

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.01.05 Materiály jadrového reaktora

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

SE Rev	Date / Dátum	IS	LC	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil
				Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia
				Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	x	Information Only / Len na informáciu	Company use/P
				The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.				
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revision index / Index revízie: 11		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361031		A4	6.01	RS	Z	8
				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent
				1	28			

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436103111_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 19.07.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature /	
Author / Vypracoval:			VUJE, a.s.	0360	19.07.2019		
Co-author / Spolupracoval:			VUJE, a.s.	0360	19.07.2019		
Checked by / Kontroloval:			VUJE, a.s.	0220	19.07.2019		
Verified by / Overil:			VUJE, a.s.	0720	19.07.2019		
Approved by / Schválil:			VUJE, a.s.	1703	19.07.2019		

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of Pripomienkas or other stimulation, name of author, Pripomienka document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 06.01.05 Materiály jadrového reaktora	• PNM3436103111_S_C00_V	• 11
2.	• Kapitola 06.01.05 Materiály jadrového reaktora	• PNM3436103111_S_C01_V	• 11
3.	.	.	.
4.	.	.	.
5.	.	.	.
6.	.	.	.
7.	.	.	.
8.	.	.	.
9.	.	.	.
10.	.	.	.
11.	.	.	.

OBSAH

Zoznam použitých skratiek a označení	5
Úvod.....	6
6.1.5 Materiály reaktora	7
6.1.5.1 Materiály vnútorných častí reaktora.....	7
6.1.5.1.1 Nosný plášť reaktora.....	8
6.1.5.1.2 Dno nosného plášťa reaktora	11
6.1.5.1.3 Kôš aktívnej zóny	12
6.1.5.1.4 Blok ochranných rúr	13
6.1.5.1.5 Vložená tyč	15
6.1.5.2 Materiály systému pohonov riadiacich kaziet	17
6.1.5.3 Metódy nedeštruktívnych kontrol	22
6.1.5.3.1 Ultrazvuková skúška	23
6.1.5.3.2 Kontrola návarov ultrazvukom	23
6.1.5.3.3 Skúška magnetickou metódou práškovou	24
6.1.5.3.4 Kapilárna skúška.....	24
6.1.5.3.5 Skúška prežarováním	24
Literatúra.....	25
Zoznam obrázkov	27
Zoznam tabuliek	28

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

A [%]	pomerné predĺženie
ASTM	American Society for Testing and Materials
AZ	aktívna zóna
BOR	blok ochranných rúr
ČR	Česká republika
EMO12	SE a.s., závod Atómové elektrárne Mochovce 1. a 2. blok
HB [mm]	tvrdosť podľa Brinella
AO1	automatická ochrana
HRK	havarijná, regulačná a kompenzačná kazeta
JE	jadrová elektrárňa
KAZ	kôš aktívnej zóny
KCU2 [J/cm ²]	vrubová húževnatosť na vzorke s U-vrubom o polomere zaoblenia vrubu 2 mm
KCV [J/cm ²]	vrubová húževnatosť meraná na vzorke s V-vrubom
MO34	závod Mochovce, 3. a 4. blok
PK	pravidlá kontroly
R _a	absolútna drsnosť povrchu
R _m [MPa]	medza pevnosti
R _{p0,2} [MPa]	zmluvná medza sklzu
RVHP	Rada Vzájomnej Hospodárskej Pomoci
SAOZ	systém havarijnej ochrany
SR	Slovenská republika
ŠPOV	štandardný program overovacích vzoriek
T [°C]	teplota
TNR	tlaková nádoba reaktora
TOZ	tepelne ovplyvnená zóna
TPE	technické podmienky
UZ	ultrazvuk
VVER	vodo-vodný energetický reaktor
Z [%]	pomerné zúženie
ZM	základný materiál
ZK	zvarový kov

ÚVOD

Účel a obsah tohto dokumentu je definovaný v ÚJD BNS I.1.2/2014. Táto kapitola obsahuje potvrdenie vlastností materiálov použitých na konštrukciu a komponenty jadrového reaktora vrátane primárneho okruhu aj tie ktoré majú podporné funkcie ako aj funkcie moderácie. Taktiež obsahuje informácie o fyzikálnych, chemických a mechanických vlastnostiach používaných materiálov, ich koróznou odolnosť, rozmerovú stabilitu, pevnosť, húževnatosť, odolnosť voči trhlinám a defektom a tvrdosť. Navyše sú tu uvedené skupiny vlastností a požiadaviek na prevádzku tesnení primárneho okruhu a spojovacích materiálov. Kapitola tiež popisuje požiadavky na materiály vnútorných častí reaktorov a systému pohonov riadiacich kaziet, ďalej popisuje jednotlivé metódy nedeštruktívnych kontrol, ktoré boli uplatňované pri výrobe reaktorov, ich vnútorných častí a pohonov riadiacich kaziet.

6.1.5 Materiály reaktora

Reaktor VVER 440 je tlakovodný, heterogénny, pre štiepnu reakciu využívajúci tepelné neutróny, moderátorom a zároveň chladivom je chemicky upravená voda. Komplet reaktora pozostáva z telesa tlakovej nádoby reaktora (TNR) a odnímateľného horného bloku so sférickým vekom. V TNR sú rozmiestnené vnútroreaktorové zariadenia (nosný plášť, dno nosného plášťa, kôš aktívnej zóny, blok ochranných rúr a suché kanály merania neutrónového toku a teploty) a aktívna zóna reaktora, zložená z 312 palivových a z 37 regulačných kaziet (kaziet HRK).

Ako jadrové palivo sa používa nízko obohatený oxid uránu. Pohony regulačných kaziet sú umiestnené na puzdrách HRK, ktoré sú prírubovo spojené s nátrubkami HRK. V telese reaktora sa udržiava tlak chladiva s absolútnymi hodnotami 12,66 MPa na vstupe a 12,36 MPa na výstupe.

Materiály tlakovej nádoby reaktora, ktorá je kľúčovým zariadením JE z hľadiska jadrovej bezpečnosti, sú preto popisované v samostatnej kapitole 6.2.3 [I.7]. Popisy materiálov vnútorných častí reaktora sú uvedené v kapitole 6.1.2 [I.6], pracovných kaziet a kaziet HRK sú v kapitole 6.1.2.1.5 [I.6] tejto bezpečnostnej správy.

Základným predpisom v oblasti použitia materiálov pre jadrovo energetické zariadenia boli "Pravila ustrojstva a bezpečnej eksploatacii oborudovanija atomnych elektrostancij opytnych i issledovatelskich jadernych reaktorov i ustanovok", vydané v r. 1973 v Moskve. Neskôr, v roku 1988 bol spracovaný dokument NTD IAE.4305-88 "Prípustné materiály pre použitie na jadrové zariadenia". Tento dokument bol súčasťou normatívno-technickej dokumentácie vydávanej a implementovanej v oblasti jadrovej energetiky v krajinách bývalej RVHP. Konštrukčné materiály použité na výrobu TNR sú dané pôvodným sovietskym technickým projektom a vychádzajú z príslušnej normatívno-technickej dokumentácie dodanej sovietskou stranou. Pre jadrovo energetické zariadenia v Slovenskej republike sú v súčasnosti stále platné pôvodné ruské normy a Normatívne technické dokumenty Medzinárodného hospodárskeho spoločenstva (NTD MHS) Interatomenergo a pre TNR najmä [II.16].

V revízii Úvodného projektu MO34 [I.5] sú pre niektoré materiály uvádzané aj ekvivalenty podľa ASTM a preto sú pre tieto materiály uvedené ekvivalenty aj v tejto kapitole. Tieto ekvivalenty je však možné použiť iba v prípade splnenia všetkých požiadaviek [II.17].

6.1.5.1 Materiály vnútorných častí reaktora

Vnútorné časti reaktora sú:

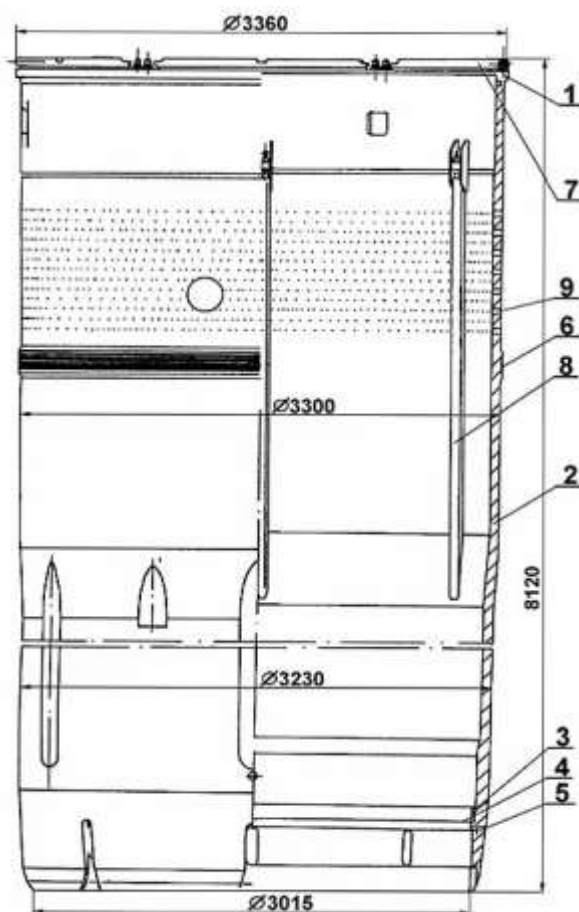
- nosný plášť reaktora
- dno nosného plášťa reaktora
- kôš aktívnej zóny
- blok ochranných rúr a suché kanály merania neutrónového toku a teploty
- systém založenia vzoriek ocele telesa tlakovej nádoby reaktora (Štandardný Program Overovacích Vzoriek TNR - ďalej len ŠPOV).

