



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

POSTUP OPRAVY ROPOVODU PŘI ODSTÁVCE PROCEDURE OF PIPELINE REPAIR AT DEAD PLATE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAN BOREK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2008

ABSTRAKT

BOREK Jan: *Postup opravy ropovodu při odstávce*

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku technologie oprav ropovodu při odstávce provozu. Je koncipována do 4 základních částí (kapitol). Úvodní kapitola popisuje důvody realizace pravidelných kontrol a inspekcí ropovodu vzhledem k potrubním defektům a způsoby jejich oprav. Druhá kapitola je věnována konkrétně způsobu opravy výřezem nevyhovující potrubní části a nahrazení novou částí s detailním popisem přípravných a navazujících montážních činností (bezpečnostní a ekologické aspekty). Tato kapitola obsahuje také seznam dokladů nutných k doložení odborné způsobilosti a připravenosti pro realizaci oprav. 3. kapitola je zaměřena na návrh a ověřování způsobu svařování provedením nedestruktivních kontrol a destruktivních zkoušek na zhotoveném zkušebním svaru podle návrhové specifikace postupu svařování - WPS. Jsou zde uvedeny výsledky jednotlivých dílčích zkoušek a komplexní vyhodnocení návrhu svařování inspekční organizací. Poslední 4. kapitola je věnována obecné kalkulaci celkových nákladů na provedení opravy, jako součást výpočtu konečné ceny za zhotovení.

Klíčová slova: oprava potrubí, výřez, svařování potrubí,

ABSTRACT

BOREK Jan: *Procedure of pipeline repair at dead plate*

This thesis is focused on a crudeoil pipeline repair technology at the dead plate. The thesis is divided into 4 basic parts (chapters). The opening chapter describes reasons for performing regular pipeline inspections regarding pipeline's defects and technology of defects repair. The second chapter is devoted to the particular repair technology - cut out of a damaged pipeline part and its replacement by a new pipeline piece - with a detail description of preliminary and consequential assembly activities (safety and environmental aspects). This chapter also comprises a list of documents confirming technical qualification and readiness for repairs execution. The third chapter is aimed at proposition and verification of the welding method by means of non-destructive and destructive testing of a test circumferential weld according to the proposed weld procedure specification – WPS. There are presented the results of particular tests and complex evaluation of the welding process design by the inspection organization. The last, fourth chapter deals with a calculation of general costs of repair execution which is an important part of a final pricing.

Keywords: pipeline repair, cut out, pipeline welding,

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BOREK Jan: *Postup opravy ropovodu při odstávce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 62 s., 16 příloh. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě praktických znalostí a konzultací pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 20.5. 2008

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Jaroslavu Kubíčkoví za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Bibliografická citace	4
Čestné prohlášení	5
Poděkování	6
Obsah	7
1. ÚVOD - ROZBOR PROBLEMATIKY	9
1.1 Ropovody v ČR.....	9
1.2 Narušení integrity potrubí.....	10
1.3 Vnitřní inspekce ropovodů a způsoby oprav.....	12
2. PROVÁDĚNÍ VÝŘEZŮ Z POTRUBÍ A VKLÁDÁNÍ NOVÉ POTRUBNÍ ČÁSTI	15
2.1 Uzavírací technologie pro odstavení úseku ropovodu.....	15
2.2 Postup činností nutných k provedení výměny poškozené části potrubí.....	16
2.2.1 <u>Přípravné činnosti, které předcházejí vlastnímu montážnímu uskutečnění</u>	16
2.2.2 <u>Dokumentace k doložení odborné způsobilosti Pro provádění montážních a svářečských prací</u>	18
2.2.3 <u>Popis jednotlivých navazujících činností prováděných při výměně poškozené potrubní části výřezem při odstávce ropovodu</u>	24
2.3 Technické podmínky přípravy potrubí pro svařování	29
2.3.1 <u>Zásady pasování a lícování vkládané trubky</u>	29
3. SVAŘOVÁNÍ POTRUBÍ	32
3.1 Svařování a svařitelnost	32
3.2 Svařitelnost ocelí použitých na ropovodním potrubí	32
3.2.1 <u>Svařitelnost uhlíkových a jemnozrnných ocelí</u>	33
3.3 Metoda svařování – Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou	37
3.3.1 <u>Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou – Princip metody</u>	37
3.3.2 <u>Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou – Charakteristika metody</u>	37
3.3.3 <u>Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou – Zdroje pro svařování</u>	40
3.3.4 <u>Technologie svařování obalenou elektrodou</u>	42
3.4 Elektrody pro ruční svařování obalenou elektrodou, volba elektrody pro svařování obvodových svarů	43
3.4.1 <u>Označování elektrod</u>	44
3.4.2 <u>Volba typu elektrody pro svařování obvodových svarů na ropovodu</u>	44
3.5 Návrhová specifikace postupu svařování	45

3.5.1	<u>Parametry základních materiálů (trubek) a podmínky svařování v rámci návrhové specifikace postupu</u>	45
3.5.2	<u>Stanovení teploty předehřevu pro účely eliminace vodíkových trhlin podle ČSN EN 1011-2</u>	47
3.6	Ověřování postupu svařování dle ČSN EN ISO 15 614-1	49
3.6.1	<u>Vizuální kontrola, výsledek provedené kontroly</u>	50
3.6.2	<u>Radiografická kontrola, výsledek provedené kontroly</u>	50
3.6.3	<u>Zkouška na povrchové trhliny, výsledek provedené zkoušky</u>	52
3.6.4	<u>Příčná zkouška tahem, výsledek provedené zkoušky</u>	53
3.6.5	<u>Zkouška lámavosti, výsledek provedené zkoušky</u>	53
3.6.6	<u>Zkouška rázem v ohybu, výsledek provedené zkoušky</u>	54
3.6.7	<u>Zkouška tvrdosti, výsledek provedené zkoušky</u>	55
3.6.8	<u>Makroskopická kontrola, výsledek provedené kontroly</u>	56
3.6.9	<u>Komplexní výsledek provedených kontrol a zkoušek a rozsah kvalifikace postupu svařování</u>	56
4.	OBECNÁ KALKULACE CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA PROVEDENÍ OPRAVY	57
	Závěr	59
	Seznam použitých zdrojů	60
	Seznam použitých zkratk a symbolů	61
	Seznam příloh	62

1. ÚVOD - ROZBOR PROBLEMATIKY

1.1 Ropovody v ČR

Prvním ropovodem vedoucím po bývalé ČSSR byl ropovod Družba. Tento byl v roce 1962 doveden do Bratislavy a v roce 1965 prodloužen do Záluží u Mostu.[1]



Do roku 1989 dováželo tehdejší ČSSR ročně až 18 milionů tun ropy z bývalého SSSR výhradně tímto ropovodem. Po roce 1989 se otevřely nové možnosti dovozu ropy ze západní Evropy a vymanění se z jednostranné závislosti na Rusku. Proto došlo ke zrodu myšlenky ropovodu IKL (Ingolstadt – Kralupy nad Vltavou – Litvínov).[1]

Potřeba vzniku tohoto nového ropovodu byla dána změnou politické situace. Tehdejší ČSFR správně odhadla své budoucí potřeby a vývoj ve světě a rozhodla se pro realizaci této stavby. Projekt výstavby nového ropovodu byl po konečných úpravách trasy ropovodu započat v roce 1990 a skončen v roce 1995.[1]

Obr.1.1 Výstavba Družby [1]

Technické údaje ropovodu Družba

Celková průběžná délka trasy v ČR	357 km
Délka trasy v ČR včetně zdvojení a odboček:	505 km
Převážná kapacita:	9 mil. tun ropy ročně
Rychlost proudění ropy v potrubí:	cca 1,0 - 1,4 m/s
Průměr potrubí:	528 mm



Obr. 1.2 Ropovody v ČR [1]

V současné době se pohybuje přepravní vytížení ropovodu Družba okolo 60% své přepravní kapacity. Z celkového dopravovaného množství cca 8 mil. tun ropy ročně pro potřeby České Republiky tvoří přeprava Družbou 65% a zbytek je zajištěn ropovodem Ingolstadt. Oba ropovody zároveň tvoří zásobní systém v případě krátkodobého výpadku dodávky ropy. [1]

Ropovodní potrubí je velice důležitou „tepnu“ celého českého průmyslu. Z tohoto důvodu byly realizovány od roku 1999 projekty „Komplexní modernizace ropovodu Družba“ a navazující projekt „Rehabilitace ropovodu Družba“. Tyto měly za úkol na více než 35 let provozovaném ropovodním systému zvýšit bezpečnost a operativnost řízení. Cílem bylo rovněž přiblížit se v maximální možné míře technické úrovni relativně nového ropovodu Ingolstadt. Projekt modernizace ropovodu Družba zahrnující instalaci moderního řídicího a komunikačního systému byl ukončen v roce 2003, ale projekty rehabilitace pokračují stále v rámci plánovaných kontrol stavu potrubí včetně navazujících oprav.[1]

Projekt modernizace mimo jiné obsahoval výměnu stávajících přivařovacích uzavíracích armatur za nové dálkově ovládané. Výměna armatur byla realizována jejich výřezy ze stávajícího potrubí a poté přivařením nových armatur (viz. obrázek 1.3).[1]

V rámci rehabilitace potrubí byla a stále jsou identifikována místa na potrubí, kde se nacházejí defekty a anomálie. V těchto částech tranzitu je snižena nebo



narušená bezpečnostní úroveň provozu potrubí vzhledem k požadovaným a projektovaným schopnostem ropovodu. Proto je velice důležitá stálá preventivní údržba a kontrola ropovodního systému z důvodu závažnosti vzniklých situací při nekontrolovatelném úniku ropy (provoz až do poruchy). Jakákoli havárie na potrubí, která má za následek únik ropy, představuje ohromnou ekologickou zátěž v daném místě na dlouhé roky.

Obr. 1.3 Výměna uzavíracích armatur [1]

1.2 Narušení integrity potrubí

Ropovodní přepravní tranzit tvoří ocelové trubky, které jsou navrženy průměrově pro potřebný průtok média, dále z hlediska tlakové třídy je potrubí vyrobeno s konstrukčně spočítanou tloušťkou stěny pro použitou pevnostní třídu oceli. Tloušťka stěny potrubí zajišťuje bezpečnou velikost a rozložení obvodového napětí vytvořeného od přetlaku ropy uvnitř potrubí do průřezu stěny. Proto jakákoli porušení na potrubí v podobě rostoucího či statického úbytku materiálu stěny, případně tvarové deformace (boule, promáčkliny, ovality) a vnitřních vad materiálu znamenají potenciální riziková místa. Defekty na potrubí mohou být dle přítomnosti vnější nebo vnitřní a vznikají během provozu nebo už při výrobě a výstavbě potrubí.

Mezi nejvýznamnější skupinu vad jsou brány defekty s úbytkem stěny potrubí. Patří sem zejména působení elektrochemické koroze na rozrušování materiálu potrubí uloženého v půdě přes porušenou ochrannou vrstvu izolace.

Půda se skládá s plynné, kapalně a pevné fáze. Plynnou fází tvoří atmosféra, která v důsledku mikrobiální činnosti a často ztíženého přístupu kyslíku z atmosféry se liší od složení venkovní atmosféry. Obsah kyslíku se pohybuje v rozmezí 10 – 20 hm. %, dusíku 78 hm.%, CO₂ 1 – 10 hm.%. Vlastním korozním prostředím je kapalná fáze, která tvoří elektrolyt. Při styku materiálu s elektrickým vodivým prostředím dochází ke korozi, jejichž principem jsou změny spojené s přenosem elektrického náboje. Při korozním působení půdy na kov je maximum agresivity v oblasti 20 –

30% vlhkosti. Pro korozní pochody v půdě má veliký vliv zrnitost a vazkost půdy. V sypkých a písčitých půdách je průběh koroze většinou rovnoměrný. Vazké, jílovité půdy se vysycháním smršťují a praskají. Přístup kyslíku a také koroze je nerovnoměrný. [2]

Proti eliminaci korozních defektů a jejich růstu je používána elektrochemická ochrana kovů tzv. „katodová ochrana“. Ta je podmíněna vytvořením korozního článku, přičemž dochází k anodickému rozpouštění, tj. korozi anody, kdežto katoda se nerozpouští a je do jisté míry funkcí článku před korozí chráněna. Tohoto se využívá při elektrické ochraně, kde se uměle vytvářejí makročlánky. Chráněné potrubí je připojeno na záporný pól stejnosměrného zdroje proudu, kladný pól je připojen k systému pomocných anod. I přes aktivní katodovou ochranu není výskyt korozních defektů po celé délce ropovodu zcela vyloučený a je třeba jim věnovat pozornost. Negativní vliv zde mohou hrát stejnosměrné bludné proudy, střídavý indukovaný elektrický proud atd..[2]



Obr. 1.4 Korozní napadení potrubí



Obr. 1.5 Mechanická drážka na potrubí

Další důležitou skupinu defektů s úbytkem stěny představují různé mechanické drážky, rýhy a vrypy jako odsekané převalky. Tyto typy defektů nejenom představují lokální zeslabení stěny, ale obsahují také ostré vruby po mechanickém odstranění. Zmíněné druhy mechanických poškození jsou často doprovázeny tvarovými deformacemi kruhovitosti potrubí. Vznikají totiž na potrubích již během výroby nebo při výstavbě. Jsou následkem nedokonalé výstupní kontroly potrubí při výrobě a neopatrnosti při manipulaci či pokládce potrubí. Znamenají také potenciální místa vzniku porušení vlivem zmenšené tloušťky stěny s případnými ostrými vruby a tvarovými anomáliemi.

Pro posouzení závažnosti zjištěných defektů s úbytkem stěny existují výpočtové systémy a standardy, které predikují na základě zjištěných parametrů úbytků a jeho velikosti závažnost daného defektu. Používané výpočtové kódy případně standardy jsou založeny na experimentálním testování „uměle“ vytvořených defektů na potrubí a sledování stavu napjatosti v zeslabených místech stěny, a to až do protržení. Experimentální výsledky přenesené do výpočtových vztahů nám pak umožňují v praxi určit bezpečnou tlakovou úroveň při provozu potrubí. Základními vstupními veličinami pro výpočet jsou úbytky a jejich rozložení v ploše, dále délkové rozměry vady, provozní tlak v místě defektu a pevnostní charakteristiky materiálu potrubí (Re).

Nejenom defekty s úbytkem materiálu hrají významnou roli v pohledu na možná riziková místa. Patří jsem také materiálové vady typu laminací, vměstků nebo necelistvostí, které mohou mít i kontakt s vnějším nebo vnitřním povrchem.

Obecně lze říci, že v tomto směru nebyla při výrobě ocelí pro potrubí kladena mimořádná aktivita na jakost a čistotu. Mezi nesplněné základní požadavky lze zahrnout:

- a) Optimální mikročistota tj. minimální obsah (počet, velikost, tvar a rozložení) vhodně modifikovaných vměstků a nepřítomnost hrubých nekovových vměstků.[2]
- b) Snížení obsahu těch prvků v oceli, které jsou tradičně známé jako nežádoucí doprovodné prvky (např. síra, fosfor, kyslík, vodík) a stopové prvky (měď, olovo, zinek, cín, arsen, antimon aj.) [2]
- c) Zlepšení homogenity ztuhlé oceli potrubí, neboť vlastnosti výrobků nezávisí na složení vyráběné tavby, ale na složení a čistotě kovu v konkrétním místě výrobku. [2]

Podle původu se vměstky jako nečistoty v oceli obvykle dělí na endogenní a exogenní. Endogenní vměstky vznikají vnitřními pochody z prvků v oceli obsažených a jsou součástí její struktury. Exogenní vměstky jsou naproti tomu náhodného charakteru a bývají do oceli vnášeny z vnějšku. [2]

Nejrozšířenějším typem vměstků jsou vměstky oxidické a sulfidické. V podstatě lze říci, že nekovové vměstky působí záporně na vlastnosti ocelí (zejména na únavové vlastnosti). K iniciaci únavových trhlin dochází v oblasti koncentrace napětí. Koncentrátory napětí se mohou stát dostatečně rozměrné nekovové vměstky, jejíž úloha při rozvoji trhlin je tím významnější, čím je ocel pevnější a tvrdší. [2]

V případě materiálových necelistvostí s výstupem na povrch jde o typy defektů jako jsou pleny, šupiny, zaválcované okraje, které vznikají při tepelném zpracování a úpravě povrchu. Dále trhlinky na povrchu potrubí v různých orientacích.

Na závěr k materiálovým typům defektů je nutno připomenout, že převážná část ropovodu byla stavěna v 60. letech minulého století a tehdejší výstupní jakost ocelových trubek nebyla zřejmě vždy jednotná a zcela ideální, což ovlivňuje negativně užité vlastnosti vyrobených trubek.

Ke vzniku závažných poruch a havárií může také docházet vzájemnou kombinací a doplňováním defektů současně v daném místě potrubí. Na potrubích jsou proto používány nejrůznější typy pravidelných vnitřních inspekcí, které se postupem času stále více zdokonalují. Jejich primárním úkolem je odhalení co nejvíce typů defektů na potrubí s velkou přesností.

1.3 Vnitřní inspekce ropovodů a způsoby oprav

K vnitřní inspekci ropovodů se používá zařízení zvané inteligentní ježek. Inteligentní ježek je mechanicko-elektronické zařízení, které je pomocí proudu přepravovaného média nesené potrubím. Jedná se o soustavu modulů spojených pohyblivými klouby a nesoucích záznamové zařízení, zdroje, čidla a vysílač. Manžety připevněné na trupu ježka působí jako těsnění a umožňují pohyb celého systému v ropovodu.[1]

Veškerá inspekční zařízení jsou vybavena ODO – metrem k měření vzdálenosti potrubí. Principem je kolečko, jehož počet otáček je načítán, o definovaném průměru, pružně uložené na ramínku a kopírující vnitřní povrch potrubí.

Pozici vady na obvodu určuje snímač, který definuje azimutové polohy ve 360 stupňové obvodové pozici. Přesnost načtených dat vzhledem ke vzdálenosti se zjišťuje pomocí stacionárních vysílačů, kdy přijímač v inteligentním ježkovi přijme přesný časový impuls z vysílače - markeru, jehož poloha je s vysokou přesností zaměřena. Přesná znalost polohy se využívá později při vyhodnocování, kdy se neshodují vzdálenosti naměřené inteligentním ježkem s údaji zjištěnými geodetickým zaměřením.[1]

Metoda vnitřní inspekce ropovodu je způsob zjišťování jeho stavu. Identifikuje anomálie o rozměrech větších jak 3 x 3 mm zevně i uvnitř potrubí. Pro lepší pochopení je si představit koberec z Hodonína do Litvínova (začátek a konec ropovodu Družba v ČR) o šířce 1,6 m (rozvinutý obvod potrubí DN 500). V okamžiku kdy jsou k dispozici výsledky z inspekčního běhu, je vidět, co se děje na kterémkoli místě tohoto pomyslného koberce z obou stran v rozlišení 9 mm² a více. Kromě magistrální trasy, které patřilo přirovnání, existuje ještě dalších 300 km ropovodu, které jsou také inspektovány. [1]



Obr. 1.6 a 1.7 Příprava inspekčního ježka k běhu potrubím [1]

Odchylky od ideálního rozměru identifikuje inspekce s určitou tolerancí, např. potrubí s tloušťkou stěny 9,6 mm může mít rozměry 9,4 - 9,8 mm (tato odchylka nebude registrována). [1]

Mezi základní metody používaných při detekci vad patří UltraScan, CalScan, MagneScan, TranScan. [1]

Ultrascan pracuje na principu proměnlivosti rychlosti ultrazvukového signálu v různých prostředích (materiálech). Dokáže registrovat všechny změny vyplývající z proměnlivosti síly stěny, tedy materiálové úbytky, laminace. Rozpozná také vybouleniny. [1]

CalScan je používán ke snímání geometrie. Ježek s touto technologií má na korpusu nainstalovaná ramena, která těsně kopírují profil potrubí. Zjištěné údaje jsou ukládány do paměti přístroje a výsledkem jsou informace o stavu geometrie. Při opakovaných bězích je možno na základě srovnání výsledků zjistit např. posun půdy ve svahu, promáčknutí těžkými mechanismy apod. [1]

MagneScan je na principu změn elektromagnetického pole v oblasti defektu, tudíž dokáže tento defekt objevit, a to i uvnitř materiálu. Elektromagnety, umístěné na těle ježka, jsou zakončené kartáči, pro dokonalejší rozptyl elektromagnetického pole. Snímače zaznamenávají změny hodnot elektromagnetického pole. Metoda zjišťuje úbytek materiálu, trhliny v materiálu, laminace. [1]

Podobně jako MagneScan identifikuje TranScan vady na základě změn v elektromagnetickém poli v oblasti anomálie, produkuje elektromagnetické pole ve

dvou na sebe kolmých směrech, v radiálním a axiálním. Byl vyvinut na základě požadavků zjišťování stavu svarů, identifikuje trhliny ve svarech, dokáže odhalit kontakt s cizím tělesem, např. s vyosenou chráničkou či se souběžným potrubím. [1]

Na ropovodech jsou prováděny pravidelné vnitřní kontroly v pětiletých intervalech. Záznamy jsou vyhodnocovány a porovnávány s předešlými výsledky. Na základě závažnosti je přistupováno k opravám.[1]

Případné opravy jsou prováděny v současné době 2 základními způsoby. První způsob opravy je pomocí zesilovacích objímek nainstalovaných na vnější povrch potrubí. Tyto opravy mají význam při relativně menších velikostech defektů (axiální délka a úbytek stěny potrubí). Používají se pro opravu vnějších a vnitřních úbytků tloušťky stěny (u vnitřních je vyloučena vnitřní koroze).



Obr. 1.8 Kompozitní sklolaminátová zesilovací objímka



Obr. 1.9 Stahování kovové objímky mech. řetězovou svěrkou

V horším případě, kdy je poškozena významným úbytkem větší část délky potrubí (cca 2 m a více) nebo identifikována vnitřní koroze, dále trhliny na povrchu a rozsáhle materiálové vady uvnitř stěny materiálu je navrhováno provedení výměny poškozené části výřezem z ropovodu během odstávky provozu a nahrazení novým potrubním mezikusem.



Obr.1.10 Vyříznutá poškozená potrubní část

2. PROVÁDĚNÍ VÝŘEZŮ Z POTRUBÍ A VKLÁDÁNÍ NOVÉ POTRUBNÍ ČÁSTI

Vlastní provádění oprav výřezem z potrubí je velice specifickou montážní činností, která musí být provedena během co nejkratší doby tak, aby mohl být co nejdříve obnoven provoz. Často se jeden výřez potrubí (obvykle do délky až 12m) včetně vsazení a svaření nového mezikusu musí vykonat během 12 hodin a to mnohdy za nepředvídatelných montážních podmínek. Během výřezu se mohou objevit skutečnosti jako nedostatečné vyprázdnění potrubí v úseku, kde se bude řezat, případně netěsnost ucpávek a armatur, které oddělují vyprázdněnou část potrubí od ostatního tranzitu. Při vyříznutí potrubní části dochází často k odskokům volných konců potrubí po vyříznutí (složitě pasování a usazení nového mezikusu vlivem vyosení), přičemž za nejsložitější část vlastní akce se bere právě pasování nového mezikusu mezi volné konce potrubí (vytvoření potřebných svarových mezer) pro provedení nových obvodových svarů.

Špatné počasí při práci zase zhoršuje podmínky pro rychlost prací v terénu (nepřístupný terén pro montážní techniku) a ovlivňuje negativně podmínky pro svařování.

Oprava výřezem z potrubí je dopředu naplánovaná akce, kdy se určí pevný termín odstávky, za kterého se musí vše kompletně zvládnout. Termín, kdy běží odstávka provozu nezahrnuje nejen vlastní opravárenské práce na potrubí, ale také odstavení úseku pro vyprázdnění a vypuštění potrubí a zpětné otevření úseku potrubí po provedení opravy výměnou poškozené části.

Délka odstavovaného úseku se určuje podle hydraulického profilu potrubí v daném místě s ohledem na případnou nebezpečnost stálého nátok vlivem hydrostatického tlaku. Připadá zde totiž možnost nedokonalé těsnosti uzavíracího zařízení, které se používá k oddělení částí potrubí pro vypuštění.

2.1 Uzavírací technologie pro odstavení úseku ropovodu

Jako mobilní uzavírací technika pro ropovody se používá technologie „Stopplo“.

Podle lokality odstavovaného úseku může být použito uzavíracího zařízení z obou stran odstavovaného úseku, případně pouze z jedné strany pro případ, že existuje v místě jiná možnost odstavení přítomnou permanentní armaturou.



Principem u nás nazývané tzv. „stopplovací techniky“ je instalace dělené tvarovky, na kterou se namontuje speciální šoupátko (tzv. sendvičové). Přes otevřené sendvičové šoupátko se potrubí za provozu provrtá. Před demontáží vrtačky je vždy šoupátko uzavřeno, aby byl zachován plný provoz potrubí. Na „sendvičové“ šoupátko stopplovací tvarovky se namontuje stopplovací zařízení a stopplovací hlava se spustí do uzavírací polohy. Po odtlakování a vypuštění uzavřené části je proveden výřez potrubí.

Obr. 2.1 Nainstalovaná „stopplovací“ technika

Po vsazení nové části potrubí se vyjme stopplovací hlava, sendvičové šoupátko se uzavře a stopplovací zařízení se demontuje. Do příruby tvarovky se pomocí vrtačky spustí přes sendvičové šoupátko speciální těsnící zátka a jeho poloha se zajistí. Vrtačka a šoupátko jsou demontovány a příruba tvarovky zaslepena. (na místě zůstává permanentně nainstalovaná tvarovka – možnost pro další využití odstavení v daném úseku ropovodu).

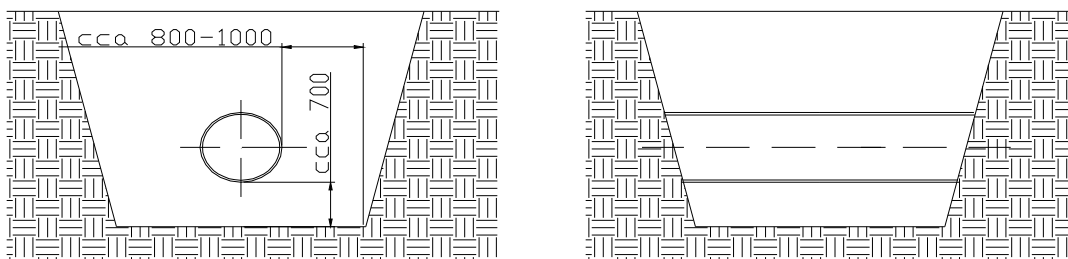
2.2 Postup činností nutných k provedení výměny poškozené části potrubí

Úspěšné uskutečnění opravy se skládá ze souhrnu dílčích procesů, které musí být uskutečněny v časovém sledu tak, aby na sebe navazovaly a zabezpečily co nejhladší průběh celé akce a neohrozili ještě více riziko exploze při pracích s otevřeným ohněm v místech, kde hrozí výbušné prostředí možným únikem ropných par nebo dokonce úniku kapalné ropy z volných konců potrubí.

Ropa je přírodní hořlavá kapalina tvořená směsí plyných, těkavých a rozpustných tuhých uhlovodíků a jejich derivátů, v menší míře obsahuje také neuhlovodíkové organické sloučeniny a minerální příměsi (vodu, sůl, písek). Proto při těchto akcích musí být vždy od začátku až do konce přítomná trvalá hasičská asistence. Požární asistence se stará o kontrolu dodržování protipožárních opatření, dále o vyčištění volných konců potrubí po vyříznutí poškozené části a stále provádí kontrolní měření koncentrace výbušných par v montážním místě.

2.2.1 Přípravné činnosti, které předcházejí vlastnímu montážnímu uskutečnění

- 1) *Odkopání potrubí v poškozeném místě dle výsledků vnitřní inspekce. Přesná lokace v terénu se zajišťuje geodeticky podle načtené vzdálenosti od začátku běhu inspekčního ježka i pomocí markerů.
(Důležitou činností při odkrývání potrubí je bezpečné vysvahování=úkosování výkopu tak, aby nedocházelo k sesuvům bočních stěn. Výkopy potrubí jsou prováděny strojně, jenom zemina v bezprostřední blízkosti potrubí a pod potrubím je odkopána ručně.)*



Obr. 2.2 Schématické znázornění úkosování bočních stěn výkopu s označením velikostí [mm] požadovaných volných montážních prostorů kolem potrubí – délka výkopu rovnoběžná s podélnou osou potrubí závisí na délce výřezu, přičemž volný prostor pro provedení svaru má být alespoň 750 mm na každou stranu

(Rozměry výkopů pro stavbu potrubí v zemi citované normou ČSN EN 12 732 - označená jako použitá literatura [3] jsou, že vzdálenost potrubí ke dnu výkopu má být alespoň 400 mm a mezi stěnou a potrubím 600 mm. Tyto popsané vzdálenosti jsou z hlediska provedení oprav v praxi nedostatečné, proto musí být zvětšeny na rozměry uvedené na obr. 1.12.)

