový pro větší tloušťky plechů. Teplota kapek se při MAG svařování pohybuje v rozmezí 1700 až 2500 °C a teplota tavné lázně se v závislosti na technologii, parametrech svařování, chemickém složení a vlastnostech materiálu pohybuje mezi 1600 až 2100 °C. [4, 5]

Ochranná atmosféra se volí podle druhu svařovaného materiálu, ovlivňuje však také přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku. [4]

Nejširší uplatnění je v současnosti při ručním a mechanizovaném svařování nelegovaných, nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí, při použití směšného plynu argonu s oxidem uhličitým. Tato metoda svařování se vyznačuje těmito výhodami:

- svařování ve všech polohách od tloušťky materiálu 0,8 mm
- minimální tvorba strusky
- přímá vizuální kontrola oblouku a svarové lázně
- snadný start oblouku bez nárazu svařovacího drátu do svařence
- velmi dobrý profil svaru a hluboký závar
- malá tepelně ovlivněná oblast především u vysokých rychlostí svařování
- vysoká proudová hustota
- vysoký výkon odtavení
- široký proudový rozsah pro jeden průměr drátu
- stabilní plynová ochrana v různých variantách umožňující diferencované typy přenosu kovu v oblouku a ovlivnění mechanických vlastností svarů
- nízká pórovitost
- malý rozstřík kovu elektrody
- snadná aplikace metody u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování [4, 5]

1. svařovaný materiál
2. elektrický oblouk
3. svar
4. plynová hubice
5. ochranný plyn
6. kontaktní průvlek
7. přídavný drát
8. podávací kladky
9. zdroj proudu



Obr. 6. Princip svařování tavící se elektrodou v inertním nebo aktivním plynu – MIG/MAG [4]

2 SVAŘOVACÍ PLYNY

Hlavní úlohou svařovacích plynů je zamezit přístupu vzduchu do oblasti svařování, tj. především chránit elektrodu, oblouk i tavnou lázeň, její okolí a kořen svaru před účinky vzdušného kyslíku, který způsobuje oxidaci, naplynění, pórovitost a propal prvků. [4]

Svařovací plyny mají také významný vliv na - typ přenosu kovu v oblouku, přenos tepelné energie do svaru, chování tavné lázně, hloubku závaru, rychlost svařování a další parametry svařování. Rozdělení a charakteristiku ochranných plynů popisuje norma ČSN EN ISO 14 175 – Přídavné materiály – Plyny a jejich směsi pro tavné svařování a příbuzné procesy. [4]

Svařovací plyn se svým složením a množstvím ovlivňuje tyto charakteristiky svařování:

- vytvoření ionizovaného prostředí pro dobrý start a hoření oblouku
- metalurgické děje v době tvoření kapky, při přenosu kapky obloukem a ve svarové lázni
- síly působící v oblouku
- tvar a rozměry oblouku
- charakter přenosu kovu v oblouku, tvar a rozměry kapek a rychlost jejich přenášení obloukem
- tvar a rozměry průřezu svaru
- hladkost povrchu svaru a jeho přechod na základní materiál
- kvalitu, celistvost a mechanické vlastnosti svarového spoje [4]

V současnosti se na ochranu oblouku používají jednosložkové nebo vícesložkové plyny. Při volbě svařovacího plynu spolurozhodují technické a ekonomické ukazatele. V minulosti se používaly jednosložkové plyny především ekonomicky výhodný CO₂, ale v současnosti jsou velmi rozšířené směsi argonu s oxidem uhličitým nebo kyslíkem. V tabulce č. 1 jsou svařovací plyny rozděleny podle chemického účinku na svarový kov na několik skupin - inertní, redukční, oxidační a málo reaktivní. Uvedená tabulka je citovaná část normy technických plynů ČSN EN ISO 14 175. [4]

Tab. 1. Rozdělení plynů dle chemického charakteru – norma ČSN EN ISO 14 175

Značka		Složky v jmenovitých hodnotách v objemových procentech					
Hlavní skupina	Podskupina	Oxidační		Inertní		Redukční	Malá reaktivita
		CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂	N ₂
I	1			100			
	2				100		
	3			zbytek ^a	0,5 ≤ He ≤ 95		
M1	1	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5		zbytek ^a		0,5 ≤ H ₂ ≤ 5	
	2	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5		zbytek ^a			
	3		0,5 ≤ O ₂ ≤ 3	zbytek ^a			
	4	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5	0,5 ≤ O ₂ ≤ 3	zbytek ^a			
M2	0	5 < CO ₂ ≤ 15		zbytek ^a			
	1	15 < CO ₂ ≤ 25		zbytek ^a			
	2		3 < O ₂ ≤ 10	zbytek ^a			
	3	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5	3 < O ₂ ≤ 10	zbytek ^a			
	4	5 < CO ₂ ≤ 15	0,5 ≤ O ₂ ≤ 3	zbytek ^a			
	5	5 < CO ₂ ≤ 15	3 < O ₂ ≤ 10	zbytek ^a			
	6	15 < CO ₂ ≤ 25	0,5 ≤ O ₂ ≤ 3	zbytek ^a			
M3	7	15 < CO ₂ ≤ 25	3 < O ₂ ≤ 10	zbytek ^a			
	1	25 < CO ₂ ≤ 50		zbytek ^a			
	2		10 < O ₂ ≤ 15	zbytek ^a			
	3	25 < CO ₂ ≤ 50	2 < O ₂ ≤ 10	zbytek ^a			
	4	5 < CO ₂ ≤ 25	10 < O ₂ ≤ 15	zbytek ^a			
C	5	25 < CO ₂ ≤ 50	10 < O ₂ ≤ 15	zbytek ^a			
	1	100					
R	2	zbytek	0,5 ≤ O ₂ ≤ 30				
	1			zbytek ^a		0,5 ≤ H ₂ ≤ 15	
N	2			zbytek ^a		15 < H ₂ ≤ 50	
	1						100
	2			zbytek ^a			0,5 ≤ N ₂ ≤ 5
	3			zbytek ^a			5 < N ₂ ≤ 50
	4			zbytek ^a		0,5 ≤ H ₂ ≤ 10	0,5 ≤ N ₂ ≤ 5
O	5					0,5 ≤ H ₂ ≤ 50	zbytek
	1		100				
Z	Směsi plynů obsahující neuvedené složky nebo směsi se složením mimo uvedený rozsah. ^b						

^a Pro účely této klasifikace může být argon nahrazen částečně nebo úplně heliem.

^b Dvě směsi plynů se stejnou Z-klasifikací nemohou být zaměnitelné.

2.1 Ochranné inertní plyny

Ochranné plyny zabezpečují ochranu netavící se wolframové elektrody, svarové lázně a její okolí proti vlivům okolního vzduchu, především proti oxidaci a naplynění. Současně vytvářejí příznivé podmínky pro zapálení oblouku a jeho stabilitu, přenos tepla do svaru i jeho tvarování. [4]

Argon

Argon (Ar) je jednoatomový plyn, bezbarvý, bez chuti a zápachu, který je inertní a nevytváří se žádným prvkem chemické sloučeniny. Vyrábí se destilací zkapalněného vzduchu, kde teplota varu argonu při atmosférickém tlaku je $-185,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve vzduchu je argonu 0,934%. Argon má malou tepelnou vodivost a relativně nízký ionizační potenciál 15,8 eV. Z těchto důvodů se oblouk v argonu dobře zapaluje, má vysokou stabilitu při relativně velké délce, umožňuje vysokou proudovou zatížitelnost a sloupec oblouku dosahuje vysokých teplot. Hustota argonu je $1,784\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, je tedy asi 1,4 krát těžší než vzduch a to přispívá k efektivnosti a velmi dobré schopnosti plynové ochrany především v poloze PA. Má nízkou citlivost na proudění vzduchu. Dnes vyráběná a běžně nabízená čistota plynu je označována 4.6 tj. 99,996 %. Materiály s vysokou afinitou ke kyslíku jako je titan, tantal a zirkon však vyžadují ochranu plynem vyšší čistoty např. 4.8 – 99,998% nebo 5.0 – 99,999%.

Ochranu argonu lze použít pro všechny svařitelné materiály a jeho použití je nejběžnější i z cenových důvodů. [4]

Helium

Helium (He) je jednoatomový inertní plyn, bez barvy a zápachu, který má bod varu jen 4,22 K. Vyrábí se frakční destilací ze zemního plynu, kde se He vyskytuje v množství kolem 9%. Helium je velmi lehký plyn s hustotou $0,178\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a tato skutečnost snižuje efektivitu plynové ochrany a proto vyžadujeme pro dokonalou ochranu svaru vyšší průtok plynu. Helium se vyrábí s čistotou min. 99,996% (4.6). Helium má podstatně vyšší tepelnou vodivost než argon. Ionizační potenciál helia 24,6 eV je také vyšší než u argonu a proto se oblouk špatně zapaluje a je nestabilní při větší délce oblouku. Napětí na oblouku v heliu je o cca 2V vyšší než v argonu. [4]

Díky vysoké tepelné vodivosti je přenos tepla v oblouku velmi vysoký a proto se směsi s heliem používají pro svařování materiálů s vysokou tepelnou vodivostí větších tloušťek především hliníku a mědi včetně jejich slitin. Použitím helia ve směsi s argonem se zvýší hloubka závaru a zvýší rychlost svařování. Svařování v čistém heliu vyžaduje také zdroje s vysokým napětím naprázdno až 100V a zapalování oblouku se provádí pod ochrannou atmosférou argonu. Helium je velmi vhodné také pro mechanizované způsoby svařování. [4]

2.2 Ochranné aktivní plyny

Oxid uhličitý CO₂

Oxid uhličitý je nehořlavý, nejedovatý a bezbarvý plyn, jehož bod varu je -78,45 °C. Jeho hustota je 1,976 kg.m⁻³ a je tedy těžší než vzduch, přičemž hranice udušení pro člověka je cca 15% oxidu uhličitého ve vzduchu. Vysoká hustota plynu příznivě ovlivňuje funkci plynové ochrany především v běžných polohách PA, PB a PC. Oxid uhličitý má vysokou tepelnou vodivost s vysokým přenosem tepla do svarové lázně. Tento přenos tepla spolu s teplem získaným exotermickými oxidačními reakcemi zajišťuje velmi dobré natavení svarových hran, hluboký průvar s oválným profilem svarové housenky a dobré odplynění svarové lázně. Oxid uhličitý způsobuje vysoké povrchové napětí na roztaveném konci elektrody, kapky se oddělují s velkým objemem a zpravidla jejich poloměr v roztaveném stavu přesahuje 0,8 mm, což má za následek větší rozstřík kovu. [4]

Obsah oxidů ve svaru je vysoký, stejně jako množství strusky na povrchu. Povrch svarové housenky je dosti nerovnoměrný s větším převýšením a přechod svarového kovu do okolního materiálu je ostrý, se značným vrubovým účinkem. [4]

Kyslík O₂

Kyslík je nehořlavý plyn, ale oxidační hoření podporuje. Je těžší než vzduch s hustotou 1,429 kg.m⁻³. Při atmosférickém tlaku má teplotu varu -183 °C. Vyrábí se destilací zkapalněného vzduchu stejně jako dusík a argon. Používá se ve směsích s argonem v rozpětí obsahu 0,03-3%, a ve směsi s argonem a oxidem uhličitým, případně heliem v rozsahu 1-8%. Kyslík výrazně zvyšuje tekutost svarové lázně a povrchové napětí roztaveného kovu, což je jeho hlavní důvod přidávání do ochranného směsného plynu. Tímto působením kyslíku se zlepšuje odplynění svarové lázně, profil svarové housenky a přechod svarového kovu do základního materiálu. [4]

2.3 Chemické účinky ochranných plynů

Norma ČSN EN ISO 14 175 rozděluje plyny dle chemického působení při tepelných procesech. Inertní plyny skupiny „I“ argon, helium a jejich směsi chemicky nereagují se svarovou lázní a propal prvků ve svarovém kovu je minimální, nemají proto vliv na vý-

sledné chemické složení svarového kovu. Inertní, případně nereagující, plyny používáme pro svařování metodou TIG všech svařitelných materiálů a metodou MIG pro slitiny hliníku, mědi, niklu aj. Aktivní plyny skupiny „M1, M2, M3 a C“ ovlivňují v menší nebo větší míře chemické složení svarového kovu a používají se pro svařování ocelí. Ochranné plyny se rozdělují podle indexu oxidačního účinku do řady 0 – 10 a vlivu nauhličení. Z poměrně širokého sortimentu nabízených směsných plynů je ve skupině „M1“ směs Ar + 1-2% O₂, která se používá pro svařování vysokolegovaných austenitických ocelí. Tato směs má nejmenší index oxidačního účinku 1 resp. 2 a nemá nauhličující charakter. Bez nauhličujícího účinku se zvýšeným oxidačním účinkem (index 3-5) se pro svařování feritických ocelí používá Ar + 3-5% O₂. Ve skupině směsných plynů „M2“ jsou nejpoužívanější plyny pro MAG svařování. Často používaná dvousložková směs plynů typu Ar + 20% CO₂, má oxidační účinek podobný jako u směsi Ar + O₂ (index 2). Argon s oxidem uhličitým má však nauhličující účinek. Používá se pro uhlíkové a nízkolegované oceli. [4]

Trojsložková směs na svařování tenkých plechů je Ar + 5% O₂ + 15% CO₂ a má výrazný oxidační účinek – index 6,5. Nejvyšší oxidační účinek (index 10) má čistý CO₂ označený skupinou „C“. Má i výrazný nauhličující účinek a jeho využití má klesající tendenci. V ochranném plynu CO₂ probíhají chemické reakce v širokém rozmezí podmínek svařování tak, že rovnovážný stav uhlíku ve svarovém kovu se ustálí v rozmezí 0,10 – 0,15 % bez ohledu na to, jaký obsah uhlíku je ve svařovacím drátu. To znamená, že při určitých podmínkách dochází k propalu uhlíku a při použití nízkouhlíkových drátů dojde k nauhličení svarového kovu. Svařovat vysokolegované Cr a Cr-Ni oceli v CO₂, nebo Ar + 18% CO₂, nelze, poněvadž by docházelo k nežádoucímu nauhličení a poklesu odolnosti proti mezikrystalické korozi. Z těchto důvodů se používá směs Ar + 1% O₂, kde nauhličení nenastává. [4]

2.4 Metalurgické reakce při svařování v aktivních ochranných plynech

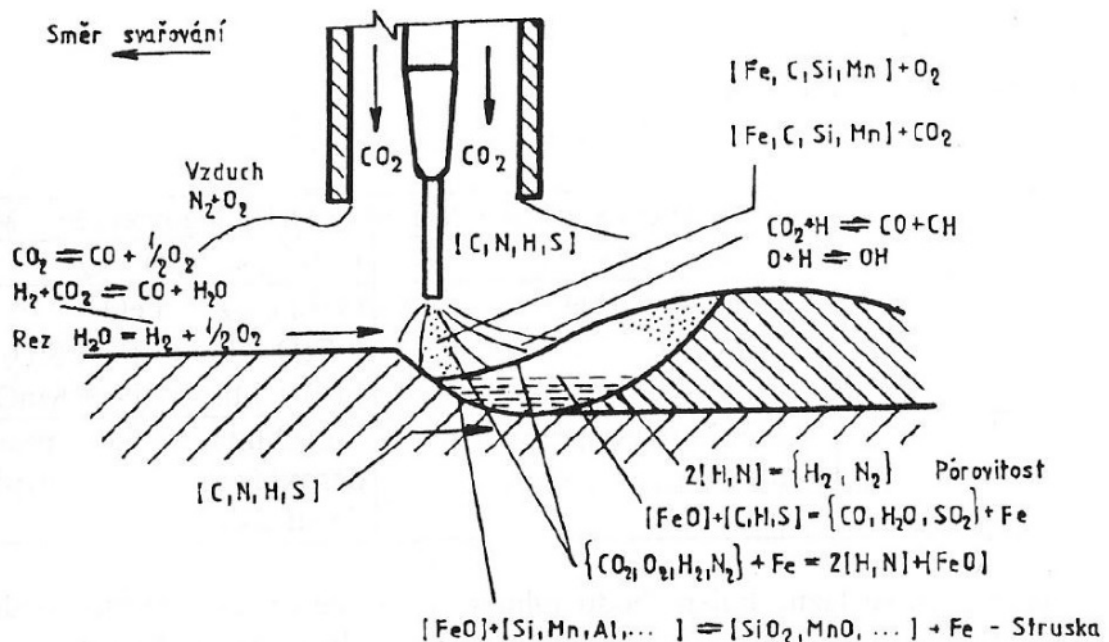
Metalurgické reakce jsou oxidační a desoxidační děje probíhající v kapkách tavicí se elektrody a v roztaveném svarovém kovu. Tyto reakce zásadně ovlivňují hloubku závaru, povrch svarové housenky, přechod svarové housenky do základního materiálu a vnitřní čistotu svaru. Na rozsah reakcí má vliv především množství disociovaného kyslíku schopného slučování s prvky v tavenině. [4]

Zdrojem kyslíku v oblouku je jeho přítomnost v ochranném plynu typu Ar + 1-3% O₂ nebo CO a O₂ vzniklý z disociace molekul CO₂. Nejdůležitější jsou oxidační reakce – slučování O₂ s Fe, Mn a Si. [4]

Oxidační reakce jsou silně exotermické a množství tepla uvolněného reakcemi je závislé na množství kyslíku v ochranném plynu. Uvolněné teplo je difúzí vedeno do okolního materiálu a výsledkem je hlubší a oválnější svarová lázeň u svaru s ochranným plynem CO₂, který má větší oxidační schopnost než u směsi Ar + CO₂ nebo v čistém Ar.

