

Stanovení technologického postupu svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny

Bc. Marek Velecký

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek Velecký**
Osobní číslo: **T16627**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení technologického postupu svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie na dané téma
2. Výkresová dokumentace a zhotovení 3D modelu
3. Vypracování postupu svařování a WPS dle WPQR
4. Výroba a kontrola radiálního výstupního hrdla
5. Zhodnocení a diskuze

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2018

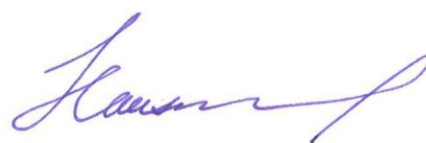
Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Marek Velecký

Obor: knVI

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 26. 04. 2018

Marek Velecký

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá stanovením technologického postupu svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny. Teoretická část této práce je rozdělena do tří hlavních částí, kde v první části jsou popsány parní turbíny a výstupní hrdla a druhá část je zaměřena na svařování, metody svařování, typy svarů a třetí část popisuje nedestruktivní zkoušení svarových spojů.

Praktická část této práce je přímo zaměřena na stanovení technologického postupu svařování a samotné svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny. Pro samotný proces svařování byla vytvořena svařovací mapa a pro svařovací personál byl vytvořen svařovací postup. Na závěr praktické části proběhlo nedestruktivní zkoušení svarových spojů a vystavení protokolů o nedestruktivním zkoušení.

Klíčová slova: Parní turbína, výstupní hrdlo, svařování, nedestruktivní zkoušení.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the determination of the technological process of welding of the radial exhaust casing of the steam turbine. The theoretical part of this thesis is divided into three main parts, where the first part describes steam turbines and exhaust casing and the second part is focused on welding, welding methods, types of welds and the third part describes the non-destructive testing of weld joints.

The practical part of this work is focused directly on the determination of the technological process of welding and the welding of the radial exhaust casing of the steam turbine. A welding map was created for the welding process and a welding procedure was created for welding personnel. At the end of the practical part, a non-destructive testing of weld joints and exposure of non-destructive protocols was carried out.

Keywords: Steam turbine, exhaust casing, welding, non-destructive testing.

PODĚKOVÁNÍ:

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce, **Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D.** za jeho odborné vedení a poznatky, **Ing. Pavlu Klonovi**, svařovacímu inženýru, rovněž za odborné vedení a poznatky při zpracování této práce a velké díky také patří mé rodině za trpělivost, pomoc a podporu po celou dobu mého studia.

PROHLÁŠENÍ:

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

Ve Zlíně 26. 04. 2018

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PARNÍ TURBÍNA	12
1.1 HISTORIE.....	12
1.2 ZÁKLADNÍ PRINCIP A ROZDĚLENÍ	13
1.3 OBECNÉ POŽADAVKY NA PARNÍ TURBÍNY.....	15
1.4 PŘEHLED MODELŮ VÍCESTUPŇOVÝCH PARNÍCH TURBÍN	17
1.4.1 Protitlakové parní turbíny typové řady G.....	18
1.4.2 Kondenzační turbíny typové řady V	21
1.5 STAVEBNICOVÝ SYSTÉM	23
1.6 TURBÍNY S REGULOVANÝMI A NEREGULOVATELNÝMI ODBĚRY PÁRY	25
1.7 VÝSTUPNÍ HRDLA	26
2 SVAŘOVÁNÍ	28
2.1 TEORIE VZNIKU SVAROVÉHO SPOJE	28
2.2 ROZDĚLENÍ METOD SVAŘOVÁNÍ	30
2.2.1 Hlavní metody svařování	34
2.3 PRACOVNÍ POLOHY.....	35
2.4 ELEKTRICKÝ OBLOUK.....	35
2.5 OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ V OCHRANNÝCH ATMOSFÉRÁCH	38
2.5.1 Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním/aktivním plynu – 131/135 (MIG/MAG).....	38
3 ZKOUŠKY SVAROVÝCH SPOJŮ	41
3.1 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ SVAROVÝCH SPOJŮ.....	41
3.1.1 Vizuelní kontrola.....	41
3.1.2 Penetrační (kapilární) zkouška	42
3.1.3 Magnetická zkouška.....	43
3.1.4 Zkouška prozářením	44
3.1.5 Ultrazvuková zkouška	44
4 SHRUTÍ	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	47
5 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A ZHOTOVENÍ 3D MODELU	48
5.1 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	48
5.2 3D MODEL SPODNÍHO DÍLU RADIÁLNÍHO VÝSTUPNÍHO HRDLA	49
5.3 3D MODEL HORNÍHO DÍLU RADIÁLNÍHO VÝSTUPNÍHO HRDLA.....	51
6 POŽADAVKY NA VÝROBU VÝSTUPNÍHO HRDLA	53
6.1 TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ	56
6.2 SVAŘOVACÍ MAPA	57
7 RADIÁLNÍ VÝSTUPNÍ HRDLO PARNÍ TURBÍNY	58

7.1	SPODNÍ DÍL	59
7.2	HORNÍ DÍL	62
7.3	SESTAVA	64
8	NDT KONTROLY SVARŮ	66
8.1	VYHODNOCENÍ NDT KONTROL	66
	DISKUZE	68
	ZÁVĚR	69
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	75
	SEZNAM TABULEK	78
	SEZNAM PŘÍLOH	79

ÚVOD

Svařování je nenahraditelnou technologií v mnoha průmyslových oborech a v mnoha případech ji nelze nahradit žádnou jinou metodou k vytvoření nerozebíratelného spoje. Používá se ve strojírenském průmyslu, elektrotechnice, výrobě průmyslových konstrukcích a mnoha dalších oborech. [12]

Svařování je definováno jako nerozebíratelné spojení dvou materiálů s použitím tepla a teploty tavení daného materiálu nebo tlakové deformace dílů. Svařování může probíhat s nebo bez přídavného materiálu. [12]

Diplomová práce se zabývá různými metodami svařování, avšak pro svaření radiálního výstupního hrdla byla jako nejvhodnější zvolena metoda 135 (MAG – Metal Active Gas). Tato metoda patří k nejrozšířenějším metodám při výrobě ocelových konstrukcí, strojního zařízení, tlakových nádrží a potrubí.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena přímo na svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny. Byly vytvořeny dokumenty jako technologický postup svařování a svařovací mapa, které budou sloužit pro svářeče a svářečský a inspekční personál jako orientační dokumenty kontroly a kvality svarových spojů.

Mezi tyto dokumenty mimo jiné patří WPS (welding procedure specification) – specifikace postupu svařování, protokoly o nedestruktivním zkoušení svarových spojů, požadavky na svařování a normy jako příprava svarových ploch, požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů, hodnocení kvality svarových spojů, a jiné.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PARNÍ TURBÍNA

Hlavní komponentou tepelné elektrárny je parní turbína. Slouží jako hnací zařízení (motor). Hlavní využití nalézá ve výrobě elektřiny v elektrárnách, ale též slouží jako hnací jednotka pro pohon lodí, kompresorů, čerpadel nebo velkých strojů v papírenském a cukrovarském průmyslu. [11, 14, 15]

1.1 Historie

Parní turbína nahradila svého předchůdce – parní stroj, jehož objev se připisuje Jamesi Wattovi, který svůj první fungující parní stroj postavil v roce 1774, a odstartoval tak průmyslovou revoluci a období nazývané „Století páry“. Používal se jako pohon strojů, čerpadel a také v dopravě – parní lokomotiva. Nedovoloval však výrobu elektrické energie.

Tento nedostatek odstranil jeho nástupce – parní turbína. Oproti parnímu stroji měla i další výhody – umožňuje realizovat stroj velkého výkonu, dosáhnout vyšší tepelné účinnosti (díky možnosti použít vysoké tlaky a teploty páry na vstupu) a v neposlední řadě využít výstupní páry pro vytápění měst a obcí. [11, 14, 15]

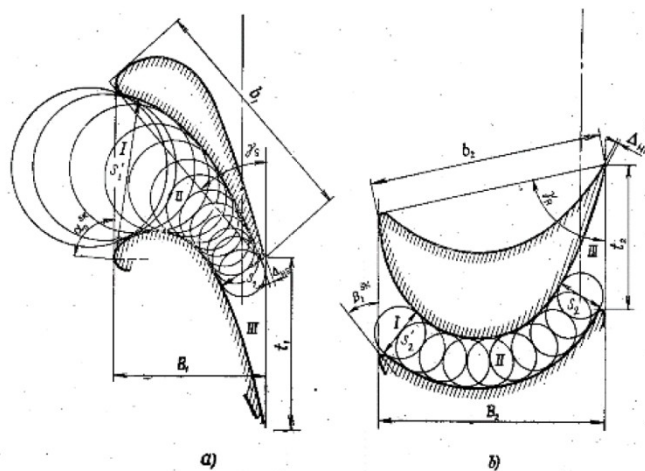
První parní turbína byla sestrojena v roce 1883 švédským inženýrem C. G. De Lavallem. Jen jeden rok poté byla představena turbína přetlakového provedení Angličanem Ch. A. Parsonsem. První sestrojené turbíny se vyznačovaly vysokými otáčkami (25000 – 27000 ot/min) a velmi nízkými výkony v řádu jednotek až desítek kW. [11, 14, 15]

Cílem dalších let bylo samozřejmě zvyšování výkonu a účinnosti, v polovině dvacátého století se výkony pohybovaly běžně mezi 50 až 100 MW. Se vzrůstajícím výkonem přibývaly také problémy. Zvyšování vstupních teplot a tlaků, snižování tlaků v kondenzátorech si žádalo vyvíjení nových žárovevných materiálů s vysokou pevností, nových technologií tepelného zpracování. S rozvojem výpočetní techniky se otevřely široké možnosti zdokonalování turbín – grafické simulace proudění, výpočty a simulace nových profilů lopatek apod. [11, 14, 15]

Samotný výkon dnes už není limitujícím faktorem. Bylo by možné sestrojít turbínu i o výkonu až 4000 MW, na takový výkon ale v blízké době nelze čekat poptávku. Takové koncentrace výkonů nejsou žádoucí z důvodů velikosti celkového instalovaného výkonu ani z hlediska zdroje chladicí vody pro kondenzátory. [11, 14, 15]

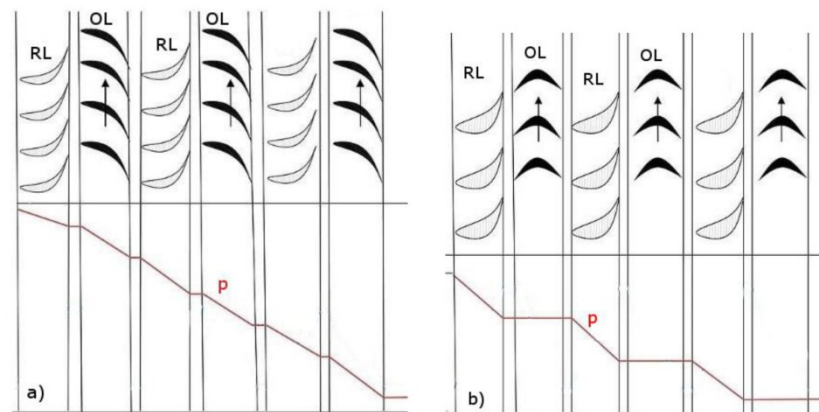
1.2 Základní princip a rozdělení

Jedná se o rotační lopatkový parní motor. Jeho podstatou je transformace tlakové a kinetické energie páry, která se přivádí z parního kotle, na energii mechanickou (rotace hřídele), která se dále v elektrickém generátoru mění na energii elektrickou nebo se používá pro pohon strojů. Princip transformace je následující. – do parní turbíny se z parního kotle přivádí vodní pára o vysokém tlaku a teplotě do prostoru turbíny, kde dojde k expanzi v jednom nebo několika turbínových stupních. Každý turbínový stupeň se skládá z rozváděcího a oběžného kola. Rozváděcí lopatky umístěné v rozváděcím kole se nepohybují, zatímco pohyblivé oběžné lopatky jsou spojeny s rotorem. Lopatky rozváděcího a oběžného kola mají rozdílný tvar. [11, 14, 15]



Obr. 1. Tvar rozváděcích (a) a oběžných (b) lopatek [11]

V lopatkách rozváděcího kola díky tvaru rozváděcích lopatek dojde k zakřivení směru proudění páry, která dopadá pod optimálním úhlem na lopatky oběžného kola. Jejich tvar způsobuje nárůst obvodové složky rychlosti ve směru rotace oběžného kola. Vlivem tvaru oběžných lopatek se dopadající proud páry mění na mechanickou energii, která otáčí rotorem. Zvýšením rychlosti páry v rozváděcích lopatkách, které je dáno zužujícím se mezilopatkovým kanálem, musí podle Bernoulliho rovnice dojít k poklesu tlaku, a důsledkem toho k expanzi a poklesu teploty. Pokud se tlak snižuje pouze v rozváděcím kole a nikoli v kole oběžném, jedná se o stupeň rovnotlaký. Pokud pára expanduje i v oběžném kole, mluvíme o stupni přetlakovém. Lopatky oběžného kola rovnotlakého stupně mají oproti oběžným lopatkám stupně přetlakového odlišný tvar. Mezilopatkový kanál rovnotlakého stupně má konstantní průřez, proto v něm nedochází k urychlování proudu ve směru toku páry, a tedy k poklesu tlaku. [11, 14, 15]



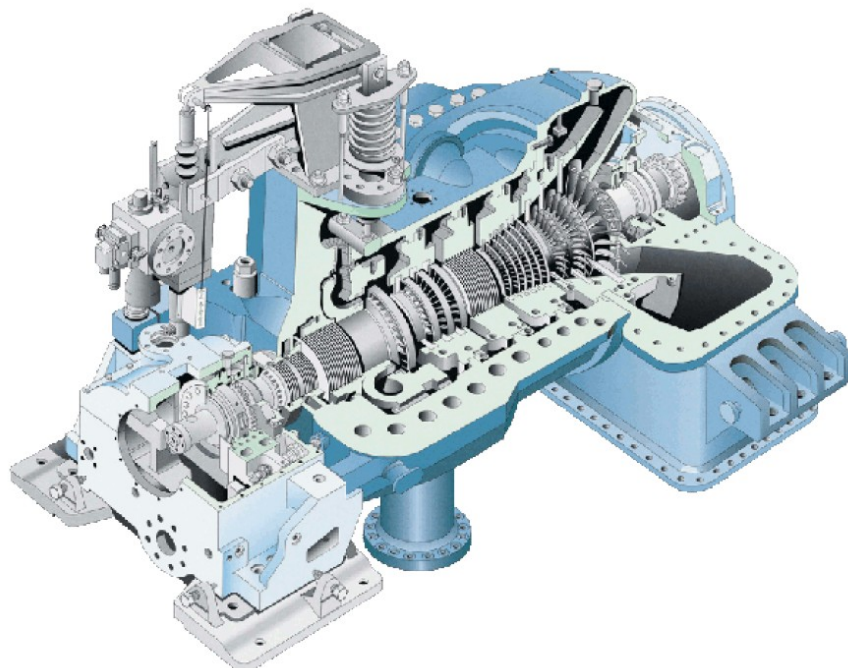
Obr. 2. Porovnání přetlakového (a) a rovnotlakého stupně (b). RL – rozváděcí lopatky, OL – oběžné lopatky, p – průběh tlaku. [11]

Podle tlaku za posledním stupněm rozlišujeme dva druhy turbín – kondenzační a protitlaké. Oba dva druhy turbín mohou být doplněny odběrem páry pro další účely. Kondenzační turbína je nejčastější typ pro elektrárenské bloky velkých výkonů. Pára na konci expanze má nízký tlak (jednotky kPa), ochladí se v kondenzátoru a dále pokračuje přes další zařízení zpět do kotle. V případě turbíny protitlaké má pára opouštějící turbínu vyšší tlak než atmosférický. Množství páry je dáno potřebami odběratele tepla. Pára z turbíny nepokračuje do kondenzátoru, ale vede se potrubím ke spotřebiteli tepla, např. pro vytápění domácností (přes tepelné výměníky). Tento typ turbíny se proto využívá v teplárnách. Kombinaci výroby tepla a elektrické energie umožňuje turbína s regulovaným odběrem páry. V letním období může být provozována jako kondenzační, zatímco v zimě čistě protitlaková. [11, 14, 15]

Parní turbína, tak jako každé jiné strojní zařízení, má určitou omezenou dobu životnosti. Životnost průtočné části parní turbíny se uvádí mezi 150 000 až 200 000 hodin, což odpovídá 22 až 30 letům provozu. Po této době je třeba zvážit, jak postupovat dál. Otázkou je, zda opravit a modernizovat původní turbínu, nebo ji celou odstavit a instalovat zcela novou. Životnost ostatních, méně namáhaných částí, ještě nemusí být zdaleka naplněna. Například životnost tělesa turbíny se udává až 700 000 hodin provozu. Proto je možné pouze některé části původní turbíny vyměnit za nové a výkonnější a zbylé části používat dalších několik let. [11, 14, 15]

1.3 Obecné požadavky na parní turbíny

Parní turbíny se používají v průmyslu a elektrárnách k pohonu turbogenerátorů, turbokompresorů, čerpadel a dalších rotačních strojů. Přitom je využívána vysoká rentabilita společné výroby elektřiny a tepla (kogenerace) v protitlakovém nebo odběrovém kondenzačním provozu. Tato rentabilita spočívá v nízké spotřebě tepla na 1 kWh (jen 4200-5000 kJ/kWh) vyrobenou protitlakovou nebo odběrovou parou, protože kondenzační teplo výstupní páry je používáno k varným, ohřevným a sušícím pochodům v průmyslové výrobě, a tím se bez užitku neztrácí v chladicím médiu (ve vodě nebo ve vzduchu). Možno také využít odpadního tepla, které vzniká při chladicích pochodech a pomocí kondenzačních turbín je přeměnit v pohonnou mechanickou energii nebo je využít k výrobě elektřiny. [10]



Obr. 3. Model parní turbíny [11]

Parní turbíny přitom musí být přizpůsobeny a optimalizovány pro dané podmínky výrobního procesu. Počet a rozsah parametrů, které při tom nutno brát v úvahu je velký:

- tlaky vstupní páry mezi 1,5 až 200 bar
- teploty vstupní páry mezi 125 až 575 °C
- protitlaky v rozmezích vysokého vakua až 70 bar
- odběrové tlaky mezi 0,7 až 70 bar

- jeden nebo dva regulované odběry páry
- zpracovatelné tepelné spády mezi 100 až 1400 kJ/kg
- počet pracovních otáček rotorů mezi 2900 až 16000 ot/min
- výkony i nad 100 MW

Na druhé straně je však z výrobních i provozních důvodů účelné používat pokud možno standardní typy turbín. Nemůžeme-li toho dosáhnout, používáme alespoň stejné a vyzkoušené komponenty (stavebnicové moduly), proto se již dříve začaly vyrábět řady normovaných menších stavebnicových modulů a částí, jako jsou zabezpečovací a regulační zařízení, labyrintové ucpávky, ložiska, lopatkové profily a jejich závěsy tak, aby byly použitelné pro různé typy turbín. [10]

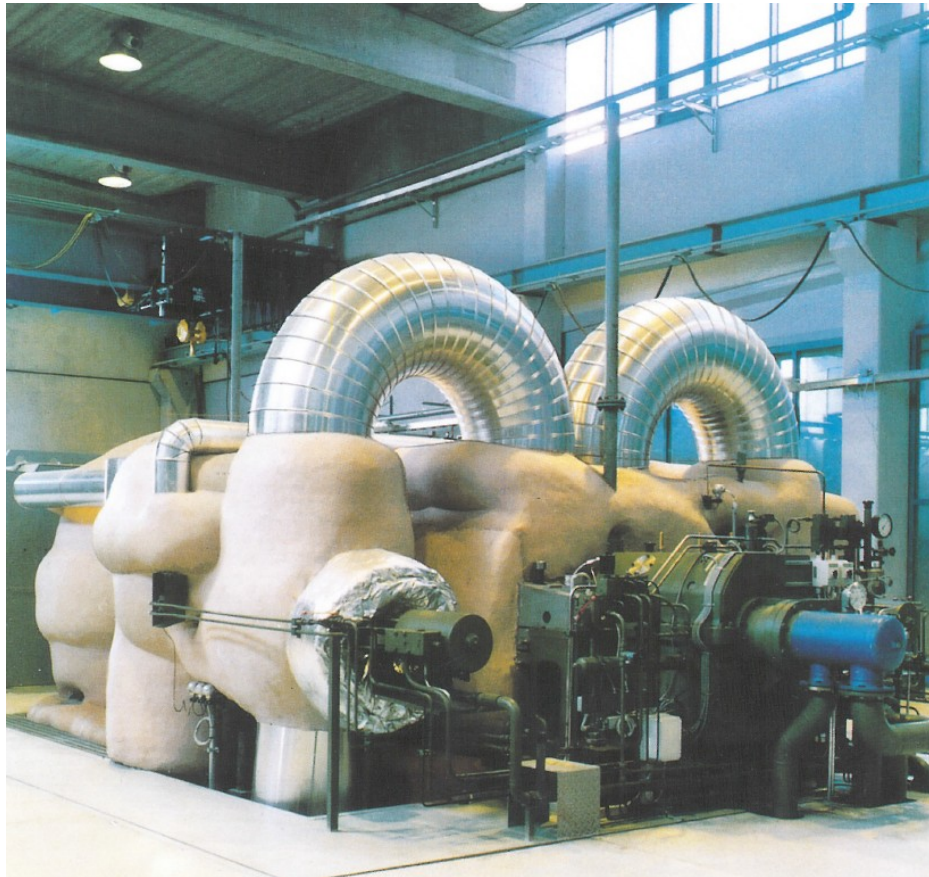
Koncem 60. let začal vývoj nových moderních turbínových řad, ve kterých byly v plné míře zohledněny mnohé výrobní a provozní zkušenosti z dosavadní výroby a aplikací průmyslových turbín. Cílem tohoto nového vývoje bylo zredukovat konstrukční a výrobní náklady pomocí stavebnicového systému a zároveň zvýšit podstatně spolehlivost turbín, zachovat dosavadní dobrou přizpůsobivost požadavkům zákazníků a co nejvíce zvýšit termodynamické účinky turbosoustrojí. [10]

Zavedený stavebnicový systém protitlakových a kondenzačních turbín umožňuje konstruktérům optimálně přizpůsobit turbíny jednoduše a přehledně i neobvyklým požadavkům zákazníků, takže konstrukční náklady mohou být podstatně redukovány. Kombinací různých velikostí ventilových bloků s turbínovými skříněmi o proměnlivé délce a s hrdly výstupní páry rozličného provedení a jmenovité světlosti byla značně zlepšena použitelnost stavebnicových modulů a zároveň zvýšena bezporuchovost a spolehlivost, ačkoli takřka každá turbína může být jiného provedení. [10]

Turbíny nových protitlakových a kondenzačních typových řad odpovídají konstrukčním zásadám, které se osvědčily a byly dále rozvíjeny po řadu let:

