



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**



Zkušební protokol č. 18/12133/12

Dodavatel:

ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav strojírenské technologie
Technická 4, 166 07 Praha 6

IČO: 6840 7700

DIČ: CZ 6840 7700

Telefon: + 420 224 352 630

Odběratel:

Povodí Ohře, závod Chomutov
Spořická 4949, Chomutov 430 46

Kontaktní osoba: Ing. Petr Kaška

Vypracoval: doc. Ing. L. Kolařík, Ph.D.; doc. Ing. Jiří Janovec, CSc., Ing. Pavel Rohan, Ph.D., Ing. Michal Junek

Datum vyhotovení: 11. 7. 2018

Počet stran: 5

Počet příloh: 1

Předmět zkoušení:

Na základě nabídky č. UST_0012_2018 byla provedena analýza stavu porušení komory oběžného kola a napojení opancéřování savky MVE Nechranice TG2. Dne 6.6 2018 bylo provedeno místní šetření za generální odstávky zařízení. Bylo provedeno ověření jakosti materiálů – spektrografie, a ověření mechanických vlastností – zkouška tvrdosti (mobilním zařízením) a stanoveno doporučení pro další práce.

Měření chemického složení.

Dle původní výkresové dokumentace:

Komora oběžného kola: ČSN 422904.1
Elektroda E 391 Ø3,15 (E-B 425 – OK 63.80 či OK63.85)
Zátka : ČSN 17021.2

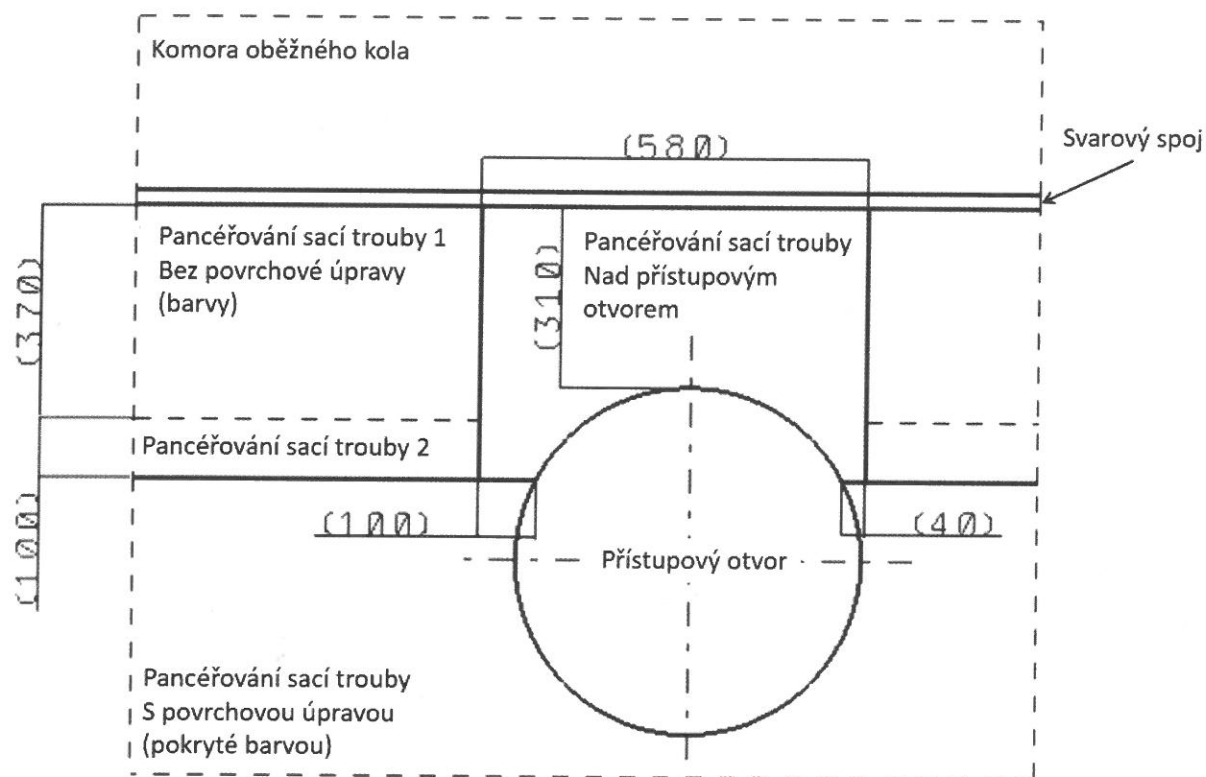
Opancéřování sací trouby: ČSN 11 373.0 Plech 10 x 2500 x 5050
Výztuhy: ČSN 10.370
Elektrody: E 44.83 (E –B 121, OK 48.00)

