

Porovnanie kvality vybraných materiálov pre výrobu strojných komponentov

Comparison of the selected materials quality for the production of machine components

Ing. Mariana Janeková, PhD.; Ing. Daniela Košťaliková, PhD.; Ing. Andrej Dubec, Ph.D.; Zdenko Šiffel

Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Fakulta priemyselných technológií v Púchove, I. Krasku 491/30, 020 01 Púchov, Slovenská republika

Práca je zameraná na porovnanie kvality vybraných materiálov pri spracovaní komponentov na výstredníkovom lise LEK 160. Tvárniace procesy sú spojené predovšetkým s plastickou deformáciou materiálov, ktorá je príčinou nedodržania stanovených parametrov, ktorých nedodržanie má za následok porušenie materiálu v prevádzkových podmienkach. Správny výber materiálu, ktorý by mal spĺňať požadované parametre pre stanovené využitie v prevádzke, slúži ako prevencia pred jeho možným porušením, ktoré vedie k znižovaniu celkovej kvality a zvýšeniu prevádzkových nákladov. V práci sme experimentálne skúmali a analyzovali materiál DC01, ktorý nahradil materiál s označením S235JRC+N, na ktorom nastalo porušenie v prevádzkových podmienkach. Hodnotili sme mechanické vlastnosti pomocou skúšky ťahom a skúšky tvrdosti. Optickou mikroskopiou sme identifikovali a porovnávali mikročistotu a mikroštruktúru oboch skúmaných materiálov používaných pri výrobe na výstredníkovom lise, bola hodnotená fraktografia lomu poškodeného materiálu s označením S235JRC+N.

Kľúčová slova: technológia tvárnenia; opotrebenie; konštrukčný prvok; medzný stav

The work is focused on the comparison of the quality of selected materials in the processing of components on the eccentric press LEK 160. The forming processes are mainly associated with plastic deformation of materials, which is the cause of non-compliance with the specified parameters, the non-compliance of which results in material failure under operating conditions. The correct selection of the material, which should meet the required parameters for the specified use in service, serves as a prevention against its possible failure, which leads to a reduction in overall quality and an increase in operating costs. In this work, we have experimentally investigated and analyzed the material DC01, which replaced the material designated S235JRC+N, on which the failure occurred under service conditions. We evaluated the mechanical properties using tensile test and hardness test. Optical microscopy was used to identify and compare the micro-purity and micro-structure of the two materials examined used in the eccentric press fabrication, and the fractography of the fracture of the damaged material marked S235JRC+N was evaluated.

Key words: forming technology; wear; structural element; limit state

1. Úvod

Vysoké percento celkovej priemyselnej výroby tvorí lisovanie, konkrétne sa jedná o lisovanie na tvárniacich strojoch. Tvárniace procesy sú spojené predovšetkým s plastickou deformáciou materiálov, ktorá je príčinou nedodržania stanovených parametrov, ktorých nedodržanie má za následok porušenie materiálu v prevádzkových podmienkach. Správny výber materiálu, ktorý by mal spĺňať požadované parametre pre stanovené využitie v prevádzke, slúži ako prevencia pred jeho možným porušením, ktoré vedie k znižovaniu celkovej kvality a zvýšeniu prevádzkových nákladov [1]. V práci sú hodnotené komponenty, ktoré sa používajú na výrobu konzol vodiacich kabeláž pre stavebné stroje. Komponenty boli vyrobené na výstredníkovom lise s označením LEK 160.

2. Experimentálna časť

Pre porovnanie kvality vybraných materiálov boli hodnotené základné štruktúrne vlastnosti dvoch typov ocelí. Jednalo sa o oceľ typu s označením DC01 a oceľ typu s označením S235JRC+N. Tieto typy ocelí sú určené na výrobu polotovarov určených pre stavebný priemysel. Polotovar vyrobený z materiálu s označením S235JRC+N bol výrazne porušený a bol nahradený materiálom s označením DC01. Na obr.1 sú zdokumentované polotovary pre komponenty, ktoré sú tvarované z vybraných druhov materiálov.