- vysoká tepelná elasticita dosažená použitím nosičů rozváděcích lopatek
- symetrické provedení skříně odolné tepelným deformacím
- oddělení horkých vtokových částí od vlastního tělesa turbíny
- kompaktní celokované rotory konstruované s počítačovou pomocí pro nejmenší amplitudy kmitů v celé rozběhové a provozní oblasti a vyžadované na moderním vyvažovacím zařízení. [10]

Tyto cíle byly plně dosaženy v nových typových řadách G a V. Dokazuje to více než 800 dosud vyrobených turbín této konstrukční koncepce. Jako 100% provozně spolehlivé se ukázaly regulační stupně a přetlakové bandážové lopatkování stupňové části dimenzované podle nejnovějších poznatků termodynamiky a nauky o proudění. [10]



Obr. 4. Turbosoustrojí s parní turbínou protitlakovou a dvoustupňovým ohřevem topné vody o výkonu 55 MW v paroplynové městské teplárně v Tampere-Lielahiti / Finsko [10]

1.4 Přehled modelů vícestupňových parních turbín

Jsou dvě řady parních turbín nejčastěji používané pro uspokojení potřeb a požadavků zákazníků:

1. Protitlakové turbíny typové řady G
2. Kondenzační turbíny typové řady V.

Turbíny těchto řad jsou používány k pohonu generátorů a pro mechanické pohony nejen jako jednotělesové, ale spojením dvou nebo tří těles mohou být provedeny jako dvou a třítělesové parní turboagregáty. Standardně je umožněno potřebné oboustranné spojení rotorů jednotlivých těles soustrojí. Turboagregáty mohou být v provedení s přehříváním

páry, vícestupňovým ohříváním napájecí vody parou z neregulovatelných odběrů a s různými místy regulovaných odběrů páry. Standardně jsou možná i provedení na dvojí vstupní páru. [10]

Tab. 1. Přehled hlavních parametrů parních turbín typových řad G a V [10]

Standardní rozsah parametrů		Typová řada G	Typová řada V
Vstupní pára max	MPa / °C	14/540	14/540
Protitlak max	MPa	1,6	0,1
Rozsah výkonů	MW	0,5-100	0,5-100
Rozsah otáček	ot/min.	3000-16000	3000-14000
Možnosti provedení			
Regulované odběry páry		Ano	Ano
Neregulované odběry páry		Ano	Ano
Druh konstrukce		Přetlaková	Přetlaková
Počet stupňů		Vícestupňové	Vícestupňové
Hmotnostní regulace		Ano	Ano
Škrťící regulace		Ano	Ano

1.4.1 Protitlakové parní turbíny typové řady G

Typová řada G protitlakových turbín pokrývá svými 7 modely oblast jmenovitých výkonů od 1 MW až do 100 MW. Maximální otáčky modelů standardního programu leží výše než u dvoupólových generátorů a dosahují u nejmenšího modelu 16000 ot/min. [10]

Protože jsou dnes běžné výkony přenášeny převodovými skříněmi až cca. 40 MW, je teprve od typové velikosti G 40 plánován také přímý generátorový pohon. Maximální parametry vstupní páry standardních modelů odpovídají dnes průmyslově běžným hodnotám. [10]

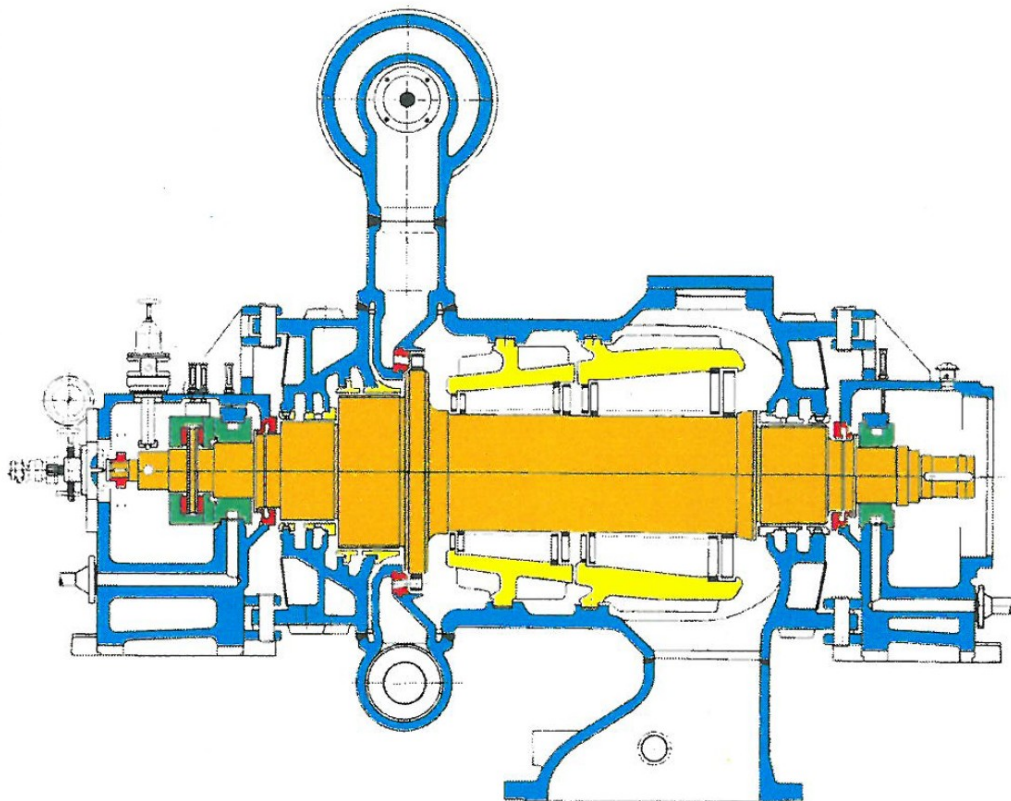
Maximální protitlak v turbínové skříni obnáší při trvalém provozu 16 bar. Od protitlaku 6 bar výše se používá odsávání labyrintových ucpávek hřídele. [10]

Modelové označení odpovídá jmenovitému průměru lopatkování v cm. Součin průměru lopatkování a maximálních otáček modelu je pro všechny turbíny přibližně konstantní a modely jsou si termodynamicky a rozměrově podobné. [10]

Maximální vstupní objem páry je ohraničen možnou plochou dýz při maximálních otáčkách daného typu, maximální výstupní objem je určen přípustnou rychlostí páry v hrdlech výstupní páry. Ta leží u vyšších tlaků níže. [10]

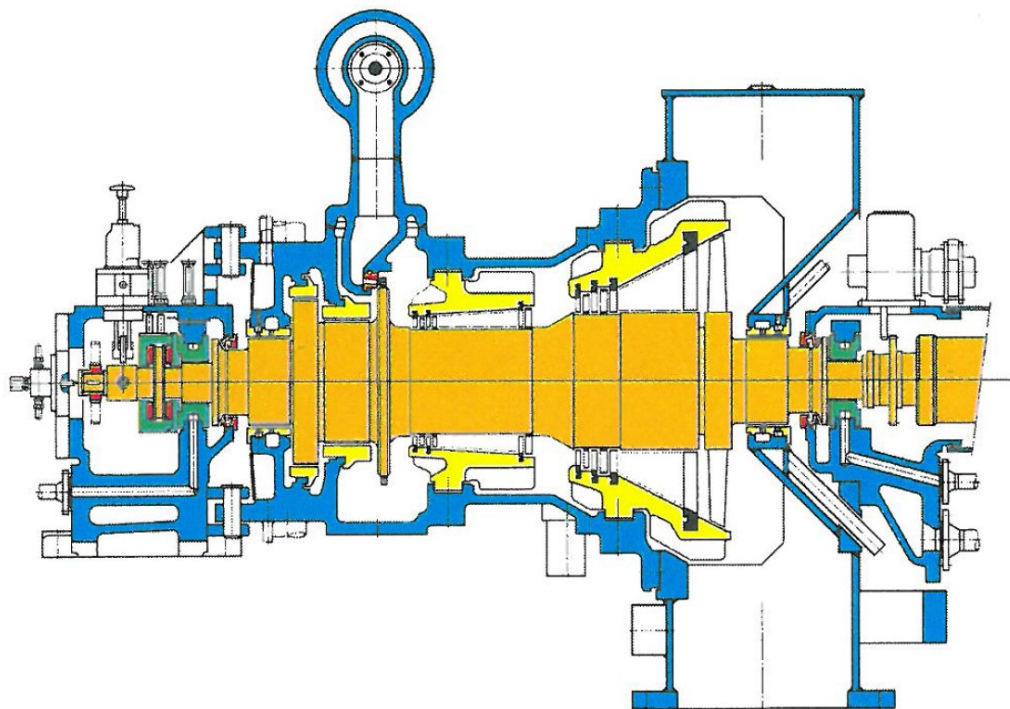
Protitlakové turbíny řady G jsou vyráběny ve vícestupňovém přetlakovém provedení s cca. 50% reakcí. Přetlakovému dílu, který je standardně dodáván s bandážovaným lopatkováním, je předřazen rovnotlakový jednouncový regulační stupeň, u přímého generátorového pohonu též dvouuncový stupeň se skupinou dýzovou (hmotnostní) regulací páry. Rozváděcí lopatkování je uloženo v tepelně pružných nosičích rozváděcích lopatek, které jsou ve skříni turbíny zavěšeny centricky. Dýzové skříně pro přívod páry do regulačního stupně jsou uspořádány odděleně a přivařeny do skříně seshora, pokud je třeba, také zdola. S ventilovým blokem, který je většinou umístěn nad tělesem turbíny, jsou spojeny navařenými hrdly, popř. potrubím. [10]

Horizontálně dělená skříň turbíny je konstruována jednoduše a symetricky. Slouží pouze k vedení páry a upevnění nosičů rozváděcích lopatek a rotorových ucpávek. Je uložena osově souměrně na obou ložiskových stojanech. Radiální středění a uložení zabraňují při všech provozních stavech odklonění osy tělesa od osy ložisek a tím od osy rotoru. Rotor turbíny je zhotoven z jednoho výkovku a je veden osově v předním ložiskovém stojanu. Zadní ložiskový stojan je volen většinou jako pevný bod, takže čep hřídele na straně výstupu páry vykazuje při spuštění jen malý axiální posuv. [10]



Obr. 6. Standardní protitlaková turbína typové řady G [10]

Kondenzační turbíny řady V jsou vyráběny ve vícestupňovém přetlakovém provedení s cca 50% reakcí. Vysokotlakému lopatkování s bandážemi je předřazen rovnotlakový regulační stupeň s jedním nebo dvěma věnci. Nízkotlakové lopatkování, které je vzhledem k odstředivé síle bandáže, má běžně tlumící dráty. Všechny řady rozváděcích lopatek jsou upevněny v nosičích, zavěšených centricky ve skříni turbíny. Dýzové skříň regulačního stupně jsou navařeny do turbínové skříň shora, pokud je třeba i zdola. S ventilovým blokem, který je většinou umístěn nad skříň turbíny, jsou spojeny navařenými hrdly, popř. potrubím. Horizontálně dělená skříň turbíny je konstruována symetricky. Svařované těleso výstupní páry je se skříň spojeno vertikální přírubou. Skříň turbíny je středěna pomocí bočních patek umístěných na tělese výstupní páry a uložena na předním ložiskovém stojanu. Radiální zakolíkování stojanu se skříň brání při všech provozních stavech odchylce osy skříň od osy ložisek rotoru. Rotor kovaný z jednoho kusu je osově veden v předním ložiskovém tělese. Uložení bočních patek hrdla výstupní páry na základové desce je axiálně pevným bodem stroje. Se standardní skříň turbíny mohou být kombinována různá hrdla výstupní páry podle jejího výstupního objemu. K provedení kondenzačního lopatkování je k dispozici více standardních skupin lopatek pro optimální přizpůsobení turbíny daným otáčkám a protitlakům. [10]



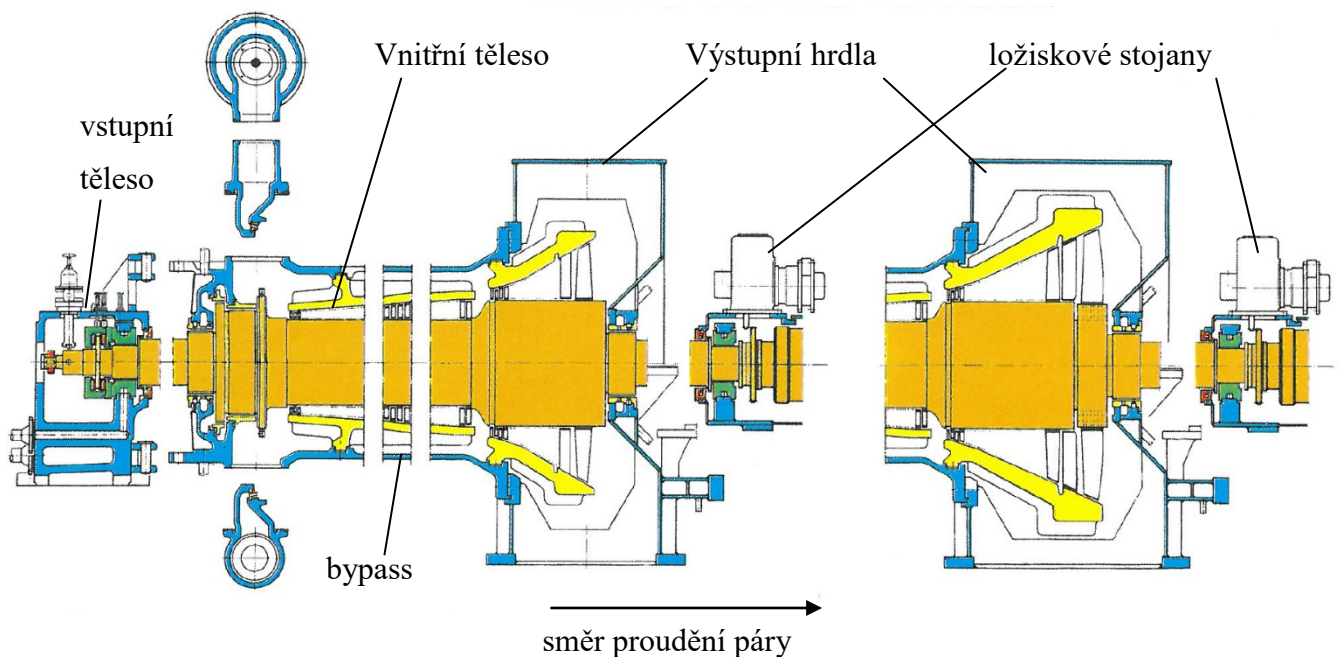
Obr. 7. Standardní kondenzační turbína typové řady V [10]

1.5 Stavebnicový systém

Hlavní rozměry parní turbíny jsou určovány mnoha parametry (stavy a množstvím vstupní páry, výkonem, otáčkami aj.). Je účelné mít takové konstrukce turbín, které je možno jednoduše přizpůsobit požadavkům zákazníka. Všeobecně se osvědčil stavebnicový systém, který splňuje požadavky hospodárné výroby a použití vyzrálých provozně bezpečných funkčních modulů a částí. [10]

Ventilové bloky vstupní páry jsou standardizovány podle jmenovitých světlostí a jmenovitých tlaků a jsou kombinovány s rozličnými skříněmi modelových řad. Podle stavu a průtokového množství vstupní páry vtéká pára do skříně shora, popř. shora i zdola. [10]

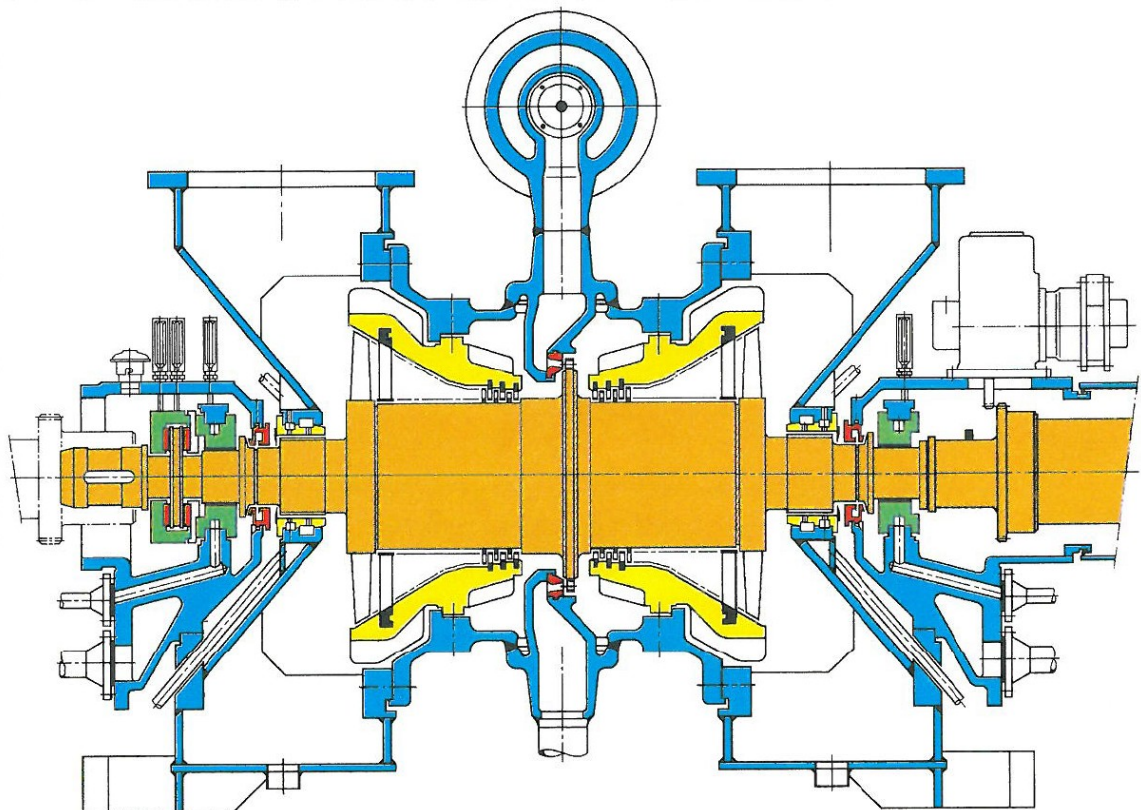
Lopatkování standardních turbín je voleno tak, že při otáčkách dotyčného typu a statisticky nejčastějším tepelném spádu je dosažen optimální stupeň účinnosti. Při nižších otáčkách (např. při kompresorovém pohonu) nebo větším teplotním spádu může být délka lopatkování (počet stupňů) postupně zvětšována mezikroužky. U protitlakových turbín jsou plánovány až čtyři prodlužovací mezikroužky. Modely turbín jsou kromě toho odstupňovány podle jmenovitého tlaku. Hrdlo výstupní páry může být na plně symetrické protitlakové skříně přivařeno dole nebo i nahoře. [10]



Obr. 8. Stavebnicové moduly skříně kondenzační turbíny s jedním prodlužovacím prstencem ve vysokotlaké části, dvěma velikostmi hrdel výstupní páry a moduly ložiskových stojanů. [10]

Řada kondenzačních turbín odpovídá výstavbou a svou systematikou řadě protitlakových turbín (systém ventilových bloků, systém skříně). Zvětšení délky lopatkování se uskutečňuje ve vysokotlaké oblasti prostřednictvím mezikroužků tělesa, v nízkotlaké oblasti rozšířením, popř. prodloužením pravoúhlé skříně výstupní páry. Je naplánováno více skříní výstupní páry, které připadají v úvahu pro různá vakua. Skříním jsou přiřazeny různé délky popř. průřezy koncového stupně lopatkování. Skříně výstupní páry mohou být podle přání provedeny s výstupem páry vzhůru. Kondenzační turbíny mohou být pomocí standardních stavebních dílů jednoduše přestavěny na dvou Proudové. Tím může být zdvojen zpracováván objem výstupní páry při daných maximálních otáčkách modelu, což je často velkou výhodou pro mechanický pohon vysokootáčkových kompresorů a čerpadel. [9]

Standardní ložiskové stojany jsou používány pro typové řady G i V. Jeden ložiskový stojan může být používán pro více velikostí turbín. Ložisková tělesa výstupní strany protitlakových strojů jsou používána také jako přední, např. při vyvedení hřídele nebo chybějícím pohonu čerpadla a regulátoru. [10]



Obr. 9. Dvou Proudová kondenzační turbína se dvěma hrdly výstupní páry orientovanými nahoru. [10]

1.6 Turbíny s regulovanými a neregulovatelnými odběry páry

Turbíny mohou být dodávány také s regulovanými odběry páry. Tyto typy umožňují odebírat páru z turbíny při určitém regulovatelném tlaku a dávat ji k dispozici odběratelům. Protože rozložení spádů turbínové části před místem odběru (vysokotlaká část) a za místem odběru (nízkotlaká část) může být podle tlakových poměrů (tlak vstupní páry, odběrový tlak, protitlak) velmi různé, musí být místo odběru na skříní turbíny stanovováno taktéž různě. [10]

Dimenzování místa odběru se řídí podle odběrového tlaku a maximálního odběrového objemu, který by u protitlakových turbín neměl překročit cca. 45 % maximálního objemu výstupní páry daného modelu, popř. 20 % u kondenzačních turbín. [10]

Maximální možná hmotnost výstupní páry, stejně jako maximální hmotnost vstupní páry jsou určovány maximálním vstupním a výstupním objemem páry daného modelu. Vestavby vyžadované pro odběr se provádějí obdobně jako u mezikroužků mezi uložení nosičů rozváděcích lopatek v turbínové skříní. [10]

Odběrové vestavby jsou opatřeny segmenty pro následující regulační stupeň nebo pro škrtící regulaci nízkotlakého dílu. Odběrové regulační ventily mohou být umístěny v horní nebo dolní části skříně, nebo v obou. Jsou ovládány pomocí hydraulických servomotorů umístěných po stranách skříně, chráněných proti horkým částem skříně. [10]

Odběry na turbínách umožňují též neregulovatelný odběr páry. Jsou používány většinou k dodávce páry do ohříváků napájecí vody, k jedno nebo vícestupňovému ohřevu turbínového kondenzátu nebo pro menší parní spotřebiče páry, u nichž je přípustné jisté kolísání tlaku nebo kde nezáleží na ztrátách škrcením v zařazených redukčních ventilech. Odběrový tlak je závislý na místě odběru z lopatkování a na výkonu turbíny, popř. na dále proudícím množství páry a klesá při chodu naprázdno až na protitlak. Při plném zatížení dosahuje nejvyšší hodnoty. [10]

Máli být přesto zásobována síť o konstantním tlaku, je zde možnost uspořádat více odběrných míst z lopatkování a pomocí automaticky pracující postupné odběrové tlakové regulační stanice otevřít právě to odběrové místo, ve kterém je ztráta tlaku mezi odběrovým tlakem v tělese a zamýšleným tlakem sítě nejnižší. [10]

