



Hutnické listy

METALLURGICAL
JOURNAL

ODBORNÝ ČASOPIS PRO METALURGII A MATERIÁLOVÉ INŽENÝRSTVÍ
PROFESSIONAL PERIODICAL FOR METALLURGY AND MATERIAL ENGINEERING

WWW.HUTNICKELISTY.CZ
ISSN 0018-8069



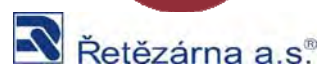
ADVANCED METAL
TECHNOLOGIES



Moderně s letitou tradicí



Członek Grupy TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY - MORAVIA STEEL





175
LET

TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY

PCI – foukání prachového uhlí do vysokých pecí
zkušební provoz v TŽ od listopadu 2013

Registrační číslo/Registration Number
MK ČR E 18087**Mezinárodní standardní číslo**
International Standard Serial Number
ISSN 0018-8069**Vydavatel/Publisher**OCELOT s.r.o.
Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice
IČO 49245848, DIČ CZ 49245848
Registrace v obchodním rejstříku Krajského soudu v Ostravě,
oddíl C, vložka 30879**Vedoucí redaktor/Chief Editor**Ing. Jan Počta, CSc., tel.: 596995156
e-mail: j.poceta@seznam.cz, redakce@hutnickelisty.cz**Redakce, kontaktní adresa/ Editorial Office, contact address**OCELOT s.r.o.
Redakce časopisu Hutnické listy
areál VŠB-TU Ostrava, A 534, 17. listopadu 15/2127
708 33 Ostrava - Poruba**Redaktorka/ Editor**Jaroslava Pindorová
e-mail: jaroslava.pindorova@seznam.cz**Redakční rada – Předseda/Editorial Board - Chairman**

prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc. Dr.h.c.

VŠB-TU Ostrava, Ostrava, Česká republika

Členové/ MembersIng. Michal Baštinský
Ing. Karel Hala
prof. dr. hab. inž. Leszek Blacha
prof. dr. hab. inž. Henrak Dya
prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc.
Ing. Henryk Huczala
prof. Ing. František Kavička, CSc.
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.
prof. Ing. Karel Matocha, CSc.
Ing. Radim Pachlopník
prof. Ing. Ludovít Pařífák, CSc.
Ing. Jiří Petržela, Ph.D.
Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.
Ing. Vladimír Toman
prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s., Ostrava, Česká republika
U.S. Steel Košice, s.r.o., Košice, Slovenská republika
Politechnika Śląska, Katowice, Polsko
Politechnika Częstochowska, Częstochowa, Polsko
Univerzita obrany, Brno, Česká republika
TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Třinec, Česká republika
VUT v Brně, Brno, Česká republika
ŽDAS, a.s., Žďár nad Sázavou, Česká republika
MATERIALOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Ostrava, Česká republika
ArcelorMittal Ostrava, a.s., Ostrava, Česká republika
ŽP VVC s.r.o., Podbrezová, Slovenská republika
VÍTKOVICE, a.s., Ostrava, Česká republika
MATERIALOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Ostrava, Česká republika
Hutnictví železa, a.s., Praha, Česká republika
TU v Košiciach, Slovenská republika**Grafika titulní strany/Graphic design of the title page**Miroslav Juřica, e-mail: grafik@konstrukce.cz
a red./and Chief Editor**Podkladová fotografie/Underlying photograph**Mgr. Viktor Mácha, viktor.macha@centrum.cz
Tisk/Printing
T-print s.r.o., Průmyslová 1003, 739 65 Třinec

Abstrakty hlavních článků jsou publikovány v české, slovenské a anglické verzi na webových stránkách Hutnických listů.

Časopis vychází 6x ročně. Cena jednotlivého čísla 200 Kč. K ceně se připočítává DPH. Roční předplatné základní 1190 Kč, studentské 20 % sleva proti potvrzení o studiu. K předplatnému se připočítává poštovné vycházející z dodávek každému odběrateli. Po dohodě se zahraničními odběrateli je možno stanovit cenu v Euro (€) jako souhrnnou včetně poštovného. Předplatné se automaticky prodlužuje na další období, pokud je odběratel jeden měsíc před uplynutím abonentního období písemně nezruší prostřednictvím listinné nebo elektronické pošty. Objednávky na předplatné přijímá redakce nebo SEND Předplatné, spol. s r.o., Ve Žlíbku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9-Horní Počernice (225 985225, swend@send.cz). Informace o podmínkách publikace, inzerce a reklamy podává redakce.

Za původnost příspěvků, jejich věcnou a jazykovou správnost odpovídají autoři. Podklady k tisku redakce přijímá v elektronické podobě. Recenzní posudky jsou uloženy v redakci. Žádná část publikovaného čísla nesmí být reprodukována, kopírována nebo elektronicky šířena bez písemného souhlasu vydavatele.

© OCELOT s.r.o., 2014

Časopis je zařazen Radou vlády ČR pro výzkum a vývoj do seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR a do mezinárodní databáze CSA Materials Research Database with METADEX, spravované firmou ProQuest, USA.

Abstracts of the main articles are published in Czech, Slovak and English version at the web site of the Metallurgical Journal.

The journal is published 6 times a year. Price of a single issue is CZK 200 without VAT. Net price of basic annual subscription is CZK 1,190, student have 20% discount against the confirmation of study. Forwarding cost (postage) is added to the net price of subscription. Upon agreement with the foreign customers the subscription price, including postage, can be paid in Euro. Subscription is automatically renewed for the next year, unless the customer does not cancel it at the latest one month before the expiry of the subscription period in writing or by electronic mail. Orders are to be sent to the Editorial Office or SEND Předplatné, spol. s r.o., Ve Žlíbku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9-Horní Počernice (+042 225985225, send@send.cz). Editorial Office provides also information on the conditions of publication of articles and on conditions of advertising.

The authors bear the responsibility for the originality of their articles and for their factual and linguistic accuracy. Editorial Office accepts the articles in electronic form. Peer reviews are archived in the Editorial Office. No part of the published issues may be reproduced or electronically distributed without written permission of the publisher.

© OCELOT s.r.o., 2014

The journal was included by the Government Council for Research and Development of the Czech Republic into the list of non-impacted peer-reviewed journals published in the Czech Republic. Abstracts of its articles make part of the international database "CSA Materials Research Database with Metadex", administered by the database centre ProQuest, USA.

O b s a h / C o n t e n t

Ing. Jan Czudek, generální ředitel 3
Úvod - Třineckým železárnám je 175 let

Recenzované vědecké články/Peer-reviewed scientific papers

prof. Ing. Karel Michalek, CSc., doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D., doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Jiří Cupek, Ing. Michal Macura 5

Fyzikální a numerické modelování nestacionárního proudění oceli přes ponornou výlevku s dozátorem
Physical and Numerical Modelling of Non-Stationary Steel Flow through the Subentry Shroud With Inner Metering Nozzle

prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Rostislav Turoň, Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Petr Opěla, Ing. Rostislav Kawulok, Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Bc. Radek Mendrok, Ing. Petra Turoňová, Ph.D., Ing. Petr Unucka, Ph.D. 13

Plastické vlastnosti martenzitické žárovevné oceli P92 za tepla
Hot Plastic Properties of Martensitic Heat-resistant Steel P92

Ing. Karel Malaník, CSc1, Ing. Roman Gabor, Ing. Irena Vlčková, Ph.D. 18
Hodnocení velkých vměstků v kordových ocelích
Evaluation of Large-size Inclusions in Tire Cord Steels

Recenzované výzkumné články/Peer-reviewed research papers

Ing. Petr Faruzel, Ing. Radek Hermann, Ing. Kazimír Hlisnikowski, Ing. Roman Taska, doc. Ing. Ján Kret, CSc. 23

Náběh a prvotní zkušenosti s injektáží prachového uhlí do vysokých pecí v Třineckých železárnách, a.s.
Start-up and Initial Operating Experience with Pulverized Coal Injection into Blast Furnaces in Třinecké železářny, a.s.

Ing. Radek Hermann, Ing. Petr Faruzel, Ing. Václav Mahr, Ing. Marek Hoďa, Ing. Milan Cieslar, Ing. Bohdan Pyszko, doc. Ján Kret, CSc. 29

Trendy a praktické postupy při mimopecním odsíření surového železa v podmínkách Třineckých železáren, a.s.
Hot Metal Desulfurization in Třinecké železářny, a.s. – Trends and Operation Experiences

Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D., Ing. Vladislav Kurka, Ph.D., Ing. Zbynek Hudzieczek, Ph.D. 34

Numerická simulace odlévání a tuhnutí vysokouhlíkové oceli
Numerical Simulation of Casting and Solidification of High Carbon Steel

Ing. Ervín Marko, Ing. René Malysz 38

Inovace tepelného zpracování ve Slévárnách Třinec, a.s.
Innovation of Heat Treatment in the Foundry Slévárny Třinec, a.s.

M.Sc., Eng. Marek Siemiński 43

Dráty z TRIP oceli
Wires from TRIP Steel

Ing. Vojtěch Dudek 47

Vývoj důlních řetězů
Development of the Mining Chains

Ing. Tomáš Grulich 51

Přímé kalení šroubových pružin, navíjených za tepla
Direct Quenching of Hot-wound Coil Springs

Ing. Stanislav Sosna, Ph.D. 54

Ocelové kordy vysokých nosností
High and Ultra-high Tensile Steel Cords

Ing. Česlav Kantor, Ing. Adam Molin, Ing. Jan Lasota, Roman Powetz 58

Konstrukční a materiálová optimalizace pracovní vyzdívký nalévacích pánví v podmínkách TŽ, a. s.
Refractory Linings of Pig Iron Transfer Ladles

Informační články/Informative articles

hutní výroba v ČR a SR/Metallurgical production in Czech Republic and Slovak Republic 62

zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť/News from companies, institutions and research working sites 64

ze spolkové činnosti a odborných akcí/Information on associations and professional events 89

nová literatura/New books 91

hutnictví ve světě/Metallurgy in the world 94

redakční článek - Hlavní zásady pro publikování v Hutnických listech 95

Dodavatelé příspěvků ve všeobecné části:

• Hutnictví železa, a.s. • autoři příspěvků z dceřiných společností skupiny TŽ-MS • pravidelní dopisovatelé • redakce

České jazykové korektury: red./Czech language corrections: chief editor

Anglické jazykové korektury: Ing. Boris Škandera/English language corrections: Ing. Boris Škandera

Třineckým železárnám je 175 let



Někdy i zdánlivé maličkosti rozhodují o úspěšné budoucnosti. O založení železáren v Třinci před 175 lety rozhodly bohaté zásoby dřeva na panství Těšínské komory, o jejich počátečním rozvoji Košicko-bohumínská železniční dráha, o současné úspěšnosti prozíravá firemní strategie majitelů a kompetentní zaměstnanci.