Obr. 1 Strojné komponenty pre výstredníkový lis LEK 160
Fig. 1 Machine components for eccentric press LEK 160

2.1 Chemické zloženie ocelí DC01 a S235JRC+N

Oceľ s označením DC01 je nízko uhlíková oceľ, ktorá sa využíva na výrobu polotovarov slúžiacich ako súčasť v stavebnom priemysle, rovnako ako aj oceľ s označením S235JRC+N. Ich chemické zloženie je uvedené v tab. 1.

Tab.1 Chemické zloženie
Tab. 1 Chemical composition

	C	Mn	Si	P	S	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	Ti	V	N	As
Oceľ DC01	0,06	0,4	0,01	0,01	0,008	0,037	0,05	0,03	0,02	0,005	0,002	0,002	0,005	0,003
Oceľ S235JRC+N	0,17	-	0,03	-	0,01	0,02	0,55	-	-	0,11	-	0,1	-	-

2.2 Mechanické vlastnosti

Pre vyhodnotenie mechanických vlastností pre oceľ S235JRC+N a oceľ DC01 (obr. 2) bola uskutočnená mechanická skúška ťahom, ktorá je vďaka svojmu princípu, jednoduchosti a účelnosti najrozšírenejšou a najuznávanejšou skúšobnou metódou na hodnotenie

mechanických vlastností prevažne kovových materiálov [2]. Mechanické vlastnosti skúmaných materiálov sú uvedené v tab. 2. V tab. 3 sú uvedené vypočítané hodnoty deformačných a napät'ových charakteristík oboch druhov ocelí. Grafické znázornenie vypočítaných hodnôt je zobrazené na obr. 3.



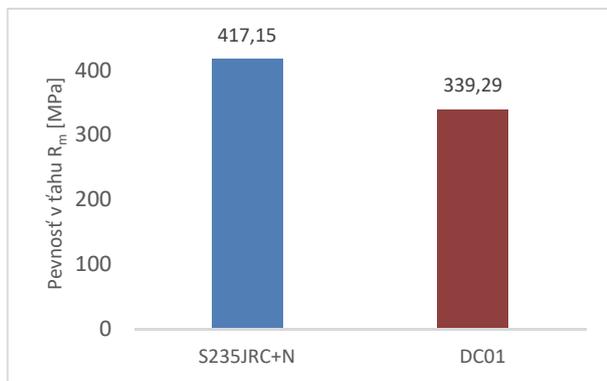
Obr. 2 Vzorok pre skúšku ťahom materiálov s označením S235JRC+N a DC01
Fig. 2 Samples for tensile testing of S235JRC+N and DC01 materials

Tab.2 Mechanické vlastnosti materiálu DC01
Tab. 2 Mechanical properties of DC01 material

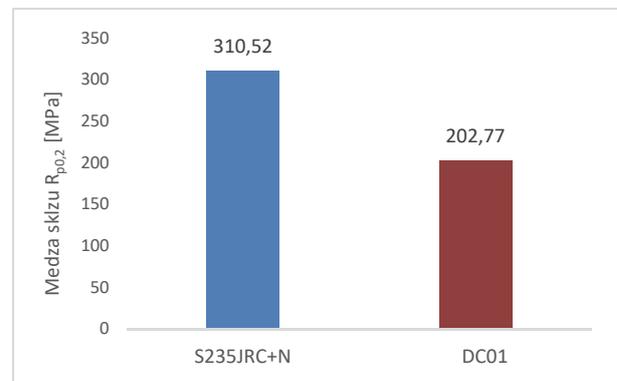
Parameter	S235JRC+N	DC01
Pevnosť v ťahu R_m [MPa]	360 – 510	270 – 410
Medza klzu R_{p02} [MPa]	min. 235	max. 280
Ťažnosť A5 [%]	min. 24	min. 28

Tab. 3 Výpočítané hodnoty deformačných a napät'ových charakteristík oboch druhov ocelí
Tab. 3 Calculated values of the deformation and stress characteristics of steels