Slučováním oxidu FeO s C se tvoří bubliny CO, které jsou za určitých podmínek příčinou pórovitosti a bublinatosti svarů. To je také jeden z důvodů, proč se musí provést dokonalá desoxidace taveniny svarového kovu. [4]

Desoxidacími prvky Mn a Si jsou přídavné materiály přelegovány v určitém poměru tak, aby vzniklá struska měla vhodnou tekutost a snadno vyplavala na povrch tavné lázně. [4]



Obr. 7. Reakce ochranné atmosféry s povrchem svarové lázně [4]

Důsledkem desoxidací reakcí jsou oxidy, které vyplavou na povrch svarové lázně, kde tvoří malé ostrůvky strusky. Množství strusky je závislé na množství kyslíku nebo oxidu uhličitého ve směsi ochranného plynu. Vzhled strusky při desoxidaci Mn a Si je tmavě zelený a pokud použijeme k desoxidaci Al, je struska šedočerná. [4]

V následující tabulce (Tab. 2) jsou chemické reakce probíhající v tavné lázni bez desoxidáčnických přísad a s přísadami Mn a Si.

Tab. 2. Chemické reakce v tavné lázni [4]

Drát	Dráty nelegované Si + Mn	Dráty legované Si + Mn
Oblouk	$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$	$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$
Roztavená lázeň	$\text{O}_2 + 2\text{Fe} \rightarrow 2\text{FeO} + \text{Q}$ $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$	$\text{O}_2 + 2\text{Fe} \rightarrow 2\text{FeO} + \text{Q}$ $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{SiO}_2$ $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnO}$
Produkt	CO způsobuje pórovitost ve svaru	SiO_2 , MnO – produkty desoxidace vyplavou do strusky

2.5 Směsi plynů vhodné pro MIG/MAG svařování

Směsné plyny Ar + 15-25% CO₂ jsou vhodné pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí metodou MAG. Z této skupiny je univerzálním plynem směsný plyn Ar + 18% CO₂. Vyznačuje se velmi dobrými svařovacími vlastnostmi, stabilním elektrickým obloukem a hlubokým závarem. Umožňuje svařování se zkratovým i sprchovým přenosem kovu a malým rozstříkem, který neulpívá na povrchu. Poskytuje hladký povrch svaru s dobrým přechodem do základního materiálu a je použitelný pro všechny tloušťky plechů. [4]

Směsný plyn Ar + 8% CO₂ je optimální pro impulsní, sprchový i zkratový přenos kovu. Je doporučovaný také pro vysokovýkonné metody svařování při vysokých proudech. Vyznačuje se vysokou rychlostí svařování, plochým svarem, nízkým rozstříkem a minimální tvorbou strusky. Je vhodný pro ruční i mechanizované svařování všech tloušťek plechů. [4]

Směsné plyny Ar + 5-13% CO₂ + 5% O₂ – Tato směs poskytuje klidný svařovací proces s měkkým elektrickým obloukem, hladké a čisté svary. Vysoký obsah kyslíku zajišťuje velmi dobrou tekutost tavné lázně a výborné odplynění. Sprchový přenos kovu obloukem je možný i při nižší intenzitě proudu. Přednostně se využívá při mechanizovaných a robotizovaných způsobech svařování malých a středních tloušťek. [4]

Vliv plynů na stabilitu elektrického oblouku

Při svařování tavící se elektrodou musí být zabezpečeno stabilní hoření oblouku při všech typech přenosů kovu. Čistý argon má dobrou ionizační schopnost, ale není vhodný pro svařování běžných konstrukčních ocelí, poněvadž oblouk hoří neklidně a kvalita svaru je nízká. Pro kvalitní svařování ocelí jsou nutné oxidační reakce, které zaručí čistý svarový kov s dobrými mechanickými vlastnostmi bez pórů, spolehlivý průvar a pravidelnou kresbou svarové housenky. Z těchto důvodů je malá příměs oxidu uhličitého, nebo kyslíku nutná i při svařování korozivzdorných chromniklových ocelí. Argon se používá pro svařování neželezných kovů, kde minimální oxidace není přípustná. [4]

Oxid uhličitý má relativně horší zapalování oblouku a průběh hoření oblouku je charakteristický ostrým praskavým zvukem při oddělování kapek. Vyžaduje také vyšší ionizační napětí než argon. Výhody obou plynů se využívají ve směsích, kde oblouk hoří s vysokou stabilitou a pravidelností. [4]

Vliv plynů na přenos tepla a profil svarové housenky

Ochranné plyny mají různou tepelnou vodivost, která má výrazný vliv na přenos tepla do svaru a tím i na profil svarové housenky. Při svařování metodou MIG se nízká tepelná vodivost argonu dá zvýšit přidáním helia především pro svařování tlustostěnných plechů ze slitin hliníku a mědi. Heliem se zvyšuje také proudová hustota a tím i množství přenášeného tepla do svaru. Profil housenky je při použití helia hluboký i bez předehřevu svařence. Čistý argon se pro svařování vysokolegovaných ocelí již nedoporučuje, poněvadž v argonu se dosahuje pouze mělký závar s hlubokým závarem v ose oblouku. Rychlé tuhnutí taveniny ve spodní části bývá příčinou výskytu vměstků a neprůvaru. [4]

Při svařování metodou MAG v čistém oxidu uhličitém je přenos tepla velmi dobrý a přispívá k dosažení hlubokého a širokého profilu oválné svarové housenky. Při vyšších svařovacích parametrech hrozí nebezpečí vzniku vrubů a při velkých ochlazovacích rychlostech mohou ve středu svaru vznikat trhliny. [4]

Tab. 3. Porovnání vlastností ochranných plynů a vliv složení na průvar svaru [4]

Vlastnosti	Ar + CO ₂	Ar + O ₂	CO ₂
Závar - Normální poloha - Nucená poloha	Dobrý Spolehlivější s rostoucím CO ₂	Dobrý Může být kritický z důvodu předbíhání svařové lázně	Dobrý spolehlivý
Tepelné zatížení hořáků	Vysoké, snižuje se s rostoucím % CO ₂	Vysoké, výkon může být omezen, jestliže je hořák příliš horký	Nízké díky dobré tepelné vodivosti
Stupeň oxidace	Nízký, stoupá s rostoucím % CO ₂	Výrazně závisí na obsahu O ₂ (1-8%)	Vysoký
Porozita	Snižuje se s rostoucím obsahem CO ₂	Vysoká citlivost	Spolehlivá
Přemostitelnost mezery	Zlepšuje se s poklesem % CO ₂	Dobrá	Horší než u směsných plynů
Tvorba rozstříku	Stoupá s rostoucím % CO ₂	Téměř bez rozstříku	Vysoká, stoupá s rostoucím výkonem
Vnášení tepla do svaru	Stoupá s rostoucím % CO ₂ Nižší rychlost ochlazení, menší nebezpečí vzniku trhliny	Nejnižší Vysoká rychlost ochlazení, nebezpečí vzniku trhlin větší	Vysoké Malá rychlost ochlazení, nebezpečí vzniku trhlin malé
Typ přenosu kovu obloukem	Všechny typy	Všechny typy	Zkratový, kapkový

3 ZKOUŠKY SVAROVÝCH SPOJŮ

Zkoušky svarů se provádí za účelem zjištění celistvosti a kvality daného svarového spoje. Zkoušky se řídí podle příslušných norem a volí se vhodný druh zkoušky, kterých může být provedeno na svarovém spoji několik. [1]

Základní rozdělení zkoušek svarových spojů:

- Zkoušky nedestruktivní
- Zkoušky destruktivní

3.1 Nedestruktivní zkoušení svarových spojů

Při zkouškách nedestruktivních nedochází k poškození svařeného spoje. Zkoušky jsou určeny k zjišťování povrchových vad a vnitřních vad. [1]

Metody ke zjišťování povrchových vad:

- Vizuelní kontrola
- Penetrační zkouška
- Magnetická zkouška

Metody ke zjištění vnitřních vad:

- Zkouška prozářením
- Ultrazvuková zkouška

3.1.1 Vizuelní kontrola

Patří mezi nejjednodušší nedestruktivní defektoskopické kontroly, používá se u 100% kontroly všech svarů. Podle přístupnosti kontrolovaného povrchu máme vizuelní kontrolu přímou, prováděnou pouhým okem nebo pomocí optických pomůcek (lupy 2÷5x zvětšující, zrcátka). Nepřímá vizuelní kontrola je prováděna pomocí optických přístrojů a zařízení (např.: endoskop, boroskop nebo kamera, kdy je obraz kontrolován na monitoru apod.). [3]

3.1.2 Penetrační (kapilární) zkouška

Tato metoda umožňuje zjišťovat povrchové vady, které však musí být na povrchu otevřené (např.: povrchové trhliny, povrchové póry), aby do nich mohla vniknout detekční tekutina. Využívá kapilárních jevů smáčivosti a vzlínivosti. Používá se také pro zkoušky těsnosti. Podle použitých detekčních prostředků rozeznáváme tyto metody:

- metoda barevné indikace – přítomnost vady se projeví vznikem kontrastní barevné indikace. Hodnocení se provádí na denním světle,
- metoda fluorescenční – vada se projeví světélkující indikací při černém ultrafialovém světle,
- metoda dvouúčelová – použitý penetrant obsahuje fluorescenční látku, která je zároveň barvivem. [3]

Postup zkoušky spočívá v očištění, odmaštění zkoušeného povrchu a po usušení je nanesen penetrant natíráním nebo stříkáním. Po uplynutí doby působení 10 až 15 minut je penetrant odstraněn čističem, nejčastěji organická rozpouštědla benzín a aceton. Následuje vyvolání indikace pomocí vývojky (např. oxid zinečnatý) suspendovaný v těkavém rozpouštědle (acetonu) a vyhodnocení indikace. [3]

3.1.3 Magnetická zkouška

Slouží ke zjišťování povrchových vad (např. trhliny, póry) a vad těsně pod povrchem, lze použít jen u feromagnetických materiálů. Na zkoumaný povrch je nanesen ocelový prášek, buď rozptýlený ve vhodné kapalině např. petroleji, nebo suchý. V místě vzniklého magnetického rozptylového pole je prášek přitahován a vytváří zřetelnou stopu, která je indikací vady. K vytvoření magnetického pole jsou použity magnety nebo elektromagnety. [3]

3.1.4 Zkouška prozářením

Jedná se o metodu nedestruktivního zkoušení, jejíž princip spočívá v pohlcování ionizačního záření v kontrolovaném výrobku. Z následného zviditelnění prošlého záření vhodným detektorem lze stanovit místa, ve kterých se vyskytují vady. V těchto místech (především objemové vady) je záření pohlcováno méně a na filmu se potom jeví jako tmavší místa. Jako zdroje záření se používají rentgenové lampy (záření X-rentgenové), radioizotopy (záření gama-iridium, kobalt) nebo lineární urychlovače (záření XX-urychlené elektrony). Jako detektor záření se používá radiografický film. [3]

3.1.5 Ultrazvuková zkouška

Princip zkoušení ultrazvukem je založen na šíření akustického vlnění zkoušeným předmětem. Pokud jsou ve zkoušeném díle vady (bubliny, póry, vměstky, trhliny), vznikají rozdílné akustické vlastnosti a na jejich rozhraní pak dochází k interakci (odraz, částečné pohlcení) ultrazvukového vlnění. Změny se následně projeví na obrazovce jako poruchové echo. Ultrazvukovou metodou lze zjišťovat vnitřní prostorové vady a vady plošné, kolmé k ose ultrazvukového svazku. Ultrazvukem nelze rozlišovat od sebe jednotlivé druhy vad (např. trhliny od studených spojů). [3]

Zdroje ultrazvukových impulsů jsou ultrazvukové zkušební sondy, jejichž základním prvkem je elektroakustický měnič. [3]

3.2 Destruktivní zkoušení svarových spojů

Destruktivní zkoušky se provádí přímo na svařovaném vzorku nebo konstrukci, případně je vyříznutá část svařovaného místa podrobena dané destruktivní zkoušce. Ve všech případech dochází k porušení svařeného vzorku nebo konstrukce a již nelze svařovaný spoj účelně použít. [1]

Základní destruktivní zkoušky:

- Zkouška tahem
- Zkouška rozlomením
- Zkouška v ohybu
- Zkouška vrubové houževnatosti
- Zkouška tvrdosti

3.2.1 Zkouška tahem

Tato zkouška je také nazývána jako příčná zkouška tahem. U svarových spojů je nutné zkušební tyče zhotovit tak, aby orientace zatížení při zkoušce byla kolmá k podélné ose svarového spoje. Provádí se na trhacích strojích, kde je upnut vyříznutý vzorek svaru v požadované velikosti a namáhán až po jeho přetržení. Průběh zkoušky až do přetržení je patrný z diagramu trhací-tahové zkoušky. [3]

Hookův zákon představuje lineární závislost napětí na prodloužení (pouze v první fázi zatěžování – v tahovém diagramu je to přímková část). [3]

Hookův zákon:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

Kde: σ [MPa] je napětí.

ε [%] je deformace.

E [MPa] je modul pružnosti v tahu.

Mez kluzu – značí se R_e – je oblast namáhání materiálu v maximální elastické deformaci. Po uvolnění napětí materiál zaujme původní velikost, pokud dojde k překročení napětí nad mez kluzu, vzniká plastická deformace a zkoušený materiál je poškozený. Pro přesnější měření u materiálů, které vykazují kluzový jev jako např. ocel, se uvádí dolní mez kluzu (R_{eL}) a horní mez kluzu (R_{eH}). Přechod z R_{eH} do R_{eL} je charakterizován poklesem napětí a vznikem plastické deformace. [3]

Mez pevnosti – značí se R_m – je oblast, ve které je daný materiál namáhán největším napětím. Při snížení napětí zůstává materiál v jiném tvaru než původním. Při pokračujícím napětí za R_m dochází k snižování napětí, jelikož nastává přetržení materiálu. [3]

Tažnost – značí se A – představuje schopnost materiálu plasticky se deformovat. Jedná se o poměr prodloužení tyče k původní délce v %. [3]

$$A = \frac{L-L_0}{L_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Kde: A [%] je tažnost.

L [mm] je délka tyče po přetržení.

L_0 [mm] je výchozí měřená délka tyče.

Kontrakce – značí se Z – charakterizuje poměr úbytku průřezu plochy v krčku k původnímu průřezu tyče. [3]

$$Z = \frac{S_0-S}{S_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

Kde: Z [%] je kontrakce.

S [mm²] je průřez tyče v krčku po přetržení.

S_0 [mm²] je výchozí průřez tyče.

3.2.2 Zkouška rozlomením

Jedná se o jednoduchou zkoušku prováděnou na koutových svarech, kdy je svařený vzorek rozlomen ve svarovém spoji. Rozlomení lze provést několika způsoby, např. hydraulickým nebo mechanickým lisem, dílenským svěrákem, kladivem. Kontroluje se, zda nevznikly studené spoje, trhliny, vměstky a neprůvar. [1]

3.2.3 Zkouška v ohybu

Zkouška probíhá u tupých svarových spojů a zjišťuje se deformační schopnost daného svarového vzorku. Zkušební vzorek je podepřen ze strany krycí vrstvy a působící síla ohýbacího trnu z kořenové strany vyvozuje ohyb na předepsaný úhel 180°. Průměr ohýbaného trnu je 4x tloušťka zkušebního materiálu. [1]

3.2.4 Zkouška vrubové houževnatosti

Zkouška rázem v ohybu slouží ke srovnávání náchylnosti ocelí a svarových spojů ke křehkému porušení. Zkouší se na normovaném tělísku o rozměrech 10x10x55 mm a v příčném směru je vyroben vrub. Vrub může mít tvar písmene „V“ – označení KCV nebo tvar písmene „U“ – označení KCU. Zkouška se provádí na Charpyho kladivu. Kladivo je spuštěno z horní úvratě a ve spodní úvratě narazí do zkušebního tělíska v místech naproti patřičnému vrubu. Dojde k přeražení tělíska a hodnota přeběhu beranu za spodní úvrat' je zaznamenána na stupnici a stanoví se hodnota spotřebované práce v joulech [J], ze které lze spočítat vrubovou houževnatost [$J \cdot cm^{-2}$]. Spotřebovaná práce je vyjádřena v označení ocelí podle ČSN EN 10027-1 písmeny J (27J), K (40J), L (60J) v závislosti na teplotě přeražení. [3]

3.2.5 Zkoušky tvrdosti

Tvrdost je definována jako odpor proti vnikání cizího tělesa do povrchu zkoušeného materiálu (svarového spoje). Tvrdost lze posuzovat podle velikosti stopy, která vznikla vtlačováním tělesa podle typu zkoušky. Zkoušky tvrdosti se člení na statické a dynamické. [3]

Statické zkoušky podle:

- Brinella – HB, vtlačování kalené kuličky
- Rockwella – HRC, vtlačování diamantového kužele
- Vickerse – HV, vtlačování diamantu ve tvaru pravidelného čtyřbokého jehlanu

U těchto zkoušek je důležitá síla, doba zatěžování a teplota, při které je zkouška prováděna. [3]

Dynamické zkoušky:

- Poldi kladívko
- Baumannovo kladívko
- Shoreho skleroskop
- Duroskop

Nejčastěji se používá Poldi kladívko. Rázem kladiva na úderník dojde ke vtisku kuličky, jak do zkoušeného materiálu, tak do srovnávací tyčinky známé tvrdosti. Komparací vtisků lze určit tvrdost zkoušeného materiálu. [3]

4 SHRNU TÍ

Teoretická část této práce byla rozdělena do tří kapitol. V první kapitole bylo popsáno svařování jako takové, historie svařování, teorie vzniku svarového spoje, dále rozdělení metod svařování, pracovní polohy při svařování, rovněž elektrický oblouk, obloukové svařování v ochranných atmosférách a obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním/aktivním plynu. V další kapitole je zmínka o ochranných inertních a aktivních plynech, chemické účinky ochranných plynů, metalurgické reakce při svařování v aktivních ochranných plynech a směsi plynů vhodné pro MIG/MAG svařování. V poslední kapitole je rozdělení zkoušek svarových spojů na nedestruktivní a destruktivní zkoušky a rovněž jsou popsány různé metody zkoušení.

V praktické části této práce je představena společnost Slovácké strojírna, a.s., dále v této části bude popsáno svaření vzorků plechů svařovacími plyny o různém chemickém složení a následné testování výše zmíněnými metodami zkoušení svarových spojů a hodnocení kvality těchto vzorků.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 SLOVÁCKÉ STROJÍRNY, A.S.

