

# VÝROBA VZORKŮ PRO EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ SOUČINITELE OTĚRU PERA TLAKOVÉ NÁDOBY REAKTORU A DRÁŽKY ŠACHTY REAKTORU VVER 440/213 A VVER 1000.

## PRODUCTION OF SAMPLES FOR EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE FRETTING WEAR COEFICIENT BETWEEN THE REACTOR PRESSURE VESSEL KEY AND THE CORE BARREL GROOVE IN THE LOWER PART OF THE VVER 440/213 AND VVER 1000.

Libor Kratochvíl

ŠKODA JS a.s., Orlík 266, 31606 Plzeň

### Abstrakt

Šachta reaktoru (dále ŠR) o tloušťce stěny cca 60mm je vyrobena z austenitické oceli 08Ch18N10T. Pero tlakové nádoby reaktoru (dále TNR) je vyrobeno austenitické oceli 08Ch18N10T s návarem elektrodou CN6. Tyto díly tvoří v konstrukci reaktorů VVER 440/213 a VVER 1000/320 třetí dvojici (viz Obr. 1), u níž může v důsledku tlakových pulzací vyvolaných hlavními oběhovými čerpadly docházet k otěru kontaktních ploch. U JE Dukovany byly pro montáž předepsány mezní velikosti vůle mezi pery TNR a drážkami ŠR pohybující se v rozmezí 0,04 až 0,174 mm (u VVER 1000 jsou tyto vůle 0,1 – 0,48 mm). Jelikož je možné, že po 30 letech provozu může dojít mezi pery a drážkami k určitému opotřebení, a tudíž k nárůstu montážních vůlí, je třeba se touto problematikou zabývat. Na teoretickém řešení se podíleli pracovníci ÚJV Řež, a.s. a ZČU v Plzni. Experimentální práce byly zadány na pracoviště MAT zkušebny Centra výzkumu Řež s.r.o. v Plzni. Výroba polotovarů vzorků s návarem byla realizována ve ŠKODA JS a.s.

The core barrel (hereunder CB) having a wall thickness of approximately 60mm is made of austenitic steel 08Ch18N10T. The tongue of the reactor pressure vessel (hereunder RPV) is made of austenitic steel 08Ch18N10T with cladding made by the use of electrode CN6. Within the design of VVER 440/213 and VVER 1000/320 type reactors, the above mentioned parts form the third pair (see OBR.1), where abrasive wear of contact surfaces may occur as a result of pressure pulsation developed by main coolant pumps. As for Dukovany NPP, limiting clearance values between the RPV tongues and CB grooves were prescribed for assembly and these ranged between 0.04 and 0.174mm (with a VVER 1000 type reactor such clearance values range between 0.1 and 0.48 mm). Whereas after 30 years of operation certain wear may occur between the grooves and tongues resulting in the increase of assembly clearance values, the above described issue shall be dealt with. The theoretical solution was jointly developed by the employees of ÚJV Řež, a.s. and the University of West Bohemia in Plzeň. The experimental work was ordered from the MAT laboratory of the Research Center Rez (Centrum výzkumu Řež s.r.o.) in Plzeň. The production of the sample semi-products with cladding was carried out in ŠKODA JS a.s.

### Úvod

Výroba vzorků s návarem byla do ŠKODA JS a.s. (dále jen ŠJS) zadána z důvodu znalostí a zkušeností s výrobou zařízení VVER 440 a 1000 a také z důvodů vlastnictví výrobní konstrukční dokumentace těchto zařízení. Pro získání co nejlepších výsledků zkoušky bylo zadáno vyrobit vzorky se stejných druhů materiálů jaké jsou použity na aktivním zařízení a to včetně tvrdonávaru elektrodou CN6. Právě realizaci tohoto návaru bylo nutno provést technologií aplikovanou při výrobě aktivního zařízení. Pro získání co největšího počtu dat byly vyrobeny 3 vzorky s návarem. Na základě dohody se zákazníkem byla v ŠJS provedena výroba polotovaru vzorků s návarem. Konečné opracování vzorků (reprezentující pero TNR

s návarem) na požadované rozměry potřebné pro provedení experimentu bylo provedeno v ÚJV Řež. V ÚJV Řež byla také provedena výroba vzorků reprezentující drážku Šachty reaktoru – dále jen ŠR). Pro tuto výrobu poskytla ŠJS základní materiál.