Zakladatel Třineckých železáren - Těšínská komora nevlastnila ve druhé polovině 18. a na počátku 19. století pouze síť železárenských podniků, ale jako rozsáhlý feudální velkostatek se angažovala především v zemědělské a potravinářské výrobě a měla ve správě také obrovský komplex lesů. Výstavba vysoké pece v Třinci měla odstranit nedostatek surového železa pro pět zkujňovacích hutí v rámci Těšínské komory, ale hlavně měla zpeněžit obrovské zásoby dřeva, na které byl jen malý odbyt. Proto bylo racionální lesní hospodářství Těšínské komory od druhé poloviny 18. století spojeno s podnikáním v hutním průmyslu. Jednoznačně tak za výstavbou železáren v Třinci stojí potřeba využití obrovských zásob dřeva a jeho zpracování na dřevěné uhlí, ačkoliv to již neodpovídalo tehdejší nejmodernější technologii

výroby surového železa, která už byla založená na energetické základně černého uhlí a koksu. Přesto se dřevěné uhlí ve vysokopecním procesu využívalo v Třinci téměř 30 let a pak v kombinaci s koksem až do roku 1902.

Za vzestupem železáren v Třinci ve druhé polovině 19. století, stojí především vybudování Košicko-bohumínské železniční dráhy. Díky této dopravní tepně se dostaly zdejší železářny ke zdrojům kvalitnějších železných rud, lepší dostupnosti černého uhlí a koksu a zároveň i k efektivnějšímu transportu hotových výrobků. Hlavními protagonisty prosazení trasy výstavby této železnice přes Třinec byli ředitel slezsko-haličských železáren Ludvík Hohenegger a těšínsko-haličských statků Těšínské komory Josef Kalchberg, který se stal později po roce 1848 místodržitelem ve Slezsku a poté v době stavby železnice i ministrem obchodu Rakousko-Uherské monarchie. Progrese kvalitní dopravní dostupnosti znamenala koncentraci ostatních hutí Těšínské komory do výhodněji položených železáren v Třinci. Třinecká huť se tak během 80. a 90. let 19. století stala největším i nejmodernějším závodem Těšínské komory.

V roce 1996 se majoritním vlastníkem Třineckých železáren stala akciová společnost Moravia Steel. Nově byla stanovena mise a vize, zásadním způsobem se změnila firemní strategie. Zvyšování užitné i přidané hodnoty válcovaných výrobků a jejich zhodnocování ve vytvářených výrobních řetězcích se stalo základem této nové strategie. Jestliže na konci devadesátých let bylo součástí skupiny Třineckých železáren šest dceřiných a přidružených společností, pak v roce 2013 jich už bylo dvacet devět. Dnes jsou Třinecké železářny nejmodernější českou hutní firmou, která naplno využívá své výrobní kapacity. Od roku 2009 jsou Třinecké železářny největším výrobcem oceli v České republice, když prakticky každá druhá tuna české oceli je vyrobená v Třinci.

Třinecké železářny cíleně realizují i nově připravují další rozvojové projekty jak směrem ke zkvalitňování výrobních technologií, tak k rozšiřování portfolia produktů včetně využívání synergií z vytvořených a postupně rozvíjených výrobních řetězců. Samozřejmostí je i další snižování ekologické zátěže ze své průmyslové činnosti v regionu. Jen v roce 2014 se chystají proinvestovat 3,8 mld. Kč, což je doposud historicky největší roční objem investic. Další miliarda korun bude vydána na investice v dceřiných společnostech Třineckých železáren.

Naši konkurenceschopnost udržujeme jak zlepšováním technologických cyklů výroby a jejich intenzifikací formou pořizování nových investic, tak řešením celé řady výzkumně vývojových projektů soustředujících se na technologie od prvovýroby až po zpracování konečného produktu či polotovaru. Konkurenceschopnost rozvíjíme také rozšiřováním skupiny o další dceřiné společnosti, které jsou zpravidla finálními zpracovateli našich polotovarů do hotových výrobků. Některé z našich výrobních dceřiných společností se představují v tomto vydání Hutnických listů.

Naše výzkumná a vývojová činnost (dále V a V) je realizována především ve spolupráci s vysokými školami nejen v ČR, jako např. VŠB-TU Ostrava, VÚT Brno, VŠCHT Praha, ale i zahraničními, např. US Katowice, Aachen University, dále výzkumnými organizacemi a specializovanými firmami a společnostmi, jako je např. Materiálový a metalurgický výzkum v Ostravě, Ústav geoniky AV ČR – Ostrava, Mikrobiologický ústav AV ČR, v.v.i. - Praha,

VÚHŽ – Dobruška, SVÚM – Praha, Ecofer – Třinec, ITA – Ostrava, ITR – Warszawa a IMŻ – Gliwice, Polsko, Thyssen Krupp Stahl – Německo a celá řada dalších.

Výzkumné a vývojové projekty jistým způsobem doplňují činnosti spojené s řešením nosných programů společnosti, kterých je celkem třináct:

- Oceli pro Sochorovou válcovnu Kladno
- Tyčové oceli z kontijemné a střední tratě pro automobilový průmysl
- Nakládání s odpady a vedlejšími produkty
- Pružinové oceli
- Tažená ocel
- Šroubárenské oceli
- Antikorozní a nástrojové oceli
- Řetězové oceli
- Dráty z kontidrátové tratě
- Ložiskové oceli
- Předlitky pro přímé dodávky a oceli pro nápravy
- Výroba trubek
- Kolejnice

Nosné programy zastřešují všechny technologie výroby strategických produktů naší firmy včetně zpracování druhotných surovin a odpadů vznikajících během výroby. Současně navazují na implementaci investičních celků, které mohou ovlivnit různé technologické postupy. Ty je pak nutné upravit nebo optimalizovat z důvodu dosažení dostatečné úrovně kvality i případně zvýšené výrobnosti.

Ročně řešíme přibližně dvacet pět V aV projektů, především vnitropodnikové úrovně, s finančním efektem dvojího odpočtu daně, dále i projekty se státní a EU dotací. Bohužel možnosti získání těchto dotací pro velké podniky se v důsledku současné legislativy Evropské komise stále snižují.

Příslušnost do silné české kapitálové společnosti Moravia Steel, která je v současnosti jediným akcionářem Třineckých železáren, vysoká úroveň konkurenceschopnosti, kompetentní zaměstnanci i dlouhodobá hutnická tradice a rozvíjená společenská zodpovědnost, to vše jsou významné předpoklady úspěšnosti Třineckých železáren také v budoucnu.

*Ing. Jan Czudek,
generální ředitel
a předseda představenstva TŽ, a.s.*

Recenzované vědecké články

Fyzikální a numerické modelování nestacionárního proudění oceli přes ponornou výlevku s dozátorem

Physical and Numerical Modelling of Non-Stationary Steel Flow through the Subentry Shroud With Inner Metering Nozzle

prof. Ing. Karel Michalek, CSc.¹, doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.¹, doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D.¹,
Ing. Jiří Cupek², Ing. Michal Macura³

¹VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie a slévárenství, Regionální materiálově technologické výzkumné centrum, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

²TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec, Česká republika

³VESUVIUS ČESKÁ REPUBLIKA, a.s., Průmyslová 715, 739 61 Třinec-Konská, Česká republika

Príspevek prezentuje nové poznatky z fyzikálního a numerického modelování nestacionárního proudění oceli přes ponornou výlevku s dozátorem. Fyzikální a numerické modelování bylo realizováno v laboratorních podmínkách katedry metalurgie a slévárenství VŠB – Technické univerzity Ostrava. Speciální typ ponorné výlevky je používán během plynulého odlévání oceli v Třineckých železárnách a.s. Během plynulého odlévání byly pozorovány dva nepříznivé jevy. V prvním případě nebylo možné zvýšit lici rychlost, ačkoli byl zvětšen průměr dozátoru. V druhém případě pak docházelo k fluktuacím lici rychlosti mezi jednotlivými licemi proudy. Tyto zmíněné skutečnosti neumožňovaly zvýšit výkon liciho stroje. Z tohoto důvodu bylo realizováno numerické a fyzikální modelování. Pozornost byla zaměřena především na verifikaci vlivu vnitřního průměru dozátoru ponorné výlevky na výsledný objemový průtok oceli za konstantní hydrostatické výšky oceli v mezipánvi. Byly testovány čtyři průměry dozátorů, a to 16, 17, 17,5 a 18 mm. Fyzikální modelování bylo provedeno na modelu výlevky sestavené z plexiskla v měřítku 1:1. Numerické modelování bylo realizováno v CFD programu ANSYS FLUENT. Na základě výsledků modelového studia a ve spolupráci s firmou VESUVIUS byl navržen nový vnitřní profil ponorné výlevky s dozátorem. První experimentální výsledky v ocelárně vedly k zvýšení výrobnosti liciho stroje za současného dodržení kvality vyráběné oceli.

Klíčová slova: ocel, zařízení plynulého lití, ponorná výlevka, dozátor, fyzikální a numerické modelování

The paper presents new knowledge and experience from physical and numerical modelling of non-stationary steel flow into mould through the subentry shroud with inner pressed metering nozzle. The physical and numerical modelling was realized under the conditions of the Department of Metallurgy and Foundry at VSB-Technical University of Ostrava. The special type of the subentry shroud was used during continuous casting of steel in Třinecké železářny a.s. During the continuous casting of steel, two unfavourable phenomena were observed. In the first case, it was not possible to increase the casting speed, although the diameter of the metering nozzle was extended. In the second case, the fluctuation of the casting speed among the individual casting strands was detected. These two problems did not allow to improve performance of the casting machine. Therefore, the physical and numerical modelling was performed. The attention was focused on the verification of the effect of inner diameter of the nozzle body and internal diameter of the metering nozzle on the resulting volumetric flow rates at a constant hydrostatic height above the nozzle. Four diameters of the metering nozzle were tested, namely: 16; 17; 17.5; 18 mm. The physical modelling was done on the physical model constructed from Plexiglas in 1:1 scale. The numerical modelling was realized in CFD ANSYS FLUENT program. On the basis of the results from modelling study and in cooperation with the company VESUVIUS, the new type of the profile of the subentry nozzle with metering nozzle was designed. The first experimental results in steel plant led an increase in productivity of the continuous casting machine.