Postup oprav: Strojírny Brno, a.s., WPS 240614, Elektrody či TIG OK 67.45
Kontrola stavu turbíny dne 6.6.2018 – Janovec, Junek, Rohan

Chemické složení

Pro měření chemického složení základních materiálů opancéřované sací trouby, komory oběžného kola, svarového spoje mezi těmito díly, (lopatky turbíny) byl použit ruční rentgenový analyzátor kovů Delta classic+. Měření bylo provedeno na několika místech, které jsou označené na Obr. 1:

- Komora oběžného kola
- Svarový spoj
- Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)
- Pancéřování sací okolo vstupního otvoru
- Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)



Obr. 1: Schéma pancéřování sací trouby s označením oblastí s použitím různých materiálů

Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 1. Dle výsledků chemického složení byl pro jednotlivé části sací trouby přiřazen materiál, ze kterého je daná část pravděpodobně vyrobena, viz Tab. 2. (spektrometr neměří obsahy C, S a P)

Tab. 1: Výsledky měření chemického složení v hm. % jednotlivých částí sací trouby

Cr	Ni	Mo	Mn	Nb	V	Ti	Fe
Komora oběžného kola							
12,3±0,1	1,0±0,1		0,6±0,1				85,9±0,2
Svarový spoj							
19,5±0,5	9,2±0,7	1,4±0,3	1,5±0,2	0,4±0,1	0,1±0,02		68,5±0,6
Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)							
17,1±0,8	9,2±0,7	0,2±0,08	0,8±0,1	0,5±0,1		0,4±0,1	71,5±0,4
Pancéřování sací okolo vstupního otvoru							
16,1±0,9	9,6±0,7	1,6±0,2	1,7±0,2				71,0±1,7
Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)							
13,6±0,9	4,6±0,3	1,0±0,1	2,6±0,2				78,1±1,2

OCEL NA ODLITKY 42 2904 Cr-Ni
ČSN 42 2904

Skupina materiálů podle ČSN 42 0006		9: Korozivzdorné						
Třída odpadu podle ČSN 42 0030		013						
Chemické složení (rozbor tavby) %	Způsob výroby	C max.	Mn	Si max.	Cr	Ni	P max.	S max.
	E	0, 15	0, 50 až 0, 90	0, 60	11, 5 až 14, 0	0, 70 až 1, 20	0, 035	0, 035
	Doprovodné prvky	Cu max. 0, 50						
Technické dodací předpisy		ČSN 42 1261						
Označení materiálu a stavu		42 2904. 5				42 2904. 9		
Stav		normalizačně žíhaný a popouštěný				tepelně zpracovaný podle zvláštního předpisu		
Nejmenší mez 0, 2 σ _{0, 2}	N/mm2	295				390		
Pevnost v tahu σ _{Pt}	N/mm2	min. 490				590 až 785		
Nejmenší tažnost δ ₅	%	15				15		
Nejmenší kontrakce Ψ	%	50				50		
Nejmenší vrubová houževnatost R ₃	J/cm2	30				50		
Nejmenší vrubová houževnatost R ₃ při 4 °C (inf.)	J/cm2		-			30		
Tvrdost podle Brinella HB		140 až 200				175 až 240		
Svařitelnost podle ČSN 05 1310		zaručená podmíněná ¹⁾						
Doporučené teploty pro tepelné zpracování								
Způsob		Teplota °C			Postup			
Žíhání na měkko		720 až 770			pec			
Homogenizační žíhání		1 020 až 1 050			vzduch pod 200 °C			
Normalizační žíhání		900 až 950			vzduch pod 200 °C			
Popouštění		680 až 740			vzduch, pec			
Žíhání ke snížení pnutí		660 až 720 2)			vzduch, pec			
1 N/mm2 = 1 MPa		(Pokrač.)						

Tab. 2: Přiřazení

Komora oběžného kola	42 2904
Svarový spoj	OK 63.80
Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)	17 247
Pancéřování sací okolo vstupního otvoru	17 345
Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)	X3CrNi13-4. 1.4407

Měření tvrdosti

Měření tvrdosti bylo provedeno pomocí přenosného ultrazvukového tvrdoměru Krautkramer MIC20 s UT sondou MIC 2010 (zatížení 50 N). Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Výsledky měření tvrdosti HV5

Místo měření	Číslo měření										Ø
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Komora oběžného kola	240	238	239	252	245	242	250	236	261	237	244±8
TOO 1	398	390	453	398	457	498	474	430	427	482	441±36
Svarový spoj	382	368	321	346	310	322	362	339	347	346	344±21
TOO 2	341	360	353	391	364	342	337	368	382	355	359±17
Pancéřování sací trouby 1 (pod svarovým spojem)	400	423	391	425	432	438	423	438	429	410	421±15
Pancéřování sací trouby 2 (nad částí pokryté barvou)	330	323	355	378	382	365	351	345	332	321	348±21