- 2) Odstranění izolace potrubí a očištění povrchu potrubí pro provedení místních nedestruktivních kontrol, odstraněná izolace musí být alespoň 100 mm na obě strany od budoucích obvodových svarů.



Obr. 2.3 Odkrytí potrubí s porušenou



Obr.2.4 Označení tvaru defektu potrubí izolací s minimálními zbytkovými tloušťkami - výsledek ultrazvukového měření

- 3) Kontrola přítomnosti defektu na odkrytém potrubí a to jednak vizuálně (vnější defekt) a nedestruktivní kontrolou ultrazvukem k určení přesných úbytků z tloušťky stěny potrubí, laminací a případné kontrolní měření tvrdostí.
- 4) Označení přesné lokace vady na potrubí viditelným způsobem a to i pro vnitřní defekty kopírováním tvaru defektu na vnější viditelný povrch potrubí. (viz obr. 2.4).
- 5) Kontrola ultrazvukem v předpokládaných místech řezů za hranicemi zjištěného defektu na přítomnost vnitřních necelistvostí typu laminací (zdvojenin) uvnitř stěny potrubí.
(Pro zkoušení základního materiálu na dvojitost se používají ultrazvukové přístroje, přístroje pro měření tloušťky se pro tento účel nemají používat. Používají se dvojitě sondy nebo přímé sondy se zkušebním rozsahem větším než je délka blízkého pole. Touto kontrolou má být zajištěna schopnost zjistit vývrty s plochým dnem o průměru 2 mm a více v hloubce od 40% tloušťky stěny do příslušné celé délky stěny.) [3]
- 6) Zajištění nové části potrubí pro výměnu na základě očekávaného rozsahu poškození zjištěného vnitřní inspekcí a místní defektoskopickou kontrolou. Zajištění také nové izolace.
- 7) Zajištění asistenčních služeb při výrezech na požadovaný termín (jeřáb, hasiči, odsávací technika-cisternové vozidlo CAS, NDT kontrola).
- 8) Odstavení úseku potrubí v němž se nachází poškozené místo na trase.
(Obvykle instalace speciálních uzavíracích zařízení – viz kap. 2.1 nebo uzavření nejbližších armaturních stanic.)
- 9) Odtlačování a vypuštění ropy z odstaveného úseku potrubí pomocí speciálních návarků, které jsou na potrubních úsecích instalovány, případně

instalace nových návarků s novou uzavírací technologií „Stopple“. Ropa je z potrubí odtlačována a odsávána cisternovými vozidly (dále jen CAS). Poté je dovážena do nejbližších slopových nádrží. Tyto jsou v každém středisku provozovatele potrubí po celé trase ropovodu v ČR (ekologická asistence v podobě vozidel CAS je přítomna i po celou dobu provádění opravy při otevřeném potrubí).



Obr. 2.5 Instalace „stopplovacího“ zařízení (v pozadí obrázku)v blízkosti prováděné opravy výřezem z potrubí

2.2.2 Dokumentace k doložení odborné způsobilosti pro provádění montážních a svářečských prací

Dokladovaná část je určena k tomu, aby prokázala, že jsou splněny požadavky pro svařování, které je nedílnou součástí provedení oprav. Dále se zhotovuje technologický postup prací, který zahrnuje dostatečná bezpečnostní a ekologická opatření v rámci daných bezpečnostních a ekologických standardů provozovatele (majitele) potrubí.

Dokumenty vztahující se ke svařování jsou jednak dány na základě normy ČSN EN 12732 *Zásobování plynem – Svařované ocelové potrubí – Funkční požadavky* [3] . Tato norma sice přímo nesouvisí pro ropovodní potrubí a to s ohledem na přepravované médium, přesto je pro tento typ potrubí z hlediska svařování také používána. Je to dáno jednak podobností charakteru přepravního potrubního systému a dále neexistencí obdobné normy vztahující se přímo pro tento typ produktovodu. Požadavky s ohledem na tuto normu jsou potvrzeny v zadávací dokumentaci provozovatele ropovodu a proto je nutno se jimi závazně řídit.

Na základě uvedené normy a požadavků provozovatele se před zahájením činností dokládají kopie: *kvalifikace svářečského dozoru, kvalifikace svářečů (svářečské osvědčení s rozsahem oprávnění), specifikace postupu svařování-WPS,*

protokol o kvalifikaci postupu svařování-WPQR s rozsahem kvalifikace postupu svařování, certifikát jakosti procesu svařování, technologický postup prací.

Předpis kvalifikace svářečského dozoru při provádění svářečských prací na potrubí je dán normou ČSN EN 12 732[3]. Stanovuje se podle kategorie požadované jakosti v rámci maximálního provozního tlaku potrubí a použitého materiálu potrubí. Jelikož části ropovodů uložené v zemi jsou v tlakové třídě PN 63 (projektový tlak 63 bar), patří proto dle rozdělení normy do kategorie D pro potrubí s provozovaným tlakem nad 16 barů. Dalším kritériem zahrnutí do kategorie D je základní materiál oceli potrubí. Ten musí podléhat skupinám 1 a 3 dle ČSN EN 288-3 určující rozdělení konstrukčních ocelí do skupin dle pevností a chemického složení (nahrazeno směrnici ČSN EN CR ISO 15608 podle nového způsobu číslování dle ČSN EN ISO 15607). Převážná známá část jakostí ocelí použitých při výstavbě ropovodu (oceli třídy 11 do meze kluzu 360 MPa, nízkolegovaná ocel 13 030 s min.mezí kluzu 285 MPa do tloušťky 20 mm) patří do skupiny 1. V rámci kategorie D je doporučován pro dozor svářečských prací svářečský inženýr. Dokládá se tedy kopie certifikátu svářečského inženýra jako osoby schopné konat svářečský dozor na místě. Tabulka rozdělení potrubí do kategorií podle oblasti užití viz. příloha 1, tabulka doporučených požadavků na jakost dle kategorií je obsažena v příloze 2 a směrnice pro zařazení kovových materiálů do skupin je v příloze 3.[3]

Pracovníci svářečského dozoru jsou odpovědní za svářečské operace a za činnosti se svařováním související, jejichž způsobilost a znalosti jsou prokázány výcvikem, vzděláním a odpovídajícími zkušenostmi. Svářečský dozor je termín pro osobu vykonávající jeden nebo více úkolů technického dozoru. Pracovníkům svářečského dozoru jsou přidělovány úkoly a odpovědnosti související s jakostí. Odpovědnostmi svářečského dozoru jsou technické podmínky nebo příprava, koordinace, řízení, kontrola stavu a osvědčení. Pracovníci pověřeni svářečským dozorem se podle požadavků stanovených Evropskou svářečskou federací (European Welding Federation – EWF) dělí do tří skupin znalostí. Svářečský inženýr jako požadovaný svářečí dozor při opravách má ze všech tří skupin nejvyšší úroveň odborných znalostí. To znamená, že má úplné technické znalosti potřebné pro plánování, provedení a zkoušení pro všechny úkoly a odpovědnosti ve svářečské výrobě. [4]

Kvalifikace svářečů se dokládá kopiemi získaných platných osvědčení na základě absolvovaných zkoušek svářečů. Rozsah oprávnění svářeče je podle normy ČSN EN 287-1 přesněji vymezen zahrnutím většího počtu parametrů, mezi které patří především tyto údaje:

- svařovací proces (metoda svařování),
- druh svarku (trubka, plech),
- typ svarku (koutový, tupý),
- svařovaný základní materiál (třída oceli),
- druh a typ přídavného svařovacího materiálu,
- rozměry zkušební vzorku (tloušťka, průměr),
- poloha svařování,
- provedení svaru (jednostranný, oboustranný, s ochranou kořene apod.).[4]

Každá změna základních proměnných, které mají základní vliv na zkoušku svářeče a je mimo přípustný rozsah platnosti, vyžaduje novou zkoušku a nové Osvědčení o zkoušce. [4]

Platnost zkoušky svářeče začíná dnem, ve kterém byly úspěšně vyhodnoceny požadované zkoušky. Zkouška svářeče platí 2 roky za předpokladu, že jsou splněny

následující podmínky, které potvrdí zaměstnavatel nebo pracovník pověřený dozorem každých šest měsíců v příslušné části Osvědčení:

- Ø svářeč musí pokud možno vykonávat svářečské práce v rozsahu platnosti své svářečské zkoušky (připouští se přerušení nejvíce na šest měsíců),
- Ø svářečské práce musí být v celkovém souladu s podmínkami, za kterých byla vykonána zkouška,
- Ø není žádný důvod zpochybňující zručnost a vědomosti svářeče.[4]

Požadavky na vyšší jakost ve svařování podle normy ČSN EN 3834-2 dané kategorií jakosti svarů vyžadují, aby zhotovitel prací v rámci oprav splňoval požadavky této části normy. Mezi rozhodující požadavky patří, že zhotovitel má pro svařování kvalifikované pracovníky podle norem ČSN EN 287 a ČSN EN 1418 (dokládána dokumentace osvědčení svářečů a svářečského dozoru prací) a před zahájením svářečských prací na potrubí má pro naplánované způsoby svařování doložit schválené *specifikace postupu svařování-WPS (dále jen WPS nebo specifikace svařovacího postupu)* dle EN ISO 15609.[4]

Stanovení postupu metodami obloukového svařování použitého při svařování na ropovodech stanovuje požadavky na obsah WPS (Welding procedure specification), která se zpracovává a dokládá ve formě přehledného formuláře, ve kterém jsou uvedeny všechny podstatné údaje o svařování. Normalizované údaje uvedené ve formuláři jsou vhodné pro použití u většiny specifikací svařovacích postupů.[4]

Svářečské proměnné uvedené ve specifikaci jsou veličinami, ovlivňujícími metalurgické a mechanické vlastnosti a geometrii svarového spoje. Zpracovaná WPS platí např. pro určitý rozsah tloušťky spojovaných částí a základních a přídavných materiálů.[4]

Ve specifických případech je možné uvedené údaje ve formuláři doplnit o nové informace a to formou doplňujícího textu nebo odkazem na příslušnou instrukci. Nejsou-li ve formuláři WPS uvedeny příslušné údaje o protokolárním schválení tohoto svařovacího postupu, je třeba tento dokument pokládat za předběžný. [4]

Proto další dokladovanou částí pro provozovatele potrubí je kvalifikace postupu svařování, které se bere jako schválení dané WPS. Způsob ověření je dokladován dle vzájemných smluvních požadavků provedením zkoušek postupu obloukového svařování dle EN ISO 15614 – 1 pro oceli. Tato část normy definuje požadavky, podle kterých se provádí zkoušky postupu svařování ocelí a jeho schválení způsobem popsáným normou. Schválení požadovaného postupu svařování se provádí na základě:

- § zpracovaného návrhu předběžné WPS,
- § zhotovení a svaření zkoušky podle vypracovaného návrhu WPS,
- § prohlídky a vyzkoušení svařené zkoušky v předepsaném rozsahu touto normou,
- § provedení schválení výsledků této zkoušky ve vztahu k materiálu (jakosti, polotovaru, tloušťky) a procesu svařování (použité metody a polohy svařování, přídavného materiálu a parametrů svařování, předehřevu a tepelného zpracování po svaření) s následným vystavením *protokolu o kvalifikaci postupu svařování WPQR (Welding Procedure Qualification Report)*. [4]

Zkouška postupu svařování provedená na konkrétní oceli platí též pro další oceli v příslušné materiálové skupině (rozděleno podle směrnice CSN EN CR ISO 15608 [příloha 3]), které mají obdobné vlastnosti.[5]

Zkouška postupu svařování provedená na konkrétním kompletovaném vzorku s danými rozměry svarových spojů a stejným druhem svaru platí také v určitém

rozsahu v návaznosti na rozměrech zkušebního vzorku. Rozsahy kvalifikace svarových spojů podle druhu svarů (vymezení zahrnutých rozměrů tloušťek) a vymezení rozsahů použití pro různé průměry u potrubí.

V praxi to znamená, že jestliže budu provádět pro příklad zkoušky spojených potrubních částí svařených tupým svarem o průměru 500 mm a tloušťce 10 mm, rozsah rozměrů svarových spojů podle tabulky 2-1 dané normou ČSN EN ISO 15614 – 1 znamená zahrnutí výsledků zkoušky pro vícevrstvé svařování tloušťek od 3 do 20 mm a průměrů od 250 mm a více neomezeně. Tím je myšlena možnost „zastřešení“ více zpracovávaných postupů svařování pro různé tloušťky a průměry v rámci absolvovaných zkoušek a kontrol postupu svařování. Rozsah kvalifikace je dán také podle ČSN EN ISO 15614-1 použitím stejné metody svařování jako při zkoušce. Co se týká polohy svařování tam je dáno dle stejné normy, že zkouška svařování v jakékoli poloze kvantifikuje svařování ve všech polohách s výjimkou svařování v polohách PG a J-L045. Příklady rozsahu kvalifikace postupu svařování dle ČSN EN ISO 15614-1 jsou přílohou 4 této práce.

Tabulka 2-1 Rozměry svarových spojů pro rozsah kvalifikace WPS podle ČSN EN ISO 15614-1

Tupé svary/tloušťka navařeného kovu		
Tloušťka t (mm)	Jednovrstvé	Vícevrstvé
$t \leq 3$	0,7 t až 1,3 t	0,7 až 2 t
$3 < t \leq 12$	0,5 t (min 3) až 1,3 t	3 až 2 t
$12 < t \leq 100$	0,5 t až 1,3 t	0,5 t až 2 t
$t > 100$	-	50 až 2 t

Průměr trubky a přípojné odbočky	
Průměr zkušebního kusu D (mm)	Rozsah D
$D \leq 25$	0,5 D až 2 D
$D > 25$	$\geq 0,5 D$ (min 25)

Dokladovaným výsledkem z ověření postupu svařování dle WPS je výstupní protokol zkoušky WPQR (dále jen protokol o kvalifikaci postupu svařování nebo WPQR), který je zpracován formou normalizovaného formuláře. Tento obsahuje v úvodní části (na prvním listě) potřebné informace o uznání nebo zamítnutí provedené zkoušky. V druhé části je uveden postup svařování, který obsahuje předepsané údaje použité při svařování zkušebního kusu. Závěrečná třetí část tohoto dokumentu obsahuje přehled dosažených výsledků z provedených nedestruktivních a destruktivních zkoušek na zkoušeném kusu. Přílohou zpracovávaného protokolu jsou i příslušné dílčí protokoly z uvedených zkoušek.

K protokolu WPQR se zároveň vystavuje *Rozsah kvalifikace postupu svařování* podle ČSN EN ISO 15614 -1. Tento certifikát uvádí rozsah použití provedených zkoušek pro další využití. Vymezení je provedeno podle základního materiálu (rozsahy rozměrů viz. tabulka 2-1), metody svařování, druhu svarového spoje, přídatného materiálu a tepelného zpracování.

Certifikát systému jakosti v procesu svařování dokladuje ověření funkčnosti a shody popsanych prvků zaváděného systému jakosti podle zpracované Příručky jakosti. V systémech zabezpečení jakosti je svařování vedeno jako zvláštní proces, u kterého se jakost nedá zajistit pouze kontrolou a zkouškami hotových produktů. Protože jen na základě těchto činností se nedá s konečnou platností potvrdit, že při svařování byly dodrženy všechny požadavky ovlivňující jakost. Z tohoto důvodu je třeba do systému jakosti zahrnout všechny činnosti, které ovlivňují jakost svařování od samého počátku a to stanovením požadavků na konečný produkt již ve fázi

smluvní dohody mezi dodavatelem a objednatelem (provozovatelem potrubí), v průběhu provádění, kontroly a při předání zákazníkovi do užívání. [4]

Zhotovitel prací musí činnosti související se svařováním dát do souladu s požadavky normy:[4]

ČSN EN ISO 3834, která obsahuje tyto části:

Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – Část 1: Kritéria pro volbu odpovídajících požadavků na jakost, Část 2: Vyšší požadavky na jakost, Část 3: Standardní požadavky na jakost, Část 4: Základní požadavky na jakost, Část 5: Dokumenty, kterými je nezbytné se řídit pro dosažení shody s požadavky na jakost podle ISO 3834-2, ISO 3834-3 nebo ISO 3834-4.

Tabulka 2-2 Požadavky na jakost při svařování podle ČSN EN ISO 3834-1 až 5.

Číslo	Název dle ČSN EN ISO 3834
1	Přezkoumání požadavků
2	Přezkoumání technických podkladů
3	Smluvní subdodávky
4	Svářeči a operátoři
5	Svářečský dozor
6	Personál pro kontrolu a zkoušení
7	Výrobní a zkušební zařízení
8	Údržba zařízení
9	Popis zařízení
10	Plánování výroby
11	Specifikace postupu svařování
12	Kvalifikace postupu svařování
13	Zkoušení dávek svařovacích materiálů
14	Skladování a manipulace se svařovacími/přídavnými materiály
15	Skladování základních materiálů
16	Tepelné zpracování po svaření
17	Kontrola a zkoušení před, během a po svařování
18	Neshody a opatření k nápravě
19	Kalibrace nebo validace měřících, kontrolních a zkušebních zařízení
20	Identifikace v průběhu procesu
21	Sledovatelnost
22	Záznamy o jakosti

Příručka jakosti má za účel popsat systém zajišťování jakosti v organizaci, management jakosti a ověřování produktů. Podat informaci zákazníkům i ostatním institucím, jakým způsobem organizace plní požadavky národních a mezinárodních norem v zajišťování jakosti a bezpečného provedení. V úvodu příručky jakosti se uvádí zásady, pravidla a postupy zajišťování jakosti, odpovědnost řídicích pracovníků organizace za dodržování ustanovení uvedené v příručce jakosti v oblasti jejich působnosti. V dalších částech je popsán použitý systém jakosti a popsány způsoby

dodržování a řešení jednotlivých prvků/kritérií uvedených v tabulce 2-2 požadavků (prvky 1 až 22).[4]

Funkčnost a shoda popsaného systému jakosti ve zpracované Příručce jakosti se ověřuje formou interních prověrek - auditů na jednotlivých montážních pracovištích prověřované organizace.[5]

Poslední dokladovou částí je zhotovený *technologický postup prací* (dále jen TP). Tento se skládá z několika předmětných částí, které popisují jednak stavebně-technickou připravenost k akci. Připravenost znamená všeobecně souhrn přípravných činností popsaných v úvodu kapitoly 2.2. Kromě popsaných činností vymezuje také komplexně odpovědnost za jejich zajištění v rámci objednávaných služeb a materiálových potřeb (dodavatel nebo provozovatel). Obvykle je praktikováno kompletní zajištění akce zhotovitelem prací mimo geodetického vytyčení poškozeného potrubí, výkopů a záhrnu potrubí, provedení odstavení včetně vypuštění úseku potrubí a instalace mechanických ucpávek, toto je zcela v režii provozovatele potrubí.

Navazující částí TP je vlastní popis prací ve formě bodů s uvedenými chronologickými činnostmi od začátku prací až po připravenost ke zpětnému uvedení potrubí do provozu. Popis obsahuje nejen „strohý“ charakter montážních operací, ale i ekologické a bezpečnostní aspekty v souladu s právě prováděnou operací. Součástí postupu je také zpracovaná tabulka obsahující seznam možných rizik vztahujících se k bezpečnosti práce podle druhů prováděných prací včetně přijatých opatření proti jejich vzniku.

V závěrečné části TP je část o seznámení pracovníků se schváleným TP, kde všichni provádějící montážní pracovníci stvrzují svým podpisem znalost TP před začátkem prací. Postup kromě jiného obsahuje i všeobecnou legislativní část, která obsahuje zákony a vyhlášky vztahující se k prováděným činnostem v rámci TP.

Schválený postup prací je stvrzen podpisy zástupců obou stran (zhotovitel a objednatel) a poté předkládán montážním pracovníkům k nastudování a podpisu.

2.2.3 Popis jednotlivých navazujících činností prováděných při výměně poškozené potrubní části výřezem při odstávce ropovodu

- 1) *Uvázání potrubní části určené k výřezu na jeřáb, provádějí pouze pracovníci s platným vazačským průkazem.*
- 2) *Nasazení řezacího nástroje s kotoučovou frézou na potrubí a provedení prvního dělicího řezu v označeném místě, pod místem řezání je umístěna záchytná vana proti případným ropným úkapům po proříznutí potrubí. Ropné úkapy ze záchytné vany budou ihned odsávány přistaveným vozidlem CAS (ekologická asistence).*



Obr.2.6 Řezání potrubí řezacím strojem s kotoučovou frézou

- 3) *Přesunutí řezacího nástroje a provedení druhého dělicího řezu na potrubí, opět se zajištěním proti úniku zbytků ropy po vypuštění z potrubí záchytnou vanou, ze které budou případné úkapy odsávány vozidlem CAS.*
- 4) *Zvednutí vyříznuté části nad úroveň stávajícího potrubí, dočasné zajištění otevřených konců vyříznuté části potrubí sacími textiliemi, (otevřené konce potrubí jsou umístěny stále nad úkapovými vanami).*
- 5) *Vyjmutí vyříznuté části jeřábem z výkopu na povrch, kde pod otevřené konce budou vloženy úkapové vany. Permanentní zajištění volných konců proti únikům zbytků ropy nepropustnou fólií a příprava pro odvoz k ekologické likvidaci.*
- 6) *Vyčištění otevřených volných konců stávajícího potrubí do hloubky 1m chemickými rozpouštědly typu AQUASOL, ARVA EKO. Pod oběma otevřenými konci při čištění jsou stále umístěny záchytné vany a je připravena odsávací technika, vyčištění potrubí zajišťuje požární asistence pro provádějící organizaci.*



Obr. 2.7 Čištění otevřených konců stávajícího potrubí

- 7) *Vložení mechanických ucpávek do vyčištěných konců potrubí a jejich zajílování. Tyto ucpávky mají znemožnit přístup zbytkové ropy a ropných par do oblasti svařování. Instalaci mechanických ucpávek provádí servisní tým provozovatele, zajílování ucpávek provádí hasičská asistence.*



Obr. 2.8 Utěsnění a vyjmutí mechanické ucpávky potrubí

- 8) *Kontrolní měření koncentrace výbušných par detekčním přístrojem na výstupu z otevřených konců potrubí, do kterých byly nainstalovány ucpávky s jílem. Pro provádějíci organizaci zajišťuje stále během prací s otevřeným potrubím přítomná požární asistence.*
- 9) *Provedení vodivého propojení měděným kabelem o průměru 5 mm navařením 2 ks šroubů M8 na volné konce stávajícího potrubí.(elektrický ochranný potenciál katodové ochrany potrubí).*

- 10) *Opět kontrola koncentrace výbušných par, v případě kladného výsledku zahájení prací s otevřeným ohněm.*
- 11) *Přípravné práce na volných vyčištěných koncích přerušeno potrubí – dobrušováním úkosových hran pro svařování broušením dle zhotovené schválené WPS. Úkosy jsou vytvořeny strojně při řezání potrubí.*
- 12) *Doměření vzdálenosti vkládaného potrubního mezikusu mezi volné konce přerušeno potrubí.*
- 13) *Úprava svarových ploch na vkládaném potrubním mezikusu mimo montážní výkop – řezáním (úkosový přípravek s kyslíko-acetylenovým plamenem) a mechanickým dobrušováním.*



Obr. 2.9 Broušení volného konce nového potrubí

- 14) *Kontrola doměření vložení mezikusu mezi volné konce stávajícího potrubí, zajištění polohy přípravky (centrátor).*



Obr. 2.10 Kontrola usazení nově vkládané části

- 15) *Kontrola vzdálenosti svarových kořenových mezer na obou stranách vkládaného potrubního dílu – požadavky na velikost kořenové mezery dle schválené WPS.*

- 16) *Kontrola koncentrace výbušných par, v případě kladného výsledku zahájení svářecích prací.*



Obr. 2.11 Měření koncentrace výbušných par

- 17) *Před započítím svařování se provede důkladné očištění vnitřních a vnějších povrchů v místech svarů od mastnoty, provede se mechanické odbroušení tenké povrchové vrstvy z vnitřku a vnějšku do kovového lesku pro odstranění rzi, okují a otřepů a to nejméně 20 mm od hran úkosu (provádí se po doměření i na nově vkládané části).*
- 18) *Provedení případného tepelného zpracování, jestliže je vyžadováno a předepsáno postupem svařování WPS s ohledem na spojovaný základní materiál a teplotu okolí, přičemž při okolní teplotě pod 5°C se automaticky provádí ohřev propan-butanovými hořáky v místech svarů z vnější i vnitřní strany potrubí 50 - 70°C kvůli odstranění možné vlhkosti a částečně funkce předehřevu.*
- 19) *Stehování obvodových svarů první kořenovou vrstvou současně na obou svarech. A to nejméně na 6. místech pravidelně po obvodu, délka stehu je 20 – 30 mm. Pro stehování a svařování se použije předem přesušených elektrod dle pokynů výrobce.*
- 20) *Kontrola svarových mezer v nenastehovaných místech po obvodu obou svarů.*
- 21) *Odstranění polohovacích přípravků – centrátorů.*
- 22) *Mechanické očištění od strusky sekáčem (dočištění ocelovým kartáčem) v nastehovaných místech po obvodě, požaduje se plynulost napojení svarového kovu do základního materiálu bez ostrých přechodů. Broušení pouze v nejnútnejších případech (zvětšuje se úhel přechodu svarového kovu) – rozhoduje svářecí dozor, který provádí nepřetržitě vizuální kontrolu.*
- 23) *Dovaření kořenových vrstev na obou svarech podle parametrů a podmínek svařování ve WPS, zapálení oblouku provedeno v místě svarového spoje – kontroluje svářecí dozor. Postup kladení kořenové vrstvy po obvodě je od spodní části potrubí k jeho vrchní části (poloha PF) po obou stranách současně – 2 svářeči 1 obvodový svar DN 500.*

- 24) *Mechanické očištění od strusky sekáčem + ocelovým kartáčem po obvodě, požaduje se plynulost napojení svarového kovu do základního materiálu bez ostrých přechodů. Broušení pouze v nejnútnejších případech (zvětšuje se úhel přechodu svarového kovu) – rozhoduje svářečský dozor.*
- 25) *Navarování dalších vrstev, přičemž zapálení oblouku nesmí být prováděno opět v místech předchozího zapalování. Postup kladení po obvodě je od spodní části potrubí k jeho vrchní části po obou stranách (poloha PF) – obvykle provádí 1 svářeč.
(V případě potrubí DN 500 (ropovody v ČR) se pohybují tloušťky materiálů podle typů trubek a míst s různými výškovými profily (různé tlaky) od 7 do 12 mm. Tyto jsou obvykle svařovány podle WPS na 3 až 4 svarové vrstvy. Tedy kořenová vrstva, výplňová vrstva 1 nebo 2 a povrch.)*
- 26) *Po navarování jednotlivých vrstev se provede vždy odstranění strusky, přičemž se požaduje plynulost přechodu do základního materiálu. Broušení je prováděno pouze v nejnútnejších případech pro odstranění ostrých přechodů do základního materiálu (zvětšení úhlu přechodu a úprava konečného vzhledu svaru) – rozhoduje přítomný svářečský dozor.*



Obr.2.12 Svařování obvodových svarů

- 27) *Při nízkých okolních teplotách cca pod 5°C zajistit po konečném svařování pomalé chladnutí tepelně-izolačním zábalem po 1hodinu (použití textilie izochran).*
- 28) *Po konečném očištění provedených svarů včetně případného rozstříku na základním materiálu provedena vizuální kontrola vzhledu obou svarů.*
- 29) *Provedení radiografické kontroly obou svarů.*
- 30) *V případě kladného výsledku obou zkoušek je odstraněno vodivé přemostění potrubí měděným kabelem.
(V případě nevyhovění jakosti svarů po provedených nedestruktivních zkouškách v rámci dané přípustnosti, je provedena oprava za stejných podmínek svařování daných v příslušném postupu svařování. V případě, že*

- opětovná kontrola opraveného svaru ukáže, že je v tomto místě stále ještě vada, musí se svar vyříznout a provést znovu (opakování celé akce).*
- 31) *Provedení zpětné izolace potrubí a svarů, kontrola izolace elektrojiskrovou zkouškou průchodnosti el. proudu zkušebníím napětím 25 kV.*
 - 32) *V případě kladného výsledku zkoušky nové izolace dán souhlas zástupce provozovatele k zahrnutí potrubí.*
 - 33) *Provedení zpětného zahrnutí potrubí za účasti dodavatele a provozovatele, aby nedošlo k poškození potrubí nebo izolace.*
 - 32) *Ukončení prací a vyklizení pracoviště.*

2.3 Technické podmínky přípravy potrubí pro svařování

V rámci celého spektra prováděných montážních činností při opravách patří mezi nejkomplicovanější a nejnáročnější činnosti vlastní příprava a doměřování nově vkládané potrubní části mezi volné konce stávajícího potrubí. Při této fázi je nutno připravit přesně propojovací část tak, aby mohlo být provedeno přivaření ke stávajícímu potrubí obvodovými svary.