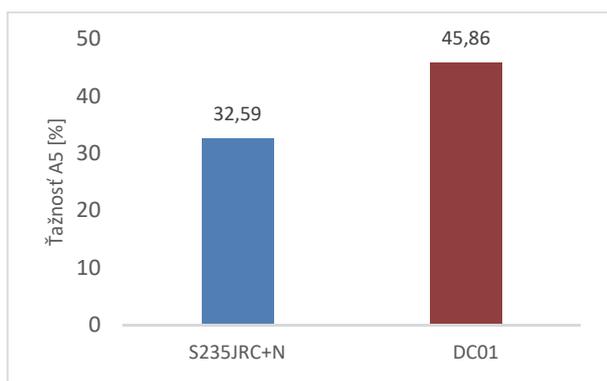
Typ ocele	č. v.	Síla medze klzu $F_{p0,2}$	Pevnosť v ťahu R_m	Medza sklzu $R_{p0,2}$	Ťažnosť A5	Kontrakcia Z
		[N]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]
S235JRC+N	1.	11733	415,59	309,51	29,97	58,92
	2.	11733	417,83	309,75	36,97	58,66
	3.	11800	418,04	312,30	32,59	58,99
	Priemer		417,15	310,52	32,59	58,99
	Stredná kvadratická chyba σ		$\pm 0,78$	$\pm 0,89$	$\pm 2,2$	$\pm 0,74$
DC01	1.	7800	342,46	207,23	45,43	68,95
	2.	7600	338,74	200,80	46,29	69,18
	3.	7600	336,67	200,26	45,86	68,51
	Priemer		339,29	202,77	45,86	68,88
	Stredná kvadratická chyba σ		$\pm 1,69$	$\pm 2,24$	$\pm 0,24$	$\pm 0,2$



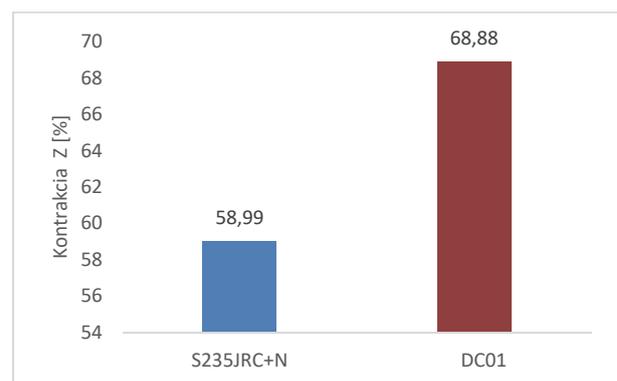
a) Pevnosť v ťahu R_m



b) Medza sklzu $R_{p0,2}$



c) Ťažnosť A5



d) Kontrakcia Z

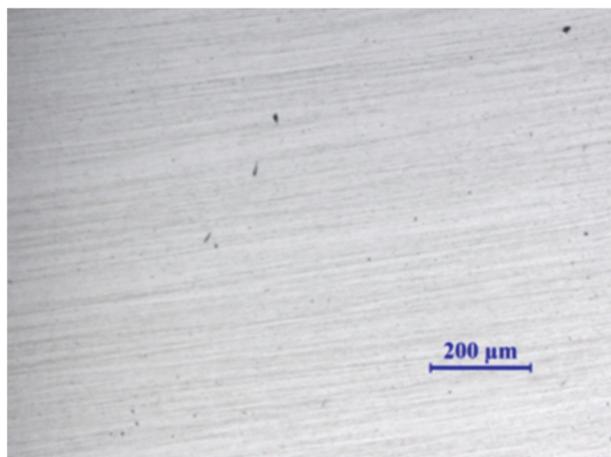
Obr. 3 Mechanické vlastnosti S235JRC+N a DC01
Fig. 3 Mechanical properties of S235JRC+N and DC01