Závěr

Materiálová rozborů prokázaly:

- Opancéřování sací trouby není provedeno z nelegované svařitelné oceli třídy 11, ale z kombinace ocelí ČSN 17 247, 17 345 a X3CrNi13-4. 1.4407
- Svarový spoj v měřených místech byl proveden elektrodou OK 63.80, nikoliv elektrodou OK 67.45 dle WPS
- Trhlina v TOO svarového spoje směrem ke komoře oběžného kola je důsledkem vysokých tvrdostí (max. 498 HV) v této oblasti.
- Naměřené hodnoty tvrdosti pancéřování sací trouby 1 pod svarovým kovem v ZM vykazují vysoké hodnoty pro zjištěnou ocel 17 247, pokud by byla v běžném stavu.

Doporučení:

- Vzhledem k rozdílnosti materiálů pod svarem vypracovat WPS pro zjištěné oceli
- Ověřit mikrostrukturální stav oceli 17247 v TOO pod svarem (směrem do ZM opancéřování) metodou replikové metalografie. Bylo by nezbytné infrazářičem sledovanou oblast předehřát a vysušit.

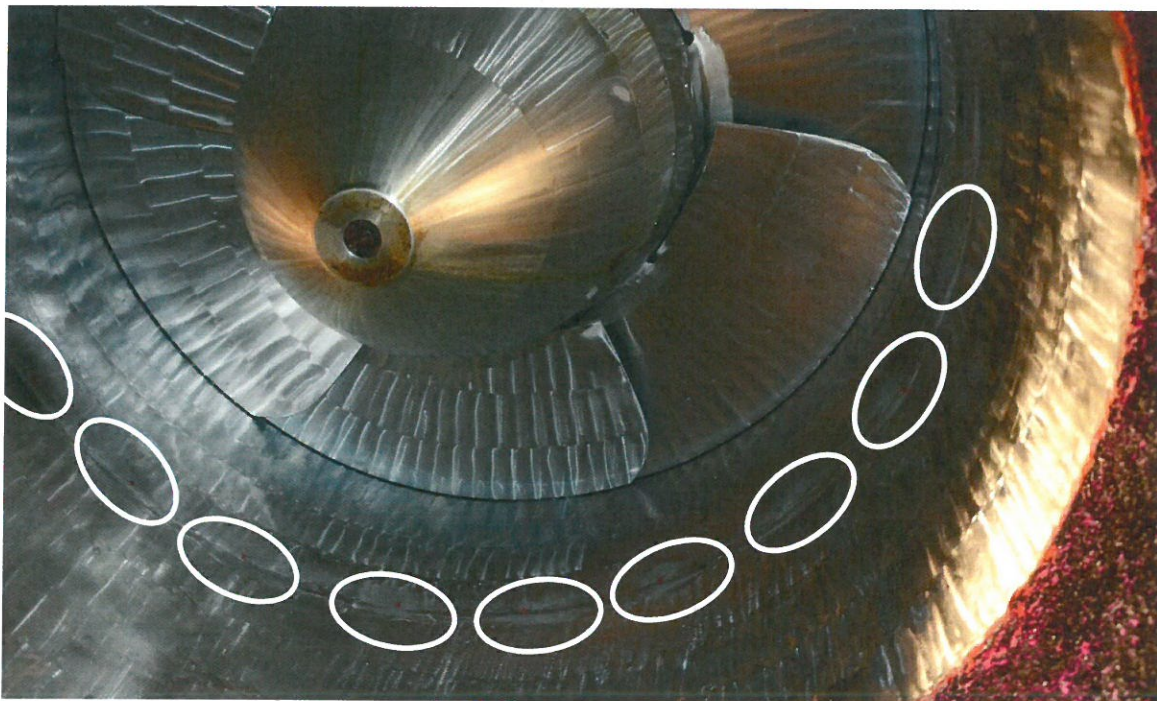

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
12133 - Ústav strojírenské technologie
CZ - 166 07 Praha 6, Technická 4
DIČ: CZ68407700

