

ÚRAD JADROVÉHO DOZORU SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Skúšanie mechanických vlastností, chemického zloženia a vybraných charakteristík odolnosti proti porušeniu pri medzných stavoch zaťažovania materiálov a zvarových spojov strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440

Vydal Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
Neperiodická publikácia

Spracovateľ: Ing. Jozef Vrbenský, IBOK – Integrita a Bezpečnosť Ocelových Konštrukcií,
a.s., Bratislava

Gestor: Ing. Jozef Balaj, riaditeľ odboru kontroly systémov a komponentov,
Úrad jadrového dozoru SR, Trnava

Recenzenti: Ing. Jozef Oltman, SE - ENEL a.s. lokalita EMO

BNS II.5.5/2009

ISBN: 978-80-88806-76-9

EAN: 9788088806769

Bratislava, február 2009

Anotácia

Tento bezpečnostný návod Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky určuje jednotné metódy skúšania mechanických vlastností a chemického zloženia základných materiálov a zvarových spojov strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440 a tiež skúšania charakteristík odolnosti proti porušeniu pri medzných stavoch statického, dynamického, cyklického a korózneho zaťažovania, prípadne kombinácií týchto druhov zaťažovania. V záujme jednotnosti metód skúšania a porovnateľnosti ich výsledkov pri rôznych druhoch kvalifikácie materiálov, technológií a personálu, vykonávaných v rôznych etapách životnosti zariadení (konštruovanie, výroba a montáž, spúšťanie do prevádzky, opravy a rekonštrukcie v priebehu životnosti) návod špecifikuje použitie metód skúšania podľa technických noriem STN EN a ISO, prípadne zahraničných technických noriem (ASTM, GOST) a metód zakotvených v TP podľa pôvodnej konštrukčnej dokumentácie. Návod špecifikuje tiež podmienky použitia neštandardných metód a postupov skúšania, založených na nových vedeckých poznatkoch o materiáloch na jadrové zariadenia a spôsoboch preukazovania ich požadovaných vlastností a charakteristík.

Kľúčové slová

zariadenia jadrové, materiály, zvarové spoje, vlastnosti mechanické, chemické zloženie, charakteristiky odolnosti proti porušeniu, podmienky zaťažovania statické, dynamické, cyklické, korózne, radiačné, metódy a postupy skúšania

Abstract

This safety guide of the Nuclear Regulatory Authority of Slovak Republic specifies unified testing methods to be applied to the assessment of mechanical properties and chemical composition of base metals and welded joints of nuclear power plants equipments' components. Simultaneously, this safety guide specifies testing methods to be used for the assessment of materials' resistance to failure in limiting loading conditions of either static, dynamic, cyclic and corrosion, not excluding eventual combinations of them. In the interest of unification of testing methods as well as comparability of their results obtained within the qualification testing of either materials, processes and personnel, this safety guide is based on corresponding STN, EN and ISO testing standards. In absence of such standards, conditions for application of testing methods according to ASTM, GOST as well as those specified in the former design documentation and/or resulting from the newest technical and scientific knowledge are specified by this guide, too.

Key words

nuclear equipment components; structural materials; welded joints; mechanical properties; chemical composition; resistance to failure; loading conditions: static, dynamic, cyclic, corrosion, neutron irradiation; testing methods and procedures;

Obsah	str.	
	Predhovor	
	Úvod	1
1	Predmet a účel	1
2	Rozsah platnosti	2
3	Použité skratky	2
4	Značky a jednotky použitých veličín	3
5	Použité pojmy	4
6	Metódy skúšania konvenčných vlastností materiálov a zvarových spojov	5
6.1	Skúšky ťahom	6
6.2	Skúšky rázom v ohybe	6
6.3	Skúšky tvrdosti	7
6.4	Skúšky deformačnej schopnosti	7
7	Skúšky chemického zloženia	8
8	Metódy skúšania nekonvenčných vlastností materiálov a zvarových spojov ...	8
8.1	Skúšky odolnosti proti krehkému porušeniu	8
8.2	Skúšky odolnosti proti únavovému porušeniu pri cyklickom zaťažení	9
8.3	Skúšky odolnosti proti porušeniu koróziou	10
8.4	Skúšky na stanovenie vybraných fyzikálnych charakteristík materiálov	12
9	Odkazy	12
10	Literatúra	13

Predhovor

Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky začal v roku 1995 vydávať vlastné neperiodické publikácie, ako edíciu Bezpečnosť jadrových zariadení, s cieľom zverejňovať vybrané všeobecne záväzné právne predpisy, bezpečnostné požiadavky, odporúčania a návody súvisiace s predmetom činnosti Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky.

V rámci edície Bezpečnosť jadrových zariadení Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky vydáva tri skupiny publikácií:

Obsahom prvej skupiny publikácií sú vybrané všeobecne záväzné právne predpisy a medzinárodné zmluvy z oblasti mierového využívania jadrovej energie; sú označené červeným pruhom.

V druhej skupine sú dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti charakteru odporúčaní a návodov, ktoré konkretizujú a dopĺňajú požiadavky všeobecne záväzných právnych predpisov. Odporúčania dokumentov tejto kategórie nie sú všeobecne záväzné, avšak ich dodržiavanie zjednodušuje plnenie požiadaviek Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky zo strany dozorovaných organizácií; sú označené zeleným pruhom.

Obsahom tretej skupiny publikácií sú ostatné dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti informatívneho charakteru.

Pri spracovaní dokumentov druhej a tretej skupiny sa využívajú dokumenty Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu vo Viedni (MAAE) a iných medzinárodných organizácií, medzinárodné a národné technické normy, ako aj dokumenty vydané zahraničnými dozornými orgánmi a odbornými organizáciami. Dokumenty sú spracované na základe rozhodnutia vedenia Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky pracovníkmi Úradu alebo externými organizáciami i s využitím vlastných skúseností a podmienok. Pred ich publikovaním sú schválené vedením Úradu a prvé vydanie je určené na jednoročné overovacie používanie organizáciami, ktoré sa podieľajú na využívaní jadrovej energie v Slovenskej republike a od ktorých sa očakáva zaslanie pripomienok na základe skúseností s ich uplatnením. Po jednoročnom uplatnení a zapracovaní akceptovateľných pripomienok sa vydá konečná verzia dokumentu, ktorého aktuálnosť bude periodicky prehodnocovaná.

