

Modifikace přírubového spoje elektroohříváku kompenzátoru objemu VVER 1000

Bc. Petr Toman

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr TOMAN**

Osobní číslo: **T080273**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Řízení jakosti**

Téma práce: **Modifikace přírubového spoje elektroohříváku
kompenzátoru objemu JE Temelín VVER 1000**

Zásady pro vypracování:

- Vypracujte literární rešerši včetně zhodnocení souč. stavu
- Vypracujte návrh řešení včetně technické dokumentace
- Provedte standové a laboratorní zkoušky
- Provedte ekonomické zhodnocení

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] Ryšavý P., Lička A.: Výpočet šroubového spoje a seismické odolnosti příruby EOKO, Zpráva ÚAM Brno, arch. č. 4521/09, č.rev.2, Brno srpen 2009

[2] ČSN EN 13555, Příruby a přírbové spoje -- Parametry těsnění a zkoušení vztahující se na pravidla dimenzování přírbových spojů s kruhovými přírubami a těsněním, Brno srpen 2005

[3] Miroslav Krejčí: Netěsnost elektroohříváků kompenzátoru objemu VVER 1000 JE Temelín, Třebíč leden 2009

[4] Miroslav Krejčí: Elektroohřívák kompenzátoru objemu VVER 1000 – Inovace utěsnění, Třebíč červen 2009

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Volek, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

14. února 2011

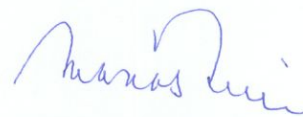
Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2011

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: **Bc. Petr TOMAN**.....


Obor: **Řízení jakosti**.....

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 užít 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 **4.4.2011**.....



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 nahlázení 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 vzdělávacímu 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Hlavním cílem této diplomové práce je v první části nastínit problematiku kompenzace objemu na jaderné elektrárně VVER 1000, prostředky kterými se dosahuje. Dále se zabývá popisem stávajícího stavu utěsnění elektroohříváků a analýzou jeho nedostatků. V poslední části je představeno nové konstrukční řešení při využití Hřebenového těsnění MITes HT[®] DUO. Toto řešení je doplněno o výsledky stendových a laboratorních zkoušek. Závěrečná část obsahuje také návrh technické dokumentace a ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: Jaderná elektrárna, hřebenové těsnění, kompenzátor objemu, elektroohřívák

ABSTRACT

The main aim of the first part of this thesis includes an overview of the compensation volume in nuclear power plant VVER 1000 and the means used to reach it. Furthermore, it deals with the current state of sealing of electric heaters and analysis of its drawbacks. The last part discusses a new design using Kammprofile gaskets MITes HT[®] DUO. Attached to this solution are the results of laboratory tests and Probationary plant. The final section contains a proposal for technical documentation and economic evaluation.

Keywords: Nuclear Power Plant, Kammprofile sealing, Pressurizer, Electric heater

Motto: „Jak vzniká vynález? To všichni vědí, že je něco nemožné, a pak se objeví nějaký blázen, který neví, že je to nemožné, a udělá vynález.“

[Albert Einstein]

Touto Diplomovou prací bych chtěl poděkovat jednomu výjimečnému člověku, který svou prací zcela nepochybně přispěl ke zvýšení bezpečnosti, vylepšení dobrého jména a v neposlední řadě k prodloužení životnosti českých a slovenských jaderných elektráren. Tímto člověkem byl pan Miroslav Krejčí, který podstatnou část svého profesního života zasvětil problematice utěšňování přírubových spojů. Jeho ztráta je velkou ztrátou nejen pro firmu MICo, spol. s r.o., ale také pro její zákazníky, obvykle provozovatele jaderných elektráren. Tato Diplomová práce se snaží ukázat že směr jaký vytýčil a práci kterou vykonal, nezůstane po jeho smrti zapomenuta a že bude i nadále rozvíjena.

Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu Diplomové práce panu ing. Františku Volkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při sepisování této Diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 SYSTÉM KOMPENZACE OBJEMU	14
1.1 ZÁKLADNÍ ČÁSTI I.O A UMÍSTĚNÍ KO.....	14
1.2 FUNKČNÍ POPIS SYSTÉMU	15
1.2.1 Samokompence.....	15
1.2.2 Kompence při větší tlakové změně.....	16
1.2.3 Bezpečnostní systém I.O.....	16
1.2.4 Řízení tlaku v KO.....	17
1.3 TECHNICKÝ POPIS SYSTÉMU	18
1.3.1 Kompenzátor objemu	18
1.3.2 Ohřívací prsteneц	20
1.3.3 Elektroohříváky	21
1.4 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU	24
1.4.1 Primární těsnění – niklový kroužek	24
1.4.2 Sekundární těsnění – kroužek z azbestové šňůry	24
1.4.3 Rozbor geometrie spoje.....	25
1.4.3.1 Horní výška kroužku.....	25
1.4.3.2 Dolní výška kroužku bez uvažování příčné deformace	26
1.4.3.3 Dolní výška kroužku.....	26
1.4.3.4 Nahrazení azbestu expandovaným grafitem	26
1.4.3.5 Náhrada rozměru grafitové šňůry	27
1.4.4 Vliv extruze do spáry na těsnost spoje.....	28
1.5 ANTIEXTRUZNÍ KROUŽEK MiHD	30
2 METODA STANOVENÍ PARAMETRŮ TĚSNĚNÍ	32
2.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY TĚSNĚNÍ DLE NORMY ČSN EN 13555.....	32
2.2 POSTUPY ZKOUŠENÍ A GENEROVÁNÍ HODNOT	33
2.2.1 Generování Q_{smax}	33
2.2.2 Generování E_G	35
2.2.3 Generování P_{QR}	36
2.2.4 Generování $Q_{min(L)}$ a $Q_{smin(L)}$	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
3 MODIFIKACE PŘÍRUBOVÉHO SPOJE	
ELEKTROOHŘÍVÁKU	39

3.1	ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA TĚSNĚNÍ DLE ZADÁNÍ	39
3.2	POPIS KONSTRUKČNÍ ZMĚNY	39
3.2.1	Úprava příruby EO	40
4	VÝPOČTY PEVNOSTI, TĚSNOSTI	42
4.1	VÝPOČET PŘÍRUBOVÉHO SPOJE S TĚSNĚNÍM MITES HT [®] DUO DLE ČSN EN 1591-1	42
4.1.1	Vstupní parametry přírubového spoje	42
4.1.1.1	Těsnění	42
4.1.1.2	Svorníky a matice	44
4.1.1.3	Příruba	46
4.1.2	Stavy zatížení	46
4.1.3	Výpočtové parametry	47
4.1.3.1	Parametry příruby	47
4.1.3.2	Parametry svorníků	48
4.1.3.3	Parametry těsnění	48
4.1.4	Vnitřní síly ve spoji	49
4.1.4.1	Zatížení vnitřním přetlakem a teplotní zatížení	49
4.1.4.2	Poddajnost spoje	50
4.1.4.3	Těsnící síly	50
4.1.5	Kontrola dovolených zatížení	52
4.1.6	Stanovení montážních parametrů	53
4.1.6.1	Parametry svorníku	54
4.1.6.2	Výpočet prodloužení	55
4.1.7	Závěr z výpočtu	55
5	STENDOVÉ ZKOUŠKY TĚSNĚNÍ MITES HT[®] DUO	56
5.1	ÚČEL PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK	56
5.2	POPIS ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ	56
5.2.1	Měření jednotlivých veličin a měřící zařízení	57
5.2.1.1	Teplota těsnění	58
5.2.2	Popis funkce stendu	58
5.2.2.1	Termický nárůst / pokles tlaku	60
5.2.2.2	Termický tlak	60
5.2.2.3	Netěsnost	60
5.2.2.4	Reálný nárůst / pokles tlaku	61
5.3	ZKOUŠKY	61
5.3.1	Program zkoušek	61
5.3.1.1	Těsnostní zkouška vnitřního prostoru	61
5.3.1.2	Těsnostní zkouška meziprostoru	62
5.3.1.3	Tepelný cyklus s dlouhou výdrží	62
5.3.1.4	Tepelný cyklus - krátký	63
5.3.2	Hodnocení výsledků zkoušek	64
5.3.2.1	Hodnocení zkoušky meziprostoru	64
5.3.2.2	Hodnocení zkoušky vnitřního prostoru	64
5.3.3	Průběh dílčích zkoušek těsnění	65

5.3.3.1	Těsnostní zkouška vnitřního prostoru.....	65
5.3.3.2	Těsnostní zkouška meziprostoru.....	66
5.3.3.3	První tepelný cyklus s dlouhou výdrží.....	67
5.3.3.4	První tepelný cyklus krátký	67
5.3.3.5	Druhý tepelný cyklus krátký.....	67
5.3.3.6	Druhý tepelný cyklus s dlouhou výdrží.....	68
5.3.3.7	Třetí tepelný cyklus krátký	68
5.3.3.8	Čtvrtý tepelný cyklus krátký.....	69
5.3.3.9	Pátý tepelný cyklus krátký.....	69
5.3.3.10	Těsnostní zkouška vnitřního prostoru (délka 24h)	70
5.3.3.11	Těsnostní zkouška meziprostoru.....	70
5.3.4	Vyhodnocení výsledků pro všechny tepelné cykly.....	71
5.3.4.1	Naměřené hodnoty na začátku a na konci vyhodnocovaného úseku:..	72
5.3.4.2	Výsledky vyplývající z měření v uvažovaném časovém úseku:.....	72
5.3.5	Průběh prodloužení svorníků během dílčích zkoušek.....	72
5.4	ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ ZKOUŠKY	74

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ..... 76

6.1	HLAVNÍ DŮVODY MODIFIKACE	76
6.2	NETĚSNOST PRIMÁRNÍHO TĚSNĚNÍ	76
6.2.1	Analýza netěsnosti	76
6.2.2	Neplánované odstavení v roce 2008	77
6.3	DŮSLEDKY NEPLÁNOVANÉ ODSTÁVKY	77
6.4	PŘÍNOS TĚSNĚNÍ MITES HT [®] DUO.....	78

ZÁVĚR..... 79

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... 80

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... 81

SEZNAM OBRÁZKŮ..... 82

SEZNAM TABULEK..... 84

SEZNAM PŘÍLOH..... 85

ÚVOD

Kompenzátor objemu je základním článkem systému kompenzace teplotních změn teplosnosného média primárního okruhu jaderné elektrárny. Je určen k vytváření tlaku při spouštění bloku, k udržování stálého tlaku při stacionárních režimech a k omezování odchylek tlaku při režimech nestacionárních.

Přírubový spoj elektroohříváku je dle projektu zatěsněn dvojicí těsnících kroužků. Primární těsnění je vyrobeno z niklu a pracuje v hlavním silovém toku. Sekundární těsnění bylo původně vyrobeno z azbestové ucpávkové šňůry, která byla později nahrazena šňůrou z expandovaného grafitu. Toto těsnění pracuje v kvazi-vedlejších silovém toku, tzn. že technologická spára sekundárního těsnění je funkcí tolerancí nákrůžku a výkrůžku primárního těsnění.

Dle původního ruského projektu může nastat taková konfigurace tolerancí, že jejich rozptyl činí 1,15 mm a to není schopno s dostatečnou těsností vykompenzovat žádné vysoko-teplotní těsnění. Filozofie původního utěsnění byla taková, že primární těsnění zatížíme nad R_e , tím dojde k trvalé deformaci a těsnění se vytvaruje dle těsnících ploch a zároveň „měkké“ sekundární těsnění nebude odebírat příliš těsnící síly a tak dojde k bezpečnému zatížení primárního těsnění, bez přílišného ohledu na těsnost sekundárního těsnění.

Problém nastal, když byly zpřísněny podmínky pro provozování jaderných zařízení a vystal požadavek na to aby byl meziprostor mohl být přetlakován až na 12 MPa. Jako řešení bylo zvoleno nahrazení azbestové ucpávky grafitovou. Toto řešení se jeví jako velmi vhodné a moderní, protože expandovaný grafit obecně nahrazuje azbestová těsnění. Expandovaný grafit má však jednu vlastnost, a to takovou, že pod napětím „teče“. Tato vlastnost se využívá jak ku prospěchu těsnícího procesu (vyplnění necelistvostí), tak v neprospěch (extruze do spáry). Právě tato vlastnost způsobuje to že lze získat krátkodobou těsnost (1 den), ale po určité době dojde vlivem vnitřního napětí v grafitu k jeho „vytečení“ do spáry a ztrátě těsnosti. Tuto nevýhodu však lze eliminovat vhodnou konstrukcí těsnění a těsnících ploch.

Těsnění lze navrhnout tak aby odolávalo extruzi, ale to tento problém uspokojivě nevyřeší, protože zde stále bude problém velkých výrobních tolerancí. Proto se tato Diplomová práce zabývá komplexním řešením celého spoje EO.

V dnešní době, po tragédii v Japonsku, se svět zamýšlí nad potřebou stále udržitelného rozvoje bez využití jaderné energie. Rozhodnutí, které činí politici mnohdy pod tlakem zhysterizovaného veřejného mínění, však situaci spíše zhoršuje a slovo jaderná elektrárna se stává pomalu prostým slovem. Je potřeba si uvědomit, že podle názoru řady odborníků, není možné vyrobit tolik energie z alternativních zdrojů, která by stačila na pokrytí spotřeby naší konzumní společnosti a našeho způsobu života. Je známí fakt, že 80% energie vyrobené na světě spotřebuje 20% obyvatel země – „Vyspělé státy“. Je jasné, že nikdo z těchto 20% obyvatel by nechtěl žít v podmínkách těch zbylých 80% obyvatel. Pokud se však bez rozmyšlení rozhodne o ukončení mírového využívání jaderné energie, mohly by se podmínky pro život v takovém regionu rapidně zhoršit, pokud by k tomu došlo třeba v celé Evropě.

Určitě je třeba zaměřit se na bezpečnost a využívání nejmodernějších poznatků současné vědy a techniky při rozhodování o údržbě, nebo výstavbě nových JE. Je třeba soustředit se hlavně na fakta. Například srovnáme-li záření, které obdrží člověk cestující letadlem z Moskvy do Tokia a člověka, který se zhruba stejnou dobu pohyboval v 20 kilometrové evakuované zóně elektrárny Fukušima 12 dní po nehodě zjistíme, že člověk v letadle obdržel patnáctkrát větší dávku než člověk u havarované elektrárny.

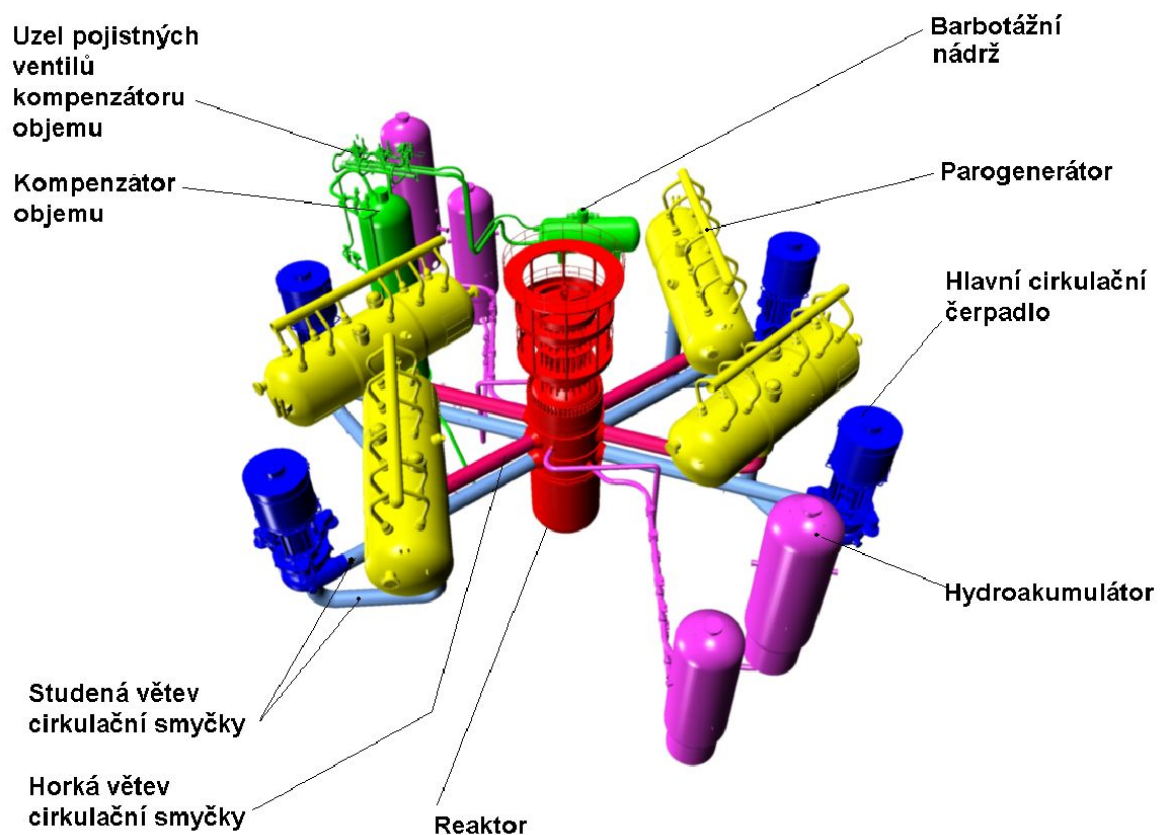
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SYSTÉM KOMPENZACE OBJEMU

Systém kompenzace objemu slouží :

- k samokompenzaci objemu chladiva I.O při malých změnách jeho teploty,
- k udržení tlaku I.O při větších výkyvech ze strany zařízení I.O nebo II.O,
- k ohřevu a vychlazování kompenzátoru objemu,
- k plynulému zvyšování resp. snižování tlaku při ohřevu resp. vychlazování I.O,
- nebo k ochraně I.O v havarijních režimech při prudkém nárůstu tlaku.

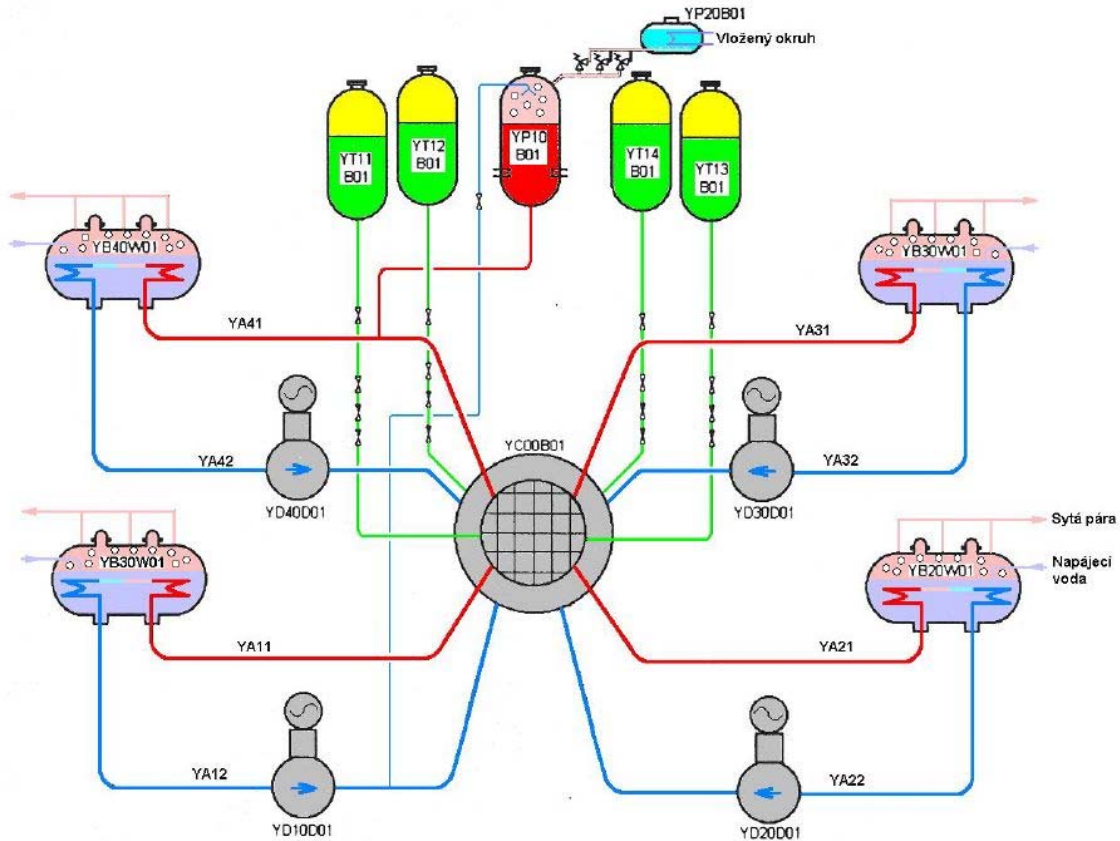
1.1 Základní části I.O a umístění KO



Obr. 1. Základní části I.O – 3D model

Celý systém primárního okruhu je umístěn v kontejneru, tak aby nemohlo dojít k úniku radioaktivních látek do vnějšího prostředí, v případě nestandardního stavu. Výkon reaktoru je vyveden na turbínu přes stěny teplosměnných trubek PG parovody II.O. Dispoziční uspořádání systému KO je vidět na obr. 1. a obr. 3. Celý systém je k I.O napojen potrubím DN 350 a to na horkou větev cirkulační smyčky č. 4, tak jak je vidět na obr. 2. Na tomto

schématu je znázorněno také připojení vstříků do KO a to ke studené větvi cirkulační smyčky č. 1. potrubím DN 200.



Obr. 2. Základní schéma I.O

YA	Cirkulační potrubí	YD	Hlavní cirkulační čerpadla
YB	Parogenerátory	YP	Kompenzace objemu
YC	Reaktor	YT	Hydroakumulátory

1.2 Funkční popis systému

KO je naplněn z části vodou a z části párou, nacházející se v termodynamické rovnováze. Ohřev, odpařování a zvyšování tlaku probíhá při práci 28 elektroohříváků, umístěných ve spodní, vodní části objemu KO. V horní, parní části objemu KO je umístěno zařízení pro vstřík vody, jejíž teplota je nižší než teplota nasycení. Vstříkem do parního prostoru kondenzuje část páry a ohraničuje se zvyšování tlaku.

1.2.1 Samokompenzace

Parametry uvnitř kompenzátoru odpovídají stavu nasycených par chladiva. Při malém poklesu tlaku dojde k porušení rovnováhy na mezi sytosti a vlivem poklesu tlaku nastane

intenzivnější odpařování chladiva, protože teplota v KO je nad teplotou nasycených par při daném stavu. Odpařením chladiva se zvětší objem páry a tím i stoupne tlak, čímž se parametry opět vyrovnají. Když se tlak v KO mírně zvýší, dojde znovu k porušení rovnováhy na mezi sytosti a vlivem zvýšení tlaku dojde ke kondenzaci páry, protože teplota KO je nižší než teplota sytosti při tomto zvýšeném tlaku, a proto dojde ke kondenzaci páry a tím ke zmenšení jejího objemu a tak ke snížení tlaku. Parametry se opět vyrovnají. Pomocí této samoregulace je možno regulovat pouze malé změny tlaku.

1.2.2 Kompenzace při větší tlakové změně

Při větších tlakových změnách dochází k zapracování elektroohříváků nebo sprchového systému.

Při zapracování EO se zvýší teplota chladiva v KO, dojde k odparu a zvětší se objem páry a tím i tlak. Elektroohříváky jsou rozděleny do čtyř skupin. První dvě mají tyristorovou regulaci a pracují v paralelním režimu. Část výkonu EO je vždy zapnuta, aby nahradila tepelné ztráty.

Sprchování se provádí z výtlačku HCC ze studené větve cirkulační smyčky č. 1. nerezovým potrubím, které je přivařeno na nátrubek DN 200. Při menším zvýšení tlaku se sprchování provádí potrubím DN 100, na kterém je zpětná klapka, regulační a uzavírací armatura tak, jak je vyobrazeno na obr. 3. Na tu je napojeno potrubí od doplňovacích čerpadel, která slouží k dochlazení KO v případě nepracujících HCC.

1.2.3 Bezpečnostní systém I.O

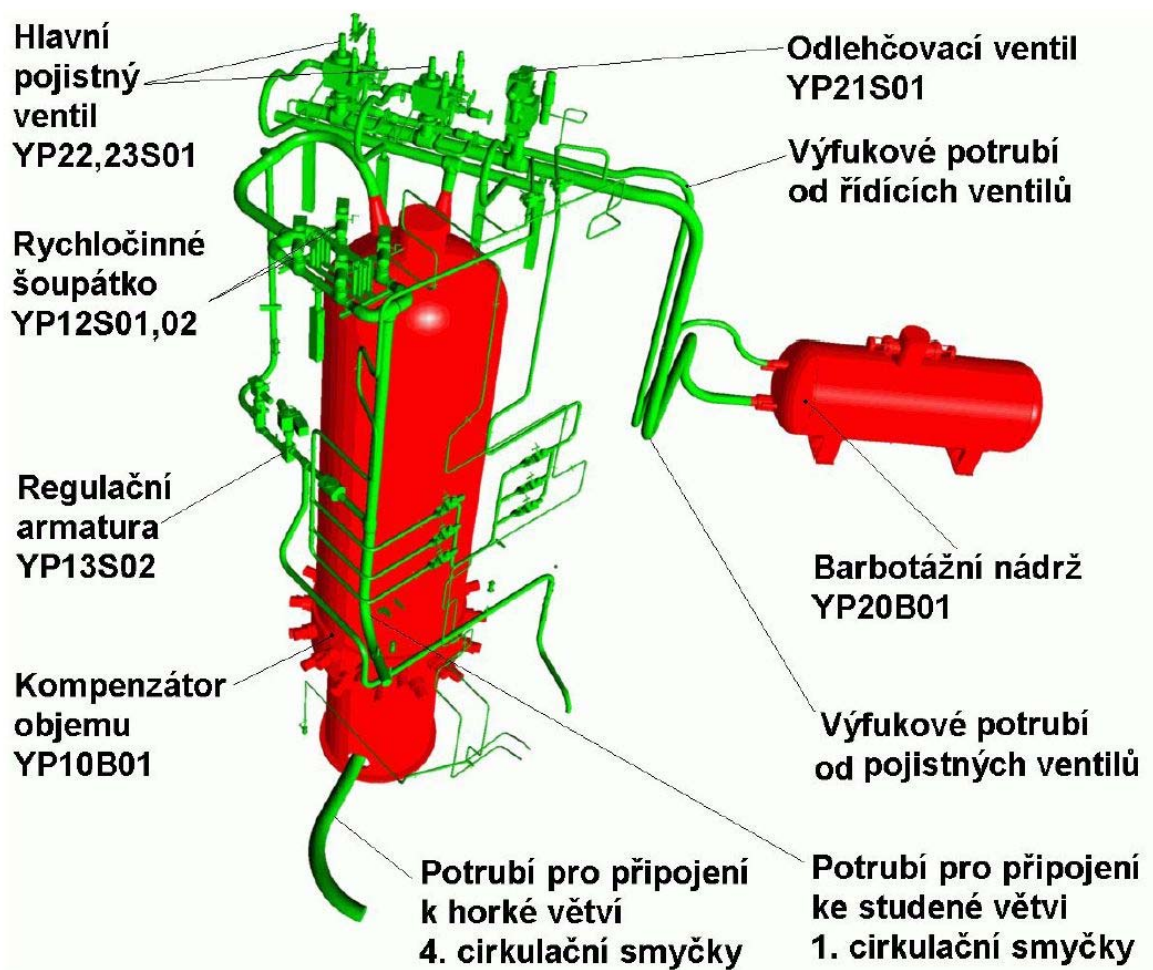
Pokud zapracování sprchového systému nedokáže zabránit zvyšování tlaku v I.O dojde k zapracování odlehčovacího nebo pojistného uzlu KO. Pára z KO pak proudí do Barbotážní nádrže. Tyto komponenty jsou vyobrazeny na obr. 3.

Účelem odlehčovacího uzlu je minimalizovat počet zapůsobení HPV a tím snížit riziko jejich neuzavření s následným nekompenzovatelným únikem chladiva z I.O. Zálohovat uzavření trasy při neuzavření odlehčovacího ventilu a snížit tak riziko poškození membrán na BN.

1.2.4 Řízení tlaku v KO

Pro nízké teplotní a tlakové parametry se tlak v KO a zároveň v I.O vytváří dusíkem a pro vyšší parou.

Řízení tlaku v KO probíhá ve dvou režimech. Režim řízení tlaku „P“ a režim řízení teploty „T“. Režim „T“ se používá ve stavech, kdy není vytvořen parní polštář a je nahrazen dusíkovým. V tomto režimu neplatí běžný vztah mezi teplotou a saturačním tlakem, a proto v průběhu náhřevu a vychlazování bloku udržuje regulátor zadaný rozdíl teplot mezi KO a I.O. Při překročení teploty 230 °C se systém automaticky přepne do režimu „P“. Jelikož je žádaná hodnota tlaku tvořena výpočtem a jeden z vstupních parametrů je teplota, tak je přepnutí mezi režimy beznárazové.



Obr. 3. Systém kompenzace objemu – 3D model

1.3 Technický popis systému

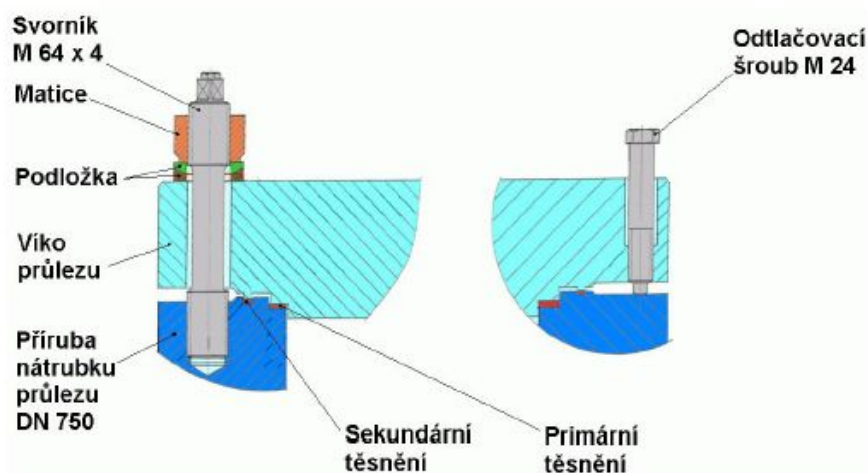
tabulka 1. Složení a umístění systému

Název	Počet	Projektové označení	Místnost	Podlaží
Kompenzátor objemu	1 ks	YP10B01	GA403	+19,20 m
Barbotážní nádrž	1 ks	YP20B01	GA503	+25,70 m
Pojistné ventily	2 ks	YP22,23S01	GA403	+19,20 m
Odlehčovací ventil	1 ks	YP21S01	GA403	+19,20 m
Elektroohříváky	28 ks	YP10W01÷06	GA403	+19,20 m

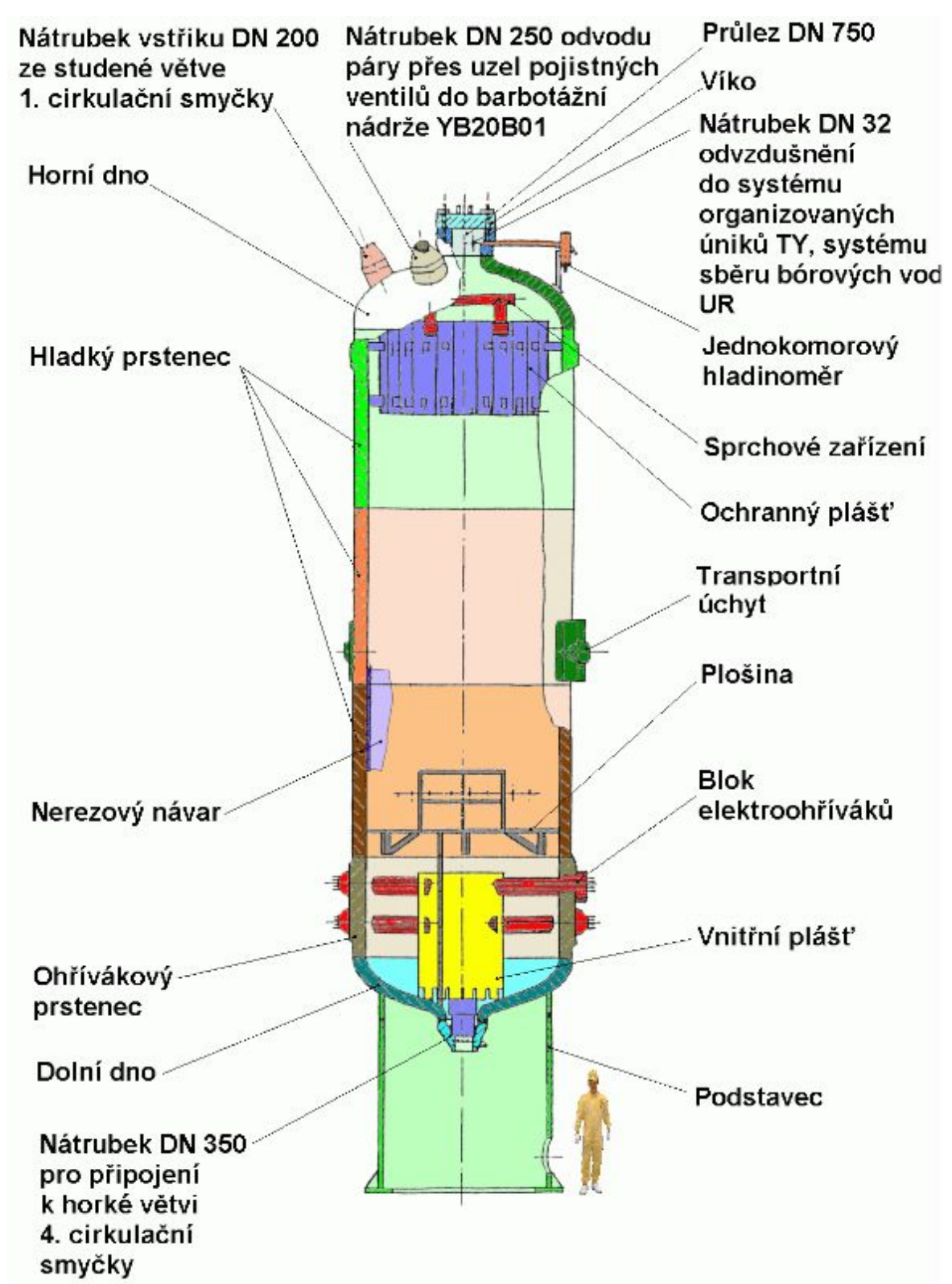
1.3.1 Kompenzátor objemu

KO je vertikální válcová tlaková nádoba tvořená tělesem o vnitřním \varnothing 2 998 mm a výšce cca 13 514 mm umístěná na válcovém podstavci. Kompenzátor je svařen ze tří hladkých (tloušťka stěny 166 mm) a jednoho ohřívákového (tloušťka stěny 260 mm) prstence a dvou eliptických den (tloušťka stěny 175 mm). Prstence jsou vykovány a dna vylisována z nízkolegované oceli. Vnitřní povrch KO je opatřen dvouvrstvým nerezovým návarem o tloušťce 9^{+2} mm. Řez kompenzátozem je vyobrazen na obr. 5.

Pro vstup ke kontrolám, údržbě a případným opravám je horní dno opatřeno průlezem vnitřního průměru 450 mm. Deskové víko průlezu je z vnitřní strany vyvařeno nerezovou vrstvou. K přírubě průlezu je víko připevněno šestnácti svorníky M64x4, maticemi a dvojicemi podložek, které jsou opatřeny kulovou dosedací plochou. Víko je utěsněno dvojicí těsnění, tak jak je vyobrazeno na obr. 4. Primární těsnění je hřebínkové a jako sekundární je použita šňůra z expandovaného grafitu.