Slovácké strojírnny, a.s. jsou jednou z nejvýznamnějších průmyslových společností Zlínského kraje s více než šedesátiletou tradicí vyspělé strojírenské výroby. Do nového tisíciletí vstoupily Slovácké strojírnny jako moderní firma plně adaptovaná na konkurenční prostředí tržního hospodářství. Společnost si vytvořila podmínky pro trvalý proces úspory vnitřních nákladů, flexibility výroby, zajištění požadované kvality vyráběné produkce a podstatné zvýšení produktivity práce.

Tato skutečnost umožnila již dříve uplatnit naši produkci na vyspělých trzích (převážně SRN, Holandsko, Rakousko, Švýcarsko), obnovit export hliníkarenských jeřábů na trhy Egypta a Ruska. Naplnění výrobních kapacit se zajištěnou návratností vložených finančních prostředků dává předpoklad stability a perspektivy akciové společnosti do budoucna.

Správnost procesu vnitřní restrukturalizace společnosti ve všech oblastech její činnosti byla potvrzena v červnu 1998 získáním certifikátu ISO 9001 a jeho obhájením v letech následujících. Od roku 2009 je společnost držitelem environmentálního certifikátu ČSN EN ISO 14001:2005.

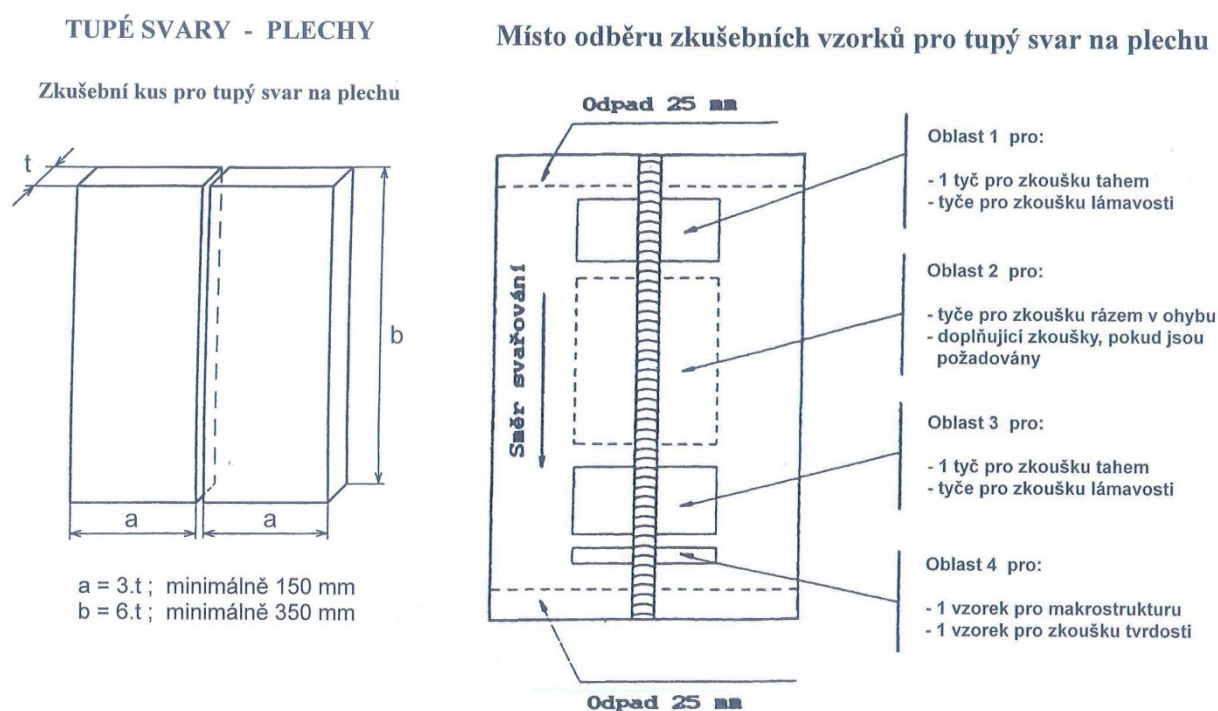
Po roce 2000 se rozvoj společnosti zaměřil i na proniknutí do jiných oblastí podnikání a tak společnost v roce 2000 vstoupila kapitálově do společnosti MEP Postřelmov, a.s., v roce 2006 ovládla akcie společnosti NH Zábřeh, a.s., v roce 2011 společnost koupila vlastnická práva k podniku dlužníka TOS, a.s. se sídlem v Čelákovících a v roce 2012 pokračovala expanze společnosti koupí 100% akcií společnosti Krušnohorské strojírnny Komořany, a.s. se sídlem v Mostě.

Slovácké strojírnny, a.s. jsou také držitelem certifikátu pro výrobu ocelových konstrukcí do třídy provedení EXC 4 dle EN 1090-2, držitel certifikátu pro výrobu, montáž a opravy ocelových konstrukcí, konstrukcí silničních a železničních mostů a dalších konstrukcí navržených dle ČSN EN 1993-2, ocelových konstrukcí jeřábů a jeřábových drah, ocelových konstrukcí z ocelí vysoké pevnosti s mezí kluzu vyšší než 400MPa a zavedla a používá proces svařování, který odpovídá ČSN EN ISO 3834-2.

V současné době jsou Slovácké strojírnny, a.s. moderní technologickou firmou nabízející svým obchodním partnerům rozsáhlé technologické možnosti výroby v oblasti strojírenství a elektrotechniky spolu s kvalifikovanými pracovníky všech potřebných profesí. [6]

6 TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ

V následujícím technologickém postupu svařování je popsáno, jak vznikaly zkušební kusy pro jejich následující testování, výběr základního a přídatného materiálu, dělení materiálu a příprava svarových ploch. Bylo svařeno celkem 6 zkušebních kusů, pro každý plyn 2 kusy, z důvodu výroby dostatečného množství vzorků pro zkoušení. Následně proběhlo testování takto svařených kusů a posléze nadělených vzorků. Veškeré informace o svařování jsou uvedeny ve specifikacích postupů svařování – WPS, které jsou součástí této práce viz. přílohy P1, P2 a P3.



Obr. 8. Rozměry zkušebních kusů a místo odběru vzorků pro testování

6.1 Základní materiál

Byl zvolen základní materiál běžné jakosti S355J2+N s atestem 3.1 dle EN 10204. Celkový rozměr tabule plechu byl P1 10 - 2000x6000 mm.

6.2 Přídatný materiál

Byl zvolen přídatný materiál OK AristoRod 12.50, $\varnothing 1,0$ mm, od výrobce ESAB. Vybraný přídatný materiál spadá do skupiny podle EN ISO 14341-A: G3Si1 SFA/AWS A5.18: ER70S-6.

6.3 Použitá ochranná atmosféra

Pro metodu svařování 135 a přídavný materiál ze skupiny G3Si1 byly zvoleny celkem 3 druhy ochranné atmosféry dle ČSN EN ISO 14175:

1. Jednosložkový svařovací plyn C1: CO₂ (100%),
2. Dvousložková směs plynů M21: Ar + CO₂ v poměru 82% Ar a 18% CO₂,
3. Trojsložková směs plynů M25: Ar + CO₂ + O₂ v poměru 83% Ar, 13% CO₂ a 4% O₂.

6.4 Dělení materiálu

Celá tabule výše zmíněného plechu byla, z důvodu omezení tvorby tepelně ovlivněné oblasti po dělení, technologií řezání vodním paprskem nadělena na menší plechy o rozměrech 150x350 mm podle ČSN EN 15607.

6.5 Příprava svarových ploch

Dle ČSN EN ISO 9692-1. Nadělené plechy bylo potřeba zbavit nečistot, rzi a okují, proto byly dále přesměrovány do pískovny k otryskání (křemičitý písek). Dále bylo potřeba vytvořit úkos 30°, vždy na delší straně každého naděleného plechu. O to se postarala obsluha frézovacího stroje a vytvoření otupení 2 mm, na takto vzniklém úkosu, už proběhlo ručně pomocí pilníku.

6.6 Stehování

Stehování provedl svářeč s kvalifikací dle EN 287-1, délka stehů byla 20-30 mm, nebyly použity náběhové desky a tak stehy zůstaly součástí svaru.

6.7 Svařování

- Použitá metoda svařování: 135 – ruční obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu.
- Použitá ochranná atmosféra: C1, M21, M25
- Svářeč s kvalifikací dle EN 287-1
- Provedení svarů dle WPS a dle EN ISO 15614-1

7 NDT KONTROLY SVARŮ

Veškeré zkoušení vzorků bylo provedeno ve středisku NDT zkušební organizace TESYDO, s.r.o. se sídlem v Brně.

7.1 Vizuální kontrola

Visuální kontrola byla provedena v rozsahu 100% zkoušení dle zkušební předpisu EN ISO 17637. Byla použita přímá metoda zkoušení a zdroj osvětlení byly stropní svítidly o intenzitě osvětlení 874 luxů. Vyhodnocování vad se řídilo dle ČSN EN ISO 5817, ve stupni B. Byly použity následující pomůcky: měrka na převýšení svarů, měřidlo hloubky vady, posuvné měřítko, pravítko, lupa 4x zvětšující.

Výsledky kontroly jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tab. 4. Vyhodnocení vizuální kontroly vzorku č. 1

vzorek č. 1	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	bez nepřipustných vad	B	vyhovuje

Tab. 5. Vyhodnocení vizuální kontroly vzorku č. 2

vzorek č. 2	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	5013 – vrub v kořeni	B	vyhovuje

Tab. 6. Vyhodnocení vizuální kontroly vzorku č. 3

vzorek č. 3	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	bez nepřipustných vad	B	vyhovuje

Z výsledků vyhodnocení vizuálních kontrol všech tří vzorků nelze stanovit, do jaké míry ovlivňuje svařovací plyn samotný svar. Nalezená vada, 5013 – vrub v kořeni, ve vzorku č. 2 je nejspíš způsobena svářečem, nikoliv vlivem svařovacího plynu. Ostatní vzorky byly bez vad. Výsledky všech tří vzorků jsou vyhovující v požadované kvalitě dle ČSN EN ISO 5817 - B. Další informace jsou v protokolech o vizuální kontrole, které jsou součástí této práce. viz. přílohy P4, P5 a P6.

7.2 Penetrační (kapilární) zkouška

Rozsah zkoušení u kapilární zkoušky byl 100%, tzn. v celém rozsahu svařených vzorků, tepelně ovlivněné oblasti nevyjímaje. Byla použita metoda barevných indikací. V prvním kroku byl svar očištěn od nečistot, rzi a okují. Po usušení následovalo nanesení penetrantu MR 311-R (spray). Penetrační čas byl 15 min. V dalším kroku byl penetrant odstraněn čističem MR 79 (textil) a následně byla nanesena vývojka MR 70 (spray). Vyvolávací čas byl 15 min.

Výsledky zkoušky jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tab. 7. Vyhodnocení penetrační (kapilární) zkoušky vzorku č. 1

vzorek č. 1	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	bez záznamu vad	B	vyhovuje

Tab. 8. Vyhodnocení penetrační (kapilární) zkoušky vzorku č. 2

vzorek č. 2	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	bez záznamu vad	B	vyhovuje

Tab. 9. Vyhodnocení penetrační (kapilární) zkoušky vzorku č. 3

vzorek č. 3	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	bez záznamu vad	B	vyhovuje

U žádného ze vzorků se během trvání zkoušky neprojeví žádné povrchové vady. Z výsledků zkoušky není zřejmé, jaký vliv má svařovací plyn na svar. Všechny testované vzorky vyhovely podle ČSN EN ISO 23277 stupeň 2x a ČSN EN ISO 5817 - B. Protokoly o kapilárních zkouškách jsou přílohou této práce viz. přílohy P7, P8 a P9.

7.3 Zkouška prozářením

Všechny tři vzorky byly rovněž podrobeny radiografické zkoušce. Zkoušení probíhalo pomocí RTG přístroje GE Seifert ERESKO 42 MF4. Vzdálenost mezi zdrojem záření a filmem byla 700 mm a čas expozice trval 1 minutu a 15 sekund. Následné vyvolání filmu bylo ruční se zčernáním >2,3. Specifikace zkoušky se řídila dle ČSN EN ISO 17636-1.

V následujících tabulkách je vyhodnocení radiografických zkoušek:

Tab. 10. Vyhodnocení zkoušky prozářením vzorku č. 1

vzorek č. 1	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	2011 – pór	B	vyhovuje
vada	-	B	vyhovuje

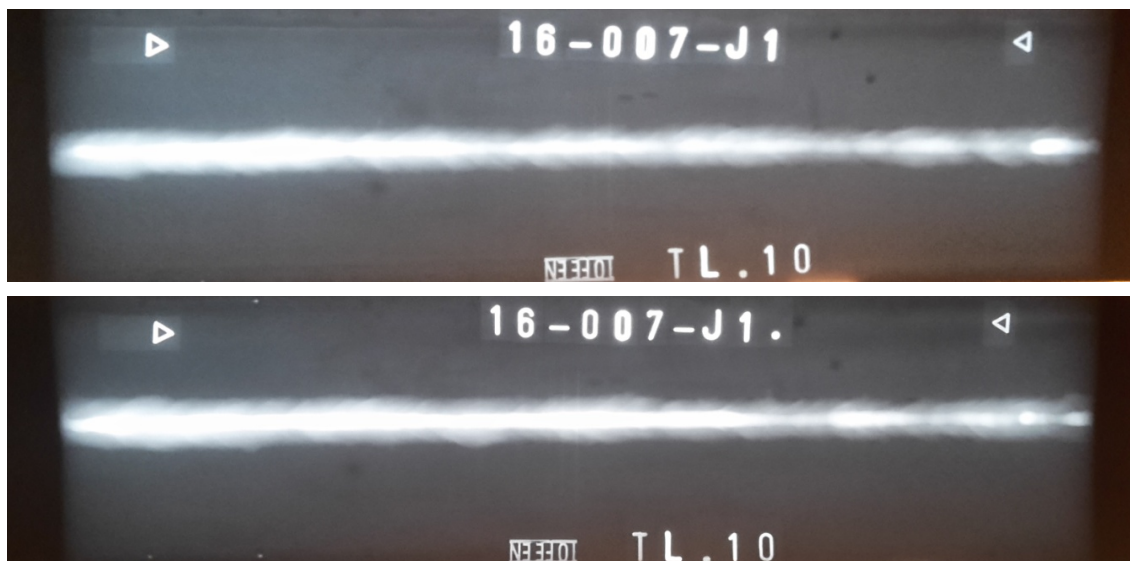
Tab. 11. Vyhodnocení zkoušky prozářením vzorku č. 2

vzorek č. 2	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	5013 – vrub v kořeni	B	vyhovuje
vada	-	B	vyhovuje

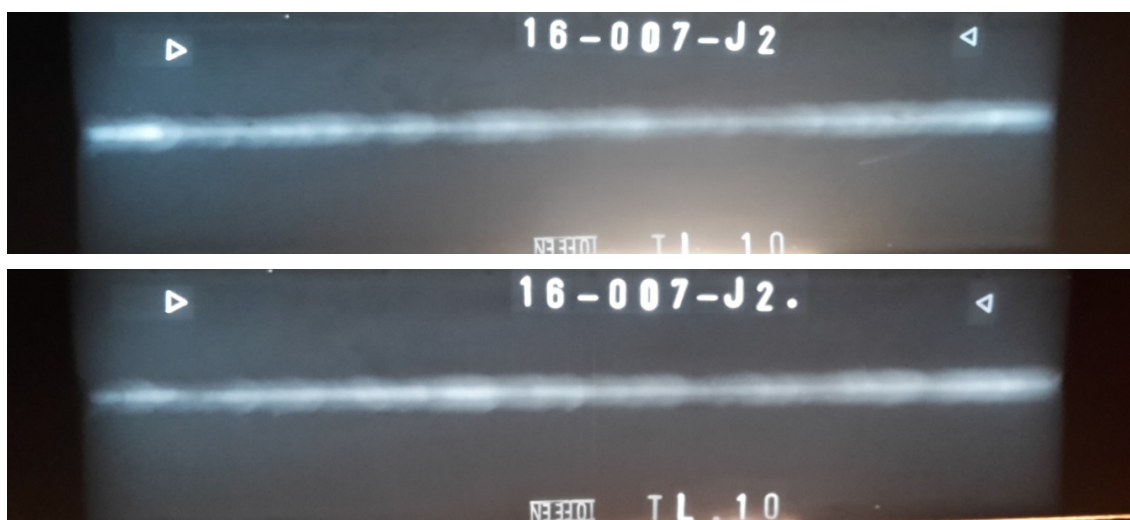
Tab. 12. Vyhodnocení zkoušky prozářením vzorku č. 3

vzorek č. 3	kód vady – název vady	stupeň jakosti	vyhovuje/nevyhovuje
vada	2011 – pór	B	vyhovuje
vada	2011 – pór	B	vyhovuje

Každou metodou (plynem) byly svařeny dvě desky, proto jsou ve vyhodnocení u každého vzorku dva rentgenové snímky. V první desce vzorku č. 1 byla nalezena vada 2011 – pór. Druhá deska byla bez vad. U první desky vzorku č. 2 byl nalezen vrub v kořeni – vada 5013 a ve druhé desce nebyla nalezena žádná vada. U vzorku č. 3 byl v obou deskách nalezen pór – vada 2011. Z vyhodnocování radiografické zkoušky je nutné podotknout, že i přes nalezení určitých vad ve svarech jsou všechny vzorky vyhovující dle EN ISO 10675-1 a ČSN EN ISO 5817 - B. Nelze s určitostí tvrdit, že svařovací plyn ovlivnil kvalitu svarového spoje. Nalezené vady byly totiž ojedinělé a nejednalo se např. o shluk pórů. Protokoly o radiografických zkouškách jsou součástí této práce viz. přílohy P10, P11 a P12.



Obr. 9. RTG snímky vzorku č. 1



Obr. 10. RTG snímky vzorku č. 2



Obr. 11. RTG snímky vzorku č. 3

8 DT KONTROLY SVARŮ

8.1 Zkouška tahem

Příčná zkouška tahem byla provedena na zkušebním trhacím stroji A. J. Amsler. Pro účel této zkoušky musely být vytvořeny tyčinky o rozměrech 10,0 x 25,0 mm. Zkušební teplota vzorků byla 20°C.