Poškození pláště turbínového prostoru na VD Nechanice

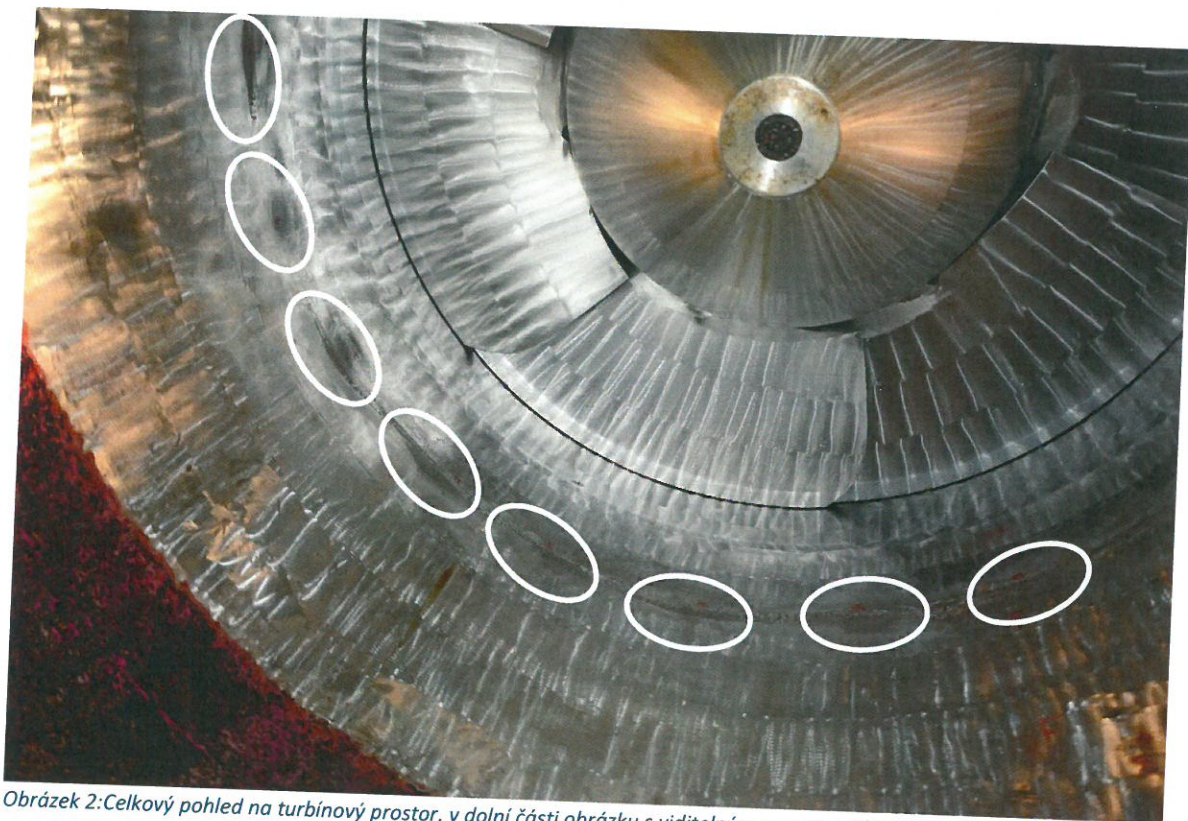
Obrazová příloha

V oblasti svarového spoje mezi tělesem komory oběžného kola a opancérováním sací trouby bylo nalezeno 19 oblastí zvýšeného kavitačního poškození. Tato poškození jsou vyvolána narušením proudu vody nerovnostmi, zejména nerovnoměrným převýšením svarového spoje. Další zdroj rozvoje kavitačního opotřebení je trhlina, jejíž spodní okraj je místy vylomen a narušuje tak hladkost povrchu. Trhlina byla vizuálně indikována téměř po celém obvodu svaru. Porušení převážně prochází svarovým kovem v jeho horní části, tj. blíže ke straně tělesa komory. V oblasti 11 přechází až do středu svaru. Místy z trhliny vychází další kolmé trhliny zasahující 40 – 60 mm do základního materiálu v axiálním směru (v blízkosti oblasti 4 a 6). Na oběžném kole bylo detekováno narušení povrchu pouze v rozsahu místního snížení lesku a narušení stop po broušení a to v oblasti uchycení lopatek.

Oblasti poškození v oblasti svarového spoje byly očíslovány od 1 do 19.