Pro svařování vysokotlakého potrubí se používá pouze tupých svarových spojů. Koutové svary lze použít jen v kombinaci s tupým svarem 1/2V (přivaření odboček apod.) Nové svary je nutno umístit mimo místa s maximálním namáháním, tzn. pro potrubí uložené v zemi například mimo kotevních betonových bloků a to nejméně 20 mm. [5]

Další důležitou informací z hlediska umístění nových svarů je, že pro potrubí svařované a normalizačně žíhané během výroby lze volit délku rovné části před ohybem podle vzorce:

$$L > \sqrt{(D \cdot t)} \quad (2.1)$$

,kde D je vnější průměr trubky, t je jmenovitá tloušťka stěny trubky (mm).[5]

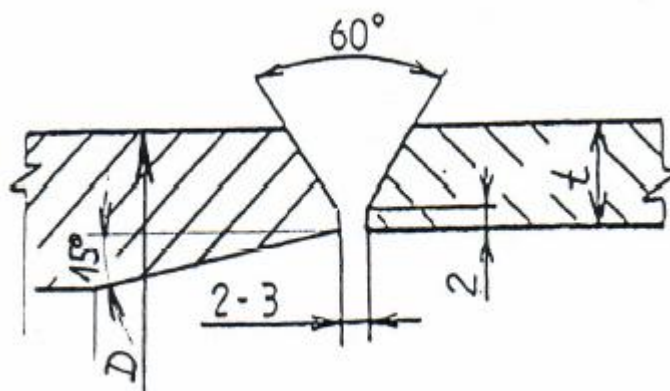
Ve svaru nesmějí být umístěny výřezy nebo otvory, nejmenší délka vkládané trubky podle ČSN EN 12 732 [3] musí být nejméně 0,5 násobek nominálního průměru (DN). [3]

Výsledkem správné přípravy nového potrubního mezikusu pro vložení mezi stávající otevřené konce přerušeného potrubí je dodržení velikostí kořenových mezer po celém obvodu obou svarů dle požadavku schválené WPS. Zkosení na otevřených koncích jsou na potrubích vytvořeny přímo řezacím nástrojem (kotoučová válcová fréza se zuby do tvaru V) a potom dobroušením ostré hranky pro kořenovou mezeru.

2.3.1 Zásady pasování a lícování vkládané trubky

- a) Podstatou správného lícování je přizpůsobení spojovaného potrubí tak, aby na vnitřní straně v celém průměru bezvadně lícovalo. Dovolené přesazení je u trubek nejvýše 1/20 tloušťky stěny. Při spojování trubek o různých tloušťkách stěn je nutno vnitřek trubky mechanicky odbrousit na stejný vnitřní průměr s kuželovým přechodem s maximálním přechodovým úhlem 15°. [3] [5]
- b) Obě části připojovaného potrubí je nutno zajistit v sousedě poloze. K tomu se používá speciálních upínacích přípravků podle průměru svařovaného potrubí, tyto přípravky nazývané centrátory také zajišťují, aby bylo vyloučeno

namáhání svarů pohybem v průběhu svařování (fixace vkládaného potrubí centrátorem viz. obr. 2.10).



Obr. 2.13 Úprava základních materiálů různých tloušťek pro svarové spojení

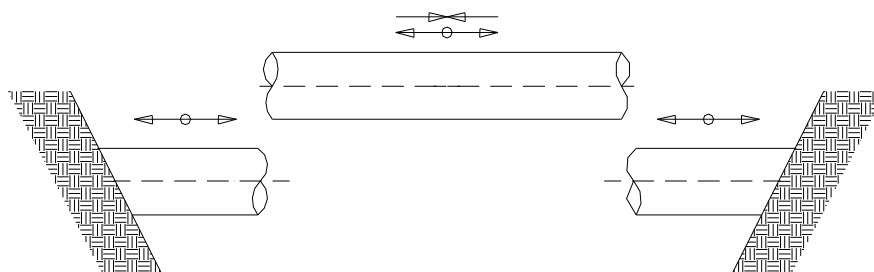
- c) Potrubí by mělo být slícováno bez lomu, ovšem velmi často po odříznutí potrubí dochází k „odskočení“ neboli vyosení volných konců přerušeno potrubí (napjatost v potrubí). Proto v rámci větší míry vyosení dochází ke zpětnému relativnímu vyrovnání sousosti a to tak, aby provedené úkosové řezy na volných koncích potrubí byly nejvýše 1,5°, což znamená maximální možnou změnu směru až do 3°. V případě nemožnosti technického dorovnání obou volných konců potrubí na přípustnou změnu směru, je provedeno segmentování kratšími potrubními mezikusy za dodržení minimálních svarových vzdáleností. Segmentování má za úkol rozložit míru vyosení prostřednictvím prováděných úkosů do více svarů. [3]



Obr. 2.13 Vyrovnávání sousosti potrubí vypodkládáním

- d) Dále při pasování podélně svařované trubky na stejné druhy potrubí nesmí při lícování dojít k tomu, aby se podélné svary stýkaly v obvodovém svaru, tzn. nesmí být do kříže. Podélné svarové spoje v připojených komponentách musí být přesazeny o dvojnásobek jmenovité tloušťky stěny, přičemž tato vzdálenost musí být nejméně 20 mm. Stejným způsobem by měly být přesazeny i spirálové svary, které se stýkají v obvodovém svaru. Podélné a spirálové svary vystupující do budoucího obvodového svaru jsou vybroušeny

- do hladka s plynulým přechodem (z vnější a vnitřní strany potrubí) na úroveň tloušťky stěny potrubí.[6]
- e) Při připojování nového potrubního mezikusu s podélně svařované trubky by měla být celá potrubní část lícována tak, aby podélný svár byl orientován ve vrchní polovině obvodu trubky.
- f) V poslední řadě je potřeba zmínit vliv změny objemu kovů při proměnných teplotních podmínkách během realizace opravy (zvláště horké letní dny, kdy jsou největší rozdíly mezi maximálními a minimálními teplotami během celého dne). Pro příklad doměřování délky vkládaného potrubí může probíhat za jiných teplot během dne než vlastní pasování a lícování v montážní jámě. Může se tedy stát, že dojde k negativní změně požadované velikosti kořenové mezery. Nejhorší případ nastává při nadměrném zvětšení svarové mezery vlivem poklesu teploty před provedením svařování. Délkové změny oceli se řídí podle příslušného součinitele tepelné délkové roztažnosti . Koeficient určuje o kolik se prodlouží ocelová tyč dlouhá 1 m při ohřevu o 1°C. Jeho hodnota pro ocel je $0,00012 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Vypočtená hodnota prodloužení se tedy rovná původní délce tyče (potrubí) vynásobené součinitelem tepelné roztažnosti a rozdílem teplot ve $^\circ\text{C}$. Pro příklad potrubí o délce 1 m se prodlouží o 1,2 mm při změně teploty o +100 $^\circ\text{C}$.



Obr. 2.15 Teplotní délkové změny spojovaných potrubí

3. SVAŘOVÁNÍ POTRUBÍ

3.1 Svařování a svařitelnost

Svařování je výrobní technologie, při kterém vzniká nerozebíratelné tuhé spojení dílců strojních součástí, průmyslových konstrukcí. Je to tedy pevné spojování vhodně připravených dílců ze svařitelných materiálů převážně z válcovaných profilů, plechů a trubek v jeden celek. U spojování potrubí plní svařování nejen funkci plnohodnotného pevnostního spojení částí potrubí, ale také těsnostní funkci proti úniku přepravovaného média.[7]

Se svařováním úzce souvisí pojem „svařitelnost materiálu“. Svařitelnost materiálu závisí na jeho chemickém složení, jeho tepelném a deformačním ovlivnění v místě spoje, provedeného příslušnou technologií svařování. To znamená, že na základě základního materiálu se musí zvážit vzájemná vazba mezi základním materiálem, přídatným materiálem, technologií svařování a požadavky na tuhost a pevnost svarového spoje. Proto je nutno při hodnocení svařitelnosti materiálů použít celý soubor vhodně volených zkoušek, podle nichž je možno stanovit vlastnosti svarového spoje. Pro spolehlivý provoz svařovaných strojních součástí a konstrukcí je nutno znát jejich provozní ukazatele, do nichž se zahrnuje způsob namáhání svarového spoje, vliv rozměrů svařované konstrukce, vliv pracovního prostředí, vliv provozní teploty, mechanické a fyzikální vlastnosti základního materiálu atd. [7]

Konstrukční úprava svarových spojů (úprava ploch pro svařování) ovlivňuje výši vrubových účinků spoje. Proto po konstrukční stránce musí být svarový spoj navržen tak, aby vyhověl veškerým pevnostním a provozním požadavkům. [7]

Výsledná jakost svarového spoje je ovlivněna:

- základním materiálem (jeho chemické složení, způsob výroby, technologie tváření nebo odlévání, technologie tepelného zpracování a mechanickými vlastnostmi),
- metodou svařování,
- postupem svařování,
- přídatnými materiály,
- svarovými úkosi a jejich přípravou,
- tepelným příkonem,
- způsobem svařování,
- případným předehřevem, ohřevem, interpass teplotou,
- tepelným zpracováním po svařování,
- dalšími faktory.[7]

3.2 Svařitelnost ocelí použitých na potrubích ropovodu

Komplexní identifikace základních materiálů po celé délce přepravního potrubí není jednoduchá. Chybějící dokumentace z doby výstavby potrubí vede k tomu, že přesné zjištění jakosti ocelí probíhá zkouškami z vyříznutých částí potrubí při opravách. Dalším doplňujícím kritériem je znalost typů rozložení existujících trubek na trase podle výsledků vnitřní inspekce (bezešvé, podélně svařované, spirálově svařované). To umožňuje logické přiřazení zjištěného typu základního materiálu při zkouškách pro stejný typ potrubí na trase.

Dle výsledků zkoušek se jeví zjištěné jakosti zejména jako uhlíkové svařitelné oceli třídy 11 (dle ČSN) do meze kluzu (Re) 360 MPa. Typickými představiteli jsou v maximální pevnostní hladině oceli 11 523 a 11 503. Na trase se objevují také

bezešvá potrubí s jakostí oceli 13 030 (dle ČSN) , jedná se tedy nízkouhlíkovou, nízkolegovanou manganovou ocel se zaručeným chemickým složením.

To znamená, že se jedná společně o materiály zahrnuté do skupiny 1 (podskupiny 1.1 a 1.2) dle „Směrnice pro zařazování kovových materiálů do skupin ČSN EN CR ISO 15608“ viz. příloha 3. Tato směrnice rozděluje základní materiály pro svařování, které jsou použity pro zkoušky svarových spojů a postupů svařování, jsou navíc rozděleny do skupin se společnými vlastnostmi z hlediska svařitelnosti. Vychází se z obsahu chemických prvků daného materiálu a v některých případech je brána v úvahu i hodnota zaručené meze kluzu R_{eH} v N/mm² nebo MPa.

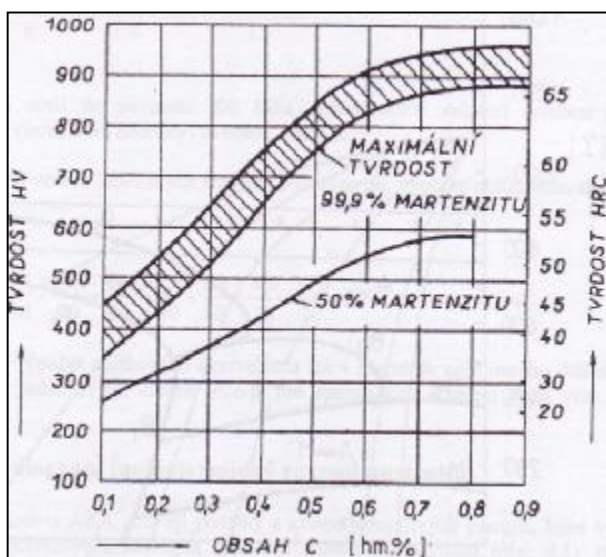
Skupina 1 této směrnice zahrnuje obecně nízkouhlíkové oceli s obsahem maximálně 0,25 hm.% C a s minimální mezí kluzu $R_{eH} \leq 460$ MPa. Podskupiny 1.1 až 1.2 zahrnují dále oceli skupiny 1 podle velikosti hodnot R_{eH} a to maximálně do 360 MPa včetně.

3.2.1 Svařitelnost uhlíkových a jemnozrnných ocelí

Mezi uhlíkové oceli lze zařadit podle ČSN oceli třídy 10, 11 a 12 a oceli na odlitky. Základní vlastností uhlíkových ocelí jsou definovány obsahem uhlíku. Síra a fosfor, mají být přítomny v těchto ocelích v pokud možno minimální míře. Obsah uhlíku těchto ocelí může být v rozmezí do velmi nízkého obsahu až do obsahu 1,7 hm%, i když jeho obsah nad 1,3 hm.% je u technických uhlíkových ocelí poměrně vzácný. [2]

Tyto oceli jsou známy svou nízkou odolností v korozním prostředí a oxidačním prostředí a rovněž výrazným snížením pevnosti při vyšších teplotách. U čistě uhlíkových ocelí z hlediska technického využití je nutno respektovat všechna omezení při jejich volbě, a to:

1. Nízkou prokalitelnost,
2. Výrazný pokles tvrdosti při žhání,
3. Malou korozní odolnost a malou odolnost proti oxidaci,
4. Malou pevnosti při vysoké teplotě.[2]



Obr. 3.1 Závislost tvrdosti oceli na obsahu uhlíku způsobená přítomností martenzitu [2]

Uvedené problémy lze řešit použitím legovaných ocelí. Legující prvky mají za úkol upravit mechanické a metalurgické vlastnosti těchto ocelí.[2]

Při svařování nelegovaných ocelí se musí počítat s tím, že uhlík v tepelně ovlivněné oblasti (dále jen TOO) způsobuje zvýšení tvrdosti, současně snižuje plasticitu, takže vzniklá vnitřní pnutí mohou vést ke vzniku trhlin. Pripouští se hodnota 350 HV jako maximální tvrdost TOO. Této tvrdosti se dosáhne při 50 hm. % obsahu martenzitu ve struktuře a při obsahu uhlíku 0,25 hm.% viz. obr. 3.1.[2]

U oceli s obsahem uhlíku $C < 0,25$ hm.% není nutné zajišťovat zvláštní podmínky při svařování. Oceli s obsahem uhlíku $C > 0,25$ hm.% tvoří přechodovou oblast svařitelnosti se zvláštními opatřeními a to intenzivněji se vzrůstajícím procentem uhlíku. [2]

Ke zvláštním opatřením, má-li být ocel svařena bez trhlin, patří předehřev. Předehřevem se sníží rychlost ochlazování, tím se sníží nebezpečí zakalení. Podle rozmezí obsahu uhlíku lze volit teplotu předehřevu dle tloušťky stěny, tvaru svarového spoje a obsahu uhlíku následovně: [2]

Tabulka 3.1 Volba teploty předehřevu dle obsahu uhlíku [2]

Obsah uhlíku v hm. %	Teplota předehřevu ve °C
0,20 až 0,30	100 až 150
0,30 až 0,45	150 až 275
0,45 až 0,80	275 až 425

Předehřevu lze docílit také s podobným účinkem při svařování s vysokým tepelným příkonem, protože se více ohřívá okolí svaru a tím dochází k jeho pomalejšímu ochlazování. K tomuto účelu se používají větší průměry elektrod nebo technologie s vyšším tepelným příkonem na jednotku délky svaru. [2]

Proti vzniku trhlin je výhodné nepoužívat velké tloušťky svarků s vysokou tuhostí. S tloušťkou stěny vzrůstá rychlost ochlazování. Proto je nutnost předehřevu podmíněna u svařitelných uhlíkových ocelí také velikostí tloušťky spojovaných materiálů a teplotou okolí. Obvykle jsou svařitelné nízkouhlíkové oceli bez speciálních opatření při normálních okolních podmínkách do tlouštěk 16 až 25 mm. [2]

Náchylnost ocelí na vznik studených trhlin úzce souvisí s prokalitelností, resp. transformačním zkřehnutím. Souhrnný vliv chemického složení na náchylnost oceli na zakalení v TOO, a tím i na náchylnost na vznik trhlin za studena lze vyjádřit uhlíkovým ekvivalentem, např. dle IIW/IIS pro ocelí s obsahem uhlíku $C > 0,18$ hm. %: [2]

$$CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 \quad [\text{hm. \%}] \quad (3.1)$$

Transformační zkřehnutí TOO je dané chemickým složením oceli, aplikovaným svařovacím cyklem, který je vyjádřen časem ochlazování Δt (800 - 500°C). Průběh svařovacího cyklu lze ovlivnit změnou technologie svařování, změnou svařovacích parametrů, použitím předehřevu a dohřevu. [2]

Empirické hodnocení náchylnosti oceli na vznik studených trhlin je spojeno se zahrnutím jednotlivých vlivů a to jak jednotlivě tak komplexně. Nejjednodušším způsobem je kritériální hodnocení dle množství C, tloušťky, hodnoty uhlíkového ekvivalentu C_e (IIW) (vztah 3.1) dle tabulky 3.2: [2]

Tabulka 3-2 Mezní hodnoty C, C_e (IIW), tloušťky, u kterých nejsou nutné zvláštní opatření (předehřev, dohřev) [1]

Nízkouhlíkové, nízkolegované C – Mn oceli. R_m [Mpa]	C [hm. %]	C_e (IIW) [hm. %]	Tloušťka [mm]	Poznámka
370 – 520	$\leq 0,22$	$\leq 0,41$	≤ 25	
500 - 700	$\leq 0,20$ $\leq 0,20$	$\leq 0,45$ $\leq 0,41$	≤ 25 25 -37	nízkovodíkové technologie

Uhlíkové ocele se svařují všemi známými technologiemi svařování. Problémy se mohou vyskytnout při svařování neuklidněných ocelí, kdy natavováním segregovaných oblastí mohou vzniknout póry, trhliny a může dojít i ke zkřehnutí svarového spoje.[2]

Hodnoty mechanických vlastností nelegovaných konstrukčních uhlíkových ocelí jsou určovány především obsahem uhlíku a manganu. Obecně můžeme říci, že jsou zpevněny především substitučním a intersticiálním mechanismem. Existuje však také jiná možnost jak zvýšit mez kluzu a mez pevnosti nelegovaných konstrukčních ocelí při zachování jejich dobré houževnatosti a zároveň potlačit nepříznivý vliv uhlíku na jejich svařitelnost. Jedná se o dolegování materiálu malými obsahy prvků jako Al, Ti, Nb a V. Příznivé působení uvedených prvků spočívá v tom, že umožňují vznik jemnozrnné struktury a navíc svou vazbou na uhlík a dusík formou precipitačního zpevnění zvyšují pevnostní vlastnosti materiálu. Proto tyto materiály nazýváme jemnozrnné oceli.[2]

Polotovary z jemnozrnných ocelí se vyrábějí nejčastěji řízeným válcováním v kombinaci s tepelným zpracováním, které zvýrazňuje vliv mikrolegur (Al, Ti, Nb, a V) na vlastnosti materiálu. Proto také někdy označujeme materiály tohoto typu jako mikrolegované jemnozrnné oceli. Obsahy mikrolegujících prvků jsou obvykle limitovány – Al min. 0,015 hm. %, Ti max. 0,15 hm. % a Nb max 0,04 hm. %.[1]

Všechny uvedené prvky tvoří s uhlíkem a dusíkem karbidy, nitridy nebo karbonitridy. V případě hliníku to je nitrid AlN. Titan tvoří karbid TiC, nebo karbonitrid Ti(C, N) a nitrid TiN. Niob vytváří karbid NbC, nebo karbonitrid Nb (C,N) a vanad karbid V_4C_3 nebo karbonitrid V(C,N).[1]

Precipitace uvedených částic je příznivá ze čtyř hledisek:

1. Formou precipitačního zpevnění zvyšují mez kluzu a mez pevnosti oceli.[2]
2. Přítomnost precipitátů o velikosti do cca 50nm v mikrostruktuře oceli brání migraci hranic zrn při rekrystalizaci a tím i hrubnutí zrna.[2]
3. Precipitáty mikrolegujících prvků váží i část intersticiálního dusíku.[2] Pravděpodobnost vzniku nitridů železa Fe_4N , $Fe_{16}N_2$ způsobujících stárnutí oceli je proto minimální. Materiál nestárne.[2]
4. Vazba uhlíku na karbidy a karbonitridy snižuje uhlíkový ekvivalent a zlepšuje svařitelnost oceli.[2]

Během řízeného válcování se růstu zrn zabraňuje dvěma způsoby:

1. Precipitáty Nb a Mo snižují kinetiku rekrystalizace austenitu během deformace.[2]
2. Precipitáty Al a Ti brání růstu zrn při rekrystalizaci.[2]

Oba způsoby se v praxi používají. Růstu zrn při rekrystalizaci brání rovněž snížená doválcovací teplota, která se používá při výrobě polotovarů z mikrolegovaných jemnozrnných ocelí. Snížená doválcovací teplota je příčinou vylučování zvláštní formy feritu při teplotách kolem 550 °C, kterou nazýváme acikulární (jehlicovitý) ferit. Vyznačuje se zvýšenou hustotou dislokací, menší velikostí zrna a vyšší pevností než ferit polyedrický. Tváření oceli při snížených doválcovacích teplotách cca 600 až 700 °C je také považováno za určitý způsob termomechanického zpracování. Proto mohou být i jemnozrnné mikrolegované oceli dodávány jako termomechanicky zpracované materiály. Typickými představiteli

jemnozrnných a jemnozrnných mikrolegovaných ocelí jsou oceli označené podle ČSN 11378, 11447, 11448, 11503, 11523, 13116, 13118 a 13128.[2]

Vzhledem k tomu, že chemické složení jemnozrnných mikrolegovaných ocelí je podobné jako chemické složení nelegovaných konstrukčních uhlíkových ocelí, můžeme říci, že pro ně platí obecné zásady svařitelnosti uvedené u těchto materiálů s následujícími odlišnostmi:

- § Při svařování jemnozrnných mikrolegovaných ocelí můžeme očekávat růst zrn v TOO a tím i pokles plastických vlastností v této oblasti. Svařujeme pokud možno bez předehřevu a s limitovaným měrným tepelným příkonem při svařování. V případě nutnosti aplikace předehřevu postačí obvykle teploty v rozmezí 100 až 150 °C. U svarových spojů mikrolegovaných termomechanicky zpracovaných ocelí můžeme také očekávat snížení tvrdosti v TOO v teplotní oblasti kolem teploty A_{c1} – tzv. „změkčená zóna“. Strukturní změny signalizované snížením tvrdosti jsou příčinou poklesu pevnosti svarových spojů. I v tomto případě je řešením snížení měrného tepelného příkonu do svaru, aby šířka TOO a tím i „změkčené zóny“ byla co nejmenší a neprojevila se významně na pevnosti svarového spoje.[2]
- § Přítomnost mikrolegujících prvků v oceli mění složení sulfidické fáze. Obvyklá vazba síry na mangan nebo železo se neuskuteční v plném rozsahu. Kromě sulfidů MnS a FeS mohou být v oceli přítomné i „legované sirníky“ a dále sulfokarbony, sulfonitridy a oxisulfidy s velmi nízkou teplotou tavení. U jemnozrnných mikrolegovaných ocelí je proto snížení obsahu síry na max. 0,02 hm.%. Tento požadavek moderní metalurgické postupy zejména mimopecní rafinace umožňují. Při použití technologií svařování s vysokým stupněm promísení svarového kovu se základním materiálem, může svarový kov u niobem legovaných, mikrolegovaných jemnozrnných ocelí zkřehnout v důsledku precipitačního zpevnění karbonitridy niobu. Niob přechází do svarového kovu z roztaveného základního materiálu. Pokud pokles plastických vlastností ve svarovém kovu již nespĺňuje požadavky kladené na svarový spoj je nutné úpravou parametrů svařování nebo použitím jiné technologie svařování snížit stupeň promísení svarového kovu se základním svařovaným materiálem.[2]

Svařuje-li se jemnozrnná mikrolegovaná ocel s mezí kluzu $Re < 360$ MPa, není obvykle požadován předehřev do tloušťky svarového spoje až 30 mm, jestliže se nepoužívá přídatného materiálu s 2,5 hm. % Ni (zvýšení vrubové houževnatosti při použití těchto ocelí za snížených pracovních teplot), potom je nutné předehřívát na teploty 100 až 150 °C již od tloušťky svarového spoje 16 mm.[2]

Volba základního materiálu nově vsazované potrubní části je volena z hlediska svařitelnosti podle charakteru oceli stávajícího potrubí v dané lokalitě. To znamená, aby spojované materiály měly společné vlastnosti z hlediska svařitelnosti. Nově vsazovaná potrubní část musí také odpovídat pevnostně svojí nominální tloušťkou v závislosti na dosažených pracovních tlacích. Volí se obvykle základní materiál vsazovaného potrubí se stejnými pevnostními charakteristikami (Re) a stejnou nominální tloušťkou stěny potrubí jako původní základní materiál přerušovaného potrubí. V současné době se používají ekvivalenty k použitým jakostem ocelí z výstavby ropovodu označené dle ČSN EN 100027-1. Jsou to zejména jakosti ocelí s označením: P295GN, S235JRG1, S355J2G3, S355J0, L360NB, L360MB atd..

3.3 Metoda svařování – Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou

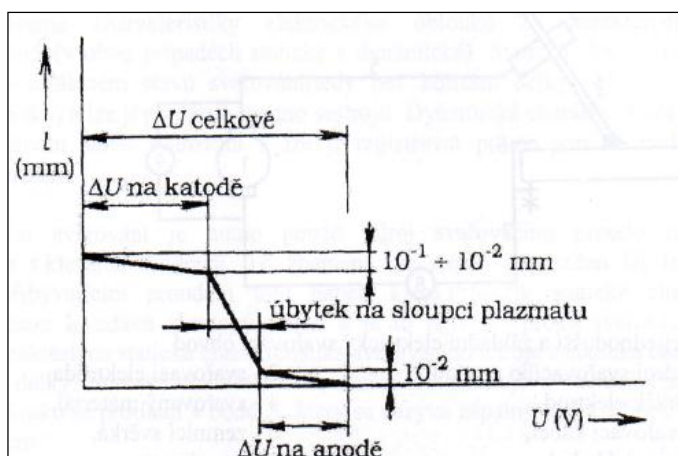
Pro montážní spojování potrubí se používá ruční svařování, jestliže nelze zcela vyloučit provádění úkosových řezů vlivem vyosení rozříznutých částí potrubí.[3]

Montážní svařování nových potrubních úseků do stávajícího systému ve venkovním prostoru se provádí stabilně metodou ručního obloukového svařování obalenou elektrodou. Tato metoda svařování se využívá nejen při opravách ropovodů, ale i ostatních ocelových přepravních sítí jako plynovody, produktovody atd. (potrubí s uhlíkových svařitelných ocelí).