Materiály uvedených zariadení sú vystavené veľmi náročným pracovným podmienkam, intenzívnemu žiareniu (a to najmä neutrónovému žiareniu so silne degradačnými účinkami na mechanické vlastnosti materiálov), dynamickému namáhaniu pri zvýšenej teplote a koróznemu prostrediu chladiacej vody vysokých parametrov (teplota a tlak). Tieto parametre pracovného prostredia podmienili výber konštrukčných materiálov - väčšinou sa jedná o austenitické nehrdzavejúce ocele stabilizované Ti, u ktorých nedochádza vplyvom neutrónového

žiarenia k výrazným zmenám mechanických vlastností, sú dobre zvariteľné (odolnosť proti medzikryštalickej korózii vďaka stabilizácii Ti), odolávajú špecifickým druhom korózneho poškodzovania (korózne praskanie pod napätím, štrbinová a bodová korózia) a dosahujú požadovanú úroveň mechanických vlastností. Nevýhodou je vyššia indukovaná rádioaktivita, spôsobená vysokým obsahom legúr, hlavne Co, Cr a Ni ([I.1], [I.2], [I.3], [I.4]). Vplyv obsahu Co na indukovanú aktivitu je diskutovaný v kapitole 11.5. Napriek vyššie uvedeným faktom, nebola doposiaľ sledovaná radiačná degradácia (starnutie) týchto materiálov v rámci programov overovacích vzoriek materiálov TNR. Preto ÚJD SR požaduje sledovať a hodnotiť úroveň radiačnej degradácie aj týchto materiálov po celú dobu prevádzky. Z tohto dôvodu bol program overovacích vzoriek rozšírený aj o materiály vnútorných častí reaktora (podrobnejší popis programu je v kapitole 6.2.3.4 tejto Predprevádzkovej bezpečnostnej správy.

6.1.5.1.1 Nosný plášť reaktora

Nosný plášť reaktora je vertikálne valcovité teleso vid' nasledovný Obr. 6.1.5.1.1-1. V telese tlakovej nádoby reaktora (TNR) je nosný plášť zavesený na vnútornom kruhovom osadení. Nosný plášť reaktora je nosnou konštrukciou dna nosného plášťa, koša aktívnej zóny a bloku ochranných rúr. Služi tiež k usmerneniu toku chladiaceho média a čiastočne chráni materiál TNR pred pôsobením žiarenia z aktívnej zóny. Proti pootočeniu a proti vibráciám je nosný plášť zaistený ôsmimi vodiacimi perami, privarenými na vnútorný povrch TNR.



- 1 - oporná príruha
- 2 - nosný valec
- 3 - klin
- 4 - osadenie pre uloženie dna nosného plášťa
- 5 - otvory pre perá
- 6 - labyrint
- 7 - pružný segment
- 8 - ožarovací kanál TNR programu MPOV34
- 9 - otvory pre prietok chladiaceho média

Obr. 6.1.5.1.1-1 Nosný plášť reaktora

Na hornej časti nosného plášťa na jeho vnútornom povrchu je privarených 6 dvojíc kanálov pre zavezenie ožarovacích reťazcov so vzorkami materiálov TNR v rámci projektu MPOV34. V kužeľovitej časti prechádzajú kanály stenou nosného plášťa a pokračujú po vonkajšom povrchu. Na vonkajšom povrchu sú ožarovacie kanály zakryté plášťami. Symetricky medzi týmito plášťami je privarených 6 deličov prúdu chladiacej vody, privádzanej zo systému SAOZ. Pre prívod tejto vody sú v hornej časti nosného plášťa 2 otvory Φ 250 (ktoré po zavezení ležia presne oproti horným nátrubkom SAOZ tlakovej nádoby reaktora). V tejto časti nosného plášťa je vyvŕtaných 1302 dier Φ 32, ktorými vystupuje chladiaca voda z vnútorného priestoru. Táto perforovaná časť zároveň usmerňuje prúd chladiaceho média a vyrovnáva pulzácie.

Základné údaje:

- maximálny priemer (príruba plášťa) Φ 3366 mm
- maximálna výška 8122 mm
- maximálna hrúbka steny 80 mm
- hrúbka steny v priestore AZ 60 mm
- hmotnosť 37900 kg.

Všetky časti nosného plášťa reaktora, okrem závrtných skrutiek M 16, sú vyrobené z nehrdzavejúcej austenitickej chrómniklovej ocele 08Ch18N10T (označenie podľa normy GOST 5632-72, jej ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240), vyrobenej v elektrickej oblúkovej peci. Smerné chemické zloženie tejto ocele je uvedené v Tab. 6.1.5-1, mechanické vlastnosti tepelne spracovaných polotovarov musia dosahovať minimálne hodnoty uvedené v Tab. 6.1.5-2.

Tab. 6.1.5-1 Smerné chemické zloženie ocele GOST 08Ch18N10T

Polotovary	Obsah prvkov v %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Co	N	S	P
Výkovky plechy, tyče	max. 0,08	max. 0,80	1,00- 2,00	17,0- 19,0	9,0- 11,0	5x%C- 0,60	max. 0,050	max. 0,050	max. 0,020	max. 0,035
Rúrky	max. 0,08	max. 0,80	max. 1,50	17,0- 19,0	9,0- 11,0	5x%C- 0,60	max. 0,050	max. 0,050	max. 0,020	max. 0,035

Poznámka: obsah δ -feritu v liatej tavebnej vzorke sa pripúšťa v rozmedzí 0,1-15%

Tab. 6.1.5-2 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 08Ch18N10T

Polotovary	Pri teplote 20°C				Pri teplote 350°C			
	R _m	R _{p0.2}	A	Z	R _m	R _{p0.2}	A	Z
	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]
Výkovky	min. 490	min. 196	min. 38	min. 50	min. 353	min. 177	min. 25	min. 45
Plechy	min. 490	min. 196	min. 38	min. 50				
Tyče	500- 750	min. 196	min. 38	min. 50	min. 353	min. 177	min. 25	min. 45
Rúrky ¹	min. 550	min. 216	min. 37			min. 186		
Rúrky ²	min. 490	min. 216	min. 37			min. 186		

Poznámka: ¹ - hrúbka steny rúrky s <15 mm

² - hrúbka steny rúrky s >15 mm

Skrutky M 16 sú zhotovené zo žiaruvzdornej austenitickej antirelaxačnej ocele ChN35VT-VD (označenie podľa GOST 5632-72, táto oceľ nemá ekvivalent podľa ASTM), vyrobenej v elektrickej oblúkovej peci s nasledovným pretavením vo vákuu. Predpísané chemické zloženie tejto ocele je uvedené v Tab. 6.1.5-3, požadované mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-4.

Tab. 6.1.5-3 Smerné chemické zloženie ocele GOST ChN35VT-VD

Obsah prvkov v %											
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	W	N	Co	Al	S	P
max. 0,12	max. 0,60	1,00- 2,00	14,0- 16,0	34,0- 36,0	1,10- 1,50	2,8- 3,5	max. 0,05	max. 0,05	max. 0,35	max. 0,010	max. 0,025

Tab. 6.1.5-4 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele ChN35VT-VD

Pri teplote 20 °C					Pri teplote 350 °C			
R _m	R _{p0.2}	A	Z	KCU2	R _m	R _{p0.2}	A	Z
[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[J/cm ²] [	[MPa]	[%]	[MPa]	[%]
min. 834	min. 490	min. 18	min. 40	min. 59	min. 650	min. 441	min. 16	min. 35

Pri výrobe nosného plášt'a reaktora boli pre zváranie použité prídavné materiály (nemajú ekvivalent podľa ASTM):

- pre automatové zváranie Sv 04Ch19N11M3 (podľa normy GOST 2246-70) s tavidlom OF-6 a Sv 08Ch19N10G2B (podľa GOST 2246-70) tavidlo OF-6,
- pre ručné zváranie Sv 04Ch19N11M3 v argóne a elektródy CN-6 a EA 400/10T (všetko označenie podľa GOST).

