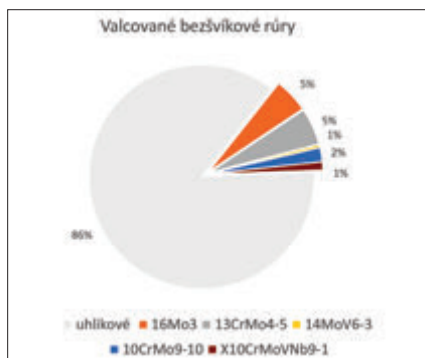


Výroba žiarupevných ocelí v spoločnosti Železiarne Podbrezová

Spoločnosť Železiarne Podbrezová a.s. si svojou politikou neustáleho zlepšovania a investícií do modernizácie technologických zariadení udržuje priazeň svojich obchodných partnerov a významné postavenie na európskom trhu. Energetické strojárstvo je odvetvie dlhodobého zvýšeného záujmu spoločnosti. Podiel kotlových akostí na výrobe a predaji spoločnosti predstavoval v minulom roku viac ako 35 %, z čoho legované akosti predstavovali 5 %. V objemovom vyjadrení sa jedná o asi 6 000 ton, rúr z legovaných ocelí.



Obr. 1 – Podiel žiarupevných ocelí z objemu predaja kotlových akostí

Obr. 1 znázorňuje podiel jednotlivých akostí na objeme predaja kotlových rúr. Rúry z produkcie našej spoločnosti sú súčasťou energetických zariadení ako ekonomizéry, výparníky, prehrievače, rekuperačné potrubia, hlavné potrubia pary resp. potrubia pre prívod vody. V roku 2015 smerovali rúry z produkcie ŽP a.s. napríklad do spaľovne bridlicového plynu pre elektrárňu Kohtla-Jaerve, Estónsko (60 ton), do rekonštrukcie elektrárne Jaworzno III, Poľsko (1 500 t), ale napríklad aj do spaľovne komunálneho odpadu v South London Beddington (250 t). V Českej republike to bola napríklad generálna oprava kotla v spoločnosti DEZA, Valašské Meziříči.

Kotlové akosti rúr, ktoré sú používané pre vyššie prevádzkové teploty a vyššie prevádzkové tlaky potrebujú pre zabezpečenie creepovej odolnosti tepelné spracovanie, ktoré zabezpečí ich vhodnú východiskovú štruktúru. Žihacia pec na prevádzkarni Ťaháreň rúr spĺňa všetky požiadavky kladené na tepelné spracovanie rúr vyrobených zo žiarupevných akostí. V teplej časti pece v jej druhej až štvrtej zóne sú umiestnené keramické sáľavé horáky, čo umožňuje zvýšenie teploty žihania z bežných teplôt max. 980°C až na 1 080°C.

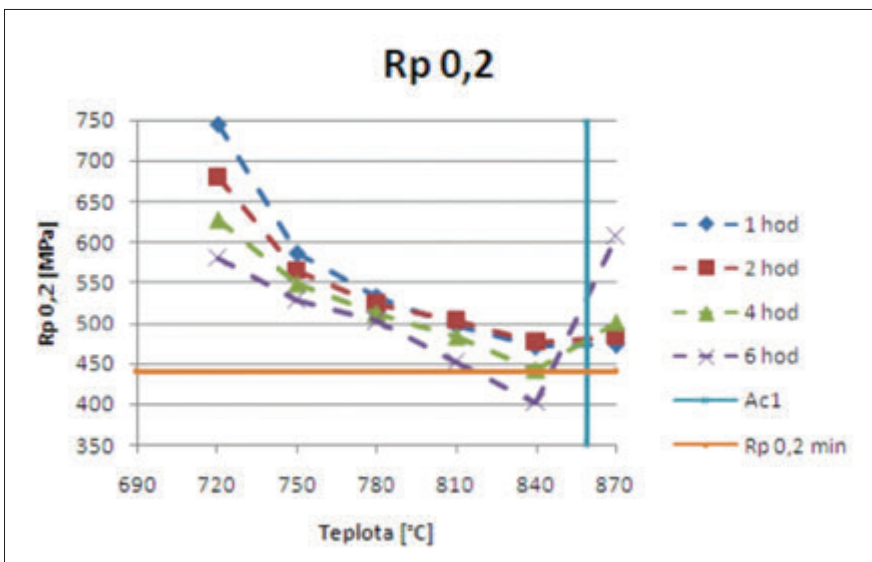
V zápečí teplej časti žihacej pece je dodatočne inštalovaný elektrický ohrev pomocou elektrických špirál, čím je zabezpečené zotrvanie rúr na požadovanej teplote pred ich intenzívnym ochladením. Na začiatku studenej časti pece je inštalovaný výkonný rýchlochladíč, ktorý umožní rúry ochladzovať v ochrannej atmosfére rýchlosťou 300 až 350°C/min., v závislosti od priemeru vyrábaných rúr. Týmto postupom chladenia je možné dosiahnuť bainitickú mikroštruktúru rúr s hrúbkou steny až do 6 mm. Tento koncept umožňuje spoločnosti vyrábať kotlové rúry používané pri vyšších teplotách,