V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty zjištěné při zkoušce tahem:

Tab. 13. Vyhodnocení zkoušky tahem vzorku č. 1

vzorek č. 1	F [N]	R_m [MPa]	místo porušení
1	128000	526,6	mimo svar
2	129000	526,5	mimo svar

Tab. 14. Vyhodnocení zkoušky tahem vzorku č. 2

vzorek č. 2	F [N]	R_m [MPa]	místo porušení
1	129800	529,8	mimo svar
2	130200	531,4	mimo svar

Tab. 15. Vyhodnocení zkoušky tahem vzorku č. 3

vzorek č. 3	F [N]	R_m [MPa]	místo porušení
1	130000	525,3	mimo svar
2	129800	524,4	mimo svar

Z každého svařeného vzorku byly vytvořeny dvě tyčinky o rozměrech uvedených výše. Zjišťovaly se hodnoty zejména meze pevnosti (R_m) při přetržení zkušebních tyčinek a následné vyhodnocení se řídilo dle normy ČSN EN ISO 4136. U všech tyčinek došlo k přetržení mimo svar. Byly porovnávány hodnoty meze pevnosti s mezí pevnosti základního materiálu, kterou nám udává norma ČSN EN 10025-2 a která činí 470-630 MPa. Z porovnání vyplývá, že u všech vzorků byly hodnoty meze pevnosti v intervalu jako hodnota meze pevnosti základního materiálu a tudíž všechny zkoušené vzorky (tyčinky) jsou vyhovující. Z výsledků trhacích zkoušek se nedá stanovit, který z plynů má nebo nemá vliv na kvalitu svarového spoje. Protokoly o příčných zkouškách tahem jsou součástí této práce viz. přílohy P13, P14 a P15.

8.2 Zkouška v ohybu

Při zkoušce ohybem bylo nutné vytvořit vzorky (tyčinky) o rozměrech 10,0 x 40,0 mm. Z každého svařeného vzorku se tedy musely vytvořit čtyři tyčinky. Dohromady bylo tedy potřeba odzkoušet touto metodou 12 tyčinek. Z každého vzorku se vždy ohýbaly dvě tyčinky přes líc a dvě přes kořen. Průměr ohýbacího trnu byl 40 mm (4x tloušťka zkoušeného materiálu). Úhel ohybu činil 180° a vzdálenost podpor byla 65 mm.

Následující tabulky shrnují výsledky zkoušení v ohybu.

Tab. 16. *Vyhodnocení zkoušky v ohybu vzorku č. 1*

vzorek č. 1	druh ohybu	průměr trnu / úhel ohybu [mm/°]	vyhodnocení
1	příčný ohyb lícní	40/180	bez trhlin
2	příčný ohyb lícní	40/180	bez trhlin
3	příčný ohyb kořenový	40/180	bez trhlin
4	příčný ohyb kořenový	40/180	bez trhlin

Tab. 17. *Vyhodnocení zkoušky v ohybu vzorku č. 2*

vzorek č. 2	druh ohybu	průměr trnu / úhel ohybu [mm/°]	vyhodnocení
1	příčný ohyb lícní	40/180	bez trhlin
2	příčný ohyb lícní	40/180	bez trhlin
3	příčný ohyb kořenový	40/180	bez trhlin
4	příčný ohyb kořenový	40/180	bez trhlin

Tab. 18. *Vyhodnocení zkoušky v ohybu vzorku č. 3*

vzorek č. 3	druh ohybu	průměr trnu / úhel ohybu [mm/°]	vyhodnocení
1	příčný ohyb lícní	40/180	bez trhlin
2	příčný ohyb lícní	40/180	bez trhlin
3	příčný ohyb kořenový	40/180	bez trhlin
4	příčný ohyb kořenový	40/180	bez trhlin

U žádné z ohýbaných tyčinek se neprojevila žádná vada ani výskyt trhlin, proto jsou zkoušky u všech vzorků vyhovující dle ČSN EN ISO 5173. Vzhledem k tomu, že nebyly při této zkoušce zjištěny žádné vady, nelze určit, zda má svařovací plyn vliv na svařový spoj, ať už příznivý či nepříznivý. Protokoly o zkouškách ohybem jsou přílohou této práce viz. přílohy P16, P17 a P18.

8.3 Zkouška vrubové houževnatosti

Zkouška vrubové houževnatosti, prováděná na Charpyho zkušebním kladivu, byla provedena na zařízení – kyvadlové kladivo VEB WPM Leipzig. Opět byly vytvořeny zkušební tyčinky o rozměrech 10,0 x 10,0 mm, průřez $S_0 = 0,8 \text{ cm}^2$ – v souladu s normou ČSN ISO 148-1. Z každé svařené desky bylo vyřezáno 6 tyčinek. Vždy ve třech tyčinkách byl vytvořen V-vrub na ose svaru a v dalších třech, 1 mm od hranice ztavení mezi základním materiálem a svarem. Hloubka vrubů byla 2 mm. Následovalo ochlazení tyčinek na teplotu -20°C a poté probíhalo samotné přeražení tyčinek na výše zmíněném kladivu.

V tabulkách jsou uvedeny hodnoty nárazové práce při přeražení tyčinek:

Tab. 19. Vyhodnocení zkoušky vrubové houževnatosti vzorku č. 1

vzorek č. 1	typ a rozměr	nárazová práce [J]				místo porušení, vzhled lomu
		1	2	3	průměr	
1	VWT 0/2	92	74	78	81,3	ve vrubu, bez vad
2	VHT 1/2	66	50	66	60,7	ve vrubu, bez vad

Tab. 20. Vyhodnocení zkoušky vrubové houževnatosti vzorku č. 2

vzorek č. 2	typ a rozměr	nárazová práce [J]				místo porušení, vzhled lomu
		1	2	3	průměr	
1	VWT 0/2	54	76	52	60,7	ve vrubu, bez vad
2	VHT 1/2	54	38	38	43,3	ve vrubu, bez vad

Tab. 21. Vyhodnocení zkoušky vrubové houževnatosti vzorku č. 3

vzorek č. 3	typ a rozměr	nárazová práce [J]				místo porušení, vzhled lomu
		1	2	3	průměr	
1	VWT 0/2	50	98	92	80,0	ve vrubu, bez vad
2	VHT 1/2	42	34	30	35,3	ve vrubu, bez vad

VWT – vrub ve svaru 0 – vrub na ose svaru 2 - hloubka vrubu [mm]
 VHT – vrub v tepelně 1 – vrub 1 mm od hranice ztavení 2 - hloubka vrubu [mm]
 ovlivněné oblasti

Jako vyhodnocení nám posloužila norma ČSN EN 10027-1, ve které je uvedena minimální hodnota nárazové práce základního materiálu při -20°C a ta je 27 J. Při porovnávání výsledků zkoušek, s hodnotou nárazové práce základního materiálu, se došlo

k závěru, že u všech zkoušek byly hodnoty nárazové práce vyšší a proto je považujeme za vyhovující dle ČSN EN ISO 9016. Nicméně tato práce zkoumá, zdali svařovací plyn ovlivnil kvalitu svarového spoje či nikoli. Při pohledu do tabulek s výsledky a porovnání hodnot je zřejmé, že nárazová práce u tyčinek s vrubem v ose svaru je vyšší u vzorku č. 1 (81,3 J) a vzorku č. 3 (80,0 J), než u vzorku č. 2 (60,7 J) a dále je zřejmé, že nárazová práce, potřebná k přeražení tyčinek s vrubem v TOO, je nejvyšší u vzorku č. 1 (60,7 J). Vzorek č. 2 (43,3 J) vykazuje střední hodnoty a vzorek č. 3 (35,3 J) nejnižší hodnoty ze všech testovaných. Z výsledků lze tedy stanovit, že u svařenců, kde je vyžadována vysoká nárazová práce, se jeví jako nejvhodnější použití svařovacího plynu CO₂ (vzorek č. 1). U vzorku č. 2 byly hodnoty nárazové práce v TOO nad hodnotou nárazové práce základního materiálu, ale hodnoty nárazové práce ve svaru byly nižší než u ostatních vzorků, nicméně výsledky jsou stále vyhovující. A konečně vzorek č. 3 měl hodnoty nárazové práce ve svaru srovnatelné se vzorkem č. 1 a dal by se také použít pro svařence s požadovanou vysokou nárazovou prací ve svaru, ale naměřené hodnoty nárazové práce v TOO byly nejnižší, nicméně stále vyhovující, což by zase nemuselo vyhovovat požadavkům na svařenec. Protokoly o zkouškách rázem v ohybu jsou součástí této práce viz. přílohy P19, P20 a P21.

8.4 Zkouška tvrdosti

Rovněž byly provedeny zkoušky tvrdosti podle Vickerse HV10. Měření probíhalo na tvrdoměru Zwick ZHV 30. Tvrdost byla měřena jak v základním materiálu, tak v TOO i svarovém kovu. Měřené oblasti byly zprava i zleva, vzhledem k ose svaru a ze strany kořene i ze strany krycí vrstvy svaru, vždy 2 mm od povrchu.

Naměřené hodnoty jsou v následujících tabulkách:

Tab. 22. *Vyhodnocení zkoušky tvrdosti vzorku č. 1*

vzorek č. 1					
poloha	ZM 1	TOZ 5	SK 11	TOZ 7	ZM 3
tvrdost	161, 158, 164	170, 193, 199, 204, 203	180, 185, 181	192, 194, 183, 177, 177	158, 167, 156
průměr	161	193,8	182	184,6	160,3
poloha	ZM 2	TOZ 6	SK 13	TOZ 8	ZM 4
tvrdost	173, 170, 169	184, 178, 200, 188, 192	171, 180, 185	202, 188, 186, 177, 178	160, 163, 157
průměr	170,7	188,4	178,7	186,2	160

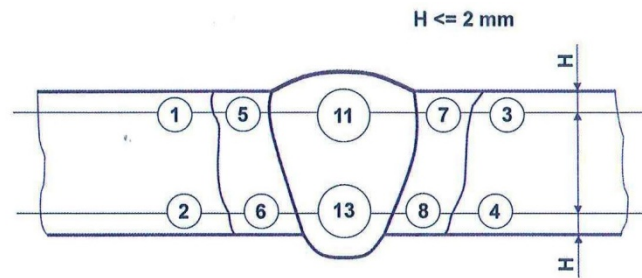
Tab. 23. *Vyhodnocení zkoušky tvrdosti vzorku č. 2*

vzorek č. 2					
poloha	ZM 1	TOZ 5	SK 11	TOZ 7	ZM 3
tvrdost	159, 158, 173	210, 193, 180, 210, 203	191, 200, 203	208, 205, 182, 223, 204	160, 157, 171
průměr	163,3	199,2	198	204,4	162,7
poloha	ZM 2	TOZ 6	SK 13	TOZ 8	ZM 4
tvrdost	160, 158, 172	180, 176, 179, 178, 182	179, 183, 180	186, 184, 189, 191, 177	157, 159, 172
průměr	163,3	179	180,7	185,4	162,7

Tab. 24. *Vyhodnocení zkoušky tvrdosti vzorku č. 3*

vzorek č. 3					
poloha	ZM 1	TOZ 5	SK 11	TOZ 7	ZM 3
tvrdost	153, 147, 164	196, 195, 182, 214, 212	177, 194, 181	206, 185, 177, 196, 204	157, 164, 165
průměr	154,7	199,8	184	193,6	162
poloha	ZM 2	TOZ 6	SK 13	TOZ 8	ZM 4
tvrdost	165, 164, 181	191, 183, 180, 184, 197	175, 174, 171	187, 182, 170, 177, 175	156, 168, 172
průměr	170	187	173,3	178,2	165,3

Zkoušky tvrdosti byly vyhodnoceny následovně. Z naměřených hodnot v základním materiálu (ZM), v tepelně ovlivněné oblasti (TOO) a ve svarovém kovu (SK) uvedené v tabulkách byly zprůměrovány a hodnotily se rozdíly těchto průměrů. Rozdíly byly následně porovnány.



Obr. 12. Oblasti měření tvrdosti

Vzorek č. 1

- ZM → rozdíl hodnot průměrů 5,4
- TOO → rozdíl hodnot průměrů 5,0
- SK → rozdíl hodnot průměrů 3,3

Vzorek č. 2

- ZM → rozdíl hodnot průměrů 0,4
- TOO → rozdíl hodnot průměrů 15,0
- SK → rozdíl hodnot průměrů 17,3

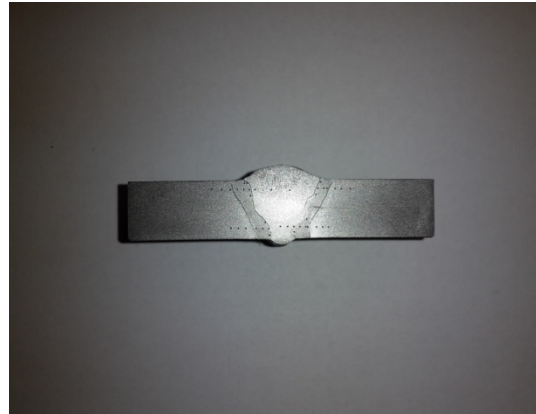
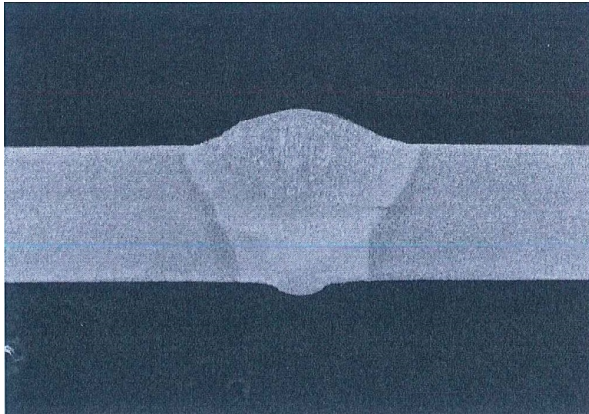
Vzorek č. 3

- ZM → rozdíl hodnot průměrů 8,2
- TOO → rozdíl hodnot průměrů 11,9
- SK → rozdíl hodnot průměrů 10,7

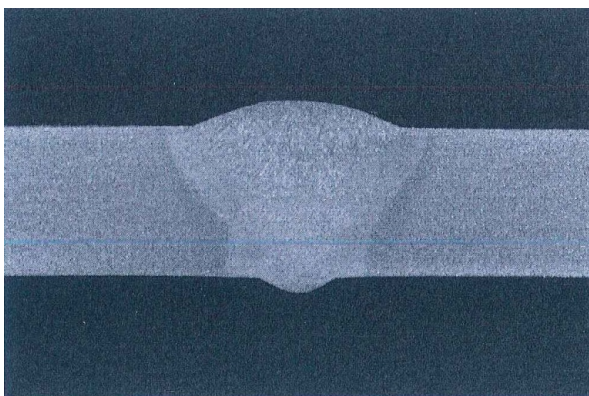
Z vyhodnocení vyplývá, že rozdíly hodnot průměrů tvrdostí v ZM jsou nejmenší ve vzorku č. 2 (0,4) a nejvyšší ve vzorku č. 3 (8,2). Vzorek č. 1 vykazuje střední rozdíl hodnot průměrů (5,4) v ZM. Rozdíl hodnot průměrných tvrdostí v TOO je nejmenší u vzorku č. 1 (5,0), střední rozdíl hodnot průměrů je u vzorku č. 3 (11,9) a nejvyšší u vzorku č. 2 (15,0). A konečně rozdíl hodnot průměrů v SK je nejnižší u vzorku č. 1 (3,3), střední u vzorku č. 3 (10,7) a nejvyšší u vzorku č. 2 (17,3). Naměřené hodnoty tvrdosti tepelně ovlivněné oblasti a svarového kovu byly téměř ve všech případech vyšší, než naměřená tvrdost základního materiálu. Naměřené hodnoty tvrdostí neprokazují vliv svařovacího plynu na kvalitu svařového spoje. Dle rozdílných hodnot tvrdostí jednotlivých vzorků lze pouze doporučit, který ze zkoušených plynů je vhodnější pro ten který typ svařového spoje a jeho tvrdosti v základním materiálu, svařovém kovu a tepelně ovlivněné oblasti. Protokoly o zkouškách tvrdosti jsou součástí této práce viz. přílohy P22, P23 a P24.

8.5 Metalografické výbrusy svařených vzorků

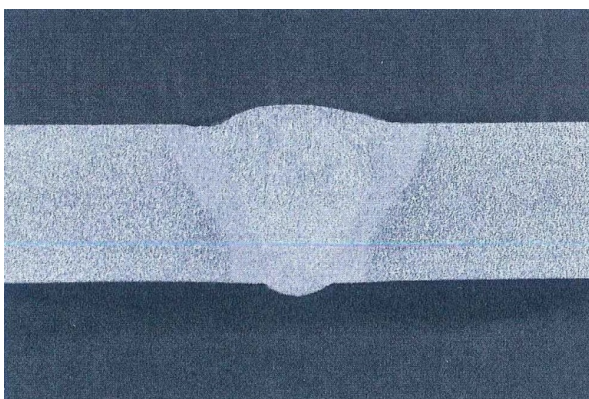
Tato metoda metalografického výbrusu byla provedena z důvodu názornosti skladby vrstev svaru, navazování jednotlivých housenek, převýšení svaru nebo nedostatečného provaření kořene svaru a velikost tepelně ovlivněné oblasti u jednotlivých metod (plynů).



Obr. 13. Makroskopický výbrus vzorku č. 1



Obr. 14. Makroskopický výbrus vzorku č. 2



Obr. 15. Makroskopický výbrus vzorku č. 3

Nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi jednotlivými metalografickými výbrusy. Protokoly o makroskopické kontrole jsou součástí této práce. viz. přílohy P25, P26 a P27.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývá studiem vlivu svařovacího plynu na svarový kov, potažmo na kvalitu svarového spoje zhotoveného ručním obloukovým svařováním tavicím elektrodou v různých ochranných atmosférách vybraného chemického složení. Cílem této práce bylo zjistit, zdali a jak ovlivňuje svařovací plyn svarový spoj.