Predpísané chemické zloženie zvarového kovu je v Tab. 6.1.5-5 a požiadavky na jeho mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-6

Tab. 6.1.5-5 Smerné chemické zloženie zvarového kovu

Označenie prídavného materiálu	Obsah prvkov v %										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	Mo	V	P	S	δ-ferit
Sv 04Ch19N11M3 tavidlo OF-6	max. 0,10	max. 1,00	0,80÷ 2,00	15,0÷ 20,0	9,0÷ 12,0	-	1,50÷ 3,00	-	max. 0,030	max. 0,020	2 ÷ 8
¹ Sv 08Ch19N10G2B tavidlo OF-6	max. 0,10	max. 0,70	1,30÷ 2,50	17,5÷ 20,5	8,5÷ 11,0	0,70÷ 1,20	-	-	max. 0,030	max. 0,020	2 ÷ 8
Elektróda CN-6	max. 0,12	5,00÷ 6,20	1,00÷ 2,00	15,0÷ 18,5	6,5÷ 9,5	-	-	-	max. 0,040	max. 0,040	-
Elektróda EA 400/10T	max. 0,10	max. 0,60	1,15÷ 3,10	16,8÷ 19,0	9,0÷ 12,0	0,30÷ 0,75	2,00÷ 3,50	0,30÷ 0,75	max. 0,025	max. 0,025	2 ÷ 8

Poznámky: ¹- sú povolené nasledovné odchýlky: Cr a Ni ± 0.25%, Mo ± 0.15%, ostatné okrem C, S a P ± 0.1%

Tab. 6.1.5-6 Požiadavky na mechanické vlastnosti zvarového kovu

Označenie prídavného materiálu	Pri teplote 20 °C				Pri 350 °C	
	R _m	R _{p0.2}	A	Z	R ^m	R _{p0.2}
	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]
Sv 04Ch19N11M3 v argóne	min. 441	min. 275	min. 25	min. 40	min. 392	min. 245
Sv 04Ch19N11M3 tavidlo OF-6	min. 392	min. 245	min. 25	min. 30	min. 343	min. 196
Sv 08Ch19N10G2B tavidlo OF-10	min. 539	min. 343	min. 24 ¹	min. 35 ¹	min. 392	min. 235
Elektroda CN-6	Tvrdosť HRC 27 ÷ 37				-	
Elektroda EA 400/10T	min. 539	min. 343	min. 25	min. 30	min. 441	min. 245

Poznámka: ¹ - u pozdĺžnych zvarov krúžkov plášťa č.1, č a 6 sa dovoľuje zníženie
A ± 15 % a Z ± 22 %

6.1.5.1.2 Dno nosného plášťa reaktora

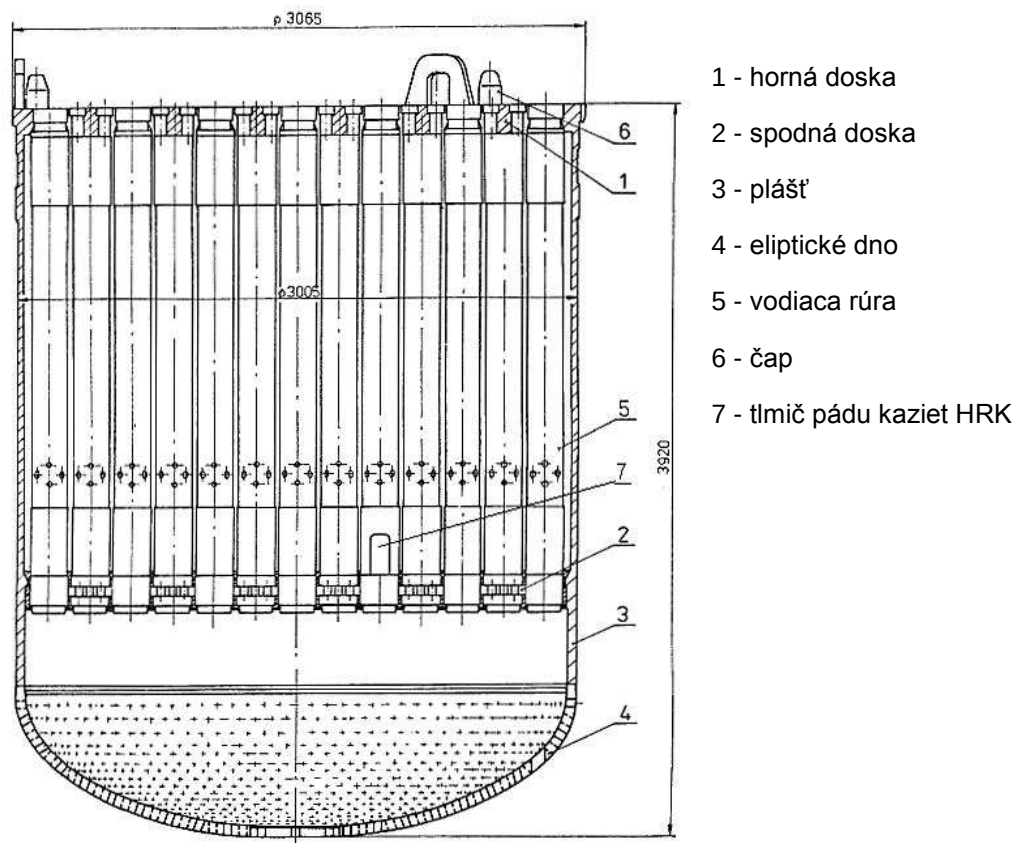
Dno plášťa je zavesené v nosnom plášti reaktora a nesie kôš aktívnej zóny reaktora. V dne sa vyrovnáva rýchlostný profil a usmerňuje prúd chladiaceho média. Schéma dna nosného plášťa reaktora je na Obr. 6.1.5.1.2-1.

Dno je uzatvorené teleso tvorené plášťom, ku ktorému je v dolnej časti privarené perforované eliptické dno a v hornej časti doska s 312 clonami Φ 50 mm a s ukotvením pre 37 kanálov pre kazety HRK. Tieto kanály sú svojim dolným koncom zapustené do spodnej dosky, umiestnenej vo vnútri telesa dna nosného plášťa. V eliptickom dne je 1662 dier Φ 40 mm, ktorými prúdi chladiace médium do priestorov medzi kanály kaziet HRK. V spodnej časti kanálov kaziet HRK sú privarené tlmice na zmierňovanie nárazu pri páde kaziet HRK.

Základné údaje:

- maximálny priemer Φ 3065 mm
- maximálna výška 4185 mm
- hmotnosť 30075 kg.

Všetky časti a dielce dna nosného plášťa, okrem clôn Φ 50, sú zhotovené z nehrdzavejúcej austenitickej chrómniklovej ocele 08Ch18N10T (podľa GOST 5632-72, ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240), vyrobenej v elektrickej oblúkovej peci. Údaje o tejto oceli (chemické zloženie a požiadavky na mechanické vlastnosti) sú uvedené v Tab. 6.1.5-1 a Tab. 6.1.5-2. Clony sú zhotovené zo žiaruvzdornej austenitickej antirelaxačnej ocele ChN35VT-VD (GOST 5632-72, táto oceľ nemá ekvivalent podľa ASTM), vyrobenej v elektrickej oblúkovej peci s nasledovným pretavením vo vákuu. Predpísané chemické zloženie tejto ocele je uvedené v Tab. 6.1.5-3, požadované mechanické vlastnosti sú uvedené v Tab. 6.1.5-4.



Obr. 6.1.5.1.2-1 Dno nosného plášťa reaktora

Pre zhotovenie zvarov dna nosného plášťa reaktora boli použité nasledovné prídavné materiály (nemajú ekvivalent podľa ASTM):

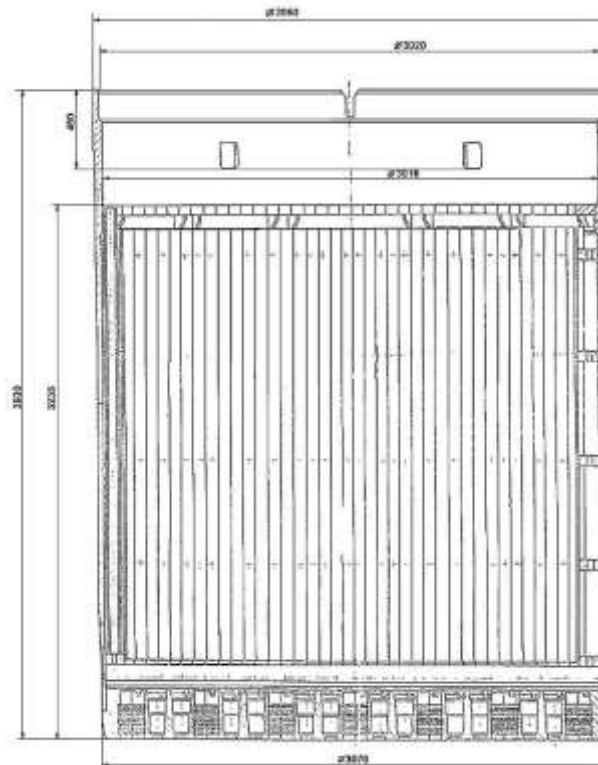
- pre automatové zváranie Sv 04Ch19N11M3 (podľa GOST 2246-70) s tavidlom OF-6 a Sv 08Ch19N10G2B (podľa GOST 2246-70) tavidlo OF-6
- pre ručné zváranie Sv 04Ch19N11M3 v argóne a elektródy CN-6 a EA 400/10T (všetko označenie podľa GOST).

Údaje o zvarovom kove, t.j. predpísané chemické zloženie a požiadavky na mechanické vlastnosti sú uvedené v Tab. 6.1.5-5 a Tab. 6.1.5-6.