Nabízejí se možnosti využití i jinými ručními technologiemi spojování potrubí, zejména metodami obloukového svařování v ochranných atmosférách. V oblasti trubkových systémů konkuruje metoda WIG – svařování netavicí se wolframovou elektrodou v inertním plynu. Tato metoda má nesporně oproti jiným metodám tavného svařování (i svařování obalenou elektrodou) metalurgické i technologické výhody. Ovšem velmi podstatným důvodem, proč se tato technologie svařování nepoužívá je, že při svařování ve venkovním prostoru (montážní jáma) nelze dost dobře chránit prostor svařování proti odfuku ochranného plynu z prostoru tavné lázně (velká citlivost na povětrnostní podmínky). Metoda WIG se výhradně nepoužívá pro tyto účely, a to i ve spojitosti s ekonomickým hlediskem v porovnání s používanou metodou svařování pro spojování potrubí s uhlíkových ocelí.[8]

3.3.1 Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou – Princip metody

Při svařování elektrickým obloukem je využíván jako zdroj tepla elektrický oblouk hořící mezi elektrodou a základním materiálem. Elektrodou je velmi často používána elektroda obalená. Svařování obalenou elektrodou je jednou z mnoha modifikací svařování elektrickým obloukem.[8]



Obr. 3.2 Schéma a rozdělení oblastí elektrického oblouku

Elektrický oblouk využívaný pro svařování lze charakterizovat jako elektrický výboj hořící za normální teploty a normálního tlaku.

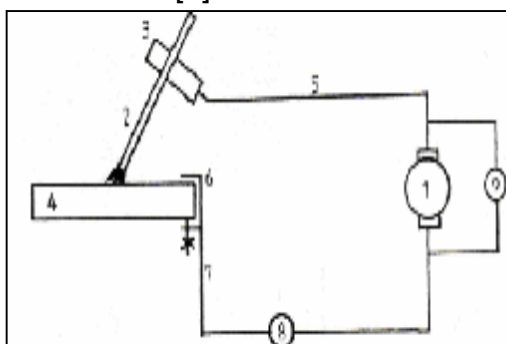
Další charakteristické rysy této metody: lze svařovat v podstatě všechny materiály a ve všech polohách, svařovací proud 10 až 2000 A, napětí na elektrickém oblouku 10 až 50 V. Teplota elektrického oblouku se pohybuje přibližně kolem 5000°C. [8]

Mezi významné oblasti elektrického oblouku lze počítat:

- *katodovou skvrnu* nacházející se na žhavém povrchu katody. Tato skvrna může být buď stabilní a nebo se může po povrchu katody přemisťovat. Proudová hustota dosahuje až 1000 A. mm⁻²,
- *oblast katodového úbytku* napětí je oblast přiléhající těsně ke katodě a má tloušťku asi 0,1 mm, v této oblasti dochází k úbytku napětí v rozmezí 8 – 16 V,

- *sloupec oblouku* je prostor mezi elektrodami (katodou a anodou) se zmíněnou teplotou až 5000°C. Pokles napětí v této části elektrického oblouku, někdy také nazývané plazmatem elektrického oblouku (ionizovaným elektricky vodivým plynem o vysoké teplotě), je rovnoměrný. Rozložení proudové hustoty ve sloupci oblouku má tvar Gaussova normálního rozdělení. Ve sloupci plazmatu se vyskytují elektrony a ionty, přičemž elektrony se pohybují od katody k anodě a kladné ionty se pohybují od anody ke katodě. Významnou roli ve směru proudění částic sehrává kritická hodnota proudu,
- *oblast anodového úbytku* napětí je oblast přiléhající k anodě o tloušťce 10^{-2} až 10^{-3} mm. I v této oblasti dochází k prudkému úbytku napětí,
- *anodová skvrna* oblast na anodě kde jsou pohlcovány elektrony.[8]

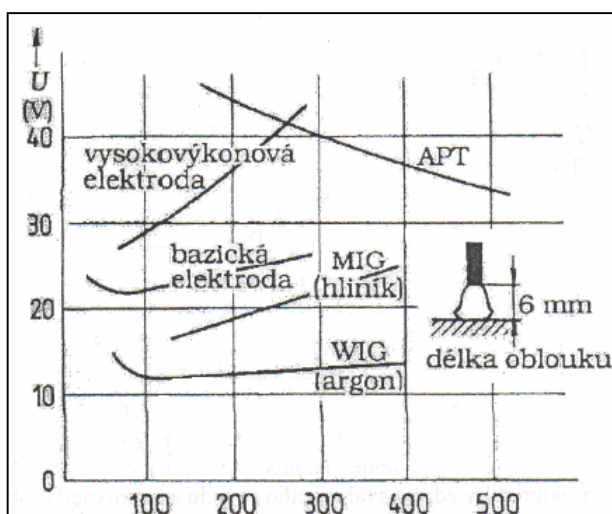
Celkový úbytek napětí je dán součtem dílčích napětí v jednotlivých oblastech. Pokles napětí na katodě a anodě závisí na ionizačním potenciálu plynů v oblouku. Elektrický oblouk má výrazné elektrické a mechanické účinky na své okolí. Rozdělení tepla na katodě a anodě není rovnoměrné a souvisí s dopadáním částic na elektrody. Obecně se na kladné elektrodě získá větší množství tepla než na záporné, neboť anoda se ohřívá dopadem elektronů a katoda se jejich termoemisí ochlazuje. Rozložení teplot na katodě a anodě závisí na více faktorech. Teplota na katodě se pohybuje v rozmezí 2100 až 2400 °C a teplota na anodě se pohybuje v rozmezí 2300 až 2600 °C.[9]



Při svařování elektrickým obloukem a stejnosměrným proudem rozeznáváme přímou polaritu oblouku tehdy, když na elektrodě je mínus pól a na základním materiálu je plus pól. V opačném případě jde o polaritu nepřímou (na elektrodě plus pól a na základním materiálu mínus pól). Nejjednodušší a základní elektrický svařovací obvod je vidět na obr. 3.3.[8]

Obr. 3.3 Schéma základního svařovacího obvodu, kde 1-zdroj svařovacího proudu, 2 – svařovací elektroda, 3 – držák elektrody, 4 – svařovaný materiál, 5 – svařovací kabel, 6 – zemnicí svěrka, 7 – zemnicí kabel, 8 – ampérmetr, 9 – voltmetr.[8]

3.3.2 Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou – Charakteristiky oblouku

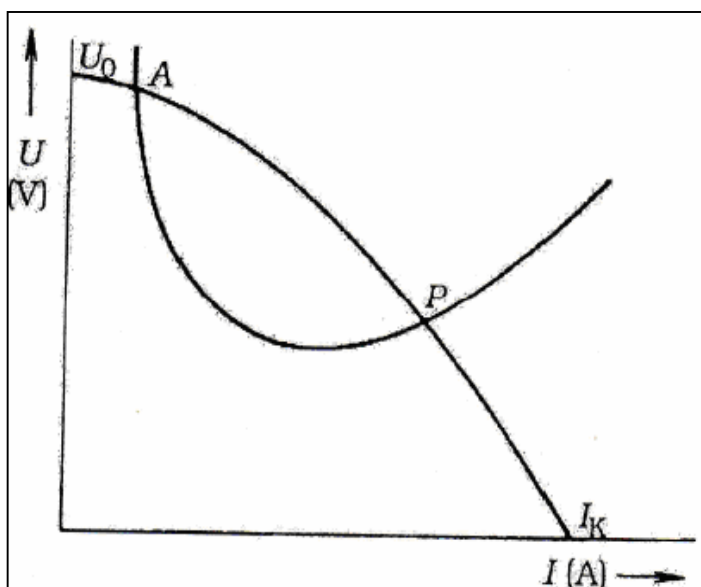


Významným pojmem v teorii elektrického oblouku jsou charakteristiky elektrického oblouku. Zejména voltampérová charakteristika elektrického oblouku (někdy také nazývaná statická charakteristika elektrického oblouku) udává závislost elektrického napětí na oblouku a svařovacího proudu v ustáleném stavu. Na obrázku 3.4 je tato charakteristika znázorněna pro různé druhy elektrických oblouků při ustálených poměrech svařování.[8]

Obr. 3.4 Voltampérové charakteristiky různých elektrických oblouků [8]

Rozeznáváme charakteristiky elektrického oblouku a charakteristiky zdroje svařovacího proudu (v obou případech statické a dynamické). Statická charakteristika udává vždy poměry v ustáleném stavu svařování (tedy bez kolísání délky oblouku, zapalování a zhasínání oblouku) a lze ji poměrně snadno sestavit. Dynamická charakteristika udává vždy poměry při reálném stavu svařování a lze ji registrovat pouze pomocí rychle píšícího registračního zařízení.[8]

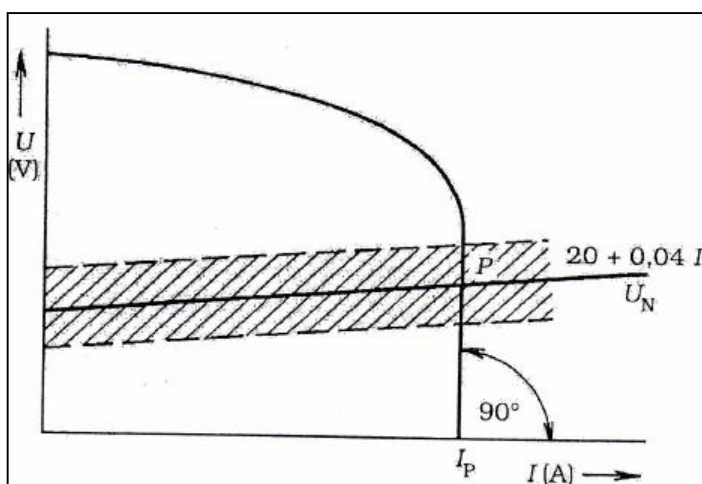
Pro ruční svařování je nutno použít zdroj svařovacího proudu se statickou charakteristikou s klesající tendencí. To znamená, že napětí naprázdno U_0 je nejvyšším napětím a s přibývajícím proudem toto napětí klesá. Průsečík statické



charakteristiky s vodorovnou osou I_K udává zkratový proud a je to nejvyšší proud svařovacího zdroje. Na obrázku 3.5 je nakreslena statická charakteristika svařovacího zdroje a statická charakteristika oblouku určité délky. Statická charakteristika svařovacího zdroje a statická charakteristika svařovacího oblouku se protínají v bodě A, který se nazývá zápalný bod a v bodě P nazývaný pracovním bodem.[8]

Obr. 3.5 Statické charakteristiky zdroje svařovacího proudu a svařovacího oblouku [8]

Statická charakteristika svařovacího zdroje určuje také strmost statické charakteristiky. Fyzikálním vyjádřením strmosti je odpor ve svařovacím obvodu. Při vysoké hodnotě strmosti se udržuje svařovací proud v úzkých mezích při kolísání napětí (např. kolísání délky svařovacího oblouku = chvění svářečovy ruky). Pro ruční svařování elektrickým obloukem je proto v rámci stability používána tzv. strmá statická charakteristika podle obrázku 3.6.[8]



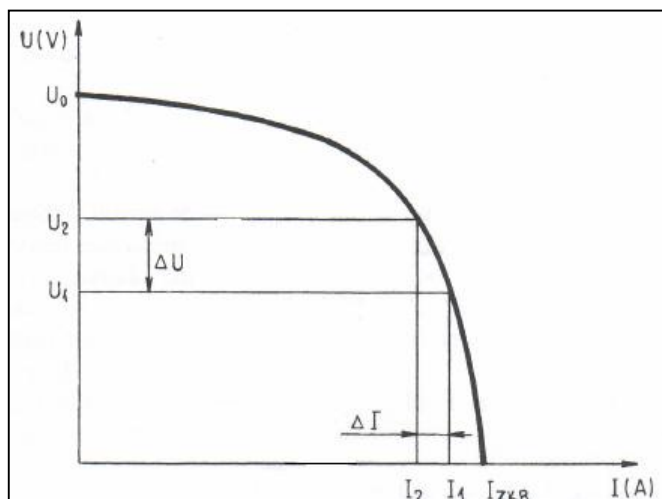
U strmé statické charakteristiky je v oblasti pracovního bodu charakteristika kolmá na osu udávající proud I podle obrázku 3.7. Při změně délky oblouku, např. v důsledku neklidného vedení elektrody se nemění svařovací proud (nebo jen velmi málo). Jednoduše řečeno: velká změna napětí na oblouku vyvolá malou změnu svařovacího proudu.[9]

Obr. 3.6 Strmá statická charakteristika svařovacího zdroje[9]

Voltampérová charakteristika (dále V-A charakteristika) je platná vždy pouze pro jednu určitou délku elektrického oblouku. Při změně délek elektrického oblouku se mění poloha křivek i napětí. Vedle statické charakteristiky elektrického oblouku rozeznáváme ještě dynamickou charakteristiku elektrického oblouku, která vyjadřuje poměry a přechodové stavy při reálném svařování a znázorňuje zapalování a zhasínání elektrického oblouku a např. chvění svářečovy ruky, zkratů apod.. Dynamické charakteristiky mají význam především při sledování přenosu svarového kovu a rozstřiku kovu. Zatím co statickou charakteristiku lze sestavit poměrně snadno, rychlé změny napětí a proudu můžeme zaznamenat oscilografem nebo jiným rychle píšícím registračním zařízením. Pokud nemáme k dispozici údaje o velikosti napětí na el. oblouku, můžeme toto napětí stanovit podle normalizovaného vztahu:[8]

$$U = 20 + 0,04 I \quad (3.2)$$

,kde U – velikost napětí na oblouku [V], I – velikost svařovacího proudu [A][9]



Obr.3.7 Strmá statická charakteristika a změna napětí [8]

3.3.3 Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou – Zdroje pro svařování

Svařovací zdroje pro svařování elektrickým obloukem musí splňovat následující požadavky:

- jejich konstrukce musí být bezpečná podle platných norem a předpisů,
- napětí naprázdno musí odpovídat druhu proudu a prostředí, kde se svařuje,
- jejich statická charakteristika musí odpovídat způsobu svařování,
- musí být odolné proti krátkodobým zkratům,
- musí mít takovou dynamickou charakteristiku, aby po zkratu rychle vzrostlo svařovací napětí,
- regulace svařovacího proudu, případně napětí musí být regulovány tak, jak to vyžaduje metoda svařování.[8]

Podle potřeby svařování je vyžadován buď stejnosměrný nebo střídavý svařovací proud. Používání zdrojů se střídavým svařovacím proudem (svařovací transformátory) se vzhledem k jeho svařovacím vlastnostem snižuje.[8]

Zdroje pro výrobu stejnosměrného svařovacího proudu

Základní rozdělení zdrojů pro výrobu stejnosměrného svařovacího proudu:

- svařovací agregáty (rotační svářečky),
- svařovací usměrňovače (s transduktorem, s tyristorovým řízením, sekundárně taktované a invertory).[8]

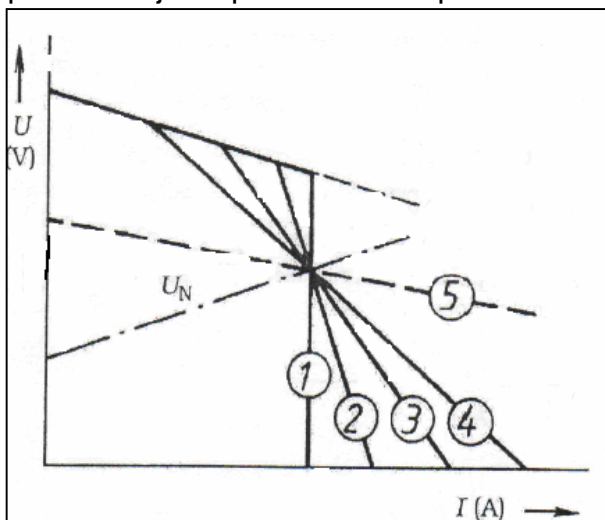
Statické a dynamické vlastnosti tradičních svařovacích zdrojů jsou převážně určovány elektromagnetickými stavebními prvky, jako jsou tlumivky, rozptylová jádra, apod.[8]

Točivé stroje se obvykle skládají ze svařovacího dynama, které je zdrojem proudu pro svařovací oblouk a z motoru, nejčastěji třífázového asynchronního s kotvou nakrátko. Oba stroje jsou spojeny přes spojku na hřídeli. Svařovacím agregátem se rozumí uskupení hnacího motoru, dynama a ovládní, včetně regulace.[8]

Statické a dynamické charakteristiky plně elektronických svařovacích zdrojů jsou určovány elektronickými stavebními prvky. Mezi dnes nepoužívanější typy zdrojů pro mobilní účely obloukového svařování patří pro svoje rozsáhlé výhody středofrekvenční usměrňovače (tzv. invertory). Tyto zdroje umožňují zvýšení energetické účinnosti, radikální snížení hmotnosti a rozměru zdroje, zlepšení dynamických a technologických vlastností, stabilitu nastaveného proudu a možnost použití i pro způsoby svařování s ochrannou atmosférou WIG, MIG a MAG.[8]

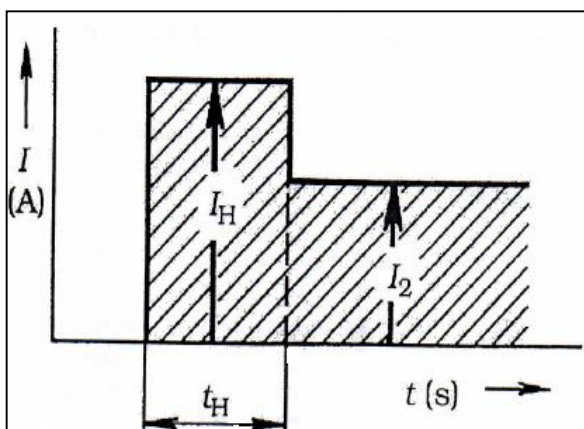
Zvýšení vstupní frekvence 50 Hz ze sítě na 3230 Hz je jediná možná cesta snižování hmotnosti transformátoru. Další zvyšování frekvence, až do 20 kHz umožní rychlé řízení a kontrolu svařovacího procesu. [8]

Jak je patrné podle obrázku 3.8, sklon statické charakteristiky svařovacího zdroje je různý pro různé typy svařování. Proto moderní svařovací zdroje mají možnost nastavení sklonu statických charakteristik. Tato možnost je výhodná, protože zajistí optimální vztah pracovního napětí a svařovacího proudu.[8]



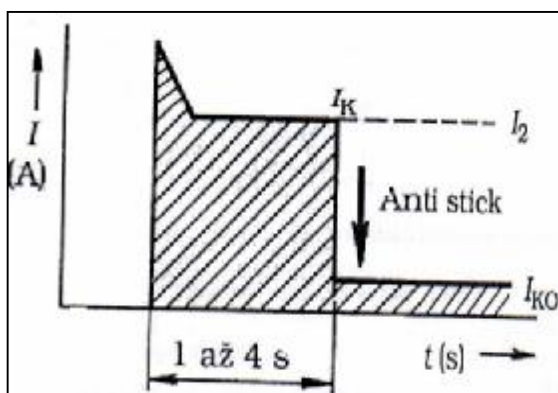
Svařovací zdroje mají další možnosti zlepšování svařovacích vlastností. Jednou z takových možností je např. „horký start“. Toto zařízení umožňuje zvýšení svařovacího proudu na omezený čas při začátku svařování. Po uplynutí tohoto času se automaticky sníží tento svařovací proud, viz. obr. 3.9.. Tím se dosáhne na začátku svařování rychlého ohřátí svařovaného materiálu a zabrání se vzniku studených spojů. [9]

Obr. 3.8 Volitelné statické charakteristiky svařovacího zdroje, kde U_N – normovaná velikost napětí, 1 – konstantní proud, 2,3,4 – klesající proud, 5 – konstantní napětí (MIG,MAG) [8]



Další možností zlepšení svařovacích zdrojů je zařízení nazvané „anti-stick“. Toto zařízení zmenší při zapálení oblouku velikost proudu ve svařovacím obvodu v případě, že zapálení oblouku nenastane okamžitě. Snížení proudu vede k zamezení nepříjemnému lepení elektrod ke svařovanému materiálu, viz obrázek 3.10..

Obr. 3.9 Schématické znázornění „horkého startu“ I_2 - svařovací proud, I_H – horký start, t_H – doba horkého startu (2 až 6 s) [8]



Obr. 3.10 Schéma principu „anti-stick“ zařízení

I_2 - zapalovací zkrat a svařovací proud, I_K - dlouhodobý zkrat, I_{KO} - dlouhodobý zkratový proud [8]

Štítek svařovacích zdrojů pro svařování elektrickým obloukem obsahuje, některé významné údaje. Jedná se především o následující údaje:

- napětí na prázdko,
- pracovní napětí,
- zatěžovatel,
- jmenovitý proud,
- trvalý svařovací proud,
- normalizovaný cyklus ruč. svařování. [8]

Kde zatěžovatel (DZ) znamená poměr doby zatížení zdroje svařovacího proudu k celkové délce pracovního cyklu. Udává se v procentech. Pracovní cyklus zahrnuje takové operace, jako jsou: vlastní svařování, výměna elektrody, oklepání strusky, apod..[8]

Normalizovaný cyklus ručního svařování udává cyklus přerušovaného ručního svařování a vystihuje skutečné poměry při ručním svařování. V našich podmínkách bývá tento cyklus zpravidla 60 % pro ruční obloukové a poloautomatické svařování.[8]

3.3.4 Technologie svařování obalenou elektrodou

Svařování el. obloukem obalenou elektrodou je poměrně jednoduchou metodou svařování jak z hlediska parametrů svařování, tak i z hlediska poloh svařování.[8]

Svařovací proud může svářeč nastavit podle údajů výrobce elektrod (uvedený i ve specifikaci postupu svařování). Svařovací proud je obvykle uváděn v rozsahu použití pro daný průměr elektrody, konkrétní velikost pak závisí na daném svářeči a jeho schopnosti. Teoreticky se k zjištění údajů o velikosti svařovacího proudu může použít následujících empirických údajů:

- pro elektrody s kyselým a rutilovým obalem činí svařovací proud I (A)

$$I = (40 \text{ až } 50) \cdot d \quad (3.3)$$

- pro elektrody s bazickým obalem činí svařovací proud I (A)

$$I = (35 \text{ až } 50) \cdot d \quad (3.4)$$

, kde d [mm] je průměr jádra elektrody.[8]

Napětí na oblouku nemusí svářeč nastavovat a jeho hodnota je dána statickou charakteristikou oblouku.[9]

Při vedení elektrického oblouku a elektrody je třeba postupovat tak, že elektroda je mírně skloněna proti svarové housence, aby roztavená struska nepředbíhala elektrický oblouk a nezpůsobovala struskové vměstky ve svarovém kovu. Délka oblouku má být rovna přibližně průměru jádra elektrody.[8]

Zakončení svarové housenky musí být takovým postupem, aby nedošlo vzniku staženiny v koncovém kráteru. Pro svářeče to znamená, že se musí v koncovém kráteru při odtavení svarového kovu provést ještě zatočení se s obloukem a odtavit

ještě určité množství svarového kovu, aby bylo ještě z čeho dosazovat svarový kov a zabránit tak vzniku staženiny.[8]

3.4 Elektrody pro ruční svařování elektrickým obloukem, volba elektrody pro svařování obvodových svarů potrubí

Pro ruční svařování elektrickým obloukem se jako přídavné materiály používají obalené elektrody. Tyto se skládají z jádra a z obalu elektrody.

Elektrody pro ruční obloukové svařování lze obecně rozdělit podle základního materiálu pro nelegované nízkouhlíkové oceli, nízkolegované oceli, nízkolegované žárovečné oceli, vysokolegované oceli, navařování vrstev se zvláštními vlastnostmi, barevné kovy, šedé litiny, jadernou energetiku a pro zvláštní účely. Stejný nebo obdobný způsob členění používají výrobci přídavných materiálu pro svařování, jako např. katalogy f. ESAB Vamberk.

Dalším důležitým kritériem rozdělení je druh použitého obalu elektrody. Obaly mohou být stabilizační, rutilové, rutil-celulózové, rutil-kyselé, rutil-bazické, tlustostěnně rutilové, kyselé, bazické, celulózové.[8]

Obaly elektrod mají funkce plynotvorné, ionizační a metalurgické. První z uvedených funkcí brání přístupu vzdušného kyslíku a dusíku ke svarové lázni vlivem plynů uvolňujících se při hoření z obalu. Přispívá tedy ke zvýšení plastických vlastností svarového kovu. Ionizační funkce slouží pro usnadnění zapalování a hoření oblouku, např. soli alkalických prvků. Poslední metalurgická funkce přispívá k ochraně před propalem některých prvků při průchodu el. obloukem (zejména Mn, Cr, Si, apod.).[8]

Vyráběné elektrody se dodávají v průměrech drátu [mm] : 1,6, 2,0, 2,5, 3,2, 4,0, 5,0, 6,3, 8,0 a v délkách [mm] 150, 200, 250, 300, 350, 450.

Skladování vyrobených elektrod a jejich sušení je věnovat velkou pozornost, protože důsledné plnění předepsaných požadavků se bezprostředně odráží na kvalitě svarového kovu. Elektrody se skladují v suchých a dobře větraných prostorách. Elektrody se skladují v původních neporušených obalech s nejnižší dovolenou teplotou skladování +10 °C a maximální relativní vlhkostí 50%. Výška uloženého množství může být jen taková, aby se hmotností navršených elektrod neporušovaly spodní vrstvy. Navlhle elektrody je nutno vysušovat podle doporučení výrobce. Hodnoty vlhkostí obalených elektrod podle druhu obalu elektrod jsou uvedeny v tabulce 3-3.[8]

Tabulka 3-3 Hodnoty vlhkosti obalených elektrod [8]

Druh obalu	po delším skladování	po vysušení
Bazický	nad 0,3 %	0,3 %
Kyselý	nad 1,0 %	0,6 až 0,9 %
Rutilový	nad 1,5 %	1,2 až 1,5 %
Speciální	nad 0,5 %	0,3 až 0,5 %

Vlhkost působí i na samotný proces svařování u různých obalů elektrod odlišně. Nejpronikavější vliv vlhkosti se projevuje u obalů bazických. Vlhkost obalu se vyjadřuje koncentrací vodíku ve svarovém kovu v cm³ ve 100 g svarového kovu, někdy také v ml ve 100 g svarového kovu. Rozdělení elektrod podle obsahu vodíku ve svarovém kovu udává tabulka 3-4.[8]

Tabulka 3-4 Rozdělení elektrod podle obsahu vodíku [8]

Velmi malý	do 5 cm³ ve 100 g svarového kovu
Malý	od 5 do 10 cm ³ ve 100 g svarového kovu
Střední	od 10 do 15 cm ³ ve 100 g svarového kovu
Velký	nad 15 cm ³ ve 100 g svarového kovu

Doporučené teploty sušení elektrod s jednotlivými typy obalů jsou dány výrobcem elektrod.

3.4.1 Označování elektrod

Každý výrobce elektrod (Esab, Castolin, Oerlikon a další) volí pro označování elektrod svůj specifický systém. Tato různorodost v obchodním označení jednotlivých výrobců je odstraněna doplňujícím označením elektrod podle klasifikace elektrod v rámci ČSN EN 499 (případně ČSN EN ISO 2560-A založený na původní ČSN EN 499).

Klasifikace obalených elektrod podle ČSN EN 499 je rozdělena na část závaznou (5 údajů) a část nepovinnou (doplňkovou) , která zahrnuje další 3 údaje. Závazná část stanoví povinnost uvádět druh výrobku, pevnost a tažnost, chemické složení a druh obalu. Podle této normy musí být údaje úplné klasifikace uváděny na obalech, propagačních materiálech výrobce. Princip označování obalených elektrod pro ruční obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí dle ČSN EN 499 je popsán v příloze 5 této práce.

Elektrody musí splňovat požadavky na mechanické vlastnosti svarového kovu a současně musí mít odpovídající operativní vlastnosti. Mezi operativní vlastnosti elektrod patří především:

- vhodnost elektrody pro různé pracovní polohy
- ovladatelnost elektrod v těchto pracovních podmínkách,
- způsob odtavování elektrod a přechod kovu do lázně,
- vlastnosti a množství strusky a další.[8]

3.4.2 Volba typu elektrody pro svařování obvodových svarů na ropovodu

Volba konkrétního typu svařovací elektrody je dána nabídkou v katalogu výrobce elektrod (použit katalog výrobce svařovacích přídatných materiálů ESAB Vamberk, s. r. o.. [9]).