Keywords: steel, continuously cast machine, subentry shroud, metering nozzle, physical and numerical modelling

Na zařízení plynulého odlévání oceli (ZPO) v Třineckých železárnách, a.s. je pro odlévání některých značek oceli používána speciální ponorná výlevka opatřena vnitřním kalibrováním dozátorem. Dozátor zde plní funkci nastavení a stabilizace objemového průtoku oceli. Při provozním používání těchto výlevek byly však pozorovány dva nepříznivé jevy:

- 1) při překročení určité hodnoty průměru dozátoru nebylo možno dále zvyšovat lící rychlost;
- 2) bylo zjištěno kolísání lících rychlostí na jednotlivých lících proudcích i při použití stejného průměru dozátoru.

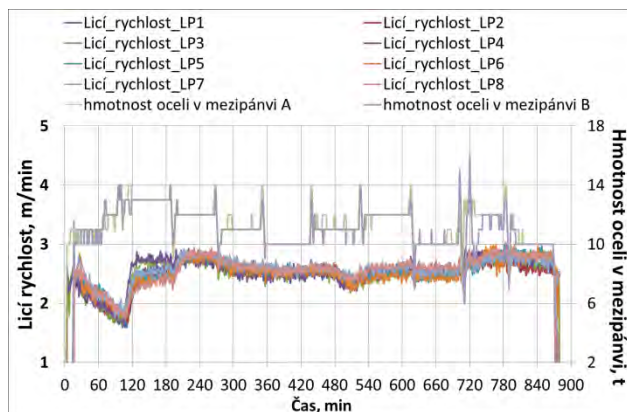
Oba tyto faktory eliminovaly možnost zvýšení výkonu celého lícího stroje.

S ohledem na význam vyřešení tohoto problému se pracovníci Třineckých železáren, a.s. obrátili na kolektiv katedry metalurgie a slévárenství VŠB-TU Ostrava, který má dlouholeté zkušenosti s optimalizací metalurgických procesů pomocí metod modelování [1, 2, 3, 4]. Ke studiu chování proudění oceli přes ponornou výlevku bylo využito fyzikálního a numerického modelování [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Jeho cílem bylo posoudit chování toku oceli přes výlevku, analyzovat jeho příčiny a navrhnout řešení v podobě nové geometrie ponorné výlevky. Byl testován vliv vnitřního průměru vlastního těla výlevky a vnitřního průměru dozátoru na výsledné objemové průtoky při konstantní hydrostatické (ferostatické) výšce nad výlevkou (konstantní výšce hladiny oceli v mezipánvi). Snahou bylo nalézt limitující faktor, který omezuje zvýšení průtoku oceli přes výlevku i při zvýšení průměru dozátoru.

1. Analýza problému

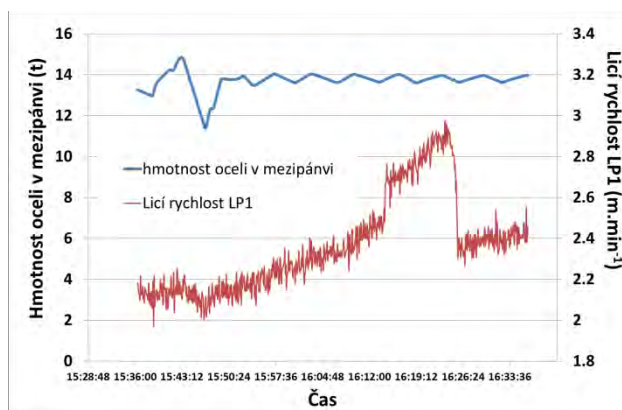
Fluktuace lící rychlosti v průběhu odlévání oceli na ZPO č. 2 vybavené výlevkami s dozátory je dobře patrná z obr. 1 a 2. Na obr. 1 je zachyceno chování lící rychlosti v průběhu sekvence taveb odlévaných pomocí výlevek s dozátory. Na obr. 2 je příklad chování lící rychlosti při konstantní hmotnosti oceli v mezipánvi. Bylo zjištěno, že:

- v případě použití výlevek s dozátory je variabilita lících rychlostí mnohem větší než v případě regulace pouze zátkovými tyčemi;
- lící rychlost (resp. objemový průtok oceli přes výlevku) je mírně závislá na hmotnosti oceli v MP (resp. na výšce hladiny oceli v MP) - obr. 1;
- i při téměř konstantní hmotnosti oceli v MP se v některých případech lící rychlost zvyšovala – obr. 2.



Obr. 1 Příklad chování lící rychlosti v průběhu sekvence taveb odlévaných pomocí výlevek s dozátory

Fig. 1 Example of behaviour of the casting speed on the individual casting strands during the sequence of heats cast using subentry nozzles equipped with metering nozzles



Obr. 2 Příklad chování lící rychlosti při konstantní hmotnosti oceli v MP

Fig. 2 Example of behaviour of the casting speed on the casting strand No.1 at a constant weight of steel in the tundish

- fluktuace objemového průtoku ukazuje na přítomnost nestacionárního proudění ve výlevce,
- nemožnost dále zvýšit lící rychlost při zvýšení průměru dozátoru ukazuje na existenci neurčeného limitujícího faktoru ovlivňujícího proudění, který omezuje objemový průtok oceli přes výlevku.

Na základě výpočtu objemového průtoku pro lící rychlost 2.5 m.min^{-1} a odlévaný rozměr $150 \times 150 \text{ mm}$ bylo zjištěno, že:

- objemový průtok tekuté oceli přes výlevku s vnitřním průměrem 20 mm činí cca 60 l.min^{-1} .
- vypočtené Re kritérium dosahuje hodnoty cca 89000.
- uvedená hodnota je pro kruhové průřezy daleko za hranicí kritické hodnoty pro přechod od laminárního k turbulentnímu proudění. Jinými slovy lze očekávat, že uvnitř výlevky má proudění oceli výrazný turbulentní charakter, což samozřejmě nese riziko rozsáhlých nestacionarit proudění, zvláště

tehdy, pokud je v některém místě průměr výlevky ještě zúžen (dozátor).

- hydraulický odpor výlevky pod dozátorem je zřejmě tak vysoký, že zvýšení průměru dozátoru již neumožňovalo další zvýšení objemového průtoku oceli (rychlosti odlévání).

Pro potvrzení těchto dílčích závěrů byly použity metody fyzikálního a numerického modelování, pomocí kterých byl studován charakter proudění v ponorné výlevce.

2. Fyzikální modelování

Fyzikální modelování bylo provedeno s výlevkou zhotovené z plexiskla v geometrickém měřítku 1:1 (obr. 3a). Byly přitom testovány tyto průměry dozátorů: 16, 17; 17,5 a 18 mm a s vyústěním (průměr vnitřní části výlevek pod dozátorem) 20 a 24 mm, dále označované jako výlevka A a B. Ponor výlevky pod hladinou v krystalizátoru byl ve všech případech shodný – 120 mm. Tato hodnota odpovídá centrální části spodní zirkonové ochrany.

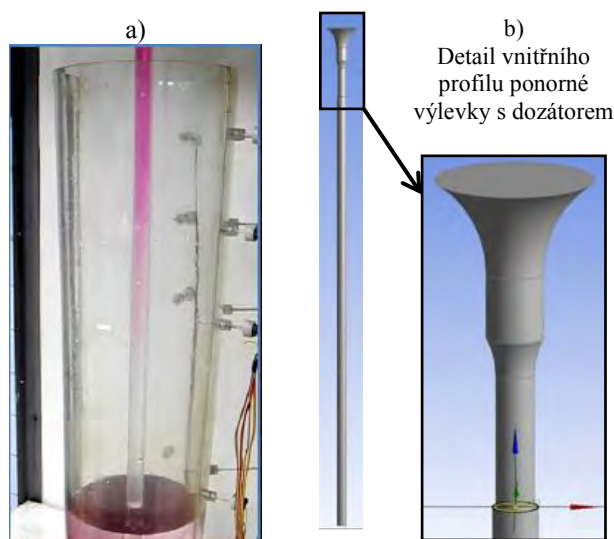
Vzhledem k tomu, že při geometrickém měřítku 1:1 je zachována identita kritéria Re i Fr , lze předpokládat výraznou shodu mezi ději při proudění ve skutečné provozní výlevce a jejím modelu co do charakteru proudění, zavření a stacionarity. Je samozřejmé, že tepelné procesy, které mohou ovlivňovat proces proudění nelze tímto způsobem modelování zachytit. Jedná se zejména o vliv teploty na viskozitu oceli, erozi a korozi materiálu výlevky (která je podmíněná rychlostí toku oceli a její teplotou) a s tím spojenou změnu vnitřního profilu výlevky, který může mít zásadní význam pro stabilitu proudění a jeho fluktuace.

3. Numerické modelování

Fyzikální modelování bylo doplněno i numerickým modelováním charakteru proudění oceli v původní výlevce s dozátory o průměru 17, 17,5 a 18 mm a vyústěním o průměru 20 mm. Numerické modelování proudění oceli přes ponorné výlevky s dozátory bylo provedeno pomocí simulačního balíku ANSYS WORKBENCH, které disponuje 3D modelářem DesignModeler, generátorem výpočetní sítě a CFD programem FLUENT. Geometrie výlevek byla modelována v měřítku 1:1. 3D CAD geometrie výlevky, včetně detailního pohledu na oblast dozátoru, je zachycena na obr. 3b.