6.1.5.1.3 Kôš aktívnej zóny

Kôš aktívnej zóny (KAZ) slúži predovšetkým na presné rozmiestnenie pracovných kaziet a kaziet HRK v reaktore a na rovnomerné rozdelenie chladiaceho média do jednotlivých kaziet Obr. 6.1.5.1.3-1.

Nosnou časťou KAZ je dno, vyrobené z dosky o hrúbke 300 mm, v ktorej je 312 dier $\Phi 125/105$ mm pre uloženie pracovných kaziet a 37 šesťhranných otvorov, ktoré majú labyrintovú upchávku pre priechod kaziet HRK. Na dosku dna KAZ je privarený plášť, v ktorom je v oblasti nad dnom 42 otvorov $\Phi 10$ mm pre zaistenie chladienia vonkajšej časti plášťa a vylúčenie varu chladiaceho média v medzere medzi plášťom KAZ a nosným plášťom reaktora. Na hornej časti plášťa je krúžok pre usadenie bloku ochranných rúr a na vnútornom povrchu plášťa je pripevnený ohýbaný plech pre vymedzenie priestoru AZ.



Obr. 6.1.5.1.3-1 Kôš aktívnej zóny

Základné údaje:

- maximálny priemer Φ 3080 mm
- maximálna výška 3930 mm
- hmotnosť 22000 kg.

Všetky časti a diely KAZ sú vyrobené z nehrdzavejúcej austenitickej chrómniklovej ocele 08Ch18N10T, stabilizovanej Ti (GOST 5632-72, ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240). Údaje o tejto oceli, t.j. predpísané chemické zloženie a požadované mechanické vlastnosti, sú uvedené v Tab. 6.1.5-1 a Tab. 6.1.5-2.

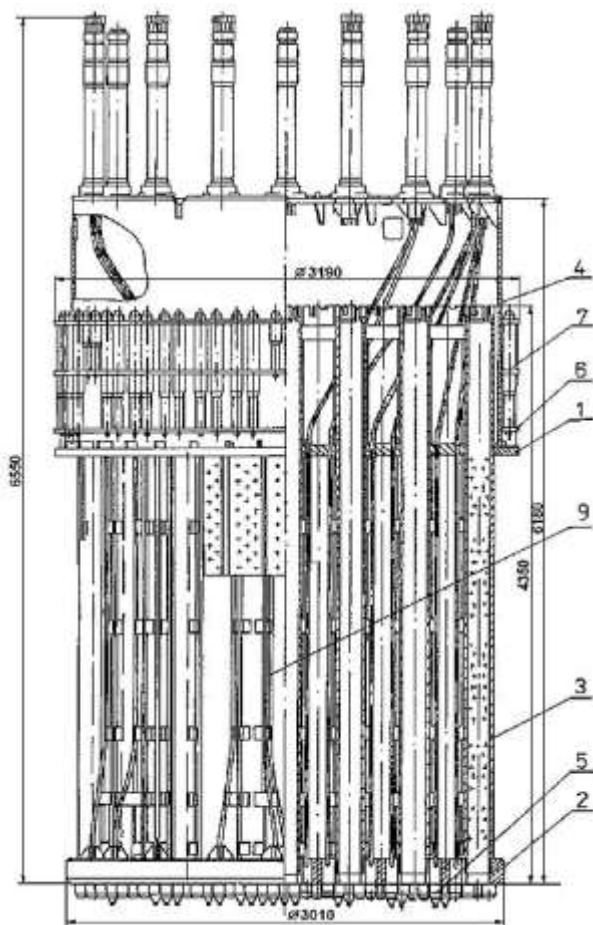
Pre zhotovenie zvarov koša aktívnej zóny boli použité nasledovné prídavné materiály (nemajú ekvivalent podľa ASTM):

- pre automatové zváranie Sv 04Ch19N11M3 (podľa GOST 2246-70) s tavidlom OF-6 a Sv 08Ch19N10G2B (podľa GOST 2246-70) tavidlo OF-6
- pre ručné zváranie Sv 04Ch19N11M3 v argóne a elektródy CN-6 a EA 400/10T (všetko označenie podľa GOST).

Údaje o zvarovom kove, t.j. predpísané chemické zloženie a požiadavky na mechanické vlastnosti sú uvedené v Tab. 6.1.5-5 a Tab. 6.1.5-6.

6.1.5.1.4 Blok ochranných rúr

Blok ochranných rúr (BOR - Obr. 6.1.5.1.4-1) je uložený na koši aktívnej zóny, zaisťuje jeho polohu, polohu dna nosného plášťa reaktora a polohu pracovných kaziet v osovom i priečnom smere (ich požadovaný rozstup).



- 1 - horná doska
- 2 - spodná doska
- 3 - ochranná rúra
- 4 - plášť
- 5 - nadstavec
- 6 - krúžok
- 7 - pružinový blok
- 9 - ochranná rúrka pre vyvedenie merania

Obr. 6.1.5.1.4-1 Blok ochranných rúr

Blok ochranných rúr je zváraná konštrukcia, tvorená dvoma doskami, spojenými 37 ochrannými rúrami pre vedenie kaziet HRK. K hornej doske je privarený plášť BOR, ku ktorému je zboku pripevnených 72 prítlačných pružinových blokov a zhora 18 telies vývodov merania teploty a neutrónového toku. Pružinové bloky zabezpečujú správnu polohu vnútorných častí a znemožňujú ich axiálny posun pri všetkých pracovných režimoch reaktora.

Zároveň vedie 37 kaziet HRK s vloženými tyčami, chráni ich pred pôsobením chladiaceho média a pred vibráciami, slúži k upevneniu suchých kanálov (meranie teploty a neutrónového toku) a k vyvedeniu vnútro reaktorových meraní z reaktora.

V hornej doske je 37 dier Φ 210 mm pre ochranné rúry kaziet HRK, 212 dier Φ 90 mm pre priechod chladiaceho média a 216 dier Φ 20.5, Φ 25.5, Φ 27, Φ 32 a Φ 42 mm pre kanály merania teploty a neutrónového toku. V dolnej doske je 37 dier Φ 188 mm pre upevnenie ochranných rúr kaziet HRK a 312 dier Φ 85 mm pre priechod chladiaceho média.

Základné údaje:

- maximálny priemer Φ 3180 mm
- výška 6685 mm
- hmotnosť 35200 kg.

Prevažná väčšina dielov a častí kompletu bloku ochranných rúr, vrátane suchých kanálov merania neutrónového toku a teploty je vyrobená z nehrdzavejúcej austenitickej ocele 08Ch18N10T (GOST 5632-72, ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240). Predpísané chemické zloženie je uvedené v Tab. 6.1.5-1. Požiadavky na hodnoty jej mechanických vlastností je v Tab. 6.1.5-2.

Okrem tejto ocele boli pri výrobe bloku ochranných rúr použité nasledovné materiály:

- teleso vývodov meraní, svorníky, matice, priechodky a podložky sú vyrobené z ocele ChN35VT-VD (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM) - chemické zloženie a mechanické vlastnosti sú uvedené v Tab. 6.1.5-3 a Tab. 6.1.5-4,
- pružiny pružinových blokov sú vyrobené z niklovej zliatiny ChN77TJUR (podľa GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM). Je vyrobená v elektrickej oblúkovej peci, predpísané chemické zloženie je uvedené v Tab. 6.1.5-7 a požadované mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-8,
- tesnenia a tesniace podložky sú vyrobené z niklovej zliatiny ČSN 423405.11 (nemá ekvivalent podľa ASTM). Chemické zloženie zliatiny je uvedené v Tab. 6.1.5-9. U niklovej zliatiny je pri 20 °C predpísaná medza sklzu $R_{p0,2}$ max. 118 MPa a ťažnosť A min. 28 %.

Tab. 6.1.5-7 Smerné chemické zloženie zliatiny GOST ChN77TJUR

Obsah prvkov v %											
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Fe	B	Co	Al	S	P
max. 0,06	max. 0,60	max. 0,40	19,0- 22,0	základ	2,30- 2,70	max. 4,0	max. 0,01	max. 0,50	0,55- 0,95	max. 0,007	max. 0,015

Tab. 6.1.5-8 Požiadavky na mechanické vlastnosti zliatiny ChN77TJUR

φ drôtu [mm]	Maximálne zúženie pri pretáhaní [%]	Min. hodnoty pri teplote 20 °C		
		R_m [MPa]	Počet ohybov	Počet skrútení
4.01	50 ÷ 55	1226	2	3
10.01	50 ÷ 55	1226	-	-

Poznámka: Maximálne zúženie pri pretáhaní znamená: redukciu tesniaceho drôtu počas technologického procesu kalibrácie jeho priemeru.

Tab. 6.1.5-9 Smerné chemické zloženie Ni tesnenia z materiálu ČSN 423405.11

Obsah prvkov v %		
Ni+Co	z toho Co	Maximálny obsah sprievodných prvkov
min.	max.	Mn:0.05; Fe, Si, Mg, Cu a C:0.10;
99.6	0.15	ostatné sprievodné prvky 0.20

Pre zhotovenie zvarov bloku ochranných rúr boli použité nasledovné prídavné materiály (nemajú ekvivalent podľa ASTM):

- pre automatové zváranie Sv 04Ch19N11M3 (podľa GOST 2246-70) s tavidlom OF-6,
- pre ručné zváranie Sv 04Ch19N11M3 v argóne a elektróda EA 400/10T (označenie podľa GOST).