Obr. 4. Průlez KO



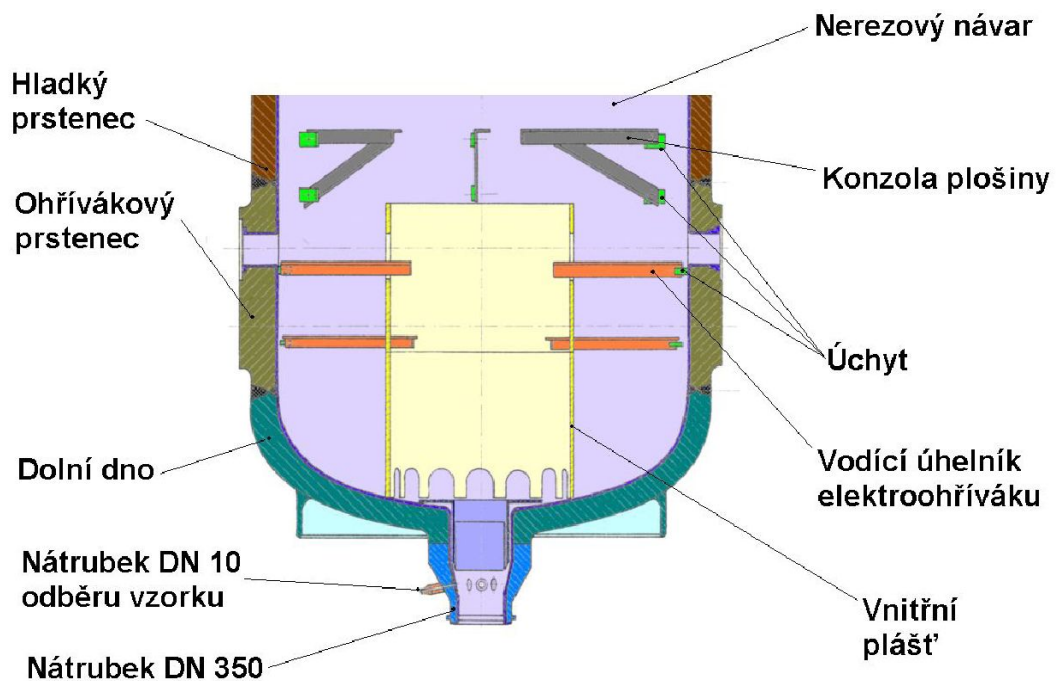
Obr. 5. Kompenzátor objemu

tabulka 2. Základní parametry KO

Výrobce	VÍTKOVICE a.s.
Typ	KO 1000
Nominální tlak	15,6 MPa
Pracovní teplota	346 °C
Celkový objem	79 m ³
Objem páry nominální	24 m ³
Objem vody nominální	55 m ³
Hladina ode dna nominální	816,8 m
Hmotnost suchého KO	cca 214 t
Výška s podstavcem	15 935 mm
Max. průměr (ohřívací prsteneček)	3 518 mm

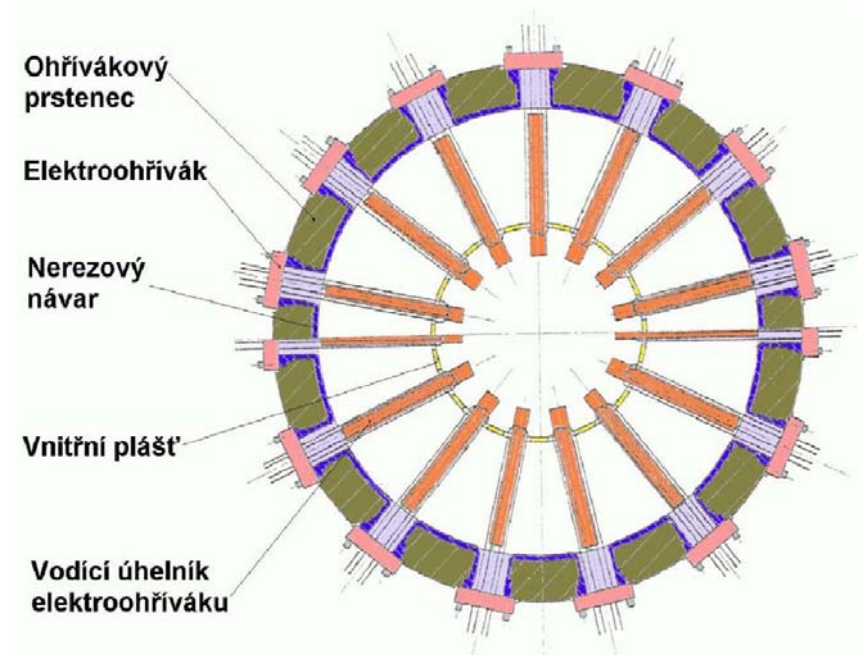
1.3.2 Ohřívací prsteneček

Mezi dolním hladkým prstencem a spodním eliptickým dnem je přivařen ohřívací prsteneček. Ohřívací prsteneček má tloušťku stěny 260 mm a výšku 1 500 mm, v jeho stěně je vyvrtáno 28 otvorů o \varnothing 210 mm pro 28 bloků elektroohříváků. Tento prsteneček je vyobrazen na obr. 6. a 7.



Obr. 6. Dolní část KO

Elektroohříváky jsou umístěny v ohřívákovém prstenci po obvodě rovnoměrně ve dvou řadách nad sebou, tak jak je vyobrazeno na obr. 5., 6. a 7.



Obr. 7. Řez EO prstencem

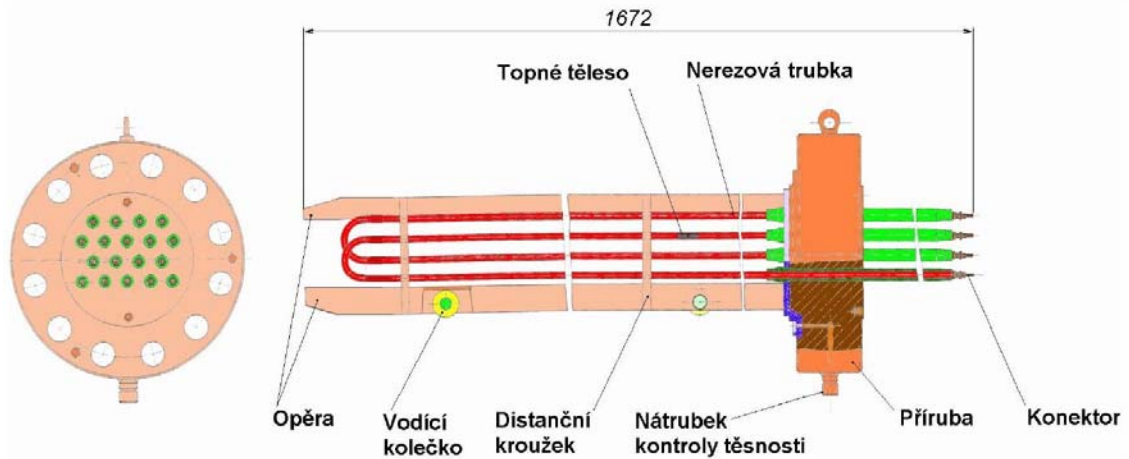
1.3.3 Elektroohříváky

tabulka 3. Základní parametry elektroohříváků

Typ	TEN6-90P380I1
Celkový výkon	2,52 MW
Výkon jednoho EO	90 kW
Výkon jedné spirály	10 kW
Počet spirál v jednom EO	9 ks
Napájecí napětí	380 V
Max. teplota povrchu pláště	350 °C
Výkon skupin EO:	
I.	270 kW
II.	270 kW
III.	720 kW
IV.	1260 kW

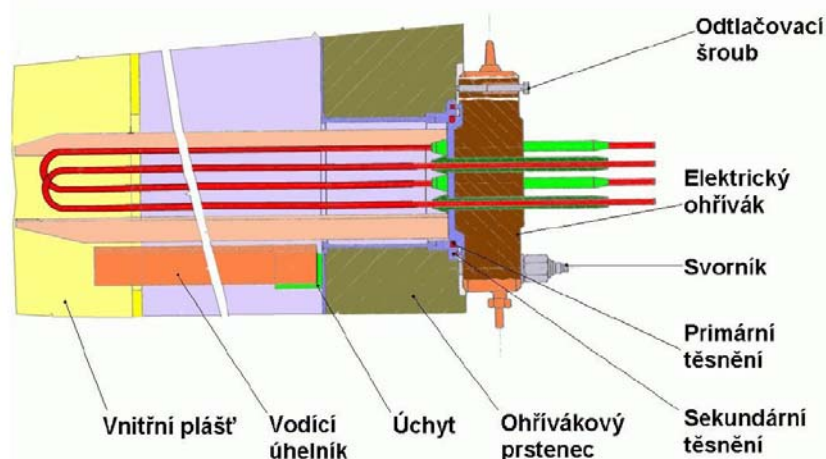
Elektroohřívák je tvořen devíti nerezovými trubkami tvaru U, uchycenými do příruby EO a dvou distančních kroužků, které jsou přivařeny ke dvěma opěrám, dolní a horní, přivaře-

ných na přírubu EO. Dolní podpěra je vybavena dvěma vodícími kolečky, jak je vyobrazeno na obr. 8., které pojíždí při montáži nebo demontáži po opěrném systému uvnitř KO, jak je vyobrazeno na obr. 6., 7. a 9. V nerezových trubkách jsou umístěna topná tělesa.



Obr. 8. Elektroohřívák

Přírubový spoj elektroohříváku KO je doposud utěšňován dvěma těsnicími kroužky obdobně jako u průřezu KO \varnothing 450. Vnitřní těsnicí kroužek je niklový, tvaru mezikruží s vnitřním průměrem 210mm, šířky 13mm a výšky 5mm. Vnější těsnicí kroužek byl dle projektu ucpávkové těsnění PD005/1 (azbestová pletená šňůra), vnitřního průměru 259mm, šířky a výšky 5mm před stlačením. Tento kroužek byl nahrazen ucpávkovou šňůrou z expandovaného grafitu, se všemi důsledky, co to přináší.

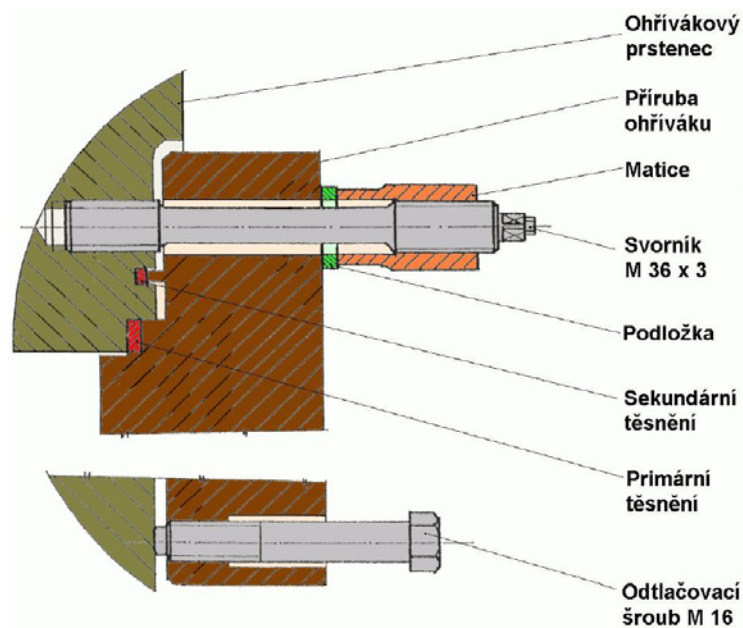


Obr. 9. Upevnění a zatěsnění EO v plášti KO

Příruba EO dotlačuje těsnicí kroužky na těsnicí plochy. Potřebná přitlačná síla je vyvíjena utahováním 12 ks matic svorníků M36x3. Mezi maticí a víkem je podložka s rovnými dosedacími plochami. Svorníky jsou v podélné ose opatřeny měřicími tyčinkami, prostřednic-

tvím kterých zjišťujeme prodloužení svorníků při utahování matic. Detail utěsnění je vyobrazen na obr. 10.

Pro zabezpečení těsnosti je stanoveno provádět utažení matic svorníků rovnoměrně na hodnotu prodloužení svorníků 0,23 mm. Této hodnotě odpovídá celková utahovací síla cca 1586,2 kN.



Obr. 10. Detail originálního zatěsnění

Vnitřní těsnící kroužek pracuje v hlavním silovém toku, tzn., že veškeré změny tlaků a teplot a teplotních dilatací jsou přenášeny přes vlastní těsnění. Vnější těsnící kroužek pracuje v kvazi-vedlejší silovém toku, což značí, že základní předpětí je odvozeno od výšky vnitřního kroužku a vzájemné vazby tolerancí výšky nákrážku víka, hloubky výkružku v tělese, hloubky drážky v tělese a výšky pera víka.



Obr. 11. EO připravené k provozu

1.4 Analýza stávajícího stavu

1.4.1 Primární těsnění – niklový kroužek

Pro utěšňování spojů primárního okruhu jaderných elektráren „ruské koncepce“, se používá téměř vždy niklového těsnění, ať již je těsnicí komponent ve tvaru kruhu (drát o průměru 5 nebo 6 mm) nebo ve tvaru plochého mezikruží. Od začátku svého „jaderného nasazení“ (40. - 50. léta minulého století) v tehdejší SSSR, byl tento způsob používán jako generální koncepce utěšňování, která se konzervativně používá dodnes. Nikl, jako kovový materiál, má své přednosti, především pevnost a odolnost proti teplotě, které se nemění působením radiace, ale také řadu negativ z pohledu současné těsnicí techniky.

Především jako kovový materiál vyžaduje vysoké utěšňovací tlaky, a tím i síly, a také zpětné odpružení těsnění je prakticky zanedbatelné. Při deformacích během procesu utěšňování pro přizpůsobení geometrii a drsnosti těsnicích ploch, původně měkký kov tvrdne a síly nutné k primární deformaci se značně zvyšují.

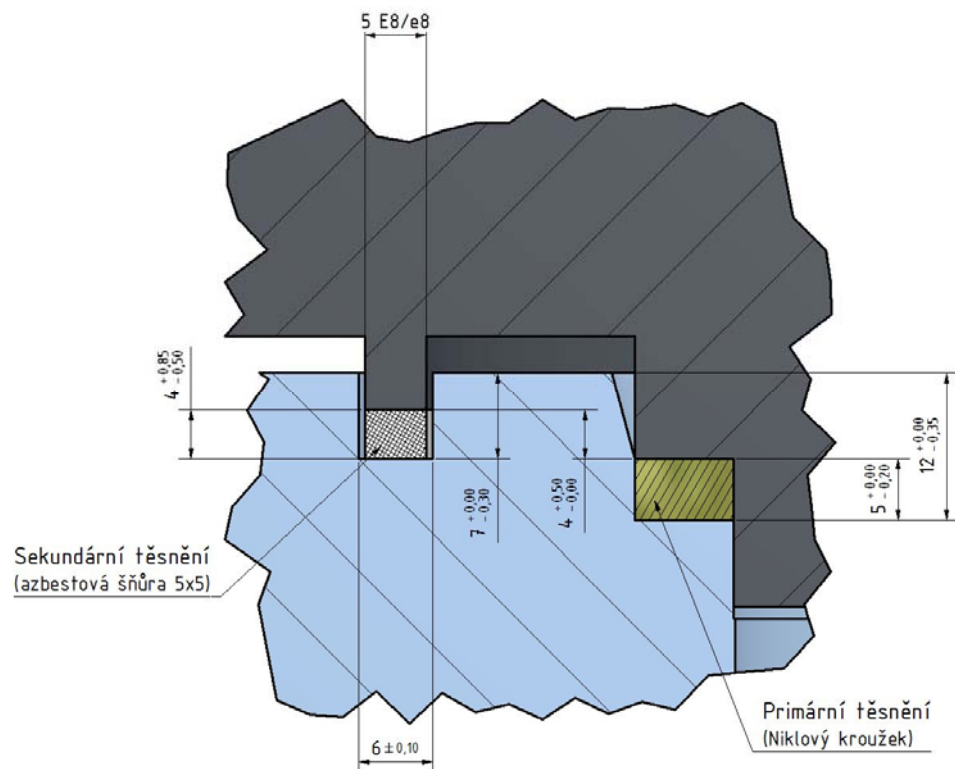
1.4.2 Sekundární těsnění – kroužek z azbestové šňůry

Obdobně jako primární těsnění má obdobný původ. Je taktéž používán konzervativně od doby svého vzniku jako sekundární těsnění pro doplnění primárního těsnění z niklu, nerezů či primárního těsnicího uzlu bez těsnění typ „kov-kov“.

Jelikož je tento kroužek vyroben z azbestové šňůry, má veškeré dobré i špatné vlastnosti azbestu, jako odolnost proti teplotě, stárnutí a tím tvrdnutí, teplotní a časová ztráta na objemu, mezikrystalická a důlková koroze apod., časově klesající zpětné odpružení a další.

Používá se kroužek, zhotovený z azbestové šňůry 5x5 mm o rozměrech $\varnothing 270/\varnothing 260 \times 5$ mm.

Tento těsnicí prvek se instaluje do drážky rozměru $\varnothing 271/\varnothing 259 \times 7$ mm a má se stlačit na výšku cca 4 mm. A zde nastává prvotní problém těsnosti celého spoje, a to je potencionální vnější netěsnost primárního okruhu i přesto, že tento element primárně utěšňuje mezi-prostor indikace netěsnosti primárního těsnění. Problémem nejsou ani tak vlastnosti azbestu jako takového, ale rozměry a především tolerance těchto rozměrů, jak dokazuje následující obr. 12. Jelikož, jak již bylo řečeno výše, pracuje tento kroužek v kvazi-vedlejší silovém toku a těsnost je tedy podmíněna předpětím daným geometrií spoje.



Obr. 12. Detail originální DR s uvedením výrobních tolerancí

1.4.3 Rozbor geometrie spoje

Při zohlednění všech výkresových tolerancí viz obr. 12., se bude zcela nepochybně výška azbestového kroužku pohybovat v intervalu **4,85 – 3,5 mm**. Pro základní stanovení těsnosti bez přesných měření v laboratoři, lze kvalifikovaně odhadnout těsnost spoje na základě doražené hustoty těsnícího elementu. Obecně uznávaný interval hustoty, která zaručuje těsnost $L = 0,01 \text{ mg/m.s}$, se pohybuje v rozmezí $1,8 - 2,2 \text{ g/cm}^3$.

1.4.3.1 Horní výška kroužku

V případě horní výšky stlačeného kroužku 4,85 mm dochází teoreticky ke zmáčknutí o hodnotu 0,15 mm neboli ke zhuštění v poměru 1 : 1,03. Vzhledem k šířce drážky 6 mm, do které se šňůra instaluje, vzniká po bocích šňůry vůle 0,5 mm, kde šňůra není podepřena a prakticky se volně deformuje. Předpětí šňůry pro utěsnění je dáno pouze třením vláken úpletu, takže je to hodnota pro utěsnění i nepatrného tlaku zcela nedostatečná a časovým exponenciálním poklesem během několika hodin i toto minimální předpětí zcela zmizí. Tento stav reprezentuje stav č.1 na obr.13.

1.4.3.2 Dolní výška kroužku bez uvažování příčné deformace

V případě dolní výšky stlačeného kroužku 3,5 mm dochází teoreticky ke zmáčknutí o hodnotu 1,5 mm nebo-li ke zhuštění v poměru 1 : 1,43. Tento stav však nikdy nenastane, jak je uvedeno dále v odstavci 1.4.3.3, je to zde uvedeno proto, že se tato argumentace objevila v Technické zprávě jednoho „technika“ (samozřejmě s výsledkem - vyhovující). Tento stav reprezentuje stav č. 2 na obr.13.

1.4.3.3 Dolní výška kroužku

Vzhledem k šířce drážky 6 mm, do které se šňůra instaluje, vzniká po bocích šňůry vůle 0,5 mm, kde šňůra není podepřena a prakticky se volně přetvoří do rozměru 3,5 x 6 mm a tak zhutnění poklesne na hodnotu 1 : 1,19. Zároveň dochází vlivem malé flexibility azbestového úpletu k částečnému poškození úpletové struktury. Tento stav reprezentuje stav č. 3 na obr.13.

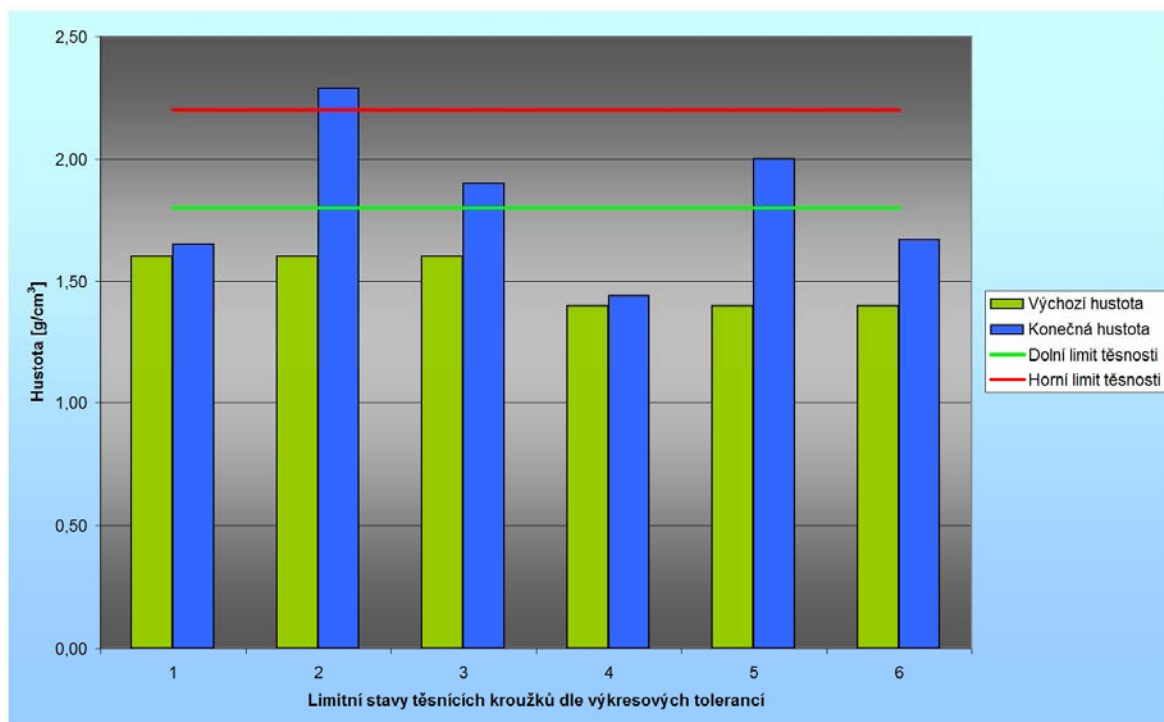
Dále je nutné zvážit vliv spáry 0,5 mm, kdy vlivem extruze těsnícího materiálu do spáry dojde k dalšímu poklesu předpětí.

1.4.3.4 Nahrazení azbestu expandovaným grafitem

Z důvodu zákazu používání azbestu, také pro lepší těsnící charakteristiky expandovaného grafitu, bylo sekundární těsnění z azbestového materiálu nahrazeno šňůrou z uhlíkových vláken o rozměru opět 5 x 5 mm. Uhlíkové vlákno má oproti azbestu řadu vynikajících vlastností jako vysoká pevnost v tahu, netvrdne, neztrácí na objemu, má stálé zpětné odpružení a další. Bohužel, ale zachování rozměru 5 x 5 mm zachovává stejné parametry předpětí, i když již nedochází k zborcení úpletové struktury, takže byť minimální těsnosti opět není dosaženo.

Také těsnící síly zůstávají prakticky stejné jak u azbestu, takže není třeba znovu opakovat stejnou úvahu, jako v předchozích odstavcích.

Porovnání hustot na obr. 13 reprezentuje stav č. 4, 5 a 6.



Číslo stavu	Název těsnění	HUSTOTA [g/cm ³]	Výška kroužku po stlačení
1	Azbestový kroužek	1,65	4,85 mm
2	Azbestový kroužek bez příčné deformace	2,29	3,50 mm
3	Azbestový kroužek s příčnou deformací	1,90	3,50 mm
4	Grafitový kroužek	1,44	4,85 mm
5	Grafitový kroužek bez příčné deformace	2,00	3,50 mm
6	Grafitový kroužek s příčnou deformací	1,67	3,50 mm

Obr. 13. Porovnání hustot sekundárních těsnění s požadovanými limity

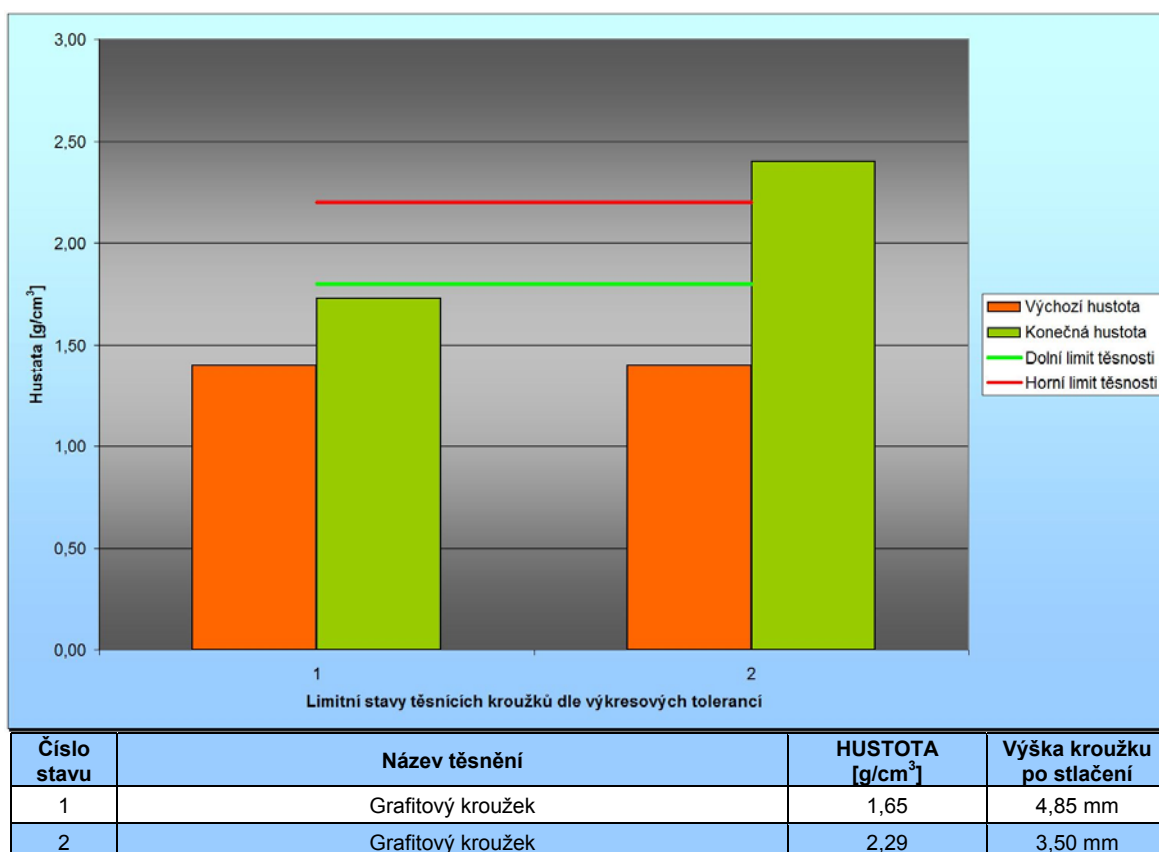
1.4.3.5 Náhrada rozměru grafitové šňůry

V případě náhrady rozměru 5 x 5 mm rozměrem 6 x 6 mm dochází již k posunu těsnící charakteristiky.

V případě horní výšky stlačeného kroužku 4,85 mm dochází teoreticky ke zmáčknutí o hodnotu 0,15 mm neboli ke zhuštění v poměru 1 : 1,24, což představuje hustotu 1,73 g/cm³. Jak je vyobrazeno na obr. 14 stav č. 1, tak ani v tomto případě nedosáhneme optimální těsnosti a dlouhodobě nepochybně určitě ne, jak bude osvětleno dále.

V případě dolního intervalu výšky kroužku po přetvoření je tento poměr 1 : 1,67, což již představuje hustotu 2,29 g/cm³, což reprezentuje stav č. 2 na obr. 14. V tomto případě by se na první pohled mohlo zdát, že vše je v pořádku a hustota pro zaručení těsnosti byla nejen dosažena, ale je dokonce vyšší než stanovený interval. Ale jak už jsem zmínil je to pouhé zdání a realita je dramaticky odlišná.

Zde je třeba si uvědomit následující skutečnosti. V první řadě interval těsnosti pro grafitové těsnění nebyl zvolen náhodou a i jeho horní hranice má svůj význam. V přírubovém spoji prakticky nelze dosáhnout hustotu vyšší než $2,2 \text{ g/cm}^3$, protože pak již jsou kontaktní tlaky mezi těsněním a přírubou za hranicí pružnosti obvykle používaných materiálů. V praxi to znamená jediné, příruba se na požadovaný rozměr nestlačí a zcela jistě nedojde k dosednutí na primární těsnění a tím dojde k netěsnosti na primárním těsnění, což je závažné selhání funkce spoje.



Obr. 14. Vizualizace hustot grafitové šňůry 6x6 mm

1.4.4 Vliv extruze do spáry na těsnost spoje

Tento předpoklad však platí pouze v prvních vteřinách po utažení, protože jak je patrné z obr. 12, mezi drážkou v tělese a perem na přírubě je vůle 0,5 mm na obě strany. Expanovaný grafit pod napětím vykazuje značné viskoelastické chování. Tato vlastnost se však nikterak nemění ani za vysokých teplot (do 500°C) a to je jeho největší přednos, protože vyplní necelistvosti těsnících ploch a zachová si pružnost i při dlouhodobém působení teploty.

Zároveň je však i jeho největší slabina, protože pokud tuto vlastnost při konstrukci pomineme zcela jistě po určité době grafit ze spoje jednoduše vyextruduje. Tato okolnost má za následek podstatné snížení předpětí ve spoji a tím zcela nepochybně dojde k netěsnosti. Ostatně tuto skutečnost dokazují obr. 15 a 16.



Obr. 15. Neřízená extruze do spáry

Při takovéto konstrukci spoje není prakticky možné přesně matematicky určit, jakou silou je třeba spoj předepnout tak, aby byla zaručena těsnost, respektive jaké je rozdělení sil mezi primárním a sekundárním těsněním, protože síla, respektive tlak na těsnění se redistribuuje ze sekundárního těsnění na primární, a to až do doby, kdy na sekundárním těsnění není prakticky žádný tlak, protože neexistuje překážka, která by extruzi do spáry zastavila. Extruzi do spáry však provází velmi negativní děj, který může mít následky nejen na ztrátě těsnosti sekundárního těsnění, ale může způsobit i fatální ztrátu těsnosti primárního těsnění.

Tím, co zcela jistě doprovází extruzi do spáry, je pokles prodloužení svorníků a tím i ztráta celkové těsnicí síly. Zde právě záleží na původní distribuci síly mezi primárním a sekundárním těsněním, respektive o kolik poklesne prodloužení svorníků vlivem viskoelastického chování expandovaného grafitu pod napětím. V krajním případě k zatížení primárního těsnění nemusí dojít vůbec.

Na obr. 16 je znázorněn stend při tlakové zkoušce po čtyřiaadvaceti hodinové relaxaci. Velké bubliny indikují absolutní ztrátu těsnosti.



Obr. 16. Důsledek neřízené extruze

1.5 Antiextruzní kroužek MiHD

Problém extruze do spáry není nový, jen je ho třeba mít při návrhu řešení na paměti. Lze vyrobit kroužek který odolává extruzi mnohem lépe, lze dokonce prohlásit, že takový kroužek bude mít extruzi řízenou. Při konstrukci takového kroužku je třeba vhodně volit grafitové a antiextruzní vrstvy tak, aby co nejlépe vyhovovaly zvoleným parametrům. Takováto volba se provádí na základě deformačně těsnostních charakteristik. Tato metoda bude popsána v následující kapitole.



Obr. 17. Řízená extruze

Kroužek, který je takto navržen, je vyobrazen na obr. 17. Je zde patrný rozdíl mezi obr. 15 a 17 přesto, že oba byly zatěžovány stejně.

Tento kroužek však úspěšně řeší pouze problém s extruzí do spáry, ne problém tolerancí. Pro úspěšné zatěsnění tohoto spoje by bylo nutno použít minimálně tři varianty výšky kroužků, protože jednotlivý kroužek je schopen kompenzovat nepřesnosti spáry maximálně 0,5 mm.

Takové řešení se však jeví jako krajně nevhodné, protože přináší příliš velké riziko lidské chyby. Při záměně těsnícího kroužku, by při použití vyššího kroužku do nižší spáry, došlo k netěsnosti primárního těsnění. Takové řešení je tedy nepřijatelné.

2 METODA STANOVENÍ PARAMETRŮ TĚSNĚNÍ

Přírubové spoje sestavené ze tří různých konstrukčních prvků: přírub, šroubů a těsnění se nyní musí uvažovat jako jediný celek vzájemně se ovlivňujících součástí – nelze je uvažovat jako samostatné tři části spoje. I když byl těsnostně-pevnostní výpočet přírubového spoje známý již několik desetiletí, teprve rozvoj počítačové techniky umožnil postupně spojit obě hlediska; dnes je tento výpočtový postup se zahrnutím všech provozních stavů, do kterých se spoj může během své činnosti dostat, popsán v normě ČSN EN 1591. V jednotlivých částech normy je popsáno, co je třeba pro výpočet znát a pro jaké podmínky platí. Povinný je zatím v jaderné energetice a pro zařízení produkující nebezpečné emise, v zahraničí se užívá i pro běžnější aplikace, protože ve spojení s řízenou montáží umožňuje bezpečnější a ekonomičtější provoz tlakových zařízení.

Výpočet těsnostně-pevnostního dimenzování je zahrnut ve 4 dílech normy ČSN EN 1591: díl 1 – výpočet pro těsnění v hlavním silovém styku, díl 3 – výpočet pro těsnění ve vedlejším silovém styku, díl 2 – výpočtové veličiny stanovené podle ČSN EN 13555 a díl 4 – odborná školení pracovníků montáže a údržby.

2.1 Základní parametry těsnění dle normy ČSN EN 13555

Tato norma stanovuje konstrukční parametry těsnění a těsnících materiálů a uvádí postupy zkoušení pro určení hodnot těchto parametrů.

tabulka 4. Definice parametrů těsnění

Parametr	Definice
Q_{smax}	nejvyšší utahovací tlak, který může působit na těsnění bez jeho poškození
$Q_{min(L)}$	nejmenší utahovací tlak při montáži
$Q_{smin(L)}$	nejmenší utahovací tlak za provozu
P_{QR}	součinitel zahrnující efekt relaxace těsnění před a po dlouhodobém zatížení provozní teplotou
E_G	náhradní modul pružnosti

Dalším důležitým parametrem, který charakterizuje jednotlivá těsnění, je jeho třída netěsnosti. Specifické množství netěsnosti, musí být vztaženo k aritmetickému průměru vnitřního a vnějšího obvodu těsnění, jehož povrch je namáhán tlakem, způsobeným čelem příru-

by. Pro potřeby použití těsnění na I.O jaderné elektrárny, je vždy třeba aby těsnění splnilo třídu netěsnosti $L_{0,01}$, nebo lepší.

tabulka 5. Třídy netěsnosti

Klasifikace netěsnosti	$L_{1,0}$	$L_{0,1}$	$L_{0,01}$
Specifické množství netěsnosti v mg/m.s	$\leq 1,0$	$\leq 0,1$	$\leq 0,01$

Měření netěsností je třeba provádět na speciálním zařízení, které je schopno zaznamenat i velmi malé úniky. Běžně se pro stanovení těchto hodnot používá metody diferenčního měření tlaku, přičemž zkoušené médium je obvykle dusík. Touto metodou lze spolehlivě odhalit úniky do 0,001 mg/s.m. Pokud je třeba zjistit i menší netěsnost, pak je třeba pro detekci použít hmotností spektrometrii, médium v tomto případě bývá helium.

2.2 Postupy zkoušení a generování hodnot

Dvě nejdůležitější vlastnosti těsnění jsou schopnost vytvoření těsnosti a schopnost tuto těsnost udržet. Údaje které popisují zmíněné vlastnosti těsnění, se vytvářejí dvěma typy zkoušení. V prvním případě jsou to zkoušky, které stanovují Q_{smax} , P_{QR} a E_G a ve druhém případě zkoušky, které stanovují hodnoty $Q_{min(L)}$ a $Q_{smin(L)}$.

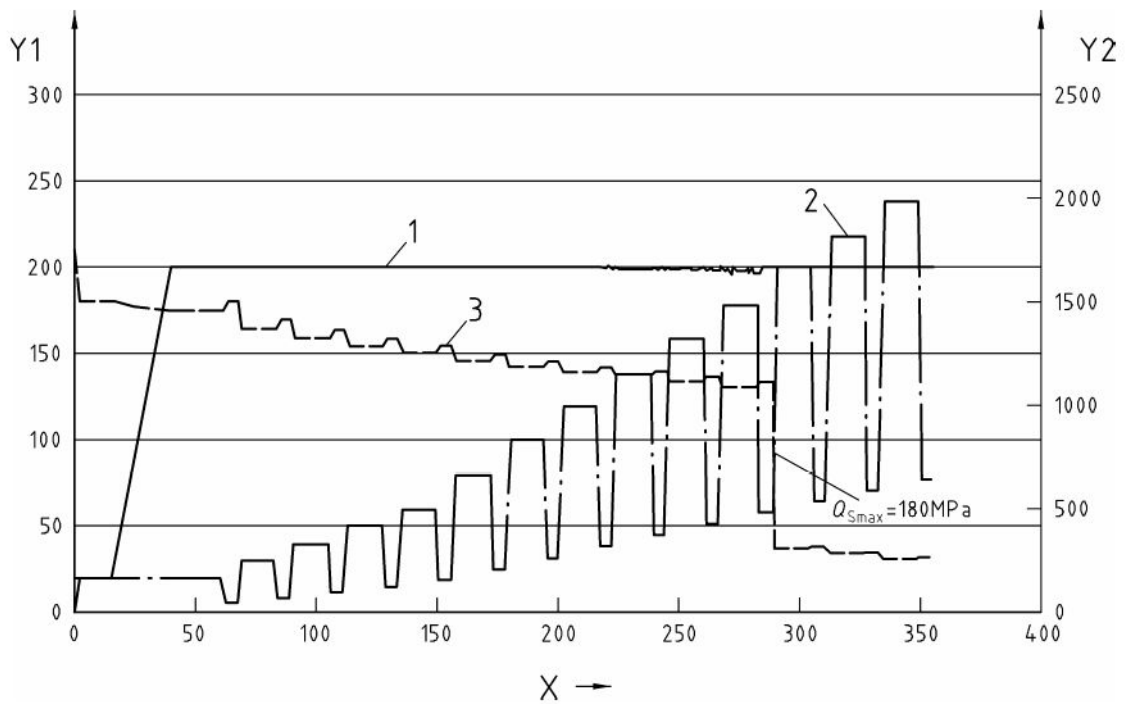
Aby byly výsledky platné, je vždy třeba provést každý test minimálně na dvou vzorcích.