EN 10216-2+A2	C	Si max	Mn	Cr	Mo	Nb	W	B	V
	0.07 - 0.13	0.50	0.30 - 0.60	8.50 - 9.50	0.30 - 0.60	0.04 - 0.09	1.50 - 2.00	0.001 - 0.006	0.15 - 0.25
Ex. materiál	0.11	0.26	0.44	9.16	0.45	0.06	1.85	0.006	0.24

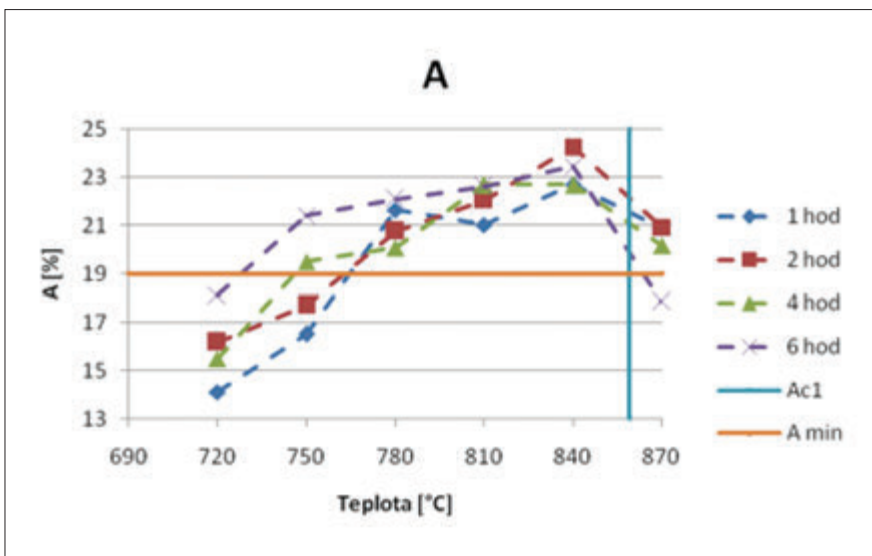
Tab. 1 – Chemické zloženie akosti P92 v (%)

Austenitizácia		Popúšťanie		Mechanické vlastnosti		
Teplota (°C)	Ochladzovanie	Teplota (°C)	Ochladzovanie	Re (MPa)	Rm (MPa)	A (%)
1 040 - 1 090	vzduch	730 - 780	vzduch	min 440	620 - 850	min 19

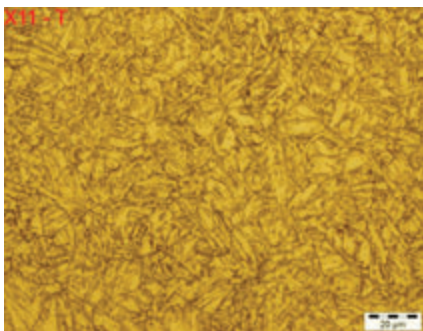
Tab. 2 – Tepelné spracovanie a mechanické vlastnosti podľa EN 10216-2+A2