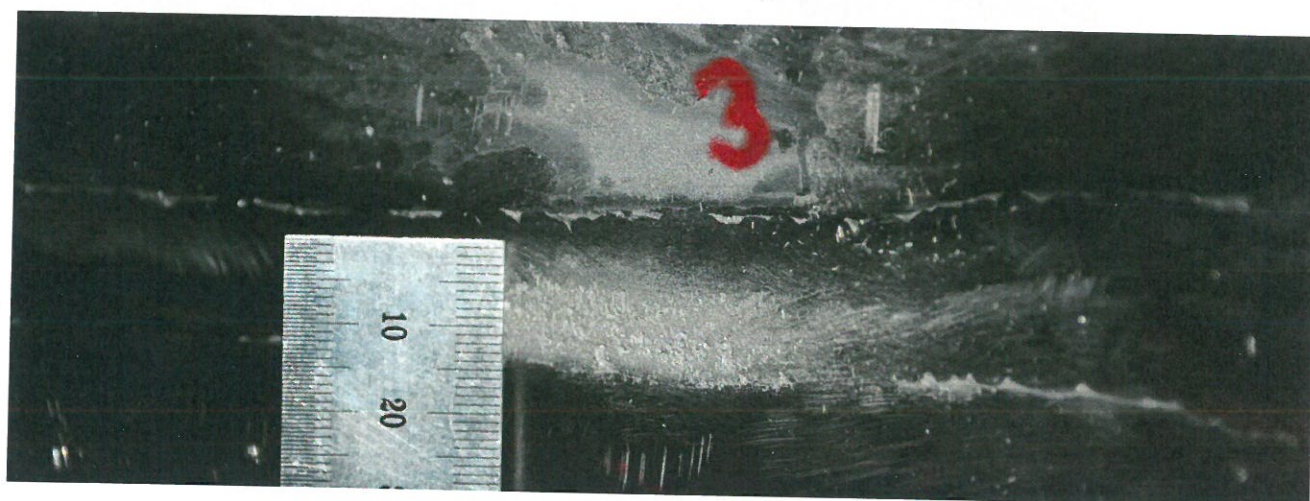


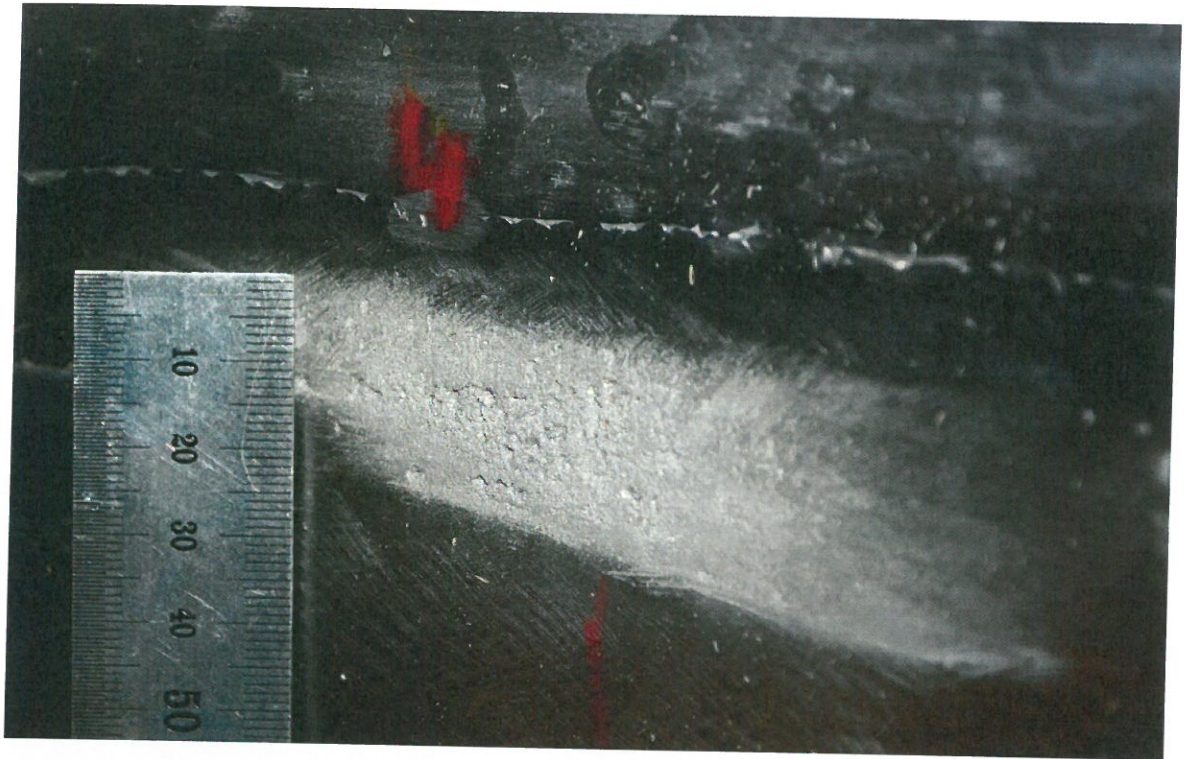
Obrázek 1: Celkový pohled na turbínový prostor, v dolní části obrázku s viditelným svarem a oblastmi poškození.