2.2.1 Generování Q_{smax}

Zkušební postup se sestává z postupného zvyšování teploty na požadovanou hodnotu, při výchozím utahovacím tlaku. Po dosažení požadované teploty se započne s cyklováním (zatěžování/odlehčování) a při postupném zvyšování utahovacích tlaků. Pokračuje se až do selhání těsnění, nebo dosažení limitů stroje. U každého cyklu se zaznamená tloušťka na jednotku tlaku.

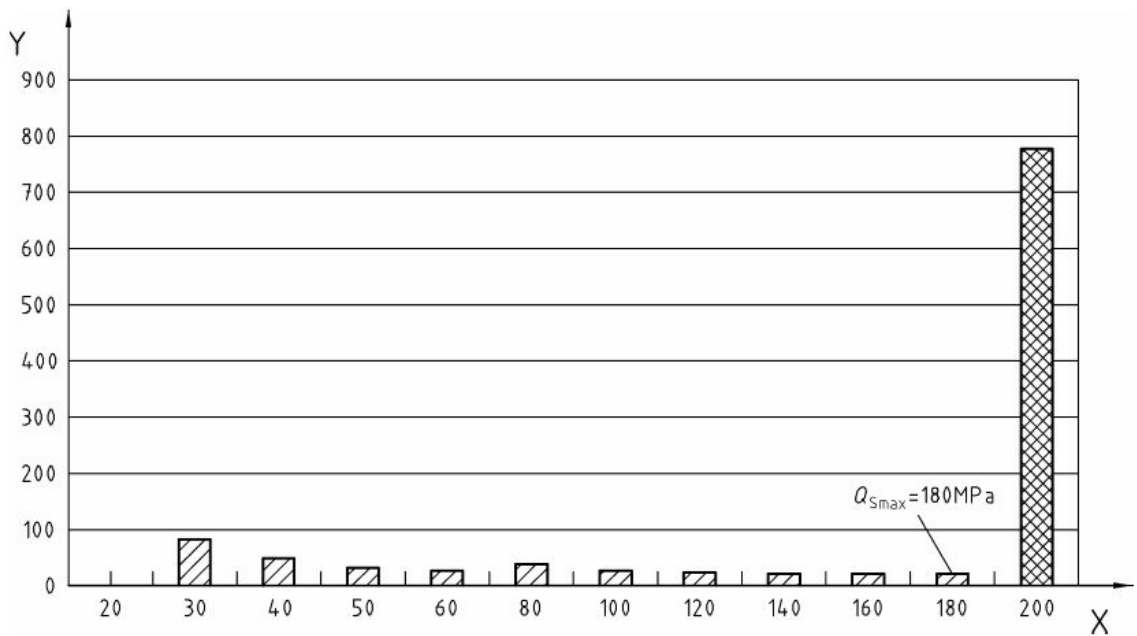
Jako hodnota Q_{smax} je brán plošný tlak naměřený těsně před selháním těsnění, jak je patrné z obr. 29.

Tato metoda by se měla provádět postupem zkoušení dle obr. 18. Doporučuje se, aby byly použity minimálně tři teploty. Vždy musí být použita okolní teplota ($23 \pm 5^\circ\text{C}$) a jedna blízká se obvykle max. provozní.



Obr. 18. Zkušební postup

- | | | | |
|---|-----------------------|----|-----------------------|
| 1 | Teplota [°C] | X | Čas [min] |
| 2 | Utahovací tlak [MPa] | Y1 | Teplota [°C] |
| 3 | Tloušťka těsnění [μm] | Y2 | Tloušťka těsnění [μm] |

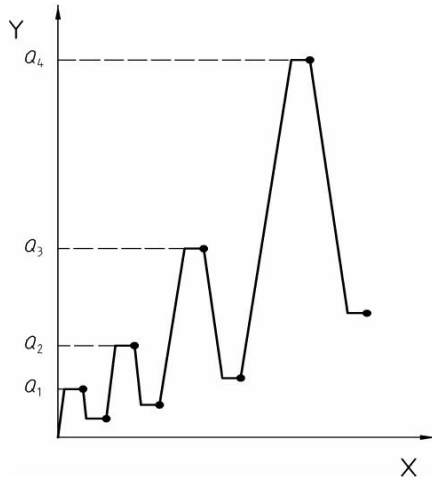


Obr. 19. Stanovení Q_{smax}

- | | |
|---|---|
| X | Utahovací tlak [MPa] |
| Y | Tloušťka těsnění na jednotku tlaku [μm/MPa] |

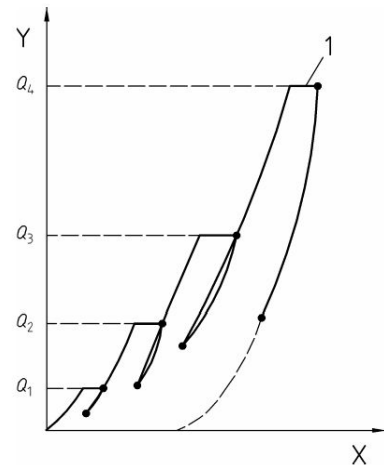
2.2.2 Generování E_G

K vytvoření hodnot E_G lze použít odlehčovací cykly při zkoušce Q_{smax} jak je patrné z obr. 21. Hodnota E_G se mění v závislosti na utahovacím tlaku a vlastnostech použitého těsnění.



Obr. 20. Schéma zatěžování

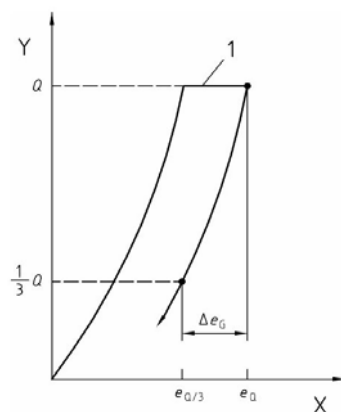
X Čas
Y Tlak na těsnění Q



Obr. 21. Křivka stlačování

1 Tečení
X Změna tloušťky těsnění
Y Tlak na těsnění

Ve výpočtu deformace se používá na začátku i na konci zatěžování stejná tloušťka těsnění pro každé napětí Q.



Obr. 22. Stanovení E_G v případě tečení

1 Tečení
X Změna tloušťky těsnění
Y Tlak na těsnění

$$E_G = \frac{2}{3} Q \cdot \frac{e_Q}{\Delta e_G} \quad (2.1)$$

Hodnota E_G je základní materiálová konstanta těsnění, kterou je třeba vždy zohlednit v pevnostním a těsnostním výpočtu. Dříve MKP software neuměl počítat s náhradním mo-

dulem závislým na tlaku na těsnění, proto se pro každé těsnění vypočítala průměrná hodnota modulu a ta se do takového softwaru dosadila. V současné době je již možno pro výpočet jako vstupní hodnotu použít modul jako funkční hodnotu.

2.2.3 Generování P_{QR}

Zkušební postup se sestává z postupného zvyšování zatížení těsnění až na hodnotu požadovaného utahovacího tlaku. Po jeho dosažení se ještě 5 minut udržuje na konstantní hodnotě. Po uplynutí této doby se postupně začne zvyšovat teplota až je dosažena požadovaná hodnota. Poté se tato teplota udržuje po dobu 4 hodin. Současně se sleduje pokles tlaku na těsnění. Tento pokles se sleduje pomocí dvou parametrů, poklesem tlaku v lisu a zároveň je měřena osová síla pomocí tenzometru. Další sledovanou veličinou je creep, který je měřen pomocí tří lineárních čidel polohy.

Po uplynutí zkušební doby se zaznamená hodnota zbytkového zatížení a P_{QR} se vypočte jako poměr zbytkového a původního zatížení. Tento parametr je velice užitečný pro určení celkové životnosti těsnění.

2.2.4 Generování $Q_{min(L)}$ a $Q_{smin(L)}$

tabulka 6. Zatěžovací a odlehčovací tlaky na těsnění

Účinný utahovací tlak [MPa]	Odlehčování účinného utahovacího tlaku [MPa]
10	neodlehčen
20	10
40	20, 10
60	20, 10
80	40, 20, 10
100	40, 20, 10
120	neodlehčen
140	neodlehčen
160	40, 20, 10

Zkušební postup se sestává z cyklického zatěžování a odlehčování zkoušeného těsnění tak, jak uvádí tabulka 6. Při tomto cyklování je měřena netěsnost. Vnitřní přetlak média je

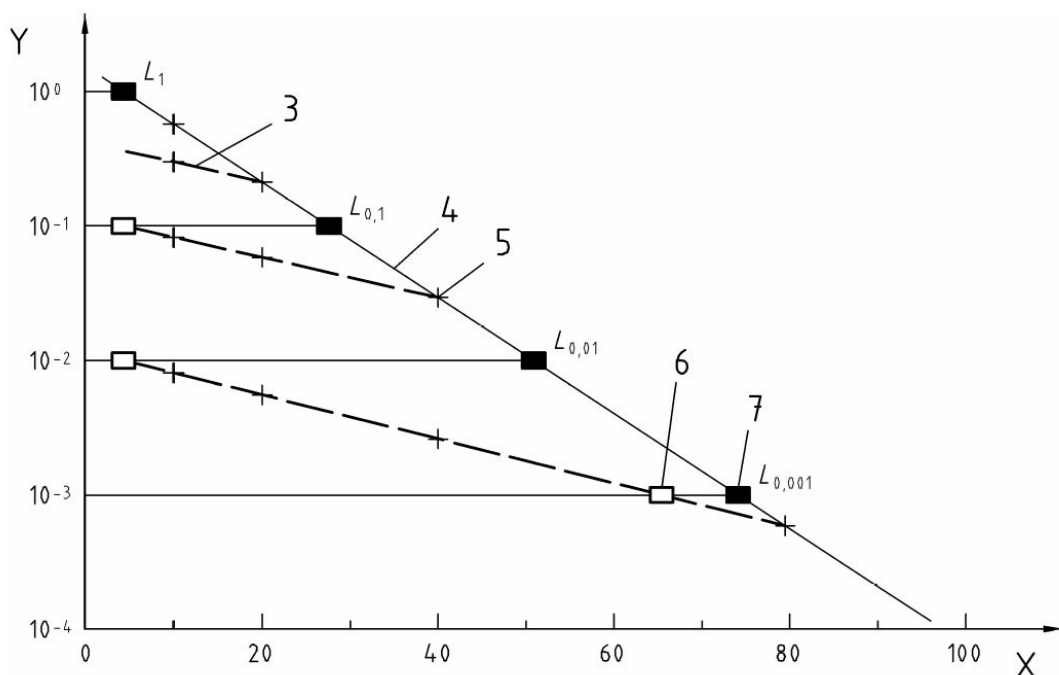
standardně 4 MPa. Pokud je třeba, lze tuto zkoušku provádět i při vyšším vnitřním přetlaku.

Pro každý zatěžovací krok je pravděpodobný čas na ustálení množství netěsnosti okolo 2 a cca 5 hodin pro odlehčovací krok.

Hodnoty $Q_{\min(L)}$ a $Q_{s\min(L)}$ lze odečíst z těsnostní křivky, která je znázorněna na obr. 23. Postupuje se následovně:

Pro získání hodnoty $Q_{\min(L)}$ sledujeme zatěžovací křivku (č.4) a tam kde protne námi požadovanou třídu netěsnosti, odečteme hodnotu tlaku na těsnění. Tato hodnota nám bude sloužit jako výchozí údaj do výpočtu, ve kterém musíme určit hodnotu minimálního tlaku, který je třeba dosáhnout při montáži.

Pro získání hodnoty $Q_{s\min(L)}$ sledujeme odlehčovací křivku (č.3) a tam kde protne námi požadovanou třídu netěsnosti, odečteme hodnotu tlaku na těsnění. Tato hodnota nám bude sloužit jako výchozí údaj do výpočtu, ve kterém musíme zkontrolovat hodnotu minimálního tlaku, který bude na těsnění působit za provozu.



- 3 Odlehčení
- 4 Zatížení
- 5 Místo měření
- 6 $Q_{s\min(L)}$

- 7 $Q_{\min(L)}$
- X Tlak na těsnění [MPa]
- Y Stupeň netěsnosti [mg/m.s]

Obr. 23. Těsnostní křivka

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 MODIFIKACE PŘÍRUBOVÉHO SPOJE ELEKTROOHŘÍVÁKU

3.1 Základní požadavky na těsnění dle zadání

Deformační charakteristiky navrhovaného těsnění musí zaručit dosažení požadovaných těsnících vlastností při použití síly na svornících nepřekračující hodnoty stávajícího řešení těsnícího spoje tj. síla působící při montáži na jeden svorník bude 120 kN.

Těsnící vlastnosti zaručují spolehlivé zatěsnění v celém rozsahu provozního zatěžování v třídě netěsnosti 0,01 mg/m.s dle EN 13 555, po celou dobu životnosti spoje.

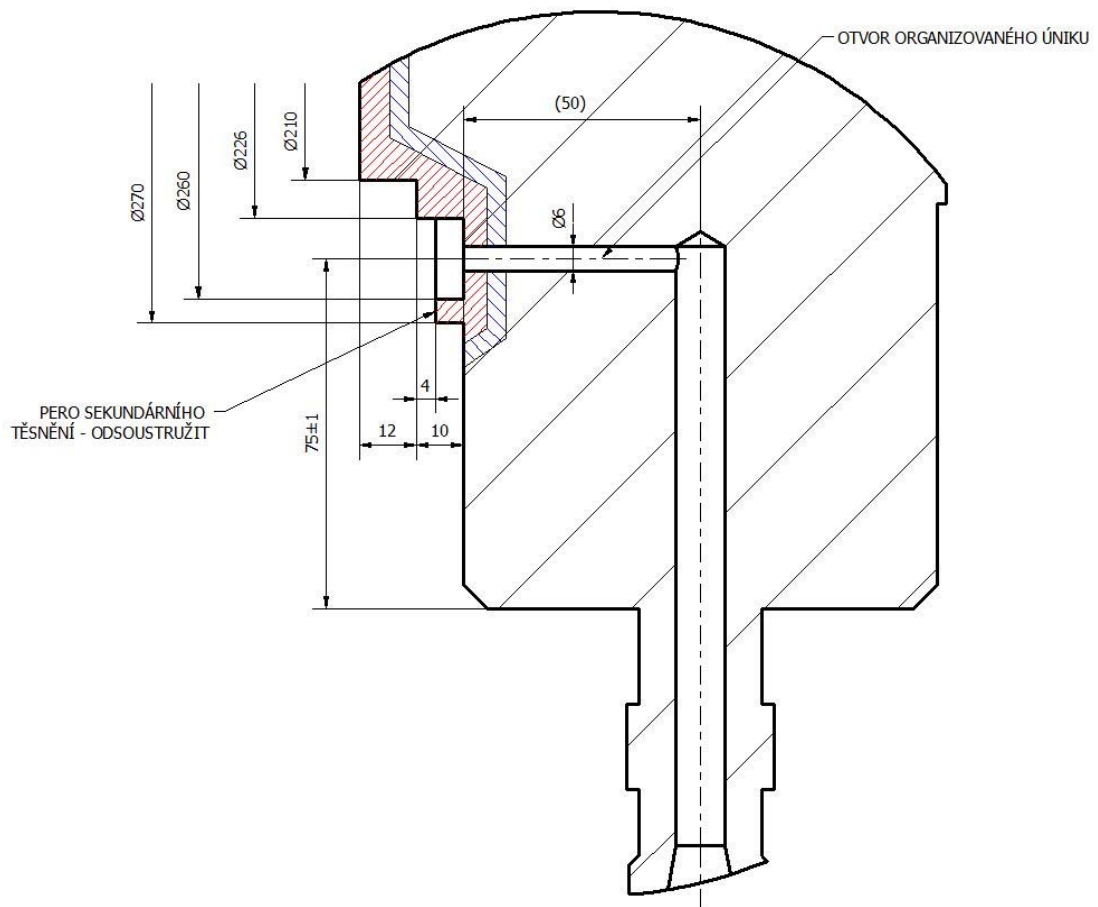
Těsnění zaručuje vysokou stálost těsnících vlastností za provozních podmínek (teplotní zatížení a cykly). Podle všech provedených zkoušek a testů splňuje požadavky na nízkou relaxaci za studena i za tepla. Pokles prodloužení svorníků vlivem ztráty napětí z důvodu relaxace těsnění nepřekročí hodnotu 25%.

Neprovádět žádné konstrukční změny na tělese KO.

3.2 Popis konstrukční změny

Jak bylo popsáno v kapitole 1.4 a 1.5, hlavní problém přírubového spoje EO KO spočívá v příliš velkých výrobních tolerancích, které navíc nejsou ani v některých případech dodrženy. Proto jsem se rozhodl, že nejvhodnějším způsobem jak řešit tento úkol, bude odstranění problému tolerancí. Nejjednodušší způsob jak toho dosáhnout, je použít těsnění v jedné rovině.

Stávající systém utěsnění bude zaměněn za dvojité hřebenové těsnění s expandovaným grafitem. Funkci hlavního těsnění bude zastávat vnitřní hřeben se šesti zuby na mezikruží $\varnothing 248 / \varnothing 230$ mm. Jako sekundární těsnění bude fungovat vnější hřeben se čtyřmi zuby. Vnější hřeben je umístěn na mezikruží $\varnothing 282,5 / \varnothing 271$ mm. Tento navrhovaný způsob nemění konfiguraci stávajícího řešení. To znamená, že bude možno monitorovat případný nárůst tlaku v meziprostoru stejným způsobem. Nosná ocelová kostra je po obvodu provrtána na třech místech, aby bylo možno detekovat případné úniky media na obou stranách těsnění. Tyto otvory jsou provedeny mezi vnitřním a vnějším hřebenem.



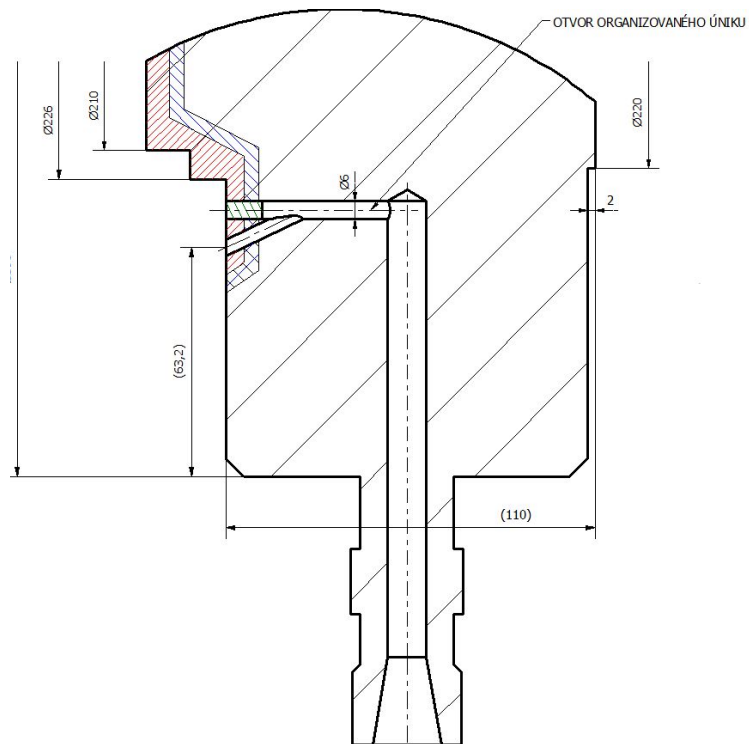
Obr. 24. Původní řešení příruby

3.2.1 Úprava příruby EO

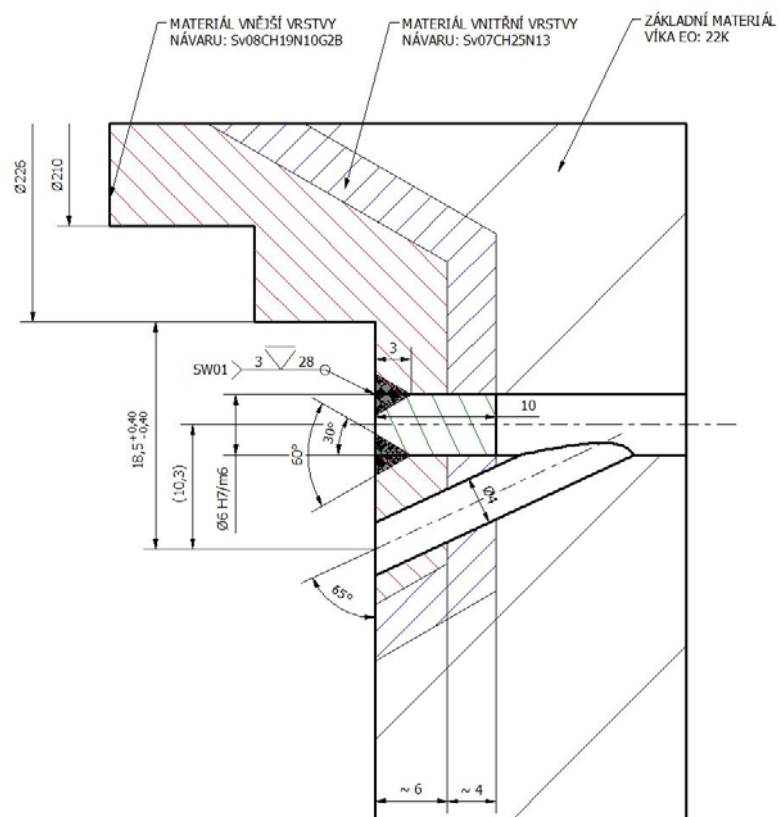
Podmínkou pro nasazení dvojitého hřebenového těsnění je konstrukční úprava víka elektroohříváku. Původní konstrukce víka je vyobrazena na obr. 24. Úprava spočívá v zaslepení původního otvoru organizovaného úniku a vyvrtání nového šikmého otvoru. Při této úpravě dojde k odstranění pera, které dotlačuje stávající sekundární těsnění. Specifikace a postup úpravy je patrný z obr. 25 respektive 26.

Veškeré úpravy budou provedeny na přírubě EO KO. Na tělese KO nebudou provedeny žádné úpravy.

Tento úkol na první pohled vypadá zdánlivě jednoduše, ale je třeba si uvědomit že toto zařízení je zařazeno do BT1 dle Vyhl. SÚJB 132/2008 Sb. a Vyhl. SÚJB 309/2005 Sb. Z tohoto požadavku vyplývá, že všechny činnosti prováděné na tomto zařízení dozoruje AO a vystavuje Inspekční zprávu a Certifikát. Proto je třeba před započítím prací vyrobit Kontrolní svarový spoj, který se podrobí zkouškám v laboratoři pod dohledem AO.



Obr. 25. Nové řešení příruby



Obr. 26. Detail svaru

4 VÝPOČTY PEVNOSTI, TĚSNOSTI

4.1 Vypočet přírubového spoje s těsněním MITes HT[®] DUO dle ČSN EN 1591-1

Jednotlivé veličiny jsou počítány a značeny v souladu s normou ČSN EN 1591-1.

4.1.1 Vstupní parametry přírubového spoje

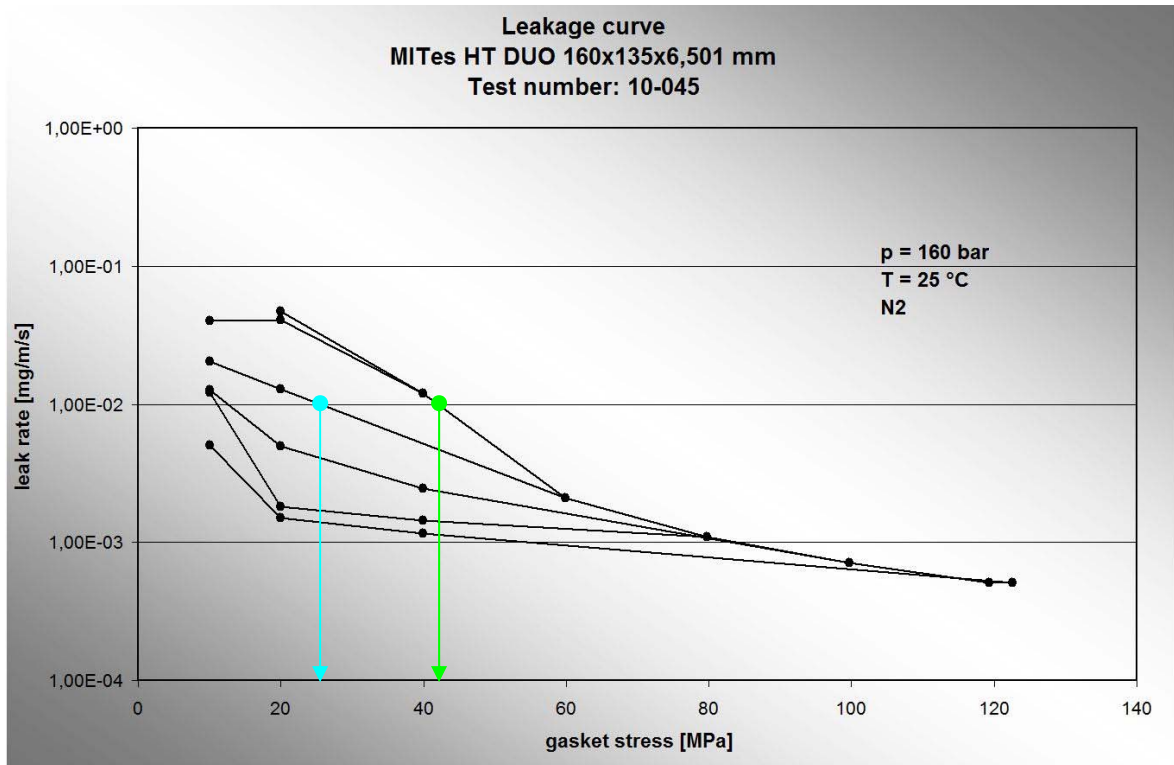
Medium:	voda, H ₃ BO ₃ , pára
Tlaková zkouška:	19,6 MPa
Teplota při tlakové zkoušce	100° C
Tlaková zk. těsnosti:	17,65 MPa
Nominální teplota:	350° C
Třída netěsnosti:	$L \leq 0,01$ mg/m.s (dle normy ČSN EN 13 555)

4.1.1.1 Těsnění

Rozměry těsnění:	$\varnothing 283/271$ a $\varnothing 248/230$ x 6,5 mm (před zmáčknutím)
Střední průměr pro výpočet - d_{Ge} :	239 mm
Výchozí tloušťka grafitové folie:	0,75 mm
Materiál nosného hřebene:	1.4571
Materiál grafitových obložek:	Expandovaný grafit (obsah nečistot $\leq 0,15\%$)
Tloušťka těsnění - e_G :	5,3 mm
Součinitel zahrnující efekt relaxace těsnění - P_{QR} :	0,8

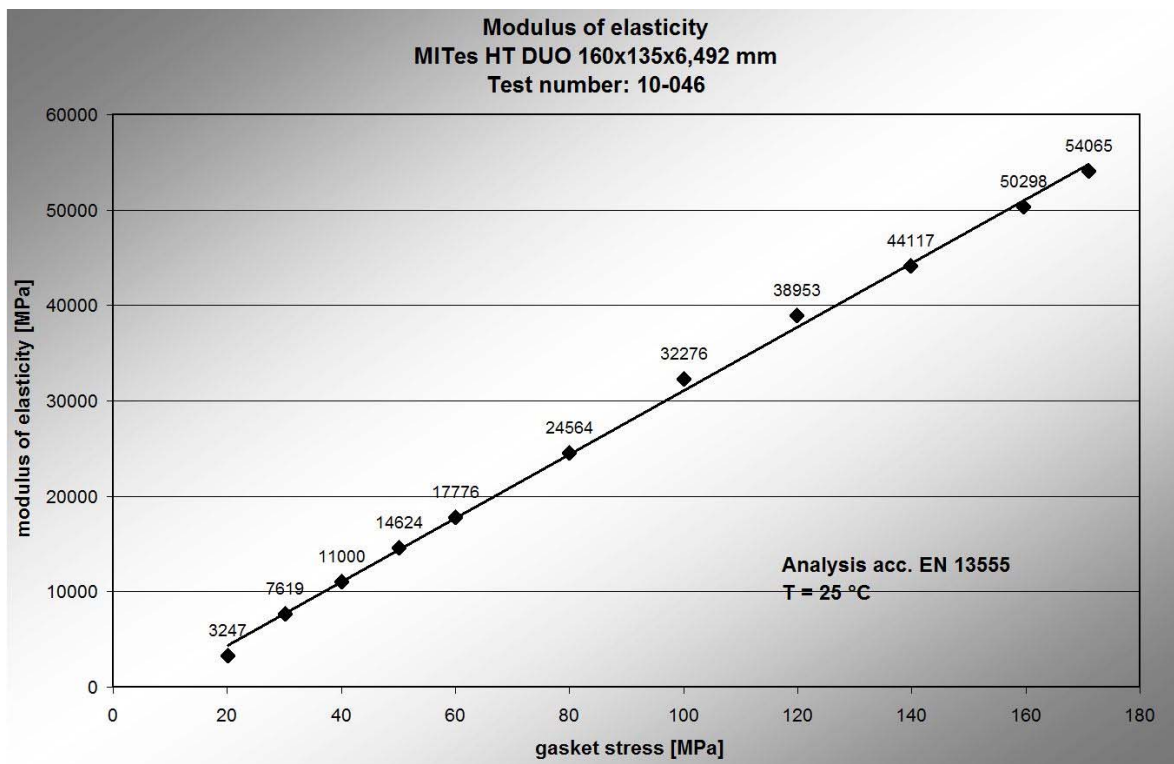
tabulka 7. Naměřené parametry těsnění

$Q_{smin(L)}$	25 MPa	Q_{min}	42 MPa
Q_{smax}	300 MPa	Q_{max}	400 MPa
Q_A	152 MPa		

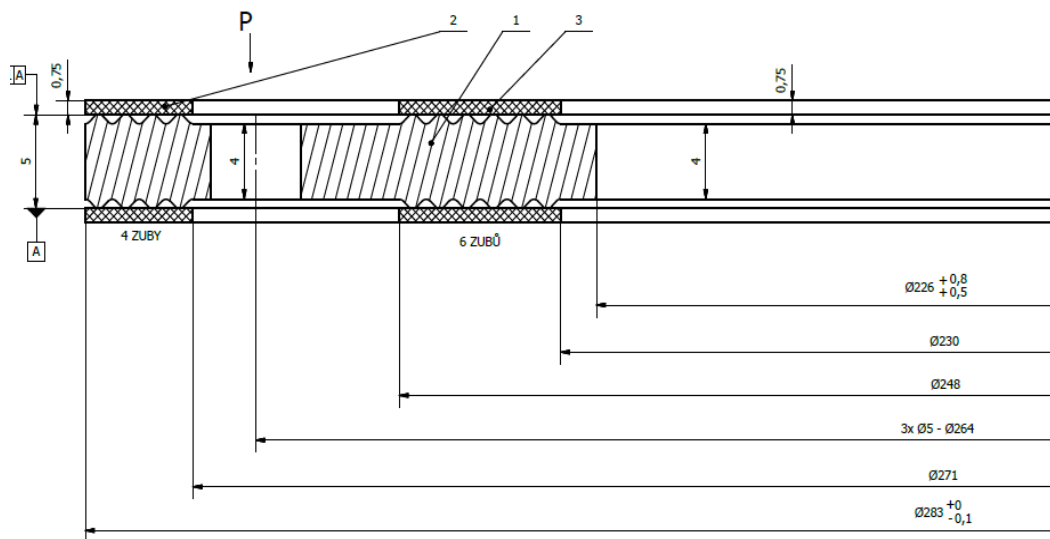


Obr. 27. Těsnostní křivka těsnění MITes HT[®] DUO

Hodnoty tlaků uvedené v tabulce 7 byly naměřeny na zkušební vzorku v zařízení TEMES a následně odečteny z těsnostní a deformační křivky, obrázek 27.



Obr. 28. Náhradní modul pružnosti E_G



- 1 Nosný hřeben
- 2 Vnější obložení z expandovaného grafitu
- 3 Vnitřní obložení z expandovaného grafitu

 Obr. 29. Hřebenové těsnění MITes HT[®] DUO

4.1.1.2 Svorníky a matice

Rozměry; počet - d_{B0} ; n_B : M36x3; 12 ks (závrtných pružných svorníků)

Materiál svorníků: 38CHN3MFA - KP 80

Materiál matic: 25CHMF- KP50

Rozměry svorníků: dle výkresu - obr č. 31

Rozměry matic: dle výkresu - obr č. 32

Mez kluzu materiálu svorníku: $R_{eB(350^\circ\text{C})} = 635 \text{ MPa}$

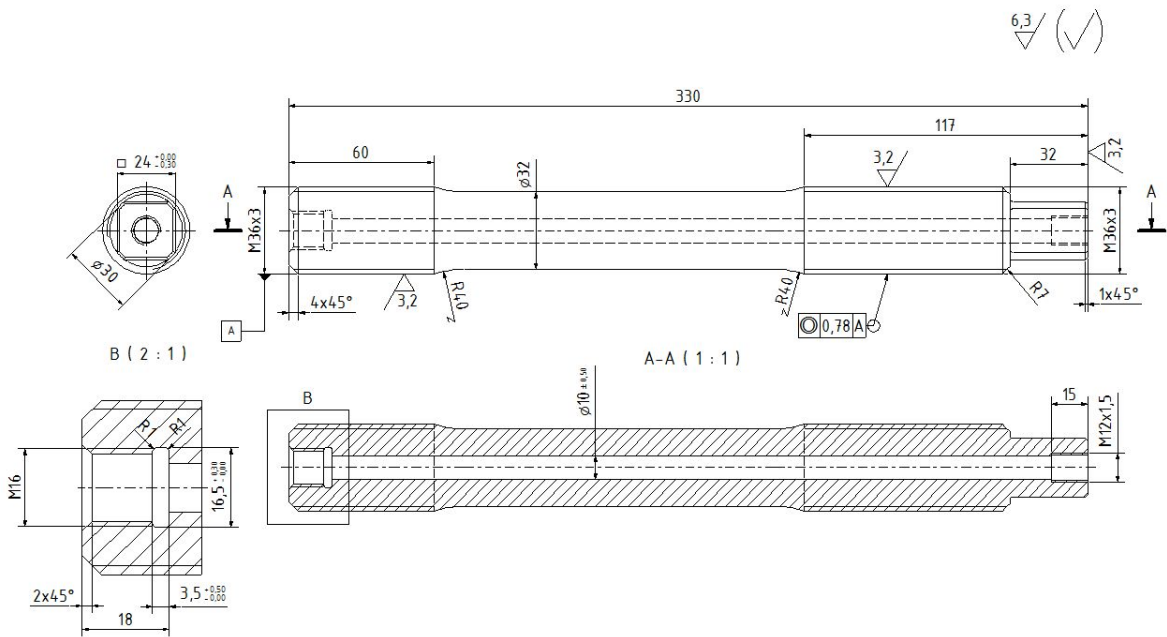
Sevřená část - l_B : 195,3 mm

Délka dříku - l_S : 153,0 mm

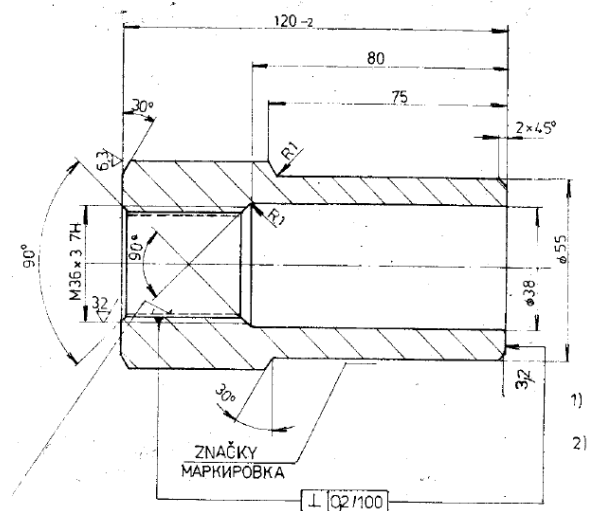
Nezašroubovaný zatížený závit - l_e : 42,3 mm

tabulka 8. Modul pružnosti svorníků a matic

Teplota [°C]	$E_{\text{svorníku}}$ [MPa]	E_{matic} [MPa]	Teplota [°C]	$E_{\text{svorníku}}$ [MPa]	E_{matic} [MPa]
20	204000	213000	300	200000	499000
100	210000	209000	350	195000	193000
200	205000	200000			



Obr. 30. Svorník EO



Obr. 31. Matic EO

tabulka 9. Koefficient teplotní roztažnosti svorníků a matic

Teplota [°C]	α_B svorníků $10^{-6} [K^{-1}]$	α_N matic $10^{-6} [K^{-1}]$	Teplota [°C]	α_B svorníků $10^{-6} [K^{-1}]$	α_N matic $10^{-6} [K^{-1}]$
20	11,8	11,3	300	12,6	13,9
100	11,9	12,7	350	12,8	14,1
200	12,2	13,3			

4.1.1.3 Příruba

Dle normy se jedná o zaslepovací přírubu.