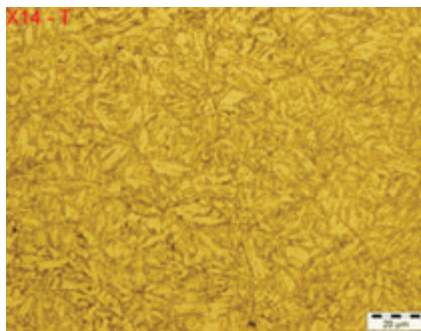
Obr. 2 – Medza klzu



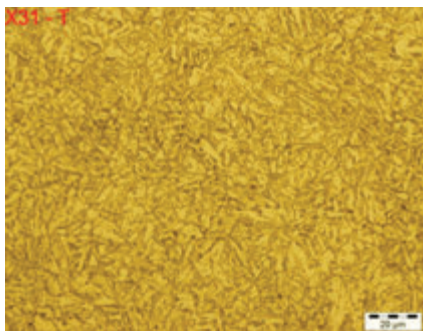
Obr. 3 – Ťažnosť



Obr. 4 – Mikroštruktúra v stave 720°C/1 hod



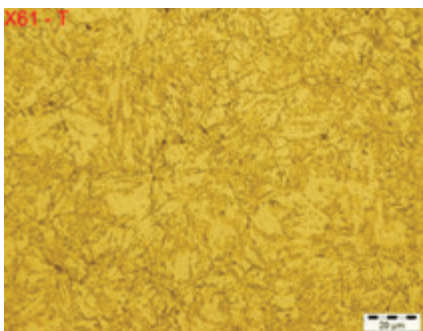
Obr. 5 – Mikroštruktúra v stave 720°C/6 hod



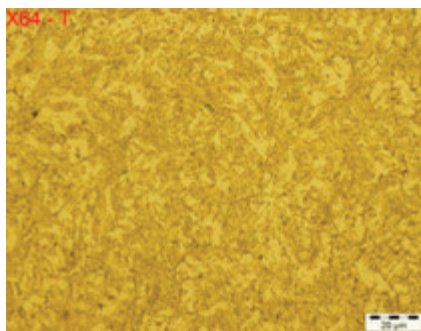
Obr. 6 – Mikroštruktúra v stave 780°C/1 hod



Obr. 7 – Mikroštruktúra v stave 780°C/6 hod



Obr. 8 – Mikroštruktúra v stave 870°C/1 hod



Obr. 9 – Mikroštruktúra v stave 870°C/6 hod

príčasne umožňuje minimalizovať podiel drahých legujúcich prísad vo vstupnom materiáli. Z externej vsádzky spoločnosť vyrába aj rúry z vyššie legovaných ocelí s martenzitickou mikroštruktúrou (napr. X10CrMoVNb9-1 a X10CrWMoVNb9-2).

Akosť X10CrWMoVNb9-2 (P92) je žiarupevná ocel' legovaná Cr, V a Nb s prídavkom W do 2 % a v porovnaní s akosťou X10CrMoVNb9-1 (P91) s nižším obsahom Mo z 1 % na 0,5 %. Svojimi vlastnosťami sú určené pre použitie v energetickom priemysle na zariadenia pracujúce pri ultrasuperkritických podmienkach. Chemické zloženie týchto ocelí je navrhnuté tak, aby tieto ocele boli samokaliteľné a pri valcovaní rúr tvorili mikroštruktúry martenzitického typu. Po tepelnom spracovaní rúr je mikroštruktúra tvorená popusteným martenzitom.

Ako príklad uvádzame stanovenie tepelného spracovania na valcovaných rúrach rozmeru 88,9 × 12,5 mm akosti P92, ktorej chemické zloženie uvádzame v tab. 1.

V rámci riešenia spracovateľnosti tejto ocele boli optimalizované všetky technické a technologické parametre teplotno-deformačného

režimu valcovania rúr od ohrevu v karuselovej peci až po dovalcovacie teploty na redukovní. Dôležitým krokom je finálne tepelné spracovanie valcovaných rúr, ktoré je definované teplotou normalizačného žihania a následným popustením tak, aby sme dosiahli normou predpísané mechanické vlastnosti.

Na základe týchto vstupných informácií bol navrhnutý experimentálny popúšťací program, pričom na vzorkách po normalizačnom žihaní pri teplote 1 050°C bolo realizované popúšťanie pri teplotách v rozsahu od 720 do 870°C s rôznou dobou výdrže od 1 do 6 hodín. Normované hodnoty tepelného spracovania a mechanických vlastností uvádzame v tab. 2.

Z hľadiska tepelného spracovania je veľmi dôležité poznať optimálnu teplotu popúšťania resp. aká je citlivosť mechanických vlastností na zmenu teploty a doby popúšťania. Výsledky vybraných vlastností (medza klzu a ťažnosť) sú graficky spracované na obr. 2 a 3.