2.3 Metalografická analýza

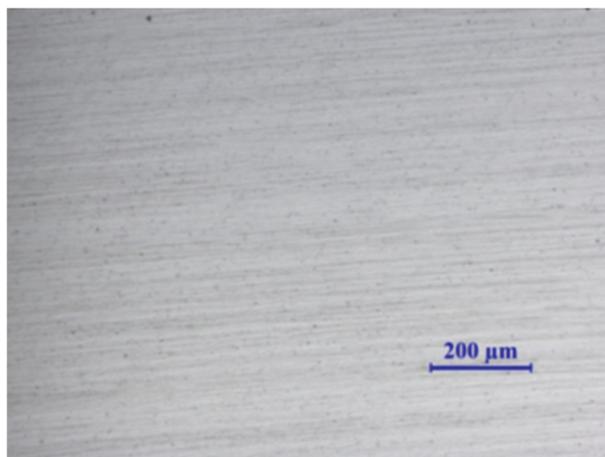
Cieľom metalografickej analýzy bolo mikroskopickým pozorovaním získať informácie z pohľadu mikroštruktúry a mikročistoty vybraných materiálov DC01 a S235JRC+N. Vzorky boli odobraté z takých miest, ktoré reprezentujú celkovú štruktúru oboch materiálov.

Mikroskopické hodnotenie čistoty materiálov

Hodnotenie mikročistoty a mikroštruktúry na vybraných materiáloch DC01 a S235JRC+N bolo uskutočnené na pozdĺžnych ako aj priečnych rezoch, obr. 4.

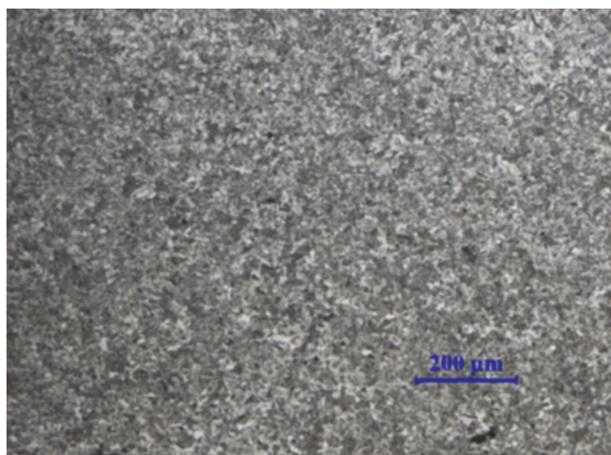


a) S235JRC+N



b) DC01

Obr. 4 Mikročistota materiálov v priečnom reze
Fig. 4 Materials micro-purity in cross-section



a) S235JRC+N



b) DC01

Obr. 5 Mikroštruktúra materiálov v priečnom reze
Fig. 5 Materials micro-structure in cross-section

Z pohľadu mikročistoty materiálu s označením DC01 a materiálu S235JRC+N bolo možné určiť, že sa jednalo o štruktúry s pomerne malým výskytom nekovových inklúzií. V materiáli S235JRC+N väčší počet sulfidov, bodových oxidov a silikátov netvárniteľných. V materiáli DC01 bol pozorovaný ojedinelý výskyt inklúzií, bol pozorovaný nepatrný výskyt bodových oxidov. V oboch prípadoch možno vyhodnotiť vybrané materiály ako vyhovujúce [3].

Mikroskopické hodnotenie štruktúry materiálov

Na metalografických výbrusoch bola mikroštruktúra identifikovaná po naleptaní leptadlom 2% Nitalom na obidvoch kovových materiáloch S235JRC+N aj DC01. Mikroštruktúra materiálu S235JRC+N z podeutektoidnej ocele na obr. 5a, bola jemnozrná, tvorená feritom a perlitom, ktorý sa nachádzal na hraniciach feritických zŕn.

Materiál s označením DC01 na obr. 5b sme po naleptaní porovnávali zo štruktúrneho hľadiska s materiálom S235JRC+N, kde bola pozorovaná jemnozrná, heterogénna, feriticko-perlitická štruktúra so zvýšeným

počtom perlitických zŕn, bez výrazných štruktúrnych zmien [4].

2.4 Hodnotenie tvrdosti materiálu

Pre overenie správnej analýzy a charakteru mikroštruktúry vybraných a porovnávaných materiálov sme vykonali skúšku tvrdosti podľa Vickersa. Na každom materiáli bolo vykonaných 5 vtlačkov, z ktorých sme vypočítali priemernú tvrdosť, ktorá je predpísaná pre danú štruktúru. Priemerné hodnoty tvrdosti uvádzame v tab. 4.