Svařovací elektrody jsou v tomto katalogu rozříděny do skupin podle základního materiálu. Při výběru vhodné elektrody je základním pravidlem kvalita svarového kovu, která musí být ekvivalentní nebo vyšší než základní materiál. Poloha a typ svarového spoje, tloušťka svařovaného materiálu, způsob zatížení, vnější pracovní podmínky apod. jsou dalšími faktory, které mají vliv na výběr vhodného přídatného materiálu. Typ obalu elektrody má vliv jak na kvalitu svarového kovu (legování, rafinace, vzhled svarové housenky, tak i na operativní vlastnosti při svařování.[9]

Navržená elektroda v obchodním označení výrobce OK 48.00 (označení dle ČSN EN 499 - E 42 4 B 42 H5) v rámci návrhu specifikace postupu svařování, je nejrozšířenější bazická elektroda pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných

ocelí pro svařování základních konstrukčních a potrubních ocelí od minimální meze kluzu (Re) 235 MPa až do hodnoty minimální meze kluzu (Re) 420 MPa. Tyto rozsahy pevností odpovídají zjištěným jakostem ocelí použitým při výstavbě ropovodu (maximálně však Re=360 MPa), přičemž je zajištěna tímto přídavným materiálem vyšší pevnostní kvalita oproti základnímu materiálu. Čistý svarový kov poskytnutý touto elektrodou má podle údajů výrobce typickou hodnotu dolní meze kluzu 445 MPa.[9]

Tato elektroda je dále použitelná pro všechny polohy svařování s výjimkou polohy shora dolů - PG. Navrhnutý postup polohy svařování proto musí být, pro svislý svar na vodorovné trubce zdola nahoru - PF, případně použitelná i pro jiné polohy dle sklonu potrubí, ovšem vždy k vrcholu svaru nahoru.[9]

Bazický obal elektrody se sníženou navlhavostí poskytuje houževnatý svarový kov (tažnost $A_5 = 29\%$ a nárazovou práci 140 J při teplotě $-20\text{ }^\circ\text{C}$) odolný proti praskavosti s nízkým obsahem vodíku (pod 5 ml/100 g svarového kovu).[9]

Obecně svarový kov vyvařený bazickou elektrodou obsahuje nízký obsah difúzního vodíku, což má vliv na dobrou vrubovou houževnatost při snížených teplotách a sníženou náchylnost za tepla i za studena v porovnání s ostatními typy obalů. Ve stejném srovnání dává bazický obal elektrody podstatně vyšší rychlost a tím i výkon navaření především v poloze zdola nahoru. Struska má poněkud horší odstranitelnost z povrchu svaru než struska z kyselého nebo rutinového obalu elektrody, ale odstranitelnost může být stejně charakterizována jako snadná. Obal je citlivý na vlhkost a je nutno respektovat doporučení k uskladnění a přesušování před použitím. Elektrody s bazickým obalem a nízkonavlhovou úpravou jsou v současné době nejpoužívanějším typem elektrod pro náročné aplikace, např. výrobu tlakových nádob apod.[9]

Elektrody s bazickým obalem, které se připojují na + pól stejnosměrného proudu.[9]

3.5 Návrhová specifikace postupu svařování

Protokol o kvalifikaci postupu svařování - WPQR se vydává na základě vyhovujících výsledků provedených nedestruktivních kontrol a destruktivních zkoušek na zkušebním svarovém spoji, zhotoveném dle návrhové specifikace postupu svařování.

3.5.1 Parametry základních materiálů (trubek) a podmínky svařování v rámci návrhové specifikace postupu svařování

Volba parametrů základního materiálu pro zkušební svar na trubce (průměr D a tloušťka stěny t) se volí tak, aby rozsah použití pro jiné průměry a jiné tloušťky byl dle potřeb montážních činností co nejrozsáhlejší.

Ke zkušebnímu svaření pro účely nedestruktivních prohlídek a destruktivních zkoušek byly použity dvě části potrubí DN 200 (vnější průměr 219,1 mm a tloušťka 12,5 mm) z materiálu dle ČSN 11 503.1 .

Rozsah kvalifikace postupu svařování ke zkušebním rozměrům svarových spojů dle ČSN EN 15 614 – 1 je rozmezí použití tloušťek **od 6,25 mm do 25 mm** pro tloušťku trubky 12,5 mm. Pro zkušební průměr 219,1 mm je to rozmezí **od 109,5 mm a výše**. (viz tabulka 2-1 – Rozměry svarových spojů, kapitola 2.2).

Navrhnuté zkušební svařovací podmínky podle ČSN EN 15614 - 1 při přípravě a provádění zkušebního svaru, jako metoda svařování (111 - ruční obloukové

svařování), základní materiál (11 503.1 dle ČSN - stejná skupina spojovaných materiálů dle svažitelnosti), druh svarového spoje (tupý svar na trubce včetně přípoje odboček $\geq 60^\circ$), přídatný materiál – elektroda (E 42 4B 42 H5) , použité průměry elektrody při zkoušce (2,5 a 3,2 mm) , polarita a druh proudu odpovídají podmínkám opakovatelnosti v dalších specifikacích postupu svařování, které se na základě vyhovujících zkoušek podle návrhové WPS zhotovují a tím i ověřují.

Po konzultaci se svářecím technologem byla navržena tato předmětná část WPS pro provedení zkušební svaru v poloze PF - svislý směr svařování zdola: nahoru:

PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY (PM) / WELDING CONSUMABLES (WC)					
Index PM WC Index	Typ Type	Norma: Označení Standard: Classification	Značka (obchodní název) Trade mark	Výrobce Producer	Režim sušení Drying regime
A	obalená elektroda	EN ISO 2560-A: E 42 4B 42 H5	OK 48.00	Esab	100°C 1hod+ 300° C 2hod
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-

PODROBNOSTI O PRŮBĚHU SVAŘOVÁNÍ / DETAILS OF WELDING	
SCHÉMA SPOJE / JOINT DESIGN	POSTUP SVAŘOVÁNÍ / WELDING SEQUENCE

PARAMETRY SVAŘOVÁNÍ / WELDING DATA									
Vrstva/ housenka Layer/ Run	Metoda svařování Welding process	Index PM WC Index	Rozměr PM WC Size (mm)	Druh proudu/polarita Type of current/Polarity	Proud Current (A)	Napětí Voltage (V)	Postupová rychlost Travel speed (mm·s ⁻¹)	Způsob přenosu kovu Weld metal transfer	Teplotný příkon Heat input (kJ·mm ⁻¹)
1	111	A	2,5	=/+	65-70	-	-	-	-
2	111	A	2,5	=/+	75-85	-	-	-	-
3	111	A	3,2	=/+	110-120	-	-	-	-
4	111	A	3,2	=/+	100-110	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Další informace:
Other information: Svařovací zdroj: -

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ (TZ) / HEAT TREATMENT (HT)	
PŘI SVAŘOVÁNÍ / DURING WELDING	PO SVAŘOVÁNÍ / POSTWELDING (PWHT)
Teplota předehřevu (°C): Preheat Temperature (°C):	Rychlost ohřevu (°C/min): Heating rate (°C/min):
Teplota interpass (°C): Interpass Temperature (°C):	Výdrž: Teplota (°C) / Čas (min): Holding: Temp. (°C) / Time (min):
Dohřev: Teplota (°C) / Čas (min): Post-Heat: Temp. (°C) / Time (min):	Rychlost ochlazování (°C/min): Cooling rate (°C/min):
Další informace: Other information:	Další informace: Other information:

Schéma spoje obsahuje náčrt tvaru svaru (tupé svarové spoje pro spojování potrubí podle normy ČSN EN 12 732 [4] a literatury [5]). Přičemž při výběru konkrétního typu pro ruční obloukové svařování dle ČSN EN 29 692 je nutné brát v úvahu nejen tloušťku spojovaných materiálu, ale omezení na provedení svaru pouze z jedné strany bez podložení při opravě potrubí vsazováním nové části.

Tabulková část WPS s parametry pro svařování obsahuje rozdělení postupu svařování na jednotlivé vrstvy, svařuje se zde na 4 vrstvy. Průměry elektrody 2,5 mm (1 a 2 vrstva – odpovídající volba dle rozměru kořenové mezery) a další vrstvy průměrem 3,2 mm (obvykle se volí průměry pro výplňové vrstvy do 4 mm maximálně dle literatury [6]). Svařovací proudy a polarita jsou voleny v rozsahu podle doporučení výrobce elektrod (viz. příloha 6 – katalogový list elektrody OK 48.00).

Dále dle doporučení svářečského technologa bylo provedeno kontrolní hodnocení na nutnost předehřevu před začátkem svařování (kořenová vrstva) pro účely eliminace vzniku studených trhlin.

3.5.2 Stanovení teploty předehřevu pro účely eliminace vodíkových trhlin podle normy ČSN EN 1011-2 Svařování – Doporučení pro svařování kovových materiálů. Část 2 – obloukové svařování feritických C – Mn ocelí [10]

Stanovení nutnosti předehřevu je součástí přílohy C (metoda A) dle této normy. [10]

Výskyt vodíkového praskání je závislý na mnoha faktorech: chemickém složení oceli, metodě svařování, přídatných svařovacích materiálech a působícím napětí. Jestliže je ve spojitosti se svařováním doba ochlazování z 800 na 500°C příliš krátká, může dojít v TOO ke značnému vytvrzení. Pokud překračuje obsah vodíku ve svaru kritickou hodnotu, pak může vytvrzená oblast samovolně prasknout vlivem zbytkového napětí poté, kdy svar vychladl na teplotu blízkou okolí. Pro eliminaci vzniku trhlin lze zvolit takové podmínky svařování, které zajistí dostatečně pomalé ochlazování tepelně ovlivněné oblasti (dostatečný efektivní tepelný příkon [kJ/mm]), a to řízením rozměrů housenky v závislosti na tloušťce materiálu. Podobné úvahy platí pro vodíkové praskání ve svarovém kovu, kde ačkoli bude vytvrzení na nižší úrovni, skutečné hodnoty vodíku a napětí budou pravděpodobně vyšší než v TOO. Všeobecně platí, že zvolená metoda svařování pro eliminaci vodíkového praskání v TOO také eliminuje praskání ve svarovém kovu. [10]

Základní materiál

Stanovení bezpečných, ale ekonomických hodnot předehřevu proti vodíkovému praskání je kriticky závislý na přesném poznání chemického složení základního materiálu a jeho uhlíkového ekvivalentu CE . Hodnoty uhlíkového ekvivalentu (CE) pro základní materiál (C od 0,5 až 0,25 hm.%) jsou vypočítávány podle vzorce (3.1) v kapitole 3.2.1. [10]

Výpočet hodnoty uhlíkového ekvivalentu je pak pro spojovaný základním materiál dle ČSN 11 503 v návrhové specifikaci postupu svařování:

$$CE = 0,22 + \frac{1,4}{6} + \frac{0,23}{5} + \frac{0,23 + 0,23}{15} \approx 0,53 \quad [3.5]$$

,kde jsou brány pro výpočet dle normy ČSN 42 0074 – *Oceli konstrukčních tříd 10 10-17* [11] maximální možné hodnoty obsahu prvků ovlivňujících velikost uhlíkového ekvivalentu u hotových výrobků, přičemž hmotnostní obsahy Mo a V norma neuvádí.

Výběr stupně obsahu vodíku

Tabulka 3–5 Stupně obsahu vodíku [10]

Obsah difúzního vodíku (ml/100 g svarového kovu)	Stupně obsahu vodíku
> 15	A
10 ≤ 15	B
5 ≤ 10	C
3 ≤ 5	D
≤ 3	E

Výběr stupně obsahu vodíku je dán pro různé metody svařování. U bazických elektrod pro ruční obloukové svařování lze použít stupně B až D podle tabulky 3-5, v závislosti na zařazení výrobcem přídavných materiálů.[10]

Vybraná elektroda OK 48.00/ E 42 4 B 42 H5 obsahuje podle údajů výrobce méně než 5 ml na 100 g

svarového kovu a je tudíž zařazena do stupně D podle tabulky 3-5.

Kombinovaná tloušťka

Kombinovaná tloušťka má být stanovena jako součet průměrných tloušťek základních materiálů do vzdálenosti 75 mm od svarové hrany. Kombinovaná tloušťka se používá k hodnocení odvodu tepla ze spoje pro účely stanovení rychlosti ochlazování.[10]

Pro případ zkušební svařování je tloušťka materiálu obou spojovaných trubek 12,5 mm, tzn. kombinovaná tloušťka daná jejich součtem je 25 mm.

Vnesené teplo

Hodnota tepelného příkonu [kJ/mm] má být pro použití vypočítána dle vztahu:

$$Q_s = \frac{h \cdot U \cdot I}{10^3 \cdot v} \quad [\text{kJ/mm}] \quad (3.6)$$

, kde η je koeficient účinnosti svařování (ruční obloukové svařování bazickou elektrodou $\approx 0,85$), U svařovací napětí [V] (23 V dle výkonových parametrů použité elektrody), I svařovací proud [A] (70 A dle volby v návrhové WPS s ohledem na doporučení výrobce pro daný průměr) a v je svařovací rychlost [mm/s] (1 až 1,5 mm/s dle informací a zkušeností provádějících svářečů ze skutečné praxe na obvodových svarech). Z hlediska výpočtu je volena vyšší hodnota rychlosti vzhledem k menší výsledné hodnotě tepelného příkonu jako více nepříznivého vlivu z hlediska požadavku předehřevu.

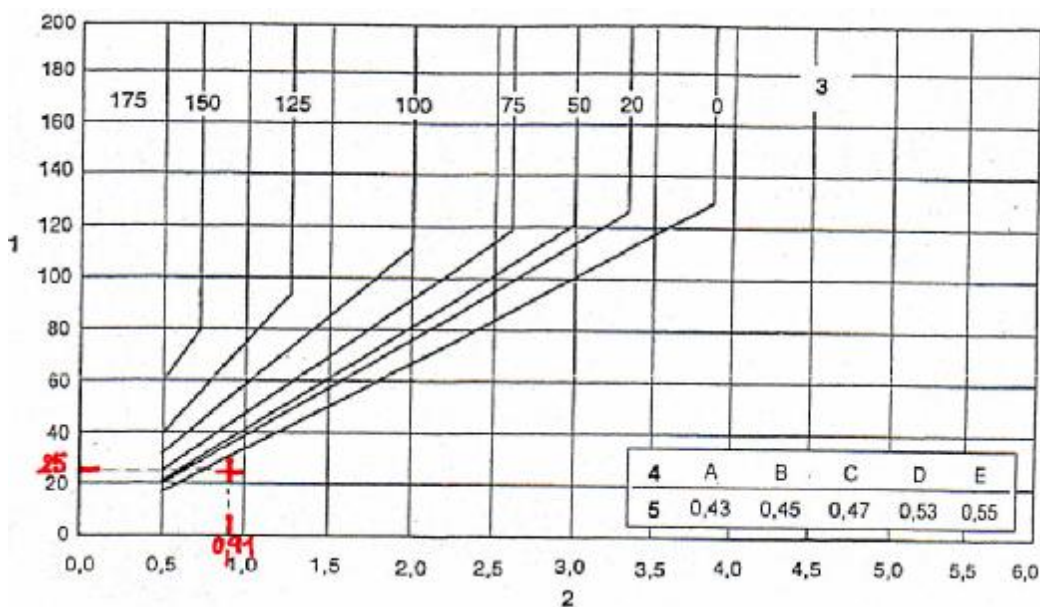
Konkrétní výsledná hodnota tepelného příkonu podle vzorce (3.6) je pak:

$$Q_s = \frac{0,85 \cdot 23 \cdot 70}{10^3 \cdot 1,5} = 0,91 \quad [\text{kJ/mm}] \quad (3.7)$$

Podmínky pro svařování ocelí s definovanými uhlíkovými ekvivalenty

Celkový vliv výskytu vodíkových trhlin (nutnost předehřevu) ve spojitosti se svařováním je podle této normy určen zahrnutím vypočtených údajů (tepelný příkon, kombinovaná tloušťka) do příslušného grafu podle velikosti uhlíkového ekvivalentu pro příslušný stupeň obsahu vodíku.[10]

Na obrázku 3.11 je znázorněn příslušný graf odpovídající zjištěné hodnotě uhlíkového ekvivalentu ($CE = 0,53$) pro stupeň obsahu vodíku D. Na tomto obrázku je také vyznačený bod jako průsečík hodnoty určené kombinované tloušťky [mm] (svislá osa) a hodnoty vypočteného tepelného příkonu [kJ/mm].[10]



Legenda: 1 Kombinovaná tloušťka [mm], 2 Tepelný příkon [kJ/mm], 3 Minimální teplota přehřevu [°C], 4 Stupeň obsahu vodíku, 5 Použitelné pro hodnoty uhlíkového ekvivalentu nepřevyšující

Obr. 3.11 Podmínky pro svařování ocelí s definovanými uhlíkovými ekvivalenty- grafické vyjádření

Teplota přehřevu, která má být použita, je získána odečtením z té čáry přehřevu, která je bezprostředně nejbližší směrem nahoru nebo vlevo od bodu stanoveného souřadnicemi tepelného příkonu a kombinované tloušťky (**zjištěná teplota přehřevu 0°C**).[10]

Pro vícevrstvé svary se často používá doporučená minimální teplota interpass shodná se zjištěnou teplotou přehřevu (nejsou nutná také žádná opatření vzhledem k zjištěné teplotě přehřevu).[10]

3.6 Ověřování postupu svařování dle požadavku ČSN EN ISO 15 614-1

Na základě zhotovení zkušebního svaru podle návrhové WPS dne 8.10. 2007, zajistila inspekční a certifikační organizace *DOM – ZO 13, s. r. o., Technická inspekce IO, Česká Třebová* provedení kontrol a zkoušek dle požadavku uvedené normy.

Na obvodovém zkušebním svaru DN 200 s označením 72 byly provedeny tyto prohlídky a zkoušky:

- vizuální kontrola
- radiografická kontrola
- Zkouška na povrchové trhliny nedestruktivní část
- Příčná zkouška tahem
- Zkouška lámavosti
- Zkouška rázem v ohybu

- *Zkouška tvrdosti*
- Makroskopická kontrola destruktivní část

Nejdříve byly provedeny nedestruktivní kontroly na celkové délce obvodového svaru a poté destruktivní zkoušky včetně makroskopické kontroly pomocí odebraných vzorků svarového kovu se základním materiálem.

Výsledky provedených zkoušek poskytují komplexní informace o jakosti provedeného zkušební svaru na základě návrhu svařování.

3.6.1 Vizuální kontrola, výsledek provedené kontroly

Vizuální kontrola je nejjednodušší nedestruktivní kontrolou. Při přímé kontrole pomocí lupy, měrky svarů, svinovacího metru, posuvného měřítka a přídavného světla se kontroluje zejména tvar a rozměry svaru (převýšení svaru, proláklina, přechod do základního materiálu bez zápalů apod.), kořen svaru (převýšení, viditelné neprovaření, vruby), povrch svaru a jeho úprava a čištění. Výsledkem kontroly je stanovení přípustnosti vad podle stupně jakosti, který je dán normou. Norma ČSN ISO 5817 *Svařování – Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (mimo elektronového a laserového svařování) – Určování stupňů jakosti* [12] udává popis jakosti svaru na základě druhu a velikosti vybraných vad. Mezní hodnoty vad jsou rozděleny do 3 stupňů B, C, D, přičemž stupeň B odpovídá nejpřísnějšímu charakteru vyhodnocení a stupeň D naopak nejbenevolentnějšímu stupni přípustnosti. To znamená, že vady zjištěné přímou kontrolou podle svého charakteru se nemohou vůbec vyskytovat pro daný stupeň jakosti nebo musí mít maximální rozměry dané tímto stupněm.

Přímá vizuální kontrola prováděná po skončení svařečských prací při opravách by měla minimálně odpovídat jakosti dané výsledkem této nedestruktivní zkoušky a výsledek této zkoušky určený stupněm jakosti je akceptován a požadován při opravách.

Výsledek provedené zkoušky na 100% délky svarů je vyhovující stupni jakosti B/C podle ČSN EN ISO 5817 (viz Protokol o vizuální kontrole svaru – příloha 7).

3.6.2 Radiografická kontrola, výsledek provedené kontroly

Radiografie je nejrozšířenější metodou kontroly prozařováním (další jsou radioskopie a radiometrie). Je založena na principu zachycení účinku prošlého záření kontrolovaným předmětem na speciální fotografický film, čímž se získá trvalý záznam obrazu vnitřních nehomogenit (vad) výrobku tzv. radiogram. Výhodou této metody je získání dokumentárního radiogramu v podobě stínového obrazu s dobrou rozlišitelností vad (lepší než u metody radioskopické), který lze archivovat. Naproti tomu nevýhodou je, že radiogram je možno hodnotit až za určitou dobu, nutnou pro zpracování filmu v temné komoře, což kontrolu prodlužuje.[4]

Před prozařováním je nutno s povrchu svaru a jeho nejbližšího okolí odstranit hrubé nečistoty, okuje, rozstřik svarového kovu eventuálně jiné nepravidelnosti, které by mohly nepříznivě ovlivnit svým zobrazením hodnocení radiogramu. Ve zvláštních případech je vhodné odstranit i nadměrnou drsnost povrchu.[4]

Hodnocení svaru podle radiogramu se obecně rozumí určením druhu, velikosti, četnosti a vzájemné polohy vad ve svaru, zobrazených na radiogramu. Závěrem hodnocení je určen stupeň jakosti, tzv. klasifikačního stupně. Pro případ předem

daného stupně jakosti je výsledkem dodržení tohoto stupně, případně nedodržení dané úrovně. [4]

Metodicky se vyhodnocování vad ve svarech zobrazených na radiogramu provádí dle příslušných norem. Vyhodnocování radiogramů a určení klasifikačního stupně svaru vyžaduje jednak zkušenosti ve čtení radiogramů a také určité znalosti svařování. Proto vyhodnocování radiogramů mohou provádět pouze pracovníci s potřebnou kvalifikací a certifikací v nedestruktivním zkoušení prozařováním ve stupni 2 nebo 3. [4]

Přístup ke stanovování přípustnosti svarů je předmětem normy ČSN EN 12 517-1 *Hodnocení svarových spojů u oceli, niklu, titanu a jejich slitin při radiografickém zkoušení - Stupně přípustnosti* [13]. Tato norma je v návaznosti s normou ČSN EN ISO 5817 [12], která neuvažuje pro hodnocení žádný definovaný úsek a požaduje hodnotit každou vadu samostatně na celém svaru. Norma ČSN EN ISO 5817 také neobsahuje žádné podrobnosti o doporučených postupech pro zjištění a pro určení velikosti vad (nepravidelností), a proto potřebuje prováděcí, kontrolní a zkušební požadavky. [4]

Tabulka 3-6 Návaznost uvedených norem [13]

Stupeň jakosti podle EN ISO 5817	Technika a třída zkoušení podle EN 1435	Stupeň přípustnosti podle EN 12517
B	B	1
C	B ^a	2
D	A	3

^a Minimální počet radiogramů při zkoušení obvodových svarů smí však odpovídat požadavkům třídy A podle EN 1435.

Teprve kombinace tří norem ČSN EN 5817, ČSN EN 1435 a především ČSN EN 12 517 – 1 umožní hodnocení svarů dle radiogramů. Norma ČSN EN 1435 je prováděcí norma radiografické-

ho zkoušení svarových spojů. [4]

Tabulka 3-7 – Stupně přípustnosti pro vnitřní indikace u tupých svarů při radiografickém zkoušení [13]

Číslo	Druh vnitřních vad podle EN ISO 6520-1	Stupeň přípustnosti 3 ^a	Stupeň přípustnosti 2 ^a	Stupeň přípustnosti 1
1	Trhlina (100)	Nepřípustné	Nepřípustné	Nepřípustné
2a	Rovnoměrná pórovitost a bublina (2012, 2011) Jedna vrstva	$A \leq 2,5 \%$ $d \leq 0,4 \text{ s, max. } 5 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 1,5 \%$ $d \leq 0,3 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 1 \%$ $d \leq 0,2 \text{ s, max. } 3 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$
2b	Rovnoměrná pórovitost a bublina (2012, 2011) Více vrstev	$A \leq 5 \%$ $d \leq 0,4 \text{ s, max. } 5 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 3 \%$ $d \leq 0,3 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 2 \%$ $d \leq 0,2 \text{ s, max. } 3 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$
3 ^b	Shluk pórů (2013)	$A \leq 16 \%$ $d \leq 0,4 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 8 \%$ $d \leq 0,3 \text{ s, max. } 3 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 4 \%$ $d \leq 0,2 \text{ s, max. } 2 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$
4a ^c	Řádek pórů (2014) Jedna vrstva	$A \leq 8 \%$ $d \leq 0,4 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 4 \%$ $d \leq 0,3 \text{ s, max. } 3 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 2 \%$ $d \leq 0,2 \text{ s, max. } 2 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$
4b ^c	Řádek pórů (2014) Více vrstev	$A \leq 16 \%$ $d \leq 0,4 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 8 \%$ $d \leq 0,3 \text{ s, max. } 3 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$A \leq 4 \%$ $d \leq 0,2 \text{ s, max. } 2 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$
5 ^d	Protáhlý pór (2015) a červovitý pór (2016)	$h < 0,4 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $\Sigma l \leq \text{s, max. } 75 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$h < 0,3 \text{ s, max. } 3 \text{ mm}$ $\Sigma l \leq \text{s, max. } 50 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$	$h < 0,2 \text{ s, max. } 2 \text{ mm}$ $\Sigma l \leq \text{s, max. } 25 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ mm}$
6 ^e	Staženina (202) (kromě kráterové staženiny)	$h < 0,4 \text{ s, max. } 4 \text{ mm}$ $l \leq 25 \text{ mm}$	Nepřípustné	Nepřípustné

dokončení

Číslo	Druhy vnitřních vad podle EN ISO 6520-1	Stupeň přípustnosti 3 ^a	Stupeň přípustnosti 2 ^a	Stupeň přípustnosti 1
7	Kráterová staženina (2024)	$h < 0,2 t$, max. 2 mm $l \leq 0,2 t$, max. 2 mm	Nepřípustné	Nepřípustné
8 ^d	Struskový vměstek (301) tavidlový vměstek (302) a oxidický vměstek (303)	$h < 0,4 s$, max. 4 mm $\Sigma l \leq s$, max. 75 mm $L = 100$ mm	$h < 0,3 s$, max. 3 mm $\Sigma l \leq s$, max. 50 mm $L = 100$ mm	$h < 0,2 s$, max. 2 mm $\Sigma l \leq s$, max. 25 mm $L = 100$ mm
9	Kovové vměstky (304) (kromě mědi)	$l \leq 0,4 s$, max. 4 mm	$l \leq 0,3 s$, max. 3 mm	$l \leq 0,2 s$, max. 2 mm
10	Měděný vměstek (3042)	Nepřípustné	Nepřípustné	Nepřípustné
11 ^e	Studený spoj (401)	Přípustné, ale jen přerušovaný a nevystupující na povrch $\Sigma l \leq 25$ mm, $L = 100$ mm	Nepřípustné	Nepřípustné
12 ^e	Neprůvar (402)	$\Sigma l \leq 25$ mm, $L = 100$ mm	Nepřípustné	Nepřípustné

^a Stupeň přípustnosti 3 a 2 může být označen připojeným znakem X, který udává, že všechny indikace přesahující 25 mm jsou nepřípustné.
^b Viz příloha C, obrázek C.1 a obrázek C.2 (normativní).
^c Viz příloha C, obrázek C.3 a obrázek C.4 (normativní).
^d Viz příloha C, obrázek C.5 a obrázek C.6 (normativní).
^e Pokud je délka svaru menší než 100 mm, nesmí maximální délka indikace překročit 25 % délky svaru.

Legenda k tabulce: l – délka indikace [mm], s – jmenovitá tloušťka tupého svaru [mm], t – tloušťka materiálu [mm], L – jakákoliv zkoušená délka 100 mm [mm], w_p – šířka svaru nebo příčný řez vadou [mm], h – šířka indikace, šířka nebo výška povrchové vady [mm], d – průměr póru [mm], b – šířka převýšení kořene svaru [mm], A – součet promítnutých ploch indikací vztažených na $L \times w_p$ v %, Σl – součet délek vad na úseku L [mm]. Indikace nesmí být rozděleny do různých úseků L .

Jakostní požadavek byl v rámci výsledku radiografické zkoušky svaru splněn pro nejpřísnější stupeň přípustnosti 1, kde podle protokolu o výsledku radiografického zkoušení (viz. příloha 8) se nacházely pouze drobné indikace (bublina, hubený kořen) ovšem v rámci přípustnosti pro daný stupeň jakosti.