Morfológia mikroštruktúr popustených na teplote 720 a 780°C je zobrazená na obr. 4 - 7. Mikroštruktúry popustených stavov sú homogénne s ihličkovitou morfológiou popusteného

martenzitu s jemnými karbidickými časticami na rozhraniach martenzitických latic a na hraniciach pôvodných austenitických zŕn. Nárast teploty sa prejavil predovšetkým v množstve a veľkosti vylúčených karbidických častíc.

Mikroštruktúra na obr. 8 - 9 je popustená nad teplotou Ac1 a je tvorená zmesnou štruktúrou. Časť objemu je tvorená popusteným martenzitom a časť je tvorená martenzitom, ktorý vznikol pri ohreve materiálu nad teplotnú oblasť Ac1, kde došlo ku vzniku austenitu a následným ochladzovaním z tejto teploty došlo k jeho samozakaleniu na martenzit.

ZÁVER

Pre popúšťací program platí, že so zvyšujúcou teplotou popúšťania, nám pevnostné vlastnosti klesajú, obr. 2 a plastické vlastnosti naopak stúpajú, obr. 3. Medza klzu spĺňa predpísanú normovanú hodnotu v teplotnom intervale od 720 - 810°C, pričom najväčší rozptyl vlastností z pohľadu doby popúšťania je pri najnižšej teplote 720°C (cca 200 MPa), kde materiál vykazuje vyššie pevnostné hodnoty v dôsledku neúplného popustenia martenzitickéj štruktúry. So zvyšujúcou teplotou popúšťania dochádza k dostatočnej tvorbe resp. rastu a koagulácii karbidických častíc, čo sa prejavuje odpevnením materiálu cez pokles pevnostných a naopak, zvýšených plastických vlastností.

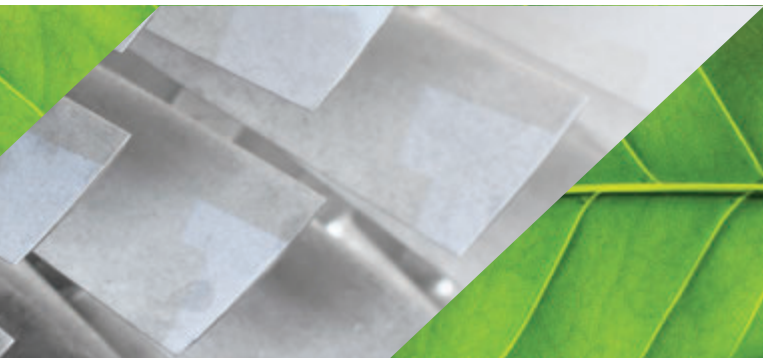
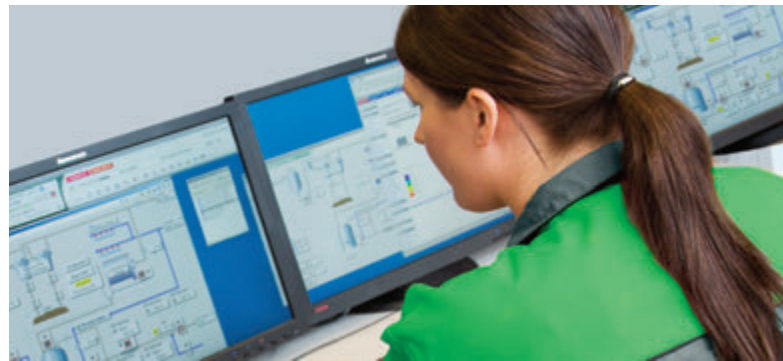
Po realizácii popúšťania pri teplote nad Ac1, t.j. na teplote 870°C, pevnostné vlastnosti prudko stúpajú a naopak, plastické vlastnosti klesajú. Porovnaním morfológie mikroštruktúr bolo pri väčších zväčšeniach pozorované, že veľkosť častíc karbidov je väčšia a plošná početnosť menšia v stave popúšťanom pri najvyššej teplote (840°C) ako v stave popúšťanom pri najnižšej teplote (720°C). Porovnaním popustených stavov pri rovnakej teplote, ale s rozdielnou dobou výdrže nenaznačilo výrazné mechanické a ani mikroštruktúrne rozdiely.