Tab. 4 Hodnoty tvrdosti HV1

Tab. 4 Hardness values HV1

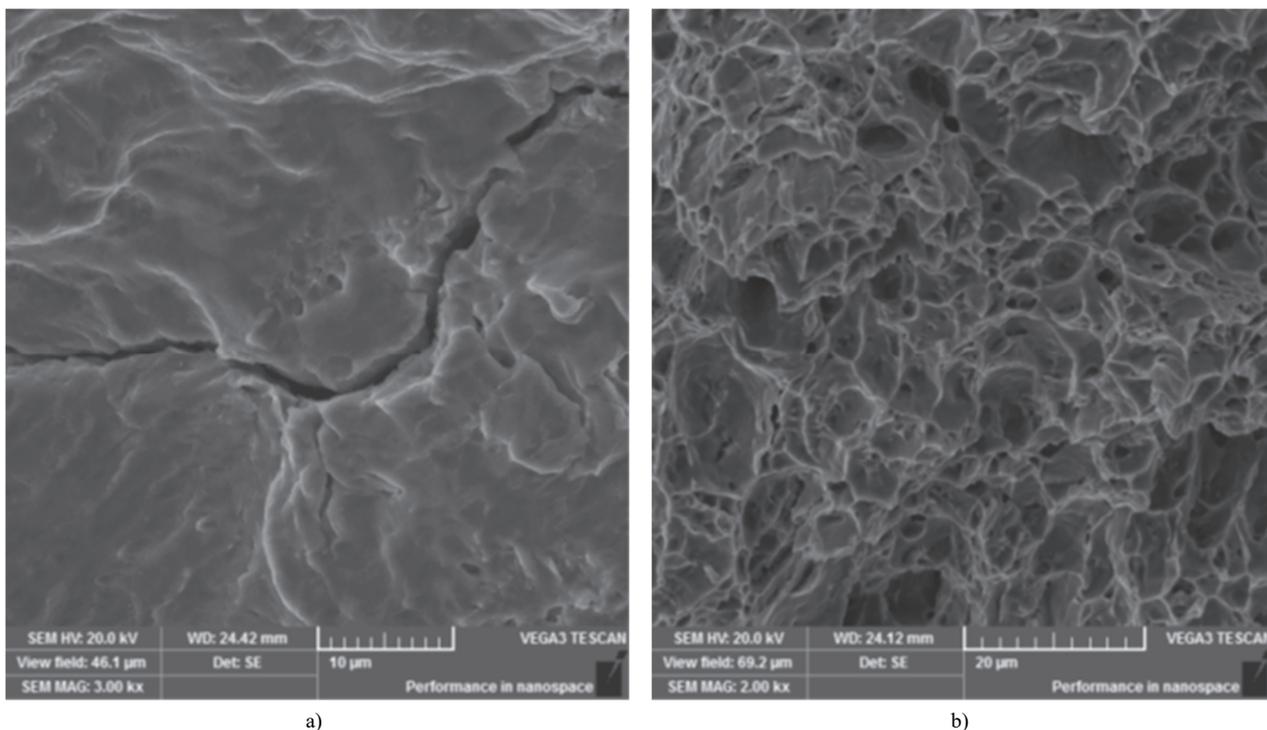
Materiál	Priemerná hodnota tvrdosti HV1
Steel S235JRC+N	183,4
DC01	213,4

2.5 Mikrofraktografická analýza

Vzhľadom k tomu, že v prevádzkových podmienkach došlo k degradácii súčiastky vyrobenej z materiálu

S235JRC+N bolo uskutočnené fraktografické hodnotenie, pomocou ktorého bolo možné preukázať deštruktívne porušenie skúmaného materiálu a nahradenie materiálom DC01, na ktorom nedošlo k trvalým deformačným zmenám [5, 6]. Skúmaná lomová plocha predstavovala rôzne druhy porušenia z hľadiska kvantitatívneho a kvalitatívneho podielu na správnej funkčnosti konštrukčného prvku. Na lomovej ploche bolo viditeľné znečistenie základného materiálu nekovovými časticami (obr. 4a,b), ktoré sa podieľajú na vzniku vnútorných pnutí.