Roztečný průměr d_0 :	226 mm
Roztečný průměr d_3 :	320 mm
Účinný roztečný pr. otvorů d_{3e} :	315,6 mm
Vnější průměr d_4 :	390 mm
Pr. otvoru pro svorník d_5 :	38 mm
Ostatní otvory v přírubě d_9 :	0 mm
Osová tloušťka příruby e_0 :	110 mm
Mez kluzu materiálu příruby:	$R_{eF(350^\circ\text{C})} = 294 \text{ MPa}$

tabulka 10. Modul pružnosti a koeficient teplotní roztažnosti příruby EO KO

Teplota [°C]	α_F $10^{-6} [\text{K}^{-1}]$	E [MPa]	Teplota [°C]	α_F $10^{-6} [\text{K}^{-1}]$	E [MPa]
20	11,3	212000	300	13,9	192000
100	11,3	207000	350	14,1	186000
200	12,7	200000			

4.1.2 Stavy zatížení

Při výpočtu jsou uvažovány celkem čtyři ustálené stavy, které jsou typické, nebo mezní pro přírubový spoj elektroohříváků. Detailní určení teplot a tlaků při jednotlivých stavech je v tabulce 11.

První je "Montážní stav" označený "0". Při tomto stavu je zařízení beztlaké a odvodněné. Všechny součásti mají okolní teplotu. Další je "Výpočtový stav" to je mezní ustálený stav pro těsnost přírubového spoje. Tento stav je označen indexem "1". Charaktery třetího a čtvrtého stavu odpovídají těsnostní zkoušce a nominálnímu provozu primárního okruhu. Jsou označeny "2" a "3".

Vnější dodatečná osová síla a vnější přídavný moment působící na přírubový spoj nejsou uvažovány. V reálu na přírubový spoj působí ohybový moment od vyložených spirál. Tento moment je vzhledem k hmotnosti spirál zanedbatelný. Teploty součástí vyplývají ze

zadání. Vzhledem k různorodému teplotnímu rozložení v celém spoji, byly teploty svorníků a matic odhadnuty.

tabulka 11. Zátěžové stavy přírubového spoje

Stavy zatížení	Název provozního stavu	Přetlak tekutiny [MPa]	Teplota příruby [°C]	Teplota svorníku [°C]	Teplota těsnění [°C]	Teplota matice [°C]
0	Montážní stav	0	20	20	20	20
1	Výpočtový stav	19,6	100	90	100	90
2	Zkouška těsnosti	17,6	350	320	350	280
3	Nominální provoz	15,5	350	320	350	280

4.1.3 Výpočtové parametry

Výpočtové parametry jsou hodnoty tuhosti, účinné rozměry a plochy průřezů.

4.1.3.1 Parametry příruby

Vzdálenost mezi šrouby

$$p_B = \frac{\pi \cdot d_3}{n_B} = 83,8 \text{ mm} \quad (4.1)$$

Účinná šířka příruby

$$b_F = \frac{d_4 - d_0}{2} - d_5 \cdot \sqrt{\frac{d_5}{p_B}} = 56,4 \text{ mm} \quad (4.2)$$

Střední průměr příruby

$$d_F = \frac{d_4 + d_0}{2} = 308,0 \text{ mm} \quad (4.3)$$

Účinná plocha průřezu listu příruby

$$A_F = \frac{b_3 \cdot e_0}{2} = 16940 \text{ mm}^2 \quad (4.4)$$

Účinná osová tloušťka příruby

$$e_F = \frac{2A_F}{d_4 - d_0} = 75,7 \text{ mm} \quad (4.5)$$

Ramena momentů

$$h_G = \frac{d_{3e} - d_{Ge}}{2} = 38,3 \text{ mm} \quad (4.6)$$

$$h_H = \frac{d_{3e} - d_0}{2} = 44,8 \text{ mm} \quad (4.7)$$

Opravy momentů

$$h_P = \frac{(d_{Ge} - d_0)^2 \cdot (2d_{Ge} + d_0) + 2e_p^2 d_F}{6 d_{Ge}^2} = 0,35 \text{ mm} \quad (4.8)$$

$$h_Q = \frac{d_E}{8} \cdot \left(\frac{d_E}{d_{Ge}} \right)^2 = 25,3 \text{ mm} \quad (4.9)$$

$$h_R = \frac{d_0}{4} = 56,5 \text{ mm} \quad (4.10)$$

Točivý modul pružnosti

$$Z_F = \frac{3 \cdot d_F}{\pi \cdot \left[b_F \cdot e_F^3 + d_F \cdot e_0^3 \cdot \frac{1}{1,4} \right]} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^{-3} \quad (4.11)$$

4.1.3.2 Parametry svorníků

Plocha svorníku

$$A_B = d_{Bs} \cdot n_B \frac{\pi}{4} = 8708,5 \text{ mm}^2 \quad (4.12)$$

Osový modul pružnosti svorníku

$$X_B = \frac{4}{\pi \cdot n_B} \left(\frac{l_s}{d_{Bs}^2} + \frac{l_e}{d_{Be}^2} + \frac{0,8}{d_{B0}} \right) = 0,22287 \text{ mm}^{-1} \quad (4.13)$$

4.1.3.3 Parametry těsnění

Šířka těsnění (pro primární část) - $b_{Ge_I} = 7,5 \text{ mm}$

Průměr těsnění (pro primární část) - $d_{Ge_I} = 239 \text{ mm}$

Šířka těsnění (pro sekundární část) - $b_{Ge_II} = 4,5 \text{ mm}$

Průměr těsnění (pro sekundární část) - $d_{Ge_II} = 277 \text{ mm}$

Plocha primárního těsnění

$$A_{Ge_I} = d_{Ge_I} \cdot b_{Ge_I} \cdot \pi = 5631,3 \text{ mm}^2 \quad (4.14)$$

Plocha sekundárního těsnění

$$A_{Ge_II} = d_{Ge_II} \cdot b_{Ge_II} \cdot \pi = 3916,0 \text{ mm}^2 \quad (4.15)$$

Celková plocha těsnění

$$A_{Ge} = A_{Ge_I} + A_{Ge_II} = 9547,3 \text{ mm}^2 \quad (4.16)$$

Velikost těsnící síly F_{G0} není pro počátek výpočtu rozhodující. Při uvážení dovolených tlaků působících na těsnění lze odhadnout počáteční tlak v montážním stavu na těsnění.

Další výpočet ukáže je-li nutno hodnotu F_{G0} změnit nebo může být pokračováno dále ve výpočtu.

Počáteční utahovací síla

$$F_{G0} = Q_A \cdot A_{Ge} = 1\,451\,190\,N \quad (4.17)$$

Osový modul pružnosti těsnění

$$X_G = \frac{e_G}{A_{Ge}} = 0,0005551\,mm^{-1} \quad (4.18)$$

4.1.4 Vnitřní síly ve spoji

Všeobecně je třeba počítat se všemi silami a kroutícími momenty, které mohou potenciálně ovlivnit tlak působící na těsnění. Tyto síly se mohou lišit podle toho v jakém provozním stavu zařízení zrovna pracuje. Vznikající přídavné zatížení může těsnící tlaky buď zvyšovat nebo snižovat. Většinou jsou obě varianty uvažovány jako záporné děje. I přesto, že při zvyšování těsnícího tlaku je teoreticky těsnost vyšší, může dojít k překročení maximálního působícího tlaku na těsnění. To by mohlo mít za následek poškození těsnících ploch nebo poškození těsnění samotného. Při takovém překročení už nemohou být garantovány těsnící vlastnosti. Vzhledem ke konstrukci přírubového spoje EO KO lze říct, že na spoj působí převážně toto zatížení:

1. Síly od svorníků F_B
2. Síla vyvolaná tlakem tekutiny F_Q
3. Teplotní zatížení

4.1.4.1 Zatížení vnitřním přetlakem a teplotní zatížení

Přídavná síla F_{QI} vznikající od přetlaku těsněného média se vypočte dle vztahu 4.19. Průměr d_{Ge} je působiště sil na těsnění a ne místo na němž je dosažena těsnost.

$$F_{QI} = \frac{\pi}{4} d_{Ge} \cdot P_I \quad (4.19)$$

Pro výpočet celkové teplotní dilatace ΔU_I byly uvažovány čtyři navzájem se ovlivňující komponenty svorníky, příruba, matice a těsnění.

$$\Delta U_I = e_B \cdot \alpha_{BI} (T_{BI} - T_0) - e_F \cdot \alpha_{FI} (T_{FI} - T_0) - e_N \cdot \alpha_{NI} (T_{NI} - T_0) - e_G \cdot \alpha_{GI} (T_{GI} - T_0) \quad (4.20)$$

tabulka 12. Síly a teplotní dilatace v jednotlivých stavech

Stavy zatížení	Přetlak tekutiny [MPa]	Síla od tekutiny [N]	Teplotní zatížení [mm]
I	P_I	F_{QI}	ΔU_I
0	0	0	0
1	19,6	879309	-0,0047
2	17,6	789584	-0,0758
3	15,5	695372	-0,0758

4.1.4.2 Poddajnost spoje

Součinitele osové poddajnosti smontovaného přírubového spoje Y_{GI} ; Y_{QI} nemusí být vyhodnocovány ve všech případech. Jsou vázány na výsledky předešlých počítaných sil F_{GI} ; F_{QI} . Hodnota součinitele Y_{QI} nemusí být počítána pokud je vnitřní přetlak nulový, což odpovídá montážnímu stavu.

$$Y_{GI} = Z_F \frac{h_G^2}{E_{FI}} + \tilde{Z}_F \frac{\tilde{h}_G^2}{\tilde{E}_{FI}} + \frac{X_B}{E_{BI}} + \frac{X_G}{E_{GI}} \quad (4.21)$$

$$Y_{QI} = Z_F \cdot h_G \frac{h_H - h_P + h_Q}{E_{FI}} + \tilde{Z}_F \cdot \tilde{h}_G \frac{\tilde{h}_H - \tilde{h}_P + \tilde{h}_Q}{\tilde{E}_{FI}} + \frac{X_B}{E_{BI}} \quad (4.22)$$

tabulka 13. Součinitele osové poddajnosti

Stavy zatížení	Součinitel osové poddajnosti od F_G	Součinitel osové poddajnosti od F_Q
I	Y_{GI}	Y_{QI}
0	$2,82 \times 10^{-7}$	0
1	$3,14 \times 10^{-7}$	$4,16 \times 10^{-7}$
2	$3,15 \times 10^{-7}$	$4,57 \times 10^{-7}$
3	$3,14 \times 10^{-7}$	$4,57 \times 10^{-7}$

4.1.4.3 Těsnící síly

Minimální těsnící síla při montáži

$$F_{G0\min} = A_{Ge} \cdot Q_A \quad (4.23)$$

Minimální těsnící síla při montáži

$$F_{GI\min} = \min\{A_{Ge} \cdot Q_{S\min(L)}; -(F_{QI})\} \quad (4.24)$$

Požadované těsnící síly

$$F_{G\Delta} = \max_{I \neq 0} \frac{F_{GI\min} \cdot Y_{GI} + (F_{QI} \cdot Y_{QI} + \Delta U_I)}{Y_{G0} \cdot P_{QR}} \quad (4.25)$$

Pro zajištění, aby těsnící síla nebyla nikdy menší než F_{GImin} , musí být těsnící síla při montáži minimálně F_{GImax} .

tabulka 14. Těsnící síly

Stavy zatížení	Minimální těsnící síla	Požadovaná těsnící síla
1	F_{GImin} [N]	$F_{G\Delta I}$ [N]
0	1451190	-
1	400986	1320758
2	400986	644166
3	400986	543725

$$F_{G0req} = \max\{F_{G0min}; F_{G\Delta}\} \quad (4.26)$$

Pro pokračování ve výpočtu musí být splněna následující podmínka:

$$F_{G0req} \leq F_{G0} \quad (F_{G0req} = 1320758 \text{ N}; F_{G0} = 1451190 \text{ N})$$

Podmínka vyhovuje, montážní síla bude rovna $F_{G0} = 1451190 \text{ N}$

Pro výpočet správných utahovacích sil a zatížení spoje je třeba určit reálné síly působící ve spoji v následných stavech.

$$F_{GI} = \frac{F_{G0} \cdot Y_{G0} \cdot P_{QR} + (F_{QI} \cdot Y_{QI} + \Delta U_I)}{Y_{G0}} \quad (4.27)$$

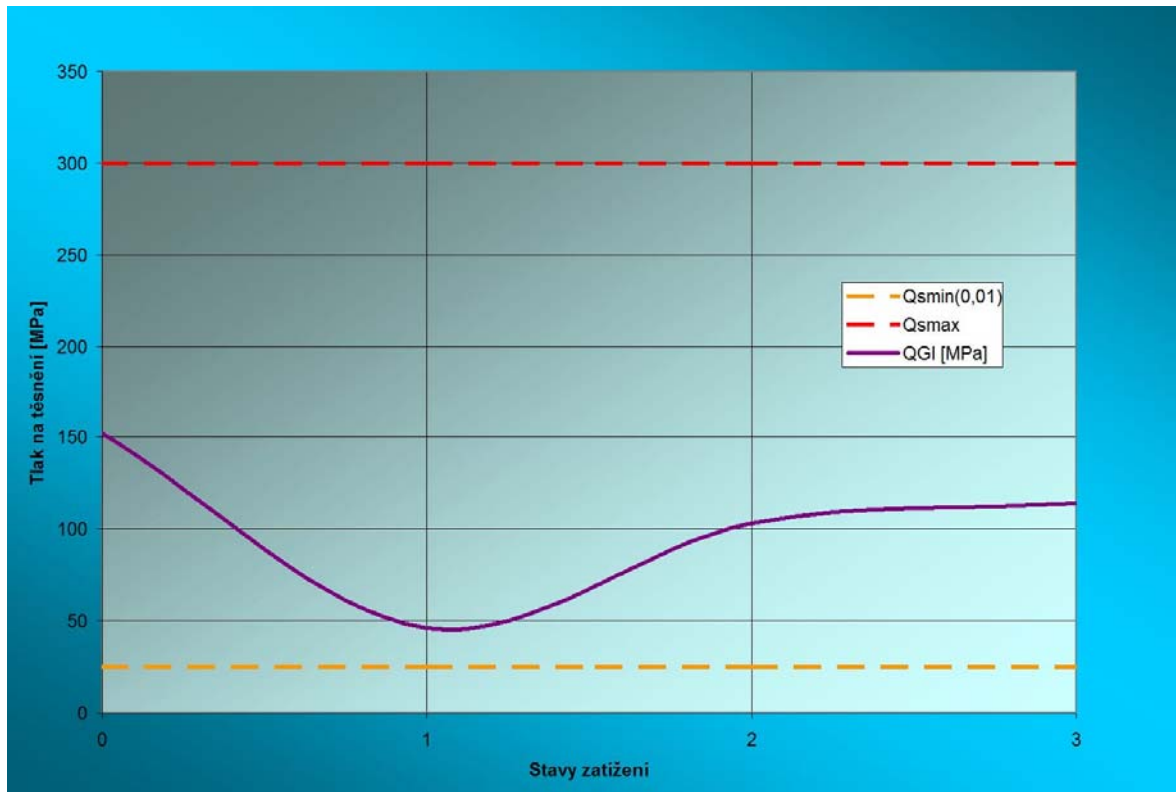
$$Q_{GI} = \frac{F_{GI}}{A_{Ge}} \quad (4.28)$$

$$F_{BI} = F_{GI} + F_{QI} \quad (4.29)$$

$$F_{BI-1} = \frac{F_{BI}}{n_B} \quad (4.30)$$

tabulka 15. Reálné síly a tlaky působící ve spoji

Stavy zatížení	Síla působící na těsnění	Tlak působící na těsnění	Síla působící ve svornících	Síla působící v jednom svorníku
1	F_{GI} [N]	Q_{GI} [MPa]	F_{BI} [N]	F_{BI-1} [N]
0	1451190	152	1451190	120932
1	441418	46	1320727	110060
2	989625	103	1779209	148267
3	1094433	114	1789805	149150



Obr. 32. Průběh tlaku na těsnění

4.1.5 Kontrola dovolených zatížení

Následující výpočty budou zaměřeny na určení stupňů využití únosnosti. Tato hodnota by se měla pohybovat v určitých mezích.

Maximální dovolený redukovaný stupeň zatížení - $\Phi_{\max} = 1$

Kriterium přijatelnosti - $\Phi_{\dots} \leq \Phi_{\max}$

Stupeň využití únosnosti svorníků

$$\Phi_{Bl} = \frac{1}{f_B} \cdot \frac{F_{Bl}}{A_B} \quad (4.31)$$

$$f_B = \frac{R_{eB}}{k_B} = 425 \text{ MPa} \quad (4.32)$$

Stupeň využití únosnosti těsnění

$$\Phi_{GI} = \frac{F_{GI}}{A_{Ge} \cdot Q_{\max}} \quad (4.33)$$

Stupeň využití únosnosti příruby

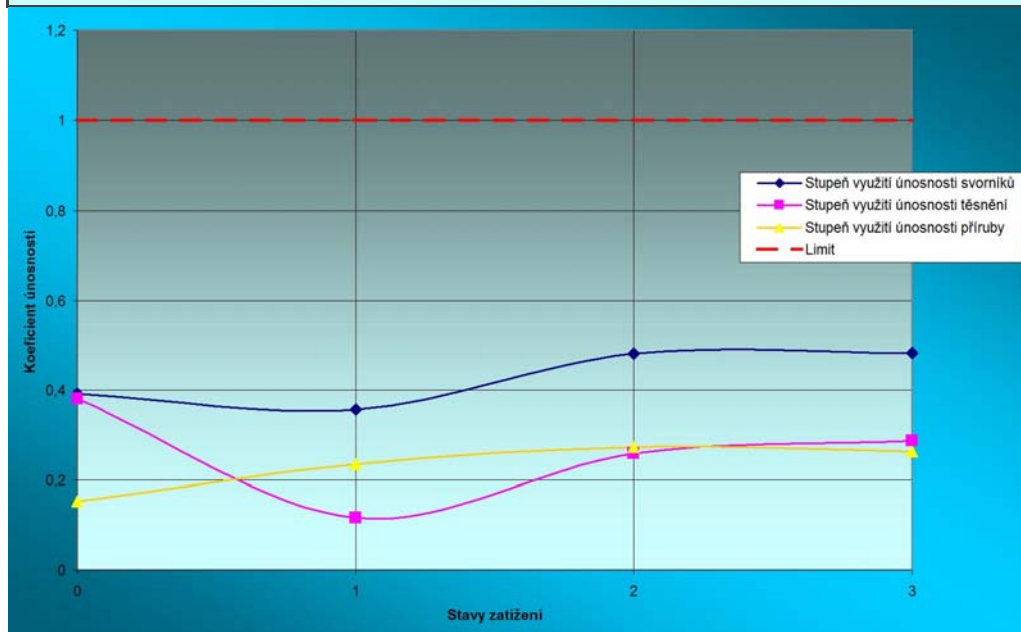
$$\Phi_F = \max \left\{ \left| \frac{F_{Bl} \cdot h_G + F_{QI} \cdot \frac{d_{Ge}}{6}}{W_F} \right|, \left| \frac{F_{Bl} \cdot h_G}{W_F} \right|, \left| \frac{F_Q \cdot \frac{d_{Ge}}{6}}{W_F} \right| \right\} \quad (4.34)$$

$$W_F = \frac{\pi}{4} f_F (2 \cdot b_F \cdot e_F^2 + d_0 \cdot e_0^2) = 364550662 \text{ Nmm} \quad (4.35)$$

$$f_F = \frac{R_{eF}}{k_F} = 195 \text{ MPa} \quad (4.36)$$

tabulka 16. Stupně využití únosnosti jednotlivých částí přírubového spoje

Stavy zatížení	Stupeň využití únosnosti svorníků	Stupeň využití únosnosti těsnění	Stupeň využití únosnosti příruby
I	Φ_{BI} [-]	Φ_{GI} [-]	Φ_{FI} [-]
0	0,392	0,380	0,153
1	0,357	0,116	0,235
2	0,481	0,259	0,273
3	0,483	0,287	0,263



Obr. 33. Porovnání únosností s limitem

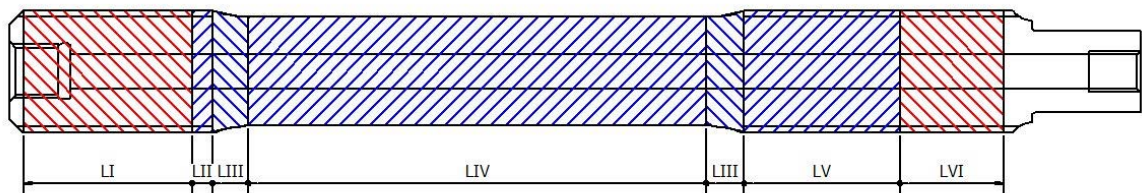
Jako srovnávací napětí pro výpočet stupně využití únosnosti svorníků a příruby byly uvažovány meze kluzu jednotlivých materiálů s bezpečností $k = 1,5$. Pro výpočet stupně využití únosnosti těsnění byl uvažován měrný tlak Q_{\max} .

Všechny únosnosti vyhověly stanovenému kritériu.

4.1.6 Stanovení montážních parametrů

Při montáži těsnění dochází k postupnému utahování svorníků pomocí hydraulického utahováku „AMTEC“. Předepnutí svorníků se provádí hydraulickým válcem, který svorník

předepne na požadovanou hodnotu prodloužení Δl_B , a pak se provede volné utažení matice. Kontrola určené hodnoty předpětí se měří mezi čelem volného konce svorníku a čelem měřicí tyčinky, pomocí číselníkového úchylkoměru. Díky tomu dochází pouze k prostému namáhání svorníků tahem. Protážení svorníků se musí odehrávat pouze v oblasti plastické deformace, proto lze při výpočtu protažení svorníků vycházet z Hookova zákona. Zatěžovaný tvar svorníku je členitý, a proto je nutné rozdělit jej do několika tvarových částí. Rozdělení svorníků je provedeno do I, II, III, IV, V a VI části a je zobrazeno na obrázku 33. Vstupní hodnoty pro výpočet prodloužení svorníků jsou zatěžující síla, délky a velikosti průřezů jednotlivých částí svorníku a modul pružnosti v tahu. Svorník je podrobně vyobrazen na obrázku 34.



Obr. 34. Rozdělení svorníku pro výpočet prodloužení

4.1.6.1 Parametry svorníku

Modul pružnosti svorníku $E = 215\,000 \text{ MPa}$ (20° C)

Počáteční délky jednotlivých úseků svorníku dle obr:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Závit v hnízdě příruby KO | $L_I = 50 \text{ mm}$ |
| 2. Přesah nazašroubovaného závitu | $L_{II} = 6 \text{ mm}$ |
| 3. Zaoblení R 40 (z obou stran) | $L_{III} = 2 \times 12,5 = 25 \text{ mm}$ |
| 4. Délka dřívku svorníku | $L_{IV} = 128 \text{ mm}$ |
| 5. Délka nezašroubovaného závitu | $L_V = 40 \text{ mm}$ |
| 6. Délka zašroubovaného závitu | $L_{VI} = 40 \text{ mm}$ |

Průměry jednotlivých úseků svorníku:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. $D_I = 50 \text{ mm}$ | 4. $D_{IV} = 128 \text{ mm}$ |
| 2. $D_{II} = 6 \text{ mm}$ | 5. $D_V = 40 \text{ mm}$ |
| 3. $D_{III} = 2 \times 12,5 = 25 \text{ mm}$ | 6. $D_{VI} = 40 \text{ mm}$ |

Průměr $d = 10 \text{ mm}$ a je to vnitřní průměr svorníku, kde je umístěna tyčinka na měření prodloužení.

4.1.6.2 Výpočet prodloužení

Pro výpočet je třeba znát dobře geometrii svorníků a matice, jakožto i jejich materiálové vlastnosti a montážní sílu jednoho svorníku F_{B0_1} . Tato síla byla vypočtena v v bodě 4.1.4.3. a uvedena v tabulce 15.

$$F_{B0_1} = 120\,932 \text{ N}$$

$$\Delta l_B = \frac{F_{B0_1}}{E_B \cdot \pi} \left(\frac{L_I \cdot 0,5}{D_I^2 - d^2} + \frac{L_{II}}{D_{II}^2 - d^2} + \frac{L_{III}}{D_{III}^2 - d^2} + \frac{L_{IV}}{D_{IV}^2 - d^2} + \frac{L_V}{D_V^2 - d^2} + \frac{L_{VI} \cdot 0,5}{D_{VI}^2 - d^2} + \right) \quad (4.37)$$

$$\Delta l_B = 0,1811 \text{ mm}$$

Výsledné prodloužení tak bude $0,18 \pm 0,02 \text{ mm}$.

4.1.7 Závěr z výpočtu

Montáž svorníků bude prováděna na prodloužení $0,18 \text{ mm}$ s dolní a horní tolerancí $0,02 \text{ mm}$. Síla při montáži v jednom svorníku je $120,9 \text{ kN}$. Tato síla vyvolává celkovou těsnicí sílu při montáži $1\,451,2 \text{ kN}$ resp. měrný tlak na těsnění 152 MPa .

Nejnižší měrný tlak na těsnění působí při pevnostní tlakové zkoušce I.O. Tento měrný tlak je 46 MPa . Jak je znázorněno na obrázku 32 bude těsnění i při tomto tlaku bezpečně těsnit, protože hodnota $Q_{\text{min}(0,01)} = 25 \text{ Mpa}$. Z tohoto obrázku je také patrné, že tlak na těsnění se při všech zátěžných stavech pohybuje v bezpečném intervalu.

Na obrázku 33 jsou vyobrazeny únosnosti jednotlivých částí spoje. Je zde patrné, že tyto komponenty jsou zatíženy polovičním namáháním, než povoluje limit. Tato skutečnost je velmi důležité pro dlouhodobou bezpečnou funkci celého spoje.

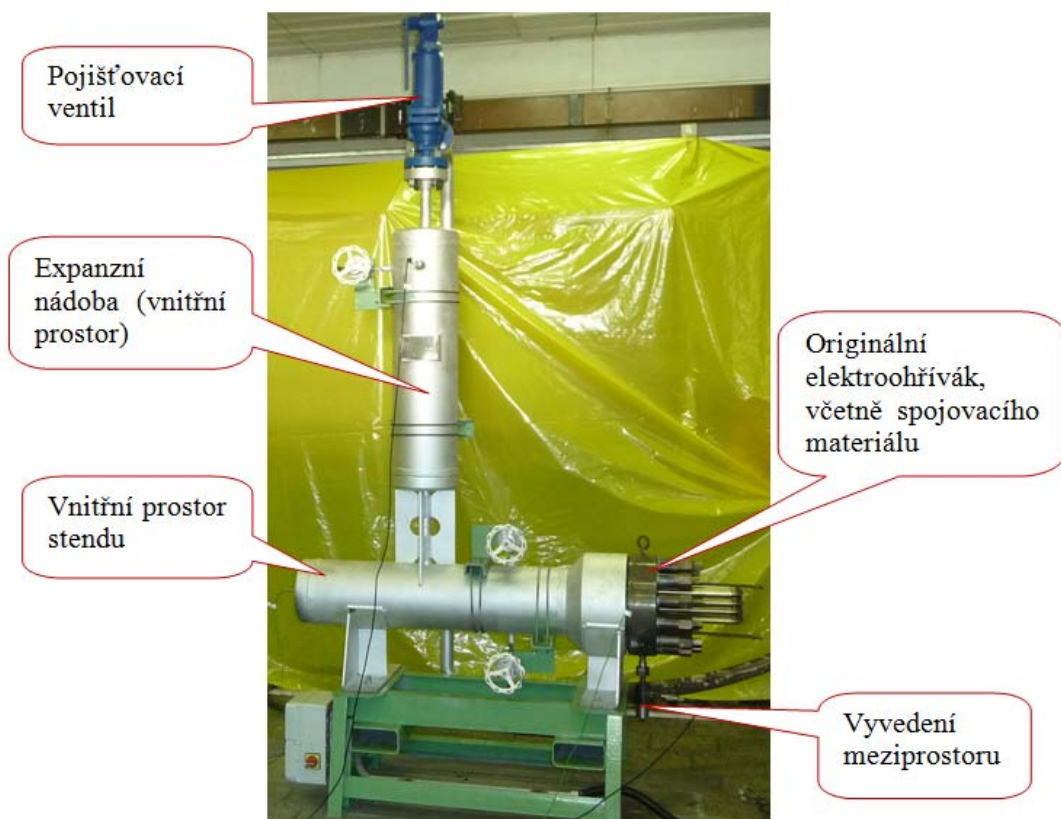
Navržené těsnění tak splňuje požadavky zadání dle tohoto výpočtu.

5 STENDOVÉ ZKOUŠKY TĚSNĚNÍ MITes HT[®] DUO

5.1 Účel prováděných zkoušek

Předmětem zkoušky těsnění je prokázat funkčnost těsnění, při navození podmínek blízkých reálnému prostředí elektroohříváku kompenzátoru objemu na JE Temelín a zároveň prokázat dlouhodobou funkčnost těsnění, při tepelném zatěžování. Zkouška je prováděna na zařízení, kde je možné použít originální EO a navrhované těsnění, tj. zkouška 1:1.

5.2 Popis zkušebního zařízení

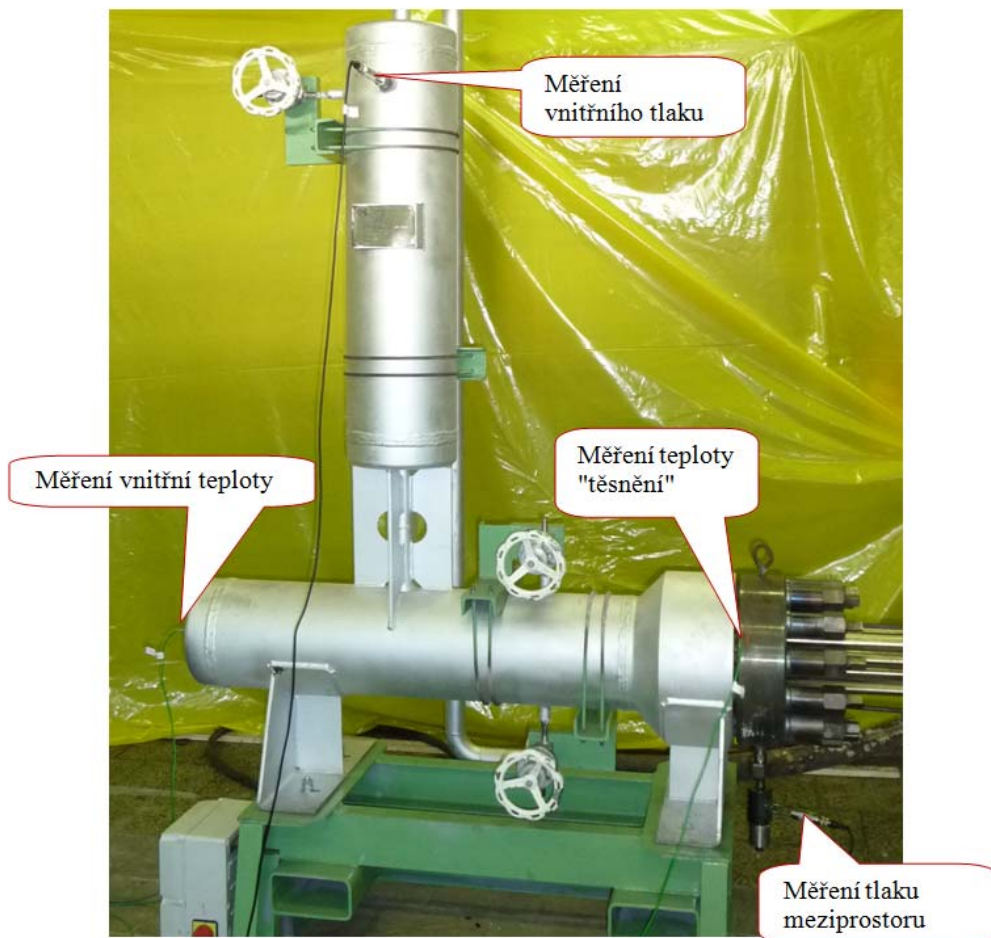


Obr. 35. Zkušební stend

Zkušební zařízení je tvořeno jednou horizontální a jednou vertikální válcovou nádobou, které jsou vzájemně propojeny. Horizontální nádoba je opatřena přírubou, identickou s originální a slouží k zasunutí originálního EO. Tento prostor je po zatěsnění vždy naplněn vodou.

Vertikální nádoba plní funkci kompenzátoru objemu při tepelných cyklech. Je na ní umístěn pojišťovací ventil a měření vnitřního přtlaku.

5.2.1 Měření jednotlivých veličin a měřicí zařízení



Obr. 36. Umístění měřících čidel

Při testování těsnění je možno měřit celkem pět veličin. Jsou použita dvě tlaková čidla, dvě teplotní čidla a jedno stabilní teplotní čidlo. Výstupy ze všech čidel jsou zaznamenávány v autonomní měřicí ústředně GRANT 24-bit Squirrel 2010. Naměřená data jsou ukládána do PC pro další zpracování. Měřicí ústředna je napájena z elektrické sítě a zároveň má záložní baterii pro případ krátkého výpadku dodávky el. proudu. Nejnižší nastavitelná frekvence záznamu je 1 záznam za 1s (záznam = okamžitá naměřená hodnota z každého zapojeného čidla). Pro plánované zkoušky bude zvolena frekvence 1 záznam za 10 min. Tato frekvence je dostatečná, aby naměřená data poskytla dostatečné a potřebné informace pro vyhodnocení zkoušky.

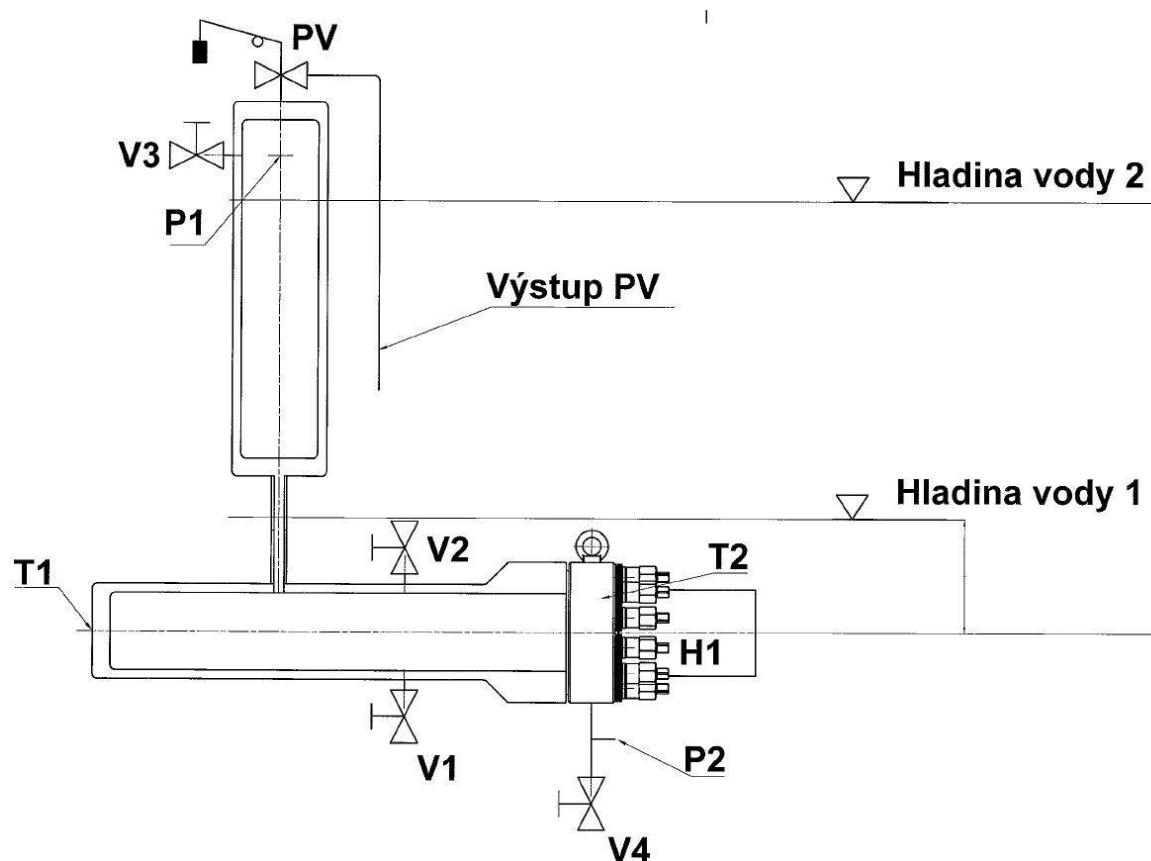
5.2.1.1 Teplota těsnění

Je pouze pracovní název, ve skutečnosti je tato teplota měřena v přírubě elektroohříváku cca 15 mm od těsnění. To znamená, že při přechodném stavu se do měření promítá setrvačnost, která je dána vzdáleností od těsnění a tepelnou vodivostí materiálu příruby. Matematický model, který by popisoval přesné rozložení teploty by byl velice složitý. Důvodem je nedefinovatelné rozložení a velikost tepelných toků v přírubě jak v radiálním směru, tak i po tloušťce příruby.

Relevantní teplotu je možno odečítat po ustálení přechodného stavu. Doba vyrovnání teploty těsnění v závislosti na vnitřní teplotě je 50 min od ustálení vnitřní teploty, po této době dojde k dostatečnému ustálení teploty těsnění.