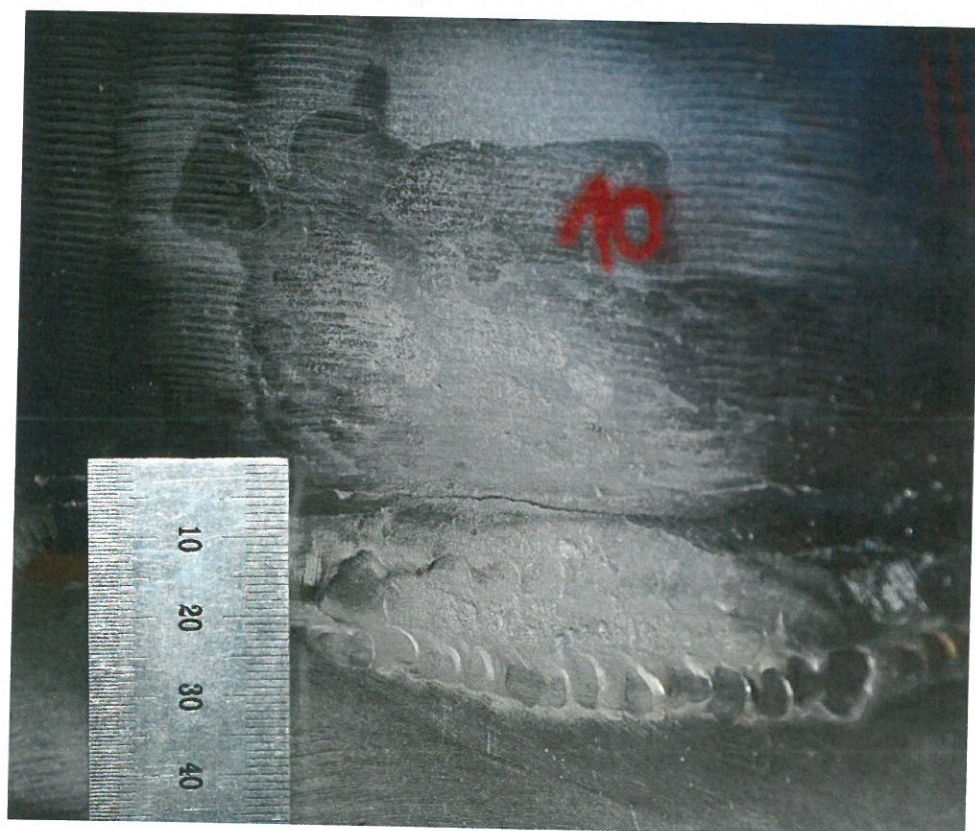
Obrázek 2: Celkový pohled na turbínový prostor, v dolní části obrázku s viditelným svarem a oblastmi poškození.

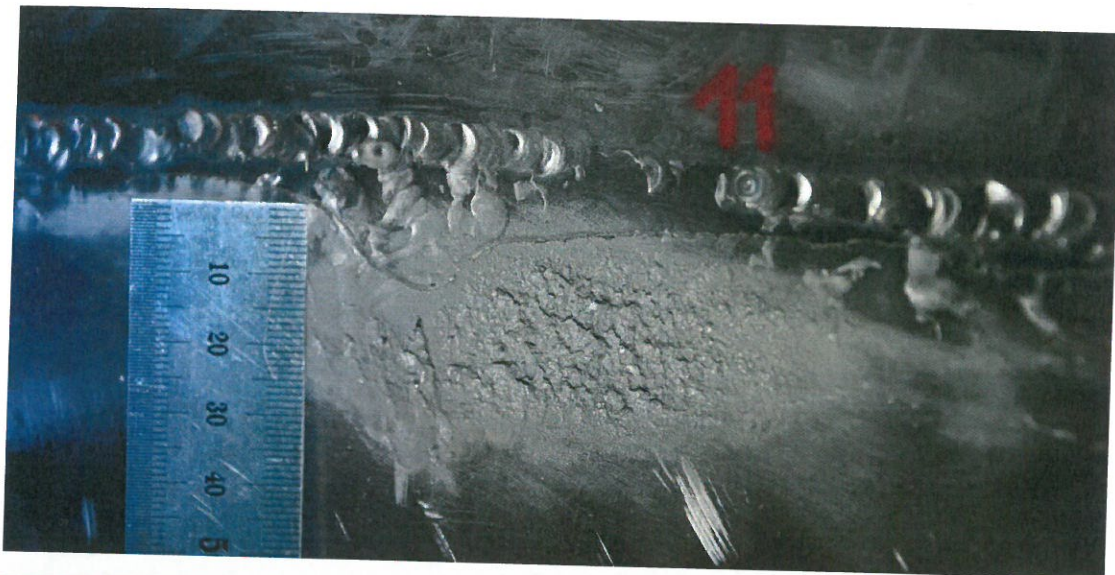
Detaily oblastí narušení povrchu 1 – 19.