1.7 Výstupní hrdla

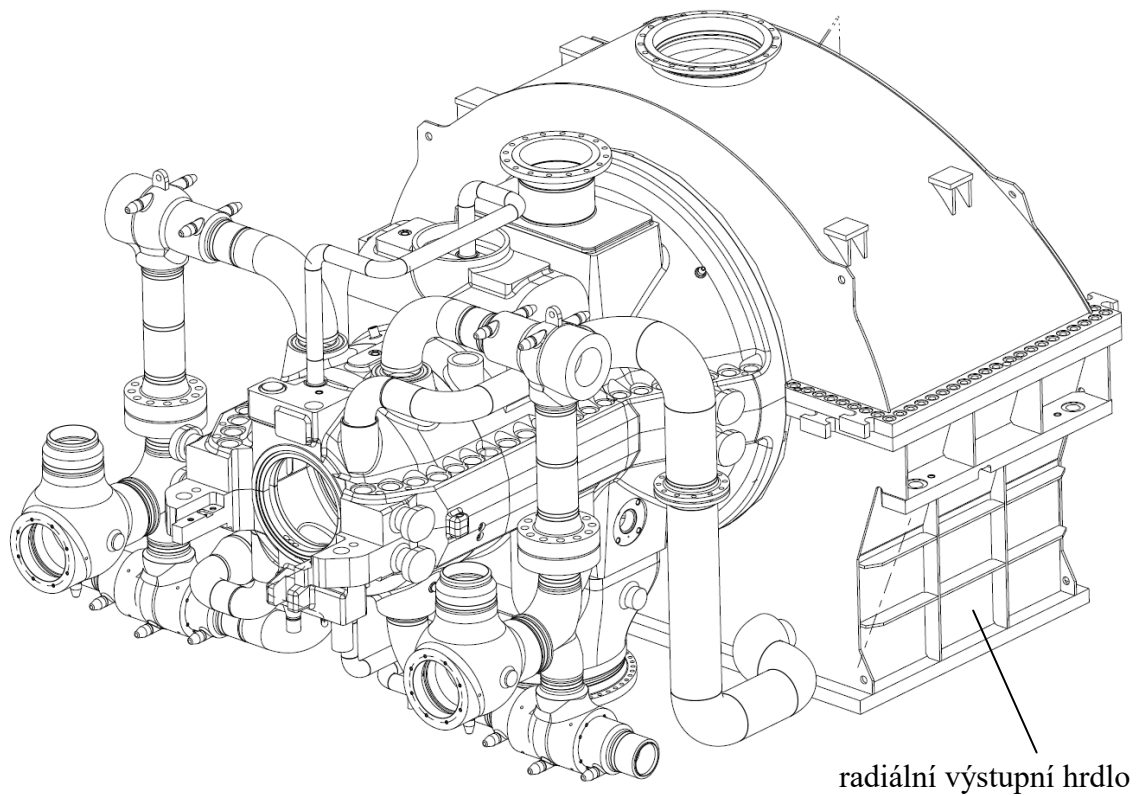
Hlavním úkolem výstupního hrdla parní turbíny je otočení proudu média, vystupujícího z posledního stupně turbíny v axiálním směru, do směru radiálního a opačně, tak aby bylo dosaženo vhodného rozložení rychlostí páry na vstupu do kondenzátoru, nebo výstupu z hrdla za vzniku co nejmenších ztrát. Vhodně zvoleným výstupním hrdlem lze dosáhnout prodloužení expanzní čáry na posledním stupni turbíny, a tedy také využít větší podíl tepelné energie obsažené v médiu. [6]

Výstupní hrdlo je z pohledu aerodynamiky poměrně složité zařízení, protože dochází ke změně směru proudu na relativně krátké dráze, což je potřeba brát při konstrukčním návrhu v úvahu, kde jednotlivé komponenty mohou zásadně ovlivnit proud, tlak i teplotu média. [6]

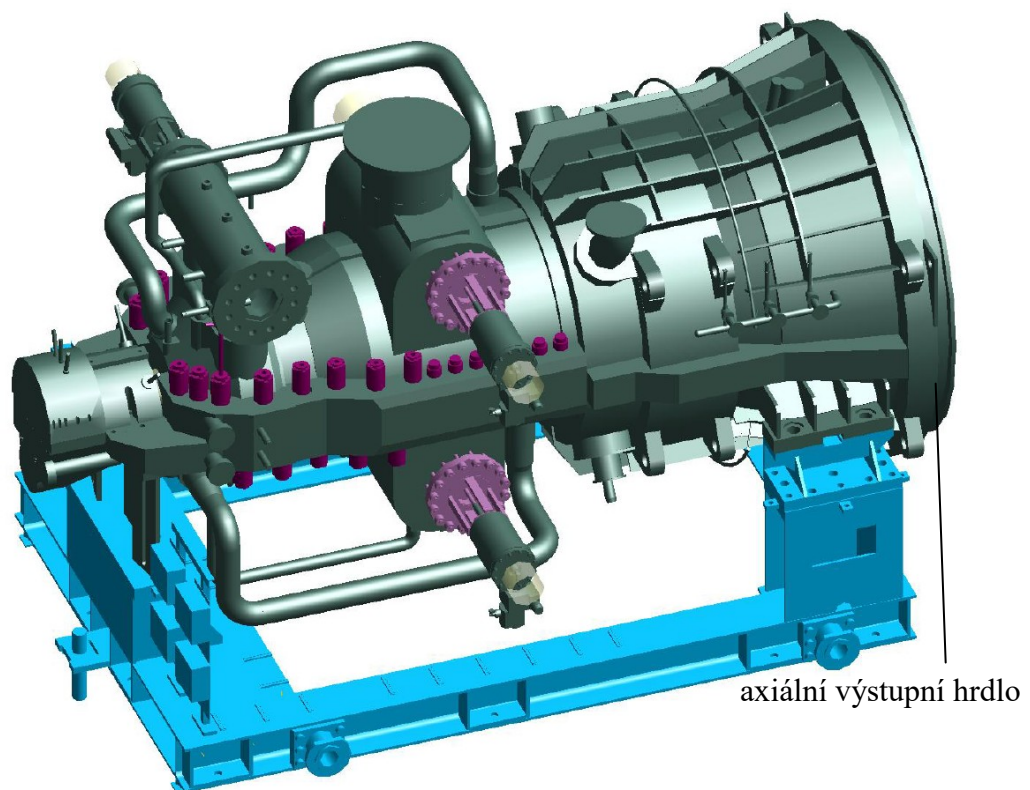
Pro průmyslové parní turbíny se nejčastěji používají dva typy výstupních hrdel, a to radiální a axiální. [6]

Protitlakové parní turbíny mají vždy radiální výstup (výstupní hrdlo), nejčastěji směrem dolů, výjimečně nahoru. Důvod je konstrukční, protože ložiskový stojan je blízko výstupu (vysoká teplota). Pára na výstupu má vyšší parametry, nejčastěji nominální tlak mezi 4 až 25 bar a teplotu 160 až 400 °C. Pára o tlaku 4 bar se běžně používá na vyhřívání v teplárnách, cukrovarech apod., a 25 bar v průmyslu – papírny, rafinerie, chemické provozy, atd. [6]

Kondenzační parní turbíny mohou mít radiální i axiální výstupní hrdlo, protože výstupní pára má nízké nominální parametry (typicky 0,02 bar, 50 °C) a kondenzuje v kondenzátoru. Radiální výstupní hrdlo je konstrukčně a výrobně jednodušší a tím i levnější. Turbína s axiálním výstupním hrdlem je uložena na základové desce bez podsklepení, tj. turbína a kondenzátor jsou na stejné nivelaci. Toto uspořádání technologie výrazně sníží náklady na stavbu budovy a zkrátí realizaci projektu. Další benefit je o málo vyšší účinnost (nižší tlakové ztráty v hrdle). Mezi nevýhody tohoto uspořádání patří vyšší cena turbíny, horší přístupnost z hlediska opravitelnosti ložiskového stojanu, ten je uložen uvnitř axiálního hrdla, dále řešení chlazení ložiskového stojanu, kde tepelná roztažnost skříně turbíny působí na kondenzátor, a jiné. [6]



Obr. 10. Parní kondenzační turbína s jedním regulovatelným odběrem a radiálním výstupním hrdlem.



Obr. 11. Parní kondenzační turbína s jedním regulovatelným odběrem a axiálním výstupním hrdlem

2 SVAŘOVÁNÍ

Svařováním vznikají působením tepla, respektive tlaku a za případného použití přídatného materiálu obdobného složení jako má základní materiál nerozebíratelná spojení strojních částí i celých konstrukcí ze součástí jednoduchých tvarů, které jsou většinou z tvářeného hutního polotovaru (tyče, pásy, plechy, trubky a jiné profily), někdy i z výkovků nebo odlitků. Takto vzniklým polotovarům říkáme svařence, resp. svarky, které se ve většině případů dále zpracovávají – zejména obráběním. Technologie výroby svařenců je zejména u složitých konstrukcí z obtížně svařitelných materiálů sice náročná, ale v konečném důsledku vede často k efektivnímu řešení, kdy z většího množství jednodušších snadno vyrobitelných dílů svaříme celek, jehož výroba by jinou technologií byla daleko materiálově i časově náročnější – nákladnější, tedy cenově méně výhodná. [2, 13]

Výhodou tohoto spojení je velká pevnost, trvanlivost a také těsnost. Svařované konstrukce jsou jednoduché a v porovnání např. s odlitky umožňují úsporu materiálu. Svařování také zvyšuje produktivitu práce, podstatně zkracuje výrobní časy a zejména v kusové a malosériové výrobě umožňuje rychlou realizaci konstrukčních návrhů. Má také nezapustitelné místo v opravárenství, neboť umožňuje renovaci funkčních částí hlavně exponovaných dílů. [2, 13]

Nevýhodou je nerozebíratelnost spojů, změna struktury a tím i mechanických vlastností svarových spojů a dále vznik vnitřních pnutí a deformací popřípadě výskyt vnitřních vad materiálů. Pro realizaci je třeba kvalifikovaných pracovníků – techniků i dělníků. [13]

Svařování se používá téměř ve všech výrobních oborech a to jak při výrobě a kompletaci nových strojů a velkých konstrukčních celků – ocelových konstrukcí, tlakových nádob, kotlů, parních generátorů, jaderných reaktorů, mostů, lodí a jiných dopravních prostředků, tak i při opravách. Jeho rychlý rozvoj zejména v minulém století umožnil realizaci řady významných projektů – mezi jinými stavby kosmických lodí a jaderných reaktorů. Postupně bylo vyvinuto velké množství metod svařování a dalších jejich modifikací, z nichž mnohé mají široké použití, jiné jsou naopak vhodné pro zcela specifické účely. [13]

2.1 Teorie vzniku svarového spoje

Svařování kovů a jeho slitin je definováno jako nerozebíratelná spojení s využitím tepelné, mechanické nebo radiační energie. Spojení nastane působením meziatomových sil

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

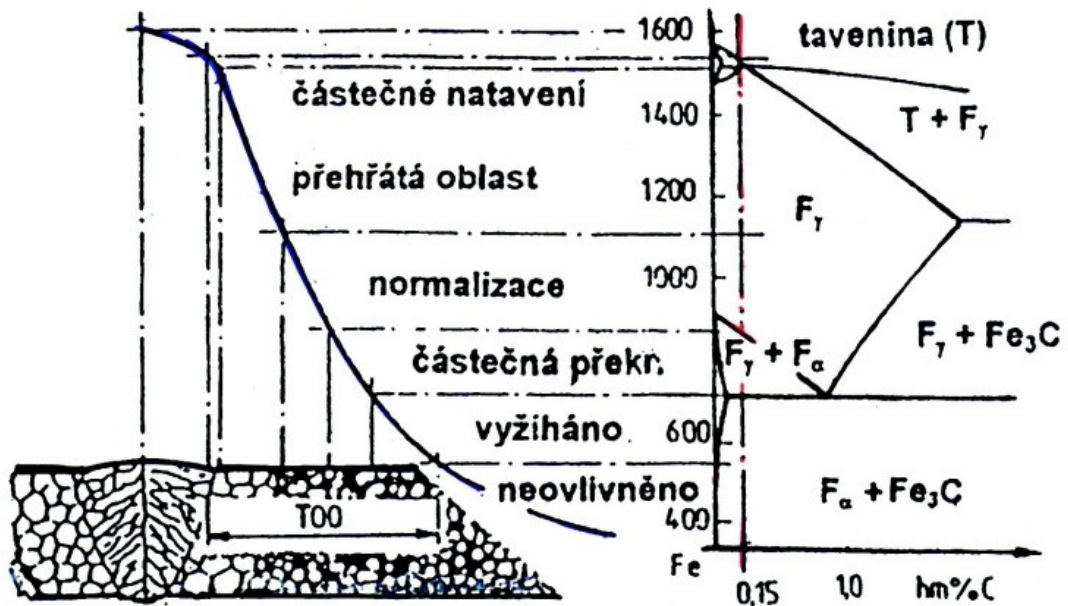
Proces svařování vyžaduje aktivaci kontaktních ploch, tj. dodání energie aktivace pro překonání bariéry potenciální energie povrchových atomů. Pro svařování lze použít následující formy aktivační energie:

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

Všechny metody svařování lze rozdělit na dvě velké skupiny - tavné a tlakové svařování. U tavného svařování je vytvoření spoje dosaženo přívodem tepelné energie do oblasti svaru, kdy dochází k natavení základního, případně přídavného materiálu. Tekutá fáze je vázána na povrch tuhé fáze adhezními silami a při tuhnutí taveniny se slabé adhezní síly mění na chemickou vazbu ve formě krystalové mřížky. Rostou nová zrna a původní rozhraní tavenina-tuhá fáze zaniká. Růst zrn je orientován proti směru odvodu tepla a kolmo na izotermy. Svarový kov je charakterizován tzv. dendritickou krystalizací, přičemž velikost dendritů závisí na množství přivedeného tepla na jednotku délky svaru. [4, 5]

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

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



Obr. 12. Vliv teplotního účinku svařování na strukturu svarového kovu [5]

2.2 Rozdělení metod svařování

Rozdělení metod svařování je uvedeno v normě ČSN EN ISO 4063 – Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování. [8]

Svařování dělíme podle způsobu vytvoření svarového spoje a dále podle stupně mechanizace. [16]

Podle způsobu vytvoření spojení

- Tavné svařování
- Tlakové svařování
- Jiné metody svařování

Podle stupně mechanizace

- Ruční svařování
- Poloautomatické svařování
- Mechanizované svařování
- Automatické svařování
- Robotické svařování

Ruční svařování – Svařování pomocí svařovacího hořáku, pistole nebo držáku elektrod.



Obr. 13. Ukázka ručního obloukového svařování [17]

Poloautomatické svařování – Ruční svařování se zařízením, které automaticky řídí jednu nebo více podmínek svařování.



Obr. 14. Ukázka poloautomatického obloukového svařování [17]

Mechanizované svařování – vyžaduje ruční nastavení ovládacích prvků svařovacího zařízení jako je sklon svařovacího hořáku, poloha svařování a jiné, v reakci na vizuální pozorování tvorby svarového spoje pomocí svařovacího hořáku.



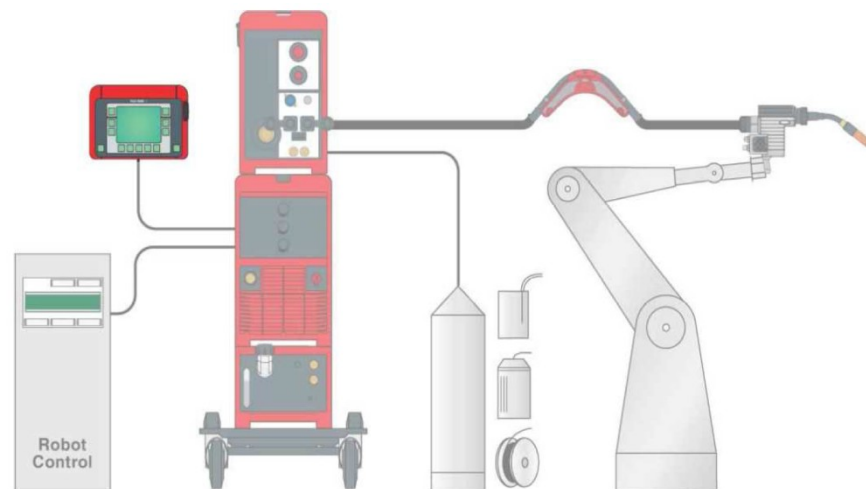
Obr. 15. Ukázka mechanizovaného obloukového svařování [17]

Automatické svařování – Vyžaduje pouze příležitostní nebo žádné pozorování a žádné ruční nastavování ovládacích prvků zařízení.



Obr. 16. Ukázka automatického obloukového svařování [17]

Robotické svařování – Svařování prováděné a řízené robotickým zařízením. [16]



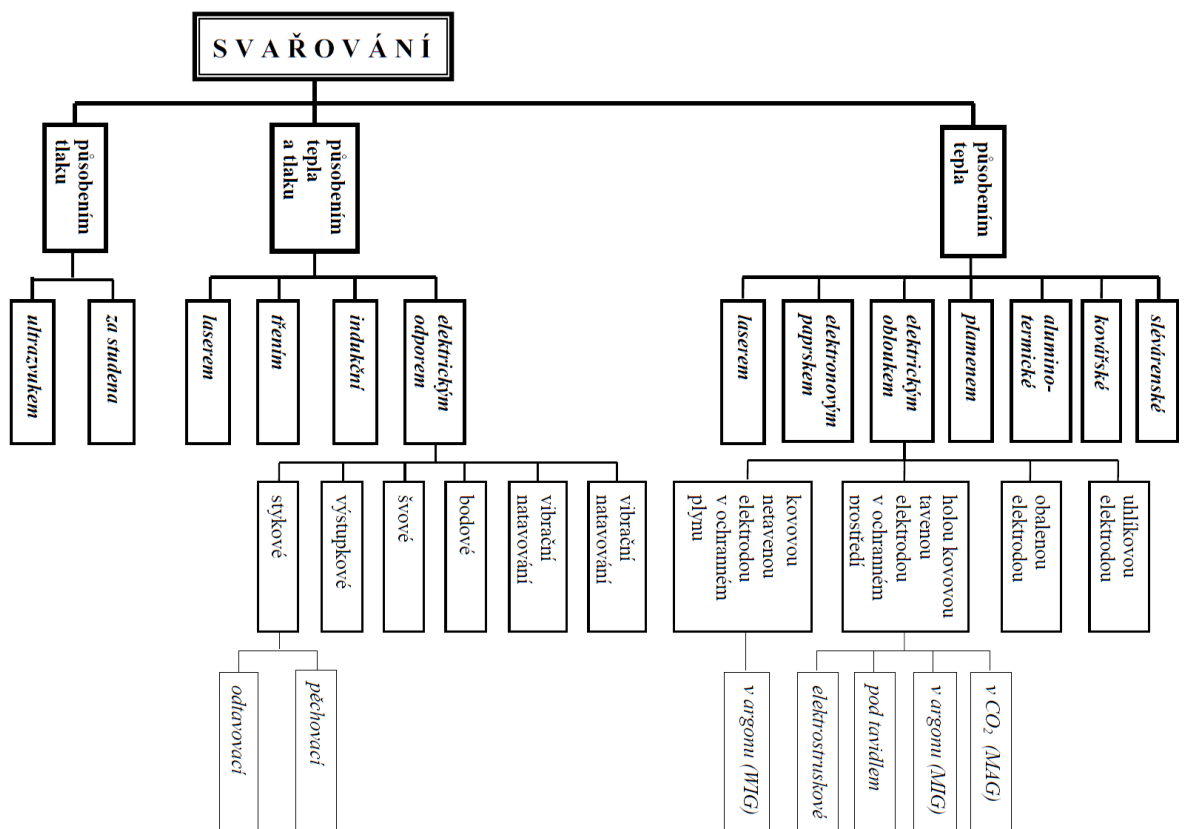
Obr. 17. Ukázka Robotického obloukového svařování [17]

2.2.1 Hlavní metody svařování

Rozdělení metod svařování a jejich číslování se řídí dle normy ČSN EN ISO 4063. Na následujícím obrázku je graficky znázorněno rozdělení hlavních metod svařování. Jejich číslování je pak v samotné normě, kde každá metoda svařování má své číslo, které se řídí podle rozdělení jako např.:

- Obloukové svařování (1)
 - o Obloukové svařování tavící se elektrodou bez ochranného plynu (11)
 - Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (111)
 - o Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu (13)
 - Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu – MIG (131)
 - Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu – MAG (135)
 - o Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranném plynu (14)
 - Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (141)

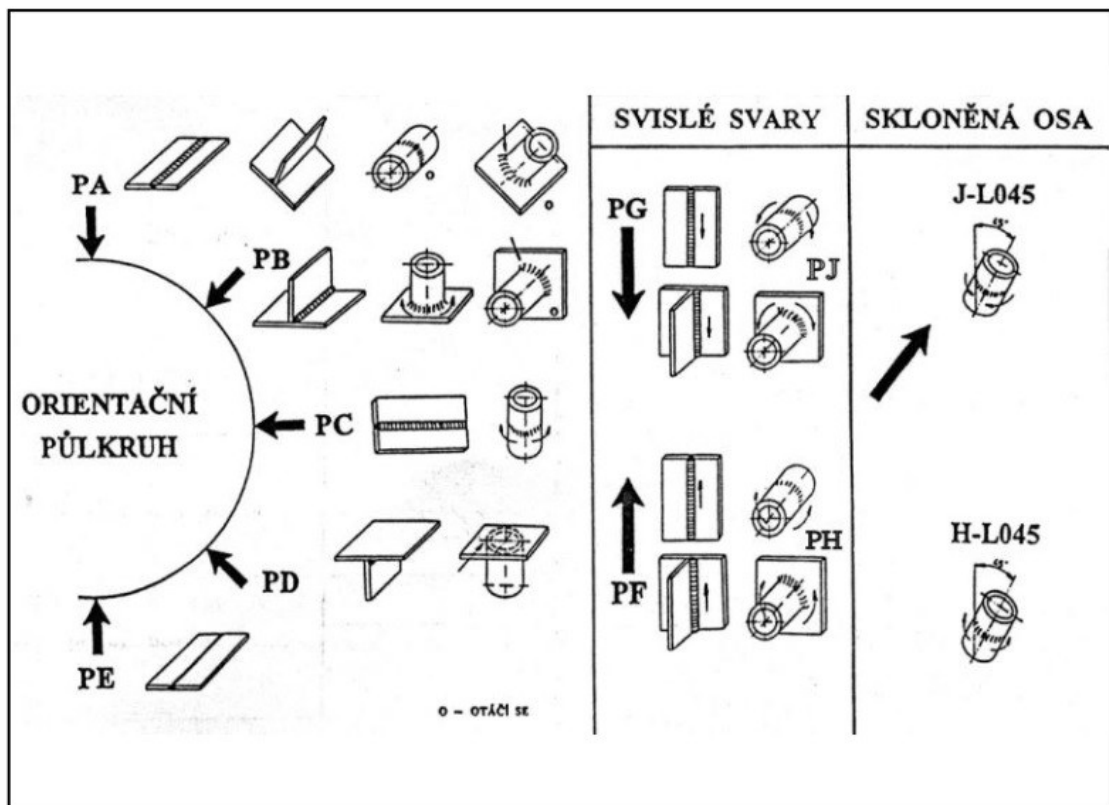
apod. [8]