5.2.2 Popis funkce stendu

Zkušební zařízení bylo navrženo tak, aby co nejvěrněji napodobovala skutečnou funkci celého spoje v provozu a převážně v přechodových stavech tzn. náhřev a dochlazení. Tyto stavy jsou vždy největším problémem dlouhodobé životnosti přírubového spoje.



Obr. 37. Schéma tlakovacího přípravku

tabulka 17. Legenda ke značení schématu tlakovacího přípravku

Značka	Název	Popis zařízení
H1	Hlavní příruba	Umístění testovaného těsnění
PV	Pojistný ventil	Nastavený na tlak 20 MPa
Výstup PV	Výstup přetlaku	v případě činnosti přetlakového ventilu
P1	Hlavní tlakové čidlo	Snímá tlak média přímo v nádobě
P2	Tlakové čidlo meziprostoru	Snímá tlak v meziprostoru (na hlavní přírubě)
T1	Hlavní teplotní čidlo	Snímá tlak média
T2	Pomocné teplotní čidlo	Snímá tlak příruby
V1	Napouštěcí ventil	Napouštění/vypouštění vody z tlakové nádoby
V2	Odvzdušňovací ventil	Slouží k určení maximální hladiny před započítáním zkoušky
V3	Tlakovací ventil	Přívod/odvod plynu pro tlakování
V4	Pomocný tlakovací ventil / zátka	Přívod/odvod tlakovacího plynu do/z meziprostoru těsnění
X1	Hladina vody 1 X1 = max 432,5 mm	Maximální hladina při horkých zkouškách je dána odvzdušňovacím ventilem V2
X2	Hladina vody 2 X2 = 1 126 mm	Výpočtová hladina vody při horkých zkouškách

Na obrázku 37 je vyobrazeno schéma stendu. Je zde patrné, že stend byl navržen tak, aby se při zvyšování teploty mohla zvyšovat i hladina vody. Spirály EO musí být vždy zcela zatopeny vodou, tuto funkci při napouštění zaručuje odvzdušňovací ventil V2. Zvyšující se hladina stlačí plyn nad ní a tím uvnitř stendu vzroste tlak, takzvané termické natlakování. Tohoto efektu je využito pro zvyšování tlaku na požadovanou hodnotu. Aby se tato hodnota dosáhla je třeba vždy před započítáním zkoušek nastavit počáteční přetlak dle tabulky 18. Z tohoto důvodu je stend vybaven tlakovacím ventilem V4, na který se napojí tlaková argonová láhev, pomocí které se zvýší vnitřní tlak.

tabulka 18. Předepsané počáteční tlaky

Teplota okolí [° C]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Předepsaný tlak [MPa]	2,91	2,92	2,93	2,94	2,95	2,96	2,97	2,98	2,99	3,00	3,01	3,02

5.2.2.1 Termický nárůst / pokles tlaku

Jedná se o nárůst / pokles tlaku v určeném prostoru - objemu vlivem změny teploty media. Při výpočtu termické změny tlaku se uvažuje úplná těsnost určeného prostoru resp. uvažuje se nulová netěsnost všech těsnění, která mají vliv na určený prostor. Z tohoto důvodu lze pro plyny uvažovat termomechanické procesy jako je izochorická expanze - při zvyšování teploty plynu a izochorická komprese - při snižování teploty plynu.

5.2.2.2 Termický tlak

Souvisí s termickým nárůstem / poklesem tlaku. Je to součet tlaku původního (na začátku zkoušky popř. vyhodnocovaného úseku) a termického nárůstu resp. termického poklesu tlaku.

5.2.2.3 Netěsnost

Je odvozena od definice třídy netěsnosti, která je definovaná normou ČSN EN 13555.

Netěsnost je ztráta hmotnosti media podělená aritmetickým průměrem vnitřního a vnějšího obvodu těsnění a dobou zkoušení.

$$L_N = \frac{\Delta m \cdot 10^6}{d_{Ge_2} \cdot \Delta t} = \left[\frac{mg}{m.s} \right] \quad (5.1)$$

Vypočítanou hodnotu netěsnosti pro zkoušky meziprostoru za studena lze považovat za velice konzervativní hodnotu, protože ve výpočtu je uvažované pouze d_{Ge_II} pro sekundární těsnění. To znamená, že teoreticky uvažujeme úplnou těsnost primárního těsnění. Fakticky je meziprostor těsněn primárním i sekundárním těsněním.

$$\Delta m = \frac{V}{r} \left(\frac{P_2 \cdot 10^6}{T_2} - \frac{P_1 \cdot 10^6}{T_1} \right) = [kg] \quad (5.2)$$

P_1 ... tlak media na počátku měření [MPa]

P_2 ... tlak media na konci měření [MPa]

V ... objem zkoušeného prostoru [m^3]

r ... měrná plynová konstanta (pro argon $r = 208,49$ J/kgK)

T_1 ... teplota media na počátku měření [K]

T_2 ... teplota media na konci měření [K]

Δm ... ztráta hmotnosti [kg]

Δt ... zkušební čas, doba vyhodnocovaného úseku [s]

5.2.2.4 *Reálný nárůst / pokles tlaku*

Reálná změna tlaku ve zkoušeném prostoru je získána odečtením termické změny tlaku od celkové změny tlaku, tj. té co byla vyhodnocena z počátečních a koncových hodnot tlaku media zkoušeného prostoru. Z této hodnoty je následně počítána netěsnost.

5.3 Zkoušky

5.3.1 Program zkoušek

Přírubový spoj je zatěsněn. Sestavení přírubového spoje bude odpovídat reálnému sestavení přírubového spoje používanému na kompenzátorech objemu na JE Temelín.

Celá zkouška proběhne kombinací dílčích zkoušek v tomto pořadí:

1. Těsnostní zkouška vnitřního prostoru (délka zkoušky cca 2h - kontrola zatěsnění vnitřního prostoru)
2. Těsnostní zkouška meziprostoru
3. Tepelný cyklus s dlouhou výdrží (první)
4. Tepelný cyklus - krátký (zopakovat 2x)
5. Tepelný cyklus s dlouhou výdrží (druhý)
6. Tepelný cyklus - krátký (zopakovat 1x)
7. Těsnostní zkouška vnitřního prostoru (délka zkoušky minimálně 24 hod.)
8. Těsnostní zkouška meziprostoru

5.3.1.1 *Těsnostní zkouška vnitřního prostoru*

Účelem zkoušky je kontrola funkčnosti primárního těsnění. Zároveň je provedena kontrola funkčnosti utěsnění armatur a těsnění pojišťovacího ventilu.

Vnitřní prostor je natlakován vodou na tlak 17 MPa. Při kombinované zkoušce bude prováděna tato zkouška na začátku. Její délka bude 2 hod. Dále bude prováděna na konci jako předposlední dílčí zkouška, její délka bude 24 hod.

Prodloužení svorníků bude měřeno před započítáním zkoušky a po jejím skončení.

Během zkoušky jsou měřeny tyto veličiny (vzorkování dat 10min):

1. Tlak vnitřního prostoru
2. Tlak meziprostoru

3. Teplota vnitřní
4. Teplota těsnění
5. Teplota okolí

5.3.1.2 Těsnostní zkouška meziprostoru

Jedná se o zkoušku funkčnosti těsnění meziprostoru tj. kontrola funkce primárního a sekundárního těsnění zároveň. Účelem zkoušky je odhalit případné netěsnosti způsobené chybnou montáží přírubového spoje.

Meziprostor je natlakován argonem na tlak 17 MPa. Vnitřní prostor bude prázdný a jeho tlak bude odpovídat okamžitému atmosférickému tlaku. Délka zkoušky je 24 hod. (\pm 1hod.) Prodloužení svorníků bude měřeno před započítáním zkoušky a po jejím skončení.

Během zkoušky jsou měřeny tyto veličiny (vzorkování dat 10min):

1. Tlak meziprostoru
2. Teplota těsnění
3. Teplota okolí

5.3.1.3 Tepelný cyklus s dlouhou výdrží

Vnitřní prostor je naplněn do předepsané části vodou. Nad hladinou vody je zajištěný tlakový polštář, který je tvořen argonem. Před prvním spuštěním náhřevu stendu je vnitřní prostor natlakován argonem dle tabulky 18. Další spouštění náhřevu bude bez jakéhokoliv zásahu do plynového polštáře stendu resp. do velikosti tlaku ve stendu.

Náhřev stendu probíhá přibližně takto:

a) náhřev 20-100°C	20 min
b) výdrž na teplotě 100°C	10 min
c) náhřev 100-200	30 min
d) výdrž na teplotě 200°C	10 min
e) náhřev 200-300°C	70 min
f) výdrž na teplotě 300°C	20 min
g) náhřev 300-360°C	70 min

Při dosažení vnitřní teploty stendu 355°C probíhá její udržování v intervalu 340-360°C po dobu 24 hodin. Podmínkou zkoušky je minimální termické natlakování na 16 MPa. Násle-

duje ochlazování stendu přirozenou konvekcí na teplotu 20-35 °C. Doba ochlazování na požadovanou teplotu se předpokládá cca 20 hodin.

Celková doba zkoušky cca: 50 hodin.

Prodloužení svorníků bude měřeno před započítáním zkoušky, při teplotě cca 360°C (2x) a po skončení zkoušky (zchladnutí).

Během zkoušky jsou měřeny tyto veličiny (vzorkování dat 10min):

1. Tlak vnitřního prostoru
2. Tlak meziprostoru
3. Teplota vnitřní
4. Teplota těsnění
5. Teplota okolí
6. Informativní teplota povrchu stendu (místo a perioda měření dle potřeby)

5.3.1.4 Tepelný cyklus - krátký

Vnitřní prostor je naplněn do předepsané části vodou. Nad hladinou vody je zajištěný tlakový polštář, který je tvořen argonem.

Náhřev stendu probíhá přibližně takto:

h) náhřev 20-100°C	20 min
i) výdrž na teplotě 100°C	10 min
j) náhřev 100-200	30 min
k) výdrž na teplotě 200°C	10 min
l) náhřev 200-300°C	70 min
m) výdrž na teplotě 300°C	20 min
n) náhřev 300-360°C	70 min

Při dosažení vnitřní teploty stendu 350°C probíhá její udržování v intervalu $\pm 10^\circ\text{C}$ po dobu 1 hodiny. Následuje ochlazování stendu přirozenou konvekcí na teplotu 20-35 °C. Doba ochlazování na požadovanou teplotu se předpokládá cca 20 hodin.

Celková doba zkoušky cca: 24 hodin.

Prodloužení svorníků bude měřeno před započítáním zkoušky, při teplotě cca 360°C a po skončení zkoušky (zchladnutí).

Během zkoušky jsou měřeny tyto veličiny:

1. Tlak vnitřního prostoru
2. Tlak meziprostoru
3. Teplota vnitřní
4. Teplota těsnění
5. Teplota okolí

5.3.2 Hodnocení výsledků zkoušek

Po vyhodnocení všech dat ze zkoušek dojde k hodnocení funkčnosti zkoušeného těsnění. Při hodnocení je nutné vyfiltrovat různé nestálosti nebo anomálie, které mohou být způsobeny okolními vlivy. Hodnocení zkoušky spočívá ve srovnání reálného tj. naměřeného úbytku tlaku zkoušeného prostoru s předepsaným maximálním úbytkem tlaku, který je pro dané těsnění předepsán v tomto dokumentu. Naměřený úbytek tlaku nesmí být větší, než úbytek tlaku předepsaný.

5.3.2.1 Hodnocení zkoušky meziprostoru

Maximální možný úbytek tlaku v meziprostoru během zkoušky je 2,7 kPa/hod.

Tento úbytek je stanoven pro:

- a) Teplotu 20°C
- b) Počáteční tlak 17 MPa
- c) Argon – jako těsněné medium

Výsledky zkoušky budou uvažovány jako relevantní ve chvíli, kdy dojde k ustálení počáteční nelinearity trendu tlaku. Předpokládaná doba ustálení je 15 min. Pro vyhodnocení výsledku zkoušky je nutné vypočítat korekci tlaku v závislosti na teplotě. Tuto korekci tlaku je třeba zahrnout do konečného výsledku.

Pokud zkouška vyhoví zadaným podmínkám, lze pokračovat dle programu zkoušek. Pokud ne, je třeba analyzovat chybu a odstranit ji. Po odstranění chyby je nutné zkoušku opakovat od začátku.

5.3.2.2 Hodnocení zkoušky vnitřního prostoru

Při hodnocení funkčnosti primárního těsnění budou uvažovány hodnoty po vychlazení a za stabilizovaných podmínek. Případná korekce tlaku dle konkrétní teploty bude provedena

stejně jako pro meziprostor. Maximální možný úbytek tlaku vnitřního prostoru během zkoušky je 27,34 kPa/hod.

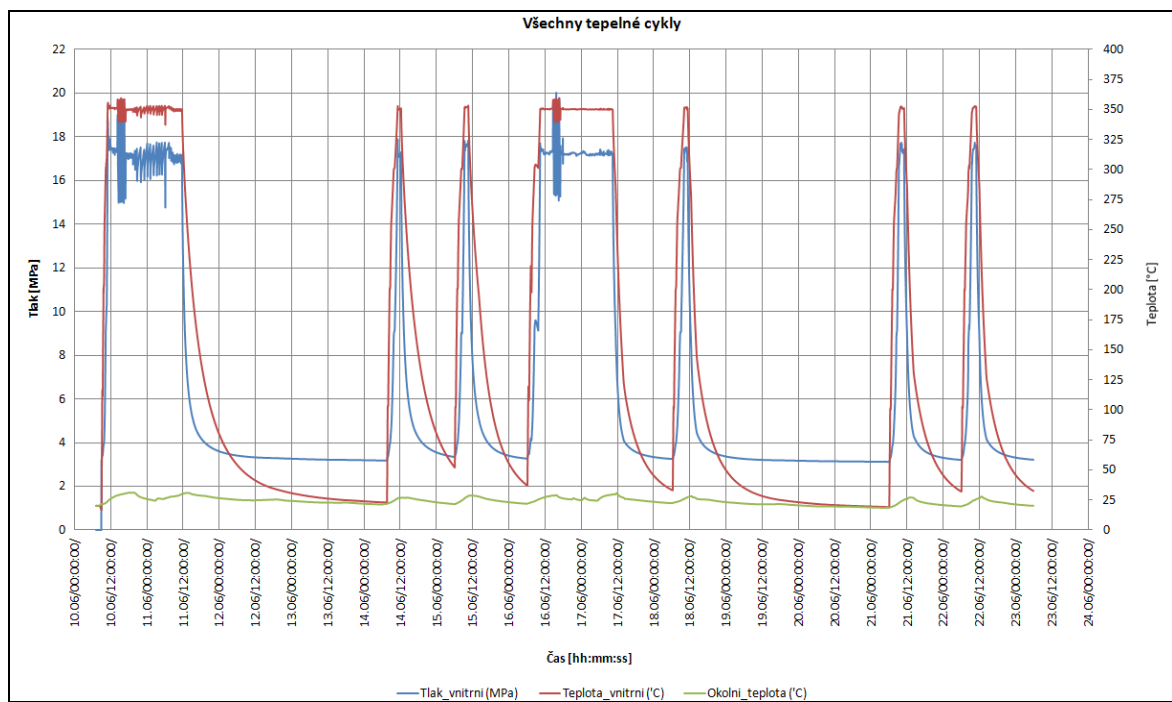
Tento úbytek je stanoven pro:

- Teplotu 20°C
- Počáteční tlak 19,5 MPa
- Kombinaci vody a argonu

Zkouška bude vyhovující, pokud pokles tlaku vnitřního prostoru bude menší než stanovená maximální hodnota

5.3.3 Průběh dílčích zkoušek těsnění

Celkový pohled na průběh zkoušek je znázorněn na obrázku 38. Dále jsou vybrány a samostatně znázorněny v grafu některé zkoušky nebo tepelné cykly u jednotlivých zkoušek.



Obr. 38. Průběh všech tepelných cyklů

5.3.3.1 Těsnostní zkouška vnitřního prostoru

Začátek - konec zkoušky: 9.6.2010; 7:33:45 - 9.6.2010; 9:33:45

Počáteční - konečný tlak : 17,3817 - 17,3516 MPa

Rozdíl tlaku / zkušební čas: - 30,1 kPa / 2h 0min

Zkušební medium: voda + Ar

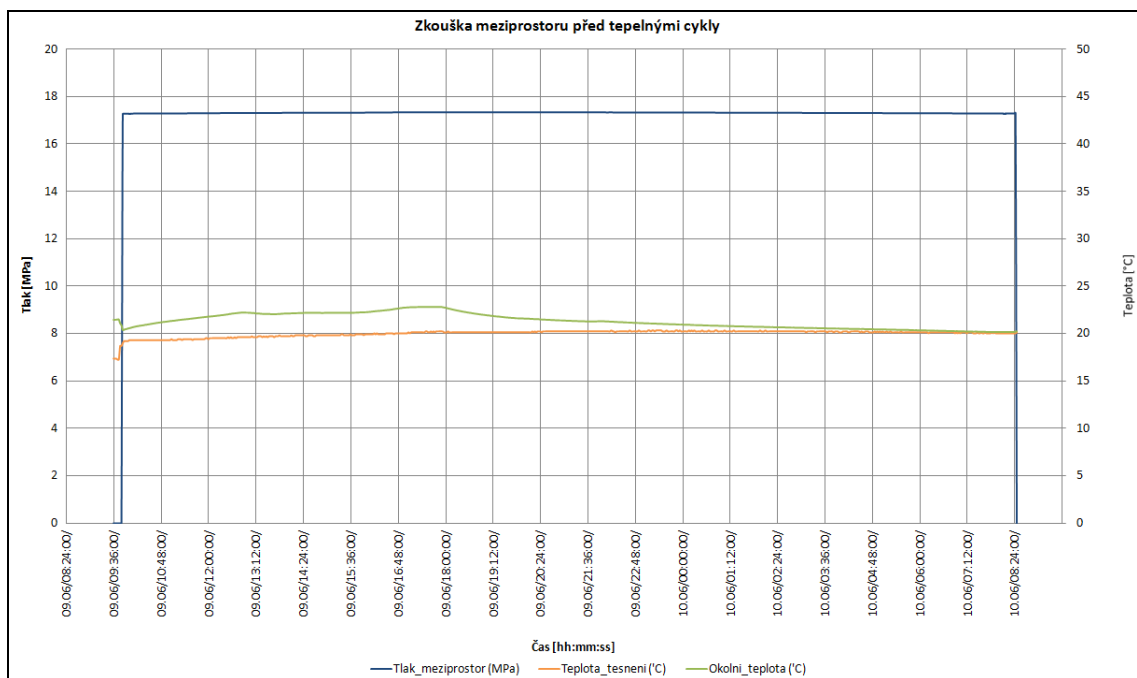
Z těchto výsledků vyplývá:

Povolený pokles tlaku je 27,34 kPa/h. To znamená, že pro tuto zkoušku je povolený pokles tlaku 54,68 kPa. Reálný pokles tlaku, který při zkoušce nastal 30,1 kPa za dvě hodiny.

30,1 kPa < 54,68 kPa - tato zkouška vyhovuje zadaným podmínkám

5.3.3.2 Těsnostní zkouška meziprostoru

Začátek - konec zkoušky:	9.6.2010; 9:49:45 - 10.6.2010; 8:51:45
Počáteční - konečný tlak :	17,2608 - 17,276 MPa
Zkušební čas:	23h 2 min (82920s)
Teplota těsnění - počáteční / koncová:	19 / 20 °C
Rozdíl teploty těsnění:	+ 1°C
Nárůst tlaku v meziprostoru:	0,0152 MPa
Termický tlak:	17,3199 MPa
Vypočítaná netěsnost meziprostoru:	0,00712 mg/ms pro Ar
Vypočítaná netěsnost meziprostoru:	0,00874 mg/ms pro N
Zkušební medium:	Ar



Obr. 39. Zkouška meziprostoru

Z výsledků vyplývá:

Tlak v meziprostoru vzrostl o 15,2 kPa. Teplota těsnění vzrostla o 1°C. Proto je termický nárůst tlaku meziprostoru 58, kPa. Z toho vyplývá, že reálný pokles tlaku z meziprostoru je

43 kPa za 23h a 2 min. Povolený únik 2,7 kPa/h, což by pro tuto zkoušku znamenalo tlakovou ztrátu 62,1 kPa.

43 kPa < 62,1 kPa - **tato zkouška vyhovuje zadaným podmínkám**

5.3.3.3 První tepelný cyklus s dlouhou výdrží

Začátek - konec zkoušky:	10.6.2010; 8:59:45 - 14.6.2010; 7:37:45
Počáteční - konečný tlak (vnitřní):	3,2014 - 3,1841 MPa
Počáteční - konečný tlak (meziprostor):	0,2412 - 0,2559 MPa
Délka zkoušky:	94h 38min (340 680s)
Počáteční - konečná teplota (vnitřní):	16,7 - 22,8 °C
Počáteční - konečná teplota (meziprostor):	17,3 - 22,6 °C
Zkušební medium:	voda + Ar

5.3.3.4 První tepelný cyklus krátký

Začátek - konec zkoušky:	14.6.2010; 7:37:45 - 15.6.2010; 6:07:45
Počáteční - konečný tlak (vnitřní):	3,1841 - 3,3458 MPa
Počáteční - konečný tlak (meziprostor):	0,2559 - 0,2876 MPa
Počáteční - konečná teplota (vnitřní):	22,8 - 52,1 °C
Počáteční - konečná teplota (meziprostor):	22,6 - 50,3 °C
Zkušební medium:	voda + Ar

5.3.3.5 Druhý tepelný cyklus krátký

Začátek - konec zkoušky:	15.6.2010; 6:07:45 - 16.6.2010; 6:11:45
Počáteční - konečný tlak (vnitřní):	3,3458 - 3,2711 MPa
Počáteční - konečný tlak (meziprostor):	0,2876 - 0,2699 MPa
Počáteční - konečná teplota (vnitřní):	52,1 - 37,1 °C
Počáteční - konečná teplota (meziprostor):	50,3 - 35,7 °C
Zkušební medium:	voda + Ar

5.3.3.6 Druhý tepelný cyklus s dlouhou výdrží

Začátek - konec zkoušky: 16.6.2010; 6:11:45 - 18.6.2010; 6:23:45

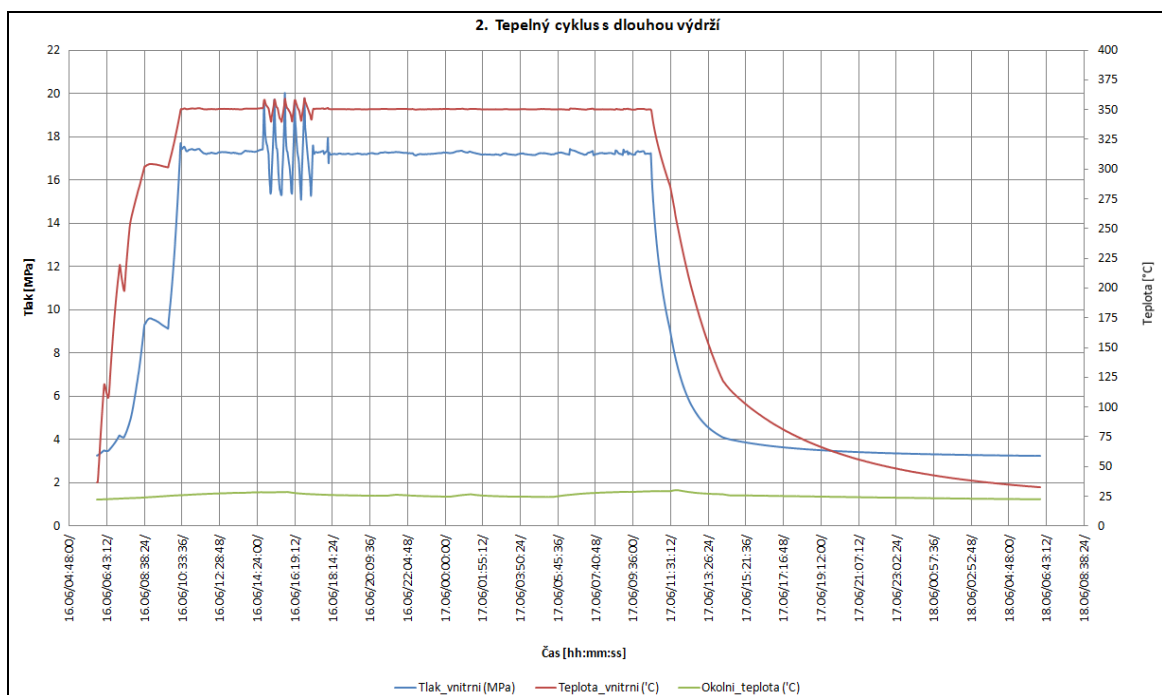
Počáteční - konečný tlak (vnitřní): 3,2711 - 3,2537 MPa

Počáteční - konečný tlak (meziprostor): 0,2699 - 0,2646 MPa

Počáteční - konečná teplota (vnitřní): 37,1 - 33,0 °C

Počáteční - konečná teplota (meziprostor): 35,7 - 32,1 °C

Zkušební medium: voda + Ar



Obr. 40. Druhý tepelný cyklus

5.3.3.7 Třetí tepelný cyklus krátký

Začátek - konec zkoušky: 18.6.2010; 6:23:45 - 21.6.2010; 06:09:45

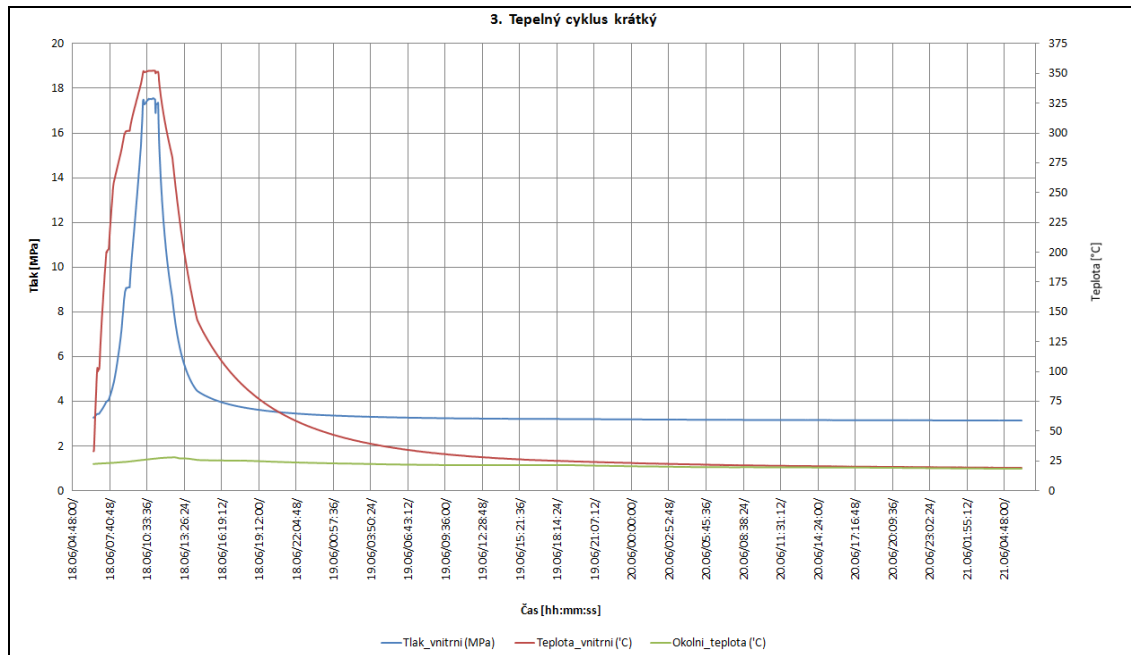
Počáteční - konečný tlak (vnitřní): 3,2537 - 3,1233 MPa

Počáteční - konečný tlak (meziprostor): 0,2646 - 0,2486 MPa

Počáteční - konečná teplota (vnitřní): 33,0 - 19,0 °C

Počáteční - konečná teplota (meziprostor): 32,1 - 18,9 °C

Zkušební medium: voda + Ar



Obr. 41. Třetí tepelný cyklus

5.3.3.8 Čtvrtý tepelný cyklus krátký

Začátek - konec zkoušky: 21.6.2010; 06:09:45 - 22.6.2010; 06:09:45

Počáteční - konečný tlak (vnitřní): 3,1233 - 3,2117 MPa

Počáteční - konečný tlak (meziprostor): 0,2486 - 0,2612 MPa

Počáteční - konečná teplota (vnitřní): 19,0 - 32,0 °C

Počáteční - konečná teplota (meziprostor): 18,9 - 31,0 °C

Zkušební medium: voda + Ar

5.3.3.9 Pátý tepelný cyklus krátký

Začátek - konec zkoušky: 22.6.2010; 06:09:45 - 23.6.2010; 06:03:45

Počáteční - konečný tlak (vnitřní): 3,2117 - 3,2220 MPa

Počáteční - konečný tlak (meziprostor): 0,2612 - 0,2612 MPa

Počáteční - konečná teplota (vnitřní): 32,0 - 32,5 °C

Počáteční - konečná teplota (meziprostor): 31,0 - 31,5 °C

Zkušební medium: voda + Ar

5.3.3.10 Těsnostní zkouška vnitřního prostoru (délka 24h)

Začátek - konec zkoušky: 23.6.2010; 6:47:45 - 24.6.2010; 5:53:45

Počáteční - konečný tlak : 18,7366 - 15,9140 MPa

Rozdíl tlaku za zk. čas: - 2,8226 MPa / 23h 6min (83 160s)

Zkušební medium: voda + Ar

Z výsledků vyplývá:

Úbytek tlaku je větší než je povolený limit dle kapitoly 5.3.2.2, a podle těchto kritérií zkouška nevyhověla. Tento rychlý trend úbytku tlaku byl zaznamenán již při zkoušce. Nastala otázka, zda byl tento velký úbytek způsoben netěsností zkoušeného prostoru nebo netěsností způsobené na některé z armatur popřípadě kombinace těchto vlivů. Zároveň byl sledován trend tlaku v meziprostoru a ten se výrazně neměnil. Proto byl zvolen následující postup: Zkouška vnitřního prostoru doběhne dle plánu. Následně se provede zkouška meziprostoru, který je natlakován na min 17 MPa a je jím v reálu zkoušeno jak primární, tak zároveň sekundární těsnění.

Pokud by byl zjištěný úbytek tlaku příčinou špatné funkce primárního těsnění, prokáže se v následující zkoušce meziprostoru, ve které by se tato "netěsnost" velice rychle a výrazně projevila.

Pokud následující zkouška meziprostoru vyhoví zadaným podmínkám, je potvrzena domněnka, že velký úbytek tlaku z vnitřního prostoru je převážně zapříčiněn jiným vlivem. Pravděpodobně armaturou. Viz hodnocení výsledků následující zkoušky.

5.3.3.11 Těsnostní zkouška meziprostoru

Začátek - konec zkoušky: 24.6.2010; 7:05:45 - 28.6.2010; 6:13:45

Počáteční - konečný tlak : 17,3998 - 17,3249 MPa

Zkušební čas: 94h 8 min (342 480 s)

Teplota těsnění - počáteční / koncová: 20,3 / 19,5 °C

Rozdíl teploty těsnění: - 0,8°C

Pokles tlaku v meziprostoru: 0,0749 MPa

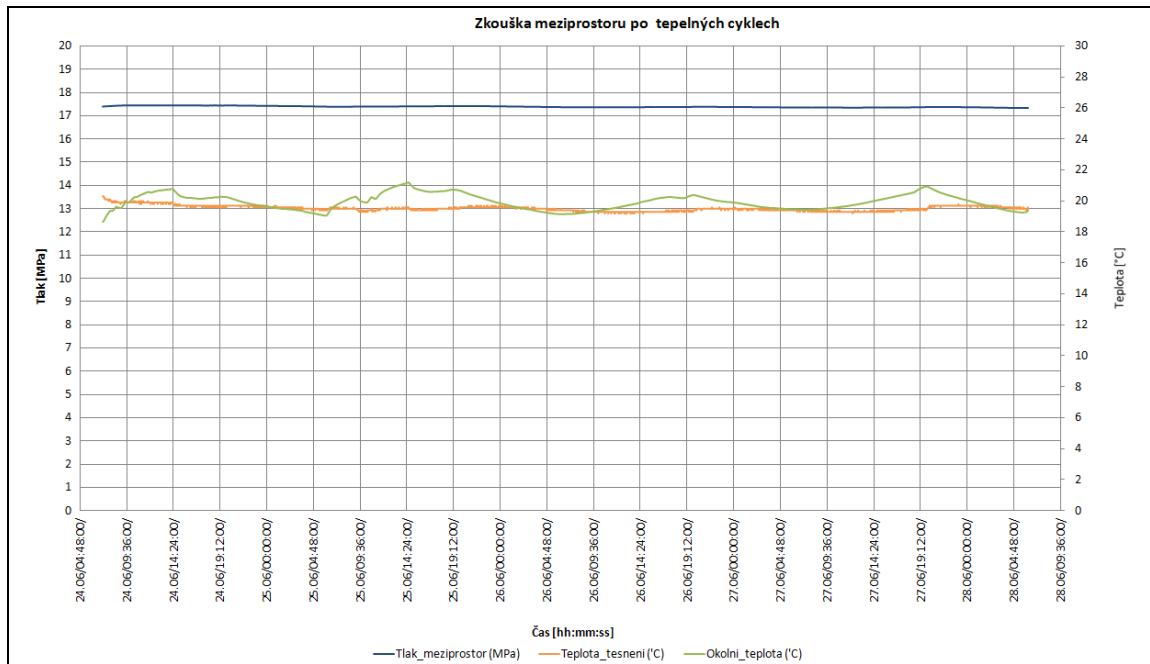
Termický tlak: 17,3524 MPa

Vzniklý tlak vlivem poklesu teploty, s uvažováním nulového úniku ze zkoušeného meziprostoru.

Vypočítaná netěsnost meziprostoru: 0,00108 mg/ms pro Ar

Vypočítaná netěsnost meziprostoru: 0,00133 mg/ms pro N

Zkušební medium: Ar



Obr. 42. Zkouška meziprostoru

Z výsledků vyplývá:

Tlak v meziprostoru klesl o 74,9 kPa. Teplota těsnění klesla o 0,8°C. Proto je termický pokles tlaku meziprostoru 47,4 kPa. Z toho vyplývá, že reálný pokles tlaku z meziprostoru je 27,5 kPa. Maximální povolený únik je 2,7 kPa/h, což by pro tuto zkoušku znamenalo tlakovou ztrátu 254 kPa.

27,5 kPa < 254 kPa - tato zkouška vyhovuje zadaným podmínkám

Zároveň je potvrzena domněnka, že netěsnost způsobená v předešlé zkoušce vnitřního prostoru byla zapříčiněna netěsností jedné z armatur.

5.3.4 Vyhodnocení výsledků pro všechny tepelné cykly

V tomto bodě budou hodnoceny výsledky naměřených hodnot při všech tepelných cyklech. To znamená hodnocení všech úseků zároveň resp. vyhodnocení stavu před prvním tepel-

ným cyklem s dlouhou výdrží a stavu po pátém tepelném cyklu krátkém. Průběh zkoušky je znázorněn na obrázku 38.

5.3.4.1 Naměřené hodnoty na začátku a na konci vyhodnocovaného úseku:

Začátek - konec úseku:	10.6.2010; 8:59:45 - 23.6.2010; 6:03:45
Počáteční - konečný tlak (vnitřní):	3,2014 - 3,2220 MPa
Počáteční - konečný tlak (meziprostor):	0,2412 - 0,2612 MPa
Délka úseku:	12 dní 21h 4min = 309h 4min (1 112 640 s)
Počáteční - konečná teplota (vnitřní):	16,7 - 32,5 °C
Počáteční - konečná teplota (těsnění):	17,3 - 31,5 °C

5.3.4.2 Výsledky vyplývající z měření v uvažovaném časovém úseku:

Nárůst tlaku v meziprostoru:	0,02 MPa
Nárůst teploty těsnění:	14,2 °C
Termický tlak:	0,2530 MPa

Z výsledků vyplývá:

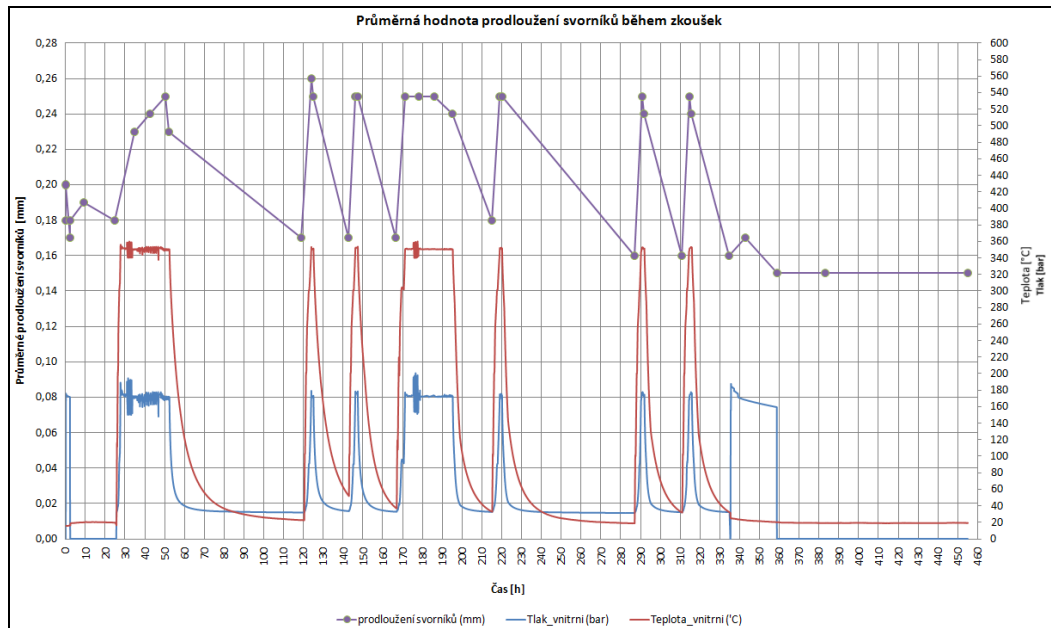
Tlak vnitřního prostoru vzrostl za dobu hodnoceného úseku o 0,0206 MPa. Teplota vnitřního prostoru vzrostla o 15,8° C.