Údaje o zvarovom kove, t.j. predpísané chemické zloženie a požiadavky na mechanické vlastnosti sú uvedené v Tab. 6.1.5-5 a Tab. 6.1.5-6.

6.1.5.1.5 Vložená tyč

Vložená tyč je spojovacím elementom medzi pohonom a kazetou HRK. Pre tento účel má vložená tyč vo svojej hornej časti úchyt s bajonetovým zámkom, ktorý spája navzájom pohon HRK a vloženú tyč. Úchyt je

spojený s prechodovou časťou, ktorá kryje tiahlo a vnútornú rúrku - táto rúrka je vlastne nosnou časťou vlozenej tyče. Na spodnom konci prechodovej časti (prechodového kusu) je tzv. záchyť, ktorý zapadá do zodpovedajúceho zámku v kazete HRK. Koniec tiaha, prechádzajúci záchyťom, má trojuholníkový prierez, ktorý umožňuje pootočeniu a uzamknutie záchyty v zámku kazety HRK a zároveň zaisťuje celé spojenie proti otáčaniu.

Základné údaje:

- maximálny priemer Φ 155 mm
- dĺžka 4824 mm
- hmotnosť 61 kg.

Všetky časti kompletu vlozenej tyče okrem úchyty, záchyty a pružiny sú vyrobené z nehrdzavejúcej chrómniklovej austenitickej ocele GOST 08Ch18N10T, stabilizovanej Ti (GOST 5632-72, ekvivalent je ocel 321 podľa ASTM A240). Údaje o tejto oceli (predpísané chemické zloženie a požadované minimálne hodnoty mechanických vlastností) sú uvedené v Tab. 6.1.5-1 a Tab. 6.1.5-2. Pružiny vložených tyčí sú vyrobené z niklovej zliatiny ChN77TJUR (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), údaje sú v Tab. 6.1.5-7 a Tab. 6.1.5-8. Úchyt a najmä najviac exponovaný záchyť sú vyrobené z nehrdzavejúcej chrómovej martenzitickej ocele 14Ch17N2 (podľa GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), určenej k zušľachtovaniu, vyrobenej v elektrickej oblúkovej peci. Táto ocel bola zvolená s ohľadom na vyššiu úroveň hodnôt mechanických vlastností, najmä medze skľuzu $R_{p0,2}$. Jedná o martenzitickú ocel, u ktorej existuje fenomén tzv. prechodovej teploty (t.j. existencia prechodu ku krehkému porušeniu pri určitej teplote) a ktorá je štruktúrne citlivá (daná typom mriežky) na radiačné poškodenie - najmä neutrónmi s energiou $E_n > 0,5$ MeV. Vplyvom rastúcej neutrónovej dávky dochádza u týchto typov ocelí k zvyšovaniu medze pevnosti, medze skľuzu a tvrdosti, klesá ťažnosť a dochádza k posunu teploty prechodu ku krehkému porušeniu do oblasti vyšších teplôt. Táto skutočnosť viedla výrobcu (ŠKODA Plzeň) k limitovaniu životnosti vložených tyčí na 5 rokov ([II.14]), avšak pre MO34 je ich životnosť predĺžená na 25 rokov [II.15]. Chemické zloženie tavby pre použité súčiastky musí zodpovedať predpísanému zloženiu, uvedenému v Tab. 6.1.5-10. Pretože sa jedná o martenzitickú nehrdzavejúcu ocel, súčiastky z nej vyrobené sú zošľachtené, t.j. kalené z 1010°C do oleja a následne dvakrát popustené - najprv z teploty 740°C (chladené na vzduchu) a potom z teploty 640°C (znovu chladené na vzduchu). Mechanické vlastnosti musia zodpovedať predpisu, uvedenému v Tab. 6.1.5-11.

Tab. 6.1.5-10 Smerné chemické zloženie ocele 14Ch17N2 (podľa GOST 5632-72)

Obsah prvkov v %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Co	S	P
0,11- 0,17	max. 0,80	max. 0,80	16,0- 18,0	1,5- 2,5	max. 0,05	max. 0,025	max. 0,030

Tab. 6.1.5-11 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 14Ch17N2 (podľa GOST 5632-72)

Pri teplote 20 °C						350 °C	
R_m	$R_{p0,2}$	A	Z	KCU2	Tvrdosť	R_m	$R_{p0,2}$
[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[J/cm ²]	HB	[MPa]	[MPa]
min. 686	min. 539	min. 15	min. 40	min. 59	207- 269	min. 441	min. 343

Zvary častí kompletov vložených tyčí boli realizované ručne elektrickým oblúkom v ochrannnej atmosfére argónu drôtom Sv 04Ch19N11M3 (GOST 2246-70, nemá ekvivalent podľa ASTM). Predpísané chemické

zloženie zvarového kovu a požiadavky na mechanické vlastnosti, sú uvedené vyššie v Tab. 6.1.5-5 a Tab. 6.1.5-6.

6.1.5.2 Materiály systému pohonov riadiacich kaziet

Aktívna zóna reaktora V-213 je zostavená z 349 šesťhranných kaziet, z ktorých 312 je pracovných, nepohyblivých a 37 je pohyblivých tzv. havarijných, regulačných a kompenzačných kaziet (HRK). Všetky kazety HRK majú rovnakú konštrukciu a sú rozdelené do šiestich skupín (5x po 6 kazetách a 1x 7 kaziet).

Kazety HRK sú tvorené palivovou časťou a absorbátorom. Môžu sa pohybovať vo vertikálnom kanáli, tvorenom rúrami v bloku ochranných rúr, šiestimi susednými pracovnými kazetami, šesťhranným otvorom vo dne koša aktívnej zóny a ochrannými rúrami dna nosného plášťa. Ak je kazeta HRK v dolnej polohe, palivová časť HRK je v rúrach dna nosného plášťa a absorbátor je v aktívnej zóne.

Pohybovanie kazety HRK sa uskutočňuje pomocou pohonu regulačného orgánu. Spojenie pohonu HRK s vlastnou kazetou HRK je realizované vloženou tyčou, ktorá je s pohonom a kazetou spojená bajonetovým uzáverom.

Pohon HRK je výkonným mechanizmom systému riadenia a ochrany reaktora, zaisťuje spúšťanie, reguláciu výkonu, kompenzáciu prebytočnej reaktivity a zastavenie reaktoru tým, že spúšťa do aktívnej zóny alebo z nej vysúva kazetu HRK. Pre bloky MO34 sa budú používať modernizované pohony HRK PRO-M, ktoré majú životnosť 25 rokov [II.15].

Každý pohon môže pracovať nezávisle na ostatných pohonom alebo súčasne s nimi. Pre premiestňovanie kazety HRK alebo zaisťovanie jej polohy vo všetkých režimoch je nutné jednosmerné aj striedavé elektrické napájanie. Havarijné odstavenie reaktora sa realizuje vypnutím napájania pohonu a voľným pádom všetkých skupín kaziet HRK do AZ.

Pohon je teda elektromechanické zariadenie hrebeňového typu, ktoré je určené pre prácu v podmienkach chladiaceho média primárneho okruhu reaktora typu V-213 Č, t.j. pracovný tlak 12,25 MPa, pracovná teplota chladiaceho média 300°C, teplota vody v oblasti hrebeňového pastorka pohonu HRK v hermetickom puzdre veka reaktora a vyššie je maximálne 100°C. Táto teplota, prijateľná z hľadiska funkčnosti pohonu, sa zaisťuje konštrukciou pohonu a prietokom chladiacej vody chladičom, ktorý je súčasťou systému pohonu HRK. Pohon je dimenzovaný na premiestňovanie vlastných pohyblivých častí, vlozenej tyče a kazety HRK, spolu o hmotnosti do 500 kg. Pracovný zdvih hrebeňa je 2500 ± 30 mm, rýchlosť posuvu v režime regulácie je 20 ± 1 mm/s, pri signáli AO1 podľa pracovných podmienok v rozsahu $200 \div 300$ mm/s.