Obr. 18. Rozdělení metod svařování [13]

2.3 Pracovní polohy

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



Obr. 19. Polohy svařování dle ČSN EN ISO 6947 [4]

2.4 Elektrický oblouk

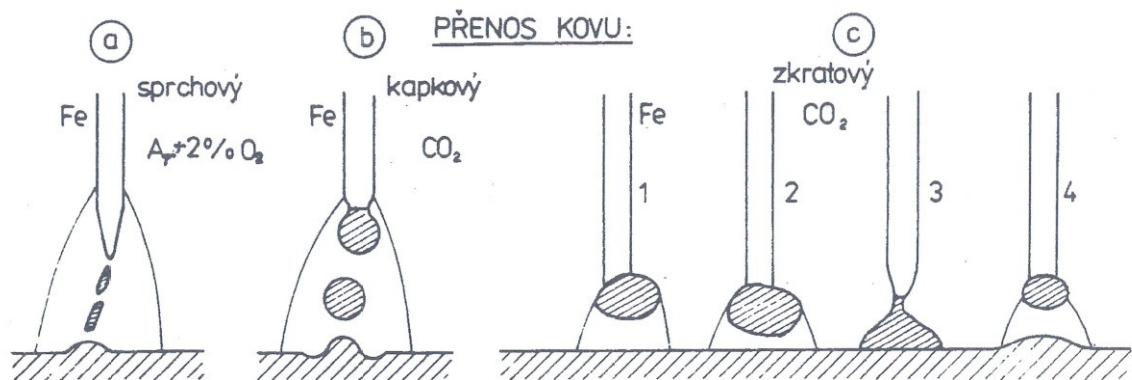
Elektrický oblouk je výboj v plynech. U svařování se elektrický oblouk využívá k přeměně elektrické energie na energii tepelnou a vzniká obvykle mezi elektrodou a základním materiálem, při poměrně značné intenzitě proudu a za relativně nízkého napětí. [4]

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

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

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

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



Obr. 20. Způsoby přenosu kovu elektrody v elektrickém oblouku [4]

Elektrický oblouk je intenzivním zdrojem tepla, z hlediska tavného svařování má velmi příznivé vlastnosti. Tepelný účinek oblouku je koncentrován na poměrně malou plochu a účinnost přenosu energie do svařovaného materiálu je dobrá. Prostřednictvím parametrů svařování lze v souvislosti s tepelnými a mechanickými účinky oblouku ovlivňovat i svarový spoj z hlediska jeho geometrie a také velikosti napětí a deformace ve svařovaném materiálu. Teplota oblouku a roztaveného kovu elektrody a základního materiálu patří k nejdůležitějším faktorům, které určují fyzikální, chemické a metalurgické vlastnosti svařovacího procesu. Na teplotě závisí stupeň disociace a ionizace plynu v oblouku, rozpustnost plynů v kovu, tavení elektrody a přenos kovu obloukem. Na tepelnou bilanci oblouku má rozhodující vliv směr proudění plazmy a přenos tepla vedením mezi plazmou a roztavenou svarovou lázní. Teplota ve sloupci oblouku závisí kromě tepelného příkonu i na tepelné vodivosti plynu, ve kterém oblouk existuje a je tím vyšší, čím je horší odvod tepla, tzn. čím je tepelná vodivost okolí nižší. Z plynů běžně se vyskytujících při svařování je tepelně nejméně vodivý argon, nejvodivější je oxid uhličitý. Proto při stejném tepelném příkonu a stejné délce má největší průměr sloupce a nejvyšší teplotu oblouk v argonu, nejmenší průměr sloupce a nejnižší teplotu oblouku v oxidu uhličitém. [2, 4]

2.5 Obloukové svařování v ochranných atmosférách

Obloukové svařování je světově nejpoužívanější technologie svařování v objemu svařovaných konstrukcí. Růst podílu svařovaných ocelových konstrukcí vykazuje především metoda MAG, která stále častěji nahrazuje ruční svařování obalenou elektrodou. Výrazné rozšíření zaznamenává svařování MAG plněnou elektrodou především v technicky vyspělých státech. Svařování rozměrných hliníkových konstrukcí je doménou MIG svařování pulsním proudem. MIG/MAG metoda je také nejpoužívanější technologie aplikovaná na mechanizovaných a robotizovaných výrobních systémech. V oblasti svařování trubkových systémů chemických, potravinářských a energetických zařízení je nejpoužívanější technologií metoda TIG. [2, 4]

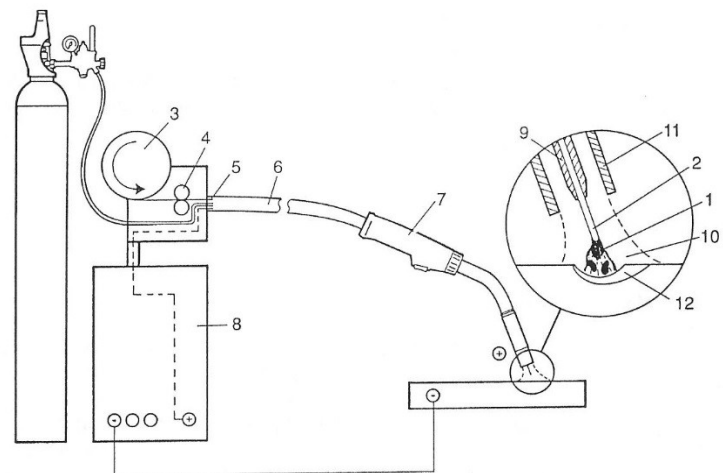
Při obloukovém svařování v ochranných atmosférách hoří oblouk obklopen atmosférou ochranného plynu, která chrání elektrodu, oblouk, odtavující se kapky přídavného materiálu a tavnou lázeň proti účinkům vzdušného kyslíku a dusíku. Jednotlivé technologie se rozlišují podle druhu elektrody a ochranného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

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

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

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

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



Obr. 21. Základní schéma svařování metodou MIG/MAG [4]

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

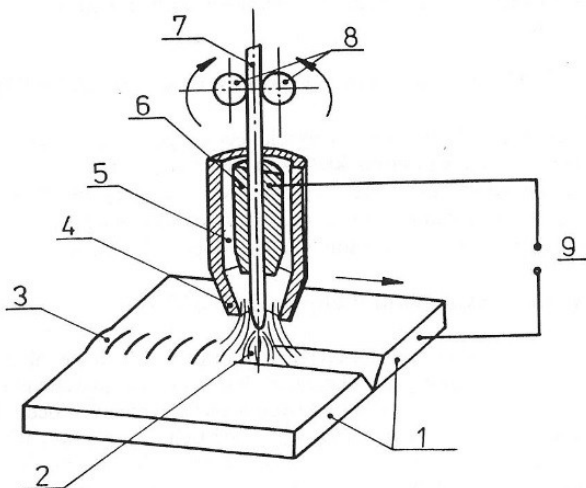
Proudová hustota je u svařování MAG nejvyšší ze všech obloukových metod a dosahuje až $600 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$ a svařovací proudy se pohybují od 30 A u svařování tenkých plechů drátem o průměru 0,6 – 0,8 mm, až do 700 A u vysokovýkonných mechanizovaných metod. Charakter přenosu kovu obloukem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

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

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

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

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



Obr. 22. Princip svařování tavící se elektrodou v inertním nebo aktivním plynu – MIG/MAG [4]

3 ZKOUŠKY SVAROVÝCH SPOJŮ

Základním požadavkem na jakýkoliv výrobek je, aby za podmínek po stanovenou dobu životnosti, byl schopen zajistit bezpečnou a spolehlivou funkci. Dominantním faktorem výrobku z hlediska jeho uživatelských vlastností je jakost. Dosažení požadované jakosti je podmíněno dokonalostí celého procesu, od fáze specifikace požadavku, zpracování návrhu, výrobu, až po expedici výrobku. Zajištění jakosti v celém procesu není možné bez účinné kontroly. Významným článkem péče o jakost z hlediska kontroly jsou metody nedestruktivního zkoušení, označované zkratkou NDT (Non-destructive Testing), obvykle známé pod pojmem Defektoskopie. [7]

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

3.1 Nedestruktivní zkoušení svarových spojů

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

Metody ke zjišťování povrchových vad:

- Vizualní kontrola
- Penetrační zkouška
- Magnetická zkouška

Metody ke zjištění vnitřních vad:

- Zkouška prozářením
- Ultrazvuková zkouška

3.1.1 Vizualní kontrola

Používá se pro kontrolu celého povrchu výrobku pro posouzení celkového stavu, neporušenosti a stavu degradace. Vizualní kontrola se provádí jako první, předchází všem následujících nedestruktivním zkouškám. Provádí se na všech svarech ve výrobě i při mon-

táži zařízení, v rozsahu 100%, po svařování s časovou prodlevou. Vizuelní kontrolou jsou zjišťovány přípustné i nepřípustné povrchové vady svaru a jeho přilehlého okolí. [7]

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



Obr. 23. Nástroje pro vizuelní kontrolu [18]

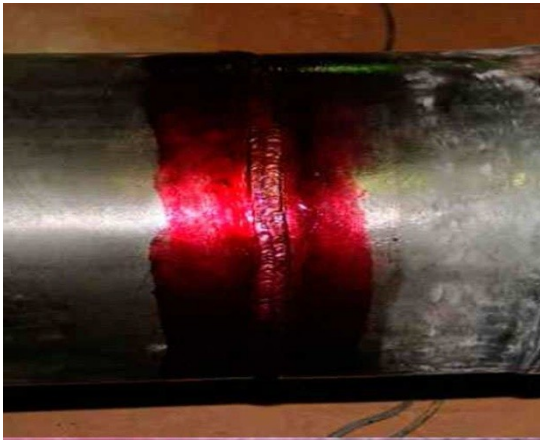
3.1.2 Penetrační (kapilární) zkouška

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

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

Postup zkoušky spočívá v očištění, odmaštění zkoušeného povrchu a po usušení je nanesen penetrant natíráním nebo stříkáním. Po uplynutí doby působení 10 až 15 minut je penetrant odstraněn čističem, nejčastěji organická rozpouštědla benzín a aceton. Následuje

vyvolání indikace pomocí vývojky (např. oxid zinečnatý) suspendovaný v těkavém rozpouštědle (acetonu) a vyhodnocení indikace. [3]



Obr. 24. Penetrační (kapilární) zkouška [19]

3.1.3 Magnetická zkouška

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

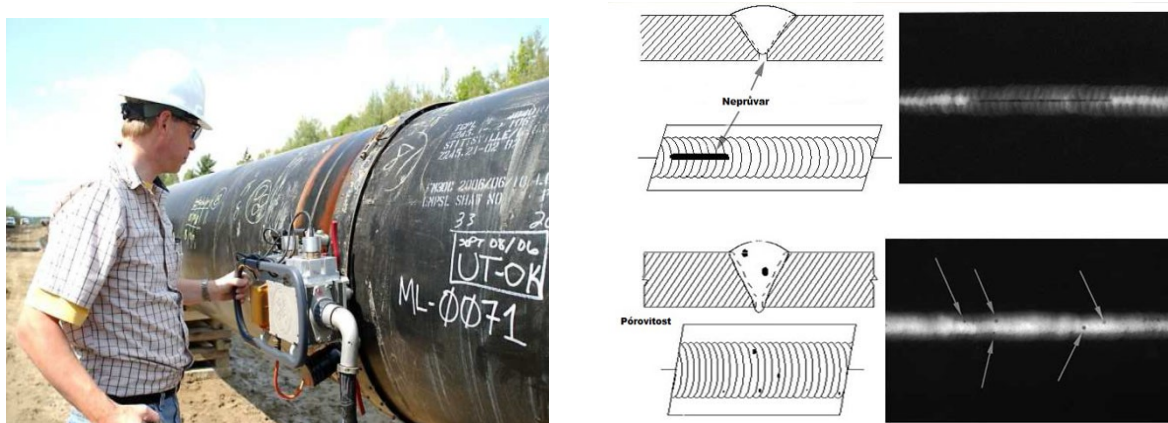


Obr. 25. Magnetická zkouška [19]

3.1.4 Zkouška prozářením

Jsou řazeny mezi nejvýznamnější kontrolní metody ve svařování. Poskytují informace o vadách vnitřních, a to především objemových, s menší spolehlivostí o vadách plošných, jejichž spolehlivá indikace je vázána na orientaci takové vady (trhliny, studeného spoje) vůči ose svazku záření. Reálnou nadějí na zobrazení mají podélné a příčné trhliny, jejichž větší rozměr (výška) je orientován ve směru osy svazku. [7]

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



Obr. 26. Zkouška prozářením [19]

3.1.5 Ultrazvuková zkouška

Princip zkoušení ultrazvukem je založen na šíření akustického vlnění zkoušeným předmětem. Pokud jsou ve zkoušeném díle vady (bubliny, póry, vměstky, trhliny), vznikají rozdílné akustické vlastnosti a na jejich rozhraní pak dochází k interakci (odraz, částečné pohlčení) ultrazvukového vlnění. Změny se následně projeví na obrazovce jako poruchové echo. Ultrazvukovou metodou lze zjišťovat vnitřní prostorové vady a vady plošné, kolmé

k ose ultrazvukového svazku. Ultrazvukem nelze rozlišovat od sebe jednotlivé druhy vad (např. trhliny od studených spojů). [3]

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



Obr. 27. Ultrazvuková zkouška [19]

4 SHRNU TÍ

Teoretická část této práce byla rozdělena do tří kapitol. V první kapitole byly popsány parní turbíny, všeobecné požadavky na jejich provoz, stavebnicový systém parních turbín, výstupní hrdla a rovněž všechny kapitoly byly doplněny o názorné obrázky.

Ve druhé kapitole bylo popsáno svařování jako takové, teorie vzniku svarového spoje, dále rozdělení metod svařování, pracovní polohy při svařování, elektrický oblouk a obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním/aktivním plynu.

Poslední kapitola se zabývá nedestruktivním zkoušením svarových spojů, kde jsou popsány jednotlivé metody zkoušení.

V následující praktické části této práce bude vytvořen technologický postup svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny, svařovací mapa a protokoly o nedestruktivním zkoušení svarových spojů již zmíněného radiálního výstupního hrdla parní turbíny.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A ZHOTOVENÍ 3D MODELU

Před samotnou výrobou výstupního hrdla bylo potřeba důkladně prostudovat a prověřit výkresovou dokumentaci, zdali je výrobce vůbec schopen provést výrobu v požadované kvalitě. Přezkoumání zakázky z pohledu konstrukčního, technologického a výrobního bylo otázkou znalosti konkrétních norem jako například ČSN EN 1090-2 – Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Technické požadavky na ocelové konstrukce, ČSN EN ISO 3834-2 – požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – vyšší požadavky na jakost apod. Bez odborně vyškoleného personálu by výrobce nebyl schopen tyto požadavky dodržet.

Na základě poskytnuté výkresové dokumentace, která byla dodána zákazníkem, byl pro názornost a orientaci v celé konstrukci radiálního výstupního hrdla vytvořen, v softwaru SoligEdge ST10, postupem modelování jednotlivých dílců, 3D model jak horního, tak spodního dílu výstupního hrdla.

5.1 Výkresová dokumentace

Kompletní výkresovou dokumentaci dodal výrobci zákazník. Požadavky na provedení výroby radiálního výstupního hrdla vycházely především z výkresové dokumentace a vnitřních předpisů zákazníka a výrobce. Nicméně většina požadavků byla dle běžných norem a předpisů pro provádění ocelových konstrukcí.

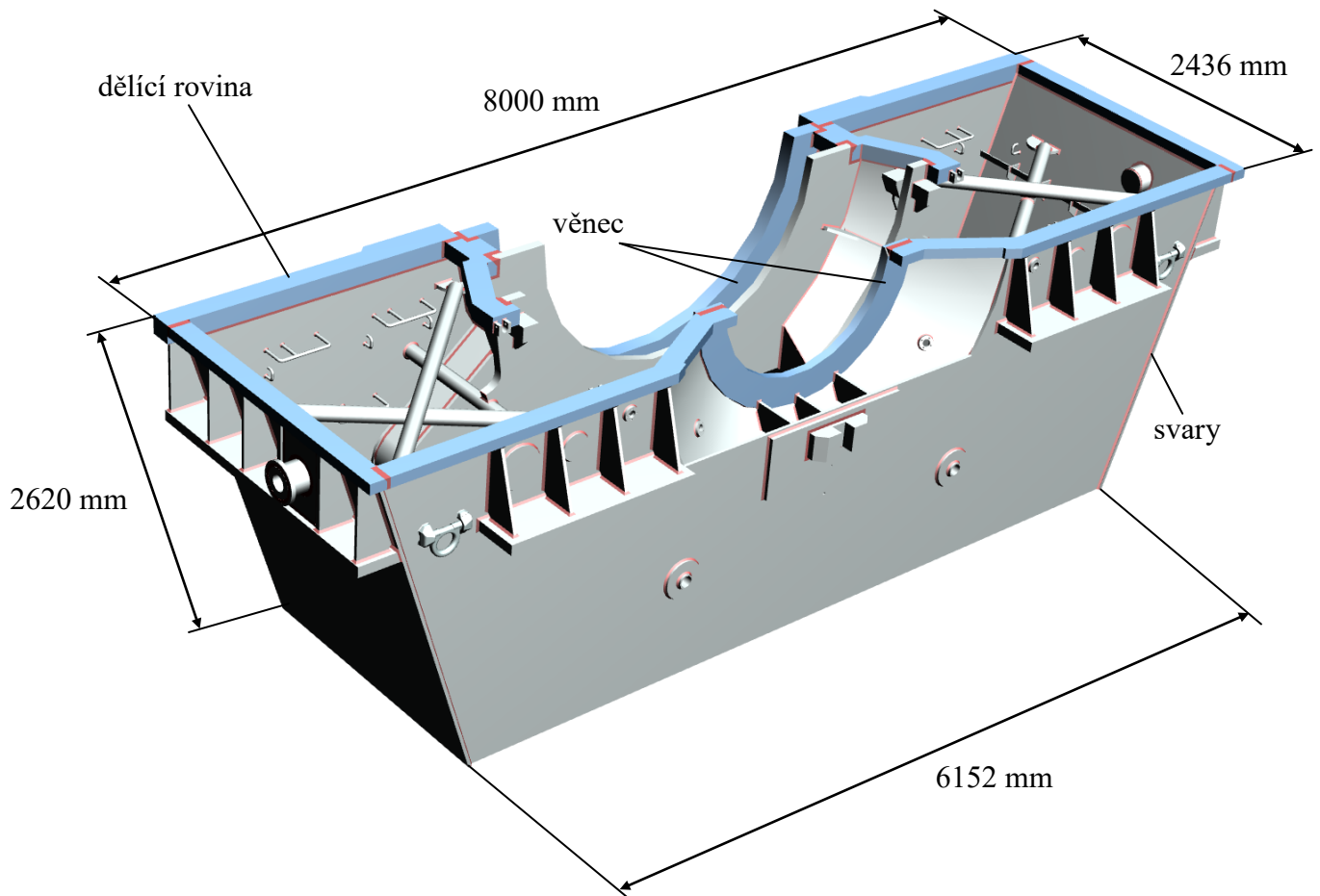
Výkresová dokumentace je součástí této Diplomové práce jako příloha:

Pro spodní díl výstupního hrdla Příloha P27

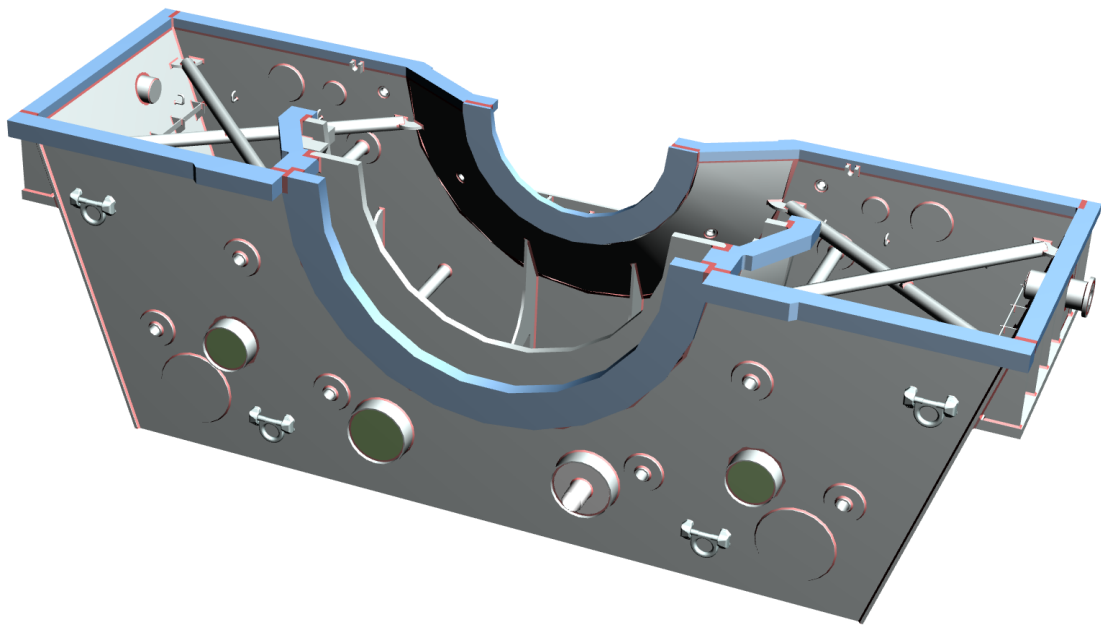
Pro horní díl výstupního hrdla Příloha P28

5.2 3D model spodního dílu radiálního výstupního hrdla

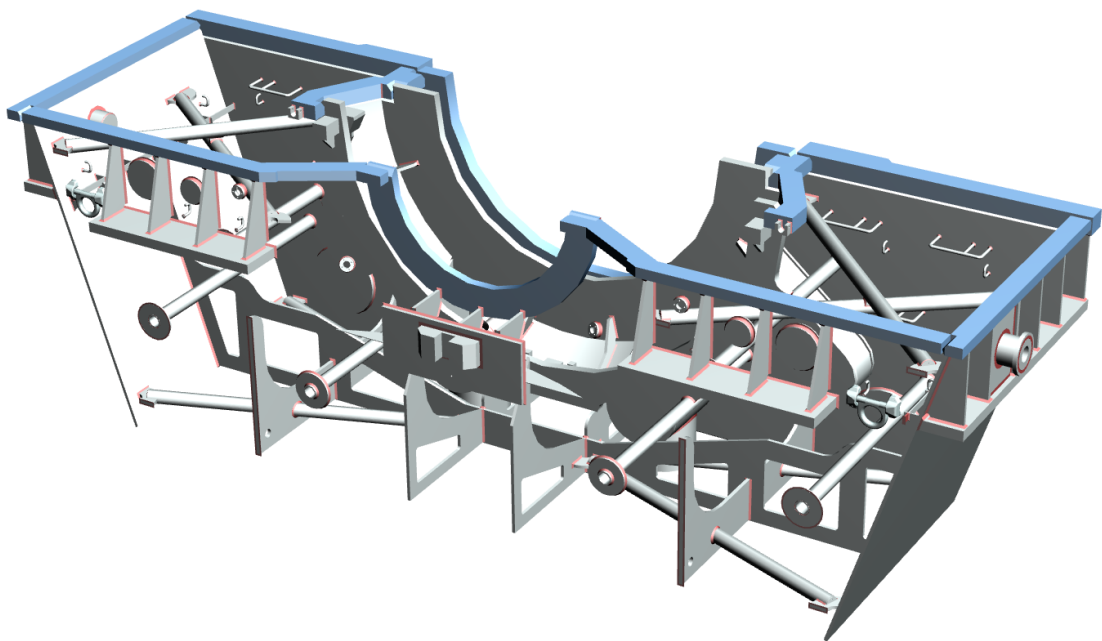
Na obrázku 28. (Obr. 28.) je pohled na přední stranu radiálního výstupního hrdla, kde modře je vyznačená dělicí rovina, která je z výrobního hlediska nejobtížnější, co se týče požadavků na přesnost výroby jak rozměrovou, tak kvalitativní. Červeně jsou pak vyznačeny svary jak koutové, tak tupé. Dále je vidět žebrování vnější strany a věnec pro vnitřní těleso s lopatkováním. Na následujícím obrázku (Obr. 29.) je pohled na zadní stranu spodního dílu, kde je vidět odvzdušnění výstupního hrdla – trubky na plášti, a zeleně jsou vyznačeny ucpávky potrubí pro odvod páry. Nakonec pro názornost vnitřní konstrukce spodního dílu radiálního výstupního hrdla byl skryt zadní plech a díky tomu je na obrázku 30. (Obr. 30.) vidět vnitřní uspořádání jednotlivých dílců.