Tlak v meziprostoru vzrostl o 20 kPa. Teplota těsnění vzrostla o 14,2° C. Proto je termický nárůst tlaku meziprostoru o 11,8 kPa. Z toho vyplývá, že reálný nárůst tlaku v meziprostoru za celou dobu hodnoceného úseku byl 8,2 kPa. Maximální povolený únik je 2,7 kPa/h, což by pro tuto zkoušku znamenalo tlakovou ztrátu 834,5 kPa.

8,2 kPa < 834,5 kPa - **tato zkouška vyhovuje zadaným podmínkám**

5.3.5 Průběh prodloužení svorníků během dílčích zkoušek

Průběh prodloužení svorníků během celé zkoušky je znázorněn na obrázku 43. Dále je znázorněn detailnější pohled na naměřené hodnoty během prvních 120 hodin zkoušky.

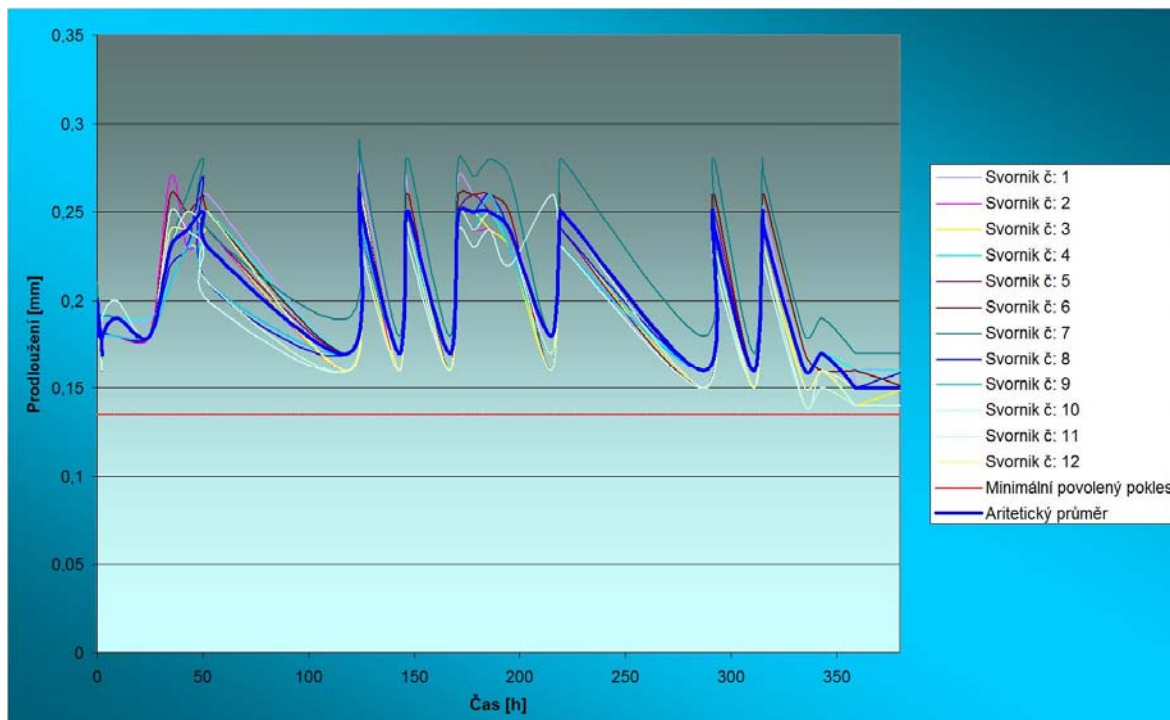


Obr. 43. Prodloužení svorníků

Montáž přírubového spoje s hřebenovým těsněním MITes HT byla provedena podle všech zásad, které jsou pro toto těsnění obecně uváděna v instrukci pro montáž. Při montáži byl přírubový spoj předepnut tak, že prodloužení svorníků bylo 0,19 mm. Následovala relaxace spoje cca 24 hodin. Po té bylo naměřeno průměrné prodloužení svorníků 0,16 mm. Spoj byl dotažen opět předepnut na hodnotu prodloužení svorníků 0,18 mm. Tato hodnota je uvažována jako počáteční prodloužení svorníků před zkouškami.

Z celkového průběhu zkoušky a naměřených hodnot prodloužení svorníků obrázek 43, je zřejmé, že prodloužení svorníků výrazně vzroste s teplotou (potažmo s tlakem). Při těchto parametrech se průměrné hodnoty pohybovaly kolem 0,25 mm. Po zchladnutí a zároveň snížení tlaku na cca 3,2 MPa následoval pokles prodloužení svorníků na průměrnou hodnotu 0,16-0,17 mm. Po skončení zkoušky se prodloužení svorníků ustálilo na průměrné hodnotě 0,15 mm. Nejnižší naměřené prodloužení svorníků bylo 0,14 mm na čtyřech svornících.

Pokles prodloužení svorníků po sedmi tepelných cyklech 16,67%. Pro názornost je průběh prodloužení všech svorníků znázorněn na obrázku 44. Je zde vidět že ani jeden svorník nedosáhl maximální povolenou hodnotu.



Obr. 44. Porovnání prodloužení svorníků s limitem

5.4 Závěrečné hodnocení zkoušky

Těsnění bylo zatěžováno sedmi tepelnými cykly, které kopírují reálné podmínky vyskytující se na přírubách EO kompenzátoru objemu na JE Temelín. Kromě těchto sedmi tepelných cyklů byly provedeny zkoušky těsnění za studena a to meziprostoru a vnitřního prostoru. Studené zkoušky slouží jako důkazný argument pro ověření funkčnosti těsnění před i po provedených tepelných cyklech. Jak vnitřní prostor, tak i meziprostor byly při tepelných zkouškách testovány Argonem o tlaku minimálně 17 MPa. Všechny tyto zkoušky vyhověly zadaným podmínkám, které byly stanoveny v Programu stendových zkoušek. U zkoušky vnitřního prostoru po pěti tepelných cyklech se objevila příliš velká netěsnost, proto byla platnost či neplatnost zkoušky podmíněna logickým tvrzením, že následující zkouška meziprostoru musí vyhovět. Toto tvrzení vyplývá z faktu, že při studené zkoušce meziprostoru je zkoušeno primární i sekundární těsnění.

Dále byly vyhodnoceny naměřené údaje před a po ukončení cyklování. Tyto výsledky dokazují funkčnost těsnění v předepsaných mezích. Důkazem jsou tlakové rozdíly, které se pohybují v řádu desítek kPa za časové úseky v řádech desítek až stovek hodin. Jak již bylo zmíněno: bylo provedeno sedm tepelných cyklů, které trvaly přibližně 12 dní a 21 hodin. Během těchto cyklů a této doby narostl tlak v meziprostoru o 8,2 kPa.

Během zkoušky těsnění bylo také sledováno chování svorníků resp. prodloužení svorníků. Výchozí prodloužení svorníků bylo 0,18 mm. Během teplotních cyklů prodloužení svorníků vystoupalo na hodnoty kolem 0,25 mm. Při zchlazení testovacího zařízení mezi jednotlivými cykly docházelo ke klesání prodloužení svorníků na hodnoty 0,16-0,17. Konečné prodloužení svorníků se po všech teplotních cyklech ustálilo na hodnotě 0,15 mm. Tato hodnota odpovídá 16,67 % z původního prodloužení, a tak dostatečně splnila zadání, protože maximální povolený pokles byl 25%, což představuje hodnotu prodloužení 0,135 mm.

Vychlazování stendu po každém tepelném cyklu bylo částečně řízeno tak, aby vyhovovalo reálným podmínkám. Jako nejkritičtější je dle projektu dochlazování 60°C/h. Tento trend byl dodržován i při vychlazování na stendu do teploty 150° C, poté stend chladnul přirozenou konvekcí. V některých případech byl ještě rychlejší. Pro názornost je vyhodnoceno chladnutí po třetím tepelném cyklu: Rozmezí teplot 351,1° C - 280,9° C - trend 70,2°C/h a rozmezí teplot 280,9°C - 142,9°C - trend 69° C/h.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

6.1 Hlavní důvody modifikace

Záměna těsnění EO KO byla vyvolána především zpřísněním legislativy v oblasti jaderné energetiky. Původní řešení nepřinášelo požadovanou těsnost, především sekundárního těsnění. Hrozilo, že při potenciální netěsnosti primárního těsnění, ji nebude možno detekovat a mohlo by dojít k úniku radioaktivního média do prostoru kontejmentu. Takový únik sice neohrozí životní prostředí, ale je považován za radiační nehodu se všemi následky, jak politickými, tak především ekonomickými.

6.2 Netěsnost primárního těsnění

Při správné funkci sekundárního těsnění, je systém schopen detekovat případný únik média přes primární těsnění již v jeho prvopočátku a provozní personál tak může včas na nastalou situaci reagovat, přesně dle provozního předpisu.

Takováto situace nastala na ETE v roce 2008, kdy byl dlouhodobě zaznamenáván nárůst tlaku v meziprostoru. Pro takovýto stav je zpracován provozní předpis, kde je uvedeno, že pokud je dosaženo limitní hodnoty 1 MPa je třeba meziprostor odtlakovat. Tento stav je vždy dobře zadokumentovat a analyzovat.

6.2.1 Analýza netěsnosti

Je třeba se především zaměřit na množství úniku, respektive rychlost nárůstu tlaku, ze kterého lze usoudit zda tento stav vydrží do plánované odstávky pro výměnu paliva, nebo je nutné blok odstavit předčasně.

Rychlostí nárůstu je myšleno, za jakou dobu dojde k dosažení limitu a jestli se tyto intervaly nezkracují. V provozním předpise je uvedena nejkratší doba, za kterou lze limitu dosáhnout, a pokud je kratší, je třeba urychleně odstavit blok. Z těchto údajů pak lze rozhodnout zda blok vydrží, nebo musí jít do odstávky.

6.2.2 Neplánované odstavení v roce 2008

Takové rozhodnutí je vždy velmi obtížné, proto ho nikdy neudělá jedna osoba, ale tým odborníků, protože je vždy situaci třeba posuzovat z více hledisek, technických, ekonomických a ostatních.

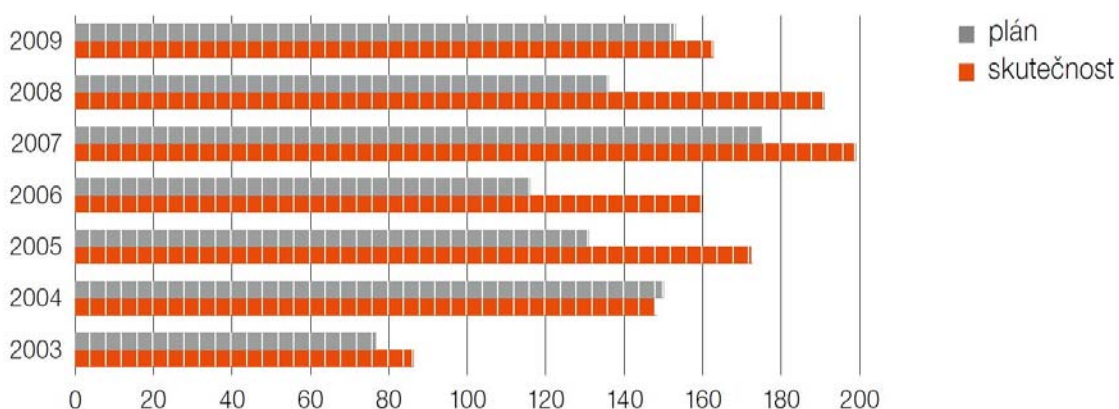
Toto rozhodnutí padlo právě o velikonočním víkendu roku 2008, kdy převážily ekonomické důvody nad technickými. Bylo rozhodnuto, že během velikonočního víkendu, kdy klesne spotřeba elektrické energie, a tak je odstávka v této době ekonomicky nejvýhodnější. Mělo dojít pouze k dotažení spoje a nejpozději v pondělí znovu obnovit výrobu bloku.

Bohužel, jak se později ukázalo, toto rozhodnutí, ale nepřineslo očekávaný výsledek. Jak jsem se již zmínil v kapitole 5.2.2. přechodové stavy jsou vždy největší zátěží pro zařízení, a tak je třeba počítat s tím, že může dojít i k dalším netěsnostem.

Po dotažení netěsného EO byla provedena tlaková zkouška meziprostoru a netěsnost se projevila na dalších spojích.

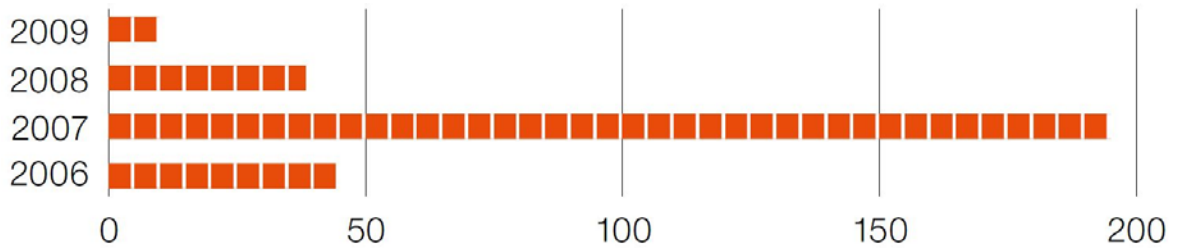
Přes veškeré snahy techniků se nepodařilo netěsnosti odstranit v požadovaném termínu, a tak blok musel přejít do neplánované odstávky, která nakonec trvala déle než tři měsíce.

6.3 Důsledky neplánované odstávky



Obr. 45. Délka plánovaných odstávek na ETE

Na obrázku 45 je srovnání plánované a skutečné délky odstávky ve dech, za jednotlivé roky. Je zde vidět že v roce 2008 došlo ke značnému rozdílu mezi plánem a skutečnou délkou odstávek. Došlo k prodloužení odstávky o 54 dní. Je jednoduché spočítat si finanční ztrátu, když jedna hodina provozu bloku vydělá průměrně cca. 0,9 mil. korun. Hrubá ztráta na výrobě činila cca. 48 mil. korun. Nejsou zde však zahrnuty náklady na vlastní opravy.



Obr. 46. Ztráta způsobená lidským faktorem v tis. MWh

Další závažný problém, který je třeba řešit je, snížení podílů činností pracovníků elektrárny na celkové ztrátě. Tento vliv je patrný z obrázku 46. Vyloučení vlivu lidské chyby je třeba možné zohlednit již při návrhu jakéhokoli konstrukčního řešení.

6.4 Přínos těsnění MITes HT[®] DUO

Těsnění, které jsem pro tento spoj navrhl, vyvolalo nutnost úpravy těsnících ploch, což oproti stávajícímu řešení, přineslo zvýšení nákladů. Tyto zvýšené náklady však přináší řádově vyšší těsnost a velmi výrazně snižuje riziko lidské chyby.

Náklady na kompletní modifikaci všech EO na obou výrobních blocích se pohybují řádově okolo 5 mil. korun. Když tuto částku porovnáme například ze ztrátou z roku 2008, zjistíme že šetřit na nepravém místě se jistě nevyplatí.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout a spočítat konstrukci hřebenového těsnění a připravit podklady pro tvorbu výrobní dokumentace. V jednotlivých bodech je proveden nejen výpočet nového tj. hřebenového těsnění, ale také provedení a vyhodnocení stendových zkoušek. Na základě provedené stendové zkoušky a výsledků výpočtů lze konstatovat, že požadavky kladené na výměnu těsnění jsou splněny. Hlavním požadavkem na nové těsnění bylo odstranění velkých výrobních tolerancí, které vnašely velkou nejistotu pro úspěšné zatěsnění spoje a vytvořit systém těsnění z bezpečně fungujícím meziprostorem, pro kontrolu případných netěsností. Výpočty byly provedeny dle normy ČSN EN 1591-1.

Tato práce by mohla být podkladem pro vytvoření technické dokumentace hřebenového těsnění s expandovaným grafitem, určeného pro utěsnění EO KO VVER 1000. Návrh výrobní dokumentace je přiložen v přílohách I., II. a III.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ÚTVAR PŘÍPRAVY PERSONÁLU JE: Učební text pro přípravu personálu JE – PRIMÁRNÍ ČÁST JE VVER 1000 Díl I. – Základní zařízení primárního okruhu. Brno, říjen 2008. Kapitola 8, SYSTÉM KOMPENZACE OBJEMU, SYSTÉM YP str. 539 – 591.
- [2] RAMÍK Z., VEJVODA S.: Výpočet pevnosti, Životnosti a těsnosti přírubového spoje bloku EO KO, Brno únor 2005.
- [3] SLAVÍK M., DANIA J.: Příruby a přírubové spoje – Parametry těsnění a zkoušení vsahující se na pravidla dimenzování přírubových spojů s kruhovými přírubami, ČSN EN 13555, Praha srpen 2005.
- [4] JANÍČEK M., LUKAVSKÝ J.: Příruby a přírubové spoje – Pravidla pro navrhování těsných přírubových spojů – Část 1: Výpočtová metoda, ČSN EN 1591-1, Praha březen 2009.
- [5] LUKAVSKÝ J.: Přírubové spoje – dosažení požadované těsnosti, ČVUT v Praze, fakulta strojní, Ústav procesní a zpracovatelské techniky, Praha červen 2008
- [6] SVOBODA P.: Návrh těsnění HDR HCČ 317 v JE Paks, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 104 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Oldřich Matal, CSc.
- [7] SVOBODA P., TOMAN P.: Zpráva o průběhu zkoušek Hřebenového těsnění MI-Tes HT[®] DUO, Hrotovice 2010
- [8] GRUNDA Z.: Jaderné elektrárny v roce 2009, ČEZ 2010
- [9] <http://www.mico.cz>
- [10] <http://www.cez.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

JE	Jaderná elektrárna
ETE	Elektrárna Temelín
KO	Kompenzátor objemu
EO	Elektroohřívák
VVER 1000	Tlakovodní jaderný reaktor o výkonu 1000 MW
I.O	Primární okruh
II.O	Sekundární okruh
PG	Parogenerátor
HCC	Hlavní cirkulační čerpadlo
HPV	Hlavní pojistný ventil
BN	Barbotážní nádrž
DR	Dělicí rovina
Q_{smax}	Nejvyšší utahovací tlak který může působit na těsnění bez jeho poškození
$Q_{min(L)}$	Nejmenší utahovací tlak při montáži
$Q_{smin(L)}$	Nejmenší utahovací tlak za provozu
Q_A	Utahovací tlak při montáži
P_{QR}	Součinitel zahrnující efekt relaxace těsnění před a po dlouhodobém zatížení provozní teplotou
E_G	náhradní modul pružnosti
MKP	Metoda konečných prvků
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
BT1	Bezpečnostní třída 1
132/2008	Vyhláška o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do BT
309/2005	Vyhláška o zajištění technické bezpečnosti vybraných zařízení
AO	Autorizovaná osoba
e_g	Efektivní tloušťka těsnění

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Základní části I.O – 3D model.....	14
Obr. 2. Základní schéma I.O.....	15
Obr. 3. Systém kompenzace objemu – 3D model.....	17
Obr. 4. Průlez KO	18
Obr. 5. Kompenzátor objemu	19
Obr. 6. Dolní část KO	20
Obr. 7. Řez EO prstencem	21
Obr. 8. Elektroohřívák	22
Obr. 9. Upevnění a zatěsnění EO v plášti KO	22
Obr. 10. Detail originálního zatěsnění.....	23
Obr. 11. EO připravené k provozu.....	23
Obr. 12. Detail originální DR s uvedením výrobních tolerancí.....	25
Obr. 13. Porovnání hustot sekundárných těsnění s požadovanými limity.....	27
Obr. 14. Vizualizace hustot grafitové šňůry 6x6 mm.....	28
Obr. 15. Neřízená extruze do spáry	29
Obr. 16. Důsledek neřízené extruze.....	30
Obr. 17. Řízená extruze	30
Obr. 18. Zkušební postup.....	34
Obr. 19. Stanovení Q_{smax}	34
Obr. 20. Schéma zatěžování	35
Obr. 21. Křivka stlačování.....	35
Obr. 22. Stanovení E_G v případě tečení	35
Obr. 23. Těsnostní křivka	37
Obr. 24. Původní řešení příruby	40
Obr. 25. Nové řešení příruby	41
Obr. 26. Detail svaru.....	41
Obr. 27. Těsnostní křivka těsnění MITes HT [®] DUO.....	43
Obr. 28. Náhradní modul pružnosti E_G	43
Obr. 29. Hřebenové těsnění MITes HT [®] DUO	44
Obr. 30. Svorník EO	45
Obr. 31. Matice EO.....	45

Obr. 32. Průběh tlaku na těsnění.....	52
Obr. 33. Porovnání únosností s limitem	53
Obr. 34. Rozdělení svorníku pro výpočet prodloužení.....	54
Obr. 35. Zkušební stand.....	56
Obr. 36. Umístění měřících čidel.....	57
Obr. 37. Schéma tlakovacího přípravku	58
Obr. 38. Průběh všech tepelných cyklů	65
Obr. 39. Zkouška meziprostoru	66
Obr. 40. Druhý tepelný cyklus.....	68
Obr. 41. Třetí tepelný cyklus	69
Obr. 42. Zkouška meziprostoru	71
Obr. 43. Prodloužení svorníků.....	73
Obr. 44. Porovnání prodloužení svorníků s limitem.....	74
Obr. 45. Délka plánovaných odstávek na ETE.....	77
Obr. 46. Ztráta způsobená lidským faktorem v tis. MWh	78

SEZNAM TABULEK

tabulka 1. Složení a umístění systému	18
tabulka 2. Základní parametry KO	20
tabulka 3. Základní parametry elektroohříváků	21
tabulka 4. Definice parametrů těsnění	32
tabulka 5. Třídy netěsnosti	33
tabulka 6. Zatěžovací a odlehčovací tlaky na těsnění	36
tabulka 7. Naměřené parametry těsnění	42
tabulka 8. Modul pružnosti svorníků a matic	44
tabulka 9. Koefficient teplotní roztažnosti svorníků a matic	45
tabulka 10. Modul pružnosti a koefficient teplotní roztažnosti příruby EO KO	46
tabulka 11. Zátěžové stavy přířubového spoje	47
tabulka 12. Síly a teplotní dilatace v jednotlivých stavech	50
tabulka 13. Součinitele osové poddajnosti	50
tabulka 14. Těsnící síly	51
tabulka 15. Reálné síly a tlaky působící ve spoji	51
tabulka 16. Stupně využití únosnosti jednotlivých částí přířubového spoje	53
tabulka 17. Legenda ke značení schématu tlakovacího přípravku	59
tabulka 18. Předepsané počáteční tlaky	59

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1..	Výrobní dokumentace úpravy EO
Příloha P2..	Výrobní dokumentace Hřebenového těsnění
Příloha P3..	Instrukce pro montáž

PŘÍLOHA P I:

VÝROBNÍ DOKUMENTACE

úpravy EO KO VVER1000

OBSAH:

1. Plán kvality	14 listů
2. Plán kontrol a zkoušek	3 listy
3. Pracovní postup úpravy	3 listy
4. Výkres K1-08718	1 list

PLÁN KVALITY

Název:

Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu

Zpracoval:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
	Bc. Petr Toman	Vývoj těsnění		
Přezkoumal:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
		Ved. konstrukce		
Přezkoumal:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
		Technická podpora		
Přezkoumal:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
		Technická kontrola		
Přezkoumal:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
		Vedoucí těsnění		
Schválil:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
		Řízení kvality a svařování		
Schválil:	Jméno Příjmení	Funkce	Podpis	Dne
		Ředitel pro výrobu a jednání		
Datum vydání:				

	Evidenční číslo: PŘÍLOHA PI - PLK	Plán kvality	Strana: 2/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Změnový list a rozdělovník

Rozdělovník interní :

Útvar	Převzal	Datum	Podpis
1. Vedoucí výroby			
2. Konstrukce			
3. Technická podpora			
4. Vedoucí těsnění			
5. Technická kontrola těsnění			
6. Útvar řízení kvality			
7. Ředitel pro výrobu			

Rozdělovník externí :

Útvar	Převzal	Datum	Podpis
ČEZ, a. s., 905 006 321			

Aktualizace:

Číslo změny	Vypracoval Jméno, podpis	Důvod změny		Schválil Jméno	Platnost
		nové strany:	zrušené strany:		
01					
02					
03					
04					
05					

Seznámení:

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 3/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

OBSAH:

1.	ÚVOD	4
1.1	IDENTIFIKOVÁNÍ POTŘEBY PLÁNU KVALITY	4
2.	PŘEDMĚT PLÁNU KVALITY	4
3.	VSTUPY PRO PLÁN KVALITY	4
3.1	IDENTIFIKACE POLOŽKY	4
3.1.1	IDENTIFIKACE POLOŽKY DPS: 1(2).20G	4
3.2	STROJNÍ ČÁST	4
3.3	POŽADAVKY NOREM A PŘEDPISŮ NA POLOŽKU (V PLATNÉM ZNĚNÍ)	4
4.	CÍLE KVALITY	5
4.1	CÍL KVALITY	5
5.	ODPOVĚDNOST MANAGEMENTU	5
5.1	ODPOVĚDNOSTI MANAGEMENTU, VZTAHUJÍCÍ SE K DÍLU	5
5.2	DODAVATELSKÉ SCHÉMA	6
6.	ŘÍZENÍ DOKUMENTŮ A ÚDAJŮ	8
6.1	SYSTÉMOVÁ DOKUMENTACE VZTAHUJÍCÍ SE K DÍLU V PLATNÉM ZNĚNÍ	8
7.	ŘÍZENÍ ZÁZNAMŮ	8
7.1	DOKLADOVÁNÍ KONTROL A ZKOUŠEK	9
8.	ZDROJE	10
8.1	MATERIÁLY	10
8.2	LIDSKÉ ZDROJE	10
8.3	INFRASTRUKTURA A PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ	10
9.	POŽADAVKY	10
10.	KOMUNIKACE S OBJEDNATELEM	10
11.	NÁVRH A VÝVOJ	10
11.1	PROCES NÁVRHU A VÝVOJE	10
11.2	ŘÍZENÍ NÁVRHU A ZMĚN VÝVOJE	11
12.	NAKUPOVÁNÍ	11
13.	DODÁVKA – ÚPRAVA EO KO	11
14.	IDENTIFIKACE A SLEDOVATELNOST	11
15.	MAJETEK OBJEDNATELE	11
16.	OCHRANA PRODUKTU	11
17.	ŘÍZENÍ NESHODNÝCH PRODUKTŮ	11
18.	MONITOROVÁNÍ A MĚŘENÍ	12
18.1	ŘÍZENÍ KONTROLNÍHO, MĚŘÍCIHO A ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ	12
19.	AUDITY	12
20.	PŘEZKOUMÁNÍ A PŘIJETÍ PLÁNU KVALITY	12
21.	UPLATŇOVÁNÍ PLÁNU KVALITY	12
22.	REVIZE PLÁNU KVALITY	12
23.	SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU ZAKÁZKY	12
24.	POUŽITÉ ZKRATKY	13
25.	DEFINICE A VÝKLAD POJMŮ	13
26.	SEZNAM PŘÍLOH	14

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 4/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

1. ÚVOD

1.1 Identifikování potřeby plánu kvality

Plán kvality je zpracován za účelem plnění požadavků vyhl. SÚJB č. 132/2008 Sb. pro zařízení BT1, 309/2005 Sb. a dalších požadavků objednatele. PLK je zpracován za účelem dokladování odbornosti a kvalifikovanosti zhotovitele objednateli.

Plán kvality je zpracován Zhotovitelem pro akci: B747 - „Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu“, kde Objednatelem je ČEZ, a.s.. Plán kvality je ve shodě s požadavky držitele povolení - naplňujícími příslušné § vyhl. SÚJB č. 132/2008 Sb. BT1 a 309/2005 Sb. v rozsahu odpovídajícím provádění činností na vybraných položkách speciálně navrhovaných a doзору nad jejich kvalitou.

Tento Plán kvality popisuje provádění změny konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO a prokazování specifických požadavků na jakost Díla Zhotovitele, definovaných v KONTRAKTU – č. XXXXXXXX Objednatel. Provozovatelem zařízení je ČEZ, a.s., divize Výroba, organizační jednotka Jaderná elektrárna Temelín.

2. PŘEDMĚT PLÁNU KVALITY

Účelem díla je realizace díla B747 - „Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu“, včetně zpracování projektové, ostatní technické dokumentace, výroby a dodání hřebenového těsnění typ – MITes HT[®] HT provedení T 4135 a úpravy EO KO. Obsah plánu kvality odpovídá ČSN ISO 10005.

3. VSTUPY PRO PLÁN KVALITY

3.1 Identifikace položky

Specifikace díla je podrobně uvedena v SoD a jejich přílohách. Požadavkem je zpracování projektové, ostatní technické dokumentace a realizace akce – B747.

3.1.1 Identifikace položky DPS: 1(2).20G

Základní údaje

<i>Název akce:</i>	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu
<i>Místo realizace:</i>	JE Temelín
<i>Číslo bloku:</i>	1., 2.
<i>Umístění/místnost:</i>	GA 403 – místnosti kompenzátoru objemu
<i>Dotčené zařízení:</i>	Elektroohřívák KO
<i>Dotčené DPS:</i>	1(2).20G
<i>Projektové značení:</i>	1(2)YP10B01
<i>Médium:</i>	voda I.O.
<i>Nejvyšší prac. přetlak:</i>	17,65 MPa
<i>Nejvyšší prac. teplota:</i>	350°C
<i>SČP:</i>	II. dle TPE 10-40/1926/85
<i>Vyhláška:</i>	132/2008 Sb. - VZ BT1; 309/2005 Sb. - VZSN
<i>Aktivita / Izolace:</i>	Ano / Ano

3.2 Strojní část

Kompletní specifikace strojního zařízení je uvedena v PD-B747, RD, RD-4135/2. Použitý materiál je specifikovaný v příslušných kusovnících na výkresech. Těsnění je vyráběno dle TP MICo 4135.

3.3 Požadavky norem a předpisů na položku (v platném znění)

Jedná se o požadavky (jakostní kritéria), vyplývající z:

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 5/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

- a) Vyhl. č. 132/2008 Sb. - VZ BT1
- b) Vyhl. č. 309/2005 Sb. – VZSN – schvalovaného modulem B+F
- c) ČSN EN 10204, inspekční certifikát 3.2, dle přílohy 2 SoD
- d) ČEZ_SD_0020 a NTD A.S.I. – sekce I. - svařování
- e) NTD A.S.I. – sekce II. - materiály
- f) ČSN EN 3834-2
- g) ČSN EN ISO 14731
- h) ČSN EN ISO 4063
- i) TP MICo 4135
- j) TPE 10-40/1926/85
- k) ČSN EN 13555
- l) ČSN EN 1591-1

4. CÍLE KVALITY

4.1 Cíl kvality

Cílem kvality je provedení „Změny konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO“, které spočívá v nahrazení stávajícího řešení těsnícího uzlu v kombinaci niklový kroužek-grafitová šňůra za hřebenové těsnění MITes HT DUO.

Toto řešení odstraní problém z rozdílnými tolerancemi drážek mezi primární a sekundární částí těsnících ploch, protože hřebenové těsnění bude vloženo do jedné roviny a tím tyto problémy zmizí.

Dalším efektem tohoto řešení je snížení utahovací síly a tím zvýšení životnosti těsnících ploch. Hřebenové těsnění dále přináší řádově zvýšení těsnosti.

5. ODPOVĚDNOST MANAGEMENTU

Plánem kvality dokumentuje zhotovitel, objednateli, že je schopna zhotovit dílo v požadované kvalitě, určené vyhláškami, normami a předpisy, které jsou zapracované do projektové a ostatní dokumentace, odsouhlasené objednatelem. Úprava, zkoušení, dodávání a dokumentování díla je prováděno dle realizační dokumentace, která je v souladu se systémem zajištění kvality, který je vytvořen dle ČSN EN ISO 9001.

Certifikáty a oprávnění, jakož i platná Příručka zajištění jakosti je k nahlédnutí ve fa MICo, spol. s r.o., a tyto dokumenty jsou předávány i do ČEZ, a.s.:

- Certifikát ČSN EN ISO 9001 a ČSN EN ISO 3834-2 vystavil STAVCERT č. QMS-2231/2008 je platný do 28.07.2011.
- Na základě auditu ČEZ a.s., číslo protokolu 09/2007/CEZ z 23.05.2007. Poskytování služeb a způsobilost pro ČEZ, a.s. č.j. 28911735.

Organizační schéma společnosti je uvedeno v PJ.

Vzájemné vztahy pracovníků, kteří plánují, vykonávají, řídí, ověřují a hodnotí dotčenou akci viz **příloha č. 1: Matice odpovědnosti.**

5.1 Odpovědnosti managementu, vztahující se k dílu

Vedení společnosti

Výkonný ředitel a jednatel

Projednává zajištění firemních zdrojů a schvaluje jejich rozdělení. Schvaluje finanční plán zakázky. Podepisuje s Objednatelem SoD.

Vedoucí těsnění

Projednává s Objednatelem SoD. Odpovídá za řádný průběh realizace akce.

Řízení návrhu

Vedoucí konstrukce

zodpovídá - za zpracování PD, výpočtů, výkresové dokumentace, materiálových podkladů a TP.

Zpracování dokumentace

Vývoj těsnění

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 6/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

zpracovává PD, výpočty, výkresovou dokumentaci, materiálové podklady a TP.

Vedoucí technické podpory (útv. č. 103)

zodpovídá - za zpracování PD, PLK, PKZ, PPÚ, kontrolu a vydání dokumentace pro realizaci ČEZ-ETE (EDU).

Odborný dozor a kontrola

Zajišťuje nezávislou interní kontrolu při realizaci akce „Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO“ -Zodpovídá za zpracování DoSP, PTD.

Pracovník Metrologie

Zajišťuje provedení kontrol a revizí měřícího zařízení.

Nákup

Technická příprava

Zajišťuje nakupování položek na uvedenou akci.

Kvalifikace personálu

Personalista

Zajišťují personální obsazení pro realizaci akce.

Proces realizace

Vedoucí výroby

Řídí celkový průběh přípravy a realizace zakázky a výroby hřebenového těsnění.

Útv. řízení kvality a svařování

Odpovídá za řízení jakosti, svařování, neshod, nápravných a preventivních opatření při realizaci akce.

5.2 Dodavatelské schéma

Zhotovitel:

realizátor změny konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO.