Tieto pnutia vedú k celkovému porušeniu strojnej súčasti, spôsobujú vznik lomu a celkovú deštrukciu strojnej súčasti. V ťahovej oblasti na lomovej ploche bolipozorované výrazné porušenia. Pri pozorovaní skúmaného materiálu pomocou elektrónového mikroskopu bol v okrajovej oblasti viditeľne frekventovaný výskyt sekundárnych mikrotrhlín, ktoré sú zaznamenané na obr. 6a, kde je zaznamenaný detail vyskytujúcej sa mikrotrhliny v okrajovej oblasti, v stredovej oblasti výskyt mikrotrhlín nebol pozorovaný.



Obr. 6 a) Detail mikrotrhliny okrajovej oblasti materiálu s označením S235JRC+N
b) Detail stredovej oblasti porušenej časti materiálu s označením S235JRC+N

Fig. 6 a) The micro-crack detail of the edge region of material marked S235JRC+N
b) The central area detail of the broken part of the material marked S235JRC+N

Fraktografickým skúmaním lomovej plochy bolo preukázateľné, že sa jednalo o tvárny lom, pre ktorý je charakteristická členitosť a jamková morfológia (obr. 6b). Jedná sa o lom, ktorý sa uskutočňuje po vzniku plastickej deformácie. Môžeme predpokladať, že medzný stav komponentu nastal pri pôsobení tlakovou silou na materiál s označením S235JRC+N v prevádzkových podmienkach.

3. Záver

Tvárnacie procesy sú spojené predovšetkým s plasticou deformáciou materiálov, ktorá je následkom nedodržania stanovených parametrov a ktorých nedodržanie má za následok porušenie materiálu v prevádzkových podmienkach. V príspevku sme experimentálne skúmali a analyzovali materiál DC01, ktorý nahradil materiál s označením S235JRC+N, na ktorom nastalo porušenie v prevádzkových podmienkach. Materiál DC01 vykazoval vyššie namerané hodnoty tvrdosti, z čoho vyplýva správnosť výberu materiálu určeného na prácu v náročných prevádzkových podmienkach. Štruktúrnou analýzou sme

preukázali nevhodnosť materiálu s označením S235JRC+N určeného pre technologické podmienky ako vstupný diel pre stavebné stroje. Správny výber materiálu, ktorý by mal spĺňať požadované parametre pre stanovené využitie v prevádzke, slúži ako prevencia pred jeho možným porušením, ktoré vedie k znižovaniu celkovej kvality a zvýšeniu prevádzkových nákladov. Optimalizáciou procesov, napríklad náhradou materiálu, je snaha predchádzať chybám, ktoré sa týkajú celkovej kvality strojárskeho komponentov. Nahradený materiál s označením DC01 po vykonaných analýzach vykázal lepšie mechanické a štruktúrne vlastnosti ako materiál S235JRC+N.

Literatúra

- [1] GALETA, V., BACHRATÝ, M. a KRÁLIK, M. *Technológia II: Technológia obrábania*. Bratislava: STU, 2020.
- [2] SCHMIDOVÁ, E. Mechanické chování materiálu. In *Portal studijní agendy [online]*. Pardubice, 2015 [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>.

- [3] Vojtěch, D. *Kovové materiály*. první vydání, VŠCHT Praha 2006, 140 s., ISBN 80-080-600-1.
- [4] CHOTĚBORSKÝ, R. *Nauka o materiálu*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011. 408 s. ISBN 978-80-213-2236-3.
- [5] ANDERSON, T. *Fracture mechanics: fundamentals and applications*. Boca Raton: Taylor, 2005, 621 s., ISBN 08-493-1656-1.
- [6] DLOUHÝ, I., HADRABA, H., KOZÁK, V., CHLUP, Z. a HOLZMANN, M. Současné přístupy k hodnocení křehkolomových charakteristik ocelí. *Design a porušování materiálů: sborník semináře Křehký lom 2010*. Brno: Ústav fyziky materiálů AV ČR, 2010, s. 7-34. ISBN 978-80-87434-01-7.