Obr. 28. Pohled na přední stranu spodního dílu výstupního hrdla, žebrování a věnec pro vnitřní těleso s lopatkováním



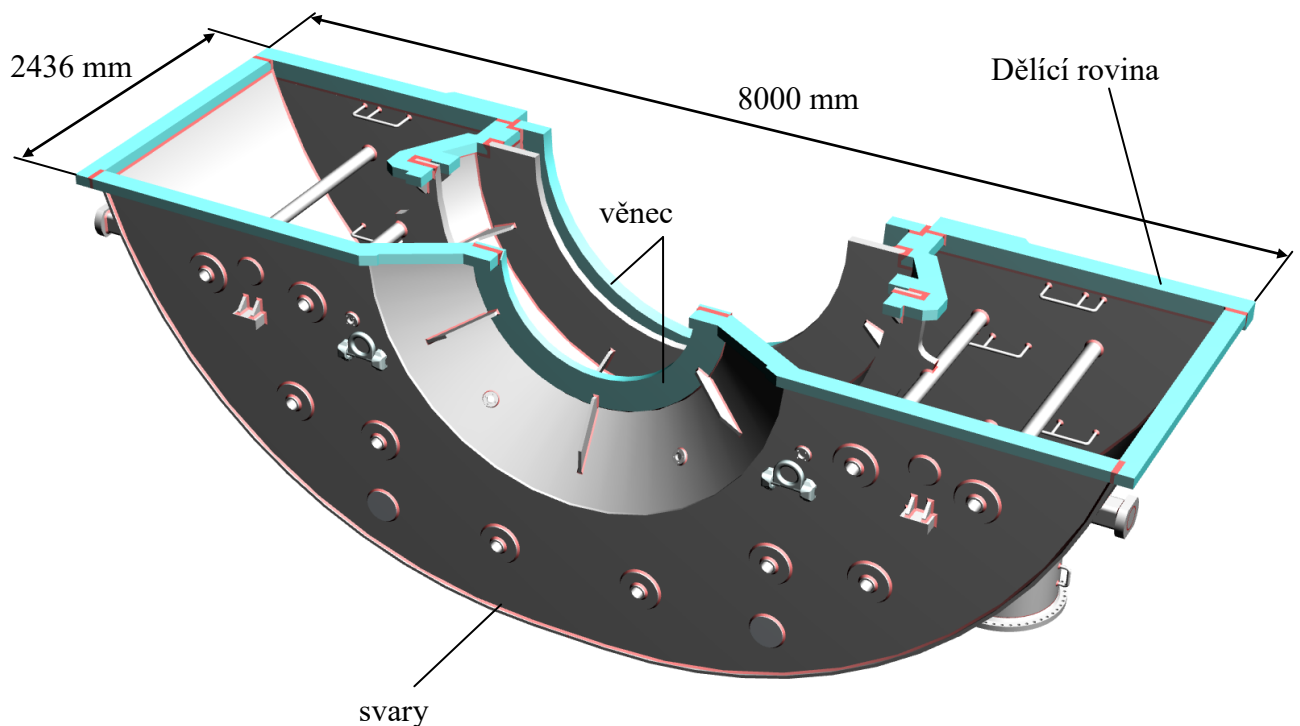
Obr. 29. Pohled na zadní stranu spodního dílu výstupního hrdla, jeho odvzdušnění, věnec a dělicí rovinu.



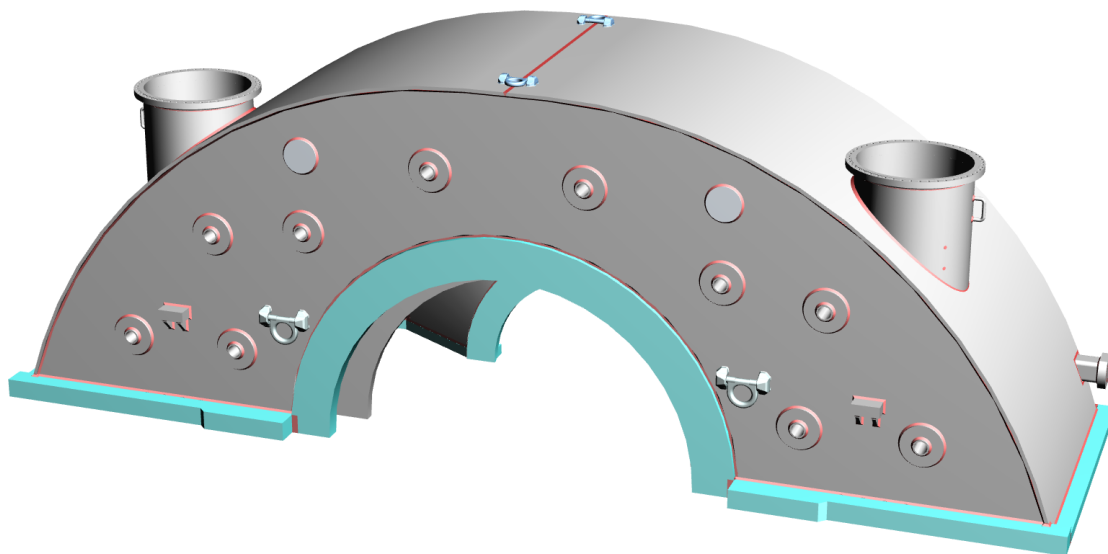
Obr. 30. Pohled na vnitřní konstrukci spodního dílu výstupního hrdla a jeho vyztužení

5.3 3D model horního dílu radiálního výstupního hrdla

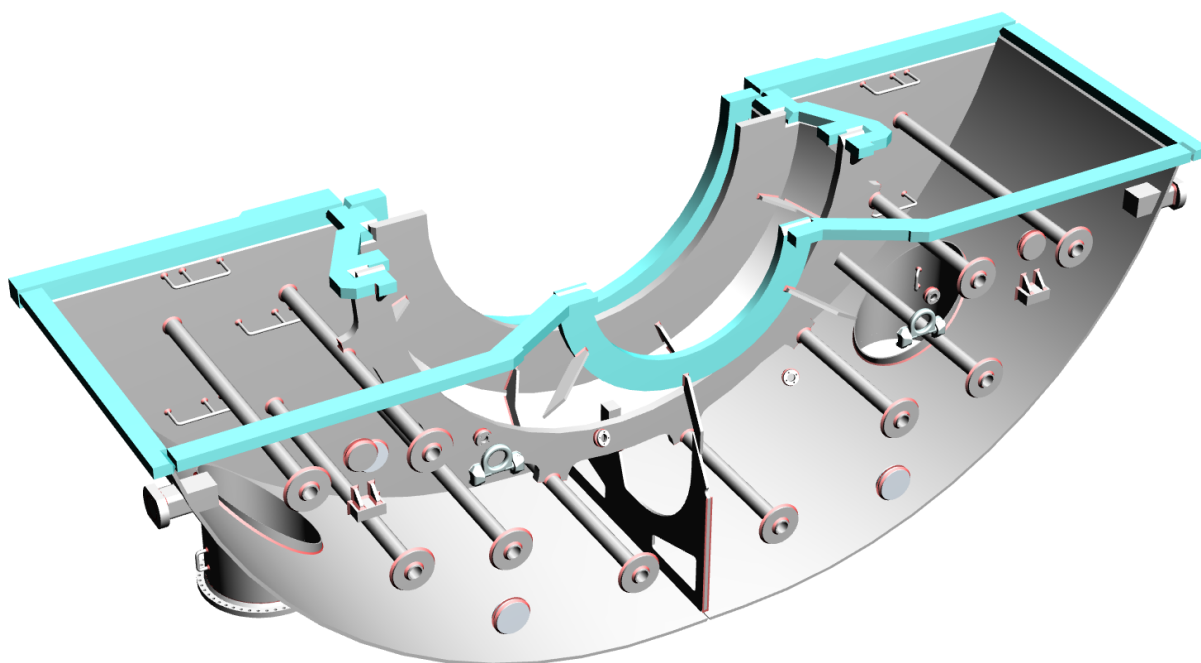
3D model horního dílu byl opět vytvořen postupem modelování jednotlivých pozic (dílců), které byly následně složeny do sestavy a tak vznikl komplexní otáčivý model s možností skrytí pozic pro lepší názornost a pohled na konstrukční charakteristiky horního dílu radiálního výstupního hrdla. Opět na obrázku 31. (Obr. 31.) lze vidět pohled na přední stranu horního dílu radiálního výstupního hrdla, na dělicí rovinu, která je v zelené barvě a věnec pro vnitřní těleso s lopatkováním. Dále jsou červeně označeny místa, kde budou svarové spoje. Následující obrázek (Obr. 32.) znázorňuje pohled na vnější plášť výstupního hrdla, pohled na výstupní komíny pro odvod páry a přivařené závěsy pro manipulaci s tak velkým kolosem, jehož délka je 8 metrů. Obrázek 33. (Obr. 33.) pak pomocí skrytí čelního plechu nabízí pohled na vnitřní konstrukci horního dílu a jeho vyztužení.



Obr. 31. Pohled na přední stranu horního dílu výstupního, dělicí rovinu a věnec pro vnitřní těleso s lopatkováním



Obr. 32. Pohled na zadní stranu horního dílu výstupního hrdla a jeho komíny pro odvod páry



Obr. 33. Pohled dovnitř horního dílu výstupního hrdla, jeho vyztužení a odvzdušnění

6 POŽADAVKY NA VÝROBU VÝSTUPNÍHO HRDLA

1. Materiály a polotovary

Materiály použité pro tlakové části musí splňovat všeobecné požadavky na použití do teploty 500°C. Jakosti materiálů a rozměrové normy je nutno dodržet dle výkresové dokumentace, kusovníku a objednávky. Nejsou-li uvedeny, pak bude použit pro tlakové a nosné části a doložen atest materiálu 3.1 dle EN 10204. Zhotovení nosných a tlakových dílců ze segmentů svařováním je možné za předpokladu, že bude odběratelem schválen výrobní postup a zkoušky. Pro přídatné materiály bude doložen atest 2.2.

Dokument atest materiálu 3.1 je dokument vystavený na základě specifikované kontroly a vydaný výrobcem, ve kterém výrobce potvrzuje, že dodávané výrobky jsou v souladu s požadavky objednávky, a ve kterém uvádí výsledky zkoušek.

Dokument atest 2.2 je pouze inspekční zpráva a výrobce v ní potvrzuje, že dodané výrobky jsou ve shodě s požadavky zákazníka. [20]

2. Tepelné řezání

Volba metody tepelného řezání je libovolná. Požadovaná kvalita řezané plochy je dle ČSN EN ISO 9013 třída IA. Tvary svarových úkosů musí být dodrženy dle výkresové dokumentace. Zásadní změnu tvaru je nutno předem schválit. Přípustná drsnost opracovaných ploch úkosů je Ra 25 μm.

Norma ČSN EN ISO 9013 se používá pro materiály vhodné pro řezání kyslíkovým plamenem, plazmové řezání a řezání laserem. Platí pro řezy plamenem od 3 mm do 300 mm, řezy plazmou od 1 mm do 150 mm a řezy laserem od 0,5 mm do 40 mm. Geometrické požadavky na výrobky platí, pokud je na výkresech nebo souvisejících dokumentech, např. v technicko-dodacích podmínkách, uveden odkaz na tuto normu. [21]

3. Stehování, svařování a tepelné zpracování

- a) Výrobce musí mít zaveden systém zajištění dozoru při výrobě dle ČSN EN ISO 14731 s dostatečným počtem vyškoleného personálu. Výrobní podmínky musí vyhovovat normě EN 1011-1.

Norma ČSN EN ISO 14731 určuje odpovědnosti a úkoly ve vztahu k jakosti, zahrnuté do dozoru nad činnostmi souvisejícími se svařováním. Svařování vyžaduje dozor nad svářečskou činností tak, aby se vytvořila důvěra ke svářečské výrobě a spolehlivé funkci výrobku v provozu. [22]

- b) Pro svařování budou použity schválené svařovací postupy pro použité materiály, metody a rozsahy dle ISO 15614-1.

Tato norma stanovuje způsob kvalifikace předběžné specifikace postupu svařování zkouškami svařování. Definiuje podmínky a rozsah kvalifikace pro postupy svařování a pro všechny svářečské operace. [23]

- c) V případě prvovýrobce musí být sekvence sestavení, stehování, vyztužení, svařování, žihání a kontrol zapracována ve výrobním postupu výrobce a schválena před zahájením výroby. [23]

- d) Sekvenci sestavení a stehování lze provádět s ohledem na přístupnost svarů, přídatky pro opracování vyznačené v dokumentaci a WPS. [23]

- e) Volba způsobu dočasného vyztužení by měla být s ohledem na deformace sestavy a dodržení limitních rozměrů přírub a povolených odchylek u vnější kontury obou polorovin. [23]

- f) Postup svařování je třeba stanovit s ohledem na použité metody a polohy svařování dle kvalifikací WPS a personálu. Standardní schválené metody jsou 141, 111, 135, 136 a jejich kombinace včetně metody snížení vnitřního pnutí po svařování. [23]

- g) Svařování provedou odborní svářeči s platnými svářečskými osvědčeními dle ISO 9606-1 v souladu se schválenými WPS. Čísla razidel svářečů budou vyražena na svarku v blízkosti svarů. [24]

4. Opravné svařování

Opravy vad materiálu, svarů nebo geometrické nepřesnosti musí být provedeny před tepelným zpracováním za dodržení výrobních podmínek. [26]

5. Přesnost svarku

Rozměrovou přesnost svarku je nutno dodržet dle výkresové dokumentace a objednávky. Není-li uvedena, pak platí ISO 13920 skupina A pro toleranci délek a úhlů vázaných na ucpávkovou část a B pro ostatní rozměry. Pro toleranci rovnoběžnosti platí skupina F. Přípustná odchylka kontury příruby v dělicí rovině u ucpávkové oblasti činí 2 mm, pro ostatní platí 4 mm. Rozměrovou přesnost je nutno dokladovat protokolem až po tepelném zpracování svarku při konečné kontrole. [27]

6. Tepelné zpracování

Kompletní svarek výstupního hrdla podléhá tepelnému zpracování na snížení vnitřního pnutí po svaření dle doporučení materiálových norem a kvalifikace WPS (WPQR). [26]

7. Tryskání

Svarek podléhá 100% otryskání povrchu. Po tryskání je třeba odstranit všechny zbytky tryskajícího prostředku. Závitové plochy vhodně chránit. Ochrana tryskaného povrchu před korozí musí být provedena do 8 hodin po tryskání a MT zkoušce svarových spojů dle technicko-dodacích podmínek.

6.1 Technologický postup svařování

Z pohledu technologie svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny se jedná do jisté míry o poměrně složitou konstrukci co do velikosti, tak do požadavku na kvalitu svarových spojů a samozřejmě i na rozměrovou přesnost provedení celé konstrukce, jelikož spodní i horní díl musí spolu v sestavě po opracování lícovat a to dle požadavků zákazníka vnitřním průměrem věnce ve 2 mm a vnějším rozměrem dělicích rovin 4 mm. Z těchto důvodů bylo nezbytně nutné stanovit technologický postup svařování, kde svařovací dozor výrobce musí být jednak odborně vyškolený vykonávat tuto práci jako svařovací technolog nebo svařovací inženýr a druhá věc je znalost celé řady norem pro provádění ocelových konstrukcí, tzn. znalost technologie svařování, principy jednotlivých metod, přes materiály, deformace a pnutí, tepelné ovlivnění celé konstrukce až po vyškolení odborného svařovacího personálu jako jsou svářeči, svářečští kontroloři apod.

Důležitým prvkem v technologickém postupu svařování je tvorba WPS - specifikací postupu svařování, což je jakási návodka pro svařovací personál, jak zhotovit svarový spoj, aby bylo možné dosáhnout požadované kvality svarového spoje. Výrobce aby mohl daný svar provést, musí mít takzvanou WPQR – zpráva o odzkoušeném postupu svařování, která určí, že výrobce je kvalifikován pro svaření onoho typu spoje, co se týče velikosti svarového spoje (tloušťky svařovaných plechů), technologie svařování, v tomto případě obloukového svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu 135 (MAG) a dalších nezbytných parametrů pro provádění ocelových konstrukcí.

Specifikace postupu svařování musí obsahovat následující parametry, pomocí nichž je svářeč povinen zhotovit svarový spoj:

číslo WPS, číslo výkresu, projekt, konstrukční dílec, typ svaru a jeho velikost, jakost svařovaného materiálu a jeho tloušťka, metoda svařování, přídatný svařovací materiál, kvalita provedení svaru a jeho kontrola, teplotu předehřevu, informace o přípravě svarových ploch, poloha svařování, typ ochranného plynu, číslo WPQR, teplota mezivrstvy (interpass), údaje o požadovaném tepelném zpracování po svařování, minimální kvalifikaci svářeče pro zhotovení svarového spoje, tvar spoje – náčrt, postup svařování – počet a postup kladení svarových vrstev a housenek, parametry svařování jako je průměr přídatného svařovacího materiálu, polarita, velikost svařovacího proudu a napětí, rychlost svařování, rychlost posuvu drátu, vnesené teplo, a dále datum vytvoření, razítko a podpis zhotovitele postupu.

Celý takto vytvořený technologický postup svařování je nedílnou součástí této Diplomové práce a je k nahlédnutí pod přílohami Příloha P1 až P23.

Specifikace postupu svařování (WPS) obsahuje 11 typů svarů (koutových, tupých a jejich kombinace):

Koutové svary – velikosti 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 10

Tupé svary – X, K, ½ V, V různých velikostí.

V podrobné specifikaci postupu svařování (WPS) jsou uvedeny hodnoty svařování, ilustrace a svařovací parametry pro každý typ svaru. Výstupní hrdlo bude svařeno podle těchto svařovacích hodnot a parametrů. Následující tabulka uvádí některé parametry, které jsou pro všechny WPS stejné.

Tab. 4. Některé hodnoty svařovacích parametrů, které jsou stejné pro všechny WPS

Základní materiál	S235JR (S355J2+N)
Tloušťka základního materiálu	acc. drawings (dle výkresové dokumentace)
Metoda svařování	135 (MAG)
Přídavný svařovací materiál	EN ISO 14341A: G3Si1
Svařovací plyn	EN ISO 14175 – M21
Příprava svarových ploch	Řezání plamenem nebo strojním obráběním
Kvalifikace svářeče	Dle EN 287-1; ISO 9606-1
Tepelné zpracování	acc. WPRQ (dle WPQR)

6.2 Svařovací mapa

Svařovací mapa slouží k orientaci a přehledu ve výrobě, sledu svařování a v neposlední řadě jako dokument kvality a kontroly svařovaných konstrukcí. Svařovací mapa obsahuje následující svařovací parametry.

Čísla svarů, čísla výkresů, metody svařování, značení svarů, typy svarů, jakosti materiálů, čísla WPS, úroveň kvality, čísla značek svářečů, rozsah kontroly, apod.

Svařovací mapa obsahuje 22 typů svarů a k nim příslušné WPS. Všechny svarové spoje budou svařovány metodou 135 (MAG – Metal Active Gas).

Svařovací mapa je součástí této Diplomové práce jako Příloha P29

7 RADIÁLNÍ VÝSTUPNÍ HRDLO PARNÍ TURBÍNY

Důležitým požadavkem na výrobu výstupního hrdla je, aby horní a spodní díl při jejich sestavení po opracování na sobě přesně lícovali. Dělicí roviny obou dílů, jak horního tak spodního, musí být vyrobeny a svařeny, popřípadě vyrovnány na požadovanou míru, dle výkresové dokumentace. Jak již bylo zmíněno výše, povolená odchylka při sestavení je 2 mm na průměru vnitřního věnce, ve kterém poté bude sedět celé vnitřní těleso s lopatkováním a vnější 4 mm dle technicko-dodacích podmínek zákazníka.

Dále je třeba brát v potaz, že celé výstupní hrdlo je vlastně jakási tlaková nádoba, proudící médium je pod určitým tlakem a vysokou teplotou a proto požadavky na svařování jsou v přísnějších kritériích. Svary musí být provedeny ve 100% kvalitě, co se týče povrchových i vnitřních vad, je povolena jen malá přípustná hodnota podle normy ČSN EN ISO 5817 ve stupni kvality B a C. Tyto dva stupně mají společný základ a to ten, že neprůvody, studené spoje a trhliny jsou absolutně nepřípustné.

Základem je předvaření celé dělicí roviny, od které se poté odvíjí další skládání a svařování celku. Na takto předvařenou a ustavenou dělicí rovinu se poté začnou skládat další pozice a to vnitřní a vnější věnce (oblouky), ty se rozepřou na požadovaný rozměr vzpěrami a poté začne skládání vnějších plášťů. Výhodou tohoto výstupního hrdla, z hlediska svařování je, že vnitřní části jsou díky jeho velikosti přístupné, tzn., že postup skládání se dá zvolit různě, ale pořád se musí brát v potaz přístupnost určitých svarů kvůli polohám svařování.