Subdodavatelé: - pro zpracování ostatní dokumentace, výrobu hřebenového těsnění typ MITes HT - provedení T4135, zaslepovacího kolíku, svařovacího materiálu a schválení KSS

Obchodní jméno	Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o.
Sídlo	Veveří 972/95; 611 00 Brno
Dodávaná položka	Výpočty
Hodnocení dodavatele	1x ročně hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 30.06.2010
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P05 – certifikát firmy – platnost certifikátu 12/2010

Obchodní jméno	LJS, s.r.o.
Sídlo	Žižkova 1990/59; 616 00 Brno
Dodávaná položka	Testování těsnění na zařízení TEMES
Hodnocení dodavatele	1x ročně hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 04.06.2010
Certifikace, oprávnění	Příloha č. P06 – certifikát firmy – platnost certifikátu 04/2012

Obchodní jméno	VÍTKOVICE Power Engineering, a.s.
Sídlo	Ruská 2887/101; 706 02 Ostrava-Vítkovice
Dodávaná položka	Dodatek SM1001/80; Dodatek PKJ1001/80; Dodatek tech. Popisu a instalace pro provoz KO; Prac. postup montáže těsnícího uzlu EO KO; Program údržby a kontrol těsnících spojů

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 7/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Hodnocení dodavatele	1x za 2 roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 04.06.2009
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P07 – certifikát firmy – platnost certifikátu ČSN EN ISO 9001 – platnost do 31.10.2013

Obchodní jméno	Technická inspekce České republiky
Sídlo	U Balabenky 19086; 180 00 Praha 8 (PO BOX č. 107)
Dodávaná položka	Schvalování základního materiálu pro realizaci akce - AO
Hodnocení dodavatele	1x za 2 roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 01.06.2009
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P08 – autorizace firmy – platnost certifikátu bez omezení

Obchodní jméno	Český svářečský ústav s.r.o., Ostrava
Sídlo	Areál VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava-Poruba
Dodávaná položka	Kontrolní svařovací spoj (KSS) - schvalování
Hodnocení dodavatele	1x za dva roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 01.06.2009
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P09 – osvědčení osvědčení o akreditaci (ČSN EN ISO IEC 17021) – platnost 30.06.2012 osvědčení č. 263, 496

Obchodní jméno	ČEZ, a.s.
Sídlo	Jaderná elektrárna Dukovany
Dodávaná položka	Přídavný svařovací materiál
Hodnocení dodavatele	1x za 2 roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 04.06.2010
Certifikace, oprávnění	Zadavatel zakázky

Obchodní jméno	Fornaxa - těsnění spol. s r.o.
Sídlo	Březohorská 253, 261 01 Příbram VII
Dodávaná položka	Grafitová fólie pro výrobu hřebenového těsnění
Hodnocení dodavatele	1x za 2 roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 04.06.2009
Certifikace, oprávnění	Příloha č. P10 – certifikát výrobce fólie – platnost certifikátu 02/2012

Obchodní jméno	Servind s.r.o.
Sídlo	Střešovická 49, Praha 6
Dodávaná položka	Tesa Kleber 153 – lepidlo pro spojení nosné kostry s grafitovou folií
Hodnocení dodavatele	1x ročně hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 04.06.2010
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P11 – certifikát firmy – platnost certifikátu 09/2013

Obchodní jméno	Outokumpu s.r.o.
Sídlo	Záhostice 39, CZ-391 55 Chýnov
Dodávaná položka	Nerezový plech pro nosnou kostru.
Hodnocení dodavatele	1x za 2 roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 22.09.2010

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 8/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P12 – certifikát firmy – platnost certifikátu 08/2012
------------------------	--

Obchodní jméno	ŽĐAS, a.s.
Sídlo	Strojírenská 6, 59171 Žďár nad Sázavou
Dodávaná položka	základní materiál
Hodnocení dodavatele	1x ročně hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 30.06.2010
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P13 – certifikát ČSN EN ISO 9001 – platnost 10.06.2012

Obchodní jméno	Strojírenský zkušební ústav, s.p.
Sídlo	Hudcova 56b, 621 00 Brno
Dodávaná položka	Schvalování dokumentace
Hodnocení dodavatele	1x za 2 roky hodnocen odd. „Řízení kvality“ dle SM990108 – hodnocení - jako vyhovující dodavatel – hodnoceno 01.06.2009
Certifikace, oprávnění	viz příloha č. P14 – autorizace č.21/2006 a osvědčení o akreditaci č.202/2009

6. ŘÍZENÍ DOKUMENTŮ A ÚDAJŮ

Řízení systémových dokumentů řeší sm. č. 03/97. Je v ní uveden systém vytvoření dokumentů, jejich identifikace, přezkoumání, schvalování a distribuce. Dále uložení dokumentů v databázích, jakož i přístup zainteresovaných pracovníků k nim. Za řízení systémové dokumentace odpovídá správce řízené dokumentace. Seznam systémové dokumentace je uveden v PJ čl. 9. Technická dokumentace je vytvářena dle sm. č. 02/97 v útvaru konstrukce a technologie. Za vytvoření, identifikaci, přezkoumání, schvalování a distribuci odpovídá vedoucí inženýrských činností.

6.1 Systémová dokumentace vztahující se k dílu v platném znění

Číslo:	Název směrnice:
05/96	Evidence a řízení zakázek
01/97	Metrologický řád
02/97	Tvorba a řízení technické dokumentace
03/97	Řízení dokumentů a údajů
04/97	Kontrola, zkoušení
05/97	Interní audity
08/97	Údržba výrobních zařízení
09/97	Nakupování
09/98	Spisový a skartační řád
12/98	Personální práce, odpovědnosti a pravomoce pracovníků s podstatným vlivem na kvalitu EMS a BOZP
01/99	Hodnocení dodavatelů
05/99	Kontrolní operace
07/99	Řízení návrhu
01/00	Norma odborné přípravy zaměstnanců
05/00	Řízení neshod, nápravná a preventivní opatření

7. ŘÍZENÍ ZÁZNAMŮ

Záznamy, které k dílu vznikají, jsou přístupny zainteresovaným pracovníkům v elektronické podobě (soubory jsou zálohovány), jakož i v listinné podobě. Rovněž jsou takto i uchovávány.

Všechny dokumenty a záznamy budou značeny B747, v souladu s SoD - ve společnosti archivovány po dobu životnosti díla, min. však 10 let. Další postup je dle sm. č. 09/98.

Záznamy, které vznikají při realizaci díla a jejich uchování:

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana: 9/14
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Z přezkoumání smlouvy: - Řeší sm. č. 05/96 a výstupem je dokument z přezkoumání, za jehož evidenci odpovídá obchodní útvar.

Z přezkoumání návrhu: - Řeší sm. č. 07/99 . Odpovídá vedoucí inženýrských činností a výstupem je dokument z přezkoumání. Vše je uloženo v útvaru inženýrských činností.

Z nakupování – dokumenty kvality (atesty): - Uloženy u pracovníka kontroly, který je dodává do průvodní technické dokumentace.

Protokoly o kontrolách a zkouškách při úpravě a při výrobě těsnění: - Dle plánu kontrol a zkoušek jsou protokoly, uloženy u pracovníka kontroly, který je dodává do průvodní technické dokumentace.

Jako kontrolní dokumentace bude použito schválené projektové dokumentace, specifikace požadavků v objednávce, technické a dodací podmínky hřebenového těsnění a pracovní postupy úpravy. Tyto pracovní postupy úpravy obsahují jednotlivé kontrolní body a kritéria úspěšnosti jednotlivých kontrol.

7.1 Dokladování kontrol a zkoušek

Provedení jednotlivých kontrol a zkoušek prováděných při převzetí materiálu a zařízení je vždy dokladováno protokolem o kontrole. Vystavení protokolu o kontrole je rovněž předepsáno Plánem kontrol a zkoušek. Vstupní kontroly jsou dokladovány podpisem kontrolního pracovníka na příjemce materiálu a v příp. technické vstupní kontroly rovněž vystavením protokolu a zapsáním jeho čísla do příjemky.

Provedení jednotlivých kontrol a zkoušek prováděných v průběhu úpravy je zaznamenáno podpisem pracovníka provádějícího kontrolu do příslušného protokolu. Jednotlivé druhy protokolů vycházejí z PKZ platného pro danou činnost.

Zhotovitel je povinen Objednateli umožnit provedení kontroly kvality prováděných činností a pro tuto kontrolu vytvořit podmínky. Na plánované kontroly dle PKZ bude Objednatel vyzván ke kontrolním operacím 3 pracovní dny předem.

Při plnění zakázky nejsou plánovány audity u subdodavatelů.

Řešení neshod:

Dojde-li ke zjištění neshody kdykoliv v průběhu realizace Díla, musí být neshoda:

- a) Identifikována
- b) zaevidována
- c) • položka vyčleněna na vyhrazené místo (pokud je to účelné)
• označena červenou páskou (při opravách)

Pokud by byla neshoda zjištěna u položek vybraného zařízení, byla by tato neshoda do doby vyhodnocení možných následků posuzována ve smyslu krajně nepříznivého vlivu na jadernou bezpečnost dle vyhl. 132/2008 Sb. v platném znění.

Pracovníci s pravomocí k přezkoumání a vypořádání neshody:

- pracovník technické kontroly
- vedoucí útvaru, kde neshoda vznikla
- vedoucí konstrukce
- manager zakázky

Titě pracovníci, které vyzve pracovník řízení kvality, rozhodnou, zda bude položka:

- a) přepracována tak, aby splnila specifické požadavky
- b) převzata po opravě nebo bez opravy na základě udělené výjimky (SoD, SÚJB, ...)
- c) přeřazena k jinému použití
- d) zamítnuta a fyzicky zlikvidována

Za evidenci neshod, jejich přezkoumání a vypořádání, vyzývání k řešení objednatele apod. odpovídá vedoucí řízení kvality. Pokud bude neshoda z oblasti zvláštních procesů, bude vždy vyzván objednatel k jejímu řešení.

Záznamy o neshodách jsou uloženy u vedoucího řízení kvality, jakož i protokoly z nápravných a preventivních opatření. Neshoda je podrobně popsána a řešena ve sm. č. 05/00.

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana:
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Průvodní technická dokumentace:

Skutečný rozsah průvodní technické dokumentace, kterou obdrží objednatel v rámci tohoto díla, bude zkompletovaná pracovníkem kontroly a předávána objednateli (v počtu a formě) dle smlouvy v listové podobě i elektronicky.

Obsah PTD po úpravě těsnícího uzlu:

- a) Vyplněný a potvrzený program kontrol a zkoušek, včetně souvisejících protokolů a dokumentů ke KZ.

Obsah PTD vyrobeného hřebenového těsnění:

- a) Vyplněný a potvrzený program kontrol a zkoušek - je řešeno samostatnou dokumentací.

PTD je archivována v naší společnosti dle sm. č. 09/98 po dobu 10 let a po této době bude nabídnuta provozovateli.

8. ZDROJE

V rámci přípravy zakázky provedl před navržením smlouvy ředitel a jednatel fa MICo p. Denner přezkoumání dostatečnosti a dostupnosti všech potřebných zdrojů (počet a kvalifikace všech pracovníků, HW a SW prostředky, znalosti a zkušenosti s podobnými projekty, finanční krytí apod.) pro realizaci zakázky. Výsledkem přezkoumání bylo ujištění, že podnik disponuje v dostatečné míře všemi zdroji potřebnými k úspěšné realizaci zakázky.

8.1 Materiály

Veškeré potřebné části pro realizaci Akce jsou nakupovány zhotovitelem díla. Materiály jsou již dříve vytipovány, jsou specifikovány v kusovnících výkresů K1-08718.

8.2 Lidské zdroje

Pro činnosti úpravy, zkoušení a dokumentování díla není třeba získávat a zaškolovat nové pracovníky. Společnost má stabilní personál pro tyto činnosti, který je průběžně školen, dle směrnice společnosti č. Sm 01/00 a dokumentace objednatele ČEZ_SD_0017 v platném znění.

8.3 Infrastruktura a pracovní prostředí

Vlastní realizace úpravy přírub elektroohříváků KO bude provedena ve fa MICo výrobním závodě Hrotovice zajišťuje fa MICo, spol. s r.o.

9. POŽADAVKY

Pro každý konkrétní případ díla musí objednatel definovat okrajové provozní podmínky (max. teplotu, max. tlak, rozměry atd.). Uvedené podmínky musí být definovány s uvážením předpokládaných provozních a projektových poruchových a havarijních stavů.

Rozpory a nejasnosti s objednatelem řeší vedoucí těsnění ihned po přezkoumání v naší společnosti. Rozpory při realizaci jsou řešeny v montážním deníku, případně zápisem z jednání.

10. KOMUNIKACE S OBJEDNATELEM

Komunikací s Objednatelem je pověřen vedoucí těsnění – **Petr Toman** a to písemně, případně elektronicky.

Tyto dokumenty jsou založeny ve složkách, které se týkají realizace díla a jsou označeny číslem zakázky.

11. NÁVRH A VÝVOJ

11.1 Proces návrhu a vývoje

Plán návrhu a vývoje je stanoven pro realizaci zakázky v útvaru inženýrských činností na základě konkrétních požadavků objednávky nebo smlouvy. Útvar inženýrských činností vypracuje na základě zadání objednatele - návrh.

Návrh a vývoj je zpracován na základě platných norem, vyhlášek a předpisů a je s nimi v souladu s požadavky objednatele a je uveden v bodě 3.3. Ze zvláštních procesů budou realizovány pouze svařování, kontroly a zkoušení.

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana:
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Přezkoumání návrhu je standardní dle sm. č. 07/99.

11.2 Řízení návrhu a změn vývoje

Žádost o změnu návrhu může iniciovat objednatel ČEZ a.s. JE Temelín a zhotovitel MICo, spol. s r.o.. Schválení nebo zamítnutí změny bude provedeno za stejných podmínek jako původní návrh, tj. přezkoumání a schvalování. Zavedené změny budou kontrolovány dle PKZ, který bude revidován.

12. NAKUPOVÁNÍ

Nakupování materiálu i služeb je prováděno dle Sm. č. 09/97. Subdodavatelé jsou hodnoceni dle sm. č. 01/99.

Nakupované položky (kulatina pro výrobu zaslepovacího kolíku, svařovací materiál) jsou specifikovány pro BT1 v požadavcích objednatele, které jsou rozpracovány v kusovníku - v realizační dokumentaci. Součástí realizační dokumentace jsou příslušné kusovníky. Na základě objednávacího návrhu je provedeno poptávkové řízení u potencionálních dodavatelů.

Kritéria pro výběr dodavatelů jsou zejména: kvalita, termín dodávky, zkušenosti z předchozí realizované dodávky a cena.

13. DODÁVKA – ÚPRAVA EO KO

Proces dodávky je realizován podle předem zpracované a schválené realizační dokumentace RD. Dodávka je zajištěna dle systému ČSN EN ISO 9001 rozpracovaného v PJ 020107 a vyhlášek uvedených v návrhu (čl. 3.3 a kapitola 23). Úprava EO je průběžně kontrolována podle plánů kontrol a zkoušek.

Zvláštní procesy při montáži vyhl. č. 132/2008 Sb.

Při úpravě je používán zvláštní proces – svařování (kromě kontrol a zkoušek). Svar je prováděn v souladu s požadavky objednatele a je plněn dle ČEZ_SD_0020 a NTD A.S.I., sekce I. – v platném znění, příslušnými normami a vyhláškami. Před zahájením realizace změny je třeba vytvořit a vyhodnotit KSS. Svařování je prováděno v souladu s ČSN EN ISO 3834-2, tedy dle schváleného WPS. Svářeč má kvalifikaci dle ČSN EN 287-1. Svářečské práce jsou dozorovány dle ČSN EN ISO 14731 a jsou v souladu se Sm. č. 01/96. Uvedené požadavky jsou zakotveny v PKZ, a dokumenty jsou součástí RD. Použitý WPS je zpracován a odsouhlasen a je součástí RD. Na WPS je uveden WPQR a je také součástí RD. WPS použitý při realizaci zakázky je také součástí PPÚ EO. Kontrolní činnosti jsou: kontroly VT, PT, dále pak konečná zkouška za účasti AO. Jejich specifikace jsou uvedeny v PKZ, jež jsou přílohou tohoto PLK. Zde jsou uvedena i kritéria – normy, dle kterých mají být jednotlivé kontroly provedeny.

Kontrolu při realizaci úpravy EO provádějí pracovníci OTK MICo, spol. s r.o. s patřičnou kvalifikací.

14. IDENTIFIKACE A SLEDOVATELNOST

Identifikace položek je zajištěna dle specifikace objednávek a kusovníků výkresů K1-08718, K1-08763.

15. MAJETEK OBJEDNATELE

V této zakázce jsou majetkem Objednatele EO. Hřebenová těsnění pro realizaci díla „Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu“ jsou vyráběny Zhotovitelem a stávají se majetkem Objednatele po předání díla.

16. OCHRANA PRODUKTU

Balení: Při realizaci zakázky se jedná o přímou dodávku hřebenového těsnění. Hřebenová těsnění jsou dodány v originálním balení dle TP MICo 4135.

Skladování: Specifikace skladování je uvedena v TP MICo 4135.

17. ŘÍZENÍ NESHODNÝCH PRODUKTŮ

Řízení neshodných produktů je řešeno kromě PJ ve Sm. č. 05/00 a v odstavci 7.1. Neshodná položka bude dle této směrnice identifikována, vyčleněna, vypracován návrh na vypořádání neshody

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana:
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

a vypořádána. Řešení neshody probíhá vždy v součinnosti s objednatelem. Podle Sm. č. 05/00 jsou realizována i nápravná a preventivní opatření.

Označování neshodné položky je dle výše uvedené směrnice.

18. MONITOROVÁNÍ a MĚŘENÍ

Kontroly, zkoušky a kontrolní operace řeší sm. č. 04/97. Jsou prováděny v souladu se schválenými PKZ. Všechny kontroly a zkoušky jsou prováděny a vyhodnocovány v posloupnosti s pracovními postupy opravy. Je zajištěno, že není použita nekontrolovaná položka. V případě neshody se postupuje dle sm. č. 05/00.

Kontroly při úpravě EO – jsou vyspecifikovány v PKZ, – viz příloha č. 3, 4.

18.1 Řízení kontrolního, měřicího a zkušebního zařízení

Řeší směrnice č. 01/97: Metrologický řád a PJ čl. 7.6. Garantem je pověřený metrolog. Ke všem měřicím a zkušebním zařízením lze doložit dokumenty o kalibraci.

19. AUDITY

Interní audity jsou prováděny dle sm. č. 05/97 a za jejich provádění odpovídá vedoucí řízení kvality.

20. PŘEZKOUMÁNÍ A PŘIJETÍ PLÁNU KVALITY

Je v souladu s titulní stranou plánu kvality a přijetím se rozumí to že, Objednatel pouze oznámí Zhotoviteli, že Plán kvality byl odsouhlasen.

21. UPLATŇOVÁNÍ PLÁNU KVALITY

Za distribuci plánu kvality odpovídá vedoucí inženýrských činností nebo jím pověřený pracovník – viz rozdělovník na str. 2. Distribuovaná místa mají platnou verzi PLK. Za dohled nad dodržováním plánu kvality odpovídá útvar kvality.

22. REVIZE PLÁNU KVALITY

Změny v plánu kvality budou realizovány dle změnového listu (viz str. 2) výměnou stran u všech předaných „pare“ dle rozdělovníku u zhotovitele i u objednatele. Revize plánu kvality bude provedena s novým označením ‚revize‘ a výměnou celého revidovaného plánu kvality.

23. SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU ZAKÁZKY

(v platném znění)

ČSN EN ISO 4063	Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování.
ČSN EN ISO 14731	Svářečský dozor - Úkoly a odpovědnosti.
ČSN EN 287-1	Zkoušky svářečů - Tavné svařování - Část 1: Oceli.
ČSN EN 3834-2	Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů - Část 2: Vyšší požadavky na jakost.
ČSN EN 10204, atest 3.1	Kovové výrobky. Druhy dokumentů kontroly.
ČEZ_SD_0017	Příprava zaměstnanců dodavatelů JE
ČEZ_SD_0020	Svařování - požadavky na dodavatele svářečských prací
NTD A.S.I.- sekce I.	Svařování zařízení a potrubí JE typu VVER
NTD A.S.I.- sekce II.	Charakteristiky materiálů pro zařízení a potrubí JE typu VVER
TP MICo 4135	TP pro objednávání, výrobu a dodávání hřebenového těsnění pro elektroohřívák KO VVER1000.
TPE 10-40/1926/85	TP na čistotu vnitřních povrchů technologického zařízení JE typu VVER
Vyhl. č. 132/2008 Sb.	Vyhláška státního úřadu pro jadernou bezpečnost o zabezpečení jakosti při činnostech souvisejících s využíváním jaderné energie
Vyhl. č. 309/2005 Sb.	Vyhláška o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení
ČSN EN 13555	Příruby a přírubové spoje - Parametry těsnění
ČSN EN 1591-1	Příruby a přírubové spoje - Výpočtová metoda

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana:
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

24. POUŽITÉ ZKRATKY

AO	Autorizovaná osoba
BT	Bezpečnostní třída
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ČSN	Česká technická norma
DoSP	Dokumentace skutečného provedení
DPS	Dílčí provozní soubor
EN	Evropská norma
EO KO	Elektroohřívák kompenzátoru objemů
ETE	Elektrárna Temelín
EMS	Enviromentální systém managementu
HW	HARDWARE
ISO	Mezinárodní normalizační organizace
JB	Jaderná bezpečnost
JE	Jaderná elektrárna
KSS	Kontrolní svarový spoj
KZ	Konstrukční změna (konečná zkouška)
MITes HT DUO	Označení těsnění (typ)
NTD A.S.I. sekce I.	Normativně technická dokumentace. Asociace strojních inženýrů - svařování
NTD A.S.I. sekce II.	Normativně technická dokumentace. Asociace strojních inženýrů - materiál
OTK	Oddělení technické kontroly
PD	Projektová dokumentace
PJ	Příručka jakosti
PLK	Plán kvality
PKZ	Plán kontrol a zkoušek
PT	Kapilární kontrola
PTD	Průvodní technická dokumentace
RD	Realizační dokumentace
SČP	Stupeň čistoty vnitřních povrchů
SD	Sdílená dokumentace
Sm	Směrnice
SoD	Smlouva o dílo
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SW	SOFTWARE
TP(E)	Technické podmínky (energetika)
PPÚ	Pracovní postup úpravy
VVER	Typ reaktoru
VT	Vizuální kontrola
VZ	Vybraná zařízení
VZSN	Vybraná zařízení speciálně navrhovaná
WPS	Postup svařování
WPQR	Kvalifikační protokol o postupu svařování
ZP	Zadání projektu

25. DEFINICE A VÝKLAD POJMŮ

Obchodní smlouva

znamená úplnou a konečnou dohodu uzavřenou mezi objednatelem a zhotovitelem, podepsanou oběma stranami, včetně všech jejich příloh, dodatků a změn a všech dokumentů, které jsou součástí smlouvy nebo objednávky.

Dílo – zakázka

dílem se rozumí souhrn věcí, prací a služeb provedených zhotovitelem podle specifikací a podmínek, které vyplývají ze smlouvy nebo objednávky.

	Evidenční číslo: Příloha PI - PLK	Plán kvality	Strana:
	Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO kompenzátoru objemu		Počet příloh:

Objednatel

znamená právní osobu objednávající dílo, uvedenou jako takovou ve smlouvě nebo objednávce.

Provozovatel


znamená právní osobu provozující dílo.


Zhotovitel

znamená právní osobu uvedenou jako takovou ve smlouvě, jejíž nabídka byla přijata objednatelem.

26. SEZNAM PŘÍLOH

Ve výrobní dokumentaci uvést skutečný seznam příloh.

Zhotovitel: (dodavatel LC)		 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická			Plán kontrol a zkoušek (strojní části a hermetická obálka)			Číslo: PŘÍLOHA PI - PKZ		Strana : 1 z 3
Projektové označení: 1.20G								Smlouva / objednávka / PP č.:	Název položky (dílo, zařízení, výrobek): Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO	
Vyhlášky: 132/2008 Sb., BT1, 309/2005 Sb.					TP MICo XXXX					
Veškeré operace musí být prováděny dle dokumentace v platném znění										
Pořadové číslo	Operace v postupu	(1) Druh a rozsah kontroly / zkoušky	(2) Norma Předpis Kritérium přijatelnosti	(3) Typ záznamu	(4,5) Realizátor kontroly	Kontrolu / účast provádí:			Vyhodnocení / číslo protokolu	
						(6,7) Zhotovitel (dod. LC)	(7,9) Odběratel ČEZ, a.s.	(8,9) Nezávislý dohled		
1.		Seznámení a kontrola dokumentace	PD-B747, RD-4135/1 ČEZ_SD_0020	PR;PPÚ	ŘJ		H	AO H-TB		
2.	1.2	Kontrola provedení a vyhodnocení KSS	ČEZ_SD_0020	PR	SD		W-ST	H-TB		
3.	1.3	Vstupní kontrola dodávaného materiálu, vizuální kontrola stavu zařízení po přepravě	Objednávka, SM 970406, Výkres č. K1-08718	PR	ŘJ					
		Kontroly – zahájení práce								
4.	3.2	Kontrola označení osy otvoru	Výkres č. K1-08718	PPÚ	VPS					
5.	3.5	Kontrola rozměrů zaslepovacího kolíku	Výkres č. K1-08718	PR	ŘJ					
		Kontrola před svařováním								
6.	3.6	Kontrola postupu svařování	WPS 377/2010/M	PPÚ	SD		H-SD	W-TB		
7.	3.7	Kontrola kvality přídavných materiálů	NTD ASI SEKCE I.	PPÚ	SD					
8.	3.8	Kontrola kvalifikace svářečů	ČSN EN 287-1, NTD ASI SEKCE I.	PPÚ	SD					
9.	3.9	Kontrola svářecího zařízení pro sestavení a svařování	dle WPS 377/2010/M	PPÚ	SD					
10.	3.10	Kontrola kvality přípravy pro svařování	dle WPS 377/2010/M, Výkres č. K1-08718 ČEZ_SD_0020	PPÚ	SD,ŘJ					
		Kontroly – realizace práce								
11.	4.1	Vizuální kontrola-100% sestavovaných dílců na mechanické poškození	Celistvost - bez trhlin, rýh	PPÚ	ŘJ					

Zhotovitel: (dodavatel LC)		<h2 style="text-align: center;">Plán kontrol a zkoušek</h2> <p style="text-align: center;">(strojní části a hermetická obálka)</p>				Číslo: PŘÍLOHA PI - PKZ		Strana : 2 z 3	
 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická						Příloha k: PPÚ - XXXX/1			
Projektové označení: 1.20G		Smlouva / objednávka / PP č.:		Název položky (dílo, zařízení, výrobek): Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO		Technická a výkresová dokumentace: K1-08718			
Vyhlášky: 132/2008 Sb. BT1, 309/2005					TP MICo XXXX				
Veškeré operace musí být prováděny dle dokumentace v platném znění									
Pořadové číslo	Operace v postupu	(1) Druh a rozsah kontroly / zkoušky	(2) Norma Předpis Kritérium přijatelnosti	(3) Typ záznamu	(4,5) Realizátor kontroly	Kontrolu / účast provádí:			Vyhodnocení / číslo protokolu
						(6,7) Zhotovitel (dod. LC)	(7,9) Odběratel ČEZ, a.s.	(8,9) Nezávislý dohled	
12.	4.2	Kontrola čistoty otvoru EO a zaslepovacího kolíku před sestavením	TPE 10-40/1926/85 SČP II	PR	ŘJ				
		<u>Kontrola kvality v průběhu svařování a navařování</u>							
13.	4.6	Kontrola kvality svařování a navařování	WPS 377/2010/M	PPÚ	SD		H-SD	AO H-TB	
		<u>Kontrola po svařování</u>							
14.	4.7	Kontrola značení svarů	dle ČEZ_SD_0020 Výkres č. K1-08718	PPÚ	SD				
15.	4.8	Vizuální a rozměrová kontrola svaru -100%	WKF-4135/1	PR	ŘJ				
		<u>Kontrola – realizace práce - obrábění</u>							
16.	5.4	Vizuální kontrola těsnící plochy víka EO po obrobení - 100%	PKJ 1001/80	PR	ŘJ				
17.	5.5	Kapilární kontrola těsnící plochy víka EO – 100%	PKJ 1001/80	PR	ŘJ		W		
18.	5.6	Zkouška těsnosti svaru dle postupu č. TP-TZ-4135	Přetlak 3,6 MPa; médiu- argon	PR	ŘJ		W		
19.	5.10	Kontrola průchodnosti nového otvoru organizovaného úniku tlakovým vzduchem	Výkres č. K1-08718	PPÚ	VPS				
20.	5.11	Kontrola rozměrů nového otvoru organizovaného úniku	Výkres č. K1-08718	PR	ŘJ				
21.	8.	Kontrola dokumentace svařování skutečného stavu	dle ČEZ_SD_0040	PR	SD,ŘJ		H-OTK	W-TB	
22.	9.	Konečná zkouška - OTK MICo +OTK ETE, AO	RD-4135/1, SKZ-4135/1, ČEZ_SD_0040	PR	ŘJ		H	AO H-TB	

Zhotovitel: (dodavatel LC)  Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická	Plán kontrol a zkoušek (strojní části a hermetická obálka)	Číslo: PŘÍLOHA PI - PKZ Příloha k: PPÚ - XXXX/1	Strana : 3 z 3
--	--	--	----------------

Projektové označení: 1.20G	Smlouva / objednávka / PP č.:	Název položky (dílo, zařízení, výrobek): Změna konstrukčního uspořádání uzlu těsnění EO KO	Technická a výkresová dokumentace: K1-08718
--------------------------------------	-------------------------------	--	---

Vyhlášky: 132/2008 Sb. BT1, 309/2005	TP MICo XXXX
---	---------------------

Veškeré operace musí být prováděny dle dokumentace v platném znění

Pořadové číslo	Operace v postupu	(1) Druh a rozsah kontroly / zkoušky	(2) Norma Předpis Kritérium přijatelnosti	(3) Typ záznamu	(4,5) Realizátor kontroly	Kontrolu / účast provádí:			Vyhodnocení / číslo protokolu
						(6,7) Zhotovitel (dod. LC)	(7,9) Odběratel ČEZ, a.s.	(8,9) Nezávislý dohled	
23.	11	Vizuální kontrola uložení EO před expedicí		PR	ŘJ				
24.									

<p>(1) Druh kontroly : VsK - vstupní kontrola MO - mezioperační kontrola VY - výstupní kontrola TZ, ZT - tlaková zkouška, zkouška těsnosti tlakem KZ - konečná zkouška VTP - vizuální kontrola přímá VT - zkoušení vizuální (s vyloučením přímé VK bez pomůcek a VK prov. v průběhu jiné NDT metody) VP - vizuální prohlídka RK - rozměrová kontrola měřením RT - kontrola prozářením UT - kontrola ultrazvukem LT - zkoušení netěsností (s vyloučením zk. tlakem vody) PT - kapilární zkouška MT - magnetická zkouška prášková ET - zkoušení vířivými proudy a rozptylovými toky ME - měření elektrických veličin MI - měření izolačních vlastností (1) Rozsah kontroly : - 100 % kontrola - statistická kontrola (např. 5 %)</p>	<p>(3) Typ protokolu/záznamu o provedení PR - protokol (včetně označení) PA - pasport (včetně identifikace) Z - záznam (v knize kontrol apod. včetně identifikace) PPÚ – pracovní postup úpravy (4) Realizátor - kontrola zajišťovaná jiným subjektem, než je zhotovitel (např. firma Tediko, s.r.o.) - vyznačit kód (pokud existuje) např. - kódy prac. skupin fy. Tediko, s.r.o. : CV1 = Defektoskopie CV2 = Revize TZ, konečné zkoušky 5) Odpovědný pracovník : SD - svařovací dozor SV - svařeč T - technolog S - skladník M - mistr ORJ / ŘJ- pracovník odboru řízení jakosti OTK – pracovník technické kontroly RE - revizní technik elektro RTN – revizní technik tlakových zařízení VPS - vedoucí pracovní skupiny TP - technik přípravy</p>	<p>(6) Zhotovitel (dod. LC) – může být dodavatel údržby LC, nebo jiný smluvní dodavatel (7) Odběratel - např. : SÚ, TkaD JE, PaRP, apod. - vyznačit kód (pokud existuje) např. - kódy prac. skupin TK JE : K12 = Speciální technika K21 = Revize TN + související konečné zkoušky K31 = TK - strojní, montáž (8) Nezávislá třetí strana - např. : SÚJB, AO, IO, odbor TB Jiné zkratky : SÚJB - Státní úřad pro jadernou bezpečnost TK JE - odbor technická kontrola JE SÚ - odbor Strojní údržba útv. TB - odbor Technická bezpečnost PaRP - sekce Příprava a realizace projektů</p>	<p>(9) Způsob účasti : W - Witness Point – svědečný/ověřovací bod odběratelské kontroly dodavatele LC, odběratele (ČEZ, a.s.), nebo třetí strany. Subjekt (firma, útv. osoba), který si tento bod v PKZ vyznačí, musí být informován o termínu kontroly v dostatečném předstihu. Realizátor kontroly nemá povinnost čekat na uvedený subjekt a může zahájit kontrolu bez něj. Zpětně již tato kontrola není potvrzována, ani opakována. H - zádržný bod (Hold Point) – subjekt (firma, útv. osoba), který si tento bod v PKZ vyznačí, musí být informován o termínu kontroly v dostatečném předstihu včetně toho, že se jedná o zádržný bod. Realizátor kontroly má povinnost čekat na uvedený subjekt. Bez jeho účasti nelze kontrolu provést a pokračovat v dalších činnostech, jeho účast je dokladována. C – bod posouzení s předáním záznamů/protokolů, posouzení úplnosti a správnosti záznamů u protokolů vydaných do tohoto bodu. Subjekt(firma, útv. osoba), který si tento bod v PKZ vyznačí, musí být informován o provedené kontrole a vyzván ke kontrole dokumentace.</p>
---	---	--	---

	Za zhotovitele zpracoval: Technik přípravy - TP	Za zhotovitele předepsal: Svařovací dozor - SD	Za zhotovitele přezkoumal a schválil: ORJ	Za zhotovitele/dodavatele LC přezkoumal a schválil:	Za ČEZ, a.s. a odbor PoZ přezkoumal a schválil:	Odsouhlasil za ČEZ, a.s. a odbor TB
Jméno	Bc. Petr Toman					
Datum	5.5.2011					
Podpis						

Název zařízení:	Víko elektroohříváku KO VVER 1000	Umístění:	GA 403	TP/kat.:	
Projekt. číslo:	1.YP10B01	Výrob. číslo:		PP č.:	z.č.
Rozměr:		Materiál:		PN:	17,65 MPa
				Médium:	voda I.O.
				T:	350°C

DOZOR JAKOSTI zařízení dle: ~~18/79, 21/79,~~ **132/08, BT1, 309/05,**
STUPEŇ ČISTOTY vnitřních povrchů dle TPE 10-40/1926/85 stupeň č: **II.**

Číslo kroku	TEXT	SOUČINNOST:			Nh
		datum	jméno	podpis	
	<p><u>Upozornění:</u> Dodržovat bezpečnostní předpisy: ČSN 05 0600, ČSN 05 0601, ČSN 05 0610, ČSN 05 0630, vyhl. 87/2000 Sb., ČEZ_SD_0020 – Svařování. Požadavky na dodavatele svářeckých prací. ČSN EN 287-1, NTD ASI sekce 1. Stav zařízení před opravou: odstaveno, zajištěno, zdrenážováno. Veškeré operace musí být prováděny dle dokumentace v platném znění.</p>				
1.1	Příprava na akci: seznámení se s PD,RD, PPÚ, poučení o BOZP, zahájení práce do montážního denníku (MD).				
1.2	Kontrola provedení a vyhodnocení KSS – svařovací dokumentace				
1.3	Kontrola zařízení a materiálu -vstupní kontrola zařízení po přepravě (proj.číslo) -ŘJ -vstupní kontrola dodávaného materiálu - ŘJ				
1.4	Ukázat pracoviště– používat pouze vyznačených cest.				
1.5	Ohraničení pracoviště červenobílou výstražnou páskou kolem celého pracoviště (velikost ohraničeného prostoru dle vyhl. 87/2000 Sb.) a vyplněnou tabulkou „Označení pracoviště“ dle Směrnice ČEZ-ETE.				
1.6	Počet pracovníků a sestavení pracovní skupiny je zaznamenán v MD.				
1.7	Umístit EO do ohraničeného prostoru.				
2.	<u>Seznámení se s dokumentací.</u>				
3.	<u>Zahájení práce – úprava víka elektroohříváku.</u>				
3.1	Označit přesnou polohu osy stávajícího otvoru na vnější válcovou plochu příruby EO.				
3.2	Kontrola označení osy otvoru -VPS.				
3.3	Vyrobít zahloubení pro těsnící svar ve stávajícím otvoru.				
3.4	Vyrobít zaslepovací kolík dle výkresu č. K1-08718 – odměření stávajícího otvoru na přírubě EO.				
3.5	Kontrola rozměrů zaslepovacího kolíku - ŘJ <u>Kontrola před svařováním.</u>				
3.6	Kontrola postupu svařování – WPS 377/2010/M – SD.				
3.7	Kontrola kvality přídavných materiálů - SD.				
3.8	Kontrola kvalifikace svářečů – dle PKZ – SD.				