### **Výroba vzorků**

Vzorek s návarem reprezentující stranu pera TNR (viz Obr. 2) byl vyroben z materiálu 08Ch18N10T. Požadavky na chem. Rozbor, mechanické vlastnosti a TZ základního materiálu a tvrdonávaru provedeného elektrodou CN6 jsou dány ve výrobní konstrukční dokumentaci – konkrétní hodnoty – viz Tab.1 - 4. Rozměry polotovaru byly navrženy s ohledem na požadavek dodržení přímosti a rovinnosti opracované plochy návaru. Tloušťka provedeného návaru před opracováním byla 8+2 mm (konečný rozměr 6 mm). Po navaření je nutno provést tepelné zpracování pro dosažení požadované tvrdosti návaru (28 – 48 HRC).

Rámcový postup provedení návaru:

Plochu vzorku, na které byl proveden návar, bylo nutno opracovat (obrousit) na čistý kov, očistit, odmastit a provést zkoušku kapilárními metodami.

Polotovary vzorku musí být před navařením opatřeny manipulačními závěsy (přivařenými nebo přišroubovanými) mimo plochu pro návar. Závěsy jsou nezbytné pro manipulaci s navařenými kusy, o teplotě 300 až 350 °C.

Tvrdonávar elektrodou CN-6 je nutno navařovat za předehřevu 300 až 350 °C (navarování bylo provedeno na stole pro el. předehřev s regulací teploty – teplota byla měřena termočlánky (2 ks) umístěnými na navařovaném kusu - u spodní i horní plochy hranolu polotovaru). V průběhu navařování se provádí průběžná kontrola předehřevu. Po celou dobu navařování nesmí teplota navařovaného kusu klesnout pod 300 °C.

Po provedení návaru je nutno, až do provedení tepelného zpracování, udržovat navřené kusy na teplotě 300 – 325 °C ve vyhřáté peci.

Tepelné zpracování musí být provedeno do 8 hodin po ukončení návaru.

Tepelné zpracování při teplotě 850 ÷ 870°C, zajišťující požadované vlastnosti tvrdonávaru, bylo provedeno podle návodky ŠKODA JS, (TEA 500) vypracované pro tepelné zpracování tvrdonávaru navařeného elektrodou CN-6 na materiál 08Ch18N10T.

Postup navařování vzorků vycházel z původní technologické návodky pro navařování vodících per šachty reaktoru VVER 440 a z kvalifikace postupu navařování WPQR VP 548 kvalifikované podle EN ISO 15614-7 a použité pro navařování tvrdonávaru na vymezených vložkách BOT určených pro JEMO. Kvalifikace svářečů pak byla dokladována dle platných předpisů ČR tj. osvědčením o zkoušce dle ČSN EN ISO 9606-1.

### **Závěr**

Vyrobené vzorky (viz Obr. 2) byly předány do ÚJV Řež pro konečné opracování. Konečný tvar vzorku je patrný na Obr. 3.

## Tabulky a obrázky

Tab. 1 – Základní materiál 08Ch18N10T [1]

Chemické složení [hm %]:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	Ti	V	Nb	Co
0,05	1,66	0,52	0,031	0,005	17,5	10,1	0,12	0,09	0,058	0,35	0,07	0,024	0,04