7.1 Spodní díl

Mluvíme-li o výrobním postupu spodního dílu radiálního výstupního hrdla, tak ten je následující:

- Zámečník je operace technologického postupu, kdy svářeč, může mít i nižší kvalifikaci, sestavuje, rozměřuje, připravuje a stehuje jednotlivé dílce k sobě. Jeho úkolem je v první řadě pečlivě prostudovat výkresovou dokumentaci včetně výkresů jednotlivých pozic, rozměřit jednotlivé pozice pro předvaření a sestehovat dílce v celek.
- Následující operací po takto předvařené (složené) konstrukci je kontrola provedení a rozměrů.
- Následuje operace svářeč, s vyšší kvalifikací než zámečník, který po prostudování výkresové dokumentace, zejména typů a velikostí svarů, začne, pokud je požadováno předeřhřívát sestavenou konstrukci a poté vyplní (svaří) požadované plechy plnohodnotným svarem přesně podle WPS.
- Dalším krokem (operací) je opět zámečník, který po svaření celou konstrukci vyrovná a upraví po svaření a připraví k následné kontrole.
- Kontrola vizuální, magnetická nebo penetrační a rentgenová nebo ultrazvuková jsou následně provedeny odborným personálem.

Tyto operace se postupně opakují až do zhotovení celé konstrukce, po níž proběhne ještě jedna kontrola jak rozměrová tak vizuální.

Následujícím krokem je pak tepelné zpracování, v tomto případě se jedná o žíhání na snížení vnitřního pnutí a to tak, že teplota ohřevu je 80°C/hod až do teploty 530-580°C, doba výdrže na této teplotě je 2 minuty na 1 mm tloušťky stěny, minimálně však 3 hodiny. Míra ochlazování byla stanovena na rychlost méně než 55°C/hod až do teploty 300°C v peci a poté nekontrolované ochlazování na klidném ovzduší.

Následné otryskání povrchu (křemičitým pískem) a opracování požadovaných ploch, vyvrtání otvorů apod.

Následující obrázky (Obr. 34. až Obr. 37.) jsou přímo z výroby spodního dílu radiálního výstupního hrdla a jsou seřazeny vzestupně, jak šel sled jejich výroby.



Obr. 34. Rozpracovaný spodní díl radiálního výstupního hrdla - zadní strana



Obr. 35. Rozpracovaný spodní díl radiálního výstupního hrdla – přední strana



Obr. 36. Spodní díl radiálního výstupního hrdla po magnetické zkoušce



Obr. 37. Spodní díl radiálního výstupního hrdla po opravování

7.2 Horní díl

Výrobní postup horního dílu radiálního výstupního hrdla je obdobný jako u spodního dílu. Operace – zámečnický → kontrola → svařec → zámečnický → kontrola – se opět opakují až do sestavení celé konstrukce. Následné žíhání na odstranění vnitřního pnutí při stejných podmínkách, otryskání povrchu (křemičitým pískem) a opracování požadovaných ploch a vyvrtání otvorů dle výkresové dokumentace jsou rovněž součástí výroby.

Na následujících obrázcích jsou seřazeny dle sledu výroby fotografie horního dílu radiálního výstupního hrdla parní turbíny, jako je celý svařenec po svaření, čekající na kontrolu po svaření (Obr. 38.), následují fotografie horního dílu výstupního hrdla po zkoušce magnetické (Obr. 39. a Obr. 40.), a dále fotografie horního dílu výstupního hrdla po opracování.



Obr. 38. Svařenec horního dílu radiálního výstupního hrdla



Obr. 39. Horní díl radiálního výstupního hrdla po magnetické zkoušce



Obr. 40. Horní díl radiálního výstupního hrdla po magnetické zkoušce



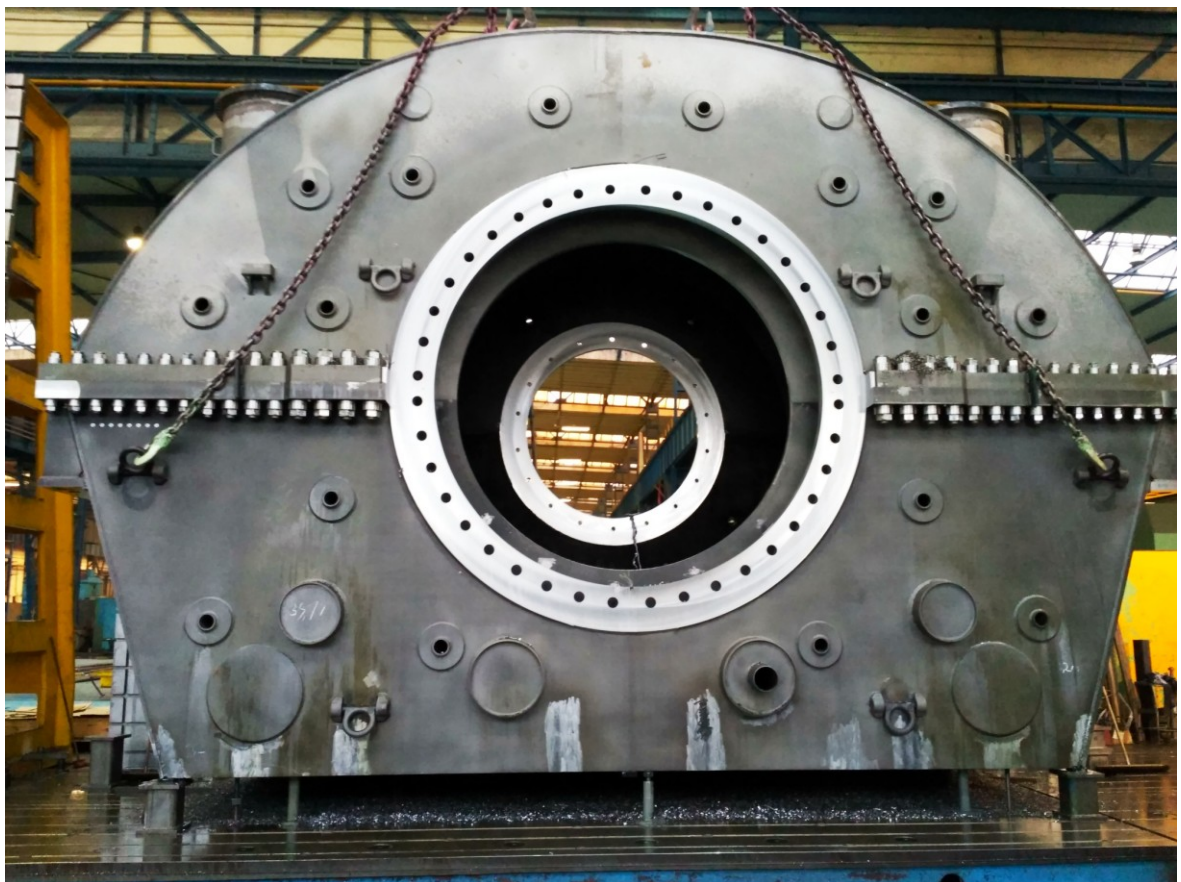
Obr. 41. Horní díl radiálního výstupního hrdla po opracování

7.3 Sestava

Po konečné kontrole takto vyrobeného horního a spodního dílu radiálního výstupního hrdla následuje po opracování ustavení obou polovin na sebe a to dělicími rovinami k sobě. Dále proběhne kontrola ustavení, rozměrová kontrola a konečná kontrola před expedicí. Z prostudovaných techniko-dodacích podmínek a jak již bylo v této práci zmíněno, musí být vnitřní průměr věnce vyroben v přesnosti 2 mm a vnější rozměry ve 4 mm. Tato skutečnost byla naplněna a oba dva celky se tak mohli připravit na expedici k zákazníkovi. Na obrázku 42. (Obr. 42.) můžete vidět sestavu obou polovin radiálního výstupního hrdla při opracování na horizontálním obráběcím stroji a na dalším obrázku (Obr. 43.) je tatáž sestava již po opracování a konečné kontrole připravena na další kroky, jako je konzervace a balení, které jsou nezbytnou součástí zakázky a vedou k úspěšné expedici k zákazníkovi.



Obr. 42. Horní díl a spodní díl radiálního výstupního hrdla při opracování



Obr. 43. Horní díl a spodní díl radiálního výstupního hrdla po opracování

8 NDT KONTROLY SVARŮ

Kontrola a zkoušení musí probíhat před a během svařování podle ISO 3834-2 kapitola 14.2 a 14.3. Kontrola a zkoušení po svařování podle bodů 14.4 a 14.5. Je třeba věnovat zvláštní pozornost při kontrole obtížných oblastí, vyznačených ve výkresové dokumentaci. [28]

Tab. 5. Kontrola a zkoušení svarových spojů

Zkušební metoda	Inspekční technika	Zkratka	Provedení	Vyhodnocení
Vizuální kontrola	Vizuální inspekce	VT	ISO 17637	ISO 5817
Magnetická prášková metoda	Magnetická metoda	MT	ISO 17638	ISO 23278
Penetrační metoda	Penetrační test	PT	ISO 3452-1	ISO 23277
Ultrazvuková metoda	Ultrazvukový test	UT	ISO 17640	ISO 11666
Kontrola prozářením	Rentgenový test	RT	ISO 17363-1	ISO 12517-1

Tab. 6. Rozsah zkoušek

Druh svaru / rozsah zkoušek	EN ISO 5817 Skupina / třída	ultrazvuk / rentgen	Penetrační / magnetická
Provažené plášťové švy			
Kruhové svary	C		10 %
Podélné svary	C	10 %	10 %
Styky – svary (pláště na přírubách / kroužky ...)	C	100 %	100 %
Potřebné svary – styky na přírubách / kroužcích	C	100 %	100 %
Potrubi (tupé svary)			
Kruhové svary	B	10 %	100 %
Podélné svary	B	10 %	100 %
Navařené díly	B		100 %
Koutové svary	C	Není aplikovatelné	10 %
Svary na uchycení zátěže			
Tupé svary	B		100 %
Koutové svary	B	Není aplikovatelné	100 %

8.1 Vyhodnocení NDT kontrol

Dle požadavků zákazníka zhotovit obě poloviny výstupního hrdla v požadované kvalitě svarových spojů dle ČSN EN ISO 5817 ve stupni kvality B a C, bylo nezbytné navrhnout takové zkoušky svarových spojů, aby bylo dosaženo tohoto cíle.

Při konečné vizuální kontrole nebyly nalezeny žádné indikace o vadách svarových spojů. Všechny svarové spoje byly vyhodnoceny jako vyhovující dle výše zmíněných

stupňů kvality. Rozsah vizuální kontroly byl 100%, tzn., že svary byly zkontrolovány všechny a to v celé délce. K vyhodnocení byly použity nástroje, jako je tříbodová měrka na velikost svarového spoje, zrcátko pro kontrolu špatně přístupných míst a baterka. Podmínky měření byly dle normy ČSN EN ISO 17637 – zejména pak osvětlení pracoviště (573 lux) a odborná kvalifikace pracovníka kontroly – level 2, o čemž vypovídá i protokol z vizuální kontroly, který je přílohou této diplomové práce jako Příloha P24.

Jako další zkouška byla požadována buď magnetická, nebo penetrační. Byla zvolena zkouška magnetická, jejíž specifikace provedení je uveden v normě ČSN EN ISO 17638. Rozsah zkoušky byl u některých svarů 10% a u některých, zejména u svarů dělicích rovin, opět v plné délce 100%. Magnetická zkouška prokázala, že svary splňují požadované nároky na kvalitu svarových spojů z pohledu povrchových vad. Opět nebyly při konečné kontrole za přítomnosti zákazníka indikovány žádné vady, zejména povrchové trhliny a pórovitost, které by byly nevyhovující v požadovaných stupních kvality. Zkouška byla prováděna opět odborně vyškoleným pracovníkem kontroly kvality – level 2 a byla vyhodnocena dle normy ČSN EN ISO 23278. Teplota testovaného povrchu byla 15°C, Zkušebním zařízením byla magnetická podkova typu MAG.Max, velikost proudu cca. 4,5 A a detekční prášek byl Colour farbe 280 od výrobce Pfínder chemie. O provedené magnetické zkoušce byl rovněž vystaven protokol, kde jsou uvedeny všechny náležitosti a je přílohou této Diplomové práce jako Příloha P25.

Dále byl požadavek, zkontrolovat vnitřní vady svarových spojů a to buď zkouškou prozářením, nebo ultrazvukovou zkouškou. Byla zvolena ultrazvuková zkouška, kde její provedení je specifikováno v normě ČSN EN ISO 17640 a byla také podle této normy provedena. Vyhodnocení se pak podstoupilo dle normy ČSN EN ISO 11666-2. Z protokolu o ultrazvukové zkoušce, který je součástí této Diplomové práce jako Příloha P26, vyplývá, že při této zkoušce byly detekovány vady ve svarových spojkách, avšak tyto byly v takovém rozsahu, že celkové svary byly vyhodnoceny jako vyhovující dle stupňů kvality B a C podle normy ČSN EN ISO 5817. Zkušebním přístroj byl USM 35, vazební prostředek Kleister, zkušební hlava MWB70-4 a zesílení 2dB. Kontrolu ultrazvukem a následné vyhodnocení a vystavení protokolu provedl opět pracovník kontroly s požadovanou odbornou kvalifikací dle normy ČSN EN ISO 9712 – level 2.

DISKUZE

Diplomová práce je zaměřena na výrobu ocelové konstrukce radiálního výstupního hrdla parní turbíny. Základní technologií výroby těchto ocelových konstrukcí je technologie svařování, postup svařování a parametry provádění jednotlivých svarů.

Zakázka na výrobu radiálního výstupního hrdla byla v podmínkách výrobního závodu kompletně zhotovena a převzata k expedici k zahraničnímu zákazníkovi.

Samostatně v celém rozsahu praktické části této diplomové práce jsem zpracoval technologii svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny dle zadaných požadavků. Technologii svařování jsem dozoroval a ve spolupráci s kontrolou výrobního závodu potvrzoval správnost provedení jednotlivých kroků technologického postupu. Současně jsem se zúčastnil všech dílčích přejímek a konečné přejímky od zákazníka.

Výroba radiálního výstupního hrdla parní turbíny byla zákazníkem potvrzena jako správná dle všech požadovaných parametrů. Současně byly i v kontrole přejímacích protokolů odsouhlaseny všechny mé dokumenty s přílohami WPS, svařovací mapy, certifikace svařovacího personálu, apod.

Po konzultaci se svařovacím inženýrem výrobce bude technologie svařování, kterou jsem navrhnul, zpracoval, a ve výrobních podmínkách ověřil, použita pro další zakázky výroby radiálních výstupních hrdel parních turbín jako model. Bude využit 3D model, WPS, svařovací mapa a systém kontroly.

Závěrem lze konstatovat, že diplomová práce je technickým přínosem pro výrobní závod a bude nadále využívána.

ZÁVĚR

Tato Diplomová práce se zabývá stanovením technologického postupu svařování radiálního výstupního hrdla parní turbíny. Nashromážděnými a důkladně prostudovanými literárními odkazy a dostupným materiálem bylo dosaženo hlavního cíle této práce, a to stanovení technologie výroby výstupního hrdla parní turbíny, zejména po stránce technologického procesu svařování.

V teoretické části této práce je popsána historie parních turbín, princip fungování a rozdělení typů, obecné požadavky na parní turbíny, jejich přehled a začlenění do typových řad. Je zde i zmínka o postupném vývoji turbín až do vzniku takzvaného stavebnicového systému a rozdělení turbín podle odběru páry. Významná část praktické části je věnována výstupním hrdlům parních turbín.

V části o svařování je postupně zmíněna problematika teorie vzniku svarového spoje, rozdělení metod svařování, pracovní polohy, vysvětlen pojem elektrického oblouku a svařování v ochranných atmosférách.

Práce se zabývá i zkouškami svarových spojů, zejména pak nedestruktivními, tedy kontrolou vizuální, kapilární, magnetickou, ultrazvukovou a zkouškou prozářením.

V praktické části této práce, na základě dostupné výkresové dokumentace, byly vytvořeny 3D modely a to jak spodního, tak horního dílu radiálního výstupního hrdla parní turbíny. Hlavní cíl této diplomové práce byl pak naplněn tvorbou technologického postupu svařování, hlavně však tvorbou specifikací postupů svařování (WPS) a svařovací mapy, které jsou součástí této Diplomové práce jako přílohy. Obsahem těchto postupů je na základě předem zadaných podmínek pro výrobu výstupních hrdel, stanovit parametry tak, aby byly naplněny podmínky pro kvalitativní provedení všech typů svarových švů vzniklých konstrukcí výstupního hrdla. Jedná se zejména o navržení metody svařování, přídavného materiálu a jeho průměru, stupně jakosti, teploty předehřevu, údajů o přípravě svarových ploch, kvalifikací svářečů, druhu spoje, polohy svařování, ochranného plynu, zkoušky postupu svařování (WPRQ), teploty mezivrstvy (interpass), tepelného zpracování, rychlosti podávání drátu, velikosti průtoku plynu, stanovení počtu vrstev a svařovacích parametrů jako jsou velikost elektrického napětí a proudu.

Jde o souhrn parametrů zpracovaných do dokumentů WPS. Tyto dokumenty jsou součástí výrobní dokumentace a dostanou se až do výrobního procesu, přímo k pracovní-

kovi (svářečovi), který daný svarový spoj bude provádět, potažmo musí být k dispozici po celou životnost daného zařízení pro případ havárie a podobně. WPS pak slouží jako vodítko k nastavení veškerých parametrů svařovacího agregátu a tím i k zdárnému naplnění kvality všech svařovaných švů, které se na výstupním hrdle nachází.

Svařovací mapa je pak ucelený přehled svarových spojů vyskytujících se na výstupním hrdle, včetně navržení kontrol, které se na tom konkrétním spoji mají provést.

Kontrola kvality svarových spojů je u ocelových konstrukcí typu výstupních hrdel parních turbín dnes již neodmyslitelná. Jde o požadavek zákazníků a mluvíme-li o zařízeních vysokotlakých, kdy médiem je přehřátá pára i zcela oprávněný. Svarové spoje u takových zařízení musí být stoprocentní.

Touto prací jsem chtěl poukázat na problematiku výroby velkých ocelových konstrukcí, zejména pak po stránce technologie svařování a kontroly kvality svarových spojů.

Závěrem chci zmínit, že k vytvoření těchto postupů ale i svarových spojů a kontrol je dle norem vyžadována příslušná kvalifikace pracovníků. Tyto osoby, odborně vyškolené dle požadavků norem, jsou jednou z nejdůležitějších požadavků a podmínek pro dosažení odpovídající kvality.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOLEJSKÝ, Tomáš. *Základní kurz svařování MIG/MAG se souborem testových otázek*. 4. aktualizované vydání. Ostrava: ZEROSS, 2015. Kapitola 10, Zkoušky svarů, s. 91-99.
- [2] KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie II: Část svařování* [online]. Brno: [s.n.], 2006. [cit. 2012-07-02]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory.htm>.
- [3] BARTÁK, Jiří, et al. *Učební texty pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory*. Ostrava: ZEROSS, 2002. 418 s. ISBN 80-85771-97-7.
- [4] KUBÍČEK, Jaroslav., DANĚK, Ladislav., KANDUS, Bohumil. *Učební texty pro mezinárodní svářečské inženýry a technology*. Plzeň: ŠKOLA WELDING s.r.o., 2011. Kapitola 2, *Technologie svařování a zařízení*.
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. *Učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Kapitola 1, *Materiály a jejich svařitelnost*.
- [6] BENATAR, Avraham. *Welding*. Munich: Hanser Publishers, c2001, 128 s. ISBN 1-56990-333-6
- [7] MÍŠEK, Bohumil. *Metody nedestruktivního zkoušení kovových materiálů a výrobků*. Brno: TESYDO, s.r.o., c2014. 100 s. ISBN 978-80-87102-09-1
- [8] VELECKÝ, Marek. *Vliv svařovacího plynu na kvalitu svarového kovu*. Zlín, 2016. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická
- [9] CÍDL, Jiří. *Matematický model parní turbíny s potlačeným vakuem: zkrácená verze Ph.D. Thesis*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky, c2004. ISBN 80-214-2808-2.
- [10] ABB První brněnská strojírna Brno, s.r.o., *Průmyslové parní turbíny k pohonu turbogenerátorů a pro mechanické pohony*. Brno: ABB, c2005. 20 s.
- [11] ŠUMA, Jiří. *Modernizace parní turbíny*. Plzeň: Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta Strojní. c2016. 51 s. Bakalářská práce.
- [12] *100 let: historie a současnost vývoje a výroby parních turbin v Brně*. Praha: Trilabit, c2002. ISBN 80-902681-2-9.

- [13] BENEŠ, Libor. *Svařování*. Učební text., ČVUT v Praze. dostupné z WWW: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf
- [14] ŠKOPEK, Jan. *Tepelné turbíny a turbokompresory*. 1. vydání Plzeň: Západočeská Univerzita v Plzni, 2010, 248 s.
- [15] ŠKOPEK, Jan. *Parní turbína: Tepelný a pevnostní výpočet*. 1. vydání Plzeň: Západočeská Univerzita v Plzni. 2003, 159 s.
- [16] MINAŘÍK, Václav. *Přehled metod svařování*. Ostrava: ZEROSS, ISBN 80-58771-95-0
- [17] AUTOR NEUVEDEN. [online]. [cit. 28.2.2018]. Dostupný na WWW: <http://www.pwtsrl.com/pipe-welding-system-technology/miller-pipepro-auto-xcs-light/#pipe>
- [18] AUTOR NEUVEDEN. [online]. [cit. 07.3.2018]. Dostupný na WWW: <http://torquendt.com/course/visual-testing/>
- [19] AUTOR NEUVEDEN. [online]. [cit. 04.1.2018]. Dostupný na WWW: <http://www.rnducs.com/services/non-destructive-testing-ndt/>

Citované normy:

- [20] ČSN EN 10204 – *kovové výrobky - druhy dokumentů kontroly*, Praha: Český normalizační institut, 2005, 14 s.
- [21] ČSN EN ISO 9013 – *klasifikace dělení – klasifikace tepelných řezů – geometrické požadavky na výrobky a jakosti řezu*, Praha: Český normalizační institut, 2003, 28 s.
- [22] ČSN EN ISO 14731 – *Svářečský dozor – úkoly a odpovědnosti*, Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.
- [23] ČSN EN ISO 15614 – *Stanovení kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – zkouška postupu svařování – část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu*, Praha: Český normalizační institut, 2005, 48 s.
- [24] ČSN EN ISO 9606-1 – *Zkoušky svářečů – tavné svařování – část 1: oceli*, Praha: Český normalizační institut, 2014, 36 s.