V podmínkách radiografického ověřování svarů po provedení oprav v montážních podmínkách (100 % kontrola) je vyžadován mírnější stupeň přípustnosti 2.

3.6.3 Zkouška na povrchové trhliny, výsledek provedené zkoušky

K zjištění povrchových necelistvostí se používá penetrační metody (kapilární). Vzhledem k fyzikálnímu principu penetračních zkoušek lze jimi zjišťovat pouze vady, které bezprostředně souvisí s povrchem zkoušeného součásti (svaru) a jsou na povrchu otevřené, aby do nich mohla vniknout detekční kapalina. Při kontrole svarových spojů jde příkladně o zjišťování povrchových trhlín. Zjištění uzavřených (nebo dokonce vnitřních) vad touto metodou není možné.[4]

Podstatou penetračních metod je použití vhodné, kapilárně aktivní (tj. o nízkém povrchovém napětí) kapaliny, která pronikne při nanesení do necelistvostí (vad). Po odstranění jejího přebytku s povrchu zkoušeného předmětu vzlíná kapalina z necelistvostí vlivem kapilárních sil do nanesené vývojky, takže se necelistvosti zviditelňují.[4]

K provedené kapilární zkoušce byla použita metoda barevné indikace, tzn. že přítomnost vady se projeví vznikem kontrastní barevné indikace. Vyhodnocování bylo

provedeno při bílém světle o intenzitě více jak 1000 lx. Výsledkem provedeného vyhodnocení bylo zjištění nepřítomnosti žádných indikací (povrchových trhlin) na celé délce svaru (rozsah 100%) viz. příloha č. 9 - Protokol o provedené kapilární zkoušce.

Zkouška na povrchové trhliny se obvykle neprovádí v rámci kontrol provedených svarů při opravách (pouze vizuální a radiografická).

3.6.4 Příčná zkouška tahem, výsledek provedené zkoušky

Zkoušení svarových spojů zkouškou v tahu představuje zvláštní specifiku základní tahové zkoušky. Orientace zatížení při zkoušce je většinou kolmá k podélné ose svaru. Vzhledem k heterogenitě svarového spoje je tato zkouška většinou považována za informativní s nutností definice místa porušení (lomu) na zkušebním tělísku. Ze stejných důvodů se běžně vyhodnocuje u této zkoušky pouze hodnota Rm (mez pevnosti).[2]

Zkouška byla provedena dle údajů výstupního protokolu (příloha 10 – Protokol o zkoušce tahem) na dvou odebraných vzorcích. Rozměry vzorků byly shodné - 13,2 x 25,2 x 80 mm. Po provedení zkoušky tahem byly zjištěné hodnoty meze pevnosti Rm 508 MPa (vzorek 72-A) a 510 MPa (vzorek 72-B). Místem porušení v obou případech byl základní materiál. Výsledek zkoušky vyhovuje požadované pevnosti Rm 490 – 630 MPa pro daný základní materiál při dané teplotě, zároveň znamená vyšší pevnost v tahu svarového kovu.

Tab. 3-8 Výsledné hodnoty z příčné zkoušky tahem

Název zkoušky: PŘÍČNÁ ZKOUŠKA TAHEM / TRANSVERSE WELD TENSILE TEST							
Prováděcí předpis: ČSN EN 895				Protokol (vystavil: č.): Qualitest s.r.o. Pardubice			
Požadavek dle: ČSN 41 1503: 11 503.1				Výsledek zkoušky: Vyhovující / Acceptable			
Vzorek Specimen	Teplota Temperature (°C)	Průřez Cross section (mm ²)	Re (N.mm ⁻²)	Rm (N.mm ⁻²)	A (%)	Z (%)	Místo porušení Fracture location
Kritérium: Criteria:	23±5	-	-	490-630	-	-	-
72-A	23±5	-	-	508	-	-	ZM
72-B	23±5	-	-	510	-	-	ZM
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

3.6.5 Zkouška lámavosti, výsledek provedené zkoušky

Zkouška lámavosti se používá zejména pro zkoušení deformační schopnosti tupých svarových spojů za studena. Jejím principem je ohnutí ploché tyče o tloušťce zkoušeného svaru t okolo trnu do předepsaného úhlu ohybu. Průměr trnu je předepsán podle tloušťky a pevnosti zkoušeného materiálu. Běžně jsou používány průměry trnů 2 až 4 t, kritériem odolnosti při zkoušce lámavosti je dosažení předepsaného úhlu ohybu bez vzniku trhlin, nebo vznik první trhliny na tažené straně tyče s registrací dosaženého úhlu. Za plně vyhovující je považováno dosažení úhlu ramen 180°, tj. jejich rovnoběžnost při neporušení celistvosti materiálu.[2]

Výsledkem provedené zkoušky bočním ohybem na čtyřech vzorcích (se svarem napříč) bylo dosažení maximálního úhlu ohybu 180° bez porušení (vady).

Zkouška byla provedena zkušebním trnem o průměru 40 mm a vzdálenost podpěr byla 70 mm. Protokol o zkoušce lámavosti viz. příloha 11.

Tabulka 3-9 Výsledné údaje ze zkoušky lámavosti

Název zkoušky: ZKOUŠKA LÁMAVOSTI / BEND TEST						
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 910			Protokol (vystavil: č.): Qualitest s.r.o. Pardubice Protocol (issued by: No): protokol č 471			
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN EN ISO 15614-1			Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable			
Vzorek Specimen	Teplota Temperature (°C)	Ø trnu Former (mm)	Úhel ohybu Bending angle (°)	Tažená strana Bending side	Výsledek Result	Poznámky Remarks
Kritérium: Criteria:	23±5	40(4t)	180	-	-	
72-1	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady
72-2	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady
72-3	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady
72-4	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady

3.6.6 Zkouška rázem v ohybu, výsledek provedené zkoušky

Jedná se o zkoušku simulující schopnost testovaného materiálu odolávat křehkému porušení. Zkouška se provádí na normovaném tělísku o rozměrech 10 x 10 x 55 mm, které má v příčném směru vyroben vrub modelující apriorní trhlinu v materiálu. U kořene vrubu je při vlastním rázovém zatížení vyvolána tahová napjatost představující nejméně příznivé napěťové poměry.[2]

Standardně se používají tři typy definovaných rozměrů vrubů ve tvaru U (hloubka vrubu 2 a 3 mm) a V (hloubka vrubu 2 mm).[2]

Vlastní zkouška se provádí na tzv. Charpyho kladivu, kdy proti uchycenému vzorku do opačné strany než je vyroben vrub, udeří břit kladiva o definované hmotnosti. Rázová energie zachycená vzorkem vede k jeho destrukci. Její velikost je kritériem schopnosti odolávat křehkému porušení. Zásadně se při standardním vzorku udává údaj buď nárazové práce k danému typu vrubu v [J] nebo případně po jejím podělení nosným průřezem vzorků pod vrubem v [J/cm²]. Požadavek vrubové houževnatosti je kontrolován na minimální požadovanou hodnotou nárazové práce při teplotních podmínkách, kterým má základní materiál se svarem odolávat.[2]

Nejmenší rázová energie u oceli s minimální mezí kluzu menší nebo rovnou 360 MPa má být průměrná hodnota 27 [J], přičemž jednotlivá hodnota může být nejméně 20 [J].[3]

V rámci provedené zkoušky na vzorcích s V-vrubem (se svarem napříč) byly zjištěné jednotlivé hodnoty vícenásobně vyšší než daná minimální průměrná hodnota. Nejnižší zjištěná hodnota nárazové práce při teplotě – 20°C s vrubem ve svarovém kovu byla 81 [J], což odpovídá trojnásobku hodnoty 27 [J]. Ostatní jednotlivé hodnoty (celkem 6 destrukcí) byly ještě významně vyšší, zejména pro vzorky se 72-2 viz. podle tabulky 3-10, kompletní Protokol o zkoušce rázem v ohybu viz. příloha 12.

Tabulka 3-10 Výstupní údaje ze zkoušky rázem v ohybu

Název zkoušky: ZKOUŠKA RÁZEM V OHYBU / IMPACT TEST							
Test:							
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 875			Protokol (vystavil: č.): Qualitest s.r.o. Pardubice Protocol (issued by: No): protokol č 471				
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN 41 1503: 11 503.1			Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable				
Vzorek Specimen	Teplota Temperature (°C)	Umístění vrubu Notch location	Jednotlivé hodnoty Individual values (J)			Průměr Average (J)	Poznámky Remarks
Kritérium: Criteria:	-20	-	-	-	-	min.27	
72-1	-20	VWT 0/2	132	81	93	102	-
72-2	-20	VHT 2/2	181	189	178	183	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

3.6.7 Zkouška tvrdosti podle Vickerse - HV, výsledek provedené zkoušky

Při svařování uhlíkových ocelí se musí počítat s tím, že uhlík v TOO způsobuje zvýšení tvrdosti, současně snižuje plasticitu, takže vzniklá vnitřní prnutí mohou vést ke vzniku trhlin. Z tohoto důvodu je prováděna zkouška tvrdosti.[2]

Pro měření tvrdosti ve svarových spojích je podle prováděcí normy ČSN EN 1043 – 1 předepsaná zkouška HV 10 s předepsaným zatížením 98 [N]. Jako vnikající tělísko je použit Vickersův jehlan usazený přímo do speciálního objektivu na optickém mikroskopu. Po vyhledávání zvoleného místa vtisku je aplikováno zatížení a změřeny úhlopříčky vtisku přímo při metalografickém zvětšení. Zjištění mikro-tvrdosti jednotlivých strukturních fází je z pohledu sváření významné zejména při vývoji optimálních přídavných materiálů a vhodných technologií svařování, resp. doplňujících opatření pro svaření.[2]

Zjištěné výsledky tvrdostí napříč vzorkem (základní materiál, TOO, svarový kov) ve dvou vrstvách A, B tloušťky základního materiálu jsou zobrazené v tabulce 3-11 s náčrtem měřících míst. Nejvyšší hodnoty tvrdosti (max. 198 [HV]) byly zjištěné v tepelně ovlivněné zóně (nevýznamná přeměna strukturní složky základního materiálu vlivem rychlosti ochlazování). Výsledek zkoušky je vyhovující, protože ani v jednom z měření nebylo dosaženo maximální hodnoty 380 [HV]. Protokol o zkoušce tvrdosti podle Vickerse viz. příloha 13.

Tabulka 3-11 Výsledky ze zkoušky tvrdosti

Název zkoušky: ZKOUŠKA TVRDOSTI / HARDNESS TESTING						
Test:						
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 1043-1, HV10			Protokol (vystavil: č.): Qualitest s.r.o. Pardubice Protocol (issued by: No): protokol č 471			
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN EN ISO 15614-1			Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable			
Kritérium: Criteria: max. 380						
Vzorek Specimen	max. ZM BM	max. TOO HAZ	max. SK WM	max. TOO HAZ	max. ZM BM	
72 A	150	173	175	198	165	
72 B	153	189	169	181	154	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	

3.6.8 Makroskopická kontrola, výsledek provedené kontroly

Makroskopická kontrola v případě svarových spojů se používá pro hodnocení tvaru svaru, způsobu kladení svarových vrstev, odmíšení svarového kovu, tvaru, šířky a charakteru TOO, hranice ztavení apod..

Charakter vyhodnocení prováděcím předpisem podle ČSN EN 1321 a požadavku jakosti dle ČSN EN ISO 5811[12] byly zjištěny na zkušebním vzorku se svarem napříč (zvětšení 2:1) vyhovující výsledky stupni jakosti B/C podle ČSN EN ISO 5811 [12]. Podrobněji výsledky zkoušky viz. tabulka 3-12 a příloha 14 – Protokol o zkoušce makrostruktury včetně fotografie zvětšeného vzorku.

Tabulka 3-12 Výsledky makroskopické kontroly

Název zkoušky: Test: MAKROSKOPICKÁ KONTROLA / MACROSCOPIC EXAMINATION		
Prováděcí předpis: Execution standard:	ČSN EN 1321	Protokol (vystavil: č.): Protocol (issued by: No):
Požadavek dle: Requirement acc. to:	ČSN EN ISO 15614-1 ČSN EN ISO 5817	Výsledek zkoušky: Test result:
Kritérium: Criteria:	Vady na zkušebním kusu se pohybují v rozsahu stanoveném stupněm jakosti „B“, kromě těchto vad: nadměrné převýšení tupého/koutového svaru, překročení velikosti koutového svaru a nadměrné převýšení kořene, které mohou být ve stupni jakosti „C“.	
Vzorek Specimen	Výsledek Result	Poznámky Remarks
72/1	Vyhovující / Acceptable	-

3.6.9 Komplexní výsledek provedených kontrol a zkoušek na zkušebním svaru

Výsledky všech zkoušek a kontrol na základě „Protokolu o kvalifikaci postupu svařování – WPQR“ vystaveného inspekční a certifikační organizací (DOM – ZO 13, s. r. o.) dne 12.11. 2007 jsou vyhovující (WPQR – Protokol o kvalifikaci postupu svařování je v příloze 15/1 až 5).

Na základě schváleného postupu svařování v rámci výsledků zkoušek a kontrol z WPQR byl vydán stejnou oprávněnou inspekční a certifikační organizací také „ Rozsah kvalifikace postupu svařování“ viz. příloha 16 této práce.

4. OBECNÁ KALKULACE CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA PROVEDENÍ OPRAVY

Pro kalkulaci celkové ceny opravy je nutná znalost (v případě nabídky přesný odhad) celkových nákladů vynaložených na provedení akce. Celkové náklady dle charakteru práce zahrnují nejen ocenění v rámci vlastních činností zhotovitele (montážní firmy) a výdajů s tím souvisejících, ale také zahrnutí výdajů na potřebné asistenční a subdodavatelské služby.

Celkové náklady jsou pak součtem těchto položek:

- 1) Přípravné a koordinační činnosti firmy (zahrnuje veškeré materiální, asistenční a subdodavatelské zajištění včetně ubytování pracovníků, prohlídka místa, zajištění potřebných dokladů jako WPS, technologického postupu a dalších). Je obvykle kvantifikována prostřednictvím hodinových sazeb technika, cestovními výdaji a výdaji na zajištění externích dokladů pro akci.
- 2) Náklady na jednorázové materiální dodávky (nové potrubí, izolace, přídavný materiál apod.)
- 3) Mobilizační činnosti zahrnující přípravu potřebné techniky a materiálového vybavení, nakládka montážních vozidel atd. Je vyjádřena podle hodinových sazeb provádějících pracovníků, případně cestovními a jinými drobnými výdaji.
- 4) Náklady na dopravu (tam a zpět), ubytování a diety pracovníků (provádění oprav v různých částech ČR). Finančně vyjádřeno v sazbách použitých vozidel (Kč/km), mzda zaměstnanců na cestách, cena ubytování a vyplácené diety zaměstnancům na počet dní.
- 5) Vlastní provádění montážních činností v předpokládaném čase a vyklizení staveniště v hodinových sazbách montážních pracovníků (3 svářeči + 2 svářečští přípravaři) + vedoucího technika.
- 6) Demobilizační činnosti (vykládka technického vybavení a úklid montážních vozidel atd.) – podobně viz. mobilizační činnosti.
- 7) Kompletace a předání dokladové dokumentace (atesty, potvrzení, protokoly o zkouškách svarů a elektrojiskrové zkoušky izolace, stavebně-montážní deník apod.).

ocenění vlastních nákladů zhotovitele vzhledem k akci

Poznámka: Hodinové sazby pracovníků jsou vypočteny na základě režijních nákladů firmy, přičemž např. pro jednotlivé zúčastněné montážní pracovníky jsou v nich také zahrnuté náklady na získání oprávnění, školení a udržování potřebné kvalifikace, dále jsou tam zahrnuté montážní pracovní prostředky, technika a vybavení (svářečky, elektrocentrály, ochranné pracovní pomůcky apod.), které pracovník při výkonu používá. Tyto hodinové sazby jsou pak násobeny odhadnutou časovou náročností na danou činnost.

- 8) Externí svářečí dozor.
- 9) Požární asistence (4 osoby + velké požární vozidlo).
- 10) Ekologická asistence (cisternové vozidlo pro odsávání zbytkové ropy po vypuštění).
- 11) Jeřábnické práce.
- 12) Defektoskopická kontrola před opravou (výběr místa pro nové obvodové svary bez vnitřních vad) a po provedení nových obvodových svarů + vypracování protokolů (subdodavatelská činnost organizace s potřebným oprávněním).

ocenění externích asistenčních a subdodavatelských služeb

Poznámka: Pro položky 8, 9, 10, 11 jsou dány celkové výdaje násobením známých nebo nabídkových hodinových sazeb těchto služeb odhadnutou časovou náročností + výdaji na dopravu

do místa výkonu a zpět (účtované kilometrovné). Náklady na provedení defektoskopie svarů jsou dány cenou pro určitý typ kontroly na základě počtu a velikosti kontrolovaných míst nebo obvodových svarů+výdaji na dopravu do místa výkonu a zpět (kilometrovné) a to dvakrát (před opravou a po opravě).

Ke zjištěným celkovým nákladům se připočítá odpovídající zisk s ohledem na prováděné množství oprav, požadovaných sankcí za včasné nesplnění apod., a výsledkem je konečná cena pro investora.

ZÁVĚR

Zadáním této diplomové práce bylo popsání problematiky svařování potrubí ropovodu při výměně poškozené roury v době odstávky. Cílem bylo navrhnout technologický postup prací s ohledem na bezpečnostní a ekologická zajištění, dále navrhnout použitelný postup svařování včetně všech náležitostí a provést jeho zkušební ověření.

Rozsah a výsledky práce jsou shrnuty v následujících bodech:

- V této práci je uveden popis přípravných a hlavních navazujících montážních činností v rámci návrhu technologického postupu prací se zaměřením na přípravu a pasování nové roury pro svaření. V postupu jsou uvedeny také prvky bezpečnostních a ekologických opatření v průběhu konání celé akce.
- Je navržena specifikace postupu svařování WPS, podle které je proveden zkušební obvodový svar. Tento zkušební svar je v rámci ověření vhodnosti postupu kontrolován a zkoušen. Jsou zde proto také uvedeny výsledky jednotlivých dílčích nedestruktivních kontrol a destruktivních zkoušek. Celkový výsledek provedených kontrol a zkoušek je vyhovující pro praktické účely, přičemž ověření postupu svařování včetně zkoušek provedla oprávněná inspekční a certifikační organizace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Oficiální stránky českého provozovatele ropovodů MERO ČR a. s., *Ropovod Družba – technické údaje, Prevence, údržba a ochrana ropovodů, Komplexní modernizace a rehabilitace* [online]. Dostupné z: <http://www.mero.cz>, poslední úpravy 8.1.2008 [cit. 2008-3-10].
- [2] Kolektiv autorů. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 2001. 292 s. ISBN 80-85771-85-3.
- [3] ČSN EN 12 732 *Zásobování plynem – Svařované ocelové potrubí – Funkční požadavky*. Vydání - Duben 2001.
- [4] Kolektiv autorů. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování*. 1. vyd. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 2000. 213 s. ISBN 80-85771-72-1.
- [5] HARTL, František. *Příručka pro svářeče - Svařování vysokotlakého potrubí elektrickým obloukem*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 1964. 123 s. svazek 105.
- [6] ČSN EN 13 480 – 4 *Kovová průmyslová potrubí – Výroba a montáž*. Vydání – Listopad 2003.
- [7] Kolektiv autorů. *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení*. 1 vyd. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 1999. 249 s. ISBN 80-85771-70-5.
- [8] Kolektiv autor. *Technologie svařování a zařízení*. 1. vyd. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 2001. 395 s. ISBN 80-85771-81-0.
- [9] *Katalog přídatných materiálů pro svařování*. 3. vyd. Vamberk: vydavatel ESAB Vamberk, květen 2007. 421 s.
- [10] ČSN EN 1011-2 *Svařování – Doporučení pro svařování kovových materiálů - Část 2 – Obloukové svařování feritických ocelí, příloha C*. Vydání – Duben 2002
- [11] ČSN 42 0074 *Oceli konstrukčních tříd 10-17*, vydání – 1974.
- [12] ČSN EN ISO 5817 *Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (mimo elektronového a laserového svařování) – Určování stupňů jakosti*, vydání – Září 2004.
- [13] ČSN EN 12 517-1 *Hodnocení svarových spojů u oceli, niklu, titanu a jejich slitin při radiografickém zkoušení – Stupně přípustnosti*. Vydání – Říjen 2006.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol /Zkratka	Jednotka	Popis
Re	[MPa]	mez kluzu oceli
t	[mm]	jmenovitá tloušťka stěny potrubí
D	[mm]	vnější průměr potrubí
L	[mm]	délka rovné části před ohybem
α_T	[°C ⁻¹]	součinitel tepelné délkové roztažnosti oceli
Δt	[°C]	rozdíl teplot
Ce _(IIW)	[-]	uhlíkový ekvivalent dle IIW/IIS
I _k , I _{ko}	[A]	zkratový proud, dlouhodobý zkrat. proud
I	[A]	svařovací proud
U	[V]	napětí na oblouku
U _N	[V]	normovaná velikost napětí
I _H	[A]	velikost proudu při horkém startu
t _H	[s]	doba horkého startu
I ₂	[A]	zapalovací zkrat a svařovací proud
d	[mm]	průměr jádra elektrody
A ₅	[%]	tažnost
Q _s	[kJ/mm]	tepelný příkon na jednotku délky
η	[-]	koeficient účinnosti svařování
v	[mm/s]	svařovací rychlost
R _m	[MPa]	mez pevnosti
ČR	-	Česká Republika
IKL	-	ropovod Ingolstadt-Kralupy-Litvínov
DN	-	diameter nominal (nominální průměr)
PN	-	pressure nominal (nominální tlak)
CAS	-	cisternové vozidlo
NDT	-	nedestruktivní kontrola
WPS	-	Welding procedure specification (specifikace postupu svařování)
WPQR	-	Welding procedure qualification report (Protokol o kvalifikaci postupu svařování)
EWf	-	European Welding Federation (Evropská svářecí federace)
IIW	-	International Institute of Welding (Mezinárodní institut svařování)
PG	-	svislý směr svařování shora dolů
J-L045	-	směr svařování dolů s úhlem sklonu 45°
TP	-	technologický postup
TOO, TOZ	-	tepelně ovlivněná oblast (zóna)
WIG	-	Wolfram Inert Gas
MIG	-	Metal Inert Gas
MAG	-	Metal Activ Gas
PF	-	svislý směr svařování zdola nahoru
ZM	-	základní materiál
SK	-	svarový kov

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Přidělení kategorií požadované jakosti svarů podle ČSN EN 12 732
Příloha 2	Doporučené požadavky na jakost v rámci kategorie jakosti podle ČSN EN 12 732
Příloha 3	Směrnice pro zařazení kovových materiálů do skupin pro účely svařování dle ČSN CR ISO 15 608
Příloha 4	Příklady rozsahu kvalifikace WPS podle ČSN EN ISO 15614-1
Příloha 5	Označování elektrod podle ČSN EN ISO 2560, metoda A podle původní ČSN EN 499
Příloha 6	Katalogový list obalené elektrody v obchodním označení OK 48.00
Příloha 7	Protokol o provedené vizuální kontrole svaru
Příloha 8	Protokol o provedené radiografické zkoušce svaru
Příloha 9	Protokol o provedené kapilární zkoušce svaru
Příloha 10	Protokol o provedené zkoušce tahem
Příloha 11	Protokol o provedené zkoušce lámavosti
Příloha 12	Protokol o provedené zkoušce rázem v ohybu
Příloha 13	Protokol o provedené zkoušce tvrdosti
Příloha 14	Protokol o provedené makroskopické kontrole
Příloha 15/ 1 až 5	Protokol a kvalifikaci postupu svařování WPQR vydaný na základě vyhovujících výsledků zkoušek a kontrol
Příloha 16	Rozsah kvalifikace postupu svařování vydaný s ohledem na WPQR

Tabulka 1 – Přidělení kategorií požadované jakosti

Kategorie požadované jakosti	Oblast použití	
A	Rozsah tlaku a základní materiál Příklady použití	≤ 100 mbarů Skupina 1 podle EN 288-3:1992 $R_{10,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ Rozvodná potrubí v zařízeních pro rozvod plynu a domovní přípojky
B	Rozsah tlaku a základní materiál Příklady použití	> 100 mbarů ≤ 5 barů Skupina 1 podle EN 288-3:1992 $R_{10,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ Rozvodná potrubí v zařízeních pro rozvod plynu, domovní přípojky, potrubí ve stanicích
C	Rozsah tlaku a základní materiál Příklady použití	> 5 barů ≤ 16 barů Skupina 1 podle EN 288-3:1992 $R_{10,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ Plynovody včetně potrubí ve stanicích a v zařízeních pro rozvod plynu
D	Rozsah tlaku a základní materiál Příklady použití	> 16 barů *) Skupina 1 až 3 podle EN 288-3:1992 Plynovody včetně potrubí ve stanicích a v zařízeních pro přepravu plynu
POZNÁMKA $R_{10,5}$ – minimální smluvní mez kluzu celková podle EN 10208-2:1996. *) Plynovody, které mají obvodové napětí při výpočtovém tlaku do 30 % minimální smluvní meze kluzu celkové a které jsou provozovány při tlaku do 24 barů, mohou být provozovatelem plynovodu zařazeny do kategorie požadované jakosti C.		

2 Normativní odkazy

Tato evropská norma obsahuje formou datovaných nebo nedatovaných odkazů ustanovení jiných předpisů. Tyto normativní odkazy jsou uváděny v textu. Seznam citovaných předpisů je uveden níže. U datovaných odkazů se jejich pozdější změny nebo revize vztahují na tuto evropskou normu pouze tehdy, pokud do ni byly začleněny změnou nebo revizí. U nedatovaných odkazů platí poslední vydání příslušného předpisu.

EN 287-1:1997 Svařování – Zkoušky svařců – Tavné svařování – Část 1: Oceli
(Approval testing of welders – Fusion welding – Part 1: Steel)

EN 288-2:1992 Stanovení a schvalování postupů svařování kovových materiálů – Část 2: Stanovení postupu obloukového svařování
(Specification and approval of welding procedures for metallic materials – Part 2: Welding procedure specification for arc welding)

Tabulka 2 – Doporučené požadavky na jakost

Požadavky na	Kategorie požadované jakosti podle Tabulky 1			
	A	B	C	D
Systém zajištění jakosti podle:				
EN 729-1:1994 a EN 729-2:1994 (úplný) ³⁾	+	+	*	*
EN 729-1:1994 a EN 729-3:1994 (normalizované) ⁴⁾	+	+	*	*
EN 729-1:1994 a EN 729-4:1994 (základní)	*	*	-	-
Odborný dozor při svařování:				
podle EN 719:1994				
svářečský inženýr	+	+	+	*
svářečský technolog ¹⁾	+	+	*	-
svářečský specialista ¹⁾	+	*	*	-
svářečský mistr s víceletou odbornou zkušeností	*	*	-	-
Zkušební personál podle EN 473:1993	*	*	*	*
Specifikace postupu svařování (WPS):				
podle EN 288-2:1992 (s vyloučením plamenového svařování, postup č. 311)	*	*	*	*
Schválení postupu svařování podle jedné z následujících norem:				
EN 288-3:1992 (zkouška postupu svařování)	+	+	*	*
EN 288-5:1994 (použití schválených přídavných materiálů pro svařování)	*	*	-	-
EN 288-6:1994 (předchozí zkušenosti)	*	-	-	-
EN 288-7:1995 (normalizovaný postup svařování) ¹⁾	+	+	*	*
EN 288-8:1995 (předvýrobní zkouška svařování)	+	*	*	*
prEN 288-9 (zkouška postupu svařování pro svařování na stavbách)	+	+	+	*
¹⁾ Toto je možno použít pro kategorii požadované jakosti D pro menší projekty nebo pro materiály s $R_{t0,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$				
Vysvětlivky:				
* doporučuje se				
+ volitelné (možné)				
- nedoporučuje se				

4.4 Zkušební personál

Pracovníci, kteří provádějí destruktivní a nedestruktivní zkoušení, musí být buď zaměstnanci dodavatele svářečských prací nebo provozovatele plynovodu nebo nezávislé zkušební organizace. Všechny společnosti, které poskytují tyto pracovníky pro destruktivní a nedestruktivní zkoušení, mají být certifikovány pro tyto činnosti. Všichni pracovníci provádějící nedestruktivní zkoušení musí mít kvalifikaci podle EN 473:1993 nebo musí být jejich dovednosti a schopnosti uznány provozovatelem plynovodu.