Tento bezpečnostný návod (BNS) špecifikuje štátne a medzinárodné normy metodiky a postupov deštruktívneho skúšania vlastností konštrukčných materiálov a zvarových spojov a dopĺňa tak súbor doposiaľ vydaných, alebo pripravených na vydanie BNS z oblasti materiálov, technológie zvarovania a navárania a kontroly ich kvality, v súčinnosti s ktorými sa uplatňuje a na ktoré sa odvoláva. Sú to najmä tieto:

BNS II.5.6/2009 /1/, BNS II.3.1/2007 /2/, BNS II.3.3/2007 /3/, BNS II.5.1/2007 /4/, BNS II.5.2/2007 /5/, BNS II.5.3/2007 /6/.

BNS nie sú záväzné, avšak ich dodržiavanie napomáha spĺňať podmienky bezpečného využívania jadrovej energie alebo vykonávania činností súvisiacich s mierovým využívaním jadrovej energie., Úrad však môže v podmienkach svojho rozhodnutia vyžadovať plnenie odporúčaní tohto dokumentu, prípadne jeho časti.

BNS sa delia na **kapitoly, sekcie, časti a články**. V texte a v odkazoch (kapitola 9) sa čísla prameňov uvádzajú tučne v šikmých zátvorkách /../ a odkazy na zákony, vyhlášky, predpisy a použitú technickú literatúru v texte a v kapitole 10 sa uvádzajú tučným číslom v hranatých zátvorkách [..]. Okrem odborných pojmov definovaných v zákone č. 541/2004 Z. z. [1] a vo vykonávacích vyhláškach k nemu sa ďalšie použité skratky a pojmy uvádzajú v kapitolách 3 a 4.

Pripomienky a doplnky k tejto publikácii zasielajte na Úrad jadrového dozoru SR, odbor legislatívno-právny, Bajkalská 27, P. O. Box 24, 820 07 Bratislava 27.

Úvod

V súbore BNS citovaných v predslove sú v dostatočnej miere definované požiadavky na kvalitu, bezpečnosť a spoľahlivosť strojno-technologických komponentov vybraných zariadení jadrových zariadení (VZJZ) i cesty ich zabezpečovania v jednotlivých etapách životnosti. Uvedený súbor však neobsahuje normatívno-technický dokument (NTD), ktorý definuje jednotné a objektívne spôsoby skúšania vlastností materiálov. Túto medzeru vyplňuje predmetná publikácia, určujúca spôsoby a postupy deštruktívneho skúšania konvenčných i nekonvenčných mechanických vlastností a chemického zloženia materiálov a zvarových spojov (v zmysle vymedzenia týchto pojmov v kapitole 4). Jej význam spočíva najmä v unifikácii metód deštruktívneho skúšania, čím sa zabezpečuje požadovaná porovnateľnosť výsledkov skúšok, vykonávaných pre účely kvalifikácie materiálov a technológií podľa kritérií vhodnosti na použitie v oblasti jadrovej energetiky, nezávisle od etáp životnosti, v ktorých sa tieto skúšky vykonávajú (konštruovanie, výroba, montáž, uvádzanie do prevádzky, opravy, výmeny a rekonštrukcie v priebehu prevádzkovej životnosti).

V záujme požadovanej unifikácie sa tento BNS opiera predovšetkým o štandardné metódy skúšania podľa národných (STN), európskych (EN) a medzinárodných (ISO) noriem a v prípade potreby tiež noriem USA (ASTM) a RFR (GOST), platných ku koncu r. 2006. Skúšky niektorých nekonvenčných vlastností sa v tomto BNS pripúšťa vykonávať podľa metodiky zakotvenej v pôvodných technických podmienkach (TP) a v konštrukčnej dokumentácii na VZJZ. Definujú sa tiež podmienky použitia neštandardných spôsobov skúšania vlastností materiálov, založené na novších poznatkoch z oblasti fyzikálnej metalurgie materiálov pre energetické zariadenia. Tento BNS sa nezaobera metodikou skúšania vlastností materiálov pri vysokých teplotách, nakoľko VZJZ typu VVER 440 nie sú konštruované pre podmienky zaťaženia v oblasti tečenia materiálu (creepu), ani špecifickými skúškami odolnosti materiálov proti radiačnému krehnutiu a proti kombinovaným spôsobom namáhania cyklického s radiačným. Tieto skúšky sú predmetom zvláštnych smerníc a postupov a vzťahujú sa prakticky len na materiál prstenca aktívnej zóny TNR a k nemu priliehajúce zvarové spoje, vystavené priamemu radiačnému zaťaženiu s maximálnou fluenciou.

1 Predmet a účel

1.1 Predmetom tohto BNS je určenie jednotných metód deštruktívneho skúšania:

- základných mechanických vlastností konštrukčných kovových materiálov a zvarových spojov (t.zv. konvenčné vlastností - s vymedzením tohto pojmu v kapitole 5) ;
- chemického zloženia základných materiálov a zvarového kovu, ktoré sa vykonávajú pri výbere a vstupnej kontrole materiálov a pri kvalifikácii, resp. osvedčovaní spôsobilosti materiálov a technológie pre výrobu, montáž, opravy a rekonštrukcie strojno-technologických komponentov VZJZ a pri atestácii základných a zvaracích materiálov nových značiek;
- odolnosti základných materiálov a zvarových spojov proti porušeniu pri medzných stavoch zaťažovania (t.zv. nekonvenčné vlastností): statického, dynamického, cyklického a korózneho, prípadne ich kombinácií;

1.2 Účelom tohto BNS je zabezpečiť objektívnosť a porovnateľnosť výsledkov deštruktívnych skúšok špecifikovaných v sekcii 1.1, vykonávaných rôznymi akreditovanými skúšobnými laboratóriami a v rôznych časových etapách v súlade s požiadavkami plánov

kontroly kvality. Účelom tohto BNS je tiež poskytnúť výrobcovi a prevádzkovateľovi VZJZ normatívne podklady potrebné pre špecifikáciu technických podmienok na dodávky materiálov nových značiek na opravy, výmeny a rekonštrukcie komponentov VZJZ.