- [25] ČSN EN 1011-1 – *Doporučení pro svařování kovových materiálů – část 1: všeobecná směrnice pro obloukové svařování*, Praha: Český normalizační institut, 2009, 16 s.
- [26] ČSN EN 1090-2 – *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – část 2: technické požadavky na ocelové konstrukce*, Praha: Český normalizační institut, 2012, 176 s.
- [27] ČSN EN ISO 13920 – *Svařování – základní tolerance pro svařované konstrukce – velikosti dělek a úhlů – tvar a poloha*, Praha: Český normalizační institut, 1998, 12 s.
- [28] ČSN EN ISO 3834-2 – *Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – Část 2: Vyšší požadavky na jakost*, Praha: Český normalizační institut, 2006, 12 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MAG	Metal Activ Gas
MIG	Metal Inert Gas
TIG	Tungsten Inert Gas
NDT	Nondestructive Testing
WPS	Welding Procedure Specification
WPQR	Welding procedure qualification report
°C	stupeň Celsia
CO ₂	oxid uhličitý
kg	kilogram
mm	milimetr
A	Ampér
kPa	kiloPascal
ot/min	otáčky za minutu
kW	kiloWatt
MW	MegaWatt
kWh	kiloWattethodina
kJ/kWh	kiloJoule za kiloWattethodinu
bar	bar
kJ/kg	kiloJoule na kilogram
%	procento
Hz	Hertz
min. ⁻¹	Za minutu
m ³ s ⁻¹	metr krychlový za sekundu
A.mm ⁻²	Ampér na milimetr čtvereční

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1. Tvar rozváděcích (a) a oběžných (b) lopatek*
- Obr. 2. Porovnání přetlakového (a) a rovnotlakého stupně (b). RL – rozváděcí lopatky, OL – oběžné lopatky, p – průběh tlaku.*
- Obr. 3. Model parní turbíny*
- Obr. 4. Turbosoustrojí s parní turbínou protitlakovou a dvoustupňovým ohřevem topné vody o výkonu 55 MW v paroplynové městské teplárně v Tampere-Lielahti*
- Obr. 5. Protitlaková turbína typu G 63*
- Obr. 6. Standardní protitlaková turbína typové řady G*
- Obr. 7. Standardní kondenzační turbína typové řady V*
- Obr. 8. Stavebnicové moduly skříně kondenzační turbíny s jedním prodlužovacím prstencem ve vysokotlaké části, dvěma velikostmi hrdel výstupní páry a moduly ložiskových stojanů.*
- Obr. 9. Dvouproudová kondenzační turbína se dvěma hrdly výstupní páry orientovanými nahoru.*
- Obr. 10. Parní kondenzační turbína s jedním regulovatelným odběrem a radiálním výstupním hrdlem.*
- Obr. 11. Parní kondenzační turbína s jedním regulovatelným odběrem a axiálním výstupním hrdlem*
- Obr. 12. Vliv teplotního účinku svařování na strukturu svarového kovu*
- Obr. 13. Ukázka ručního obloukového svařování*
- Obr. 14. Ukázka poloautomatického obloukového svařování*
- Obr. 15. Ukázka mechanizovaného obloukového svařování*
- Obr. 16. Ukázka automatického obloukového svařování*
- Obr. 17. Ukázka Robotického obloukového svařování*
- Obr. 18. Rozdělení metod svařování*

- Obr. 19. Polohy svařování dle ČSN EN ISO 6947*
- Obr. 20. Způsoby přenosu kovu elektrody v elektrickém oblouku*
- Obr. 21. Základní schéma svařování metodou MIG/MAG*
- Obr. 22. Princip svařování tavící se elektrodou v inertním nebo aktivním plynu – MIG/MAG*
- Obr. 23. Nástroje pro vizuální kontrolu*
- Obr. 24. Penetrační (kapilární) zkouška*
- Obr. 25. Magnetická zkouška*
- Obr. 26. Zkouška prozářením*
- Obr. 27. Ultrazvuková zkouška*
- Obr. 28. Pohled na přední stranu spodního dílu výstupního hrdla, žebrování a věnec pro vnitřní těleso s lopatkováním*
- Obr. 29. Pohled na zadní stranu spodního dílu výstupního hrdla, jeho odvodušnění, věnec a dělicí rovinu.*
- Obr. 30. Pohled na vnitřní konstrukci spodního dílu výstupního hrdla a jeho vyztužení*
- Obr. 31. Pohled na přední stranu horního dílu výstupního, dělicí rovinu a věnec pro vnitřní těleso s lopatkováním*
- Obr. 32. Pohled na zadní stranu horního dílu výstupního hrdla a jeho komíny pro odvod páry*
- Obr. 33. Pohled dovnitř horního dílu výstupního hrdla, jeho vyztužení a odvodušnění*
- Obr. 34. Rozpracovaný spodní díl radiálního výstupního hrdla - zadní strana*
- Obr. 35. Rozpracovaný spodní díl radiálního výstupního hrdla – přední strana*
- Obr. 36. Spodní díl radiálního výstupního hrdla po magnetické zkoušce*
- Obr. 37. Spodní díl radiálního výstupního hrdla po opracování*
- Obr. 38. Svařenec horního dílu radiálního výstupního hrdla*
- Obr. 39. Horní díl radiálního výstupního hrdla po magnetické zkoušce*

Obr. 40. Horní díl radiálního výstupního hrdla po magnetické zkoušce

Obr. 41. Horní díl radiálního výstupního hrdla po opracování

Obr. 42. Horní díl a spodní díl radiálního výstupního hrdla při opracování

Obr. 43. Horní díl a spodní díl radiálního výstupního hrdla po opracování

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Přehled hlavních parametrů parních turbín typových řad G a V

Tab. 2. Standardní protitlakové turbíny typové řady G

Tab. 3. Standardní kondenzační turbíny typové řady V

Tab. 4. Některé hodnoty svařovacích parametrů, které jsou stejné pro všechny WPS

Tab. 5. Kontrola a zkoušení svarových spojů

Tab. 6. Rozsah zkoušek

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1 – Úvodní list technologického postupu svařování

Příloha P2 – WPS č. 1/213700/2018

Příloha P3 – WPS č. 2/213700/2018

Příloha P4 – WPS č. 3/213700/2018

Příloha P5 – WPS č. 4/213700/2018

Příloha P6 – WPS č. 5/213700/2018

Příloha P7 – WPS č. 6/213700/2018

Příloha P8 – WPS č. 7/213700/2018

Příloha P9 – WPS č. 8/213700/2018

Příloha P10 – WPS č. 9/213700/2018

Příloha P11 – WPS č. 10/213700/2018

Příloha P12 – WPS č. 11/213700/2018

Příloha P13 – WPS č. 12/213700/2018

Příloha P14 – WPS č. 13/213700/2018

Příloha P15 – WPS č. 14/213700/2018

Příloha P16 – WPS č. 15/213700/2018

Příloha P17 – WPS č. 16/213700/2018

Příloha P18 – WPS č. 17/213700/2018

Příloha P19 – WPS č. 18/213700/2018

Příloha P20 – WPS č. 19/213700/2018

Příloha P21 – WPS č. 20/213700/2018

Příloha P22 – WPS č. 21/213700/2018

Příloha P23 – WPS č. 22/213700/2018

Příloha P24 – Protokol o vizuální kontrole

Příloha P25 – Protokol o magnetické zkoušce

Příloha P26 – Protokol o ultrazvukové zkoušce

Příloha P27 – Výkres číslo 1-213700-07052018

Příloha P28 – Výkres číslo 2-213700-07052018

Příloha P29 – WJR – svařovací mapa

PŘÍLOHA P1: ÚVODNÍ LIST TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU SVAŘOVÁNÍ

Welding procedure specification WPS

Dle normy ČSN EN ISO 15614-1

Projekt: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**

Produkt:

Radiální výstupní hrdlo – spodní díl

Radiální výstupní hrdlo – horní díl

Číslo výkresu:

1-213700-07052018

2-213700-07052018

Datum: **08. 03. 2018**

Vytvořil: **Bc. Marek Velecký, IWT**



PŘÍLOHA P2: WPS Č. 1/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	1/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018 2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**

(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**

(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**

(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**

(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**

(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**

(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**

(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) řezání plamenem nebo strojním obráběním

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svařeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a3**

(druh spoje)

Welding position: **PB**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) EN ISO 14175 – M21

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

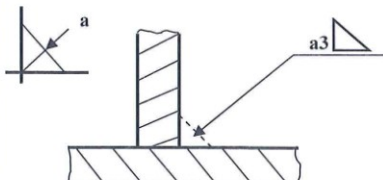
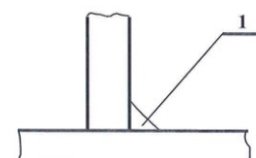
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.:

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(tepelné zpracování)

<p>Joint design: (tvar spoje)</p> 	<p>Welding procedure: (postup svařování)</p> 
---	---

Welding parameters:

(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,0	DC (+)	215-225	23-25	9-10	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P3: WPS Č. 2/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	2/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**
(stupeň jakosti)


Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) řezání plamenem nebo strojním obráběním

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)

Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a4** 
(druh spoje)

Welding position: **PB**
(poloha svařování)

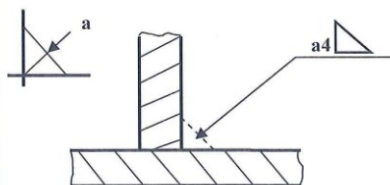
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) EN ISO 14175 – M21

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)

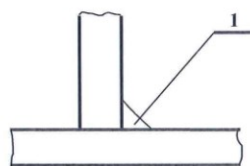
Interpass Temp.:
(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**
(teplné zpracování)


Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed  (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,0	DC (+)	225-250	25-28	10-11	

Date: **08. 03. 2018** Revision: **00** Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P4: WPS Č. 3/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	3/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**
(stupeň jakosti)


Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) řezání plamenem nebo strojním obráběním

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)

Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a5** 
(druh spoje)

Welding position: **PB**
(poloha svařování)

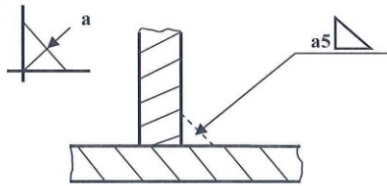
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) EN ISO 14175 – M21

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)

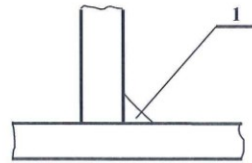
Interpass Temp.:
(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**
(tepelné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P5: WPS Č. 4/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	4/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)


Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) řezání plamenem nebo strojním obráběním

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)

Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a6** 
(druh spoje)

Welding position: **PB**
(poloha svařování)

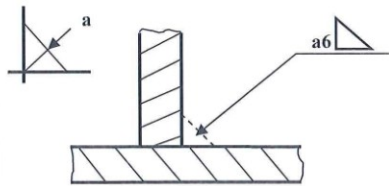
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) EN ISO 14175 – M21

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)

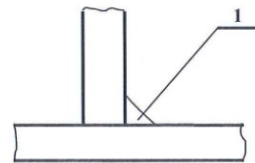
Interpass Temp.:
(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**
(teplné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P6: WPS Č. 5/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	5/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (P235GH)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) **SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6**

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B, C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a7**

(druh spoje)

Welding position: **PB**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

(zkoušky postupů svařování)

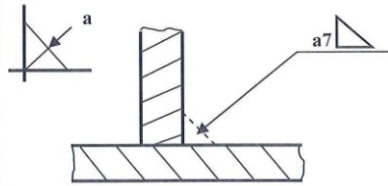
Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

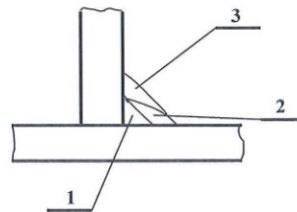
PWHT: **acc. WPQR**

(tepelné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-3	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	

Date: **08. 03. 2018** Revision: **00** Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P7: WPS Č. 6/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	6/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**


Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a8** 
(druh spoje)

Welding position: **PB**
(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

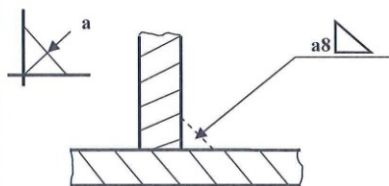
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)

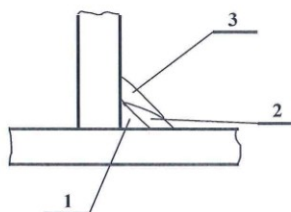
PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed $\frac{m}{min}$	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-3	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	

Date: **08. 03. 2018** Revision: **00** Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P8: WPS Č. 7/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	7/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3Si1**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**

(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**


Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **FW a10** 
(druh spoje)

Welding position: **PB**
(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

(zkoušky postupů svařování)

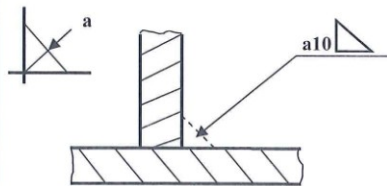
Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

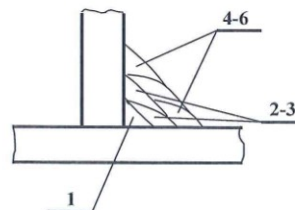
PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)


Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed  (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-3	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
4-6	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



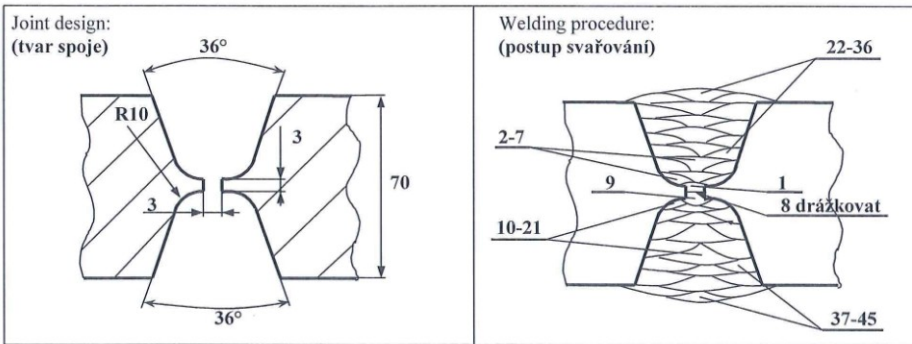
PŘÍLOHA P9: WPS Č. 8/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	8/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)
Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)
Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)
Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)
Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6
Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B (100% UT)**
(stupeň jakosti)
Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)
Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**
Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)
Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)
Joint type: **BW 2x U35**
(druh spoje)

Welding position: **PA**
(poloha svařování)
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**
WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)
Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)
PWHT: **acc. WPQR**
(teplné zpracování)



Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1; 9	135	PB	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-7	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
10-21	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
8 drážkovat								
22-36	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	
37-45	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P10: WPS Č. 9/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	9/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B (100% UT)**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **BW X 25**
(druh spoje)

Welding position: **PA**
(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) EN ISO 14175 – M21

WPQR No.: **2274-2013**

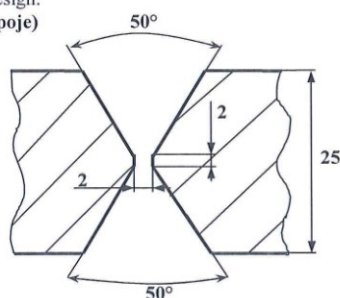
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)

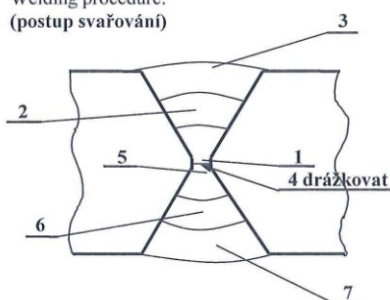
PWHT: **acc. WPQR**

(tepelné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1; 5	135	PB	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2; 6	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
3; 7	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	
4 drážkovat								

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P11: WPS Č. 10/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	10/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

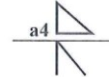
(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **BW+FW**

(druh spoje)



Welding position: **PA, PB**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

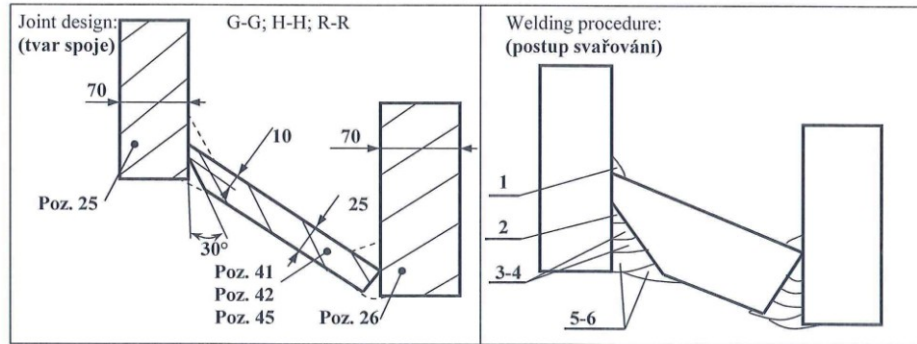
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplotné zpracování)



Welding parameters:

(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB; PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
3-4	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	
5-6	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	

Pozn.: **stejný sled svařování na obou stranách**

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P12: WPS Č. 11/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	11/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3Si1**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

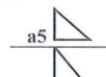
(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **BW+FW**
(druh spoje)



Welding position: **PA, PB**
(poloha svařování)

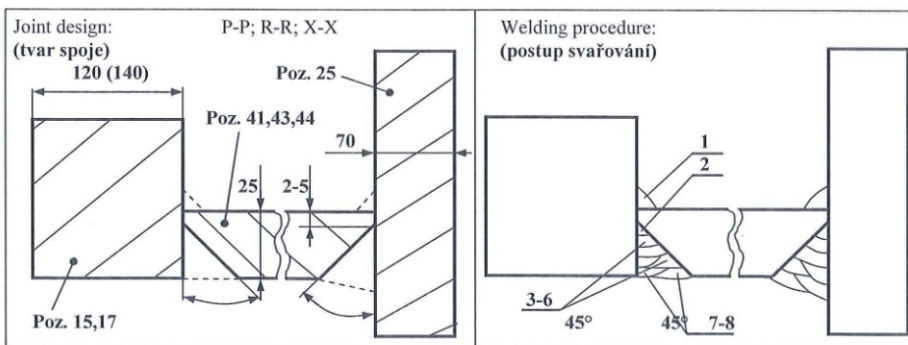
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PB	1,2	DC (+)	250-270	28-31	10-11	
2	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	11-12	
3-6	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	12-13	
7-8	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	11-12	

Pozn.: stejný sled svařování na obou stranách

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P13: WPS Č. 12/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	12/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) **SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6**

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **FW+BW**

(druh spoje)



Welding position: **PA, PB**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

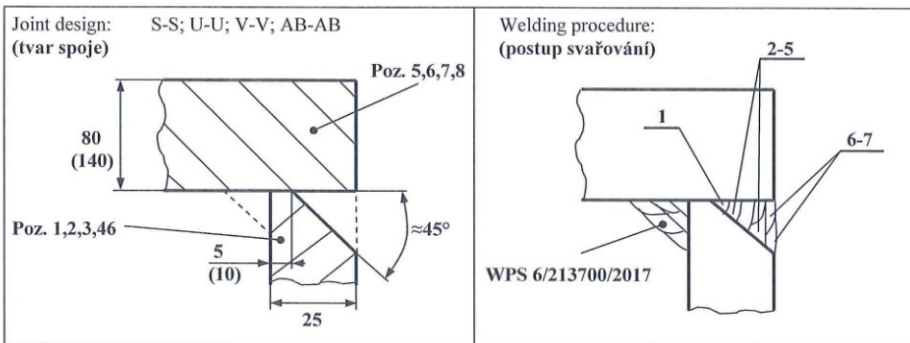
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)



Welding parametres:

(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-5	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
6-7	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P14: WPS Č. 13/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	13/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3Si1**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – C**

(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **BW+FW**

(druh spoje)



Welding position: **PA**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **DNV 25/06**

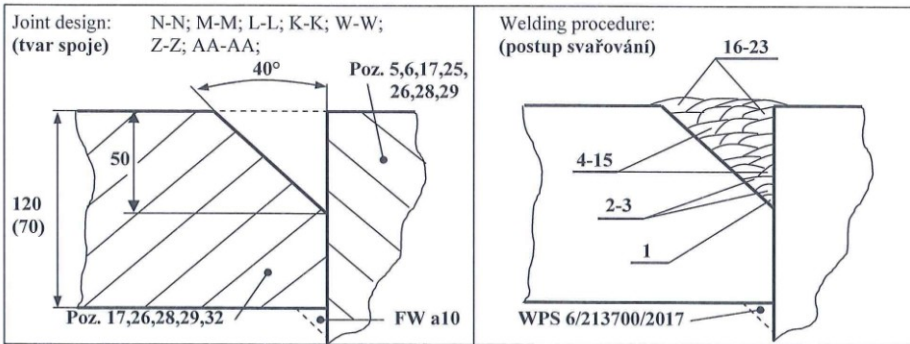
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(tepelné zpracování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	10-11	
2-3	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	11-12	
4-15	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	12-13	
16-23	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	11-12	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P15: WPS Č. 14/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	14/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) **SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6**

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – C**

(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

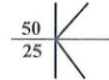
(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **BW**

(druh spoje)



Welding position: **PA**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **DNV 25/06**

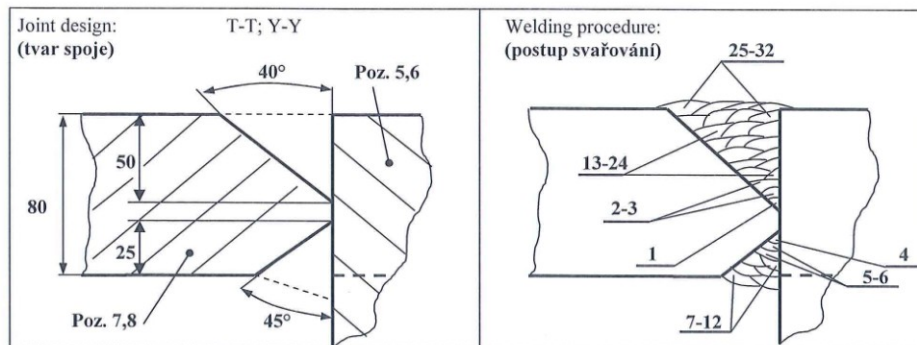
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)



Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1;4	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	10-11	
2-3;5-6	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	11-12	
7-12;13-24	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	12-13	
25-32	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	11-12	

Date: **08. 03. 2018** Revision: **00** Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P16: WPS Č. 15/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	15/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) **SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6**

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **FW+BW**
(druh spoje)



Welding position: **PA, PB**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**

(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)

<p>Joint design: E-E; N-N; P-P (tvar spoje)</p>	<p>Welding procedure: (postup svařování)</p>
--	--

Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-5	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
6-7	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: **08. 03. 2018** Revision: **00** Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P17: WPS Č. 16/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	16/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

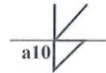
(poznámky)

Structural component: **all**

(konstrukční dílec)

Joint type: **BW+FW**

(druh spoje)