V teoretické části této práce je popsáno svařování jako takové, historie svařování, rozdělení metod svařování, elektrický oblouk, obloukové svařování, ochranné plyny, chemické účinky svařovacích plynů, metalurgické reakce při svařování, teorie destruktivních i nedestruktivních metod zkoušení svarových spojů, apod.

V praktické části této práce bylo hlavním úkolem svařit plechy o normalizovaných rozměrech různými plyny a poté na nich provést zkoušky, které nám měli určit, který z použitých svařovacích plynů je nejvýhodnější pro svařování. Byly vybrány tři druhy plynů o daném chemickém složení a to jednosložkový svařovací plyn 100% CO₂, dvousložkový svařovací plyn 82% Ar + 18% CO₂ a trojsložkový svařovací plyn 83% Ar + 13% CO₂ + 4% O₂.

Lze konstatovat, že jako nejoptimálnější ze všech tří použitých svařovacích plynů se jevil plyn ze skupiny M21 s chemickým složením 82% Ar + 18% CO₂. Jako první byly provedeny nedestruktivní zkoušky a to vizuální kontrola, ve které byly všechny vzorky vyhovující dle příslušných norem, dále pak penetrační (kapilární) zkouška, kde rovněž všechny zkoušené vzorky vyhověly přísným kritériím, které nám určovaly příslušné normy a jako poslední nedestruktivní zkouškou byla zkouška prozářením, kde i přes nalezené drobné vady prošly všechny rentgenové snímky jako vyhovující. Následovalo testování destruktivní, kde bylo potřeba ze zkušebních kusů vyrobit vzorky různých rozměrů pro dané testování. Zkouškou tahem bylo prokázáno, že všechny zkoušené vzorky měli mez pevnosti v rozmezí jako základní materiál. Zkouška v ohybu potvrdila, že svarové spoje byly zhotoveny ve velmi vysoké kvalitě, neboť se na žádném ze zkušebních vzorků neprojevil žádná vada ani trhliny a to ani v kořenové vrstvě svaru, ani v krycí svarové vrstvě. Rovněž byla provedena zkouška rázem v ohybu, kde byly zjištěny rozdíly v nárazové práci při přetržení vzorků. Nejvyšší nárazová práce, potřebná k přeražení vzorků v ose svaru, byla naměřena u vzorků svařených čistým 100% CO₂, pak u vzorků svařených trojsložkovým plynem 83% Ar + 13% CO₂ + 4% O₂ a nejnižší hodnoty byly naměřeny u plynu 82% Ar + 18% CO₂. Jinak tomu bylo při rozlomení vzorků v TOO, kde opět nejvyšší hodnoty

byly naměřeny u čistého 100% CO₂, následovaly vzorky svařené dvousložkovým plynem 82% Ar + 18% CO₂ a nejnižší hodnoty měly vzorky svařené plynem 83% Ar + 13% CO₂ + 4% O₂. Zkoušky tvrdosti byly vyhodnoceny jak pro základní materiál, tak pro TOO a svařový kov. Pak byly hodnoty porovnány a z rozdílů hodnot není zřejmé, který z plynů má výrazný vliv na tvrdost svařového kovu. Byly vyhodnoceny také makrostruktury svařových spojů. Lze konstatovat, že jako nejoptimálnější ze všech tří použitých svařovacích plynů se jevil plyn ze skupiny M21 s chemickým složením 82% Ar + 18% CO₂.

Závěrem lze říci, že výsledky vyhodnocení jednotlivých zkoušek na svařových spojkách, zhotovených tavným svařováním, metodou ručního obloukového svařování tavící se elektrodou ve třech různých ochranných atmosférách neprokázali žádné anomálie ani odchylky od běžných postupů svařování. Vlivy jednotlivých plynů na svařový spoj byly znatelné při samotném svařování, kdy svářeč ovládal svařovou lázeň a vedení hořáku. Z jeho hodnocení se jevil jako nejlepší svařovací plyn 82% Ar + 18% CO₂, který je z největší části používán ve firmě Slovácké strojírně, a.s. Tento plyn vykazoval snadnou kontrolu oblouku a plynulý svařovací proces. Dalším důvodem použití tohoto svařovacího plynu jsou jeho vlastnosti při svařování, které jsou popsány v teoretické části této práce, zejména však malý rozstřík a cena. Levnější plyn než výše zmíněný je 100% CO₂, avšak jeho nedostatkem je vysoký rozstřík kovu, který má za následek další operace po svařování jako broušení a čištění a vzhledem k tomu, jaká je cena práce svářeče, je v konečném důsledku z ekonomického hlediska nevhodné tento plyn používat. Svařovací plyn 83% Ar + 13% CO₂ + 4% O₂ vykazuje podobné vlastnosti jako plyn 82% Ar + 18% CO₂, avšak jeho cena je podstatně vyšší a tudíž volba tohoto plynu by byla opět neekonomická.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOLEJSKÝ, Tomáš. *Základní kurz svařování MIG/MAG se souborem testových otázek*. 4. aktualizované vydání. Ostrava: ZEROSS, 2015. Kapitola 10, Zkoušky svarů, s. 91-99.
- [2] KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie II: Část svařování* [online]. Brno: [s.n.], 2006. [cit. 2012-07-02]. Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory.htm>>.
- [3] BARTÁK, Jiří, et al. *Učební texty pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory*. Ostrava: ZEROSS, 2002. 418 s. ISBN 80-85771-97-7.
- [4] KUBÍČEK, Jaroslav., DANĚK, Ladislav., KANDUS, Bohumil. *Učební texty pro mezinárodní svářečské inženýry a technology*. Plzeň: ŠKOLA WELDING s.r.o., 2011. Kapitola 2, *Technologie svařování a zařízení*.
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. *Učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Kapitola 1, *Materiály a jejich svařitelnost*.
- [6] ROSENFELD, Jiří. *Představení společnosti* [online]. Uherský Brod: [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.sub.cz/spolecnost.aspx>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MAG	Metal Activ Gas
MIG	Metal Inert Gas
TIG	Tungsten Inert Gas
NDT	Nondestructive Testing
DT	Destructive Testing
WPS	Welding Procedure Specification
°C	stupeň Celsia
°K	stupeň Kelvina
CO ₂	oxid uhličitý
O ₂	kyslík
Ar	argon
kg	kilogram
mm	milimetr
cm	centimetr
A	Ampér
V	Volt
J	Joule
Fe	železo
Mn	mangan
Si	křemík
C	uhlík
Al	hliník
MPa	MegaPascal
Re	mez kluzu
Rm	mez pevnosti
σ	napětí
ε	deformace
E	modul pružnosti v tahu
F	síla
N	Newton
a.s.	akciová společnost
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
TOO	tepelně ovlivněná oblast

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1. Benardosův a Olsewského patent obloukového svařování*
- Obr. 2. Vliv teplotního účinku svařování na strukturu svarového kovu*
- Obr. 3. Polohy svařování dle ČSN EN ISO 6947*
- Obr. 4. Způsoby přenosu kovu elektrody v elektrickém oblouku*
- Obr. 5. Základní schéma svařování metodou MIG/MAG*
- Obr. 6. Princip svařování tavicí se elektrodou v inertním nebo aktivním plynu – MIG/MAG*
- Obr. 7. Reakce ochranné atmosféry s povrchem svarové lázně*
- Obr. 8. Rozměry zkušebních kusů a místo odběru vzorků pro testování*
- Obr. 9. RTG snímky vzorku č. 1*
- Obr. 10. RTG snímky vzorku č. 2*
- Obr. 11. RTG snímky vzorku č. 3*
- Obr. 12. Oblasti měření tvrdosti*
- Obr. 13. Makroskopický výbrus vzorku č. 1*
- Obr. 14. Makroskopický výbrus vzorku č. 2*
- Obr. 15. Makroskopický výbrus vzorku č. 3*

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1. Rozdělení plynů dle chemického charakteru – norma ČSN EN ISO 14 175*
- Tab. 2. Chemické reakce v tavné lázni*
- Tab. 3. Porovnání vlastností ochranných plynů a vliv složení na průvar svaru*
- Tab. 4. Vyhodnocení visuální kontroly vzorku č. 1*
- Tab. 5. Vyhodnocení visuální kontroly vzorku č. 2*
- Tab. 6. Vyhodnocení visuální kontroly vzorku č. 3*
- Tab. 7. Vyhodnocení penetrační (kapilární) zkoušky vzorku č. 1*
- Tab. 8. Vyhodnocení penetrační (kapilární) zkoušky vzorku č. 2*
- Tab. 9. Vyhodnocení penetrační (kapilární) zkoušky vzorku č. 3*
- Tab. 10. Vyhodnocení zkoušky prozářením vzorku č. 1*
- Tab. 11. Vyhodnocení zkoušky prozářením vzorku č. 2*
- Tab. 12. Vyhodnocení zkoušky prozářením vzorku č. 3*
- Tab. 13. Vyhodnocení zkoušky tahem vzorku č. 1*
- Tab. 14. Vyhodnocení zkoušky tahem vzorku č. 2*
- Tab. 15. Vyhodnocení zkoušky tahem vzorku č. 3*
- Tab. 16. Vyhodnocení zkoušky v ohybu vzorku č. 1*
- Tab. 17. Vyhodnocení zkoušky v ohybu vzorku č. 2*
- Tab. 18. Vyhodnocení zkoušky v ohybu vzorku č. 3*
- Tab. 19. Vyhodnocení zkoušky vrubové houževnatosti vzorku č. 1*
- Tab. 20. Vyhodnocení zkoušky vrubové houževnatosti vzorku č. 2*
- Tab. 21. Vyhodnocení zkoušky vrubové houževnatosti vzorku č. 3*
- Tab. 22. Vyhodnocení zkoušky tvrdosti vzorku č. 1*
- Tab. 23. Vyhodnocení zkoušky tvrdosti vzorku č. 2*
- Tab. 24. Vyhodnocení zkoušky tvrdosti vzorku č. 3*

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1 – WPS č. 1/CO2/2016

Příloha P2 – WPS č. 2/Ar+CO2/2016

Příloha P3 – WPS č. 3/Ar+CO2+O2/2016

Příloha P4 – Protokol o vizuální kontrole č. 16-053-VT (vzorek č. 1)

Příloha P5 – Protokol o vizuální kontrole č. 16-056-VT (vzorek č. 2)

Příloha P6 – Protokol o vizuální kontrole č. 16-059-VT (vzorek č. 3)

Příloha P7 – Protokol o kapilární zkoušce č. 16-054-PT (vzorek č. 1)

Příloha P8 – Protokol o kapilární zkoušce č. 16-057-PT (vzorek č. 2)

Příloha P9 – Protokol o kapilární zkoušce č. 16-060-PT (vzorek č. 3)

Příloha P10 – Protokol o radiografické zkoušce č. 16-055-RT (vzorek č. 1)

Příloha P11 – Protokol o radiografické zkoušce č. 16-058-RT (vzorek č. 2)

Příloha P12 – Protokol o radiografické zkoušce č. 16-061-PT (vzorek č. 3)

Příloha P13 – Protokol o příčné zkoušce tahem č. 16-052-TT (vzorek č. 1)

Příloha P14 – Protokol o příčné zkoušce tahem č. 16-053-TT (vzorek č. 2)

Příloha P15 – Protokol o příčné zkoušce tahem č. 16-054-TT (vzorek č. 3)

Příloha P16 – Protokol o zkoušce ohybem č. 16-055-BT (vzorek č. 1)

Příloha P17 – Protokol o zkoušce ohybem č. 16-056-BT (vzorek č. 2)

Příloha P18 – Protokol o zkoušce ohybem č. 16-057-BT (vzorek č. 3)

Příloha P19 – Protokol o zkoušce rázem v ohybu č. 16-058-KC (vzorek č. 1)

Příloha P20 – Protokol o zkoušce rázem v ohybu č. 16-059-KC (vzorek č. 2)

Příloha P21 – Protokol o zkoušce rázem v ohybu č. 16-060-KC (vzorek č. 3)

Příloha P22 – Protokol o zkoušce tvrdosti č. 16-061-HV (vzorek č. 1)

Příloha P23 – Protokol o zkoušce tvrdosti č. 16-062-HV (vzorek č. 2)

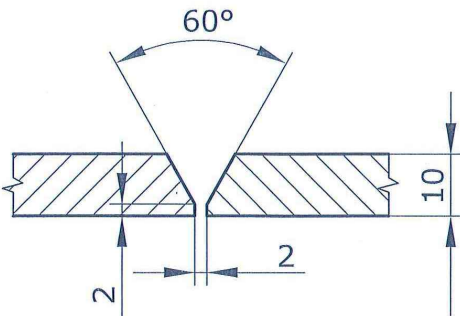
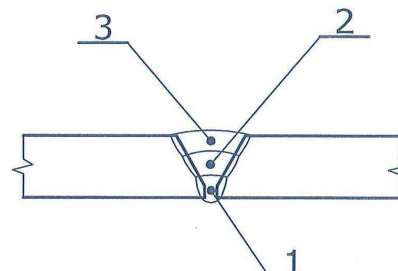
Příloha P24 – Protokol o zkoušce tvrdosti č. 16-063-HV (vzorek č. 3)

Příloha P25 – Protokol o makroskopické kontrole č. 16-064-MA (vzorek č. 1)

Příloha P26 – Protokol o makroskopické kontrole č. 16-065-MA (vzorek č. 2)

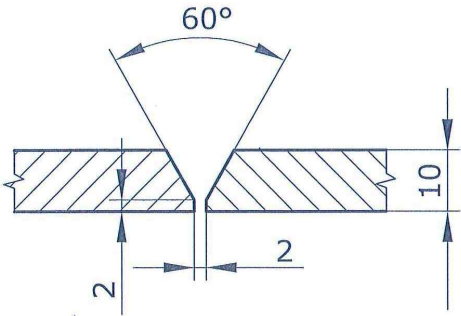
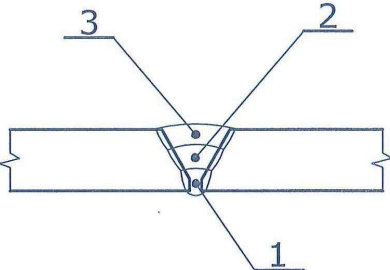
Příloha P27 – Protokol o makroskopické kontrole č. 16-066-MA (vzorek č. 3)

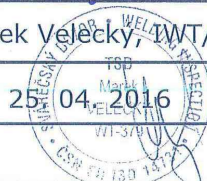
PŘÍLOHA P1: WPS Č. 1/CO2/2016

Stanovení postupu svařování - WPS Welding procedure specification-WPS		Číslo WPS: 1/CO2/2016 WPS No:		
Místo: By: UHERSKÝ BROD	Přídavný mater. dle: Filer metal: EN ISO 14341-A; G3Si1 OK AristoRod 12.50	Číslo WPAR: WPQR No:		
Výrobce: Manufakturer: SUB/11-024	Sušení elektrod: Elektrode baking:	Číslo WPQR: pro G3Si1 WPQR No:		
Druh svaru: Kind of weld: BW	Ochranný plyn dle: Shielding gas: ČSN EN ISO 14175 C1 100% CO2 15l/min	Číslo WPQR: pro G4Si1 WPQR No:		
Zp. přípr. sv. ploch: Preparat method of weld faces: dle ČSN EN ISO 9692	Ochrana kořene/podložení Treatment of root/underpacking:	Číslo výkresu: Drawing no.:		
Specif. zákl. mater.: S355J2+N Base metals specification:	Teplota mezi vrstvami: Interpass temperature: max. 250°C	Další informace: Other information:		
Svař. tloušťka t(mm): t=10mm Thickness range:	Typ a pr. wolfram. elektrody: Tungstenelec. type+ diameter:	Zp. čištění svar. ploch: Method of cleaning welding edges:		
Vnější průměr trub.D(mm): Outside dia rante:	Tepel. zpracování/časový rozsah: Heat treatment/time range:	Ocelový kartáč, elektrická bruska		
Poloha svařování: Position(s) of grove: PA	Předehřev pro svařování: Preheat ago welding: pro t≥25mm 130÷200°C	Max. šířka housenky(mm): 12÷15 Maximum width beat:		
Tvar spoje: Join desing:		Postup svařování Welding sequence:		
				
Parametry svařování (Welding date)				
Svarová housenka: Weld layer(s)	1	2	3	Poznámka: Remark
Metoda svařování: Welding proces	135	135	135	
Průměr příd.materiálu: Diameter of filer metal	1,0	1,0	1,0	
Proud (A): Current	110÷130	170÷190	190÷210	
Napětí (V): Voltage	19÷22	22÷25	25÷27	
Rychlost svařování (mm/s): Speed welding				
Rychlost posuvu drátu (m/min): Wire feed speed	4÷5	8÷9	9÷10	
Tepelný příkon (J/min): Temperature input				
Proud/polarita: Current/polarity	DC/+	DC/+	DC/+	
Jméno svářeče: Name welders	kvalifikace dle ČSN EN 287 - 1			Zpracoval: Name
Datum: Date				Marek Velecký/IWT/EWT
Podpis: Signature				25.04.2016
				Podpis: Signature

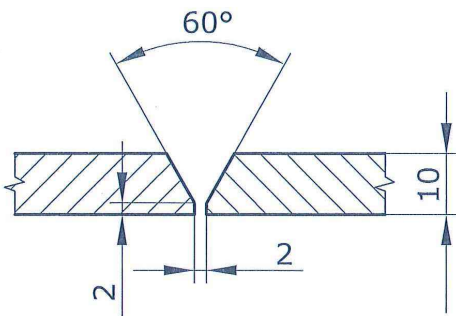
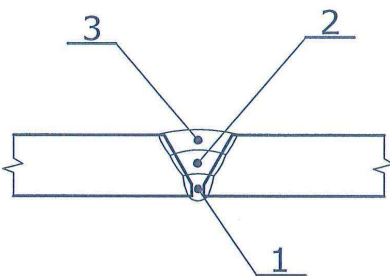