1.3 Rozsah skúšania a kritériá vyhodnocovania výsledkov skúšok podľa sekcie 1.1 nie sú predmetom tohto BNS ale sa určujú v súlade s požiadavkami TP na výrobky a/alebo iných BNS, v súčinnosti s ktorými sa tento BNS uplatňuje a na ktoré sú v ňom odkazy.

2 Rozsah platnosti

2.1 Tento BNS sa vzťahuje na skúšanie konvenčných a nekonvenčných vlastností podľa sekcie 1.1 základných materiálov a zvarových spojov špecifikovaných v konštrukčnej dokumentácii (KD) a vo výrobnotechnologickej dokumentácii (VTD) na strojnotechnologické komponenty VZJZ, zodpovedajúcich požiadavkám BNS II.5.6/2009 /1/ a na ne nadväzujúcich BNS /2-6/

2.2 Výsledky skúšok sú platné s podmienkou, že ich vykonali laboratória akreditované SNAS a protokolárne dokumentovali v súlade s požiadavkami vyhlášky ÚJD SR č. 56/2006 Z. z. [3].

3 Použité skratky

Skratky orgánov a organizácií

ASTM	Americká spoločnosť pre skúšanie materiálov
BWRA	Britská výskumná zvaračská asociácia (British Welding Research Association)
JE	jadrové elektrárne
SE - ENEL a.s.	Slovenské elektrárne - ENEL a.s.
SNAS	Slovenská národná akreditačná služba
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
ÚNMS SR	Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky
VÚZ – PI SR	Výskumný ústav zvaračský – Priemyselný Inštitút, Bratislava

Skratky zariadení

VVER	vodo-vodné energetické reaktory
VZJZ	vybrané zariadenia jadrových zariadení
TNR	tlaková nádoba reaktora

Skratky dokumentácie

BNS	bezpečnostné návody a smernice ÚJD SR
PZK	program zabezpečovania kvality
NDT	nedeštruktívne skúšanie
NTD	normatívno-technická dokumentácia
KD	konštrukčná (projektová) dokumentácia
TP	technické podmienky
VTD	výrobnotechnologická dokumentácia

Skratky vybraných druhov porušenia

LBB	únik pracovnej látky pred porušením (Leak Before Break)
------------	---

MKK medzikryštálová korózia

4 Značky a jednotky veličín¹

R_e	(MPa)	medza klzu
R_{p 0,2}	(MPa)	dohovorená medza klzu pri 0,2 % celkovej deformácie
R_{t 0,5}	(MPa)	dohovorená medza klzu pri 0,5 % celkovej deformácie a teploty skúšania –t-
R_m	(MPa)	medza pevnosti
A	(%)	ťažnosť
Z	(%)	kontrakcia
n	(-)	exponent spevnenia, exponent vo vzťahu medzi skutočným napätím σ a skutočnou deformáciou ϵ pri jednoosovom zaťažovaní $\sigma = K \cdot \epsilon^n$
E	(MPa)	modul pružnosti, pomer napätia a odpovedajúcej deformácie v pružnej oblasti zaťažovania
v	(-)	Poissonovo číslo
KV, KU	(J)	nárazová práca spotrebovaná na porušenie tyče s V- alebo U- vrubom pri skúške rázom v ohybe – rázová húževnatosť
PL	(%)	podiel tvárneho porušenia na lomovej ploche skúšobnej tyče
BR	(mm)	bočné rozšírenie skúšobnej tyče
T_(KV)	(°C)	prechodová teplota pre kritériovú hodnotu KV (J)
T_{50%}	(°C)	prechodová teplota pre kritériovú hodnotu PL = 50%
T_(BR)	(°C)	prechodová teplota pre kritériovú hodnotu BR (mm)
KV_H	(J)	horná úroveň spotrebovanej energie pri skúške rázom v ohybe
EDT	(J)	energia spotrebovaná na porušenie tyče pri skúške DT
EDW	(J)	energia spotrebovaná na porušenie tyče pri skúške DWT
T_{DT}	(°C)	prechodová teplota zo skúšky DT, pre 1/2 EDT _{max} , (odhad teploty zastavenia trhliny TZT)
T_{DW}	(°C)	prechodová teplota zo skúšky DWTT, zvyčajne pre PL = 80%
T_{k0}	(°C)	teplota krehkosti, stanovená podľa kritérií spotrebovanej energie a vzhľadu lomu
T_{NDT}	(°C)	teplota nulovej húževnatosti
S_N	(MPa)	únavová pevnosť, napätie pre požadovaný počet kmitov do porušenia
S_a	(MPa)	amplitúda napätia
S_c	(MPa)	medza únavy, $S_c = S_m \pm S_a$, $S_c = \pm S_a$, napätie pri ktorom nenastane únavové porušenie materiálu do požadovaného počtu kmitov $N \geq 2 \cdot 10^6$ až 10^7 kmitov

¹ a) význam značky, používanej na označenie viacerých veličín (napr.: t- pre čas i teplotu), alebo viacerých značiek na označenie jednej veličiny (napr. : h, s – pre hrúbku,) sa uvádza priamo v texte príslušných článkov, resp. pod matematickými výrazmi ;

b) obecné zaužívané označenia veličín značkami s použitím gréckej abecedy sa v kapitole 4 neuvádzajú (napr. α – uhol ohybu; ϵ – deformácia; σ – napätie)

da/dN	(mm/c)	rýchlosť rastu únavovej trhliny, prírastok dĺžky únavovej trhliny za jeden zaťažovací kmit
ΔK	(MPa.√m)	rozkmít súčiniteľa intenzity napätia
ε_{ae}	(-)	amplitúda elastickej pomernej deformácie
ε_{ap}	(-)	amplitúda plastickej pomernej deformácie
ε_{ac}	(-)	amplitúda celkovej pomernej deformácie
N_i	(-)	počet kmitov do iniciácie trhliny
N_F	(-)	počet kmitov do porušenia
K_{IC}	(MPa.√m)	lomová húževnatosť pri rovinnej deformácii
CTOD	(mm)	premiestnenie povrchov na vrchole trhliny v smere kolmom na rovinu trhliny
δ_C	(mm)	kritická hodnota rozovretia hrotu trhliny v okamihu lomu, lomová húževnatosť určená z rozovretia hrotu trhliny
J_{IC}	(N/mm)	kritická hodnota J - integrálu v okamihu lomu, lomová húževnatosť určená metódou J – integrálu
K_{IR}	(MPa.√m)	lomová húževnatosť pri rýchlom zaťažovaní
K_{ID}	(MPa.√m)	dynamická lomová húževnatosť
K_{Ia}	(MPa.√m)	lomová húževnatosť pri zastavení trhliny
Δa	(mm)	tvárny nárast trhliny
K_{0,2}, J_{0,2}, δ_{0,2}		lomová húževnatosť pri počiatku rastu tvárnej trhliny Δa = 0,2 mm
R – krivka		závislosť J - Δa, pre stanovenie J _{0,2} , resp. K _{0,2} , krivka odolnosti materiálu proti rastu tvárnej trhliny