Číslo kroku	TEXT	SOUČINNOST:			Nh
		datum	jméno	podpis	
3.9	Kontrola stavu svářecího zařízení pro sestavení a svařování - SD .				
3.10	Kontrola kvality přípravy pro svařování - SD.				
4.	<u>Realizace práce-sestavní a svařování – úprava víka elektroohříváku.</u>				
4.1	Vizuální kontrola – 100% sestavovaných dílů na mechanické poškození-ŘJ.				
4.2	Kontrola čistoty otvoru EO a zaslepovacího kolíku - SČP II. Dle plánu kontrol a zkoušek PKZ - ŘJ.				
4.3	Vložit zaslepovací kolík do otvoru organizovaného úniku dle výkresu č. K1-08718. NELISOVAT!!!				
	<u>Kontrola kvality a průběhu svařování a navařování</u>				
4.4	Zavařit zaslepovací kolík – těsnící svár dle WPS 377/2010/M.				
4.5	Označení svaru na čelní plochu víka dle ČEZ_SD_0020.				
4.6	Kontrola kvality v průběhu svařování – SD.				
	<u>Kontrola po svařování.</u>				
4.7	Kontrola značení svarů dle PKZ- SD.				
4.8	Vizuální kontrola svaru - 100% dle WKFa plánu kontrol PKZ - ŘJ.				
5.	<u>Realizace práce-obrábění – úprava víka elektroohříváku.</u>				
	Požadavky pro obrobení: - drsnost povrchu Ra 3,2μ - rovinnost po obrobení max. 0,1 mm, na mezikružích ø230/ ø282 mm				
5.1	Upnout na soustruh a vyrovnat rovnoběžnost těsnící plochy pomocí číselníkového úchytkoměru na hodnotu 0,02 mm.				
5.2	Obrobit těsnící plochu víka EO - pero dle výkresu č. K1-08718. Postup obrobení - max. úběr: 1 vrstva – 1mm, další vrstvy 0,5 mm a poslední vrstva 0,3 mm. Důvod postupného obrábění – možnost vyhřátí materiálu.				
5.3	Obrobení těsnící plochy víka s návarem (max. úběr 0,3mm). Postup obrobení - max. úběr: 1 vrstva – 0,1 mm, další vrstva 0,1 mm a poslední vrstva 0,1 mm.. Důvod postupného obrábění – možnost vyhřátí materiálu.				
5.4	Vizuální kontrola těsnící plochy víka EO – 100% - ŘJ.				
5.5	Kapilární kontrola těsnící plochy víka EO – 100% - ŘJ.				
5.6	Zkouška těsnosti svaru dle postupu č. TP-TZ-4135: přetlakem 3,6 MPa; médium - argon				
5.7	Demontovat ze soustruhu. Značit polohu nového otvoru organizovaného úniku. Upnout na horizontální vyvrtávačku, vyrovnat.				
5.8	Vyvrtat šikmý otvor pro měření organizovaného úniku dle výkresu č. K1-08718.				
5.9	Provedení vyčištění a odstranění špon z provedené operace 5.8				

PŘÍLOHA P II:

VÝROBNÍ DOKUMENTACE

Výroby Hřebenového těsnění pro EO KO VVER1000

OBSAH:

1. Plán kontrol a zkoušek	4 listy
2. Technologický postup výroby NH	1 list
3. Technologický postup výroby GO	1 list
4. Technologický postup měření NH	1 list
5. Technologický postup měření GO	1 list
6. Technologický postup sestavení	2 listy
7. Technologický postup balení	2 listy
8. Výkres K1-08718	1 list

PLÁN KONTROL A ZKOUŠEK:
INSPECTION & TEST PLAN

Plán č.: **PKZ - XXXX - 0**
I & T plan No.:

Počet stran / No. of pages

Strana / Page

4

1


Název/ Name: **Hřebenové těsnění pro
elektroohřívák KO VVER 1000**

Č. zak./Order No.:

Za/On behalf of MICO, spol. s r. o.:	Jméno/Name	Datum/Date	Podpis/Signature	
Vypracoval/Made by:	Bc. Petr Toman	07/2010		
Ověřil/Checked by:		07/2010		
Schválil/Approved by:		07/2010		

Za odběratele/On behalf of customer:

Přezkoumal/Checked by:				
Odsouhlasil/Approved by:				

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická		PLÁN KONTROL A ZKOUŠEK: INSPECTION & TEST PLAN				Plán č.: PKZ - XXXX - 0 I & T plan No.:			Počet stran / No. of pages 4		Strana / Page 2		
Název sestavy Assembly dwg. name: HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ EO KO VVER 1000		Č. výkr. sestavy (Poz.) Assembly dwg. No. (Item): K3 – 08703 – 0		Číslo zakázky Job No.:		Výrobní číslo Serial No.:		DRUH KONTROL CHECK TYPES: I Kontrola při výrobě Check during manufact. O Odběratel / Client IO Inspekční orgán Inspection authority P protokol / protocol TK protokol v anglickém jazyce protocol in English			ÚROVEŇ KONTROL CHECK LEVEL: SD Dozor svařování Welding supervisor VP Vedoucí práce/Job manager M Mistr/Foreman VS Vedoucí střediska Department manager ŘJ Odd. technické kontroly Technical inspection department		
Název součásti Name of Part: HŘEBEN PRO ELEKTROOHRÍVÁK KO VVER 1000		Č. výrobního výkresu Detail dwg. No.: K3 – 08704 – 0		Předpisy Standards: Vyhl. 309/2005 Sb. a 132/2008 Sb. – BT 1									
Číslo No.*)	Popis Description	Předpis,norma Regulation, standard	Kontroly Check			Ověřování st. kontroly jméno, datum, zn. Inspection level test, name, date, mark			Číslo protokolu Report No.	P	TK		
			I	O	IO	I	O	IO					
E 001/1	Kontrola dokumentace - úplnost dokumentace před výrobou	VD-XXXX											
E 003/1 E 002/1	Vstupní kontrola materiálu, značení materiálu - nosný hřeben (TPV-NH-XXXX-K1) Kontrola rovinnosti (TPV-NH-XXXX-K2)	TP MICo XXXX -odst.3.3							VKM-P-XXXX/..	X			
E 003/2	Vstupní kontrola materiálu - grafitové obložení (TPV-GO-XXXX-K1)	ČSN ISO 2768-K							VKM-EG-XXXX/..	X			
E 301/1	Vizuální kontrola plochy grafitového obložení (fólie) na mechanické poškození před výrobou (TPV-GO-XXXX-K2)	TP MICo XXXX -odst.4.2.1											
E 401/1	Kontrola rozměrů - nosný hřeben (TPV-NH-XXXX-K3)	TPM-NH-XXXX ČSN ISO 2768-m							PRK-NH-XXXX/..	X			
R – Posuzovací bod / Review point		H – Zádržný bod / Hold point		W – Ověřovací bod / Witness point			X – Požadován protokol/Protocol required			Kopie č. Copy No.			

*) číslo operace dle sm. č. 05/99

PLÁN KONTROL A ZKOUŠEK: INSPECTION & TEST PLAN

Číslo No.	Popis Description	Předpis,norma Regulation, standard	Kontroly Check			Ověřování st. kontroly jméno, datum, zn. Inspection level test, name, date, mark			Číslo protokolu Report No.	P	TK
			I	O	IO	I	O	IO			
E 401/2	Kontrola rozměrů - grafitové obložení (TPV-GO-XXXX-K3)	TPM-GO-XXXX ČSN ISO 2768-m DIN 28091-1	ŘJ						PRK-GO-XXXX/.	X	
E 301/2	Vizuální kontrola - nosný hřeben - 100% (TPV-NH-XXXX-K4)	TP MICo XXXX -odst.4.2.1	ŘJ						VIZ-NH-XXXX/..	X	
E 301/3	Vizuální kontrola - grafitové obložení - 100% (TPV-GO-XXXX-K4)	TP MICo XXXX -odst.4.2.1	ŘJ						VIZ-GO-XXXX/..	X	
E 002/2	Kontrola značení - nosný hřeben (TPV-NH-XXXX-K5)	TP MICo XXXX -odst.4.2 a 5, výkres	ŘJ						PZN-XXXX/..	X	
E 003/3	Vstupní kontrola materiálu - lepidlo (TPS-XXXX-K1)	TP MICo XXXX -odst.3.3	ŘJ						VKM-L-XXXX/.	X	
E 441/1	Kontrola čistoty povrchu před sestavením - nosný hřeben (TPS-XXXX-K2)	TPE 10-40/1926/85 - SČP II	ŘJ						PCP-NH-XXXX/..	X	
E 441/2	Kontrola čistoty povrchu před sestavením - grafitové obložení (TPS-XXXX-K3)	TPE 10-40/1926/85 - SČP II	ŘJ						PCP-GO-XXXX/..	X	
E 301/4	Vizuální kontrola - nosný hřeben - 100% (TPS-XXXX-K4)	TP MICo XXXX -odst.4.2.1	ŘJ						VIZ-NH-XXXX/..	X	
E 301/5	Vizuální kontrola - grafitové obložení - 100% (TPS-XXXX-K5)	TP MICo XXXX -odst.4.2.1	ŘJ						VIZ-GO-XXXX/..	X	
E 015	Kontrola jednotlivých dílů před sestavením (TPS-XXXX-K6)	TP MICo XXXX -odst.4.2 výkres	ŘJ						KJD-XXXX/..	X	
E 441/3	Kontrola čistoty povrchu po sestavení hřebenového těsnění (TPS-XXXX-K7)	TPE 10-40/1926/85 - SČP II	ŘJ						PCP-HT-XXXX/..	X	

PLÁN KONTROL A ZKOUŠEK: INSPECTION & TEST PLAN

Plán č.: **PKZ - XXXX - 0**
I & T plan No.:

Počet stran / No. of pages
4

Strana / Page
4

Číslo No.	Popis Description	Předpis,norma Regulation, standard	Kontroly Check			Ověřování st. kontroly jméno, datum, zn. Inspection level test, name, date, mark			Číslo protokolu Report No.	P	TK
			I	O	IO	I	O	IO			
E 001/2 E 401/3 E 301/6	Celková kontrola hotového výrobku (TPS-XXXX-K8)	TP MICo XXXX -odst.4.2 výkres	ŘJ	H					PCK-XXXX/..	X	
E 371	Konečná zkouška hřebenového těsnění dle Vyhl. 309/2005 Sb. 132/2008 Sb. – BT 1 (TPS-XXXX-K9)	TP MICo XXXX -odst.4.2 SDS-XXXX	ŘJ	H	H				PSZ-XXXX/..	X	
E 301/7	Vizuální kontrola hřebenového těsnění před balením na mechanické poškození - 100% (TPB-XXXX-K1)	TP MICo XXXX -odst.4.2.1	ŘJ								
E 301/8	Vizuální kontrola zabalení hřebenového těsnění - 100% (TPB-XXXX-K2)	TP MICo XXXX -odst.8	ŘJ								
E 002/3	Kontrola značení na obalu hřebenového těsnění (TPB-XXXX-K3)	TP MICo XXXX -odst.5 a 8,	ŘJ						PZN-XXXX/..	X	
E 002/4	Kontrola značení na kartónovém obalu (TPB-XXXX-K4)	TP MICo XXXX -odst.5 a 8,	ŘJ						PZN-XXXX/..	X	

TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY				TPV - NH - XXXX	0
Běžné č..	Název akce	HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHRÍVÁK KO VVER 1000		Vypracoval: Toman	
				Schválil:	
Počet ks	Název dílu	Číslo výkresu	Pozice	Garant OTK:	
	Nosný hřeben	K3-08704		Garant svař. dozor:	
Výchozí materiál: P6 (P10) - (rozměr a mat. dle výkresu)				Úroveň kontrol	
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ⁻ dělník VP ⁻ ved.práce OTK ⁻ odd.tech.kontroly IO ⁻ inspek.orgán	
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB T'	Datum Pozn. Podpis
K1		Vstupní kontrola materiálu, značení materiálu - OTK dle TP MICo XXXX odst.3.3 - protokol VKM-P-XXXX/... (kontrola č. E 003/1 a E 002/1)			
1		Vyříznout mezikruží z plechu s přídavkem dle výkresu			
2		Přenos značení materiálu - pořadové číslo+zakázkové číslo (nesmazatelným popisem), přenos tavby do dokumentace			
K2		Kontrola rovinnosti			
3		Upnout - obrobit vnitřní ϕ a vnější ϕ dle výkresu			
4		Přepnout za vnitřní ϕ do přípravku, přerovnat tloušťku			
5		Soustružit hotově tvar z jedné strany dle výkresu			
6		Přepnout, soustružit hotově tvar z druhé strany dle výkresu			
7		Průběžně provádět mezi jednotlivými operacemi kontrolu soustružených rozměrů a značení nesmazatelným popisem (samokontrola - dělník)			
8		Provést značení dle výkresu (mikrouder)			
K3		Kontrola rozměrů - OTK - dle výkresu, způsob měření TPM-NH-XXXX, protokol PRK-NH-XXXX/... (kontrola č. E 401/1)			
K4		Vizuální kontrola - 100% - OTK - kontrola plochy nosného hřebene po výrobě na mechanické poškození – dle TP MICo XXXX odst.4.2.1- protokol VIZ-NH-XXXX/... (kontrola č. E 301/2)			
K5		Kontrola značení - OTK - dle výkresu, protokol PZN-XXXX/... (kontrola č. E 002/2)			

TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY				TPV - GO - XXXX	0
Běžné č.	Název akce	HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHRÍVÁK KO VVER 1000		Vypracoval: Toman	
				Schválil:	
Počet ks	Název dílu	Číslo výkresu	Pozice	Garant OTK:	
	Grafitové obložení	K3-08703	2	Garant svař. dozor:	
Výchozí materiál: grafitová folie tl. 0,75				Úroveň kontrol	
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ⁻ dělník VP ⁻ ved.práce OTK ⁻ odd.tech.kontroly IO ⁻ inspek.orgán	
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB' T'	Datum
				Pozn.	Podpis
K1		Vstupní kontrola materiálu - OTK - dle TP MICo XXXX odst. 3.3, protokol VKM-EG-XXXX/... (kontrola č. E 003/2)			
1		Přenést značení grafitu			
K2		Vizuální kontrola plochy folie na mechanické poškození před výrobou - VP - dle TP MICo XXXX odst. 4.2.1 protokol VIZ-GO-XXXX/... (kontrola č. E 301/1)			
2		Ustříhnout polotovary pro výrobu obložení			
3		Vyříznout mezikruhové obložení na řezacím plotru ARISTO z grafitové folie příslušné tloušťky, dle výkresu.			
K3		Kontrola rozměrů - OTK - dle výkresu, způsob měření TPM-GO-XXXX, protokol PRK-GO-XXXX/... (kontrola č. E 401/2)			
K4		Vizuální kontrola - 100% - OTK - kontrola plochy grafitového obložení po výrobě na mechanické poškození - dle TP MICo XXXX odst. 4.2.1 – protokol VIZ GO-XXXX/... (kontrola č. E 301/3)			

TECHNOLOGICKÝ POSTUP MĚŘENÍ				TPM - NH - XXXX		0	
Běžné č.	Název akce HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHRÍVÁK KO VVER 1000			Vypracoval: Toman			
				Schválil:			
Počet ks	Název dílu Nosný hřeben	Číslo výkresu K3-08704	Pozice	Garant OTK:			
				Garant svař. dozor:			
Výchozí materiál: P 6 nebo P 10 - mat. dle výkresu				Úroveň kontrol			
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ⁻ dělník VP ⁻ ved.práce OTK ⁻ odd.tech.kontroly IO ⁻ inspek.orgán			
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB' T'	Datum	Pozn.	Podpis
		Používat měřidla splňující podmínky článku 5.3 metrologického řádu					
K1		<u>Měření tvaru kostry - OTK</u> Posuvným měřítkem kontrolovat vnější a vnitřní průměr. Kontrolu provádět způsobem označeným v protokolu rozměrové kontroly PRK-NH-XXXX/..., naměřené hodnoty zaznamenat (kontrola č. E 401/1)					
K2		<u>Měření hloubky hřebene - OTK</u> Číselníkovým úchylkoměrem s nastavcem ve tvaru hrotu a s přípravkem pro uchycení číselníkového úhloměru provést měření hloubky drážky. Kontrolovat drážku způsobem označeným v protokolu rozměrové kontroly PRK-NH-XXXX/..., naměřené hodnoty zaznamenat (kontrola č. E 401/1)					
K3		<u>Měření celkové tloušťky přes hřebeny - OTK</u> Mikrometrem měřit způsobem označeným v protokolu rozměrové kontroly PRK-NH-XXXX/..., naměřené hodnoty zaznamenat (kontrola č. E 401/1)					

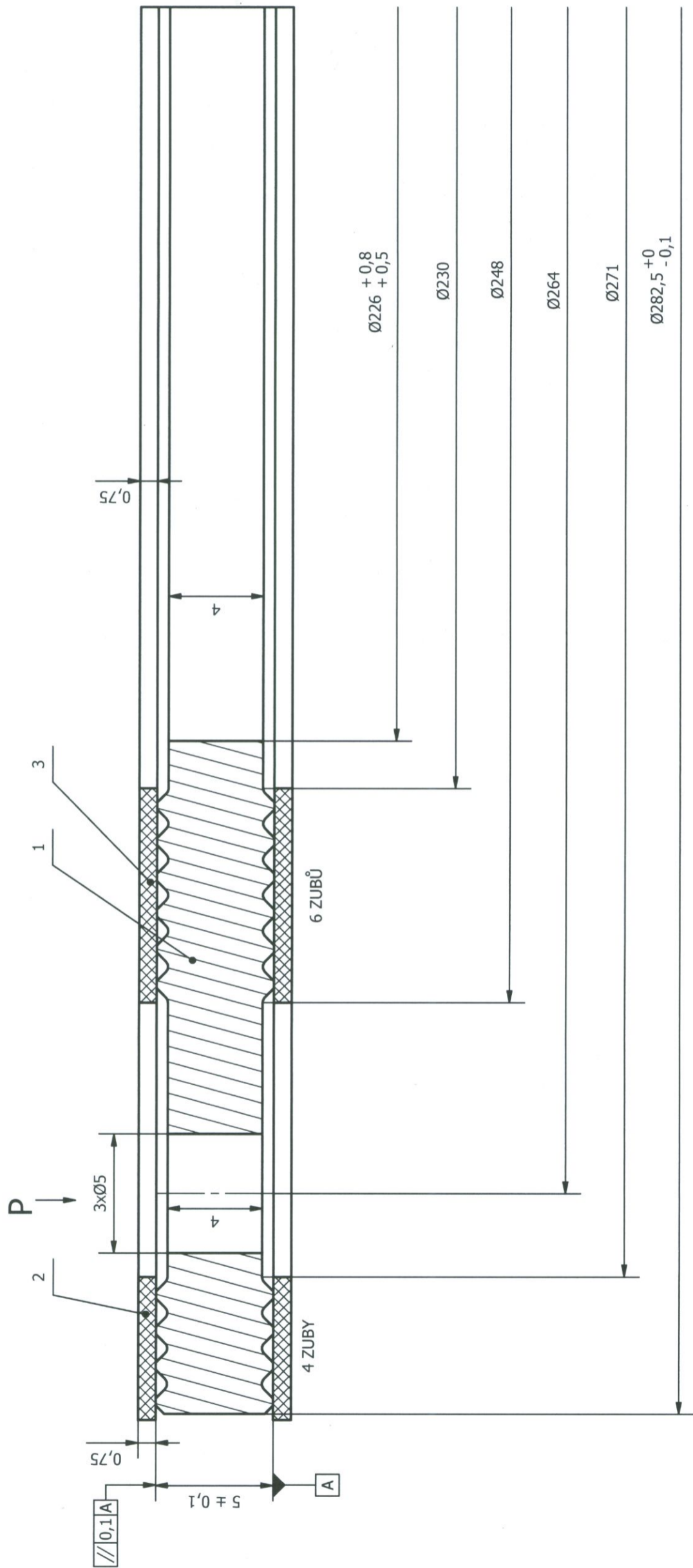
TECHNOLOGICKÝ POSTUP MĚŘENÍ				TPM - GO - XXXX		0	
Běžné č.	Název akce HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHŘÍVÁK KO VVER 1000			Vypracoval: Toman			
				Schválil: Toman			
Počet ks	Název dílu Grafitové obložení	Číslo výkresu K3-08703	Pozice 2	Garant OTK:			
				Garant svař. dozor:			
Výchozí materiál: grafitová folie tl. 0,75				Úroveň kontrol			
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ⁻ dělník VP ⁻ ved.práce OTK ⁻ odd.tech.kontroly IO ⁻ inspek.orgán			
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB T	Datum	Pozn.	Podpis
		Používat měřidla splňující podmínky článku 5.3 metrologického řádu					
K1		<u>Měření rozměrů a tvaru - OTK</u> Posuvným měřítkem kontrolovat tloušťku obložení. Kontrolu provádět způsobem označeným v protokolu rozměrové kontroly PRK-GO-XXXX/..., naměřené hodnoty zaznamenat. (kontrola č. E 401/2)					

TECHNOLOGICKÝ POSTUP SESTAVENÍ				TPS - XXXX		0	
Běžné č.	Název akce HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHŘÍVÁK KO VVER 1000			Vypracoval: Toman			
				Schválil:			
Počet ks	Název dílu	Hřebenové těsnění pro elektroohřívák KO VVER 1000	Číslo výkresu	Pozice	Garant OTK:		
			K3-08703		Garant svař. dozor:		
Výchozí materiál: dle výkresu				Úroveň kontrol			
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ^{-dělňik} VP ^{-ved.práce} OTK ^{-odd.tech.kontroly} IO ^{-inspek.orgán}			
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB T	Datum	Pozn.	Podpis
K1		Vstupní kontrola lepidla - OTK - dle TP MICo XXXX odst. 3.3, protokol VKM-L-XXXX/... (kontrola č. E 003/3)					
K2		Kontrola čistoty nosného hřebene před sestavením - OTK dle TP MICo XXXX odst.4.2.4 - protokol PCP-NH-XXXX/.. (kontrola č. E 441/1)					
K3		Kontrola čistoty grafitového obložení před sestavením - OTK dle TP MICo XXXX odst.4.2 - protokol PCP-GO-XXXX/.. (kontrola č. E 441/2)					
K4		Vizuální kontrola - 100% - OTK kontrola plochy nosného hřebene před sestavením na mechanické poškození – dle TP MICo XXXX odst.4.2.1 - protokol VIZ-NH-XXXX/... (kontrola č. E 301/4)					
K5		Vizuální kontrola - 100% - OTK kontrola plochy grafitového obložení před sestavením na mechanické poškození – dle TP MICo XXXX odst.4.2.1- protokol VIZ-GO-XXXX/... (kontrola č. E 301/5)					
K6		Kontrola jednotlivých dílů poz. 1 a 2 před nalepením - OTK Kontrola dokumentace rozměrové kontroly, kontroly čistoty povrchu a vizuální kontroly dílů dle TP MICo XXXX odst. 4.2 protokol KJD-XXXX/... (kontrola č. E 015)					
1		Odmaštění dosedacích ploch nosného hřebenu před lepením bezchloridovým odmašťovadlem					
2		Na grafitové obložení lehce nastříkat z jedné strany lepidlo TESA- Kleber nebo POWER SPRAY UHU ze vzdálenosti 25 cm					
3		Po 10 minutách zaschnutí přitisknout grafitové obložení na nosný hřeben dle výkresu.					
4		Po zatvrdnutí obložení ořezat dle hrany nosného hřebene na rozměry dle výkresu.					

TECHNOLOGICKÝ POSTUP SESTAVENÍ				TPS - XXXX		0	
Běžné č.	Název akce HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHŘÍVÁK KO VVER 1000			Vypracoval: Toman			
				Schválil:			
Počet ks	Název dílu	Hřebenové těsnění pro elektroohřívák KO VVER 1000	Číslo výkresu	Pozice	Garant OTK:		
			K3-08703		Garant svař. dozor:		
Výchozí materiál: dle výkresu				Úroveň kontrol			
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ^{dělník} VP ^{ved.práce} OTK ^{odd.tech.kontroly} IO ^{inspek.orgán}			
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB T	Datum	Pozn.	Podpis
K7		Kontrola čistoty po sestavení - OTK dle TP MICo XXXX odst.4.2 protokol PCP-HT-XXXX/... (kontrola č. E 441/3)					
K8		Celková kontrola hotového výrobku - OTK za účasti odběratele - kompletnost dokumentace, rozměrová kontrola, vizuální kontrola - 100% dle TP MICo XXXX odst.4.2- protokol PCK-XXXX/... (kontrola č. E 001/2, E 401/3 a E 301/6)					
K9		Konečná zkouška - OTK dle TP MICo XXXX odst.4.2 - protokol PSZ-XXXX/... (kontrola č. E 371)					

TECHNOLOGICKÝ POSTUP BALENÍ				TPB - XXXX		0	
Běžné č.	Název akce HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHŘÍVÁK KO VVER 1000			Vypracoval: Toman			
				Schválil:			
Počet ks	Název dílu	Hřebenové těsnění pro elektroohřívák KO VVER 1000	Číslo výkresu	Pozice	Garant OTK:		
			K3-08703		Garant svař. dozor:		
Výchozí materiál: dle výkresu				Úroveň kontrol			
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ^{-dělák} VP ^{-ved.práce} OTK ^{-odd.tech.kontroly} IO ^{-inspek.orgán}			
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB T'	Datum	Pozn.	Podpis
K1		Vizuální kontrola hřebenového těsnění před balením na mechanické poškození - 100%-OTK–dle TP MICo XXXX odst. 4.2.1 (kontrola č. E 301/7)					
1		Vložit hřebenové těsnění do předem vyrobeného obalu z polyetylenové nebo bublinkové fólie.					
2		Vložit do obalu sáček s vysoušedlem (dehydrosil, silikagel), min. 20 g, zajistit přilepením proti posunování v obalu, obal zatavit.					
3		Z obou stran přiložit kartón dle rozměru těsnění se sraženými rohy 50x45°, zajistit k obalu přelepením po obvodu.					
4		Označit na obalu každého hřebenového těsnění: - číslo zakázky - výrobce - obchodní značka výrobku: T XXXX - počet hřebenových těsnění 1 ks - pořadové číslo hřebenového těsnění - datum výstupní kontroly - číslo TP : TP MICo XXXX Revize č.0					
K2		Vizuální kontrola zabalení jednotlivého těsnění - 100% - OTK - dle TP MICo XXXX kap. 8 (kontrola č. E 301/8)					
K3		Kontrola značení hřebenového těsnění - OTK - dle TP MICo XXXX kap. 5 a 8 , protokol PZN-XXXX/... (kontrola č. E 002/3)					
5		Jednotlivá hřebenová těsnění uložit do kartonového obalu rozměrů dle rozměrů těsnění, max. 5 ks do jednoho obalu, kartonový obal zalepit.					
6		Na kartonový obal přilepit balicí list s údaji: - číslo zakázky - výrobce - obchodní značka výrobku: T XXXX - počet hřebenových těsnění: ... ks - pořadová čísla hřebenových těsnění - datum výstupní kontroly - číslo TP : TP MICo XXXX Revize č.0					

TECHNOLOGICKÝ POSTUP BALENÍ				TPB - XXXX		0	
Běžné č.	Název akce HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ PRO ELEKTROOHŘÍVÁK KO VVER 1000			Vypracoval: Toman			
				Schválil:			
Počet ks	Název dílu	Hřebenové těsnění pro elektroohřívák KO VVER 1000	Číslo výkresu	Pozice	Garant OTK:		
			K3-08703		Garant svař. dozor:		
Výchozí materiál: dle výkresu				Úroveň kontrol			
P.č.o.	Prac.	Popis operace		D ^{-dělňik} VP ^{-ved.práce} OTK ^{-odd.tech.kontroly} IO ^{-inspek.orgán}			
		Dozor kvality zařízení dle Vyhl. 132/2008 Sb. – BT 1 a Vyhl. 309/2005 Sb.		TB T	Datum	Pozn.	Podpis
K4		Kontrola značení na kartonovém obalu - OTK - dle TP MICO XXXX kap. 5 a 8 , protokol PZN-XXXX/... (kontrola č. E 002/4)					



→ P

ZNAČKA SCHVÁLENÉHO TYPU — ZNAČKA KONTROLY

ZNAČENÍ:

MICO 248-601/06 XXXX / XXXX XXX

ČÍSLO TĚSNĚNÍ - č.zakázky / poř.č.těsnění

4. GRAFITOVÁ FOLIE PŘÍPEVNĚNA K HŘEBENU SCHVÁLENÝM LEPIDLEM - VIZ TP
3. TECHNICKÉ PODMÍNKY: TP MICO 4135
2. DOKLADOVANO DLE VYHL. 309/2005 Sb. A 132/2008 Sb. - BT1
1. ZNAČENÍ: MICO 248-601/06, ČÍSLO TĚSNĚNÍ, ZNAČKA KONTROLY; VÝŠKA PÍSMO 3 mm

3	GRAFITOVÁ FOLIE	PR 248/230 - 0,75	EXP. GRAFIT	3.2	2	0,005
2	GRAFITOVÁ FOLIE	PR 282,5/271 - 0,75	EXP. GRAFIT	3.2	2	0,004
1	HŘEBEN EO KO	PR 282,5/226-5	NEREZ. OCEL	3.1	DLE TP	1 0,4
PO	NÁZEV	POLOTOVAR/ROZMĚR	VÝKRES/NORMA	MATERIÁL	AT.	ROZM.NORMA
					TDP	KS HMOT.

Změna / Revision		Jméno / Name		Datum / Date		Podpis / Signature	
Kreslil / Drawn		Kontroloval / Checked		Tepelný tech. / Metallurgist		Svar. technol. / Weld. engineer	
Toman		25.10.2010		25.10.2010		25.10.2010	
ISO 2768- m-K		ISO 13920		BF		C. sestavy / Assembly / Dwg. No.	
ATEST / CERTIF.: EN 10 204		0,409		0,409		A3	

MÉRITKO Scale 5:1



MICO, spol. s r.o.
Suchbátova 6 Třebíč

HŘEBENOVÉ TĚSNĚNÍ EO KO VVER 1000

Typ / Type MITES HT DUO
T 4135

ČÍSLO VÝKRESU / Dwg. No.

Rev. **K3-08703-0**

PŘÍLOHA P III:


INSTRUKCE PRO MOVTÁŽ HŘEBENOVÉHO TĚSNĚNÍ

**MITes HT[®] DUO pro
EO KO VVER1000**

OBSAH:

IPM

3 listy

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická	<h1>Instrukce pro montáž hřebenového těsnění</h1>	PŘÍLOHA P3 - IPM	
		listů : 3	list : 1

Zařízení: Elektroohřívák kompenzátoru objemu VVER1000

DPS: 1(2).20G - „Systém kompenzace tlaku“

Hřebenové těsnění pro elektroohřívák KO VVER 1000:

Popis těsnění:

Hřebenové těsnění je složeno z nosného hřebenu, který je vyroben z nerezové oceli a těsnících příložek z expandovaného grafitu.

Manipulace s těsněním:

Při odběru jednotlivého těsnění ze skladu je nutné těsnění opatrně vyjmout z kartónové krabice a dále těsnění přepravovat na místo montáže zabalené ve folii a překryté ochrannými kartóny. Tento ochranný obal je možné sundat až bezprostředně před montáží. Přepravu provádět opatrně, aby nedošlo k poškození ochranného obalu a tím vlastního těsnění. Těsnění je povoleno přepravovat pouze ve vodorovné poloze a je zakázáno pokládání jakýchkoliv cizích předmětů na těsnění. Je povoleno takto přepravovat max. tři těsnění na sobě, zajištěné proti sesunutí. Při ručním přenášení těsnění je možno zabalené těsnění přenášet i ve svislé poloze.

Po opatrném rozbalení jednotlivého těsnění (POZOR při rozřezávání balících samolepících pásek a obalu z PE, aby nedošlo k pořežení grafitových těsnících fólií) jsou jakékoliv manipulace povoleny pouze v bílých bavlněných rukavicích.

Je přísně zakázáno se těsnění dotýkat holou rukou, neboť hrozí zavlečení chloridů z potu na rukou.

Těsnění je nutno uchopovat za vnější obvod, jinak hrozí možnost poškození či odtržení grafitové folie.

Vizuální kontrola těsnění před montáží:

Na grafitových obloženích se před předmontáží kontroluje jejich celistvost a neporušenost. Nepřípustné jsou defekty typu rýha s hloubkou větší než 0,3 mm. Připouští se plošné otlaky vzniklé zhutněním grafitu např. omakem při manipulaci. Nepřipouští se jakékoliv odtržení grafitového obložení z oblasti hřebenového profilu. Připouští se místní odlepení obložení od kovového hřebene max. v délce 100 mm. Mezi těmito defektními místy musí být obložení fixováno k hřebenu minimálně v délce 500 mm.

Kriteria pro těsnící plochy:

Nové těsnící plochy (oproti stávajícím pro nikl a grafit. šňůru) jsou vymezeny rozměry grafitových příložek. Jedná se o mezikruží $\varnothing 248/\varnothing 226$ mm (pro primární těsnění) a mezikruží $\varnothing 282,5/\varnothing 271$ mm (pro sekundární těsnění) Rozměry jsou detailněji znázorněny na výkrese č. K3-08703 v TP MICo XXXX. Na těchto těsnících plochách se provádí:

a) Rozměrové kontroly

Při první instalaci hřebenového těsnění se provede rozměrová kontrola těsnící plochy a dále jen v případě zjištění otlaku materiálu těsnící plochy. Maximální povolený sklon těsnící plochy (odchylka od kolmosti) je 0,1 mm. Kontrola se provádí na osmi místech po 45°. Při rozměrové kontrole se dále kontroluje zvlnění těsnící plochy příruba a víka. Přípustné zvlnění je 0,15 mm na délce obvodu 300 mm.

b) 100% vizuální kontrola včetně kontroly přítomnosti otlaku materiálu těsnící plochy

V případě zjištění otlaku materiálu je nutno zkontrolovat sklon (kolmost) těsnící plochy.

Kriteria pro vizuální kontrolu těsnících ploch:

1. Vady lineárního charakteru typu rýh v obvodovém směru

Jsou přípustné rýhy do hloubky 0,2 mm bez omezení délky v případě soustředného charakteru.

V případě nesoustředného charakteru jsou přípustné rýhy do hloubky 0,2 mm pokud rozsah vady

nebude přesahovat 1/3 šířky těsnící plochy. Jsou přípustné stopy nástroje po obrábění s drsností max. $R_a = 6,3 \mu\text{m}$.

2. Vady lineárního charakteru typu rýh v příčném směru

Jsou přípustné rýhy do hloubky 0,2 mm, pokud rozsah vady nepřevyšuje 1/3 šířky těsnící plochy.

3. Vady lokálního charakteru

Vady lokálního charakteru typu pórů, vytrženého materiálu apod. jsou přípustné do průměru 2 mm a hloubky 0,35 mm. Vady typu otlaků s plynulým přechodem do profilu těsnící plochy jsou přípustné v rozsahu 1/3 šířky těsnící plochy. Kumulace (shluk) defektů je přípustná pokud jejich rozsah nepřekračuje 1/3 šířky těsnící plochy.

c) 100% kontrola barevnou defektoskopií

Tato kontrola se provede pouze před první instalací hřebenového těsnění. Dále se již neprovádí z důvodu podstatného snížení kontaktních tlaků mezi těsněním a těsnící plochou.

Kritéria: Nepřípustné jsou indikace typu prasklin a trhlin, ostatní indikace jsou přípustné jestliže splňují kritéria pro vizuální kontrolu.

Lokální indikace do průměru 1,0 mm a do hloubky 0,5 mm jsou přípustné.

Montážní kritéria:

Montáž těsnění smí provádět pouze montážní organizace s prokazatelně zavedeným systémem kvalifikace montážního personálu dle ČSN P CEN/TS 1591- 4 nebo za technického dohledu pracovníka takto kvalifikované organizace či výrobce těsnění.

Výrobce těsnění si vyhrazuje právo auditu tohoto systému kvalifikace personálu.

Montážní předpis:

Hřebenové těsnění je vzhledem k nalepeným grafitovým vrstvám velmi citlivé na vlastní manipulaci. Veškeré manipulace je nutno provádět velmi šetrně, aby nedošlo k poškození či stržení grafitových folií. Je zakázán dotek holou rukou z důvodu zavlečení chloridů obsažených v potu! Veškeré manipulace provádět v čistých bavlněných rukavicích.

Podmínky pro montáž:

Těsnící plochy čisté, bez prachu a jiných nečistot, odmaštěné bezchloridovým schváleným odmašťovadlem. Svorníky a matice čisté, závity nepoškozené, namazané doporučeným mazivem např. NICRO Termocup 1400.

Montáž přírubového spoje:

Utahování přírubového spoje je možné buď momentovým utahovacím zařízením ALKITRONIC nebo pomocí hydraulických válců AMTEC.

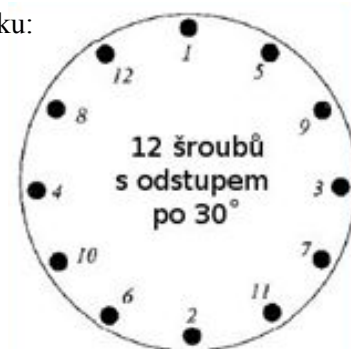
- Nasadit těsnění na víko elektroohříváku. (Při nasazování těsnění přes spirály je nutné hlídat, aby nedošlo k odtržení grafitové folie od ocelové kostry)
- Těsnění je středěno na osazení víka elektroohříváku o průměru 226 mm.
- Elektroohřívák nasunout do tělesa kompenzátoru objemu a při doléhání těsnění na těleso kompenzátoru objemu hlídat rovnoměrnost dosedání těsnění na těsnící plochu.
- **!!! V prvním kroku utahování spoje pečlivě kontrolovat rovnoběžnost těsnících ploch!!!**

a. Montáž přírubového spoje pomocí momentového utahovacího zařízení:

Svorníky dotahovat rovnoměrně křížovou metodou tak jak je naznačeno na obrázku:

Svorníky utahovat na prodloužení $\Delta L = 0,18^{+0,02}_{-0,02}$ mm ve čtyřech krocích:

1. Krok ... 0,08 mm
2. Krok ... 0,13 mm
3. Krok ... 0,16 mm
4. Krok ... 0,18 mm





b. *Montáž přírubového spoje pomocí hydraulických válců AMTEC:*

Při montáži přírubového spoje hydraulickými válci je nutné dodržovat postup uvedený v dokumentu: Technický popis a instrukce pro provoz kompenzátoru objemu VVER 1000 na I. a II. bloku jaderné elektrárny Temelín , dodatek č.1, odstavec 3.3.

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty prodloužení svorníků při jednotlivých krocích utahování přírubového spoje:

Název přírubového spoje	Utahovací cykly ¹⁾				
	1	2	3	4 ²⁾	konečný cyklus ²⁾
	Velikost prodloužení svorníků v jednotlivých utahovacích cyklech [mm]				
Blok EO KO	max. 0,05	0,08±0,12	0,12±0,16	0,16±0,20	0,18±0,02

Následné instrukce platí pro montáž přírubového spoje momentovým utahovacím zařízením ALKITRONIC nebo pomocí hydraulických válců AMTEC:

V intervalu 4 až 8 hodin po dotažení spoje zkontrolovat prodloužení svorníků a případně dotáhnout na hodnotu $\Delta L = 0,18^{+0,02}_{-0,02}$ mm.

Výrobce těsnění důrazně doporučuje utahovat přírubový spoj v horní toleranci předepsané hodnoty prodloužení svorníků. Dolní hranice tolerance prodloužení svorníků se nesmí vyskytnout u více jak dvou svorníků na jednom spoji, přičemž tyto dva svorníky nesmí být sousední.

Vypracoval:
Bc. Petr Toman