Na výlevku byla automaticky generována objemová síť. Ústí do výlevky bylo definováno jako PRESSURE-INLET, ústí z výlevky jako PRESSURE-OUTLET. Tyto okrajové podmínky umožňují definovat vstupní parametry tehdy, není-li známá přesná vstupní rychlost, ale naopak tlak udávaný výškou hladiny oceli v mezipánvi. Tlaková vstupní podmínka byla

definována pomocí celkového tlaku, který je dán součtem hydrostatického a dynamického tlaku.



Obr. 3 (a) fyzikální model (b) 3D CAD model ponorné výlevky s dozátorem

Fig. 3 (a) Physical model (b) 3D CAD model of the metering nozzle of the subentry shroud

Hydrostatický tlak je dán součinem výšky hladiny v mezipánvi s hustotou oceli a gravitačním zrychlením. Dynamický tlak je definován jako druhá mocnina rychlosti proudění vynásobená hustotou oceli a jednou polovinou [11].

Pressure outlet byl definovaný obdobně jako pressure inlet. Je však potřeba specifikovat pouze hydrostatický/ferrostatický tlak na výstupu, intenzitu turbulence a hydraulický průměr. Pressure outlet byl pro všechny simulované varianty totožný.

Proudění oceli bylo simulováno jako nestlačitelné, turbulentní s modelem turbulence $k-\epsilon$ standardní se standardní stěnovou funkcí. Gravitace 9.81 m.s^{-2} byla uvažována v ose z . Při simulaci byly definovány operační podmínky a materiálové vlastnosti uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Operační podmínky a materiálové vlastnosti oceli při teplotě 1843 K

Tab. 1 Operating conditions and material properties of the steel at the temperature of 1843 K

Podmínka	Hodnota	Jednotka
Operační tlak	101 325	Pa
Operační teplota	1843	K
Operační hustota	7030	kg.m^{-3}
Heat capacity	750	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Heat conductivity	41	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Viscosity	0.006995	Pa.s

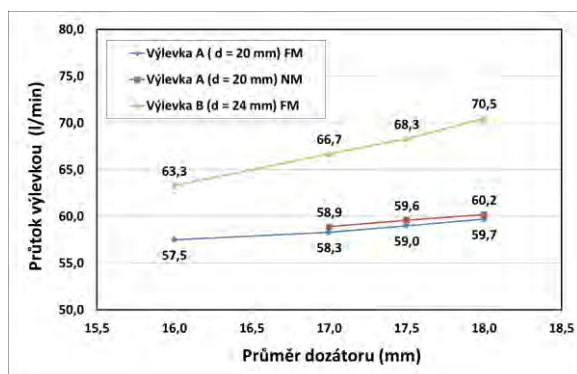
U výsledků byl sledován vliv geometrie výlevky na objemový průtok přes výlevku. Pozornost byla rovněž zaměřena na charakter rychlostního a tlakového pole uvnitř výlevky. Výsledky byly doplněny i o rozložení smykového napětí na stěnách výlevky, což

umožňuje předpovídat nebezpečí eroze materiálu výlevky.

4. Diskuze výsledků

4.1 Vliv průměru dozátoru a průměru vyústění výlevky na objemové průtoky

Vliv průměru dozátoru a průměru vyústění výlevky na dosahované maximální možné objemové průtoky při konstantní hydrostatické (ferostatické) výšce nad výlevkou (konstantní výšce hladiny oceli v MP) získané pomocí fyzikálního (FM) a numerického modelování (NM) je uveden na obr. 4.



Obr. 4 Vliv průměru dozátoru a průměru vyústění výlevky na objemové průtoky přes ponornou výlevku při ponoru 120 mm v krystalizátoru

Fig. 4 Effect of a metering nozzle diameter and nozzle outlet diameter on the volume flow rates through the subentry shroud in the 120 mm submersion in the mould

Hlavní poznatky, které lze definovat z tohoto grafu, jsou následující:

- při zvyšování průměru dozátoru dochází k nárůstům objemového průtoku u obou typů výlevek A a B (s průměrem vyústění 20 i 24 mm);
- u výlevky s průměrem vyústění 20 mm je nárůst objemového průtoku při změně dozátoru 17 mm → 18 mm pouze $1,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (resp. $1,3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ dle výsledků numerické simulace); tento nárůst odpovídá velmi malému nárůstu lící rychlosti, a to $0,06 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$;
- u výlevky s průměrem vyústění 24 mm je nárůst objemového průtoku znatelnější a činí $3,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, což představuje nárůst lící rychlosti o $0,16 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$;
- je patrná velmi dobrá shoda výsledků fyzikálního a numerického modelování pro výlevku s vyústěním 20 mm.

Z uvedeného vyplývá, že při použití výlevky s průměrem vyústění 20 mm lze jen velmi málo navýšit objemový průtok pouhým zvýšením průměru dozátoru. Příčinou je velký hydraulický odpor části výlevky pod dozátorem, který brání většímu nárůstu objemového průtoku. Zvýšení průtoku lze dosáhnout jen zvýšením vstupního ferostatického tlaku (výšky hladiny oceli v MP), to ale pouze ve velmi omezené míře. Výraznějšího nárůstu objemového průtoku, a tedy i lící

rychlosti, lze očekávat při zvýšení průměru výlevky pod dozátorem z 20 mm na 24 mm, kdy průměr dozátoru již začíná plnit skutečnou funkci omezovače průtoku.

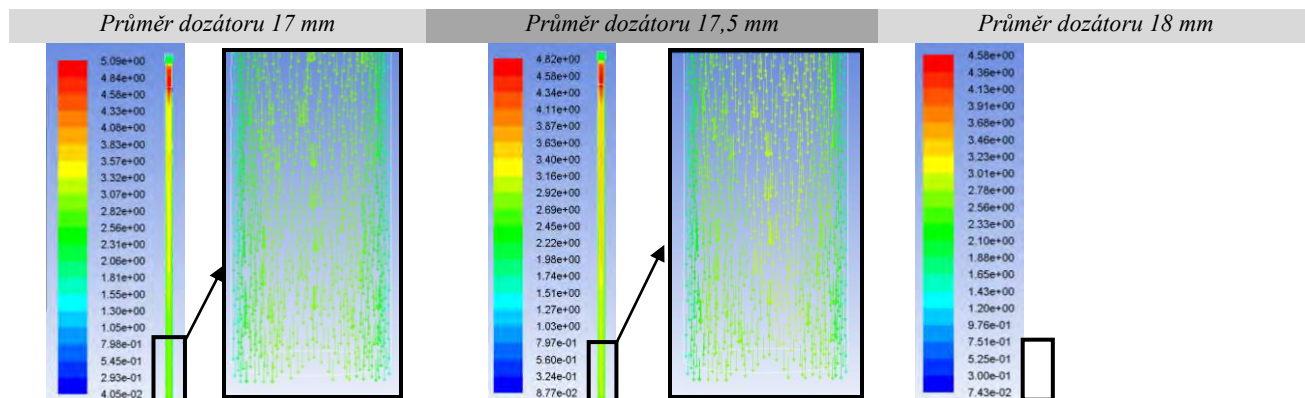
4.2 Fluktuace objemového průtoku přes ponornou výlevku

Fluktuace objemového průtoku (a v praxi lící rychlosti) je zajímavý fenomén, který může souviset jednak se změnou ferostatických podmínek, ale zejména se změnami charakteru proudění ve vlastní výlevce.

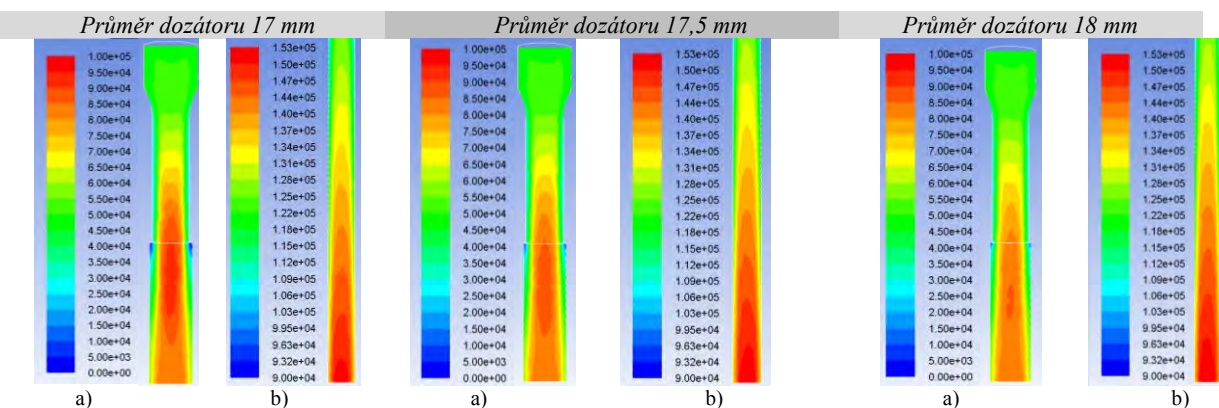
Změna ferostatických podmínek může souviset se změnou hmotnosti oceli v mezipánvi, tzn. se změnou výšky hladiny oceli v mezipánvi. Protože objemový průtok není jen funkcí výšky hladiny v mezipánvi, ale přesněji vzdálenosti mezi hladinou oceli v mezipánvi a hladinou oceli v krystalizátoru, je nutno brát v úvahu i změnu výškové pozice mezipánve, která je občas prováděna z důvodu rovnoměrného opotřebení vnějšího povrchu výlevky. Posun vzdálenosti hladin o 10 cm způsobí změnu objemového toku na modelu o $1,33 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, v provozních podmínkách pak změnu lící rychlosti o $0,055 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Daleko významnějším faktorem je však charakter proudění oceli ve vlastní výlevce. Na obr.5a je zachycen charakter proudění zobrazený pomocí vektorů rychlosti v řezu výlevky. Z obrázků je patrné, že nárůst průměru dozátoru (17 → 17,5 → 18 mm) vede k nepatrnému snížení maximální rychlosti v oblasti zúžení dozátoru, zároveň se ale pod dozátorem a v oblasti vyústění z výlevky o něco málo zvyšuje oblast se střední rychlostí $3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Naopak na stěnách výlevky dochází k brždění lícího proudu z důvodu výskytu tzv. laminární podvrstvy [12], což je typický jev při vysoce turbulentním proudění kapaliny potrubím. Rychlost proudění oceli není tedy v celém průřezu výlevky shodná, jak dokládá na obr.5b i detailní zobrazení rozložení vektorů rychlosti na vyústění z výlevky.