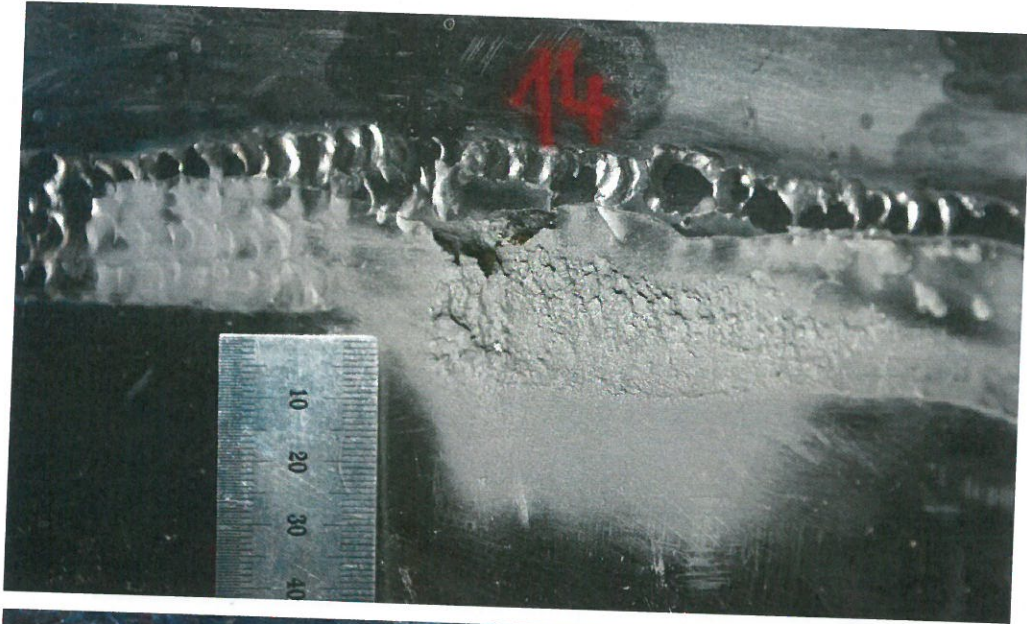


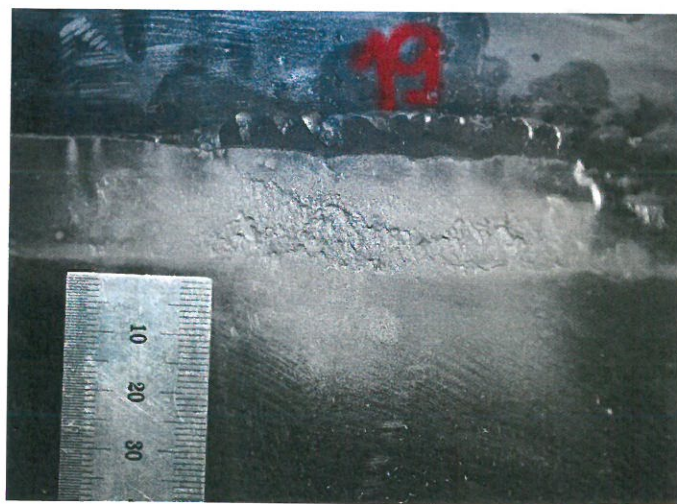
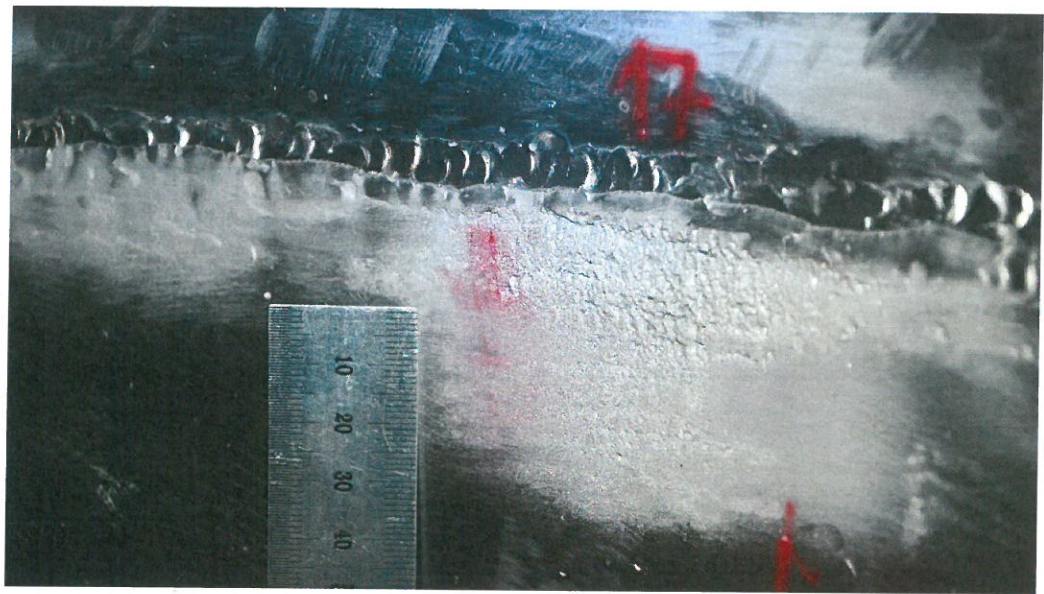