5 Použité pojmy

Atestácia nových materiálov - schvaľovanie nových materiálov orgánmi technického dozoru v zmysle požiadaviek prílohy VI k BNS II.3.3 /2009 /3/

Ekvivalentný materiál - materiál inej značky a/alebo druhu v porovnaní s referenčným materiálom, ktorému zodpovedá svojimi vlastnosťami a ktorý už bol atestovaný ako vhodný na výrobu súčastí komponentov VZJZ

Komponent - časť tlakového zariadenia alebo zostavy, ktorú možno považovať za individuálnu položku na výpočet (STN EN 764-1 /8/)

Konštrukčná (projektová) organizácia – právnická osoba používajúca systém zabezpečovania kvality svojich služieb a činností certifikovaný podľa relevantných noriem sústavy ISO 9000 a spôsobilá projektovať zariadenia a systémy JE, zabezpečujúce spoľahlivú a bezpečnú prevádzku podľa predpísaných limitov a podmienok určených v súlade s požiadavkami zákona 541/2004 Z. z [1]

Konvenčné vlastností konštrukčných materiálov a zvarových spojov VZJZ – pre účely tohto BNS sú to vlastnosti určené zo skúšok ťahom, rázom v ohybe, tvrdosti, deformačnej schopnosti (lámavosti, rozlomenia, lemovania, stlačenia a pod)

Montážna organizácia - právnická osoba, spôsobilá vykonávať montáž zariadení a potrubí na JE, vrátane vyhotovenia VTD montáže v súlade s požiadavkami KD, ktorá má pre výkon týchto činností certifikovaný systém akosti podľa normy ISO 9001

Materiál novej značky - materiál inej značky a/alebo druhu v porovnaní s referenčným materiálom, ktorému zodpovedá svojimi vlastnosťami a ktorého schválenie na výrobu súčastí komponentov VZJZ je podmienené vyhovujúcimi výsledkami atestácie;

Nekonvenčné vlastnosti konštrukčných materiálov a zvarových spojov VZJZ – pre účely tohto BNS sú to vlastnosti určené zo skúšok odolnosti proti porušeniu pri medzných stavoch prevádzkového zaťažovania statického, dynamického, cyklického, korózneho, radiačného, resp. ich kombinácií;

Nezávislá odborná organizácia – právnická osoba, vykonávajúca expertné činnosti a služby v príslušnej oblasti, ktorá má pre výkon týchto činností certifikovaný systém akosti podľa normy ISO 9001

Oprava - odstránenie neprípustných odchýlok od stanovených požiadaviek na celistvosť a úžitkové vlastnosti materiálov, zvarových spojov a zariadení, zistených pri predvýrobných, výrobných, montážnych a prevádzkových kontrolách kvality;

Referenčný materiál - materiál vyrábaný a dodávaný podľa pôvodnej VTD na komponenty VZJZ.

Rekonštrukcia zariadenia - úprava zariadenia s použitím nových materiálov, dielov, alebo uzlov, vedúca ku zmene výkonových, prevádzkových, alebo úžitkových parametrov a vlastností VZJZ.

Technologické vlastnosti materiálov – pre účely tohto BNS sa pod týmto pojmom rozumejú vlastnosti, ktoré určujú vhodnosť na použitie a/alebo chovanie sa materiálu v procese výrobných a montážnych technológií (vrátane technológií opráv);

Vybrané zariadenia jadrových zariadení - v zmysle § 2 písmena q) zákona 541/2004[1] sú systémy, konštrukcie, komponenty alebo ich časti, vrátane ich programového vybavenia, dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti jadrového zariadenia, zaradené do bezpečnostných tried I. – IV. v súlade s kritériami podľa prílohy 1 k vyhláske ÚJD SR č. 50/2006 Z. z. [2] ;

Výrobno-technologická dokumentácia - technologické postupy, inštrukcie, návody, technické podmienky, výkresy, tabuľky a plány kontroly na zváranie, naváranie, tepelné spracovanie a kontrolu kvality zváraných súčastí pri výrobe, montáži, opravách, výmenách a rekonštrukciách VZJZ;

6 Metódy skúšania konvenčných vlastností materiálov a zvarových spojov

Skúšanie konvenčných mechanických vlastností podľa noriem citovaných v nižšie uvedených sekciách tejto kapitoly nahradzuje v plnom rozsahu metódy určovania mechanických vlastností materiálov a zvarových spojov podľa GOST 6996-59 [7] a s ňou

súvisiacich noriem GOST, predpísaných v pôvodnej KD strojno-technologických komponentov zariadení JE typu VVER 440.

6.1 Skúšky ťahom

6.1.1 Skúškou ťahom sa určujú tieto vlastnosti:

- medza klzu - R_e , $R_{p\ 0,2}$ (MPa)
- medza pevnosti - R_m (MPa)
- ťažnosť - A (%)
- kontrakcia - Z (%)
- exponent spevnenia - n ,
- modul pružnosti - E ,
- Poissonovo číslo - ν ,

6.1.2 Skúška ťahom sa vykonáva podľa noriem:

- **STN EN 10002-1**: Kovové materiály. Skúška ťahom. Časť 1: Skúška ťahom pri teplote okolia
- **STN EN 10002-5**: Kovové materiály. Skúška ťahom. Časť 5: Skúška ťahom pri zvýšenej teplote
- **STN EN 876**: Deštruktívne skúšky zvarov kovových materiálov. Skúška ťahom zvarového kovu tavných zvarových spojov v pozdĺžnom smere
- **STN EN 895**: Skúška ťahom zvarového spoja v priečnom smere
- **ASTM E6-03** Standard Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

6.1.3 Tvar a rozmery skúšobných vzoriek a tyčí pre jednotlivé skúšky a odporúčané spôsoby opracovania a prípravy skúšky uvádzajú príslušné normy a metodické smernice akreditovaných skúšobní, oprávnených vykonávať skúšanie a musia sa zároveň vhodne prispôbiť k výkonovým parametrom a možnostiam skúšobných strojov a zariadení príslušnej akreditovanej skúšobne.