NÁRODNÍ POZNÁMKA

³⁾ V ČSN EN 729-2 je použit termín „vyšší požadavky na jakost“.

⁴⁾ V ČSN EN 729-3 je použit termín „standardní požadavky na jakost“.



ČSN CR ISO 15608

Svařování – Směrnice pro zařazení kovových materiálů do skupin

Materiály jsou v nové směrnici zařazovány do skupin pro účely svařování, přičemž se vychází z obsahu chemických prvků daného materiálu a v některých případech je brána v úvahu i hodnota zaručené meze kluzu R_{eH} v N/mm^2 .
Směrnice zahrnuje zařazení těchto materiálů : *oceli, hliník, měď, titan, zirkon a jejich slitiny; litiny.*

Touto směrnici se nahrazuje ČSN CR 12187 : srpen 1999.

1 Rozdělení ocelí do skupin a podskupin

Skupina	Podskup.	Druh oceli	Příklady
1		Oceli s minimální mezí kluzu $R_{eH} \leq 460 N/mm^2$ a obsahem prvků v %: C $\leq 0,25$ Si $\leq 0,60$ Mn $\leq 1,70$ Mo $\leq 0,70^b$ S $\leq 0,045$ P $\leq 0,045$ Cu $\leq 0,040^b$ Ni $\leq 0,5^b$ Cr $\leq 0,3(0,4 \text{ odl.})^b$ Nb $\leq 0,05$ V $\leq 0,12^b$ Ti $\leq 0,05$	11 304, 11 305, 11 320, 11 330, 11 343, 11 353, 11 364, 11 373, 11 375, 11 378, 11 416, 11 418, 11 425, 11 443, 11 448, 12 010, 12 011, 12 020, 12 021, 12 022 15 020, 42 2643, 42 2713
	1.1	Oceli se zaručenou mezí kluzu $R_{eH} \leq 275 N/mm^2$	12 010, 12 011, 12 020, 12 021, 12 022 15 020, 42 2643, 42 2713
	1.2	Oceli se zaručenou mezí kluzu $275 N/mm^2 < R_{eH} \leq 360 N/mm^2$	11 474, 11 478, 11 481, 11 503, 11 523, 12 024, 12 025, 13 123, 13 126
	1.3	Normalizované jemnozrnné oceli se zaručenou mezí kluzu $R_{eH} > 360 N/mm^2$	11 483, 11 484, 11 531, 13 220, 13 221, 13 320, S420N, P460NL, L415NB
	1.4	Oceli se zvýšenou odolností k atmosférické korozi, u kterých obsah prvků může překročit požadavky pro jednotlivé prvky stanovené pro skupinu 1	15 117, 15 127, 15 217, 15 327, S 235JOW, S 235J2W, S 355J2WP, S 355JOW, S 355J2GIW
2		Termomechanicky zpracované jemnozrnné oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $R_{eH} > 360 N/mm^2$	P420, 460 M, ML1, ML2 S420, 460 M, ML, MC, L415 MB, L450MB, S420, 460MH, MLH, P420NH, S650MC, S600MC, S650MC, S700MC, L485MB, L555MB
	2.1	Termomechanicky zpracované jemnozrnné oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $360 N/mm^2 < R_{eH} \leq 460 N/mm^2$	
	2.2	Termomechanicky zpracované jemnozrnné oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $R_{eH} > 460 N/mm^2$	
3		Zušlechtně a precipitačně vytvrzované oceli kromě korozivzdorných ocelí, se zaručenou mezí kluzu $R_{eH} > 360 N/mm^2$	16 322, 16 720, S 460 Q, QL, QLI S 500 až 690 Q, QL, QLI S 890 Q, QL, QLI S 960 Q, QL
	3.1	Zušlechtně oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $360 N/mm^2 < R_{eH} \leq 690 N/mm^2$	P460 až 690 Q, QL, QLI L415 až 550 QB G20Mo5
	3.2	Zušlechtně oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $R_{eH} > 690 N/mm^2$	
	3.3	Precipitačně vytvrzované oceli kromě korozivzdorných ocelí	16 224, S500 až 690 A, AL

Firma SVV Praha, s. r. o. je zapsána v OR Krajského soudu v Praze oddíl C vložka 12306

♦ SVV Praha, s. r. o. • U Michelského lesa 370, 140 75 Praha 4 - Krč

♦ Telefon: 00420-241 471 076, 244 471 865 • Fax: 00420 244 470 854 • Tel. mobil: 603 193 249

♦ Pracoviště Brno • Svatopetrská 7, 617 00 Brno • Tel./fax: 00420-545 211 101

♦ Bankovní spojení: • ČSOB, a. s., divize Poštovní spořitelna, č. ú.: 20153610300 • HVB Czech Republic, a. s., č. ú.: 1005368001/2700

♦ IČ: 45 80 89 45 • DIČ: CZ 45 80 89 45

♦ e-mail: svv.praha@svv.cz • www.svv.cz

Příloha 4

Příklady rozsahu kvalifikace WPS podle ČSN EN ISO 15614-1

Základní materiály

-podle tab. 3 a 4
(rozhodující je správné zařazení materiálu do skupin)

Rozměra svarových spojů

Tupé svary/tloušťka navařeného kovu

Tloušťka t (mm)	Jednovrstvé	Vícevrstvé
$t \leq 3$	0,7 t až 1,3 t	0,7 t až 2 t
$3 < t \leq 12$	0,5 t (min 3) až 1,3 t	3 až 2 t
$12 < t \leq 100$	0,5 t až 1,3 t	0,5 t až 2 t
$t > 100$	-	50 až 2 t

Koutové svary – tloušťka materiálu a rozměry koutových svárů

Tloušťka zkušební kusu (mm)	Tloušťka materiálu	Jednovrstvé	Vícevrstvé
$t \leq 3$	0,7 t až 2 t	0,75 a až 1,5 a	Bez omezení
$3 < t \leq 30$	0,5 t (min 3) až 1,2 t	0,75 a až 1,5 a	Bez omezení
$t \geq 30$	≥ 5	Zvlášť pro každé a	Bez omezení

Průměr trubky a přípoj odbočky

Průměr zkušební kusu D (mm)	Rozsah D u
$D \leq 25$	0,5 D až 2 D
$D > 25$	$\geq 0,5 D$ (min 25)

Kvalifikace pro plechy zahrnuje také trubky s $D > 500$ mm, nebo $D > 150$ mm pokud jsou svařovány v poloze PA nebo PC s otáčením.

Metody svařování

Kvalifikace, platná pouze pro metodu použitou při zkoušce

Polohy svařování

Zkouška svařování v jakékoliv jedné poloze kvalifikuje svařování ve všech polohách s výjimkou svařování v polohách PG a J-L045.

Druhy svarového spoje

- a) tupé svary – tupé svary a koutové svary, samostatně koutové, tem, kde jsou dominantní
- b) tupé svary na trubce – také přípoje odboček s úhlem $\geq 60^\circ$
- c) T-tupé svary-pouze T-tupé svary a koutové svary
- d) jednostranné svary bez podložení –oboustranné svary a svary s podložním
- e) svary provedené s podložním-oboustranné svary
- f) oboustranné svary bez drážkování-oboustranné svary s vydrážkováním
- g) koutové svary-kvalifikují pouze koutové svary
- h) není přípustné zaměnit svar s více housenkami za svar s jednou housenkou nebo naopak

atd. – viz ČSN EN 15614-1



ČSN EN ISO 2560

Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí - Klasifikace

Na světovém trhu existují dva rozdílné přístupy na klasifikaci dané elektrody, přístup A je založený na původní EN 499, přístup B spočívá především na normách, jež se používají v tichomořské oblasti. Tato norma uznává oba přístupy a umožňuje použití jednoho nebo obou přístupů. Výtah z normy ČSN EN ISO 2560, který je Vám nyní předkládán, zahrnuje přístup A, používající se v našich podmínkách. Klasifikace elektrod podle přístupu B je dostupná v příslušném znění normy (označení je pak ČSN EN ISO 2560-B).

Povinná část Doplnková část

E 46 3 INi B 5 4 H5

E - elektroda pro ruční obloukové svařování

Označení pevnostních vlastností a tažnosti svarového kovu

Označení	Min. mez kluzu ¹⁾ MPa	Pevnost v tahu MPa	Min. tažnost ²⁾ %
15	355	440 až 570	22
18	380	470 až 600	20
42	420	500 až 640	20
46	460	530 až 680	20
50	500	560 až 720	18

¹⁾ Při oceli mez kluzu (R_m). Při ocelích není kluzná mez musí proslit svahem mezi kluzi 0,2% ($R_{p0.2}$)

²⁾ Mírný délk je přibližněk přibližně zkouškové tyče.

Označení nárazové práce svarového kovu

Označení	Teplota pro nárazovou práci min. 47 J °C
Z	nežaduje se
A	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

Označení chemického složení svarového kovu

Značení	Chemické složení v hmotn. % ¹⁾²⁾³⁾		
	Mn	Mo	Ni
bez označení	2,0	-	-
Mo	1,4	0,1 až 0,6	-
MnMo	1,4 až 2,0	0,1 až 0,6	-
INi	1,4	-	0,6 až 1,2
2Ni	1,4	-	1,8 až 2,6
3Ni	1,4	-	2,6 až 3,8
MnINi	1,4 až 2,0	-	0,6 až 1,2
INiMo	1,4	0,3 až 0,6	0,6 až 1,2
Z	jiné dohodnuté chemické složení		

¹⁾ Mo < 0,2; Ni < 0,3; Cr < 0,2; V < 0,05; Nb < 0,05;
²⁾ Ca < 0,1; pokud není stanoveno jinak.
³⁾ Jednotlivé hodnoty v tabulce jsou hodnoty maximální.
⁴⁾ Výsledky se zaokružují na stejný počet platných míst, jaký je uveden v tabulce, podle ISO 31-0: 1992, přílohy B, pravidla A.

Polohy svařování, pro něž jsou elektrody zkoušeny (EN 15792-3)

Označení	Polohy svařování
1	všechny polohy (PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG)
2	všechny polohy mimo polohy svislé shora dolů (PA, PB, PC, PD, PE, PF)
3	tlupý svar v poloze vodorovně shora, kroužkový svar v poloze v úžlabí a vodorovně shora (PA, PB)
4	tlupý svar v poloze vodorovně shora a kroužkový svar do úžlabí (PA)
5	poloha svislá shora dolů a polohy dle označení 3 (PA, PB, PG)

Označení obsahu vodíku ve svarovém kovu (ISO 3690)

Označení	Max. obsah vodíku ml/100g čistého svarového kovu
H5	5
H10	10
H15	15

Označení výtěžnosti a druhu proudu

Označení	Výtěžnost %	Druh proudu
1	<= 105	střídavý a stejnosměrný proud
2	<= 105	stejnoseměrný proud
3	> 105 <= 125	střídavý a stejnosměrný proud
4	> 105 <= 125	stejnoseměrný proud
5	> 125 <= 160	střídavý a stejnosměrný proud
6	> 125 <= 160	stejnoseměrný proud
7	> 160	střídavý a stejnosměrný proud
8	> 160	stejnoseměrný proud

Označení druhu obalu

Označení	Druh obalu
A	kyselé
C	celulóznový
R	rutilový
RR	rutilový (tlustý)
RC	rutil - celulóznový
RA	rutil - kyselé
RB	rutil - bazický
B	bazický



OK 48.00

SFA/AWS A 5.1: E 7018
EN ISO 2560 - A: E 42 4 B 42 H 5

Použití:

Nejrozšířenější OK bazická elektroda pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí především označení P235/S235 až P420/S420 aj. Použitelná pro všechny polohy svařování s výjimkou polohy shora dolů. Obal se sníženou navlhavostí poskytuje houževnatý svarový kov odolný proti praskavosti s nízkým obsahem vodíku.

Klasifikace/certifikace:

CE	EN 13479	GL	3 Y H5
ABS	3 H5, 3 YH5	LR	3, 3Y H5
BV	3, 3Y H5	RS	3 Y HH
DR	10.039.12	TÜV	00690
DNV	3 Y H5		

Ostatní: CWB, PRS, RINA, SEPROS

Typické chemické složení čistého svarového kovu:

C	Si	Mn
0,06	0,50	1,20

Typické mechanické hodnoty čistého svarového kovu:

Podminky	Stav	R _m MPa	R _{eL} MPa	A ₅ %	KV (J)/°C	
					-20	-40
ISO	TZ 0	540	445	29	140	70

TZ 0 - stav po svařování

Výkonové parametry:

Průměr (mm)	Délka (mm)	Proud (A)	Napětí (V)	Výtěžnost (%)	Doba hoření (s)	Podíl sv. kovu (%)	(ks/kg sv. kovu)	Výkon navář. (kg/h)
1,6	300	30 - 55	22	127	50	0,59	192	0,38
2,0	300	50 - 80	24	123	50	0,63	119	0,60
2,5	350	80 - 110	23	130	56	0,65	62,5	1,00
3,2	450	90 - 140	23	119	76	0,64	32,3	1,50
4,0	450	125 - 210	26	123	86	0,67	20,5	2,10
5,0	450	200 - 260	23	121	102	0,69	13,5	2,60
6,0	450	220 - 340	23	117	102	0,72	9,6	3,70

Balení:

Průměr (mm)	Délka (mm)	Balení	Hmotnost balení (kg)	ks v balení	Hmotnost 1000 ks (kg)	Krabiček v kartonu (ks)	Hmotnost kartonu (kg)
1,6	300	krabička	1,6	172	9,3	6	9,6
2,0	300	krabička	1,7	131	13,0	6	10,2
2,5	350	krabička	4,3	171	25,1	3	12,9
2,5	350	1/4 VP	0,7	28	25,0	9	6,3
3,2	450	krabička	6,0	124	48,4	3	18,0
3,2	450	1/2 VP	2,3	47	48,9	6	13,8
4,0	450	krabička	6,2	86	72,1	3	18,6
4,0	450	3/4 VP	4,1	57	71,9	4	16,4
5,0	450	krabička	6,0	56	107,1	3	18,0
5,0	450	3/4 VP	4,0	38	105,3	4	10,0
6,0	450	krabička	6,5	44	147,7	3	19,5



Výrobce:	LDM, spol. s r.o.		
Sídlo:	Litomyšlská 1378, 560 02 Česká Třebová	IČ:	609 34 387
Místo kontroly:	Litomyšlská 1378, 560 02 Česká Třebová		
Označení svarového spoje:	72		
Základní materiál(y):			
Druh svarového spoje:	tupý svar na trubce		
Postup svařování:	Záznam z insp. č.: 72	Metoda svař.: 111	Poloha svař.: pF
Kritéria přípustnosti:	ČSN EN ISO 5817, st. jakosti B/C dle ČSN EN ISO 15614-1, čl. 7.5.		
Prováděcí norma:	ČSN EN 970	Rozsah kontroly:	100 % délky svarů
Zařízení použita pro kontrolu:	měrka svarů, lupa, metr svinovací ocelový, posuvné měřítko, přídavné světlo		
Nákres/foto (včetně rozhodujících rozměrů):			
Další informace o svarovém spoji:			
Kontrolováno:	<input checked="" type="checkbox"/> Čištění a úprava svaru	<input checked="" type="checkbox"/> Tvar a rozměry svaru	<input checked="" type="checkbox"/> Kořen svaru
	<input checked="" type="checkbox"/> Povrch svaru	<input type="checkbox"/> Po tepelném zpracování	<input type="checkbox"/> ...
Vady přesahující kritéria přípustnosti (druh, velikost, poloha):	-		
Výsledek kontroly s ohledem na kritéria přípustnosti:	<input checked="" type="checkbox"/> VYHOVUJÍCÍ <input type="checkbox"/> NEVYHOVUJÍCÍ	Kontrolu provedl a zaznamenal: (jméno, datum kontroly, razítko a podpis)	Ing. Rudolf HEJL 8.10.2007

Zkoušený díl Tested part Prüfteil	Objekt Object Objekt Zkušební vzorek č. 72		
	Výrobce Producer Hersteller DOM – ZO 13, s.r.o. ČESKÁ TŘEBOVÁ	Zkušeb. místo Place of test Prüfört QT Svítkov	Typ svaru Type of weld Nahttype BW
Zkoušební údaje Testing data Prüfdaten	Materiál Material 11503	Postup svařování Welding process Schweißverfahren 111	Rozsah zkouš. Testing extent Prüfumfang 100%
	Zkoušební postup Test procedure Prüfverfahren QT-310-001 ČSN EN 1435	Zkoušeb. třída Testing class Prüfklasse B	Hodnocení / přípustnost dle *) Evaluation / allowable acc. to Auswertung / Zulässigkeit nach ČSN EN 12517 - 1 KS 1
Zkoušební údaje Testing data Prüfdaten	Zdroj záření Radiation source Strahlenquelle Ir 192	41	kV-/mA Ci Gama 15255
	Velik. ohniska Focus size Brennfleckgröße 2 x 1,4 mm	Vyvolání Developing Entwicklung Ruční Hand	Způsob prozařování – obr. č. Method of radiography – pic. No Aufnahmeanordnung – Bild Nr. 5
	Výrobce a typ filmu Producer & type of film Filmhersteller & typ Agfa D4	Folie p+z Screens f+h Folien v+h 0,027 mm	Typ a umístění měřky Type and placement of IQI Art und Lage des BPK W10FE
Odchytky od zkušebního postupu Deviation of test procedure Abweichung von Prüfverfahren --			



VÝSLEDEK RESULT ERGEBNIS

Označení polohy / č. svaru Cositro / Cositron / Weld No Kennzeichnung der Lage / Schweifnaht Nr.	Rozměr Dimension Maße Ø / t [mm]	Rozm. filmu Size of film Filmauße cm x cm	FFD FFA Cm	Expozice Exposition Belichtung Min, s	Zčernání Density Cositro.	Jakost Cositro Bildgüte HJ, BZ	Typ a poloha vad Type and location of faults Typ und Lage der Fehler	Hodnocení Evaluation Bewertung *) V NE
72	219/12,5	10 x 48	11	0,15	2,8	14F	2011,515	X

Svar Weldment Schweifnaht Ozn. HW a čísla vad podle ISO EN 6520-1 HW designation and numbers of faults acc. to ISO EN 6520-1 HW Defect. und Nummer nach ISO EN 6520-1
Aa - 2011, 2012 Ac - 2014 Ba - 3012 Bc - 3011 C - 401 Db - 402 Ea - 101 Ec - 106 Fb - 514
Ab - 2015, 2016 Ad - 2013 Bb - 3012 Bd - 304, 3042 Da - 515 Dc - 402 Eb - 102 Fa - 5041 Fe - 5011, 5012

*) V - vyhovuje acceptable zulässig NE - nevyhovuje unacceptable unzulässig

Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušební Qualitest reprodukován jinak než celý
This report can be reproduced in incomplete form only with written agreement of Qualitest laboratory. Keines Protokoll soll ohne schriftliche Einverständnis von Qualitest reproduziert sein

Počet svařů / filmů Number of welds / films Zahl Nähte / Filme	Zkoušel Examined Prüfer Černík	Stupeň a č. certif. Level & cert. No Stufe und Zert. Nr. II.,101 – 00312	Dne Date Datum 12.10.2007	Podpis Signature Unterschrift 	Schválil Approved Genehmigung Rejnek Jan Qualitest 12.10.2007 
	1 / 2	Hodnotil Evaluated Bewerter Černík	Stupeň a č. certif. Level & cert. No Stufe und Zert. Nr. II.,101 – 00312	Dne Date Datum 12.10.2007	

Protokol o zkoušce tahem
 Protokoll von Zugversuche
 Report of tensile test

Zákazník Kunde Client
 DOM ZO13, s.r.o., Česká Třebová

Popis vzorku Prüfstückbeschreibung Description of tested piece Číslo vzorku Prüfstück-Nr. Tested piece No
 ČSN EN ISO 15614-1 111 T BW mat.11503(1.2) t12,5mm D219mm PF 72

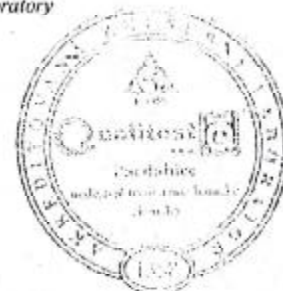
Zkouška tahem Zugversuche Tensile test podle nach acc. to QT - 810 - 001 (EN 895)

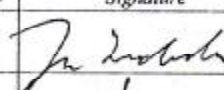

Vzorek Probe Tested piece	Vzorek Probe Tested piece				Zatížení Belastung Load		Mez kluzu Streckgrenze Yield point $R_{e1}, R_{e0.2}, R_{p0.01}$ [MPa]	Pevnost Zugfestigkeit Tensile strength R_m [MPa]	Délka Länge Length		Tahnutí Bruchdeh- nung Elongation Δ [%]	Kontrakce Kontraktion Contraction Z [%]	Místo lomu Lage des Bruches Location of rupture ***	
	Tvar Form Form	Poloha Lage Position	Rozměry Maße Dimensions		Mez kluzu Streckgr. Yield load F_e [kN]	Mez pevn. Zugfestigk. Ultimate load F_m [kN]			Počáteční Anfang Initial L_0 (D ₀) [mm]	Po přetržení nach Bruch Post fracture L_1 (D ₁) [mm]				
72-A	F	q	13,2	25,2	333,47	120,59	169,28	362	508	80	101,8	27	-	ZM
72-B	F	q	13,2	25,2	333,47	121,26	170,14	364	510	80	101,3	27	-	ZM
Nejistota měření Meßunsicherheit Uncertainty of measure ****								± 2,2	± 1,6	-	± 0,52	-	-	-

Zkoušky byly provedeny v rozsahu teplot stanovených normou. Die Proben waren in Temperaturbereich festgesetzt mit der Norm durchgeführt.
 The tests were carried out in a temperature range specified by the standard.

* F = plochá tyč Flachzugprobe flat tensile tested piece R = válcová tyč Rundzugprobe round tensile tested piece
 ** l = podélná längs longitudinal q = příčná quer transverse t = tangenciální tangential
 *** SK = svarový kov Schweißgut deposited metal ZM = základní materiál Grundwerkstoff parent base
 TOZ = tepelně ovlivněná zóna Wärmeinfluzzone heat affected zone
 **** Uvedená nejistota je rozšířenou nejistotou na základě střední odchylky násobené koeficientem $k = 2$, který zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95%
 Die angeführte Unsicherheit ist eine erweiterte Unsicherheit auf Grund der mit dem Koeffizient $k = 2$ multiplizierten mittleren Abweichung, wobei dieser Koeffizient ein Intervall der Zuverlässigkeit von ungefähr 95% garantiert.
 Present uncertainty is an extended uncertainty based on the authoritative abnormality multiplied by coefficient $k = 2$ which warrants an confidence interval of approximately 95%.

Příprava vzorku Vorbereitung der Probe Preparation of tested piece : Zkušebna Prüfstelle Testing laboratory
 Zkušební zařízení Prüfmaschine Test machine : ZD 40
 Odchytky od zkušebního postupu Abweichungen aus der Prüfverfahren Deviation from testing procedure :



Poznámka Bemerkung Note	Due Datum Date	Jméno Name Name Funkce Funktion Duty	Podpis Unterschrift Signature
	19. 10. 2007	Jan Svoboda prac. mech. zkušebny	
	19. 10. 2007	Jiří Jud vedoucí mech. zkušebny	
Strana z Seite I aus 5 Page of	Výsledky zkoušek se vztahují pouze k uvedenému vzorku. Prüfgebühren nur für angegebene Probe gelten. The results of tests are valid for mentioned tested piece only.		Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušebny Qualitest reprodukován jinak než celý. Keines Protokoll soll ohne schriftliche Einstimung von Qualitest Prüfstelle reproduziert sein. This report can be reproduced in uncomplete form only with written agreement of Qualitest laboratory.

Protokol o zkoušce lámavosti
 Protokoll von Biegeprüfung
 Report of Bend test

Zákazník Kunde Client

DOM ZO13, s.r.o., Česká Třebová

Popis vzorku Prüfstückbeschreibung Description of tested piece

Číslo vzorku Prüfstück-Nr. Tested piece No

ČSN EN ISO 15614-1 111 T BW mat.11503(1.2) t12,5mm D219mm PF

72

Zkouška lámavosti Biegeversuch Bend test

podle nach acc. to QT-820-001 (EN 910)

Vzorek Probe Tested piece	Vzorek Probe Tested piece		Úhel ohybu Biegewinkel Angle of bend [°]	Průměr trnu Biegedorndurch- messer Mandrel diameter [mm/A x t] ***	Vzdálenost podpěr Stützweite Distance of rollers [mm]	Vzhled tyče nebo lamié plochy Biege- oder Bruchflächbesichtigung Appearance of strained or broken area	Proloužení ohybu Biegedehnung Bendingstrain		Hodnocení Bewertung Result ****
	Tvar Form Form *	Tažená strana Zugsseite Strained side **					Měř. délka Mehlänge Gauge length [mm]	[%]	
72-1	Q	SBB	180	40/4t	70	bez vady	-	-	V
72-2	Q	SBB	180	40/4t	70	bez vady	-	-	V
72-3	Q	SBB	180	40/4t	70	bez vady	-	-	V
72-4	Q	SBB	180	40/4t	70	bez vady	-	-	V

Hodnocení / přípustnost dle Bewertung / Zulässigkeit nach Evaluation / allowable acc. to ****

EN ISO 5817

Zkoušky byly provedeny v rozsahu teplot stanovených normou. Die Proben waren in Temperaturbereich festgesetzt mit der Norm durchgeführt.
 The tests were carried out in a temperature range specified by the standard.

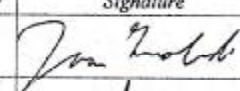

* Q – tyč se svarem napříč Querbiegeprobe cross bend piece L = tyč s podél svarem Längsbiegeprobe longitudinal bend piece
 ** FBB = lamié ohyb Nahtoberseite face bend RBB = kořenový ohyb Nahtunterseite root bend
 SBB = boční ohyb Seitenbiegeproben side bend
 *** A = násobek tloušťky po opracování vielfache Dicke nach Bearbeitung multiple thickness after rough-work
 **** Hodnocení je nad rámec akreditace podle EN ISO/IEC 17 025 Bewertung ist außer der Akkreditierung nach EN ISO/IEC 17 025
 Evaluation is over scope of accreditation according to EN ISO/IEC 17 025
 V = Vyhovuje Erfüllt Acceptable N = Nevyhovuje Nicht erfüllt Unacceptable

Příprava vzorku Vorbereitung der Probe Preparation of tested piece : Zkušebna Prüfstelle Testing laboratory

Zkušební zařízení Prüfmaschine Test machine : ZD 40

Odhylky od zkušební postupu Abweichungen aus der Prüfverfahren Deviation from testing procedure :



Poznámka Bemerkung Note	Dne Datum Date		Jméno Name Name Funkce Funktion Duty		Podpis Unterschrift Signature	
			19. 10. 2007	Jan Svoboda prac. mech. zkušebny		
		19. 10. 2007	Jiří Jud vedoucí mech. zkušebny			
Strana Seite 2 Page of	z aus 5 of	Výsledky zkoušek se vztahují pouze k uvedenému vzorku. Prüfresultate nur für aufgeführte Probe gelten. The results of tests are valid for mentioned tested piece only.		Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušebny Qualitest reprodukován jinak než celý. Keines Protokoll soll ohne schriftliche Einstimung von Qualitest Prüfstelle reproduziert sein. This report can be reproduced in incomplete form only with written agreement of Qualitest laboratory.		

Protokol o zkoušce rázem v ohybu
 Protokoll von Kerbschlagbiegeversuch
 Report of Impact test

Zákazník Kunde Client
 DOM ZO13, s.r.o., Česká Třebová

Popis vzorku Prüfstückbeschreibung Description of tested piece Číslo vzorku Prüfstück-Nr. Tested piece No
 ČSN EN ISO 15614-1 111 T BW mat.11503(1.2) t12,5mm D219mm PF 72

Zkouška rázem v ohybu Kerbschlagbiegeversuch Impact test podle nach. uct. to QT-830-001 (EN 875)

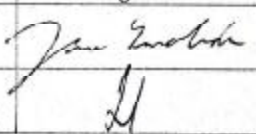
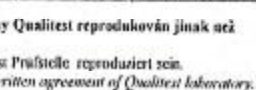
Vzorek Probe Testst. piece	Poloha Lage Position	Typ, místo a poloha vrubu Kerb-type, -lage und Position Type, place and position of notch 1,2,3,4 **	Rozměry Abmessungen Dimensions [mm]	Zkuš. teplota Prüf.temperatur Test temperature [°C]	Nárazová práce Kerbschlagarbeit Impact energy K		Vrubová houževnatost Kerbschlagzähigkeit Impact test KC [J/cm ²]
					Jednotlivé hodnoty Einzelwerte Individual values [J]	Stř. hodnota Mittelwert Average value K _{av} [J]	
72-1	q	VWT 0/2	10 x 10 x 55	-20	132, 81, 93	102	-
72-2	q	VHT 2/2	10 x 10 x 55	-20	181, 189, 178	183	-
-	-	-	-	-	-	-	-
Nejistota měření Meßungssicherheit Uncertainty of measure ***					± 1,4		

Zkoušky byly provedeny v rozsahu teplot stanovených normou. Die Proben waren in Temperaturbereich festgesetzt mit der Norm durchgeführt.
 The tests were carried out in a temperature range specified by the standard.