Malé modulární reaktory

Malý modulární reaktor je dnes velmi často skloňovaným slovem, nicméně běžný člověk si pod tímto pojmem mnoho nepředstaví.

Slovo malý zde chápeme z pohledu výkonu, který je v reaktoru produkován, Vzhledem k tomu, že většina jaderných reaktorů je používána k výrobě elektriny, tak se zmíněné slovo vztahuje k produkovánému elektrickému výkonu reaktoru. Pod označením malý modulární reaktor lze považovat takové reaktory, které mají výkon mezi 20 a 300 megawatty. Ta spodní hranice je z důvodu toho, že existují i mikroreaktory, které mají výkon do 20 megawatt. Samozřejmě se u těchto reaktorů nejedná jen o zdroj elektrické energie, nýbrž je zde možnost výroby tepla, například vysokoteplotní páry o teplotě až 800°C.

Pokud jde o členění reaktorů z pohledu chlazení, tak reaktory, které se dnes provozují, jsou generace 2 a stejně jako jejich připravované zdokonalené verze generace 3 a 3+ se chladí vodou. Dále pak jsou reaktory generace 4, jako jsou malé modulární reaktory, které používají pro chlazení aktivní zóny jiné médium než vodu. Chladicím médiem je tak plyn, klasicky helium nebo superkritický oxid uhličitý nebo lze použít roztavené kovy (olovo, bismut) či soli (směsi fluoridových, lithiových či beryliových solí).

Co se týče bezpečnosti, tak je u všech reaktorů používán přístup ochrany do hloubky. První bariéra je váleček se štěpným materiálem o průměru cca 8 mm a délky 1 cm. Tento váleček je navržen tak, aby udržel rozštěpený uran. Druhá bariéra je ocelová tyč, do které se zasouvají tyto válečky (například v Temelině jsou tyto tyče dlouhé 3,5 m). Tato ocelová tyč musí udržet svou integritu, aby se zabránilo úniku štěpných produktů do chladicího média. Další bariéra je chladicí okruh, který musí taktéž zachovat svou celistvost. A poslední bariérou je tzv. ochranná obálka, ve které je chladicí okruh umístěn. Pro malé modulární reaktory je jednodušší navrhnout tyto ochranné bariéry, nemusí mít aktivní prvky jako reaktory generace 2 a 3, kdy například teplo může být odváděno do meziokruhu samovolně díky rozdílnosti hustot chladicího média v primárním okruhu a média v meziokruhu, což může být voda či vzduch.

Více rozhovor Jiřího Duspivy ze skupiny ÚJV (Ústav jaderného výzkumu) v Řeži v XTV

Česká spotřeba klesá na desetileté minimum

Česká zdánlivá spotřeba oceli klesla ve třetím čtvrtletí na desetileté minimum 1,37 milionu tun, čímž se spotřeba za devět měsíců meziročně snížila o 700 000 tun na 4,4 mil. tun, uvádí česká a slovenská ocelářská asociace Steel Union. Výroba surové oceli za devět měsíců klesla o 21 % na 2,64 milionu tun.

Přestože devítiměsíční produkce všech kategorií výrobků klesla, nejvíce byly zasaženy dlouhé výrobky, přičemž výroba klesla meziročně o 27 % na 1,52 mil. tun, zatímco výroba bytů a potrubí klesla o 3 % a 9,5 % na 720 000 t a 263 000 t. Celková produkce válcované oceli klesla o 19 % na 2,51 mil. tun. Výroba surového železa klesla o 20 % na 2,16 mil. tun.

Je to dáno pokračující krizí ve stavebnictví nejen v České republice, ale i v okolních zemích, zejména v Německu. „Situace už několik let není normální, takže je velmi těžké předvídat, co bude dál. Stavebnictví zde není v pořádku, situace v Německu není v pořádku. Neočekávám rychlý obrát k lepšímu, spíše někdy v polovině příštího roku,“ říká předseda Steel Union Daniel Urban.

Český vývoz oceli ve 3. čtvrtletí rovněž klesl na 842 000 tun, což je nejnižší čtvrtletní úroveň od krize v roce 2009. Dovoz však mírně vzrostl na 1,52 mil. tun.

Zdroj: Kallanish steel