6.1.4 Pre označovanie osí skúšobných tyčí z hľadiska orientácie v skúšanom materiále sa použije norma

- **STN EN ISO 3785**: Označovanie osí skúšobných telies

6.2 Skúšky rázom v ohybe

6.2.1 Skúškami rázom v ohybe sa určujú vlastnosti:

- nárazová práca - rázová húževnatosť - KV , KU (J),
- horná úroveň spotrebovanej energie - KV_H (J) v závislosti $KV - t$
- podiel tvárneho porušenia na lomovej ploche skúšobnej tyče - PL (%) ,
- bočné rozšírenie skúšobnej tyče - BR (mm),
- teplotná závislosť $PL - t$, $BR - t$, $EDT - t$, $EDW - t$,
- prechodové teploty $T_{(BR)}$, TDT , TDW , T_{k0} , $TNDT$,
- nárazová práca - EDT (J), EDW (J),

6.2.2 Skúšky rázom v ohybe sa vykonávajú podľa noriem:

- **STN EN ISO 14556**: Skúška rázom v ohybe Charpyho metódou (V-vrub). Prístrojová skúšobná metóda
- **STN EN 10045-1**: Skúška rázom v ohybe. Časť 1: Metóda skúšania
- **STN 42 0382**: Skúška rázom v ohybe za znížených teplôt
- **STN 42 0383**: Skúška rázom v ohybe pri zvýšených teplotách
- **STN 42 0385**: Skúška náchylnosti ocele na starnutie po plastickej deformácii za studena

- **STN EN 875:** Skúška rázom v ohybe. Umiestnenie skúšobných tyčí, orientácia vrubu a skúšanie
- **STN 42 0340:** Skúška veľkých telies rázom v ohybe
- **STN 42 0346:** Stanovenie prechodovej teploty konštrukčných ocelí skúškou rázom v ohybe veľkých telies pôvodnej hrúbky
- **STN 42 0349:** Stanovenie teploty nulovej húževnatosti konštrukčných ocelí
- **STN 42 0350:** Stanovenie teploty krehkosti konštrukčných ocelí skúškou rázom v ohybe
- **STN EN 10274:** Skúška padajúcim závažím
- **ASTM E 208:** Test Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels
- **ASTM E 436-03:** Standard Test Method for Drop-Weight Tear Tests of Ferritic Steels;
- **ASTM E 602-03:** Standard Test Method for Sharp-Notch Tension Testing with Cylindrical Specimens;
- **ASTM E 604-83(2002):** Standard Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials;

6.3 Skúšky tvrdosti

6.3.1. Skúškami tvrdosti sa kontrolujú vybrané charakteristiky zvariteľnosti a tepelného spracovania materiálov a zvarových spojov pri metalografickom hodnotení ich stavu.

6.3.2. Skúšky tvrdosti sa vykonávajú podľa noriem:

- **STN EN 1043-2:** Skúšanie tvrdosti. Časť 2: Skúšanie mikrotvrdosti zvarových spojov (HV 0,1 až HV 5)
- **STN EN ISO 6507-1 :** Skúška tvrdosti podľa Vickersa. Časť 1: Skúšobná metóda (HV 10 až HV 30)
- **STN EN ISO 6506-1:** Kovové materiály. Brinellova skúška tvrdosti. Časť 1: Skúšobná metóda
- **STN EN ISO 6508-1:** Skúška tvrdosti podľa Rockwella. Časť 1: Skúšobná metóda
- **STN EN 1043-1:** Skúšanie tvrdosti. Časť 1: Skúšky tvrdosti spojov zhotovených oblúkovým zvaraním

6.4 Skúšky deformačnej schopnosti

6.4.1 Skúšky deformačnej schopnosti patria k technologickým skúškam, ktorými sa určuje spôsobilosť materiálov a zvarových spojov prenášať bez porušenia zaťaženia vedúce k trvalej plastickej deformácii.

6.4.2 Skúšky deformačnej schopnosti sa vykonávajú podľa noriem:

- **STN EN ISO 7438:** Skúška lámavosti
- **STN EN 910:** Skúšky lámavosti zvarových spojov
- **STN EN 1320:** Skúška rozlomením
- **STN EN 10232:** Skúška rúr ohybom
- **STN EN ISO 8491:** Kovové materiály. Rúry (s plným prierezom). Ohybová skúška
- **STN EN ISO 8492:** Kovové materiály. Rúry. Skúška stláčaním
- **STN EN ISO 8493:** Kovové materiály. Rúry. Skúška rúr rozširovaním
- **STN EN ISO 8494:** Kovové materiály. Rúry. Skúška rozširovaním

- **STN EN ISO 8495:** Kovové materiály. Rúry. Skúška rozširovaním prstenca
- **STN EN ISO 8496:** Kovové materiály. Rúry. Ťahová skúška prstenca
- **STN EN 10275:** Skúška prstenca vnútorným tlakom
- **STN EN ISO 7799:** Plechy a pásy s hrúbkou 3 mm a menej. Skúška lámavosti striedavým ohybom
- **STN 42 0406:** Skúška hĺbením plechov a pásov podľa Erichsena.

7 Skúšky chemického zloženia

7.1 Analýzy chemického zloženia základných materiálov a zvarových kovov strojnotechnologických komponentov VZJZ a tiež prídavných materiálov pre zvarovania a pomocných materiálov (napr.: pre NDT) sú oprávnené vykonávať len laboratória analytickej chémie akreditované SNAS.