Rozložení rychlosti určuje i rozložení tlaku proudící oceli ve výlevce. Jak potvrzují detailní pohledy na tlakové profily v místě dozátoru – viz obr. 6a, dochází s rozšiřováním průměru dozátoru ke snižování tlaku (resp. jak je uvedeno výše - maximální rychlosti). Naopak pod dozátorem - viz obr. 6b - se zvětšováním průměru dozátoru, a tedy mírným nárůstem objemového toku, se na vyústění výlevky zvyšuje oblast s maximálním tlakovým polem. Pokud se však podíváme pozorně, je nárůst oblasti s maximálním tlakovým polem jen opravdu nepatrný, což může souviset, jak již bylo výše řečeno, s velkým hydraulickým odporem, který brání i vyššímu nárůstu objemového průtoku.



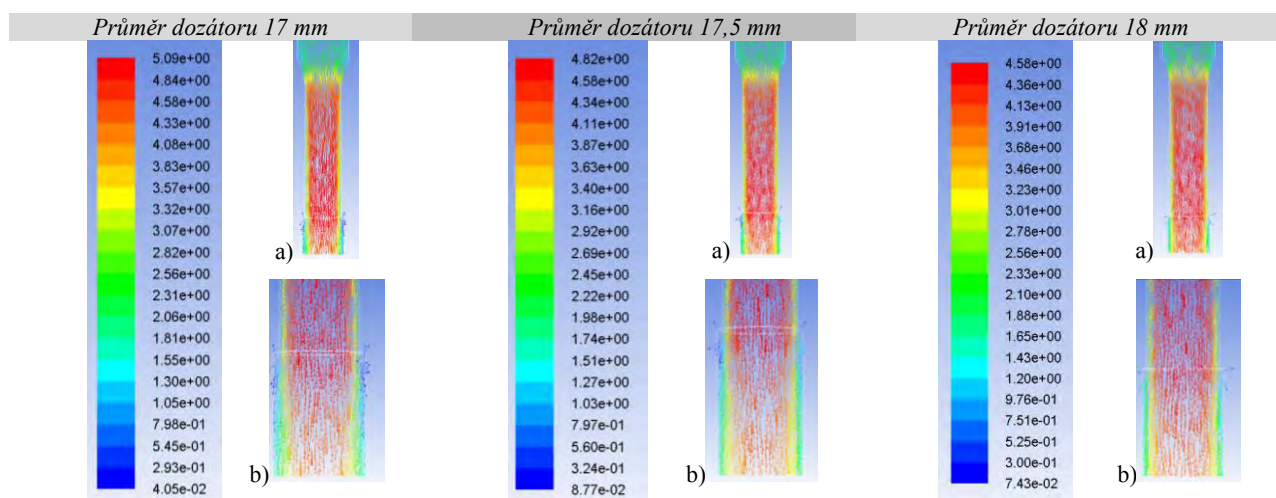
Obr. 5 Charakter proudění oceli ve výlevce zobrazený pomocí vektorů rychlosti v řezu výlevky (m.s^{-1}) a v detailu na výstění výlevky
Fig. 5 Flow steel characteristics in the nozzle displayed with the velocity vectors (m.s^{-1}) in the cross section of the nozzle with a detail view of the nozzle outlet for individual nozzles with the metering nozzles diameters



Obr.6 Detailní pohledy na tlakové profily v místě dozátoru (a) a v oblastech výstění výlevky (b)
Fig. 6 Detail views of the pressure profiles (Pa) in the metering nozzle (a) and in areas of the nozzle outlet (b)

Jak již bylo řečeno, fluktuace proudění mohou být způsobené vysokým Re číslem toku oceli ve výlevce. Za zvlášť kritické místo lze považovat zúžení v místě dozátoru. Na obr. 7a je detailní pohled na charakter proudění v oblasti dozátorů a na obr. 7b

je zachycen způsob rozložení rychlosti těsně pod dozátorem, kde dochází k rozšíření na průměr 20 mm. Z průběhu vektorů rychlosti lze vypočítat profil rychlostí, ze kterého je patrné, že u stěn dozátoru je proud silně zbrzděn. V oblasti skokového rozšíření těsně pod dozátorem je vidět „hluché“ místo, kde



Obr. 7 Charakter proudění oceli ve výlevce zobrazený pomocí vektorů rychlosti (m.s^{-1}) v řezu výlevky - v místě dozátoru (a) a v detailu těsně pod dozátorem (b)
Fig. 7 Character of steel flow in the nozzle shown with the velocity vectors (m.s^{-1}) in the section of the nozzle – in the metering nozzle (a) and detail just below the metering nozzle (b)

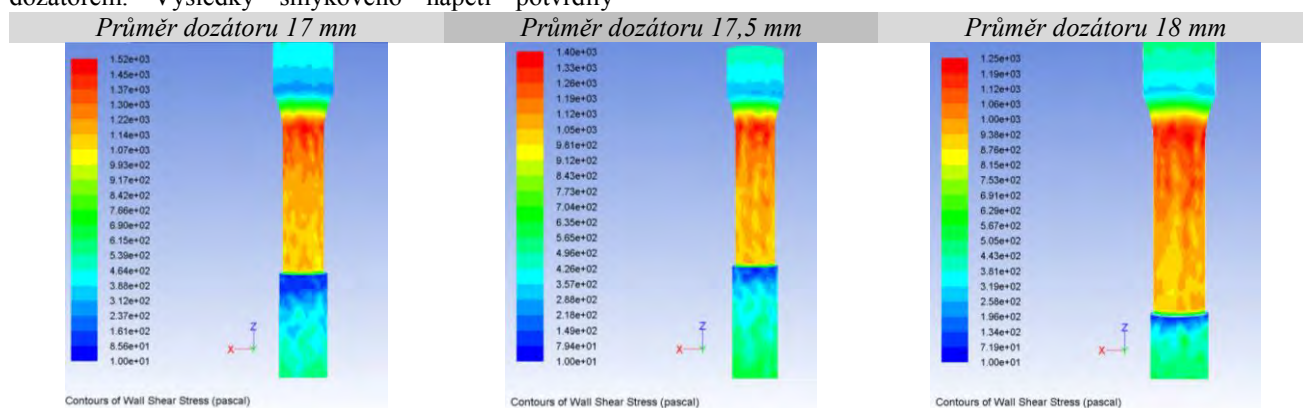
je rychlost minimální a kde lze předpokládat i minimální kontakt stěny výlevky s proudící oceli. Intenzivní proud oceli začíná stěnu obtékat přibližně až 3 cm pod rozšířením dozátoru, v této oblasti lze tedy i předpokládat vyšší erozi vnitřního profilu výlevky.

Je pochopitelné, že v průběhu odlévání se může profil měnit (eroze, koroze, zanášení ad.), což velmi nepříznivě působí na charakter proudění a tím i na jeho stacionaritu a vznik fluktuací proudění oceli. Výraznější vliv opotřebení dozátoru se bude pravděpodobně uplatňovat při menším průměru dozátoru, jak dokládá i rozložení smykového napětí na stěnách výlevky na obr. 8. Zvýšení smykového napětí signalizuje nebezpečí eroze. Nejvýraznější eroze hrozí v místě vtoku do dozátoru. V oblasti skokového rozšíření pod dozátorem je patrně výše zmíněné „hluché“ místo v délce cca 2 cm a náraz proudu na stěny výlevky, a tedy nebezpečí další výraznější eroze, přibližně ve vzdálenosti 3 cm pod dozátorem. Výsledky smykového napětí potvrdily

dřívější poznatek, že při zvyšování průměru dozátoru se délka „hluché“ oblasti v místě rozšíření pod dozátorem zkracuje.

Při konstrukci dozátorů je nutno respektovat zásady, které vyplývají z konstrukce dýz. Obecně je doporučováno provedení, při kterém úhel náběžných hran při zúžení by měl být menší než 10° v kritických případech pak 5° . Jinými slovy v místě napojení dozátoru v těle výlevky by neměly být ostré přechody, rovněž tak i v oblasti ukončení dozátoru (odtoková hrana).

Uvedené závěry byly potvrzeny i experimentálně na fyzikálním modelu. Bylo rovněž zjištěno, že v případě kdy se použil ostrý přechod u dozátoru, nebylo možné zajistit stabilní objemový průtok, fluktuace činily až 10 % z hodnot objemových průtoků.

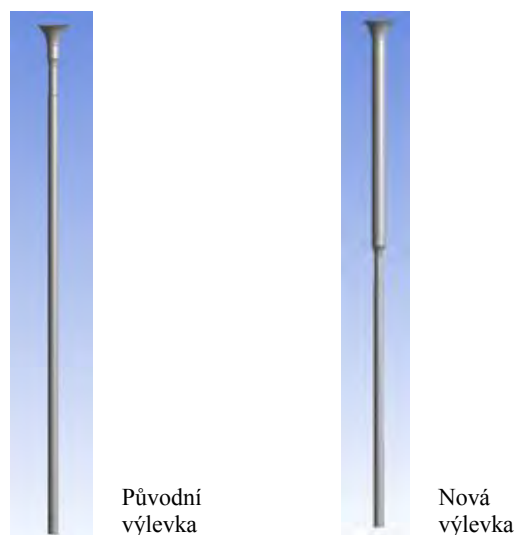


Obr. 8 Rozložení profilu smykového napětí (nebezpečí eroze) na stěnách výlevky pro jednotlivé průměry dozátorů
Fig. 8 Distribution of shear stress profile (risk of erosion) on the walls of outlet for individual diameters of the metering nozzles

5. Návrh nového vnitřního profilu výlevky

Na základě výše uvedených výsledků byl ve spolupráci s technologií TŽ, a.s. a pracovníky firmy VESUVIUS proveden návrh nové konstrukce (vnitřního profilu) ponorné výlevky, která by měla zabezpečit jednak vyšší objemový průtok oceli (a tedy i vyšší rychlosti odlévání) a rovněž i eliminaci pulsací.