Pohon sa skladá z nasledujúcich častí:

- senzora ukazovateľa polohy
- elektromotora
- vretenového zariadenia
- reduktora
- hrebeňového uzla
- chladiča
- hydraulikej zarážky.

a) Senzor ukazovateľa polohy

Je určený na indikáciu polohy hrebeňa s kazetou HRK v priebehu pracovného zdvihu a k vymedzeniu krajných polôh. Je hermeticky montovaný na ložiskový štít elektromotora.

b) Elektromotor

Tzv. synchronno-reakčný typ elektromotora má hermetickú konštrukciu a je určený na premiestňovanie a zaistovanie polohy hrebeňa s kazetou HRK v pracovnej polohe. Statorové vinutie má uložené v hermetickom priestore. Tento priestor je chladený pretekajúcou vodou. Rotor, uložený v ložiskách z nehrdzavejúcej ocele, pracuje v prostredí primárneho okruhu. Elektromotor je napájaný cez hermetický konektor.

c) Vretenové zariadenie

Je určené k prenosu krútiaceho momentu z elektromotora na reduktor a k obmedzeniu rýchlosti pádu hrebeňa s kazetou HRK v režime havarijného odstavenia. Nosnou časťou je teleso zvarené z rúry a prírub. V tomto telese je na ložiskách z nehrdzavejúcej ocele uložené vreteno. Do vretena sa zasúva hrebeň pri pohybe smerom nahor. Spojenie vretena s rotorom elektromotora je realizované poistnou spojkou a s reduktorom ozubeným kolesom. Poistná spojka chráni ozubené kolesá a ložiská pred preťažením - pri prekročení danej hodnoty krútiaceho momentu dôjde k vzájomnému kĺzaniu hnanej a hnacej časti spojky. Na dolnej časti vretena je umiestnený odstredivý regulátor, brániaci trením brzdových čelustí o puzdro telesa (pri zvyšovaní otáčok vretena v režime havarijného odstavenia) zvyšovaniu rýchlosti pádu hrebeňa s kazetou HRK. Zmenou predpätia pružín odstredivého regulátora je možné túto rýchlosť meniť.

d) Reduktor

Reduktor mení otáčavý pohyb elektromotora na posuvný pohyb hrebeňa. Centrálnym otvorom reduktora, vedený vodiacimi kladkami, prechádza hrebeň. V hornej časti reduktora je puzdro, slúžiace ako dolná zárážka hrebeňa. Toto puzdro dosadá na pružinový tlmič, ktorého úlohou je pohltiť kinetickú energiu padajúcich častí uzla hrebeňa a otáčajúcich sa častí pohonu pri dosadnutí na spodnú zárážku (po páde kazety HRK v režime havarijného odstavenia). Je najzložitejším kinematickým uzlom pohonu HRK a preto je po celej dĺžke zakrytý plášťom, ktorý ho chráni pred znečisťovaním.

e) Hrebeňový uzol

Slúži na spojenie pohonu s vloženou tyčou (a tým priamo s kazetou HRK) a je tvorený objímkou, ozubeným hrebeňom, tyčami, záchytným a západkou. Záchytný vytvára ukončenie hrebeňového uzla a slúži na prepojenie s vloženou tyčou. Záchytný má možnosť osového posunu vzhľadom k hrebeňu pre vymedzenie úchylných dĺžok jednotlivých častí pohonu HRK a kanála reaktora. Tyč so západkou slúži na spájanie a rozpájanie pohonu s vloženou tyčou.

f) Chladič

Chladič slúži na zabezpečenie požadovaných tepelných podmienok pre prácu pohonu v hermetickom puzdru veka reaktora. Je tvorený rúrkami a chladiacim hadom. Rúrky sú privarené k nátrubkom elektromotora, cez ktoré vstupuje chladiaca voda do jednej zo skrutkovitých drážok statora elektromotora, prechádza chladičom a vracia sa druhou skrutkovitou drážkou do výstupu z pohonu HRK.

g) Hydraulická zárážka

Bráni vysunutiu hrebeňa s kazetou HRK v prípade porušenia hermetickosti priestoru, tvoreného puzdrom veka reaktora a pohonom. Hlavnou časťou zárážky je piest s tesniacimi krúžkami a guľkami. V prípade, že dôjde k porušeniu hermetickosti uvedeného priestoru, vznikne tlakový spád, pôsobením ktorého sa piest (držaný za

normálnych pracovných podmienok v dolnej polohe pružinou) začne posúvať nahor, guľkami zaklinuje hrebeňovú tyč v puzdre a znemožní jej pohyb ďalej nahor. Odklinovanie sa vykoná pohybom hrebeňa smerom dolu.

Na výrobu jednotlivých komponentov a častí pohonov HRK boli použité materiály, ktoré možno rozdeliť nasledovne ([I.1], [I.2], [I.3], [I.4]):

a) časti zariadení prichádzajúce do styku s chladiacim médiom primárneho okruhu:

- austenitická nehrdzavejúca chrómniklová oceľ 08Ch18N10T stabilizovaná Ti (GOST 5632-72, ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240), údaje o jej vlastnostiach sú uvedené v predchádzajúcej časti v Tab. 6.1.5-1 a Tab. 6.1.5-2
- zvarové spoje na týchto častiach sú realizované oblúkom v ochrannnej argónovej atmosfére bez prídavného materiálu.

b) časti s možnosťou rýchleho opotrebenia:

- chrómová martenzitická oceľ 14Ch17N2 (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), údaje o jej vlastnostiach sú uvedené v predchádzajúcej časti v Tab. 6.1.5-10 a Tab. 6.1.5-11.
- chrómová martenzitická oceľ 1Ch13N3 (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), vyrobená v elektrickej peci; jej predpísané chemické zloženie je v Tab. 6.1.5-12 a požiadavky na mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-13,
- chrómová martenzitická oceľ 20Ch17N2B-Š (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), vyrobená metódou elektro-troskového pretavovania; jej predpísané chemické zloženie je v Tab. 6.1.5-14 a požiadavky na mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-15.

c) všetky ostatné časti pohonov HRK:

- austenitická nehrdzavejúca chrómniklová oceľ 08Ch18N10T stabilizovaná Ti (GOST 5632-72, ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240), údaje o jej vlastnostiach sú uvedené v predchádzajúcej časti v Tab. 6.1.5-1 a Tab. 6.1.5-2),
- chrómniklová austenitická antirelaxačná oceľ ChN35VT podľa GOST 5632-72 (nemá ekvivalent podľa ASTM), údaje o jej vlastnostiach sú uvedené v predchádzajúcej časti v Tab. 6.1.5-3 a Tab. 6.1.5-4,
- austenitická chrómniklová oceľ na pružinový drôt 12Ch18N10T (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), vyrobená v elektrickej peci; jej predpísané chemické zloženie je v Tab. 6.1.5-16 a požiadavky na mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-17.
- austenitická nehrdzavejúca chrómniklová oceľ 10Ch11N20T3R (GOST 5632-72, nemá ekvivalent podľa ASTM), vyrobená v elektrickej peci; jej predpísané chemické zloženie je v Tab. 6.1.5-18 a požiadavky na mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-19.
- chrómniklová nehrdzavejúca austenitická oceľ ČSN 17246.4 podľa ČSN 41726 pre valcované polotovary (ekvivalent je oceľ 321 podľa ASTM A240), vyrobená v elektrickej resp. martinskej peci; Jej predpísané chemické zloženie je v Tab. 6.1.5-20 a požiadavky na mechanické vlastnosti v Tab. 6.1.5-21.
- hliníkový bronz ČSN 423045.02 (nemá ekvivalent podľa ASTM), predpísané chemické zloženie je v Tab. 6.1.5-22, predpísané mechanické vlastnosti po tepelnom spracovaní sú zase v Tab. 6.1.5-23.
- nikel ČSN 423405.11 (zodpovedajúci niklu MP2 podľa GOST 492-73, nemá ekvivalent podľa ASTM). Chemické zloženie je uvedené v Tab. 6.1.5-9. U niklového plechu je pri 20°C predpísaná medza sklzu Rp0,2 max.108 MPa a ťažnosť A min.28 %.

- pre zhotovenie zvarov boli použité pre ručné zváranie elektróda EA 400/10T a v argóne drôt Sv 04Ch19N11M3 (GOST 2246-70). Tieto prídavné materiály nemajú ekvivalent podľa ASTM. Údaje o zvarovom kove, t.j. predpísané chemické zloženie a požiadavky na mechanické vlastnosti sú uvedené v Tab. 6.1.5-5 a Tab. 6.1.5-6

Tab. 6.1.5-12 Smerné chemické zloženie ocele GOST 1Ch13N3

Obsah prvkov v %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Co	S	P
0,08- 0,13	max. 0,60	max. 0,60	12,6- 14,6	2,2- 3,0	max. 0,05	max. 0,015	max. 0,030

Tab. 6.1.5-13 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele GOST 1Ch13N3

Pri teplote 20 °C			
R _m	R _{p0,2}	Z	KCU2
[MPa]	[MPa]	[%]	[J/cm ²]
min. 785	min. 588	min. 55	min. 49

Tab. 6.1.5-14 Smerné chemické zloženie ocele GOST 20Ch17N2B-Š

Obsah prvkov v %									
C	Si	Mn	Cr	Ni	Co	Nb	Cu	S	P
0,22÷ 0,28	0,30÷ 0,70	0,30÷ 0,70	16,3÷ 17,7	2,3÷ 2,8	max. 0,05	0,05÷ 0,10	max. 0,25	max. 0,015	max. 0,025

Poznámka: pri dodržaní mech. vlastností je povolená odchýlka: C $\pm$ 0.01%, Cr $\pm$ 0.2%, Ni $\pm$ 0.1%

Tab. 6.1.5-15 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele GOST 20Ch17N2B-Š

Pri teplote 20 °C					
R _m	R _{p0,2}	A ₅	Z	KCU2	Tvrdosť
[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[J/cm ²]	HRC
min. 1275	min. 981	min. 8	min. 30	min. 39	42÷ 51