7.2 Na stanovenie obsahu prvkov v chemickom zložení ocelí a liatin sa používajú analytické metódy podľa týchto noriem:

- **STN EN 24935:** Oceľ a železo. Stanovenie obsahu síry. Metóda infračervenej absorpcie po spálení v indukčnej peci
- **STN EN ISO 10280:** Oceľ a železo. Stanovenie obsahu titánu. Spektrofotometrická metóda s diantipyrylmetánom
- **STN EN 10179:** Chemický rozbor materiálov na báze železa. Stanovenie dusíka (stopové množstvá) v oceliach. Fotometrická metóda
- **STN EN 10178:** Chemický rozbor materiálov na báze železa. Stanovenie nióbu v oceliach. Spektrofotometrická metóda
- **STN EN 10177:** Chemický rozbor materiálov na báze železa. Stanovenie vápnika v oceliach. Metóda plameňovej atómovej absorpčnej spektrometrie
- **STN EN 10181:** Chemický rozbor materiálov na báze železa. Stanovenie olova v oceliach. Metóda plameňovej atómovej absorpčnej spektrometrie
- **STN EN 24935:** Oceľ a železo. Stanovenie obsahu síry. Metóda infračervenej absorpcie po spálení v indukčnej peci
- **STN EN 10036:** Chemický rozbor materiálov na báze železa. Stanovenie celkového obsahu uhlíka v oceli a surovom železe. Gravimetrické stanovenie po spálení v prúde kyslíka
- **STN EN 10136:** Chemická analýza materiálov na báze železa. Stanovenie niklu v oceliach a železe. Metóda plameňovej atómovej absorpčnej spektrometrie
- **STN EN 10188:** Chemická analýza materiálov na báze železa. Stanovenie chrómu v oceliach a železe. Metóda plameňovej atómovej absorpčnej spektrometrie
- **STN EN 24829-1+AC:** Oceľ a liatina. Stanovenie celkového obsahu kremíka. Spektrofotometrická metóda s redukovaným molybdénosilikátom. Časť 1: Obsah kremíka medzi 0,05 ~ a 1,0 ~ (obsahuje opravu AC:1991)
- **STN EN 24829-2+AC:** Oceľ a liatina. Stanovenie celkového obsahu kremíka. Spektrofotometrická metóda s redukovaným molybdénosilikátom. Časť 2: Obsah kremíka medzi 0,01 ~ a 0,05 (obsahuje opravu AC:1991)
- **STN EN 24943+AC:** Oceľ a liatina. Stanovenie obsahu medi. Metóda plameňovej atómovej absorpčnej spektrometrie (obsahuje opravu AC:1991)
- **STN EN 24946+AC:** Oceľ a liatina. Stanovenie obsahu medi. Spektrofotometrická metóda s 2,2'-dichinolínom (obsahuje opravu AC:1991)
- **STN EN 24937+AC:** Oceľ a železo. Stanovenie obsahu chrómu. Potenciometrická alebo vizuálna titračná metóda (obsahuje opravu AC:1991)

- **STN EN 24938+AC**: Oceľ a železo. Stanovenie obsahu niklu. Gravimetrická alebo titračná metóda (obsahuje opravu AC:1991)
- **STN EN 10276-2**: Chemická analýza materiálov na báze železa. Stanovenie kyslíka v oceli a liatine. Časť 2: Metóda infračervenej absorpcie po roztavení v atmosfére inertného plynu

8 Metódy skúšania nekonvenčných vlastností materiálov a zvarových spojov

Skúšanie nekonvenčných vlastností podľa noriem citovaných v nižšie uvedených sekciách tejto kapitoly nahradzuje v plnom rozsahu metódy určovania odolnosti materiálov a zvarových spojov proti porušeniu pri medzných stavoch zaťažovania podľa PNAE–G7– 002 –89 [5] a s ňou súvisiacich noriem GOST, predpísaných v pôvodnej KD strojno-technologických komponentov zariadení JE typu VVER 440.

8.1 Skúšky odolnosti proti krehkému porušeniu

8.1.1 Skúškami odolnosti proti krehkému porušeniu sa určujú tieto charakteristiky základného materiálu a zvarových spojov:

- lomová húževnatosť pri rovinnej deformácii - K_{IC}
- lomová húževnatosť z rozvretia vrcholu trhliny - δ_C , CTOD
- odolnosť voči **proti** šíreniu tvárných trhlín - K – R a J – R krivky
- lomová húževnatosť určená z J – integrálu - J_{IC}
- lomová húževnatosť určená metódou ekvivalentnej energie - K_{IE}
- lomová húževnatosť pri počiatku rastu tvárnej trhliny - $K_{0,2}$, $J_{0,2}$, $\delta_{0,2}$
- lomová húževnatosť pri zastavení trhliny - K_{Ia}
- teplotné závislosti lomovej húževnatosti: $K_{IC} - t$, $J_{IC} - t$, $\delta_C - t$, $K_{Ia} - t$,
- závislosť J - Δa , pre stanovenie $J_{0,2}$, resp. $K_{0,2}$ a modulu pretvárania - T_R
- lomová húževnatosť pri rýchlom zaťažení - K_{IR}
- dynamická lomová húževnatosť K_{ID}
- teplotné závislosti lomovej húževnatosti: $K_{IC} - t$, $J_{IC} - t$, $\delta_C - t$, $K_{Ia} - t$, $K_{IR} - t$, $K_{ID} - t$.
- prahová hodnota intenzity napätia pri koróznom praskaní – K_{ISCC} .