Nový návrh konstrukce výlevky (výlevka C) spočíval v posunu spodního konce dozátoru do vzdálenosti 510 mm od vyústění výlevky a zvětšení vnitřního průměru výlevky nad dozátorem na 30 mm. Vnitřní průměr výlevky pod dozátorem zůstal zachován (20/22 mm), rovněž tak profil dozátoru s průměrem 17,5 mm. Porovnání původní a upravené geometrie je zachyceno na obr. 9.



Obr. 9 Porovnání vnitřního profilu původní a nové výlevky
Fig. 9 Comparison of the inner profile of the original and new nozzle

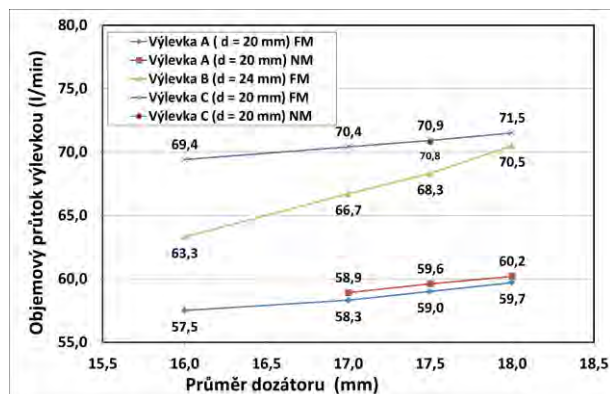
Před vyrobením provozní varianty a nasazením výlevky k první zkoušce bylo provedeno ověření vlivu průměrů dozátorů na objemové průtoky a výskyt nestacionarity

proudění pomocí fyzikálního i numerického modelování.

Fyzikální modelování bylo provedeno shodnou metodikou s výlevkou v geometrickém měřítku 1:1 a s výměnnými dozátory o průměru 16, 17, 17,5 a 18 mm. Numerické modelování bylo provedeno na geometrii nové výlevky v měřítku 1:1 pouze s dozátorem o průměru 17,5 mm. Při simulacích byly použity zcela totožné vstupní i výstupní parametry výpočtu včetně kroku ukončení výpočtu. Vliv průměru dozátoru na objemové průtoky je pak uveden na obr. 10, pro porovnání jsou zde uvedeny i dříve diskutované závislosti s dozátorem ve vstupní části výlevky.

Jak je z uvedeného obr. 10 zřejmé, u výlevky C došlo jak při fyzikálním tak numerickém modelování v porovnání s výlevkami A a B k nárůstu objemového průtoku pro všechny testované průměry dozátorů. Lze si všimnout, že průběh křivky pro výlevku C je posunutý vůči křivce výlevky A cca o cca $11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, což představuje nárůst o 18 až 20 %. Pro lící rychlost $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ by to představovalo nárůst na 2,9 až $3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Obdobně jako u výlevky A je i u výlevky C registrována poměrně malá závislost objemového průtoku na průměru dozátoru. Příčina může být stejná – nedostatečně dimenzovaný průměr výlevky pod dozátorem. Zvětšením tohoto průměru na cca 25 mm by vedlo k většímu sklonu průběhu C a tedy i k dalšímu zvýšení průtoku přes ponornou výlevku. Tyto výlevky budou ale mnohem citlivější na případnou erozi v místě dozátoru.



Obr. 10 Vliv průměru dozátoru na objemové průtoky přes ponorné výlevky A, B, C při ponoru 120 mm

Fig. 10 Effect of the metering nozzle diameter on the volume flow rates through the subentry nozzles A, B, C at 120 mm submersion

Provozní zkoušky nové ponorné výlevky typu C vedly u první sekvence liti k nárůstu lící rychlosti z 2,4 na $2,8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, což představuje nárůst o 17 %. Obdobně tomu bylo i u druhé a třetí testovací sekvence taveb.

Závěr

Stávající typ ponorných výlevek s dozátory používaných při plynulém odlévání oceli na ZPO č. 2

v Třineckých železárnách, a.s. neumožňoval zvýšit výkon lící stroje i při zvětšení průměru dozátoru. Z tohoto důvodu bylo provedeno fyzikální a numerické modelování, jehož cílem bylo posoudit a zdůvodnit chování proudění oceli a navrhnout řešení. Na základě teoretických výpočtů a provedeného fyzikálního a numerického modelování bylo zjištěno, že:

- nemožnost zvýšit lící rychlosti dalším zvýšením průměru dozátoru v ponorných výlevkách je způsobeno příliš malým průměrem vyústění výlevky A (20/22mm) a zejména její délkou (cca 1000 mm), oba parametry zvyšují hydraulický odpor a omezují další zvýšení objemového průtoku oceli;
- fluktuační objemového průtoku (a tím i lící rychlosti) může souviset s turbulentním charakterem proudění, přičemž zásadní vliv může mít dozátor a jeho provedení, které by nemělo mít ostré náběžné a výstupní hrany – doporučuje se úhel do 5 max. 10° .

Na základě poznatků fyzikálního a numerického modelování byl navržen nový typ výlevky, označovaný jako výlevka typu C, u které se provedl posun spodního konce dozátoru do vzdálenosti 510 mm od vyústění výlevky a zvětšení vnitřního průměru výlevky nad dozátorem na 30 mm.

Provozní zkoušky této ponorné výlevky vedly u první sekvence k nárůstu lící rychlosti z 2,4 na $2,8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, což představuje nárůst o 17 %; obdobně tomu bylo i u druhé a třetí testovací sekvence taveb.

Tuto práci by nebylo možno realizovat bez finanční podpory Třineckých železáren, a.s. a úzké spolupráce společnosti Vesuvius Česká republika, a.s. Uvedená práce vznikla při řešení projektu č. LO1203 "Regionální materiálově technologické výzkumné centrum - program udržitelnosti" financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- MICHALEK, K., GRYC, K., TKADLEČKOVÁ, M., BOCEK, D. Model study of tundish steel intermixing and operational verification. *Archives of metallurgy and materials*, 57 (2012) 1, 291-296. ISSN 1733-3490
- MICHALEK, K., TKADLEČKOVÁ, M., GRYC, K., KLUS, P., HUDZIECZEK, Z., SIKORA, V., STRÁŠÁK, P. Optimization of argon blowing conditions for the steel homogenization in ladle by numerical modelling. Proc. of the 20th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials: *METAL 2011*. Brno, Czech Republic, EU, 2011, 143-149. ISBN 978-80-87294-24-6
- GRYC, K., MICHALEK, K., TKADLEČKOVÁ, M., HUDZIECZEK, Z. Physical Modelling of Flow Pattern in 5-strand Asymmetrical Tundish with Baffles. Proc. of the 19th International Conference of Metallurgy and Materials *METAL 2010*, Rožnov pod Radhoštěm, Czech Republic, EU, 2010, 42-46. ISBN 978-80-87294-17-8
- TKADLEČKOVÁ, M., MICHALEK, K., GRYC, K., HUDZIECZEK, Z., PINDOR, J., STRÁŠÁK, P., MORÁVKA, J. COMPARISON of extent of the intermixed zone achieved under

- different boundary conditions of continuous billets casting. Proc. of the 19th International Conference of Metallurgy and Materials *METAL 2010*, Rožnov pod Radhoštěm, Czech Republic, EU, 2010, 47-52. ISBN 978-80-87294-17-8
- [5] BAI, H., THOMAS, B.G. Effects of Clogging, Argon Injection and Casting Conditions on Flow Rate and Air Aspiration in Submerged Entry Nozzles. In 83rd Steelmaking Conference Proceedings, (Pittsburgh, PA, March 26-29, 2000), Vol. 83, *Iron and Steel Society*, Warrendale, PA, 2000. pp. 183-197
- [6] BAI, H., THOMAS, B. G. Effects of Clogging, Argon Injection, and Continuous Casting Conditions on Flow and Air Aspiration in Submerged Entry Nozzles. *METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS B*. Volume 32B, August 2001. pp.707-722
- [7] BERGMAN, L. *Measurement Prediction and Control of Steel Flows in the Casting Nozzle and Mould*. Thesis of Masters. Lulea University of Technology. 2006. ISSN 1402-1617
- [8] STETINA, J., KLIMES, L., MAUDER, T., KAVICKA, F. Final-structure precondition of continuously cast billets. *Materiali in Tehnologije*, 46 (2012) 2, 155-160. ISBN 1580-2949
- [9] STETINA, J., KAVICKA, V. The influence of the chemical composition of steel on the numerical simulation of a continuously cast slab. *Materiali in Tehnologije*. 45 (2011) 4, 363-367. ISBN 1580-2949
- [10] PIEPRZYCA, J., KUDLINSKI, Z. Determining transition zone size in continuous casting by the method of modelling. *Stahl und Eisen*. 124 (2004), 51-53. ISBN 0340-4803
- [11] ANSYS FLUENT Users Guide
- [12] KOZUBKOVÁ, M. *Modelling of fluid flow*. Ostrava, 2008



**23. ročník mezinárodní konference
metalurgie a materiálů**

**METAL[®]
2014**

2. OZNÁMENÍ
21. - 23. května 2014
Hotel Voroněž I, Brno Česká republika, EU



TANGER, spol. s r.o.
VSB - Technická univerzita
Česká společnost pro nové materiály a technologie
Inženýrská akademie České republiky
ASM International Czech Chapter

Materials Research Society of Serbia
Sociedade Portuguesa de Materiais
Austrian Society for Metallurgy and Materials
Norsk Materialteknisk Selskap
Associazione Italiana di Metallurgia
Societe Francaise de Metallurgie et de Materiaux

© 2014 TANGER spol. s r.o.

Plastické vlastnosti martenzitické žárovevné oceli P92 za tepla

Hot Plastic Properties of Martensitic Heat-resistant Steel P92

prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.¹, Ing. Rostislav Turoň², Ing. Petr Kawulok, Ph.D.¹, Ing. Petr Opěla¹,
Ing. Rostislav Kawulok¹, Ing. Stanislav Rusz, Ph.D.¹, Bc. Radek Mendrok¹, Ing. Petra Turoňová, Ph.D.²,
Ing. Petr Unucka, Ph.D.³

¹ VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra tváření materiálu, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

² TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec-Staré Město, Česká republika

³ MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

Metalograficky, plastometrickými zkouškami a termodynamickými výpočty byla studována přítomnost různých fází ve vysokolegované martenzitické oceli P92. Základní parametry tvářitelnosti a deformačního odporu byly zkoumány jednoosým tahem v rozsahu teplot 800 až 1250 °C a deformačních rychlostí 0,16 až 17 s⁻¹. Výsledky byly zpracovány do podoby přehledných prostorových map, reflektujících i účinek fázového složení při různých teplotách. Potvrdil se pozitivní vliv vyšší teploty (max. 1150 °C) i deformační rychlosti na tvářitelnost dané oceli a mohl být kvantifikován i vliv výchozího litého stavu ve srovnání se stavem protvářeným.