Welding position: **PA**

(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**

(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **DNV 25/06**

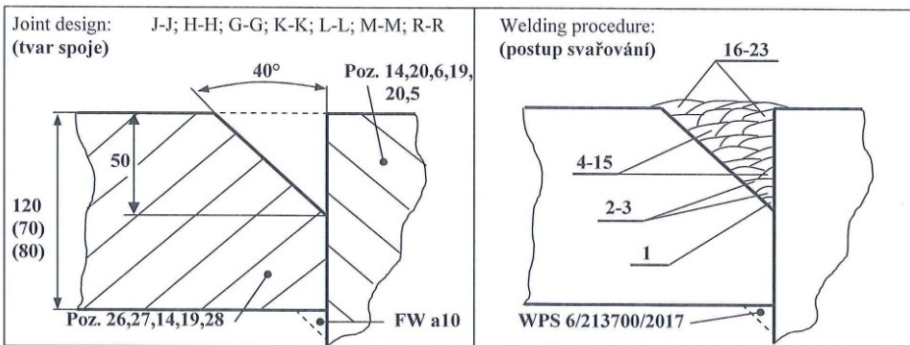
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(tepelné zpracování)



Welding parametres:

(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	10-11	
2-3	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	11-12	
4-15	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	12-13	
16-23	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	11-12	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P18: WPS Č. 17/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	17/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **I35 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3Si1**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – C**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

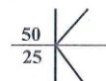
(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **BW**
(druh spoje)



Welding position: **PA**
(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

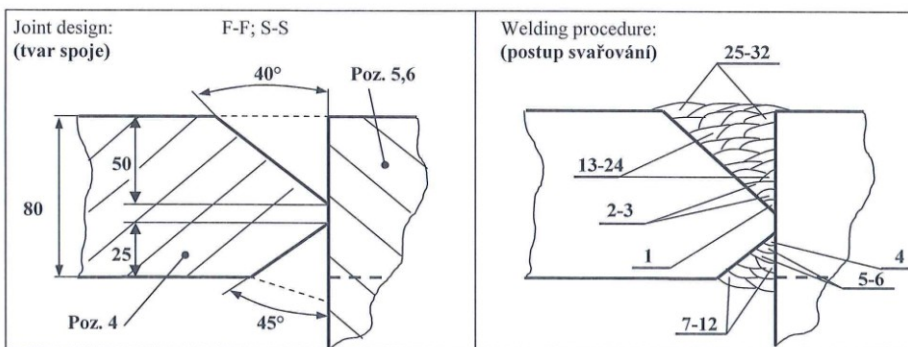
WPQR No.: **DNV 25/06**

(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1;4	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	10-11	
2-3;5-6	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	11-12	
7-12;13-24	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	12-13	
25-32	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	11-12	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P19: WPS Č. 18/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	18/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) **SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6**

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B**

(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**

(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**

(kvalifikace svářeče)

Remarks:

(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **BW**

(druh spoje)

10 ✓

Welding position: **PA**
(poloha svařování)

Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**

WPQR No.: **DNV 25/06**

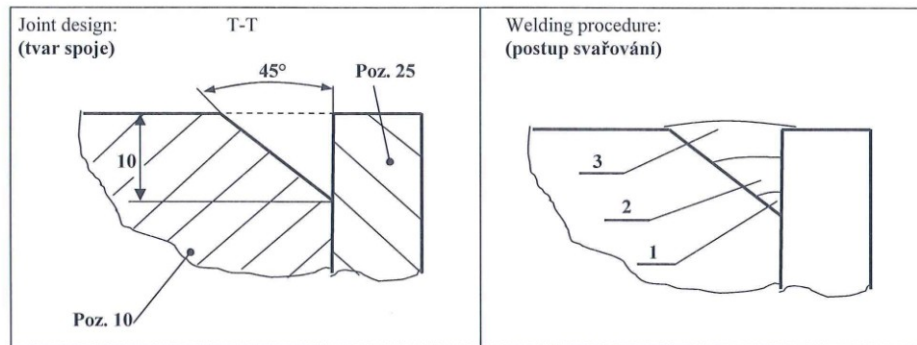
(zkoušky postupů svařování)

Interpass Temp.: **max. 250°C**

(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**

(teplné zpracování)



Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2	135	PA	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
3	135	PA	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**



PŘÍLOHA P20: WPS Č. 19/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	19/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)

Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)

Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)

Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)

Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6

Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B**
(stupeň jakosti)

Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)

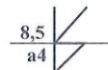
Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**

Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)

Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)

Joint type: **BW**
(druh spoje)



Welding position: **PA, PB, PC**
(poloha svařování)

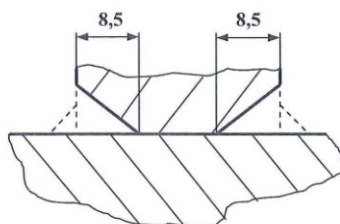
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) EN ISO 14175 – M21

WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)

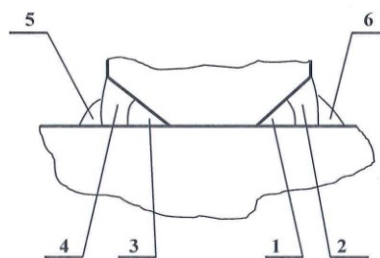
Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)

PWHT: **acc. WPQR**
(teplné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



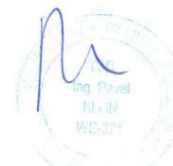
Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1;3	135	PA, PC	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2;4	135	PA, PC	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
5;6	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**

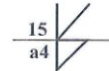


PŘÍLOHA P21: WPS Č. 20/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	20/213700/2018
	Drawing No.:	1-213700-07052018
		2-213700-07052018

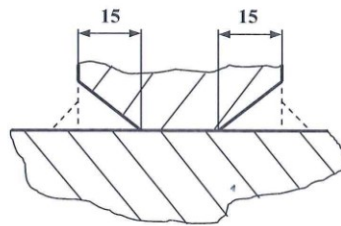
Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)
Parent metal: **S235JR (S355J2+N)**
(základní materiál)
Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)
Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)
Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3SiI**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6
Weld quality: **acc. EN ISO 5817 – B**
(stupeň jakosti)
Preheat Temp.: **S235JR (S355J2+N) > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)
Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojním obráběním**
Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)
Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)
Joint type: **BW**
(druh spoje)

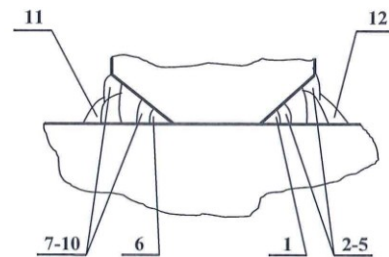


Welding position: **PA, PB, PC**
(poloha svařování)
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**
WPQR No.: **2274-2013; DNV 25/06**
(zkoušky postupů svařování)
Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)
PWHT: **acc. WPQR**
(teplelné zpracování)

Joint design:
(tvar spoje)



Welding procedure:
(postup svařování)



Welding parameters:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1;6	135	PA, PC	1,2	DC (+)	225-250	25-28	10-11	
2-5;7-10	135	PA, PC	1,2	DC (+)	250-270	28-31	11-12	
11;12	135	PB	1,2	DC (+)	270-300	31-33	12-13	

Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



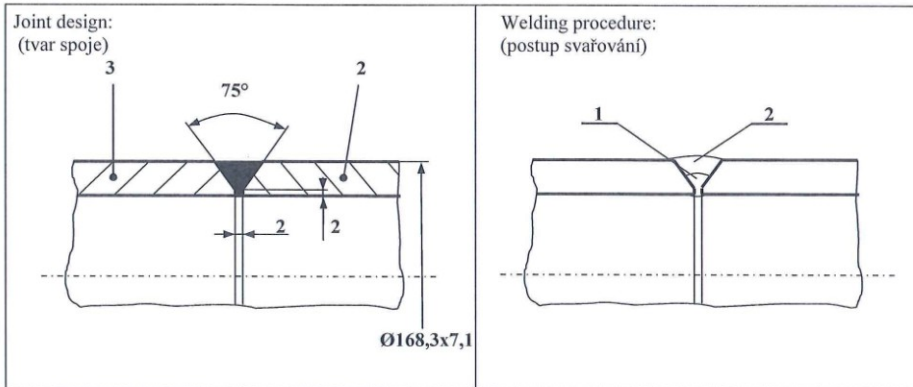
PŘÍLOHA P22: WPS Č. 21/213700/2018

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	21/213700/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)
Parent metal: **P235GH**
(základní materiál)
Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)
Welding process: **I35 (MAG)**
(metoda svařování)
Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3Si1**
(přídavný materiál) **SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6**
Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - B**
(stupeň jakosti)
Preheat Temp.: **P235GH > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)
Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojím obráběním**
Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svářeče)
Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)
Joint type: **BW**
(druh spoje)

Welding position: **PA, PC**
(poloha svařování)
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**
WPQR No.: **36/PRG/177-07**
(zkoušky postupů svařování)
Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)
PWHT: **acc. WPQR**
(teplné zpracování)



Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA, PC	1,2	DC (+)	170-200	18-21	6-7	
2	135	PA, PC	1,2	DC (+)	200-230	21-24	7-8	

Date: **08. 03. 2018** Revision: **00** Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klou, WE**



PŘÍLOHA P23: WPS Č. 22/213700/2018

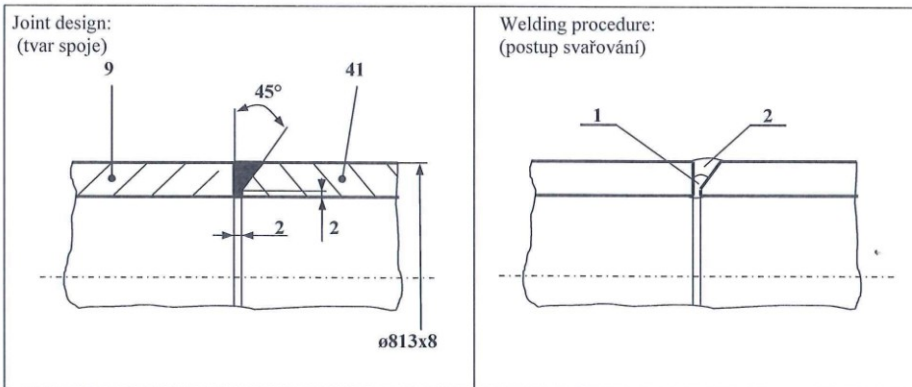
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	WPS No.:	22/213690/2018
	Drawing No.:	2-213700-07052018

Project: **Radiální výstupní hrdlo parní turbíny**
(projekt)
Parent metal: **P235GH**
(základní materiál)
Thickness of parent metal: **acc. drawings**
(tloušťka základního materiálu)
Welding process: **135 (MAG)**
(metoda svařování)
Filler metal: **EN ISO 14341A: G 3Si1**
(přídavný materiál) SFA/AWS A 5.18: ER 70S-6
Weld quality: **acc. EN ISO 5817 - C**
(stupeň jakosti)
Preheat Temp.: **P235GH > 25mm – 150°C**
(teplota předehřevu)
Reference about weld preparation: **flame cutting or machining**
(údaje o přípravě svarových ploch) **řezání plamenem nebo strojím obráběním**
Welders qualification: **EN 287-1; ISO 9606-1**
(kvalifikace svařeče)
Remarks:
(poznámky)

Structural component: **all**
(konstrukční dílec)
Joint type: **BW**
(druh spoje)

Welding position: **PA, PC**
(poloha svařování)
Rate of flow gas (l/min): **12-15 (Ar+18%CO₂)**
(ochranný plyn) **EN ISO 14175 – M21**
WPQR No.: **36/PRG/177-07**
(zkoušky postupů svařování)
Interpass Temp.: **max. 250°C**
(teplota mezivrstvy)

PWHT: -
(teplné zpracování)



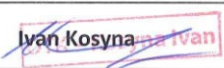
Welding parametres:
(parametry svařování)

Layer	Welding process	Position	Diam. (mm)	Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Heat input (kJ/cm)
1	135	PA, PC	1,2	DC (+)	170-200	18-21	6-7	
2	135	PA, PC	1,2	DC (+)	200-230	21-24	7-8	

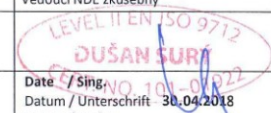
Date: 08. 03. 2018 Revision: 00 Prepared by: **Bc. Marek Velecký, IWT** Checked by: **Ing. Pavel Klon, WE**




PŘÍLOHA P24: PROTOKOL O VIZUÁLNÍ KONTROLE

NDT	INSPECTION VISUAL REPORT According to ČSN EN ISO 17637 SICHTPRÜFUNGSprotokoll nach ČSN EN ISO 17637 VISUÁLNÍ KONTROLA DLE ČSN EN ISO 17637 (Inspekční certifikát ČSN EN 10204-3.1)			Number: Nummer: Číslo: VT 37
Customer: Kunde: Zákazník.		Order No.: Auftrag Nr.: Zakázkač.:		
Component: Komponent: Výrobek:	RADIÁLNÍ VÝSTUPNÍ HRDLO	Place of inspection: Prüfung Platz: Místo zkoušky:		
Part: Bauteil: Dílec:	SESTAVA	Drawing No.: Zeichnung Nr.: Výkres č.:	1-213700-07052018 2-213700-07052018	
Nº of Pcs.: Stückzahl: Počet kusů:	1	Material: Material: Materiál:	AS PER DRAWING / DLE VÝKRESU	
Evaluation acc. to: Bewertung nach: Hodnocení dle:	EN ISO 5817	Level of quality: Bewertungsniveau: Stupeň hodnocení:	C	
Range of examination: Prüfungsbereich: Rozsah zkoušky:	100%	Testing Rule: Prüfungsvorschrift/prozedur: Zkuš. předpis/procedura:	ČSN EN ISO 17637	<input type="checkbox"/> After Machining Nach Bearbeitung Po opracování:
Testing Method: Prüfungsmethode: Metoda zkoušení: Přímá-nepřímá	<input checked="" type="checkbox"/> Direct/ Direkt <input type="checkbox"/> Indirect Indirekt	Measuring tools: Messer: Měřidla:	Weld Scale Schweißnahtlehre Měrka svarů	<input type="checkbox"/> After welding or after blasting Nach dem Schweißen oder nach Strahlen Po svařování nebo otryskání
Illuminance: Lichtstärke: Intenzita osvětlení:	573 lux	Welding technique Nº: Schweißmethode: Postup svařování číslo:		<input checked="" type="checkbox"/> After P.W.H.T Nach Wärmebehandlung Po tepelném zpracování
Luminary: Beleuchtungsquelle: Zdroj osvětlení:	Pollux 427 Helling	Tools – equipment: Instrument - Anlage: Pomůcky - zařízení:		<input type="checkbox"/> No or before P.W.H.T. Ohne oder vor der Wärmebehandlung Bez nebo před tep.zprac.
				<input type="checkbox"/> After pressure exam Nach Druckprüfung Po tlakové zkoušce
FOUNDED FAULTS / Festgestellte Mängel (zjištěné závady)				
Note: Bemerkung: Poznámka:				
<input checked="" type="checkbox"/> No indication to record Ohne Mangelaufnahme Bez záznamu vad	<input type="checkbox"/> Indication to record Anzeige für Eintragung Záznam vad	<input type="checkbox"/> Accepted after repair Akzeptiert nach Reparatur Vyhovuje po opravě		<input type="checkbox"/> No accepted Nicht entspricht Nevyhovuje
<input checked="" type="checkbox"/> Accepted Entspricht Vyhovuje				<input type="checkbox"/> Enclosed No. Beilage Nummer Příloha číslo
Operator: Prüfer: Zkoušel:	LEVEL 2	NDE test room chief: Leiter NDE Testprüfstelle: Vedoucí NDE zkušebny:	Inspection agency: Inspektionsagentur: Inspekční organizace.	
Name: Name: Jméno:				
Certificate No. : Zertifikat Nummer: Číslo certifikátu:	3197-NDT-0132-13			
Date/ sign. Datum / Unterschrift Datum / Podpis	30. 04. 2018			

PŘÍLOHA P25: PROTOKOL O MAGNETICKÉ ZKOUŠCE

NDT	MAGNETIC PARTICLE TEST REPORT PROTOKOLL MAGNETPULVERPRÜFUNG PROTOKOL O ZKOUŠCE MAGNETICKOU METODOU PRÁŠKOVOU	No. Nr. Číslo MT 37
Object: Objekt: Zákazník:		Mfr's job No. Auftrag Nr. Zakázkové číslo
Component: Komponente: Výrobek		Part No. Fortlfd. Nr. Běžné číslo
Part: Bauteil: Dílec:		Drawing No. Zchg. Nr. Číslo výkresu
Pcs. Stückzahl Počet kusů		Material Material Materiál
Specification Specifikation Specifikace		Evaluation acc. to Bewertung nach Hodnocení dle
ČSN EN 17 638		ČSN EN ISO 23278 2x
NDE subject Prüfobjekt Zkoušený předmět		Exam. surface Prüfoberfläche Zkoušený povrch
Range of Examination Prüfbereich Rozsah zkoušky		
10%/100%		
<input type="checkbox"/> Base material Grundmaterial Základní materiál	<input checked="" type="checkbox"/> Outside surface Aussenoberfläche Vnější povrch	<input checked="" type="checkbox"/> Inside surface Innenoberfläche Vnitřní povrch
<input type="checkbox"/> Welding edge Schweisskante Návarová hrana	<input type="checkbox"/> No or before P.W.H.T. Ohne oder vor Wärmebehandlung Bez nebo před tepelným zpracováním	<input checked="" type="checkbox"/> Sand blasting Besandet Pískovaný
<input type="checkbox"/> Root layer Schweisnahtwurzeln Kořen svaru	<input checked="" type="checkbox"/> After P.W.H.T. Nach Wärmebehandlung Po tepelném zpracování	<input type="checkbox"/> Brushing Bürsten Kartáčovaný
<input checked="" type="checkbox"/> Completed weld Fertige Schweisnaht Dokončený svar	<input type="checkbox"/> After P.T. Nach Druckprobe Po tlakové zkoušce	<input type="checkbox"/> Grinding Geschärft Broušený
<input type="checkbox"/> Weld overlay Aufschweissung Návar	Temp. of the surface Wärmeoberfläche Teplota povrchu	
		15 ° C
<input type="checkbox"/> Cladding Plattierung Plátování	Position – weld No. Position – schwnht. Nr. Pozice – číslo sváru	
		AS PER DRAWING/NACH ZEICHNUNGS
Technical data / Technische prüfdaten / Technické údaje		
Magnetization Magnetsierung Magnetizace	Equipment Prüfgerät Zařízení	Exam. medium Prüfmittel Detekční prášek
<input checked="" type="checkbox"/> Yoke Jochmagnet Podkova	Type Type Typ	MAG.Max
<input type="checkbox"/> Prod magn. Stromdurchflutung Průchod proudů	Type Type Typ	<input type="checkbox"/> Fluorescent Fluoreszierend Fluorescenční
<input type="checkbox"/> Combined magn. Kombination Kombinovaná	Type Type Typ	<input checked="" type="checkbox"/> Colour Farbig Barevný
Current Strom Proud	<input checked="" type="checkbox"/> ~ <input type="checkbox"/> = 4,5 A	<input type="checkbox"/> Dry Trocken Suchý
		<input checked="" type="checkbox"/> Suspension Suspension Suspenze
Field indicator Testkörper Kontrolní měrka		
<input checked="" type="checkbox"/> Berthold Berthold Bertholdova		
<input type="checkbox"/> ASME		
Note Bemerkung after PWHT Poznámka		
The requirements of the specification / Die gestellten Anforderungen sind/ Kladené požadavky jsou:		No indication to record Ohne Mangelaufnahme. Bez záznamu vad
<input checked="" type="checkbox"/> are fulfilled erfüllt. splněny	<input type="checkbox"/> fulfilled nicht erfüllt. are not nesplněny	<input checked="" type="checkbox"/> Accepted Entspricht Vyhovuje
		<input type="checkbox"/> Indication to record Anzeige für Eintragung Záznam vad
		<input type="checkbox"/> Accepted after repair Akzeptiert nach Reparatur Vyhovuje po opravě
		<input type="checkbox"/> No accepted Nicht entspricht Nevyhovuje
Operator Prüfende Zkoušel	LEVER 2 ČSN EN 473 ISO 9712	NDE test room chief NDE Prüfungstelleleiter Vedoucí NDE zkušebny
Name Name Jméno	Surý Dušan	Inspection agency Übernachmegesellschaft Inspekční organizace
Certificat No. Befähigungsnachweis Nr. Číslo certifikátu	101 – 01922A	Date / Sing. Datum / Unterschrift Datum / Podpis
		

PŘÍLOHA P26: PROTOKOL O ULTRAZVUKOVÉ ZKOUŠCE

NDT	ULTRASONIC-EXAMINATION-RECORD ULTRASCHALLPRÜFPROTOKOL PROTOKOL O ULTRAZVUKOVÉ ZKOUŠCE	No.: Nr.: Čís. UTW 37
Object / Objekt / Zákazník:		Order No. / Auftrag Nr. / Zakázka č.:
Component /Komponente/ Výrobek: RADIÁLNÍ VÝSTUPNÍ HRDLO		Drawing No. / Zeichnung Nr. 1-213700-07052018 Výkres číslo: 2-213700-07052018
Part / Bauteil / Dílec: SESTAVA		Material: Materiál: Acc.to drawing/ Dle dokumentace
Examination equipment / Prüfgerät / Zkušební přístroj:	Coupling medium / Koppelmedium / Vazební prostředek	Search unit /Prüfköpfe / Zkušební hlava
USM 35	KLEISTER	MWB70-4
Calibration block / Kontrollkörper / Kontrolní měrka	Recording border / Registrierschwelle / Registrovaná vada	Correction for / Korrekturwerte für / Zesílení
V₂	2,0	+ 2dB
Specification / Spezifikation / Specifikace: ČSN ISO 17640 A, B		Evaluation acc.to / Bewertung nach / Hodnocení: ČSN ISO 11666-2
Percentage to be tested / Zu prüfender Prozentsatz /: Rozsah zkoušení: 100%		
Weld No / Schweiß Nr. /: Svár číslo:		Position: P10-P7 100% P10-P8 100% P4-P7 100% P3-P8 100% P7-P8 10% P9-P41 100% P1-P1 100% P2-P2 100%
Inspection result / Prüfergebnis / Výsledek zkoušky		
The requirements of the specification / Die gestellten Anforderungen sind/ Kladené požadavky jsou:		<input type="checkbox"/> No indication to record Ohne Mangelaufnahme. Bez záznamu vad
<input checked="" type="checkbox"/> are fulfilled erfüllt. splněny	<input type="checkbox"/> fulfilled nicht erfüllt. are not nesplněny	<input checked="" type="checkbox"/> Accepted Entspricht Vyhovuje
		<input type="checkbox"/> Indication to record Anzeige für Eintragung Záznam vad
		<input type="checkbox"/> Accepted after repair Akzeptiert nach Reparatur Vyhovuje po opravě
		<input type="checkbox"/> Enclosure No. Beilage Nr. Příloha číslo
		<input type="checkbox"/> No accepted Nicht entspricht Nevyhovuje
Note / Bemerkung / Poznámka: after PWHT		
Operator/ Prüfende/ Zkoušel: LEVEL 2 EN ISO 9712		Certificate No./ Befähigungsnachweis Nr./ Certifikát číslo: 101 – 01922A
Date Datum 30. 04. 2018	Sing. Unterschrift Podpis 	Inspectionagenci Uberrahmegesellschaft Inspekční organizace