* l = podélná längs longitudinal q = příčná quer transversal t = tangenciální tangential tangential
 ** 1. U: Charpy U-vrub Charpy U-Kerbe Charpy U-notch
 V: Charpy V-vrub Charpy V-Kerbe Charpy V-notch
 2. W: svarový kov Schweißgut deposited metal
 H: tepelně ovliv. zóna Wärmeinflußzone heat affected zone
 3. S: rovnoběžný parallel parallel
 T: kolmý senkrecht perpendicular perpendicular
 4. a: vzdálenost vrubu od referenční linie Abstand Kerbmitte - Referenzlinie distance notch centre - reference line
 h: vzdálenost povrchu svar. spoje a povrchu tyče Abstand Nahtoberfläche - Probe distance weld surface - stick
 *** Uvedená nejistota je rozšířenou nejistotou na základě statistické odchylky násobené koeficientem k = 2, který zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95%
 Die angeführte Unsicherheit ist eine erweiterte Unsicherheit auf Grund der mit dem Koeffizient k = 2 multiplizierten mittleren Abweichung, wobei dieser Koeffizient ein Intervall der Zuverlässigkeit von ungefähr 95% garantiert.
 Present uncertainty is an extended uncertainty based on the authoritative abnormality multiplied by coefficient k = 2 which warrants an confidence interval of approximately 95%.

Příprava vzorku Vorbereitung der Probe Preparation of tested piece : Zkušebna Prüfstelle Testing laboratory
 Zkušební zařízení Prüfmaschine Test machine : PSW 30, 300 J
 Odchytky od zkušebního postupu Abweichungen aus der Prüfverfahren Deviation from testing procedure :



Poznámka Bemerkung Note	Dne Datum Date	Jméno Name Name Funkce Funktion Duty	Podpis Unterschrift Signature
	19. 10. 2007	Jan Svoboda prac. mech. zkušebny	
	19. 10. 2007	Jiří Jud vedoucí mech. zkušebny	
Strana z Seite aus Page of	Výsledky zkoušek se vztahují pouze k uvedenému vzorku. Prüfresultate nur für angegebene Probe gelten. The results of tests are valid for mentioned tested piece only.		
	Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušebny Qualitest reprodukován jinak než celý. Keines Protokoll soll ohne schriftliche Einstimung von Qualitest Prüfstelle reproduziert sein. This report can be reproduced in incomplete form only with written agreement of Qualitest laboratory.		

Protokol o zkoušce tvrdosti podle Vickerse
 Protokoll von Härteprüfung nach Vickers
 Report of Vickers hardness test

Zákazník Kunde *Client*
 DOM ZO13, s.r.o., Česká Třebová

Popis vzorku Prüfstückbeschreibung *Description of tested piece* **Číslo vzorku** Prüfstück-Nr. *Tested piece No*
 ČSN EN ISO 15614-1 111 T BW mat.11503(1.2) t12,5mm D219mm PF 72



Měření tvrdosti dle Vickerse Härteprüfung nach Vickers *Vickers hardness test* podle nach *acc. to* QT-840-001 (EN 1043-1)

Vzorek Probe <i>Tested piece</i>	Osa Achse <i>Axis</i>	Tvrdost HV 10 Härte HV 10 <i>Hardness HV 10</i>				
		ZM	TOZ	SK	TOZ	ZM
72	A	148, 150, 151	170, 165, 164	172, 179, 173	193, 197, 203	170, 160, 165
	B	151, 153, 156	187, 187, 193	169, 168, 170	175, 187, 181	160, 151, 151

Nejistota měření *Messungssicherheit* *Uncertainty of measure* * + 2

Zkoušky byly provedeny v rozsahu teplot stanovených normou. Die Proben waren in Temperaturbereich festgesetzt mit der Norm durchgeführt.
 The tests were carried out in a temperature range specified by the standard.

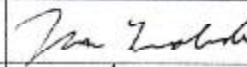
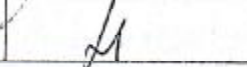
ZM = základní materiál *Grundwerkstoff* *parent base* TOZ = tepelně ovlivněná zóna *Wärmeinflusszone* *heat affected zone*
 SK = svarový kov *Schweißgut* *deposited metal*

* Uvedená nejistota je rozšířenou nejistotou na základě směrodatné odchylky násobené koeficientem $k = 2$, který zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95%.
 Die angeführte Unsicherheit ist eine erweiterte Unsicherheit auf Grund der mit dem Koeffizient $k = 2$ multiplizierten mittleren Abweichung, wobei dieser Koeffizient ein Intervall der Zuverlässigkeit von ungefähr 95% garantiert.
 Present uncertainty is an extended uncertainty based on the authoritative abnormality multiplied by coefficient $k = 2$ which warrants an confidence interval of approximately 95%.

Příprava vzorku *Vorbereitung der Probe* *Preparation of tested piece* : Zkušebna *Prüfstelle* *Testing laboratory*
 Zkušební zařízení *Prüfmaschine* *Test machine* : Struers-Planopol-2, Reichert Brivisor 62.5

Odhylky od zkušebního postupu *Abweichungen aus der Prüfverfahren* *Deviation from testing procedure* :



Poznámka <i>Bemerkung</i> <i>Note</i>	Dne <i>Datum</i> <i>Date</i>	Jméno <i>Name</i> <i>Name</i> Funkce <i>Funktion</i> <i>Duty</i>	Podpis <i>Unterschrift</i> <i>Signature</i>
Zkoušející <i>Prüfer</i> <i>Examiner</i>	19. 10. 2007	Jan Svoboda prac. mech. zkušebny	
Schválil <i>Bewillige</i> <i>Approved</i>	19. 10. 2007	Jiří Jůd vedoucí mech. zkušebny	
Strana <i>Seite</i> <i>Page</i> 4 <i>aus</i> <i>of</i> 5	Výsledky zkoušek se vztahují pouze k uvedenému vzorku. <i>Prüfergebnisse nur für aufgeführte Probe gelten.</i> <i>The results of tests are valid for mentioned tested piece only.</i>		
Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušebny Qualitest reprodukován jinak než celý. <i>Keines Protokoll soll ohne schriftliche Zustimmung von Qualitest Prüfstelle reproduziert sein.</i> <i>This report can be reproduced in incomplete form only with written agreement of Qualitest laboratory.</i>			

(2 listy)

Protokol o zkoušce makrostruktury
Protokoll von Prüfung des Makrogefüge
Report of macrostructure test

Zákazník Kunde Client
DOM ZO13, s.r.o., Česká Třebová

Popis vzorku Prüfstückbeschreibung Description of tested piece Číslo vzorku Prüfstück-Nr. Tested piece No
ČSN EN ISO 15614-1 111 T BW mat.11503(1.2) t12,5mm D219mm PF 72

Zkouška makrostruktury Prüfung des Makrogefüge Test of macrostructure podle nach acc. to QT-850-001 (EN 1321)

Vzorek Probe Tested piece	Hodnocení makrostruktury Gefügebeurteilung Structure evaluation	Zvětšení / Leptadlo Vergrößerung/Ätzmittel Magnification/Etchant	Hodnocení Bewertung Evaluation ★
72	svar dobře provedený, bez vady	2:1 / 4% nital	V

Hodnocení / přípustnost dle Bewertung / Zulässigkeit nach Evaluation / allowable acc. to * EN ISO 5817

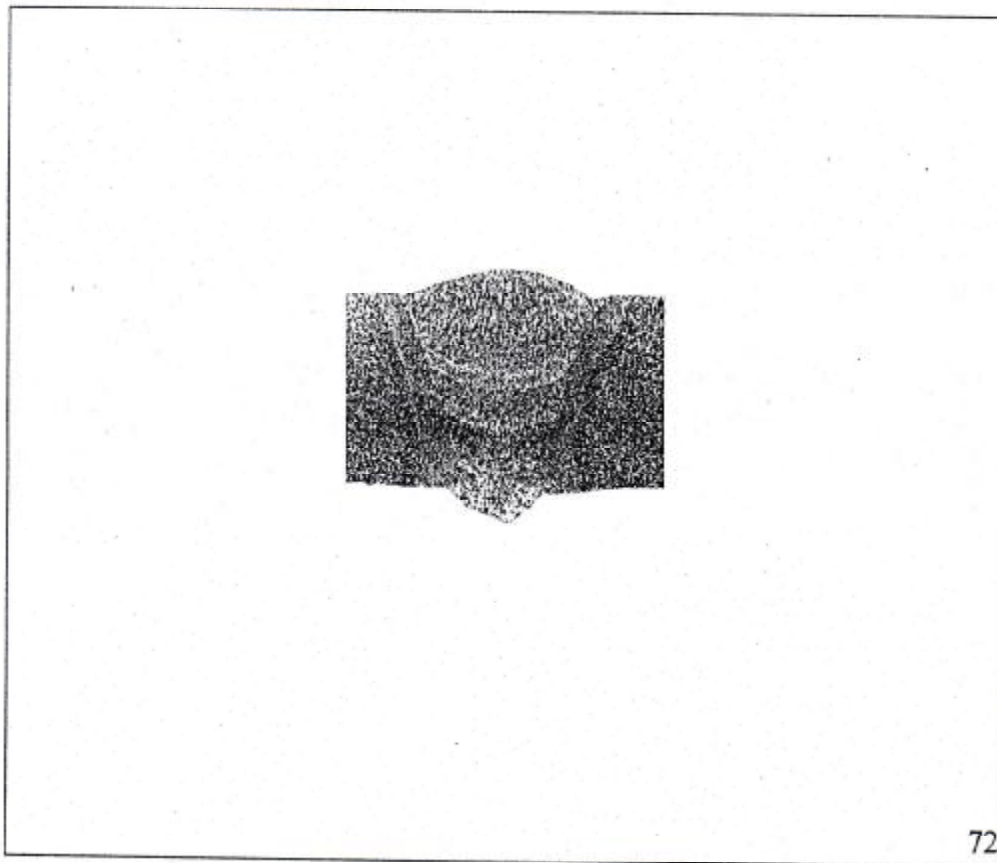
* Hodnocení je nad rámec akreditace podle EN ISO/IEC 17 025 Bewertung ist außer der Akkreditierung nach EN ISO/IEC 17 025
Evaluation is over scope of accreditation according to EN ISO/IEC 17 025
V = Vyhovuje Erfüllt Acceptable N = Nevyhovuje Nicht erfüllt Unacceptable

Příprava vzorku Vorbereitung der Probe Preparation of tested piece : Zkušebna Prüfstelle Testing laboratory
Zkušební zařízení Prüfmaschine Test machine : Struers-Planopol-2
Odchytky od zkušebního postupu Abweichungen aus der Prüfverfahren Deviation from testing procedure : --

Příloha Anlage Enclosure 1x foto



Poznámka Bemerkung Note	Dne Datum Date	Jméno Name Name Funkce Funktion Duty	Podpis Unterschrift Signature
	19. 10. 2007	Jan Svoboda prac. mech. zkušebny	
	19. 10. 2007	Jiří Jud vedoucí mech. zkušebny	
Strana z Seite aus Page of	Výsledky zkoušek se vztahují pouze k uvedenému vzorku. Prüfresultate nur für erwähnte Probe gelten. The results of tests are valid for mentioned tested piece only.		
5	Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu zkušebny Qualitest reprodukován jinak než celý. Keines Protokoll soll ohne schriftliche Zustimmung von Qualitest Prüfstelle reproduziert sein. This report can be reproduced in incomplete form only with written agreement of Qualitest laboratory.		



Příloha 15



DOM - ZO 13, s.r.o., Technická inspekce IO

Litomyšlská 1637, CZ 560 02 Česká Třebová, IČ: 252 61 908, www.domzo13.cz, ti@domzo13.cz
 Inspekční orgán č. 4021 akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s dle ČSN EN ISO/IEC 17020
 Inspection body No 4021 accredited by Czech Accreditation Institution, o.p.s. according to ČSN EN ISO/IEC 17020



ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB

Velflíkova 4, CZ 160 75 Praha 6, IČ: 683 80 704, www.cws-anb.cz, cws-anb@cws-anb.cz
 Notifikovaná osoba dle Směrnice 97/23/ES Tlaková zařízení, Příloha 1, čl. 3.1.2
 Notified body according to Directive 97/23/EC Pressure equipment, Annex 1, article 3.1.2

WPQR - Protokol o kvalifikaci postupu svařování
 WPQR - Welding procedure qualification report

Č. WPQR WPQR No	Strana Page
ZI-07-072/P01	1/5

VÝROBCE / PRODUCER

Název: Name:	STP Special Services společnost s ručením omezeným		
Sídlo: Settle:	Pardubice, ul. Hradecká 147, PSČ 530 09	IČ: ID No:	252 86 021

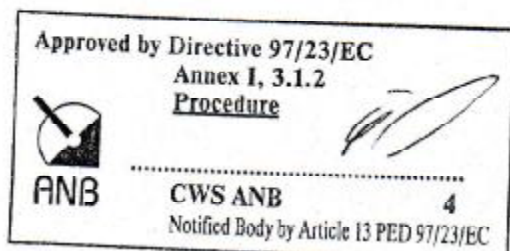
Požadavky dle (norma, předpis): Requirements according to:	ČSN EN ISO 15614-1		
Doplňkové požadavky: Additional requirements:	Směrnice 97/23/ES (PED)		
Datum svařování: Date of welding:	8.10.2007	Místo svařování: Place of welding:	Jířho Potůčka 260 Pardubice
Postup svařování výrobce č.: WPS No:	72/1	Jméno svářeče: Name of welder:	Bureš

ZÁKLADNÍ MATERIÁLY (ZM) / BASE MATERIALS (BM)

Norma; Označení Standard; Classification	ČSN 41 1503: 11 503.1	ČSN 41 1503: 11 503.1
Další označení: Other identification:	-	-
Skupina materiálů dle CR ISO 15608: Materials group according to CR ISO 15608:	1.2	1.2
Tloušťka základního materiálu (mm): Base material thickness (mm):	12.5	12.5
Vnější průměr trubky (mm): Outside tube diameter (mm):	219.0	219.0

PODMÍNKY SVAŘOVÁNÍ / WELDING CONDITIONS

Označení svar. spoje: Mark of weld joint:	72/1	Ochrana svaru (Index PM) / Množství (l.min ⁻¹): Shielding gas (WC Index) / Flow rate (l.min ⁻¹):	-
Metoda svařování: Welding process:	111	Ochrana kořene (Index PM) / Množ. (l.min ⁻¹): Backing gas (WC Index) / Flow rate (l.min ⁻¹):	-
Stupeň mechanizace: Range of mechanization:	ruční	Wolframová elektroda (Typ/Velikost): Tungsten electrode (Type/Size):	-
Druh svarového spoje: Joint type:	tupý svar na trubce	Rozkvy - šířka housenky (mm): Weaving - width of run (mm):	-
Poloha svařování: Welding position:	PF	Vzdálenost kontakt. špičky (mm): Contact tube to work distance (mm):	-
Způsob přípravy spoje: Joint preparation method:	soustružení, broušení	Sklon hořáku: Torch angle:	-
Způsob čištění: Cleaning method:	broušení, kartáčování	Údaje o pulsním svařování: Pulse welding details:	-
Další informace: Other information:	-		





DOM - ZO 13, s.r.o., Technická inspekce IO

Litomyšlská 1637, CZ 560 02 Česká Třebová, IČ: 252 61 908, www.domzo13.cz, ti@domzo13.cz

Inspekční orgán č. 4021 akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s dle ČSN EN ISO/IEC 17020
Inspection body No 4021 accredited by Czech Accreditation Institution, o.p.s. according to ČSN EN ISO/IEC 17020



ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB

Velřlíkova 4, CZ 160 75 Praha 6, IČ: 683 80 704, www.cws-anb.cz, cws-anb@cws-anb.cz

Notifikovaná osoba dle Směrnice 97/23/ES Tlaková zařízení, Příloha 1, čl. 3.1.2
Notified body according to Directive 97/23/EC Pressure equipment, Annex 1, article 3.1.2

WPQR - Protokol o kvalifikaci postupu svařování WPQR - Welding procedure qualification report

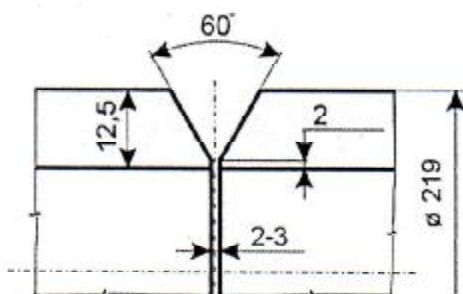
Č. WPQR WPQR No	Strana Page
ZI-07-072/P01	2/5

PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY (PM) / WELDING CONSUMABLES (WC)

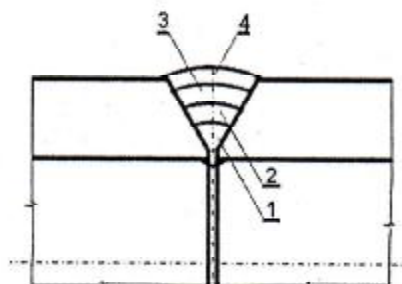
Index PM WC Index	Typ Type	Norma: Označení Standard: Classification	Značka (obchodní název) Trade mark	Výrobce Producer	Režim sušení Drying regime
A	obalená elektroda	EN ISO 2560-A: E 42 4B 42 H5	OK 48.00	Esab	100°C 1hod+ 300° C 2hod
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-

PODROBNOSTI O PRŮBĚHU SVAŘOVÁNÍ / DETAILS OF WELDING

SCHÉMA SPOJE / JOINT DESIGN



POSTUP SVAŘOVÁNÍ / WELDING SEQUENCE



PARAMETRY SVAŘOVÁNÍ / WELDING DATA

Vrstva/ housenka Layer/ Run	Metoda svařování Welding process	Index PM WC Index	Rozměr PM WC Size (mm)	Druh proudu/polarita Type of current/Polarity	Proud Current (A)	Napětí Voltage (V)	Postupová rychlost Travel speed (mm·s ⁻¹)	Způsob přenosu kovu Weld metal transfer	Tepelný příkon Heat input (kJ·mm ⁻¹)
1	111	A	2,5	=/+	65-70	-	-	-	-
2	111	A	2,5	=/+	75-85	-	-	-	-
3	111	A	3,2	=/+	110-120	-	-	-	-
4	111	A	3,2	=/+	100-110	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Další informace:
Other information: Svařovací zdroj: -

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ (TZ) / HEAT TREATMENT (HT)

PŘI SVAŘOVÁNÍ / DURING WELDING

PO SVAŘOVÁNÍ / POSTWELDING (PWHT)

Teplota předehřevu (°C): Preheat Temperature (°C):	-	Rychlost ohřevu (°C/min): Heating rate (°C/min):	-
Teplota interpass (°C): Interpass Temperature (°C):	-	Výdrž: Teplota (°C) / Čas (min): Holding: Temp. (°C) / Time (min):	-
Dohřev: Teplota (°C) / Čas (min): Post-Heat: Temp. (°C) / Time (min):	-	Rychlost ochlazování (°C/min): Cooling rate (°C/min):	-
Další informace: Other information:	-	Další informace: Other information:	-



DOM - ZO 13, s.r.o., Technická inspekce IO

Litomyšlská 1637, CZ 560 02 Česká Třebová, IČ: 252 61 908, www.domzo13.cz, ti@domzo13.cz

Inspekční orgán č. 4021 akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s dle ČSN EN ISO/IEC 17020
Inspection body No 4021 accredited by Czech Accreditation Institution, o.p.s. according to ČSN EN ISO/IEC 17020



ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB

Velřilíkova 4, CZ 160 75 Praha 6, IČ: 683 80 704, www.cws-anb.cz, cws-anb@cws-anb.cz

Notifikovaná osoba dle Směrnice 97/23/ES Tlaková zařízení, Příloha 1, čl. 3.1.2

Notified body according to Directive 97/23/EC Pressure equipment, Annex 1, article 3.1.2

WPQR - Protokol o kvalifikaci postupu svařování WPQR - Welding procedure qualification report

Č. WPQR WPQR No	Strana Page
ZI-07-072/P01	3/5

VÝSLEDKY ZKOUŠEK / TESTS RESULTS

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY / NON DESTRUCTIVE TESTS

Zkouška Test	Prováděcí předpis Execution standard	Požadavek dle Requirement acc. to	Protokol (vystavil: číslo) Protocol (issued by: No)	Výsledek zkoušky Test result
Vizuální kontrola	ČSN EN 970	ČSN EN ISO 5817, ČSN EN ISO 15614-1	DOM-ZO 13, s.r.o.: ZI-07-070/VT01	Vyhovující Acceptable
Radiografická zkouška	ČSN EN 1435	ČSN EN 12517, ČSN EN ISO 15614-1	Qualitest s.r.o. Pardubice : 0019/2007	Vyhovující Acceptable
Zkouška na povrchové trhliny	ČSN EN 571-1	ČSN EN ISO 15614-1 ČSN N 1289 KS 2X	Qualitest s.r.o. Pardubice : 0019/2007	Vyhovující Acceptable

DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY / DESTRUCTIVE TESTS

Název zkoušky: Test: PŘÍČNÁ ZKOUŠKA TAHEM / TRANSVERSE WELD TENSILE TEST							
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 895				Protokol (vystavil: č.): Protocol (issued by: No): Qualitest s.r.o. Pardubice protokol č 471			
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN 41 1503: 11 503.1				Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable			
Vzorek Specimen	Teplota Temperature (°C)	Průřez Cross section (mm ²)	Re (N.mm ⁻²)	Rm (N.mm ⁻²)	A (%)	Z (%)	Místo porušení Fracture location
Kritérium: Criteria:	23±5	-	-	490-630	-	-	-
72-A	23±5	-	-	508	-	-	ZM
72-B	23±5	-	-	510	-	-	ZM
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Název zkoušky: Test: ZKOUŠKA LÁMAVOSTI / BEND TEST						
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 910				Protokol (vystavil: č.): Protocol (issued by: No): Qualitest s.r.o. Pardubice protokol č 471		
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN EN ISO 15614-1				Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable		
Vzorek Specimen	Teplota Temperature (°C)	Ø trnu Former (mm)	Úhel ohybu Bending angle (°)	Tažená strana Bending side	Výsledek Result	Poznámky Remarks
Kritérium: Criteria:	23±5	40(4t)	180	-	-	
72-1	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady
72-2	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady
72-3	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady
72-4	23±5	40	180	boční ohyb	vyhovuje	bez vady

**DOM - ZO 13, s.r.o., Technická inspekce IO**

Litomyšlská 1637, CZ 560 02 Česká Třebová, IČ: 252 61 908, www.domzo13.cz, ti@domzo13.cz

Inspekční orgán č. 4021 akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s dle ČSN EN ISO/IEC 17020
Inspection body No 4021 accredited by Czech Accreditation Institution, o.p.s. according to ČSN EN ISO/IEC 17020**ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB**

Velflíkova 4, CZ 160 75 Praha 6, IČ: 683 80 704, www.cws-anb.cz, cws-anb@cws-anb.cz

Notifikovaná osoba dle Směrnice 97/23/ES Tlaková zařízení, Příloha 1, čl. 3.1.2

Notified body according to Directive 97/23/EC Pressure equipment, Annex 1, article 3.1.2

WPQR - Protokol o kvalifikaci postupu svařování WPQR - Welding procedure qualification report	Č. WPQR WPQR No	Strana Page
	ZI-07-072/P01	4/5

Název zkoušky: Test: ZKOUŠKA RÁZEM V OHYBU / IMPACT TEST							
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 875			Protokol (vystavil: č.): Protocol (issued by: No): Qualitest s.r.o. Pardubice protokol č 471				
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN 41 1503: 11 503.1			Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable				
Vzorek Specimen	Teplota Temperature (°C)	Umístění vrubu Notch location	Jednotlivé hodnoty Individual values (J)			Průměr Average (J)	Poznámky Remarks
Kritérium: Criteria:	-20	-	-	-	-	min.27	
72-1	-20	VWT 0/2	132	81	93	102	-
72-2	-20	VHT 2/2	181	189	178	183	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Název zkoušky: Test: ZKOUŠKA TVRDOSTI / HARDNESS TESTING									
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 1043-1, HV10			Protokol (vystavil: č.): Protocol (issued by: No): Qualitest s.r.o. Pardubice protokol č 471						
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN EN ISO 15614-1			Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable						
Kritérium: Criteria: max. 380									
Vzorek Specimen	max. ZM BM	max. TOO HAZ					max. SK WM	max. TOO HAZ	max. ZM BM
72 A	150	173					175	198	165
72 B	153	189					169	181	154
-	-	-					-	-	-

Název zkoušky: Test: MAKROSKOPICKÁ KONTROLA / MACROSCOPIC EXAMINATION		
Prováděcí předpis: Execution standard: ČSN EN 1321		Protokol (vystavil: č.): Protocol (issued by: No): Qualitest s.r.o. Pardubice protokol č 471
Požadavek dle: Requirement acc. to: ČSN EN ISO 15614-1 ČSN EN ISO 5817		Výsledek zkoušky: Test result: Vyhovující / Acceptable
Kritérium: Criteria: Vady na zkušebnímu kusu se pohybují v rozsahu stanoveném stupněm jakosti „B“, kromě těchto vad: nadměrné převýšení tupého/koutového svaru, překročení velikosti koutového svaru a nadměrné převýšení kořene, které mohou být ve stupni jakosti „C“.		
Vzorek Specimen	Výsledek Result	Poznámky Remarks
72/1	Vyhovující / Acceptable	



DOM - ZO 13, s.r.o., Technická inspekce IO

Litomyšlská 1637, CZ 560 02 Česká Třebová, IČ: 252 61 908, www.domzo13.cz, ti@domzo13.cz



Inspekční orgán č. 4021 akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s dle ČSN EN ISO/IEC 17020
Inspection body No 4021 accredited by Czech Accreditation Institution, o.p.s. according to ČSN EN ISO/IEC 17020



ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB

Velřlíkova 4, CZ 160 75 Praha 6, IČ: 683 80 704, www.cws-anb.cz, cws-anb@cws-anb.cz

Notifikovaná osoba dle Směrnice 97/23/ES Tlaková zařízení, Příloha 1, čl. 3.1.2
Notified body according to Directive 97/23/EC Pressure equipment, Annex 1, article 3.1.2

WPQR - Protokol o kvalifikaci postupu svařování WPQR - Welding procedure qualification report	Č. WPQR WPQR No	Strana Page
	ZI-07-072/P01	5/5

POTVRZENÍ / AFFIRMATION

Výsledky zkoušek jsou vyhovující.

Test results meet all requirements.

Ing. Rudolf Hejl
 12.11.2007

Inspekci provedl a protokol vystavil: 12.11.2007 / Ing. Rudolf Hejl /
Inspection performed and Protocol produced by:

Razítko, datum, jméno a podpis inspektora
Stamp, Date, Inspector's Name and Signature

Potvrzuje se, že zkušební svary byly uspokojivě připraveny, svařovány a zkoušeny v souladu s podmínkami výše uvedených předpisů a zkušebních norem.

This is to certify that the preparing, welding and testing of these welds conform to the conditions and requirements of the regulations and standards given above.

ZKUŠEBNÍ ORGÁN / TEST BODY

VÝROBCE / MANUFACTURER	ZKUŠEBNÍ ORGÁN / TEST BODY
Razítko: Stamp: Podpis: Signature Jméno: Name: Funkce: Function: Datum: Date:	Razítko: Stamp: Podpis: Signature: Schválil-jméno: Authorized by-name: Funkce: Function: Datum: Date: Ing. Stanislav Šimčík vedoucí Inspekčního orgánu 12.11.2007