PŘÍLOHA P2: WPS Č. 2/AR+CO2/2016





Stanovení postupu svařování - WPS Welding procedure specification-WPS		Číslo WPS: 2/Ar+CO2/2016 WPS No:		
Místo: By: UHERSKÝ BROD	Přídavný mater. dle: Filer metal: EN ISO 14341-A: G3Si1 OK AristoRod 12.50	Číslo WPAR: WPQR No:		
Výrobce: Manufakturer: SUB/11-024	Sušení elektrod: Elektrode baking:	Číslo WPQR: pro G3Si1 WPQR No:		
Druh svaru: Kind of weld: BW	Ochranný plyn dle: Shielding gas: ČSN EN ISO 14175 M21 82%Ar+18%CO2 15l/min	Číslo WPQR: pro G4Si1 WPQR No:		
Zp. přípr. sv. ploch: Preparat method of weld faces: dle ČSN EN ISO 9692	Ochrana kořene/podložení: Treatment of root/underpacking:	Číslo výkresu: Drawing no.:		
Specif. zákl. mater.: S355J2+N Base metals specification:	Teplota mezi vrstvami: Interpass temperature: max. 250°C	Další informace: Other information:		
Svař. tloušťka t(mm): t=10mm Thickness range:	Typ a pr. wolfram. elektrody: Tungstenelec. type+diameter:	Zp. čištění svar. ploch: Method of cleaning welding edges:		
Vnější průměr trub.D(mm): Outside dia rante:	Tepl. zpracování/časový rozsah: Heat treatment/time range:	Ocelový kartáč, elektrická bruska		
Poloha svařování: Position(s) of groove: PA	Předehřev pro svařování: Preheat ago welding: pro t≥25mm 130÷200°C	Max. šířka housenky(mm): 12÷15 Maximum width beat:		
Tvar spoje: Join desing:		Postup svařování Welding sequence:		
				
Parametry svařování (Welding date)				
Svarová housenka: Weld layer(s)	1	2	3	Poznámka: Remark
Metoda svařování: Welding proces	135	135	135	
Průměr příd.materiálu: Diameter of filer metal	1,0	1,0	1,0	
Proud (A): Current	110÷130	160÷180	190÷210	
Napětí (V): Voltage	17÷19	19÷22	22÷25	
Rychlost svařování (mm/s): Speed welding				
Rychlost posuvu drátu (m/min): Wire feed speed	4÷5	5÷7	8÷9	
Teplný příkon (J/min): Temperature input				
Proud/polarita: Current/polarity	DC/+	DC/+	DC/+	
Jméno svářeče: Name welders	kvalifikace dle ČSN EN 287 - 1			Zpracoval: Name
Datum: Date				Marek Velecký TWT/EWT
Podpis: Signature				25.04.2016







PŘÍLOHA P3: WPS Č. 3/AR+CO2+O2/2016

Stanovení postupu svařování - WPS Welding procedure specification-WPS		Číslo WPS: 3/Ar+CO2+O2/2016 WPS No:		
Místo: UHERSKÝ BROD By:	Přídavný mater. dle: EN ISO 14341-A: G3Si1 Filer metal: OK AristoRod 12.50	Číslo WPAR: WPQR No:		
Výrobce: SUB/11-024 Manufakturer:	Sušení elektrod: Elektrode baking:	Číslo WPQR: pro G3Si1 WPQR No:		
Druh svaru: BW Kind of weld:	Ochranný plyn dle: ČSN EN ISO 14175 M25 Shielding gas: 83%Ar+13%CO2+4%O2 15l/min	Číslo WPQR: pro G4Si1 WPQR No:		
Zp. přípr. sv. ploch: dle ČSN EN ISO 9692 Preparat method of weld faces:	Ochrana kořene/podložení Treatment of root/underpacking:	Číslo výkresu: Drawing no.:		
Specif. zákl. mater.: S355J2+N Base metals specification:	Teplota mezi vrstvami: Interpass temperature: max. 250°C	Další informace: Other information:		
Svař. tloušťka t(mm): t=10mm Thickness range:	Typ a pr. wolfram. elektrody: Tungstenelec. type+diameter:	Zp. čištění svar. ploch: Method of cleaning welding edges:		
Vnější průměr trub.D(mm): Outside dia rander:	Tepel. zpracování/časový rozsah: Heat treatment/time range:	Ocelový kartáč, elektrická bruska		
Poloha svařování: PA Position(s) of grove:	Přehřev pro svařování: pro t≥25mm 130÷200°C Preheat ago welding:	Max. šířka housenky(mm): 12÷15 Maximum width beat:		
Tvar spoje: Join desing:		Postup svařování Welding sequence:		
				
Parametry svařování (Welding date)				
Svarová housenka: Weld layer(s)	1	2	3	Poznámka: Remark 
Metoda svařování: Welding proces	135	135	135	
Průměr příd.materiálu: Diameter of filer metal	1,0	1,0	1,0	
Proud (A): Current	110÷130	160÷180	160÷180	
Napětí (V): Voltage	17÷19	19÷22	19÷22	
Rychlost svařování (mm/s): Speed welding				
Rychlost posuvu drátu (m/min): Wire feed speed	4÷5	5÷7	5÷7	
Tepelný příkon (J/min): Temperature input				
Proud/polarita: Current/polarity	DC/+	DC/+	DC/+	
Jméno svářeče: Name welders	kvalifikace dle ČSN EN 287 - 1		Zpracoval: Name	Marek Velecký, IWT/EWT
Datum: Date			Datum: Date	25.04.2016
Podpis: Signature			Podpis: Signature	

**PŘÍLOHA P4: PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE Č. 16-053-VT
(VZOREK Č. 1)**

		TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01		
		Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637		Revize 1 Strana 1/1		
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírnny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č. 16 – 007 – J1		7. Protokol č. 16 – 053 – VT		
		8. WPS č. 1/CO2/2016				
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č. —				
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr : t = 10,0 mm				
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr : t = 10,0 mm				
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —				
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce						
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 135		
17. Specifikace zkušebního systému						
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637						
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko			23. Metoda zkoušení : přímá			
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítilny			24. Intenzita osvětlení [lux] : 874			
21. Kriteria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817			25. Požadovaný stupeň jakosti: B			
22. Měrky, měřidla a pomůcky:		Měrka na převýšení svarů, měřidlo hloubky vady, posuvné měřítko, pravítko, lupa 4 x zvětšující				
26. Charakteristika nálezu vad						
27. Pořad. číslo vady	28. Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO 6520-1	29. Zjištěná velikost		30. Vyhodnocení nálezu vady		
	Bez nepřijatelných vad	h [mm]	d [mm]	stupeň jakosti	vyhovuje/ nevyhovuje	poznámka
		—	—	B	vyhovuje	PA
31. Celkové hodnocení / závěr:						
32. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B				
33. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje						
34. Zkoušku provedl : Ing. Zbyněk Smetana		39. Razítko a podpis		40. Inspekční organizace		
35. Číslo certifikátu : TESYDO-COP-157						
36. Vyhodnotil : Ing. Zbyněk Smetana						
37. Číslo certifikátu : TESIYDO-COP-157						
38. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016						





**PŘÍLOHA P5: PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE Č. 16-056-VT
(VZOREK Č. 2)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01			
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637		Revize 1 Strana 1/1			
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č. 16 – 007 – J2		7. Protokol č. 16 – 056 – VT		
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		8. WPS č. 2/Ar+CO2/2016		9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr : t = 10,0 mm		11. Rozměr : t = 10,0 mm		
4. Základní materiál 2: S355J2+N		12. Výkres č. —				
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		13. Účel zkoušky : Bakalářská práce				
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 135		
17. Specifikace zkušebního systému						
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637						
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko		23. Metoda zkoušení : přímá				
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítidly		24. Intenzita osvětlení [lux] : 921				
21. Kritéria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti: B				
22. Měrky, měřidla a pomůcky:		Měrka na převýšení svarů, měřidlo hloubky vady, posuvné měřítko, pravítko, lupa 4 x zvětšující				
26. Charakteristika nálezu vad						
27. Pořad. číslo vady	28. Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO 6520-1	29. Zjištěná velikost		30. Vyhodnocení nálezu vady		
		h [mm]	d [mm]	stupeň jakosti	vyhovuje/ nevyhovuje	poznámka
1	5013 – vrub v kořeni	0,5	—	B	vyhovuje	PA
31. Celkové hodnocení / závěr:						
32. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B				
33. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje						
34. Zkoušku provedl : Ing. Zbyněk Smetana		39. Razítko a podpis		40. Inspekční organizace		
35. Číslo certifikátu : TESYDO-COP-157						
36. Vyhodnotil : Ing. Zbyněk Smetana						
37. Číslo certifikátu : TESYDO-COP-157						
38. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016						




**PŘÍLOHA P6: PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE Č. 16-059-VT
(VZOREK Č. 3)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F01			
	Protokol o vizuální kontrole dle EN ISO 17637		Revize 1 Strana 1/1			
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírnny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č. 16 – 007 – J3	7. Protokol č. 16 – 059 – VT			
		8. WPS č. 3/Ar+CO2+O2/2016				
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č. —				
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr : t = 10,0 mm				
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr : t = 10,0 mm				
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č. —				
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce						
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 135			
17. Specifikace zkušebního systému						
18. Zkušební předpis : EN ISO 17637						
19. Místo zkoušení : Brno NDT středisko		23. Metoda zkoušení : přímá				
20. Zdroj osvětlení : Stropní svítidly		24. Intenzita osvětlení [lux] : 863				
21. Kritéria hodnocení vad dle: ČSN EN ISO 5817		25. Požadovaný stupeň jakosti: B				
22. Měrky, měřidla a pomůcky: Měrka na převýšení svarů, měřidlo hloubky vady, posuvné měřítko, pravítko, lupa 4 x zvětšující						
26. Charakteristika nálezu vad						
27. Pořad. číslo vady	28. Kód vady – Název vady dle ČSN EN ISO 6520-1	29. Zjištěná velikost		30. Vyhodnocení nálezu vady		
	Bez nepřipustných vad	h [mm]	d [mm]	stupeň jakosti	vyhovuje/ nevyhovuje	poznámka
		—	—	B	vyhovuje	PA
31. Celkové hodnocení / závěr:						
32. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle ČSN EN ISO 5817 stupeň B				
33. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje						
34. Zkoušku provedl : Ing. Zbyněk Smetana		39. Razítka podpis		40. Inspekční organizace		
35. Číslo certifikátu : TESYDO-COP-157						
36. Vyhodnotil : Ing. Zbyněk Smetana						
37. Číslo certifikátu : TESIYDO-COP-157						
38. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016						




**PŘÍLOHA P7: PROTOKOL O KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE Č. 16-054-PT
(VZOREK Č. 1)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, II Ce stupeň 2		Revize 3 Strana 1/1
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007 – J1
		7. Protokol č.	16 – 054 – PT
		8. WPS č.	1/CO2/2016
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr :	t = 10,0 mm
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr :	t = 10,0 mm
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č.	—
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce			
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 135
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: MR Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení - číslo šarže - způsob nanášení		<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent	
20. Penetrant : MR 311-R B:311-R/1012A spray		26. Penetrační čas [min] : 15	
21. Čistič : MR 79 B:79/1136A textil		27. Vyvolávací čas [min] : 15	
22. Emulgátor —		28. Zkušební teplota [°C] : 19	
23. Vývojka : MR 70 B:70/1046A spray		29. Povrch : hladký povrch	
24. Zdroj osvětlení : Stropní svítilny		30. Intenzita osvětlení [lux] : 892	
31. Hodnocení dle : ČSN EN ISO 23277, stupeň 2x			
32. Výsledky zkoušky : Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky se neprojevil žádné povrchové vady			
33. Celkové hodnocení / závěr:			
<input checked="" type="checkbox"/> 34. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 35. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)	
<input type="checkbox"/> 36. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 37. Vyhovuje po opravě	
<input checked="" type="checkbox"/> 38. Vyhovuje			
39. Zkoušku provedl : Ing. Zbyněk Smetana		44. Razítka a podpisy	
40. Číslo certifikátu : TESYDO-COP-157		45. Inspekční organizace	
41. Vyhodnotil : Ing. Zbyněk Smetana			
42. Číslo certifikátu : TESYDO-COP-157			
43. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016			

**PŘÍLOHA P8: PROTOKOL O KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE Č. 16-057-PT
(VZOREK Č. 2)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2		Revize 3 Strana 1/1
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírnny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007 – J2
		7. Protokol č.	16 – 057 – PT
		8. WPS č.	2/Ar+CO2/2016
2. Výrobek: Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr:	t = 10,0 mm
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr:	t = 10,0 mm
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č.	—
13. Účel zkoušky: Bakalářská práce			
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: MR Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení	- číslo šarže	- způsob nanášení	<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent
20. Penetrant: MR 311-R	B:311-R/1012A	spray	26. Penetrační čas [min]: 15
21. Čistič: MR 79	B:79/1136A	textil	27. Vyvolávací čas [min]: 15
22. Emulgátor: —			28. Zkušební teplota [°C]: 19
23. Vývojka: MR 70	B:70/1046A	spray	29. Povrch: hladký povrch
24. Zdroj osvětlení: Stropní svítilny		30. Intenzita osvětlení [lux]: 911	
31. Hodnocení dle: ČSN EN ISO 23277, stupeň 2x			
32. Výsledky zkoušky: Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky se neprojevíly žádné povrchové vady			
33. Celkové hodnocení / závěr:			
<input checked="" type="checkbox"/> 34. Bez záznamu vad		<input type="checkbox"/> 35. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)	
<input type="checkbox"/> 36. Nevyhovuje		<input type="checkbox"/> 37. Vyhovuje po opravě	
<input checked="" type="checkbox"/> 38. Vyhovuje			
39. Zkoušku provedl:	Ing. Zbyněk Smetana	44. Razítka a podpis	45. Inspekční organizace
40. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP-157		
41. Vyhodnotil:	Ing. Zbyněk Smetana		
42. Číslo certifikátu:	TESYDO-COP-157		
43. Datum vyhodnocení:	2. 5. 2016		

**PŘÍLOHA P9: PROTOKOL O KAPILÁRNÍ ZKOUŠCE Č. 16-060-PT
(VZOREK Č. 3)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F02
	Protokol o kapilární zkoušce dle ČSN EN ISO 3452-1, IICe stupeň 2		Revize 3 Strana 1/1
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007 – J3
		7. Protokol č.	16 – 060 – PT
		8. WPS č.	3/Ar+CO2+O2/2016
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr :	t = 10,0 mm
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr :	t = 10,0 mm
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č.	—
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce			
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW	16. Metoda svařování : 135
17. Technické údaje			
18. Použité přípravky - výrobce: MR Chemie		25. Penetrant:	
19. - označení	- číslo šarže	- způsob nanášení	<input checked="" type="checkbox"/> Barevný <input type="checkbox"/> Fluorescent
20. Penetrant : MR 311-R	B:311-R/1012A	spray	26. Penetrační čas [min] : 15
21. Čistič : MR 79	B:79/1136A	textil	27. Vyvolávací čas [min] : 15
22. Emulgátor : —			28. Zkušební teplota [°C] : 19
23. Vývojka : MR 70	B:70/1046A	spray	29. Povrch : hladký povrch
24. Zdroj osvětlení : Stropní svítilny		30. Intenzita osvětlení [lux]: 875	
31. Hodnocení dle : ČSN EN ISO 23277, stupeň 2x			
32. Výsledky zkoušky : Zkoušen povrch svarového spoje + TOO Během trvání zkoušky se neprojeví žádné povrchové vady			
33. Celkové hodnocení / závěr:			
<input checked="" type="checkbox"/> 34. Bez záznamu vad	<input type="checkbox"/> 35. Záznam vad (viz druhá strana tohoto protokolu)		
<input type="checkbox"/> 36. Nevyhovuje	<input type="checkbox"/> 37. Vyhovuje po opravě	<input checked="" type="checkbox"/> 38. Vyhovuje	
39. Zkoušku provedl :	Ing. Zbyněk Smetana	44. Razítko a podpis	45. Inspekční organizace
40. Číslo certifikátu :	TESYDO-COP-157		
41. Vyhodnotil :	Ing. Zbyněk Smetana		
42. Číslo certifikátu :	TESYDO-COP-157		
43. Datum vyhodnocení:	2. 5. 2016		

PŘÍLOHA P10: PROTOKOL O RADIOGRAFICKÉ ZKOUŠCE Č. 16-055-RT (VZOREK Č. 1)

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F03							
	Název:		Protokol o radiografické zkoušce							
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírný, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007 – J1							
		7. Protokol č.	16 – 055 – RT							
		8. WPS č.	1/CO2/2016							
2. Výrobek: Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č.	—							
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr:	t = 10,0 mm							
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr:	t = 10,0 mm							
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č.	—							
13. Účel zkoušky: Bakalářská práce										
14. Rozsah zkoušení [%]: 100		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135							
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ: GE Seifert ERESKO 42 MF4		27. Vzdálenost zdroj - film: 700 mm								
19. Napětí [kV]: 160		28. Expoziční čas: 1 min 15 sec.								
20. Proud: [mA]: 5,6		29. Značka filmu: AGFA D5								
21. Druh zářiče: ---		30. Folie: Pb 0,027								
22. Aktivita [Ci]: ---		31. Vyvolání: ruční								
23. Typ měřky: EN Fe 10		32. Umístění měřky: Na straně zdroje								
24. Vyhodnocení dle: EN ISO 10675-1		33. Klasifikační stupeň: 1								
25. Specifikace zkoušky: ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika: Třída B								
26. Tepelné zpracování: ne		35. Číslo snímku: 16-007-J1; 16-007-J1*								
36. Výsledek										
37. Svar číslo	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozeznatelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení	
									Ano	Ne
16-007-J1	BW	---	10,0	10 x 48	> 2,3	W14	2. 5. 2016	2011	X	
16-007-J1*	BW	---	10,0	10 x 48	> 2,3	W14	2. 5. 2016	---	X	
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1								
49. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
50. Zkoušku provedl: Ing. Zbyněk Smetana		55. Razítko a podpis		56. Inspekční organizace						
51. Číslo certifikátu: APC 101-02349										
52. Vyhodnotil: Ing. Zbyněk Smetana										
53. Číslo certifikátu: APC 101-02349										
54. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016										