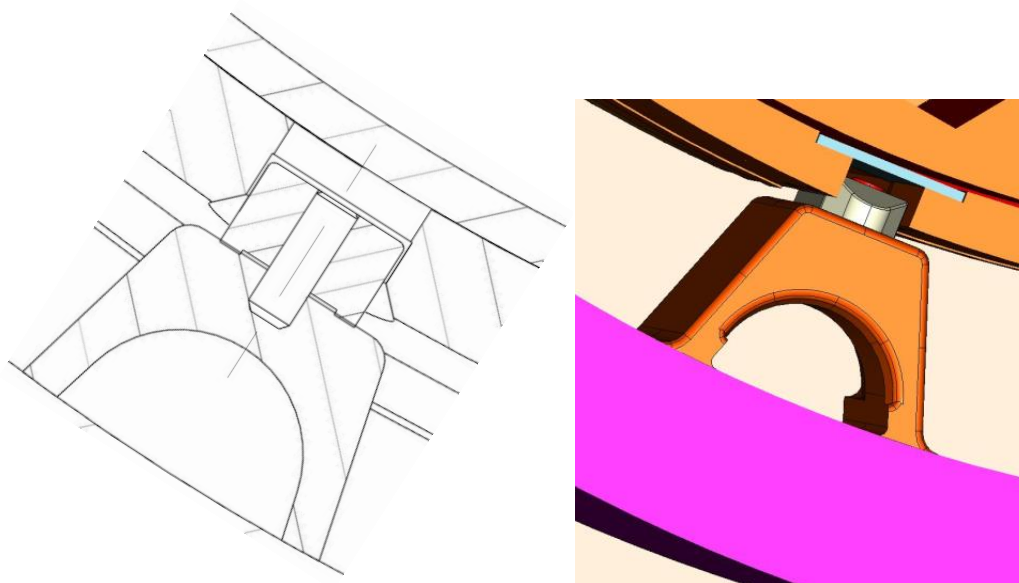
Mechanické vlastnosti [1]

Teplota [°C]	Mez kluzu [MPa]	Pevnost [MPa]	Tažnost [%]	Kontrakce [%]
20	215	535	61	75
350	259	459	34.5	68
350	253	446	34	68

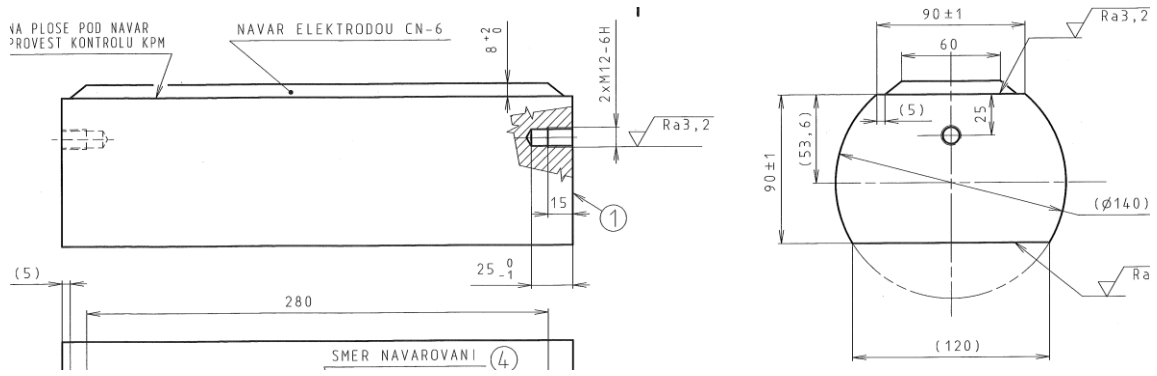
Tab. 2 – Přídavné svařovací materiály

Typ	Obchodní název	Výrobce	Rozměr [mm]	Množství [kg]	Dok. kontroly
elektroda	CN-6*)	ŽAZ Vamberk	4,0	min. 8,1	Tavbový atest ŽAZ Vamberk

\*) Elektrody této značky již nelze nakoupit. V ŠJS je zbytek elektrod z roku 1984. Při dodržení režimu sušení  $100 \div 150 \text{ }^\circ\text{C} / 1 \text{ hod} + 300 \div 320 \text{ }^\circ\text{C} / 2 \text{ hod}$  a použití svařovacího proudu  $130 \div 140\text{A}$  jsou elektrody použitelné. Elektrody jsou dokladované tavbovým atestem výrobce tj. ŽAZ Vamberk.



Obr. 1. : Třecí dvojice – pero TNR a drážka ŠR



Obr. 2. : Vyrobený vzorek s návarem



Obr. 3. : Konečný tvar vzorku s návarem

## Literatura

[1] Atest 2012/482 – *Tavba 278075*