Klíčová slova: martenzitická žárovevná ocel P92, zkouška jednoosým tahem, deformační chování za tepla

Occurrence of various phases in the studied high-alloy martensitic steel P92 has been analyzed by metallographic methods, plastometric tests and thermodynamic calculations performed in the Thermo-Calc Software. Basic parameters of the formability and deformation resistance were determined depending on the forming temperature (800 - 1250 °C) and strain rate (0.16 – 17 s⁻¹). Continuous tests to fracture were performed at plastometer Gleeble 3800, which enabled performance of the uniaxial tension. The results were processed into the illustrative 3D-maps of tensile strength, as well as elongation that also reflected the effect of the phase composition at various deformation conditions. The results of tension tests show the positive influence of higher temperature (up to approx. 1150 °C only) and strain rate on formability of the given steel. Effect of the initial as-cast structure in comparison with the wrought structure could be quantified.

Key words: martensitic heat-resistant steel P92, uniaxial tension test, hot deformation behaviour

Výroba nových mimořádně namáhaných kotlů vyžaduje v energetice použití materiálů s odpovídajícími creepovými vlastnostmi. Důvodem je požadavek na dosažení náročných parametrů s ohledem na vysokou teplotu a tlak páry. Konstrukce trubky použité uvnitř spalovacího prostoru je omezena teplotou kolem 610 °C. Důležité komponenty, jako jsou membránové stěny, přihřívače, přehřívače a hlavní parní potrubí mohou být přednostně vyrobeny z nových typů ocelí. Za účelem zajištění odolnosti proti tečení v extrémních provozních podmínkách nových elektráren byla vyvinuta zdokonalená creepová feriticko-martenzitická ocel T/P91 (X10CrMoVNb9-1). Současně byla pro dosažení dobré zpracovatelnosti a srovnatelných či dokonce lepších mechanických vlastností vyvinuta ocel T/P92 (X10CrWMoVNb9-2). Převážná část posledního vývoje pak směřovala k produkci nových tříd ocelí jako T/P911 (X11CrMoWVNb9-1-1) a T/P92 zaručujících lepší mechanické vlastnosti za vyšších teplot, zejména pak creepovou pevnost. To umožňuje redukovat tloušťku stěny potrubí a současně zlepšovat jeho odolnost vůči únavě za vyšších teplot [1]. Ocel T/P92 obsahuje ve srovnání s ocelí T/P91 přídavek

wolframu a zároveň menší množství molybdenu. Tato ocel mikrolegovaná vanadem, niobem a bórem je vhodná pro precipitační zpevňování, a to díky karbidům typu MX a M₂₃C₆ objevujícím se během popouštění. Wolfram a molybden umožňují zpevnění tuhého roztoku, kdežto nárůst odolnosti proti creepu je dán precipitací Lavesových fází bohatých na wolfram. Jako přídavek pro další zlepšení creepové odolnosti lze použít až 0,006 % bóru. U ocelí typu T/P91, T/P911 a T/P92 je struktura tvořena čistě popuštěným martenzitem bez přítomnosti delta feritu. Martenzit je pak dále ještě popouštěn za účelem podpoření precipitace karbidů, čímž se dosáhne ideální kombinace pevnosti a houževnatosti. Hlavním typem karbidu v oceli T/P92 je M₂₃C₆, pak následuje NbC. Karbid M₂₃C₆ má tendenci odolávat hrubnutí po několik tisíc hodin. Lavesovy fáze ukončují svůj růst v rámci 10 000 hodin [2]. Studií, jež se zaměřují na svařování a reepové chování různých ocelí s 9 – 12 % Cr, je celá řada [3-10], nicméně stále chybí výsledky vztahující se k deformačnímu chování těchto materiálů za tepla. Cílem provedeného plastometrického experimentu bylo prozkoumat základní plastické vlastnosti oceli T/P92

(X10CrWMoVNB9-2) za teplot, jež jsou aplikovány při válcování bezešvých trubek.

1. Popis experimentu

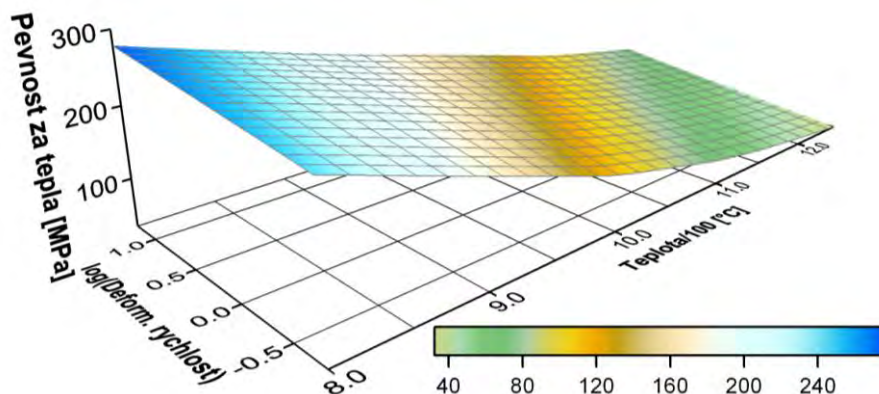
Zkoušený materiál měl následující chemické složení v hm. %: 0,11 C – 0,51 Mn – 0,27 Si – 8,99 Cr – 1,69 W – 0,43 Mo – 0,21 V – 0,06 Nb – 0,0034 B – 0,0584 N. Většina plastometrických vzorků byla vyrobena z bezešvé trubky ve stavu po válcování za tepla, některé byly navíc pro srovnání odebrány z ingotu o průměru 435 mm. Izotermické zkoušky jednoosým tahem na plastometru Gleeble 3800 (VŠB-TUO) byly prováděny po jednotném předehřevu na teplotu 1250 °C. Měřená, tedy odporově ohřívána část vzorku s dostatečně homogenním teplotním polem měla průměr 10 mm a délku 20 mm. Izotermické spojité zkoušky do lomu probíhaly při teplotách 800 – 850 – 900 – 950 – 1000 – 1050 – 1100 – 1150 – 1200 – 1250 °C v kombinaci s rychlostmi příčniku při tažení vzorku 1,9 – 19 – 190 mm·s⁻¹. Tomu (i v závislosti na celkové deformaci

do lomu) odpovídaly střední deformační rychlosti 0,16 až 17 s⁻¹. Ze záznamů jednotlivých testů byla určována poměrná celková tažnost (vztahená k výchozí délce ohřívání části vzorku) a smluvní pevnost za tepla (počítaná jako podíl maximální naměřené síly a plochy příčného průřezu výchozího vzorku).

2. Diskuse výsledků

2.1 Pevnost za tepla

Pomocí programu Surfer 8 byla vytvořena prostorová mapa pevnosti zkoumané oceli v závislosti na deformační rychlosti a teplotě. Z grafu v obr. 1 je zřejmé, že z těchto dvou nezávisle proměnných je významnější vliv teploty. S klesající teplotou vcelku monotónně roste deformační odpor (potažmo smluvní pevnost) materiálu, s mírným zlomem trendu v okolí teploty 1050 °C. Nárůst pevnosti se zvyšující se deformační rychlostí je nevýrazný.



Obr. 1 Závislost smluvní pevnosti na teplotě a deformační rychlosti
Fig. 1 Dependence of the tensile strength on temperature and strain rate

2.2 Přítomnost fází při různých teplotách

Třemi metodami byl studován výskyt různých fází v dané oceli a na základě jeho znalosti bylo vysvětlováno její deformační chování při různých teplotách.

Termodynamické výpočty prováděné pomocí programu Thermo-Calc daly informace o fázích přítomných ve zkoumaném materiálu při rovnovážných podmínkách. Výsledky shrnuje tab. 1.

Nad teplotou 1178 °C by v oceli měl koexistovat austenit s feritem. Čistě austenitická oblast je předpokládána v teplotním intervalu 1178 až 895 °C, čistě feritická oblast pod teplotou 824 °C. Při všech teplotách je samozřejmě situace komplikována přítomností různých částic: TiN (při všech teplotách odpovídajících tuhé fázi), Nb(C,N) – pod 1215 °C, VN – pod 1058 °C a M₂₃C₆ – pod 895 °C.

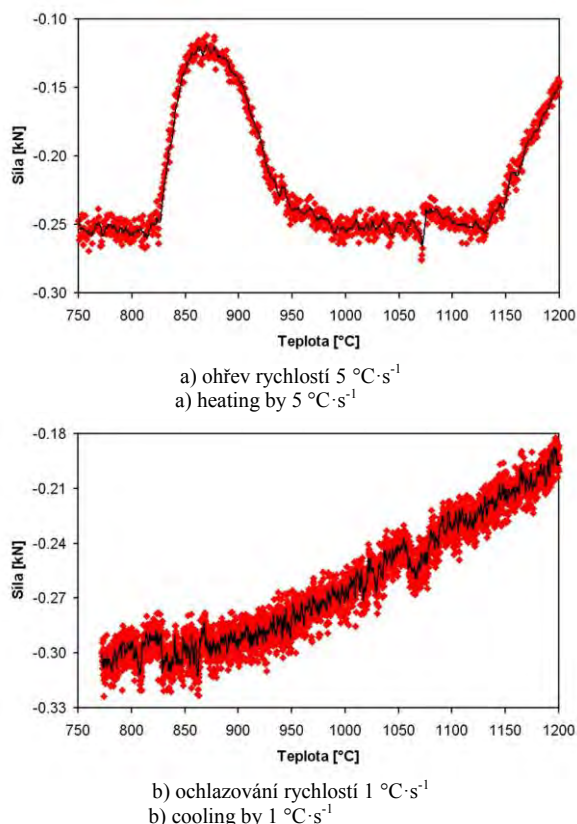
Tab. 1 Rovnovážné fázové složení oceli P92 dle výpočtů v programu Thermo-Calc (v závislosti na teplotě T [°C])