PŘÍLOHA P11: PROTOKOL O RADIOGRAFICKÉ ZKOUŠCE Č. 16-058-RT (VZOREK Č. 2)

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F03							
	Název:		Protokol o radiografické zkoušce							
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.		16 – 007 – J2						
		7. Protokol č.		16 – 058 – RT						
		8. WPS č.		2/Ar+CO2/2016						
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č.		—						
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr :		t = 10,0 mm						
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr :		t = 10,0 mm						
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č.		—						
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 135						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : GE Seifert ERESKO 42 MF4		27. Vzdálenost zdroj - film : 700 mm								
19. Napětí [kV] : 160		28. Expoziční čas : 1 min 15 sec.								
20. Proud: [mA] : 5,6		29. Značka filmu : AGFA D5								
21. Druh zářiče : ---		30. Folie : Pb 0,027								
22. Aktivita [Ci] : ---		31. Vyvolání : ruční								
23. Typ měrky : EN Fe 10		32. Umístění měrky : Na straně zdroje								
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1		33. Klasifikační stupeň : 1								
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika : Třída B								
26. Tepelné zpracování : ne		35. Číslo snímku: 16-007-J2; 16-007-J2*								
36. Výsledek										
37. Svar číslo	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozpoznatelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení	
									Ano	Ne
16-007-J2	BW	---	10,0	10 x 48	> 2,3	W14	2. 5. 2016	5013	X	
16-007-J2*	BW	---	10,0	10 x 48	> 2,3	W14	2. 5. 2016	---	X	
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1								
49. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
50. Zkoušku provedl : Ing. Zbyněk Smetana		55. Razítko a podpis		56. Inspekční organizace						
51. Číslo certifikátu : APC 101-02349										
52. Vyhodnotil : Ing. Zbyněk Smetana										
53. Číslo certifikátu : APC 101-02349										
54. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016										

PŘÍLOHA P12: PROTOKOL O RADIOGRAFICKÉ ZKOUŠCE Č. 16-061-PT (VZOREK Č. 3)

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		202-F03							
	Název:		Protokol o radiografické zkoušce							
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírný, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.		16 - 007 - J3						
		7. Protokol č.		16 - 061 - RT						
		8. WPS č.		3/Ar+CO2+O2/2016						
2. Výrobek : Zkušební kus – plech, poloha PA, 2ks		9. WPQR č.		—						
3. Základní materiál 1: S355J2+N		10. Rozměr :		t = 10,0 mm						
4. Základní materiál 2: S355J2+N		11. Rozměr :		t = 10,0 mm						
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj		12. Výkres č.		—						
13. Účel zkoušky : Bakalářská práce										
14. Rozsah zkoušení [%] : 100		15. Typ svaru : BW		16. Metoda svařování : 135						
17. Technické údaje										
18. RTG přístroj typ : GE Seifert ERESKO 42 MF4		27. Vzdálenost zdroj - film : 700 mm								
19. Napětí [kV] : 160		28. Expoziční čas : 1 min 15 sec.								
20. Proud: [mA] : 5,6		29. Značka filmu : AGFA D5								
21. Druh zářiče : ---		30. Folie : Pb 0,027								
22. Aktivita [Ci] : ---		31. Vyvolání : ruční								
23. Typ měřky : EN Fe 10		32. Umístění měřky : Na straně zdroje								
24. Vyhodnocení dle : EN ISO 10675-1		33. Klasifikační stupeň : 1								
25. Specifikace zkoušky : ČSN EN ISO 17636-1		34. Radiograf. technika : Třída B								
26. Tepelné zpracování : ne		35. Číslo snímku: 16-007-J3; 16-007-J3*								
36. Výsledek										
37. Svar číslo	38. Typ svaru	39. Průměr [mm]	40. t [mm]	41. Rozměr filmu [cm]	42. Zčernání	43. Rozeznatelnost	44. Datum zkoušky	45. Druh vady	46. Hodnocení	
									Ano	Ne
16-007-J3	BW	---	10,0	10 x 48	> 2,3	W14	2. 5. 2016	2011	X	
16-007-J3*	BW	---	10,0	10 x 48	> 2,3	W14	2. 5. 2016	2011	X	
47. Celkové hodnocení / závěr:										
48. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Vyhovuje dle EN ISO 10675-1, stupeň 1								
49. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
50. Zkoušku provedl : Ing. Zbyněk Smetana		55. Razítko a podpis		56. Inspekční organizace						
51. Číslo certifikátu : APC 101-02349				 						
52. Vyhodnotil : Ing. Zbyněk Smetana										
53. Číslo certifikátu : APC 101-02349										
54. Datum vyhodnocení: 2. 5. 2016										




PŘÍLOHA P13: PROTOKOL O PŘÍČNÉ ZKOUŠCE TAHEM Č. 16-052-TT (VZOREK Č. 1)

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř						204-F15	
		Název: Protokol o příčné zkoušce tahem svarových spojů dle ČSN EN ISO 4136						Revize č. 0 Strana: 1/1	
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod				6. Zakázka č.		16 – 007 – J			
				7. Protokol č.		16 – 052 – TT			
				8. WPS č.		1/CO2/2016			
2. Výrobek: Zkušební kus – plech				9. WPQR č.		—			
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2				10. Rozměr:		t = 10,0 mm			
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2				11. Rozměr:		t = 10,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj				12. Výkres č.		—			
13. Účel zkoušky: —									
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1					15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 135		
17. Podmínky a výsledky zkoušky									
18. Zkušební kus č.	19. Zkušební teplota [°C]	20. Rozměry vzorku [mm]	21. Průřez [mm ²]	22. F _m /F _e [N]	23. R _e [MPa]	24. R _m [MPa]	25. A [%]	26. Z [%]	27. Místo porušení, vzhled lomu
1	20	9,8 x 24,8	243,08	128000	—	526,6	—	—	mimo svar
2	20	9,8 x 25,0	245,00	129000	—	526,5	—	—	mimo svar
28. Poznámky: ochranný plyn – CO2									
Zkušební trhačí stroj A. J. Amsler vyr. č. 1094/11/552-K2179									
29. Celkové hodnocení / závěr:									
30. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující							
31. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje									
32. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář				35. Razítko a podpis 			36. Inspekční organizace 		
33. Číslo certifikátu: WI-E-042									
34. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář									
34. Číslo certifikátu: WI-E-042									
35. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016									

PŘÍLOHA P14: PROTOKOL O PŘÍČNÉ ZKOUŠCE TAHEM Č. 16-053-TT (VZOREK Č. 2)

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř							204-F15	
		Název:		Protokol o příčné zkoušce tahem svarových spojů dle ČSN EN ISO 4136					Revize č. 0 Strana: 1/1	
1. Zákazník : Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod					6. Zakázka č.		16 – 007 –J			
					7. Protokol č.		16 – 053 – TT			
					8. WPS č.		2/Ar+CO2/2016			
2. Výrobek : Zkušební kus – plech					9. WPQR č.		—			
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2					10. Rozměr :		t = 10,0 mm			
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2					11. Rozměr :		t = 10,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast : Svarový spoj					12. Výkres č.		—			
13. Účel zkoušky : —										
14. Příd. materiál : EN ISO 14341: G3Si1					15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 135			
17. Podmínky a výsledky zkoušky										
18. Zkušební kus č.	19. Zkušební teplota [°C]	20. Rozměry vzorku [mm]	21. Průřez [mm ²]	22. F _m /F _e [N]	23. R _e [MPa]	24. R _m [MPa]	25. A [%]	26. Z [%]	27. Místo porušení, vzhled lomu	
1	20	9,8 x 25,0	245,0	129800	—	529,8	—	—	mimo svar	
2	20	9,8 x 25,0	245,0	130200	—	531,4	—	—	mimo svar	
28. Poznámky : ochranný plyn – Ar + CO2										
Zkušební trhačí stroj A. J. Amsler výr. č. 1094/11/552-K2179										
29. Celkové hodnocení / závěr:										
30. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující								
31. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
32. Zkoušku provedl : Ing. Petr Kovář					35. Razítko a podpis 			36. Inspekční organizace 		
33. Číslo certifikátu : WI-E-042										
34. Vyhodnotil : Ing. Petr Kovář										
34. Číslo certifikátu : WI-E-042										
35. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016										




PŘÍLOHA P15: PROTOKOL O PŘÍČNÉ ZKOUŠCE TAHEM Č. 16-054-TT (VZOREK Č. 3)

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř						204-F15	
		Název: Protokol o příčné zkoušce tahem svarových spojů dle ČSN EN ISO 4136						Revize č. 0 Strana: 1/1	
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírní, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod				6. Zakázka č.		16 – 007 – J			
				7. Protokol č.		16 – 054 – TT			
				8. WPS č.		3/Ar+CO2+O2/2016			
2. Výrobek: Zkušební kus – plech				9. WPQR č.		—			
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2				10. Rozměr:		t = 10,0 mm			
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2				11. Rozměr:		t = 10,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj				12. Výkres č.		—			
13. Účel zkoušky: —									
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1				15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 135			
17. Podmínky a výsledky zkoušky									
18. Zkušební kus č.	19. Zkušební teplota [°C]	20. Rozměry vzorku [mm]	21. Průřez [mm ²]	22. F _m /Fe [N]	23. R _c [MPa]	24. R _m [MPa]	25. A [%]	26. Z [%]	27. Místo porušení, vzhled lomu
1	20	9,9 x 25,0	247,5	130000	—	525,3	—	—	mimo svar
2	20	9,9 x 25,0	247,5	129800	—	524,4	—	—	mimo svar
28. Poznámky: ochranný plyn – Ar+CO2+O2									
Zkušební trhací stroj A. J. Amsler výr. č. 1094/11/552-K2179									
29. Celkové hodnocení / závěr:									
30. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje			Výsledky zkoušek jsou vyhovující						
31. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje									
32. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář				35. Razítko a podpis 		36. Inspekční organizace 			
33. Číslo certifikátu: WI-E-042									
34. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář									
34. Číslo certifikátu: WI-E-042									
35. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016									


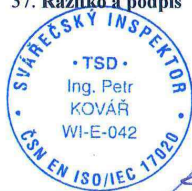

**PŘÍLOHA P16: PROTOKOL O ZKOUŠCE OHYBEM Č. 16-055-BT
(VZOREK Č. 1)**

	TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř		204-F05						
	Název: Protokol o zkoušce ohybem svarových spojů dle ČSN EN ISO 5173		Revize č. 0 Strana: 1/1						
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007 – J						
		7. Protokol č.	16 – 055 – BT						
		8. WPS č.	1/CO2/2016						
2. Výrobek: Zkušební kus – plech		9. WPQR č.	—						
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2		10. Rozměr:	t = 10,0 mm						
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2		11. Rozměr:	t = 10,0 mm						
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Výkres č.	—						
13. Účel zkoušky: —									
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135						
17. Podmínky a výsledky zkoušky									
18. Zkušební kus č.	19. Druh ohybu	20. Zkušeb. teplota [°C]	21. Rozměry vzorku [mm]	22. Průměr trnu [mm]	23. Úhel ohybu [°]	24. Vzdálenost podpor [mm]	25. L [%]	26. R _{mo} [MPa]	27. Vyhodnocení trhlin, vzhled lomu
1	TFBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
2	TFBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
3	TRBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
4	TRBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
28. Poznámky: ochranný plyn – CO2									
Druh ohybu: TFBB - příčný ohyb lící TRBB - příčný ohyb kořenový SBB - příčný ohyb boční									
29. Celkové hodnocení / závěr:									
30. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující							
31. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje									
32. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář		37. Razítko a podpis		38. Inspekční organizace					
33. Číslo certifikátu: WI-E-042									
34. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář									
35. Číslo certifikátu: WI-E-042									
36. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016									

**PŘÍLOHA P17: PROTOKOL O ZKOUŠCE OHYBEM Č. 16-056-BT
(VZOREK Č. 2)**

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř						204-F05	
		Název: Protokol o zkoušce ohybem svarových spojů dle ČSN EN ISO 5173						Revize č. 0 Strana: 1/1	
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod				6. Zakázka č.		16 – 007 – J			
				7. Protokol č.		16 – 056 – BT			
				8. WPS č.		2/Ar+CO2/2016			
2. Výrobek: Zkušební kus – plech				9. WPQR č.		—			
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2				10. Rozměr:		t = 10,0 mm			
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2				11. Rozměr:		t = 10,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj				12. Výkres č.		—			
13. Účel zkoušky: —									
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1			15. Typ svaru: BW			16. Metoda svařování: 135			
17. Podmínky a výsledky zkoušky									
18. Zkušební kus č.	19. Druh ohybu	20. Zkušeb. teplota [°C]	21. Rozměry vzorku [mm]	22. Průměr trnu [mm]	23. Úhel ohybu [°]	24. Vzdálenost podpor [mm]	25. L [%]	26. R _{mo} [MPa]	27. Vyhodnocení trhlin, vzhled lomu
1	TFBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
2	TFBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
3	TRBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
4	TRBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
28. Poznámky: ochranný plyn – Ar+CO2									
Druh ohybu: TFBB - příčný ohyb lící TRBB - příčný ohyb kořenový SBB - příčný ohyb boční									
29. Celkové hodnocení / závěr:									
30. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující							
31. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje									
32. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář				37. Razítko a podpis 		38. Inspekční organizace 			
33. Číslo certifikátu: WI-E-042									
34. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář									
35. Číslo certifikátu: WI-E-042									
36. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016									



**PŘÍLOHA P18: PROTOKOL O ZKOUŠCE OHYBEM Č. 16-057-BT
(VZOREK Č. 3)**

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř						204-F05	
		Název: Protokol o zkoušce ohybem svarových spojů dle ČSN EN ISO 5173						Revize č. 0 Strana: 1/1	
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírný, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod				6. Zakázka č. 16 – 007 – J		7. Protokol č. 16 – 057 – BT			
				8. WPS č. 3/Ar+CO2+O2/2016					
2. Výrobek: Zkušební kus – plech				9. WPQR č. —					
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2				10. Rozměr: t = 10,0 mm					
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2				11. Rozměr: t = 10,0 mm					
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj				12. Výkres č. —					
13. Účel zkoušky: —									
14. Přfd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1				15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 135			
17. Podmínky a výsledky zkoušky									
18. Zkušební kus č.	19. Druh ohybu	20. Zkušeb. teplota [°C]	21. Rozměry vzorku [mm]	22. Průměr trnu [mm]	23. Úhel ohybu [°]	24. Vzdálenost podpor [mm]	25. L [%]	26. R _{mo} [MPa]	27. Vyhodnocení trhlin, vzhled lomu
1	TFBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
2	TFBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
3	TRBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
4	TRBB	20	10,0x40,0	40,0	180	65,0	—	—	bez trhlin
28. Poznámky: ochranný plyn – Ar+CO2+O2 Druh ohybu: TFBB - příčný ohyb lící TRBB - příčný ohyb kořenový SBB - příčný ohyb boční									
29. Celkové hodnocení / závěr:									
30. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující							
31. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje									
32. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář				37. Razítko a podpis 		38. Inspekční organizace 			
33. Číslo certifikátu: WI-E-042									
34. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář									
35. Číslo certifikátu: WI-E-042									
36. Datum vyhodnocení: 6. 5. 2016									




PŘÍLOHA P19: PROTOKOL O ZKOUŠCE RÁZEM V OHYBU Č. 16-058-KC (VZOREK Č. 1)

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř						204-F16		
		Název: Protokol o zkoušce rázem v ohybu svarových spojů dle ČSN EN ISO 9016						Revize č. 0 Strana: 1/1		
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírný, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod				6. Zakázka č.			16 – 007-J			
				7. Protokol č.			16 – 058 – KC			
				8. WPS č.			1/CO2/2016			
2. Výrobek: Zkušební kus – plech				9. WPQR č.			—			
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2				10. Rozměr:			t = 10,0 mm			
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2				11. Rozměr:			t = 10,0 mm			
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj				12. Výkres č.			—			
13. Účel zkoušky: —										
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1				15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 135				
17. Podmínky a výsledky zkoušky										
18. Zkuš. kus č.	19. Typ a rozměr [mm]	20. Zkušební teplota [°C]	21. Nárazová práce [J]				22. Vrubová houževnatost [J/cm ²]			23. Místo porušení, vzhled lomu
			1	2	3	průměr	1	2	3	
1	VWT 0/2	- 20	92	74	78	81,3	—	—	—	ve vrubu, bez vad
2	VHT 1/2	-20	66	50	66	60,7	—	—	—	ve vrubu, bez vad
24. Poznámky: ochranný plyn – CO2										
Vzorek – rozměr 10,0 x 10,0 mm; průřez $S_0 = 0,8 \text{ cm}^2$ – v souladu s normou ČSN ISO 148-1 Zařízení – kyvadlové kladivo VEB WPM Leipzig výr. č. 403/40										
25. Celkové hodnocení / závěr:										
26. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující								
27. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
28. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář				33. Razítko a podpis			34. Inspekční organizace			
29. Číslo certifikátu: WI-E-042										
30. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář										
31. Číslo certifikátu: WI-E-042										
32. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016										

PŘÍLOHA P20: PROTOKOL O ZKOUŠCE RÁZEM V OHYBU Č. 16-059-KC (VZOREK Č. 2)

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř					204-F16			
		Název: Protokol o zkoušce rázem v ohybu svarových spojů dle ČSN EN ISO 9016					Revize č. 0 Strana: 1/1			
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírný, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod				6. Zakázka č. 16 – 007-J				7. Protokol č. 15 – 059 – KC		
				8. WPS č. 2/Ar+Co2/2016						
2. Výrobek: Zkušební kus – plech				9. WPQR č. —						
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2				10. Rozměr: t = 10,0 mm						
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2				11. Rozměr: t = 10,0 mm						
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj				12. Výkres č. —						
13. Účel zkoušky: —										
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1			15. Typ svaru: BW			16. Metoda svařování: 135				
17. Podmínky a výsledky zkoušky										
18. Zkuš. kus č.	19. Typ a rozměr [mm]	20. Zkušební teplota [°C]	21. Nárazová práce [J]				22. Vrubová houževnatost [J/cm ²]			23. Místo porušení, vzhled lomu
			1	2	3	průměr	1	2	3	
1	VWT 0/2	- 20	54	76	52	60,7	—	—	—	ve vrubu, bez vad
2	VHT 1/2	-20	54	38	38	43,3	—	—	—	ve vrubu, bez vad
24. Poznámky: ochranný plyn – Ar+CO2										
Vzorek – rozměr 10,0 x 10,0 mm; průřez $S_0 = 0,8 \text{ cm}^2$ – v souladu s normou ČSN ISO 148-1										
Zařízení – kyvadlové kladivo VEB WPM Leipzig výř. č. 403/40										
25. Celkové hodnocení / závěr:										
26. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje Výsledky zkoušek jsou vyhovující										
27. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
28. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář			33. Razítko a podpis 			34. Inspekční organizace 				
29. Číslo certifikátu: WI-E-042										
30. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář										
31. Číslo certifikátu: WI-E-042										
32. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016										