8.1.2 Charakteristiky podľa článku 8.1.1 sa určujú podľa noriem:

- **STN EN ISO 12737**: Určenie lomovej húževnatosti pri rovinnej deformácii
- **STN 42 0347**: Lomová húževnatosť kovov pri statickom zaťažení;
- **ASTM E 399-05**: Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials;
- **ASTM E 1820-05**: Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness
- **ASTM E 561-05**: Standard Test Method for K-R Curve Determination;
- **ASTM E 740-03**: Standard Practice for Fracture Testing with Surface-Crack Tension Specimens;
- **ASTM E 1221-96(2002)**: Standard Test Method for Determining Plane-Strain Crack-Arrest Fracture Toughness, K_{Ia} , of Ferritic Steels
- **ASTM E 1290-02e1**: Standard Test Method for Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness Measurement;
- **ASTM E 1304-97(2002)**: Standard Test Method for Plane-Strain (Chevron-Notch) Fracture Toughness of Metallic Materials;

- **ASTM E 1681-03:** Standard Test Method for Determining a Threshold Stress Intensity Factor for Environment-Assisted Cracking of Metallic Materials;
- **BS 6729:** British Standard Method for Determination of the Dynamic Fracture Toughness of Metallic Materials;

8.2 Skúšky odolnosti proti únavovému porušeniu pri cyklickom zaťažovaní

8.2.1 Skúškami odolnosti proti únavovému porušeniu pri cyklickom zažžení sa určujú tieto charakteristiky:

- únavová pevnosť - S_N (MPa),
- medza únavy - $S_c = S_m \pm S_a$ (MPa), $S_c = \pm S_a$ (MPa),
- životnosť - $S_a - N$,
- rýchlosť rastu trhliny - $da/dN = A \cdot (\Delta K)^n$,
- závislosti: $\epsilon_{ap} - N_F$, $\epsilon_{ac} - N_F$, $\epsilon_{ac} - N_F$, $\epsilon_{ap} - N_I$, $S_a - \epsilon_{ap}$
- rýchlosť rastu trhliny pri VDÚ - $da/dN = C_p \cdot (\epsilon_{ap})^n$

8.2.2 Skúšky charakteristík podľa článku 8.2.1 sa vykonávajú podľa týchto noriem, resp. metodických smerníc akreditovaných laboratórií:

- **STN 42 0363:** Skúšky únavy kovov. Metodika skúšania
- **ASTM E 466-96(2002)e1:** Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials;
- **ASTM E 467-98a(2004):** Standard Practice for Verification of Constant Amplitude Dynamic Forces in an Axial Fatigue Testing System;
- **ASTM E 1823-05:** Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing
- **ASTM E 468-90(2004)e1:** Standard Practice for Presentation of Constant Amplitude Fatigue Test Results for Metallic Materials;
- **ASTM E 606-04e1:** Standard Practice for Strain-Controlled Fatigue Testing
- **ASTM E 647-05:** Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates;
- **ASTM E 739-91(2004):** Standard Practice for Statistical Analysis of Linear or Linearized Stress-Life (S-N) and Strain-Life (ϵ -N) Fatigue Data;
- **ASTM E 1049-85(2005):** Standard Practices for Cycle Counting in Fatigue Analysis
- **MS 03-220-1978:** Metodická smernica VÚZ-PI. Programové únavové skúšky. Metóda skúšania a vyhodnocovania;
- **MS 04-220-1978:** Metodická smernica VÚZ-PI. Stanovenie rýchlosti rastu únavových trhlín. Metóda skúšania a vyhodnocovania;
- **MS 05-220-1988:** Metodická smernica VÚZ-PI. Skúšky rýchlosti rastu trhliny pri vysokodeformačnej únave. Metóda skúšania a vyhodnocovania

8.3 Skúšky odolnosti proti porušeniu koróziou

8.3.1 Skúškami odolnosti proti porušeniu, resp. poškodeniu materiálov a zvarových spojov koróziou sa určujú tieto vlastnosti:

- odolnosť proti MKK
- náchylnosť na korózne praskanie pri napätí
- náchylnosť na bodovú, jamkovú a štrbinovú koróziu
- náchylnosť na koróziu v kvapalinách a parách
- náchylnosť na celoplošnú koróziu

8.3.2 Skúšky vlastností podľa článku 8.3.1 sa vykonávajú podľa týchto noriem:

- **STN EN ISO 3651 – 1:** Stanovenie odolnosti nehrdzavejúcich ocelí proti medzikryštálovej korózii. Časť 1: Nehrdzavejúce austenitické a feriticko-austenitické (duplexné) ocele. Skúška korózie v kyseline dusičnej meraním úbytku hmotnosti (Hueyho test) – nahradzuje GOST 6032-57 [8]
- **STN EN ISO 3651 – 2:** Stanovenie odolnosti nehrdzavejúcich ocelí proti medzikryštálovej korózii. Časť 2: Nehrdzavejúce feritické, austenitické a feriticko-austenitické (duplexné) ocele. Skúška korózie v médiách obsahujúcich kyselinu sírovú - nahradzuje GOST 6032-57 [8]
- **STN EN ISO 7539 – 1:** Ochrana proti korózii. Ocele a zliatiny. Skúšky hrdzavenia za napätia. Časť 1: Všeobecné zásady
- **STN EN ISO 7539 – 2:** Korózia kovov a zliatin. Skúšky hrdzavenia za napätia. Časť 2: Príprava a používanie ohýbaných vzoriek
- **STN EN ISO 7539 – 3:** Korózia kovov a zliatin. Skúšky hrdzavenia za napätia. Časť 3: Príprava a používanie vzoriek tvaru U
- **STN EN ISO 7539 – 4:** Korózia kovov a zliatin. Skúšky hrdzavenia za napätia. Časť 4: Príprava a používanie vzoriek zaťažených jednoosovým ťahom
- **STN EN ISO 7539 – 5:** Korózia kovov a zliatin. Skúšky korózie za napätia. 5. časť: Príprava a používanie vzoriek tvaru C
- **STN EN ISO 7539 – 6:** Korózia kovov a zliatin. Skúšky korózie pod napätím. Časť 6: Príprava a používanie vzoriek s vopred vytvorenou trhlinou
- **STN EN ISO 7539 – 7:** Korózia kovov a zliatin. Skúšky korózie pod napätím. Časť 7: Metóda skúšania pri malej rýchlosti deformácie
- **STN 03 8135:** Ochrana proti korózii. Kovy, zliatiny a kovové povlaky. Skúšky korózie v kvapalinách a parách. Všeobecné požiadavky
- **STN 03 8137:** Ochrana proti korózii. Kovy, zliatiny a kovové povlaky. Metalografické vyhodnocovanie napadnutia koróziou
- **STN 03 8171:** Ochrana proti korózii. Nekorodujúce ocele a zliatiny. Metódy zrýchlených skúšok odolnosti proti bodovej korózii
- **ASTM G15-05:** Standard Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing
- **ASTM G30-97(2003):** Standard Practice for Making and Using U-Bend Stress-Corrosion Test Specimens
- **ASTM G31-72(1999):** Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals
- **ASTM G32-03:** Standard Test Method for Cavitation Erosion Using Vibratory Apparatus
- **ASTM G33-99:** Standard Practice for Recording Data from Atmospheric Corrosion Tests of Metallic-Coated Steel Specimens
- **ASTM G35-98:** Standard Practice for Determining the Susceptibility of Stainless Steels and Related Nickel-Chromium-Iron Alloys to Stress-Corrosion Cracking in Polythionic Acids
- **ASTM G36-94(2000):** Standard Practice for Evaluating Stress-Corrosion-Cracking Resistance of Metals and Alloys in a Boiling Magnesium Chloride Solution
- **ASTM G38-01:** Standard Practice for Making and Using C-Ring Stress-Corrosion Test Specimens
- **ASTM G39-99:** Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens
- **ASTM G40-02:** Standard Terminology Relating to Wear and Erosion