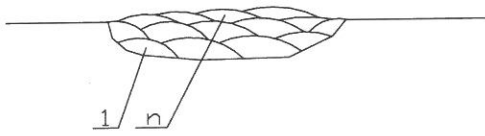
Předepsané pokyny pro svařování (WPS)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

Dokument č. 240614
Strana: 1/1

Místo (Place): STROJÍRNA BRNO, a. s.
Postup svařování výrobce: WPS 240614
(WPS No.):
Číslo WPQR (WPQR No.): N.A.
Číslo (název) výkresu: KOMORA OK TG2
Drawing No (Title): NECHRANICE
Kvalifikace svářeče: ČSN - EN 287-1
(Welder's qualification):
Metoda svařování (Welding process): 111 (ROE), * 141
Druh svaru: (Type of joint): oprava lineárních vad a kavitace (BW)

Způsob přípravy a čištění: broušením,
(Method preparation and cleaning): grinding
Spec. základního materiálu: Martenzit. nerez
(Specification base metal): (PN 422904.6)
Tloušťka materiálu [mm]: cca 30-40 mm
(Thickness comp.):
Vnější průměr [mm]: N.A.
(Outside diameter):
Poloha svařování (Welding position): PC

Tvar spoje (Groove design)		Postup /sled/ svařování (Filling up)
Rozměry: (Sizes):	<ul style="list-style-type: none">- Zjištěné lineární vady v komoře OK postupně vybrousit do kovově čistého materiálu, kavitace přebrousit do plynulého tvaru,- VT kontrola vybroušených vad,- svařovat v poloze PC střídavě vybroušené lineární vady,- přebrousit do plynulého tvaru a profilu,- kontrola VT a PT lineární indikace nepřipustné.	

Podrobné údaje ke svařování (Data of welding):

Housenky (Welding beads)	Proces (Process)	Průměr přídavného materiálu [mm] (Filler metal diameter)	Proud [A] (Current)	Napětí [V] (Voltage)	Proud / polarita (Current / polarity)	Pos. drátu [m/min] (Wire feed speed)	Rychlost postupu [cm/min] (Travel speed)	Další údaje (Next specifications)
1	111	2,5	60 - 80	22 – 24	DC/ +		8 - 12	
2	111	3,2	80 - 100	23 – 25	DC/ +		8 - 12	
n	111	2,5	60 - 85	22 – 24	DC/ +		8 - 12	
Přídavný materiál : ESAB OK 67.45 (Filler metal):				Údaje o drážkování : N.A. (Data of gouging):				
Zařazení a značka : ČSN EN ISO 3581: E18 8 MnB 4 2 (Code and type):				Teplota předehřevu [°C] : min 80 °C, (Preheat temperature): pozvolné ochlazování / slowly cooling				
Zvláštní předpisy pro sušení : 200 °C/ 2 hod (Record for drying) :				Teplota mezi vrstvami [°C] : max. 200 °C (Interpass temperature):				
Ochranný plyn / tavidlo : N.A. (Shielding gas / flux):				Rozkvy (max. šířka housenky) [mm] : bez rozkvy Weave (max. width bead):				
Ochranný plyn [%] : 111/141 (Shielding gas): N.A./ 100 % Ar				Prokování svaru: ANO (peening welds (beads)): mírně temovat každou vrstvu svaru				
Ochrana kořene [%] : N.A. (Root shield):				Tepelný příkon (kJ/cm): max. 15 (Head Input):				
Průtok plynu [L/min]: N.A. (Gas flow):				Tepelné zpracování : N.A. (Postweld heat treatment):				
Wolframová elektroda druh / průměr [mm] : N.A. (Tungsten electrode type / diameter):				Doba, teplota prodlevy : (Time, temperature of holding):				
Poznámky: (comments): VT, PT								

Výrobce: Strojírna Brno, a.s.
(Manufacturer):

Vypracoval:
(Elaborated by): Ing. Vladimír Suchý
EWE CZ/01055
24.06.2014

Jméno, datum, podpis
(Name, date, signature)

* Zjištěné zápaly po svařování elektrodou zavařit metodou 141 (TIG) drátem OK Tigrod 2209.