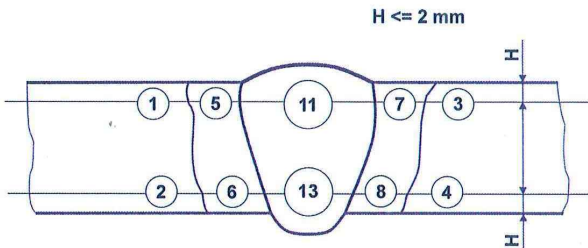
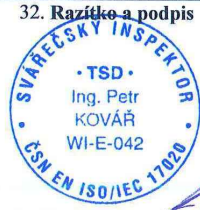

PŘÍLOHA P21: PROTOKOL O ZKOUŠCE RÁZEM V OHYBU Č. 16-060-KC (VZOREK Č. 3)

		TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř		204-F16						
		Název: Protokol o zkoušce rázem v ohybu svarových spojů dle ČSN EN ISO 9016		Revize č. 0 Strana: 1/1						
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod			6. Zakázka č.		16 – 007-J					
			7. Protokol č.		16 – 060 – KC					
			8. WPS č.		3/Ar+Co2+O2/2016					
2. Výrobek: Zkušební kus – plech			9. WPQR č.		—					
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2			10. Rozměr:		t = 10,0 mm					
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2			11. Rozměr:		t = 10,0 mm					
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj			12. Výkres č.		—					
13. Účel zkoušky: —										
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1			15. Typ svaru: BW		16. Metoda svařování: 135					
17. Podmínky a výsledky zkoušky										
18. Zkuš. kus č.	19. Typ a rozměr [mm]	20. Zkušební teplota [°C]	21. Nárazová práce [J]				22. Vrubová houževnatost [J/cm ²]			23. Místo porušení, vzhled lomu
			1	2	3	průměr	1	2	3	
1	VWT 0/2	-20	50	98	92	80,0	—	—	—	ve vrubu, bez vad
2	VHT 1/2	-20	42	34	30	35,3	—	—	—	ve vrubu, bez vad
24. Poznámky: ochranný plyn – Ar+CO2+O2 Vzorek – rozměr 10,0 x 10,0 mm; průřez $S_0 = 0,8 \text{ cm}^2$ – v souladu s normou ČSN ISO 148-1 Zařízení – kyvadlové kladivo VEB WPM Leipzig výr. č. 403/40										
25. Celkové hodnocení / závěr:										
26. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující								
27. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje										
28. Zkoušku provedl:		Ing. Petr Kovář		33. Razítko a podpis  						
29. Číslo certifikátu:		WI-E-042								
30. Vyhodnotil:		Ing. Petr Kovář								
31. Číslo certifikátu:		WI-E-042								
32. Datum vyhodnocení:		12.5. 2016								
34. Inspekční organizace 										


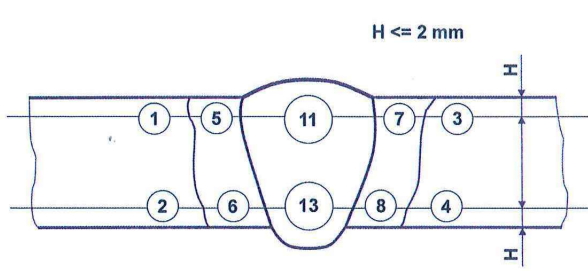


**PŘÍLOHA P22: PROTOKOL O ZKOUŠCE TVRDOSTI Č. 16-061-HV
(VZOREK Č. 1)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		204-F12		
	Protokol o zkoušce tvrdosti dle ČSN EN ISO 9015 - 1		Revize 2 Strana 1/1		
1. Zákazník: Marek Velecký Slováké strojírný, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č. 16 – 007-J		7. Protokol č. 16 – 061 – HV	
		8. WPS č. 1/CO2/2016		9. WPQR č. —	
2. Výrobek: Zkušební kus – plech		10. Rozměr: t = 10,0 mm		11. Rozměr: t = 10,0 mm	
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2		12. Zkušební teplota: —			
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2					
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj					
13. Účel zkoušky: —					
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135		
17. Podmínky a výsledky zkoušky					
18. Zařízení: Tvrdoměr Zwick ZHV 30					
19. Výrobní číslo: 093895					
20. Označení zkoušky (druh, zatížení) HV 10					
21. Tepelné zpracování na snížení pnutí po svařování nebo stárnutí: —					
22. Poloha	ZM 1	TOZ 5	SK 11	TOZ 7	ZM 3
23. Tvrdost	161, 158, 164	170, 193, 199, 204, 203	180, 185, 181	192, 194, 183, 177, 177	158, 167, 156
22. Poloha	ZM 2	TOZ 6	SK 13	TOZ 8	ZM 4
23. Tvrdost	173, 170, 169,	184, 178, 200, 188, 192	171, 180, 185	202, 188, 186, 177, 178	160, 163, 157
22. Poloha	ZM 14	TOZ 9	SK 12	TOZ 10	ZM 16
23. Tvrdost	—	—	—	—	—
22. Poloha	ZM 19	TOZ 21	SK 22	TOZ 23	ZM 20
23. Tvrdost	—	—	—	—	—
24. Celkové hodnocení / závěr:					
25. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující			
26. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje					
27. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář		32. Razítko a podpis		33. Inspekční organizace	
28. Číslo certifikátu: WI-E-042					
29. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář					
30. Číslo certifikátu: WI-E-042					
31. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016					


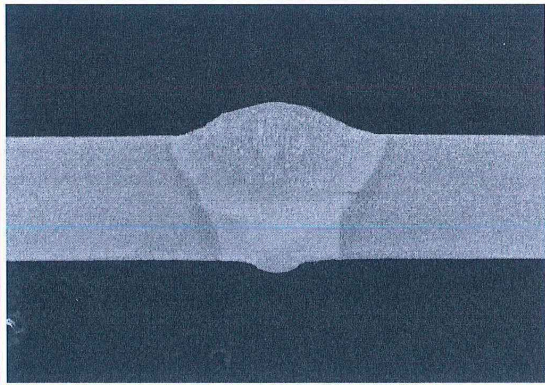


**PŘÍLOHA P23: PROTOKOL O ZKOUŠCE TVRDOSTI Č. 16-062-HV
(VZOREK Č. 2)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř				204-F12
	Protokol o zkoušce tvrdosti dle ČSN EN ISO 9015 - 1				Revize 2 Strana 1/1
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod			6. Zakázka č. 16 - 007-J		7. Protokol č. 16 - 062 - HV
			8. WPS č. 2/Ar+CO2/2016		
2. Výrobek: Zkušební kus - plech			9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2			10. Rozměr: t = 10,0 mm		
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2			11. Rozměr: t = 10,0 mm		
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj			12. Zkušební teplota: —		
13. Účel zkoušky: —					
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1			15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135	
17. Podmínky a výsledky zkoušky					
18. Zařízení: Tvrdoměr Zwick ZHV 30					
19. Výrobní číslo: 093895					
20. Označení zkoušky (druh, zatížení) HV 10					
21. Tepelné zpracování na snížení pnutí po svařování nebo stárnutí: —					
22. Poloha	ZM 1	TOZ 5	SK 11	TOZ 7	ZM 3
23. Tvrdost	159, 158, 173	210, 193, 180, 210, 203	191, 200, 203	208, 205, 182, 223, 204	160, 157, 171
22. Poloha	ZM 2	TOZ 6	SK 13	TOZ 8	ZM 4
23. Tvrdost	160, 158, 172	180, 176, 179, 178, 182	179, 183, 180	186, 184, 189, 191, 177	157, 159, 172
22. Poloha	ZM 14	TOZ 9	SK 12	TOZ 10	ZM 16
23. Tvrdost	—	—	—	—	—
22. Poloha	ZM 19	TOZ 21	SK 22	TOZ 23	ZM 20
23. Tvrdost	—	—	—	—	—
24. Celkové hodnocení / závěr:					
25. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující			
26. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje					
27. Zkoušku provedl:	Ing. Petr Kovář		32. Razítka a podpis 		33. Inspekční organizace 
28. Číslo certifikátu:	WI-E-042				
29. Vyhodnotil:	Ing. Petr Kovář				
30. Číslo certifikátu:	WI-E-042				
31. Datum vyhodnocení:	12.5. 2016				


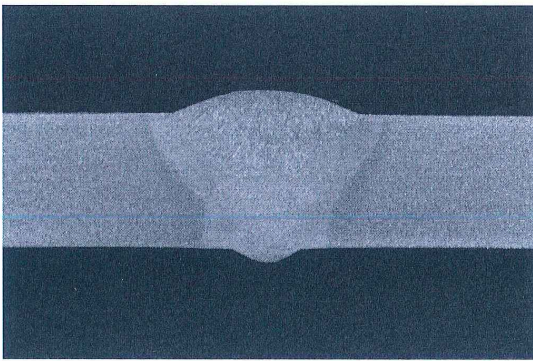


**PŘÍLOHA P24: PROTOKOL O ZKOUŠCE TVRDOSTI Č. 16-063-HV
(VZOREK Č. 3)**

	TESYDO, s.r.o. - Zkušební laboratoř		204-F12		
	Protokol o zkoušce tvrdosti dle ČSN EN ISO 9015 - 1		Revize 2 Strana 1/1		
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírnny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod			6. Zakázka č. 16-007-J 7. Protokol č. 16-063-HV 8. WPS č. 3/Ar+CO2+O2/2016		
2. Výrobek: Zkušební kus – plech			9. WPQR č. —		
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2			10. Rozměr: t = 10,0 mm		
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2			11. Rozměr: t = 10,0 mm		
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj			12. Zkušební teplota: —		
13. Účel zkoušky: —					
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135		
17. Podmínky a výsledky zkoušky					
18. Zařízení: Tvrdoměr Zwick ZHV 30					
19. Výrobní číslo: 093895					
20. Označení zkoušky (druh, zatížení) HV 10					
21. Tepelné zpracování na snížení prnutí po svařování nebo stárnutí: —					
22. Poloha	ZM 1	TOZ 5	SK 11	TOZ 7	ZM 3
23. Tvrdost	153, 147, 164	196, 195, 182, 214, 212	177, 194, 181	206, 185, 177, 196, 204	157, 164, 165
22. Poloha	ZM 2	TOZ 6	SK 13	TOZ 8	ZM 4
23. Tvrdost	165, 164, 181	191, 183, 180, 184, 197	175, 174, 171	187, 182, 170, 177, 175	156, 168, 172
22. Poloha	ZM 14	TOZ 9	SK 12	TOZ 10	ZM 16
23. Tvrdost	—	—	—	—	—
22. Poloha	ZM 19	TOZ 21	SK 22	TOZ 23	ZM 20
23. Tvrdost	—	—	—	—	—
24. Celkové hodnocení / závěr:					
25. <input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje		Výsledky zkoušek jsou vyhovující			
26. <input type="checkbox"/> Nevyhovuje					
27. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář		32. Razítko a podpis 		33. Inspekční organizace 	
28. Číslo certifikátu: WI-E-042					
29. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář					
30. Číslo certifikátu: WI-E-042					
31. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016					


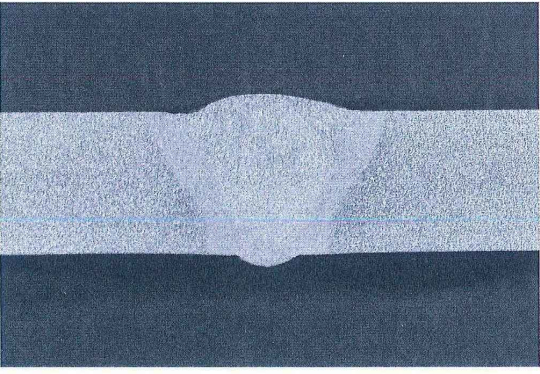
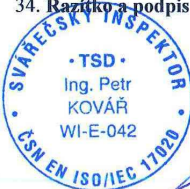

**PŘÍLOHA P25: PROTOKOL O MAKROSKOPICKÉ KONTROLE Č.
16-064-MA (VZOREK Č. 1)**

	TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř		204-F06
	Název: Protokol o makroskopické kontrole dle ČSN EN ISO 17639		Revize č. 0 Strana: 1/1
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007-J
		7. Protokol č.	16 – 064 – MA
		8. WPS č.	1/CO2/2016
2. Výrobek: Zkušební kus – plech		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2		10. Rozměr:	t = 10,0 mm
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2		11. Rozměr:	t = 10,0 mm
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Zk. teplota:	—
13. Účel zkoušky: —			
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135
17. Tepelné zpracování na snížení pnutí po svařování nebo stárnutí: —			
18. Umístění a orientace zkušebních vzorků: Dle ČSN EN ISO 17639			
19. Typ leptadla a metoda leptání: NITAL			
20. Vzorek č.	16 – 007-J	21. Zvětšení: 2,0 x	22. Vzorek č. —
		23. Zvětšení:	—
			
24. Popis povrchu	provařeno – bez nepřijatelných vad	25. Popis povrchu	—
26. Celkové hodnocení / závěr:			
27.	<input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje	Svarový spoj je vyhovující	
28.	<input type="checkbox"/> Nevyhovuje		
29. Zkoušku provedl:	Ing. Petr Kovář	34. Razítko a podpis	35. Inspekční organizace
30. Číslo certifikátu:	WI-E-042		
31. Vyhodnotil:	Ing. Petr Kovář		
32. Číslo certifikátu:	WI-E-042		
33. Datum vyhodnocení:	12.5. 2016		

**PŘÍLOHA P26: PROTOKOL O MAKROSKOPICKÉ KONTROLE Č.
16-065-MA (VZOREK Č. 2)**

	TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř		204-F06
	Název: Protokol o makroskopické kontrole dle ČSN EN ISO 17639		Revize č. 0 Strana: 1/1
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č. 16 – 007-J	7. Protokol č. 16 – 065 – MA
2. Výrobek: Zkušební kus – plech		8. WPS č. 2/Ar+CO2/2016	
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2		9. WPQR č. —	
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2		10. Rozměr: t = 10,0 mm	
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		11. Rozměr: t = 10,0 mm	
12. Zk. teplota: —		13. Účel zkoušky: —	
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135
17. Tepelné zpracování na snížení pnutí po svařování nebo stárnutí: —			
18. Umístění a orientace zkušebních vzorků: Dle ČSN EN ISO 17639			
19. Typ leptadla a metoda leptání: NITAL			
20. Vzorek č. 16 – 007-J	21. Zvětšení: 2,1 x	22. Vzorek č. —	23. Zvětšení: —
			
24. Popis povrchu	provařeno – bez nepřipustných vad	25. Popis povrchu	—
26. Celkové hodnocení / závěr:			
27. <input checked="" type="checkbox"/>	Vyhovuje	Svarový spoj je vyhovující	
28. <input type="checkbox"/>	Nevyhovuje		
29. Zkoušku provedl: Ing. Petr Kovář	30. Číslo certifikátu: WI-E-042	34. Razítko a podpis	35. Inspekční organizace
31. Vyhodnotil: Ing. Petr Kovář	32. Číslo certifikátu: WI-E-042		
33. Datum vyhodnocení: 12.5. 2016			

**PŘÍLOHA P27: PROTOKOL O MAKROSKOPICKÉ KONTROLE Č.
16-066-MA (VZOREK Č. 3)**

	TESYDO, s.r.o. – Zkušební laboratoř		204-F06
	Název: Protokol o makroskopické kontrole dle ČSN EN ISO 17639		Revize č. 0 Strana: 1/1
1. Zákazník: Marek Velecký Slovácké strojírnny, a.s. Nivnická 1763 688 28 Uherský Brod		6. Zakázka č.	16 – 007-J
		7. Protokol č.	16 – 066 – MA
		8. WPS č.	3/Ar+CO2+O2/2016
2. Výrobek: Zkušební kus – plech		9. WPQR č.	—
3. Základní materiál 1: S355J2+N, skupina 1.2		10. Rozměr:	t = 10,0 mm
4. Základní materiál 2: S355J2+N, skupina 1.2		11. Rozměr:	t = 10,0 mm
5. Zkoušená část/oblast: Svarový spoj		12. Zk. teplota:	—
13. Účel zkoušky: —			
14. Příd. materiál: EN ISO 14341: G3Si1		15. Typ svaru: BW	16. Metoda svařování: 135
17. Tepelné zpracování na snížení pnutí po svařování nebo stárnutí: —			
18. Umístění a orientace zkušebních vzorků: Dle ČSN EN ISO 17639			
19. Typ leptadla a metoda leptání: NITAL			
20. Vzorek č.	16 – 007-J	21. Zvětšení: 2,2 x	22. Vzorek č. —
		23. Zvětšení: —	
			
24. Popis povrchu	provařeno – bez nepřípustných vad	25. Popis povrchu	—
26. Celkové hodnocení / závěr:			
27.	<input checked="" type="checkbox"/> Vyhovuje	Svarový spoj je vyhovující	
28.	<input type="checkbox"/> Nevyhovuje		
29. Zkoušku provedl:	Ing. Petr Kovář	34. Razítko a podpis	35. Inspekční organizace
30. Číslo certifikátu:	WI-E-042		
31. Vyhodnotil:	Ing. Petr Kovář		
32. Číslo certifikátu:	WI-E-042		
33. Datum vyhodnocení:	12.5. 2016		