- **ASTM G41-90 (2000):** Standard Practice for Determining Cracking Susceptibility of Metals Exposed Under Stress to a Hot Salt Environment
- **ASTM G42-96:** Standard Test Method for Cathodic Disbonding of Pipeline Coatings Subjected to Elevated Temperatures
- **ASTM G44-99:** Standard Practice for Exposure of Metals and Alloys by Alternate Immersion in Neutral 3.5% Sodium Chloride Solution
- **ASTM G46-94 (1999):** Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion
- **ASTM G48-03:** Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution
- **ASTM G49-85 (2000):** Standard Practice for Preparation and Use of Direct Tension Stress-Corrosion Test Specimens
- **ASTM G50-76 (2003):** Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals
- **ASTM G51-95 (2000):** Standard Test Method for Measuring pH of Soil for Use in Corrosion Testing
- **ASTM G58-85 (1999):** Standard Practice for Preparation of Stress-Corrosion Test Specimens for Weldments
- **ASTM G123-00:** Standard Test Method for Evaluating Stress-Corrosion Cracking of Stainless Alloys with Different Nickel Content in Boiling Acidified Sodium Chloride Solution
- **ASTM A 262-02a:** Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels

8.4 Skúšky na stanovenie vybraných fyzikálnych charakteristík materiálov

Vybrané charakteristiky materiálov, dôležité pre pevnostné výpočty strojno-technologických komponentov VZJZ sa určujú podľa týchto noriem:

- **STN 42 0436:** Skúška exponenta deformačného spevnenia
- **STN 42 0435:** Skúška súčiniteľa normálovej anizotropie
- **STN 42 0437:** Skúška súčiniteľa plošnej anizotropie
- **ASTM E 646-00:** Standard Test Method for Tensile Strain-Hardening Exponent (n- Values) of Metallic Sheet Materials
- **ASTM E 111-04:** Standard Test Method for Young Modulus, Tangent Modulus and Chord Modulus
- **ASTM E 132:** Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature
- **ASTM E 517:** Standard Test Method for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal;

9 Odkazy

- /1/ **BNS II.5.6/2009:** Pravidlá konštruovania, výroby a bezpečnej prevádzky strojno-technologických komponentov vybraných zariadení jadrových elektrární typu VVER 440. Neperiodická publikácia . ÚJD SR, Bezpečnosť jadrových zariadení, 2007
- /1/ **BNS II.3.1/2007:** Hodnotenie prípustnosti defektov zisťovaných pri prevádzkových kontrolách strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440, 2. vydanie, ÚJD SR, Bezpečnosť jadrových zariadení, 2007
- /3/ **BNS II.3.3/2007:** Hutnícke výrobky a náhradné diely na strojno-technologické komponenty zariadení jadrových elektrární typu VVER 440 Požiadavky, 2. vydanie, ÚJD SR Bezpečnosť jadrových zariadení, 2007

- /4/ **BNS II.5.1/2007:** Zváranie pri výrobe, montáži, opravách, výmenách a rekonštrukciách strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440. Základné požiadavky., 3. vydanie, ÚJD SR, Bezpečnosť jadrových zariadení, 2007
- /5/ **BNS II.5.2/2007:** Kontrola zvárania a kvality zvarových spojov strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440. Požiadavky ., 3. vydanie, ÚJD SR, Bezpečnosť jadrových zariadení, 2007
- /6/ **BNS II.5.3/2007:** Zváracie materiály na zhotovenie zvarových spojov strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440. Technické požiadavky a pravidlá výberu, 3. vydanie, ÚJD SR, Bezpečnosť jadrových zariadení, 2007
- /7/ **STN EN ISO 15614-1:** Stanovenie a schválenie postupov zvárania kovových materiálov. Skúška postupu zvárania. Časť 1: Oblúkové a plameňové zváranie ocelí a oblúkové zváranie niklu a zliatin niklu
- /8/ **STN EN 764 – 1: 2005 :** Tlakové zariadenia. Terminológia. Časť 1: Tlak, teplota, objem, menovitý rozmer

10 Literatúra

- [1] **Zákon NR SR č. 541 Z. z.** z 9. septembra 2004 o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [2] **Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006 Z. z.** , ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich umiestňovaní, projektovaní, výstavbe, uvádzaní do prevádzky, prevádzke, vyradovaní a pri uzatvorení úložiska, ako aj kritériá pre kategorizáciu vybraných zariadení do bezpečnostných tried
- [3] **Vyhláška ÚJD SR č. 56/2006 Z. z.** , ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [4] **Vyhláška ÚJD SR č. 49/2006 Z. z.** o periodickom hodnotení jadrovej bezpečnosti
- [5] **PNAE G-7-008-89:** Pravila ustrojstva i bezopasnoj ekspluatácii oborudovania i truboprovodov atomnych energetičeskich ustanovok. Gosatomenergondzor, Moskva 1989
- [6] **PNAE G-7-002-89:** Normy rasčota na pročnosť oborudovania i truboprovodov atomnych energetičeskich ustanovok, Atomenergoizdat, Moskva 1989
- [7] **GOST 6996–58:** Metody opredelenija mehaničeskich svojstv metalla svarnych sojedenenij
- [8] **GOST 6032-57:** Metody ispytanija na mežkristallitnuju korroziju austenitnych i austenitno-ferritnych neržaviejuščich stalej