Tab. 6.1.5-16 Smerné chemické zloženie ocele GOST 12Ch18N10T

Obsah prvkov v %									
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Co	N
0,09÷ 0,13	max. 0,80	1,5÷ 2,0	17,0÷ 18,0	10,0÷ 11,0	5xC÷ 0,80	max. 0,020	max. 0,035	max. 0,05	max. 0,05

Tab. 6.1.5-17 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 12Ch18N10T

φ drôtu [mm]	R _m [MPa]	Z [%]
8,01	min. 1373	min.20
3 ÷ 4	1667 ÷ 1961	-
1,3÷2,5	1716 ÷ 2010	-

Tab. 6.1.5-18 Smerné chemické zloženie ocele GOST 10Ch11N20T3R

Obsah prvkov v %											
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	B	N	Co	Al	S	P
max. 0,10	max. 1,00	max. 1,00	10,0÷ 12,5	18,0÷ 21,0	1,90÷ 3,20	0,008÷ 0,20	max. 0,05	max. 0,05	max. 0,80	max. 0,020	max. 0,035

Tab. 6.1.5-19 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 10Ch11N20T3R

Pri teplote 20 °C						350 °C
R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₅ [%]	Z [%]	KCU2 [J/cm ²]	HB [mm]	R _{p0,2} [MPa]
min.	min.	min.	min.	min.	3,5÷	min.
883	588	10	15	29	3,8	441

Tab. 6.1.5-20 Smerné chemické zloženie ocele ČSN 17 246.4

Obsah prvkov v %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
max. 0,12	max. 1,00	max. 2,00	17,0÷ 20,0	8,0÷ 11,0	min. 5x(%C-0,03)	max. 0,030	max. 0,045

Tab. 6.1.5-21 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele ČSN 17 246.4

Polotovary	Pri teplote 20 °C				
	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A [%]	Z [%]	KCU2 [J/cm ²]
Tyče	min. 539	min. 206	min. 40	min. 50	min. 157
Rúrky	min. 490	min. 206	min. 35	-	-

Tab. 6.1.5-22 Smerné chemické zloženie hliníkového bronzu ČSN 423045.02

Obsah prvkov v %								
základných			sprievodných					
Al	Fe	Cu	Sn	Si	Ni	Zn	Mn	Celkom mimo Ni
8,0÷ 10,0	2,0÷ 4,0	základ	max. 0,1	max. 0,1	max. 0,5	max. 1,0	max. 0,5	max. 1,7

Tab. 6.1.5-23 Požiadavky na mechanické vlastnosti hliníkového bronzu ČSN 423045.02

Pri teplote 20 °C		
R _m [MPa]	A ₅ [%]	HB [mm]
min. 490	min. 10	3,5÷ 3,8

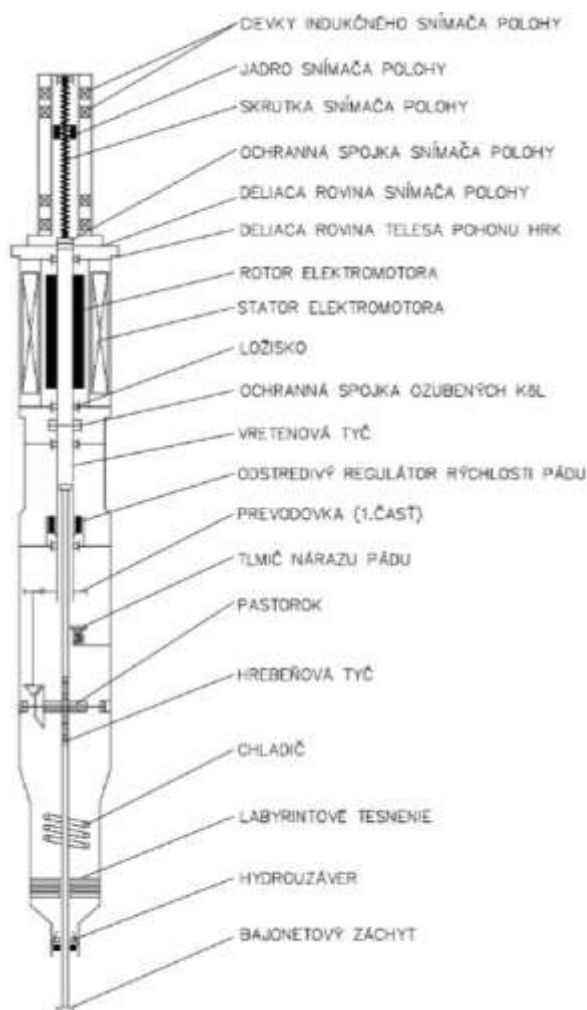
Tab. 6.1.5-24 Smerné chemické zloženie ocele ČSN 17 247.4

Obsah prvkov v %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
max. 0,08	max. 1,00	max. 2,00	17,0÷ 19,0	9,5÷ 12,0	min. 5x%C	max. 0,030	max. 0,045

Tab. 6.1.5-25 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele ČSN 17 247.4

Polotovary	Pri teplote 20 °C				
	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A [%]	Z [%]	KCU2 [J/cm ²]
Tyče	min. 500	min. 205	min. 40	min. 50	min. 120
Plech	min. 500	min. 205	min. 30	-	-

Podrobnejší popis a zobrazenie pracovných kaziet a kaziet HRK je uvedený na nasledujúcom Obr. 6.1.5.2-1.



Obr. 6.1.5.2-1 Schéma pohonu pracovných kaziet a HRK

6.1.5.3 Metódy nedeštruktívnych kontrol

V oblasti detekcie povrchových, pod povrchových a vnútorných necelistvostí boli použité pre kontroly reaktora VVER 440 prakticky všetky dostupné nedeštruktívne metódy na úrovni znalostí v dobe výroby zariadenia. Jedná sa o nezávislé metódy, ktoré sa vzájomne potvrdzujú (napr. metódy na detekciu vnútorných necelistvostí ako je ultrazvuková skúška a skúška prežarováním) a dopĺňajú (napr. metóda na detekciu povrchových a pod povrchových necelistvostí, skúška magnetickou práškovou metódou a vírivé prúdy).

Rozsah nedeštruktívnych skúšok je zrovnateľný s ASME Code Sekcia III. Z pohľadu najnovších poznatkov v odbore nedeštruktívneho skúšania je potrebné poznamenať, že ultrazvuková technika TOFD, ktorou sa dajú detailnejšie určovať skutočné rozmery zistených necelistvostí sa už na tento účel úspešne používa. Použitie techniky TOFD významnou mierou prispeje ku kvalifikácii systémov nedeštruktívneho skúšania, ktorá je dnes už nevyhnutná pre prevádzkové kontroly na danom zariadení. V oblasti zisťovania pod povrchových necelistvostí je potrebné použiť techniku na zisťovanie podnávarových trhlín. Počas prevádzkových kontrol v oblasti detekcie povrchových a pod povrchových necelistvostí sa kapilárne skúšky nahradia skúškou metódou vírivých prúdov. Základnými dokumentmi sú [II.4] a [II.1].

Použité metódy nedeštruktívnych kontrol:

6.1.5.3.1 Ultrazvuková skúška

Ultrazvuková kontrola sa vykonáva v súlade s GOST 12503-67 a prílohami TPE [II.1].

Ultrazvuková skúška, ako objemová kontrola, slúži na zisťovanie necelistvostí v celom objeme skúšaného materiálu. Výsledkom ultrazvukovej skúšky je určenie náhradnej veľkosti indikácie, ktorá sa môže od skutočnej veľkosti dosť líšiť. Všeobecné zásady nedeštruktívneho skúšania ultrazvukom uvádza [II.5]. Nastavenie citlivosti UZ defektoskopu sa robí pomocou etalónov, vyrobených z rovnakého materiálu a táto citlivosť musí zaručiť zistenie minimálnych chýb podľa [II.4]. Hodnotenie kvality celkového rozsahu predpísaných skúšok, sa po skúške ultrazvukom robí podľa požiadaviek [II.4]. Podľa PK1544/72 sú maximálne prípustné chyby pre jednotlivé metódy uvedené v kapitole č.7: „Hodnotenie akosti zvarových spojov a návarov“, pričom platia údaje uvedené v Tabuľkách č.8 až 14.

Skúšky UZ priamou sondou

Kontrola UZ sa vykonáva na opracovanom (kontrolnom) povrchu o drsnosti $R_a = 3,2$ mm v celom objeme polotovaru po tepelnom spracovaní. Používa sa priama sonda o frekvencii 2 MHz. Kontrola sa vykonáva na 100 % povrchu po rovnobežných líniách s 10 % až 20 % prekrytím.

Skúšky UZ uhlovými sondami

Metóda kontroly výkovkov je rovnaká ako u priamej sondy s výnimkou typu sond a ich použitia. Používajú sa sondy s uhlami vstupu zväzku 35° , 45° a 60° . Výkovky tyčí alebo nátrubkov sa kontrolujú sondou 35° , kolmo na os tyče v oboch smeroch proti sebe a sondami 45° a 60° pozdĺž osi tyče v oboch smeroch proti sebe.