Optimálne podmienky tepelného spracovania pre akosť P92 boli stanovené na teplotu normalizačného žihania 1 050 °C a teplotu popúšťania na 780°C. Pri dodržaní týchto parametrov sú garantované normou predpísané mechanické vlastnosti pre akosť P92. Dosiahnuté výsledky prispeli k optimalizácii výroby valcovaných rúr v podmienkach ŽP a.s. a určujú parametre tepelného spracovania.

REFERENCIE

- [1] Giroux P.F., Dalle F., Sauzay M., Malaplate J., Fournier B., Gourgues-Lorenzon A.F, Mechanical and microstructural stability of P92 steel under uniaxial tension at high temperature, *Materials Science and Engineering A*, 527 (2010) 3984-3993.
- [2] Shi Ru-xing, LIU Zheng-dong, Fat deformation Behaviour of P92 steel used for ultra-super-critical power plants, *Journal of iron and steel research, International*. 2011, 18(7), 53-58.

Posuňte Vaše podnikání v energetice vpřed se spolehlivým procesním automatizačním řešením



Již více než 1.000 elektráren z celého světa se spoléhá na procesní automatizaci a správu provozních informací od firmy Valmet s cílem zajištění udržitelnosti výroby a maximalizaci svého obchodního zisku. Kombinací našich technologií pro energetiku, procesních znalostí a zkušeností, automatizace a rozsáhlé oblasti služeb, můžeme pomoci posunout také Vaše podnikání vpřed.

Odkryjte více na valmet.com/automation



Valmet 
FORWARD

- [4] Zmluva o dielo č. 11/2011 uzatvorená podľa § 536 a nasl. Zákona č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v platnom znení, 10.10.2011
- [5] Parilák L., Domovcová L. Mojžiš M., Beraxa, P., Weiss M., Maťaš P., Žec M., Analýza vlastností hrubostennej rúrky ovládnutosti X10CrWMoVNb9-2 valcovanej v ŽP a.s., Výskumná správa 18/2013/ŽPVVC, 2013.

- [6] Fujda M., Dilatometrické stanovenie teplotných zmeny ocelí, Technická správa, HF TUKE, KNoM, 2012.
- [7] Paľo M., Pastier P., Konštrukčný diagram rozpadu austenitu ocele 9Cr2W - rozbor mikroštruktúry, Technická správa, 2012.
- [8] Domovcová, L., Mojžiš, M., Maťaš, P., Michalčík, S., Srnka, M., Brziak, P., Balázová,

M., Fujda, M., Parilák, L.: Analýza mikroštruktúry a mechanických vlastností ocele P92 po tepelnom spracovaní, In: Zváranie /Svařování, roč. 64., č. 5-6/2015, ISSN 0044-5525

**Marcel Adamčák, Železiarne Podbrezová a.s.,
Lucia Domovcová, Ľudovít Parilák, ŽP
Výskumno-vývojové centrum s.r.o.**

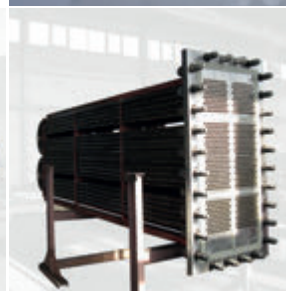
Production of fireproof steel at Železiarne Podbrezová

By its policy of the constant improvement and investment into the modernisation of technological equipment, the company Železiarne Podbrezová a.s. maintains the goodwill of its business partners and major position on the European market. Power engineering is a branch of long-term increased interest to the company. The share of boiler tube grades in the production and sale of the company represented more than 35 % last year, of this alloy grades represented 5 %. In terms of volume this is about 6,000 tons of alloy steel tubes.



SECESPOL

>>> effective
heat transfer >>>



SECESPOL-CZ s.r.o.

CENTRAL EUROPEAN OFFICE

Na Hůrce 1041/2, 161 00 Praha 6 – Ruzyně

Czech republic

tel:+420 235 314 740 - 43, 241 441 892, fax:+420 241 440 966

info@secespol.cz, www.secespol.cz



- Aktualizovaná databáze odborných článků
- Denně nové zprávy z oboru
- Databáze firem
- Kalendář akcí
- Možnost on-line objednávky časopisu
- Obchodní příležitosti
- Pracovní možnosti

all·for **power**

www.allforpower.cz

Informační portál o české a světové energetice