6.1.5.3.2 Kontrola návarov ultrazvukom

Kontrolujú sa návary u puzdier HRK na 100 % objeme po tepelnom spracovaní. Kontrola návaru UZ sa prevádza priamou, alebo dvojitou sondou pri frekvencii 2 MHz. Drsnosť povrchu $R_a = 3,2$ μm . Kontrola sa vykonáva zo strany návaru, alebo z protiľahlého povrchu. Nastavenie citlivosti prístroja sa vykonáva pomocou etalónov, vyrobených z takého istého základného materiálu a návaru z tých istých zvarových materiálov, v ktorých sú kontrolné otvory s plochým dnom. Táto citlivosť musí zaručiť zistenie minimálnych chýb podľa [II.4], kapitola 7.6.

Celkový rozsah predpísaných skúšok je uvedený v [II.4]. Pri kontrole austenitického návaru sa skúša ostrá hranica medzi návarom a základným materiálom.

Cieľom UZ skúšky je zistenie vnútorných chýb (trhlín, podsekov, odtrhnutí návaru, neprievarov, troskových vmestkov, plynových dutín) bez udania chyby, ale s určením ich počtu, náhradnej veľkosti, náhradnej dĺžky a plochy. Hodnotenie kvality sa po skúške ultrazvukom vykonáva podľa požiadavky [II.4] kapitola 7.6.

6.1.5.3.3 Skúška magnetickou metódou práškovou

Skúška sa vykonáva v súlade s prílohou [II.1]:

- u dielov na celom povrchu,
- na celom povrchu zvarových spojov, vrátane opravených miest po tepelnom spracovaní.

Skúška magnetickou metódou práškovou sa používa na skúšanie feromagnetických materiálov. Pomocou nej možno zisťovať trhliny a necelistvosti, ktoré ústia na povrch alebo sa nachádzajú tesne pod skúšaným povrchom, pokiaľ podnetia vznik rozptylového magnetického poľa.

Magnetická metóda prášková sa vykonáva v súlade s [II.6], [II.7], [II.8], [II.9].

6.1.5.3.4 Kapilárna skúška

Kapilárnou skúškou sa zisťujú povrchové chyby, podpovrchové a vnútorné chyby, ktoré ústia na skúšaný povrch. Skúška sa vykonáva v detailoch zostáv v súlade s požiadavkami [II.1] až [II.4]. Kapilárna skúška sa vykonáva v súlade s [II.10].

6.1.5.3.5 Skúška prežarovaním

Metóda prežarovania je založená na prechode röntgenového alebo gama žiarenia hmotou a jeho rozdielnej absorpcii v objemových defektoch a základnom materiály. Zisťujú sa vnútorné necelistvosti v oblasti zvarov a priľahlej oblasti. Zdrojom gama žiarenia je rozpad rádioaktívnych jadier – rádioaktívne izotopy – Iridium Ir 192 alebo Kobalt Co 60.

Skúške podliehajú zvarové spoje a návary zvarových plôch v súlade s [II.4].

Skúška prežiarením sa vykonáva v súlade s [II.11] a [II.12]. Cieľom skúšky zvarových spojov prežarovaním je zistenie vnútorných chýb zvaru a priľahlej oblasti (trhlín, neprievarov, dutín, troskových alebo volfrámových vmestkov a pod.)

LITERATÚRA**I Dokumenty vo vlastníctve SE**

- [I.1] Komplet reaktorového zariadení V-213-Č/20, Pasport, ŠKODA Plzeň, Ae 5688/Dok
- [I.2] Komplet reaktorového zariadení V-213-Č/21, Pasport, ŠKODA Plzeň, Ae 5688/Dok
- [I.3] Komplet reaktorového zariadení V-213-Č/20, Tlaková nádoba a horný blok reaktoru V 213-Č/20, Specifikace na materiály, ŠKODA Plzeň, Ae 4502/Dok
- [I.4] Komplet reaktorového zariadení V-213-Č/21, Tlaková nádoba a horný blok reaktoru V 213-Č/21, Specifikace na materiály, ŠKODA Plzeň, Ae 4502/Dok
- [I.5] WP 04.1 Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, ÚJV Řež a.s. - divize Energoprojekt Praha, marec 2007
- [I.6] PpBS Kapitola 06.01.02 Projekt vnútorných častí reaktora
- [I.7] PpBS Kapitola 06.02.03 Tlaková nádoba reaktora

II Všeobecne dosiahnuteľné dokumenty (normy, zákony)

- [II.1] TPE 10-40/1377/74, TP pro výrobu hlavních dílů tlakové nádoby VVER-440, V-213Č
- [II.2] TPE 10-40/1381/74, Technické podmínky na těleso tlakové nádoby, jeho sekce, víko a vík pro tlakové zkoušky reaktoru V-213Č
- [II.3] TPE 10-40/1378/74, TP pro kompletaci a konečnou kontrolu tlakové nádoby reaktoru V-213Č
- [II.4] PK 1514-72, Pravidla kontroly zvarových spojů a návarů uzlov a konstrukcí jadrových elektráren, skúšobných a výskumných jadrových reaktorov a zariadení
- [II.5] STN EN 583-1, Skúšanie ultrazvukom Časť 1: Všeobecné zásady
- [II.6] STN EN 01 5015, Skúšanie magnetickou metódou práškovou
- [II.7] STN EN 9934-1, Všeobecné zásady
- [II.8] STN EN 10228-1, Skúšanie oceľových výkovkov
- [II.9] STN EN 1290, Skúšanie zvarov magnetickou práškovou metódou
- [II.10] STN EN 01 5016, Nedeštruktívne skúšky kapilárnymi metódami
- [II.11] STN EN 444, Všeobecné princípy
- [II.12] STN EN 1435, Skúšanie zvarových spojov prežarováním
- [II.13] TPE 10-40/1720/80/ČSE, bod 1.2.8
- [II.14] ŠKODA JS a.s.: Nákupní specifikace – PS 3.01 – Primární okruh. Uzel 1.8 - Vložená tyč. Ae 13298/Dok. 17.12.2010 PNM34206696
- [II.15] ŠKODA JS a.s.: Pohon HRK orgánu modernizovaný, životnostní zkoušky Ae11284/Dok 6.2.2004
- [II.16] NTD MHS Interatomenergo č.440.51-84 – Materiály pre zariadenia a potrubia JE – Všeobecné požiadavky na základné materiály
- [II.17] NTD MHS Interatomenergo č. 442.50-85 - Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Požiadavky na použitie a atestáciu nových materiálov

- [II.18] Vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z. z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [II.19] Zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 9. september 2004

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 6.1.5.1.1-1 Nosný plášť reaktora	8
Obr. 6.1.5.1.2-1 Dno nosného plášťa reaktora	12
Obr. 6.1.5.1.3-1 Kôš aktívnej zóny	13
Obr. 6.1.5.1.4-1 Blok ochranných rúr	14
Obr. 6.1.5.2-1 Schéma pohonu pracovných kaziet a HRK	22

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 6.1.5-1 Smerné chemické zloženie ocele GOST 08Ch18N10T	9
Tab. 6.1.5-2 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 08Ch18N10T.....	9
Tab. 6.1.5-3 Smerné chemické zloženie ocele GOST ChN35VT-VD	10
Tab. 6.1.5-4 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele ChN35VT-VD	10
Tab. 6.1.5-5 Smerné chemické zloženie zvarového kovu.....	10
Tab. 6.1.5-6 Požiadavky na mechanické vlastnosti zvarového kovu	11
Tab. 6.1.5-7 Smerné chemické zloženie zliatiny GOST ChN77TJUR.....	15
Tab. 6.1.5-8 Požiadavky na mechanické vlastnosti zliatiny ChN77TJUR	15
Tab. 6.1.5-9 Smerné chemické zloženie Ni tesnenia z materiálu ČSN 423405.11	15
Tab. 6.1.5-10 Smerné chemické zloženie ocele 14Ch17N2 (podľa GOST 5632-72).....	16
Tab. 6.1.5-11 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 14Ch17N2 (podľa GOST 5632-72).....	16
Tab. 6.1.5-12 Smerné chemické zloženie ocele GOST 1Ch13N3	20
Tab. 6.1.5-13 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele GOST 1Ch13N3.....	20
Tab. 6.1.5-14 Smerné chemické zloženie ocele GOST 20Ch17N2B-Š	20
Tab. 6.1.5-15 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele GOST 20Ch17N2B-Š	20
Tab. 6.1.5-16 Smerné chemické zloženie ocele GOST 12Ch18N10T	20
Tab. 6.1.5-17 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 12Ch18N10T.....	20
Tab. 6.1.5-18 Smerné chemické zloženie ocele GOST 10Ch11N20T3R	21
Tab. 6.1.5-19 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele 10Ch11N20T3R	21
Tab. 6.1.5-20 Smerné chemické zloženie ocele ČSN 17 246.4.....	21
Tab. 6.1.5-21 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele ČSN 17 246.4	21
Tab. 6.1.5-22 Smerné chemické zloženie hliníkového bronzu ČSN 423045.02.....	21
Tab. 6.1.5-23 Požiadavky na mechanické vlastnosti hliníkového bronzu ČSN 423045.02	21
Tab. 6.1.5-24 Smerné chemické zloženie ocele ČSN 17 247.4.....	21
Tab. 6.1.5-25 Požiadavky na mechanické vlastnosti ocele ČSN 17 247.4	22