Tab. 1 Equilibrium phase composition of steel P92 calculated by the Thermo-Calc Software (in dependence on the temperature T [°C])

od T [°C]	Fáze	do T [°C]
>1504	tavenina	
1504	tavenina + ferit	1499
1499	tavenina + ferit + austenit + TiN	1427
1427	ferit + austenit + TiN	1215
1215	ferit + austenit + TiN + Nb(C,N)	1178
1178	austenit + TiN + Nb(C,N)	1058
1058	austenit + TiN + Nb(C,N) + VN	895
895	ferit + austenit + TiN + Nb(C,N) + VN + M ₂₃ C ₆	824
<824	ferit + TiN + Nb(C,N) + VN + M ₂₃ C ₆	

Na plastometru Gleeble 3800 byl proveden pokus o modifikovaný dilatometrický test, principiálně připomínající spíše test relaxační, ovšem bez aplikace předchozí deformace. Válcovitý vzorek o průměru 8 mm a výšce 12 mm byl podroben řízenému teplotnímu režimu sestávajícímu z ohřevu konstantní rychlostí 5 °C·s⁻¹ a z navazujícího ochlazování rychlostí 1 °C·s⁻¹. Obě čela vzorku byla ve styku s kovadly, fixovanými v neměnné vzájemné vzdálenosti. Teplotní

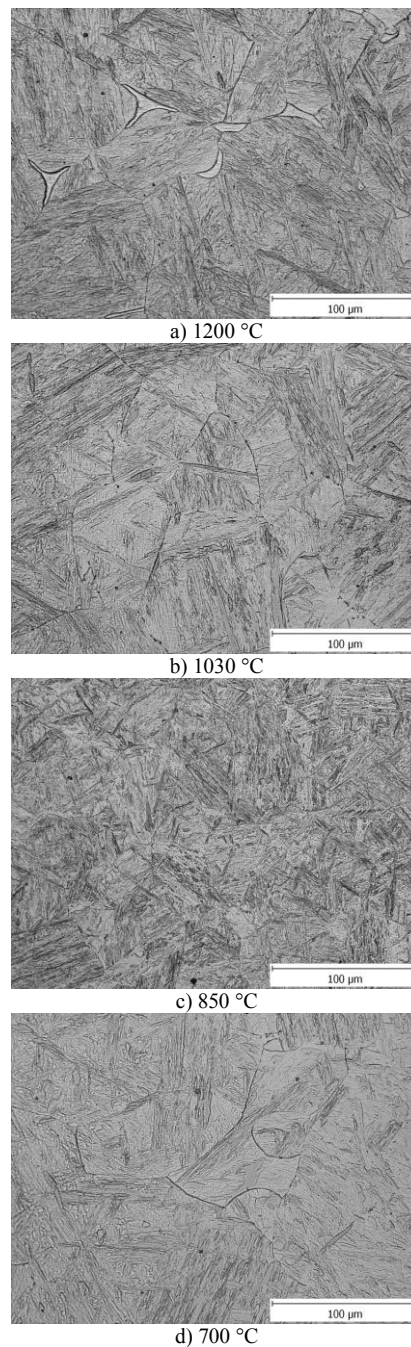
změny vedly ke změnám objemu vzorku, což lze nepřímou měřit pomocí nevelké síly působící na kovádla. Výsledky ukazují křivky v obr. 2.



Obr. 2 Výsledky modifikovaného dilatometrického testu (body – měřené hodnoty; čáry – klouzavý průměr)
Fig. 2 Results of the simplified dilatometric tests (points – measured values; lines – averaged trends)

Výrazné fázové přeměny byly pomocí proložených křivek detekovány poblíž teploty 850 °C (pravděpodobně vlivem rozpouštění či precipitace M_{23}C_6 – viz tab. 1), při cca 1070 °C (vlivem nitridu vanadu) a při ohřevu nad teplotou asi 1130 °C . Vysvětlení posledního z uvedených jevů není jednoznačné a vyžadovalo by pravděpodobně fázovou analýzu založenou na transmisní elektronové mikroskopii.

Vzorky materiálu v protvářeném stavu byly vyžehány při zvolených teplotách, zakaleny a studovány metalograficky (pomocí optické mikroskopie). Po jednotném předehřevu $1280\text{ °C} / 20\text{ minut}$ následoval vždy pokles teploty a výdrž na žíhací teplotě (700 až 1200 °C) po dobu 5 minut. Výsledky dokumentují vybrané fotografie v obr. 3.



Obr. 3 Mikrostruktura po zakalení z teploty ohřevu
Fig. 3 Quenched microstructure after heating at selected temperatures

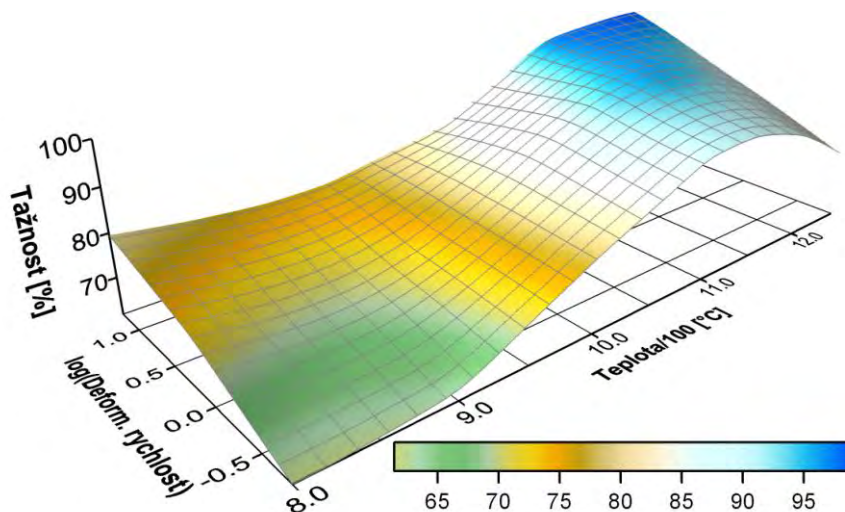
Metalograficky byla potvrzena existence malého podílu feritu na hranicích austenitických zrn při teplotě 1200 °C . Naopak struktura nevykazuje známky existence feritu před zakalením z nižších teplot, což je v jistém rozporu s výpočty (viz tab. 1).

2.3 Tažnost za tepla

Jak je zřejmé z prostorového grafu v obr. 4, nejlepší tvařitelnost byla pozorována při nejvyšších deformačních rychlostech (až 17 s^{-1}) a teplotách okolo 1150 °C . Kombinace nízké teploty (pod 950 °C) a nejnižší deformační rychlosti ($0,16\text{ s}^{-1}$) vedla k významnému poklesu plastických vlastností. Rovněž

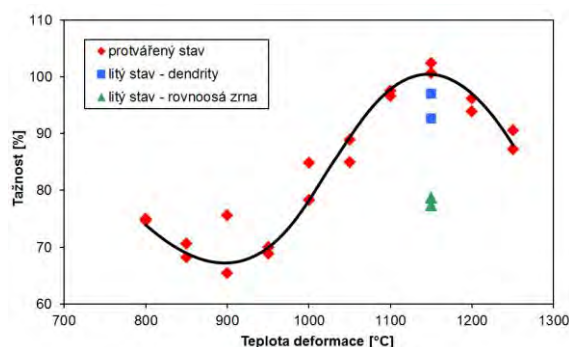
nejvyšší teploty tváření (nad 1200 °C) intenzivně zhoršovaly tažnost, pravděpodobně vlivem přehřátí

materiálu. Je při tom zajímavé, že tento jev je výraznější při nízkých deformačních rychlostech.



Obr. 4 Tažnost jako funkce teploty a deformační rychlosti
Fig. 4 Elongation as a function of temperature and strain rate

Při vybraných zkušebních podmínkách (teplota 1150 °C a deformační rychlost 1,6 s⁻¹) byly pro srovnání sledovány plastické vlastnosti dané oceli v litém stavu. Výsledky dokumentuje obr. 5.



Obr. 5 Vliv výchozí struktury a teploty na tažnost (při deformační rychlosti 1,6 s⁻¹)

Fig. 5 Influence of the initial structure and temperature on elongation (at the strain rate of 1.6 s⁻¹)

Vzorky odebrané z dendritické oblasti (napříč velkými kolumnárními krystaly) vykazovaly tažnost asi o 8 % nižší ve srovnání s protvářeným výchozím stavem. Překvapivě nejhorší tvařitelnost byla pozorována v oblasti velkých rovnoosých zrn, umístěných pod kolumnárními krystaly směrem ke středu ingotu – pokles tažnosti o cca 24 % ve srovnání s materiálem odebraným z válcované trubky.

Jelikož metalografické analýzy nepotvrdily existenci feritu v době zkoušení tahem při nízkých teplotách (viz obr. 3), pokles tvařitelnosti v okolí teploty 900 °C nelze objasnit existencí dvoufázové struktury, ale pravděpodobně jen účinkem částic M₂₃C₆. Strukturní zdůvodnění jistého nárůstu tažnosti při teplotě 800 °C (v případě dvou vzorků s velmi podobnými výsledky) je

však velmi nejisté, když nelze spoléhat na rozdíly v tvařitelnosti feritické a dvoufázové struktury.

Závěr

Přítomnost různých fází v martenzitické oceli P92 (X10CrWMoVNb9-2) bylo studováno metalo-graficky, plastometricky a termodynamickými výpočty pomocí programu Thermo-Calc. Odhalené menší nesrovnalosti výsledků lze vysvětlit především nerovnovážnými (praxi však příbuznějšími) podmínkami fyzikálních experimentů ve srovnání s výpočty rovnovážného (teorii bližšímu) stavu při termodynamických výpočtech. Detailnější analýza některých jevů (zejména účinku karbidických částic) by musela být založena na aplikaci transmisní elektronové mikroskopie.

Základní parametry deformačního chování dané oceli byly zkoumány v rozsahu deformačních rychlostí 0,1 až 17 s⁻¹ a teplot 800 až 1250 °C po jednotném předeřevu při teplotě 1250 °C. V případě výchozího ze tepla válcovaného materiálu byly sestaveny prostorové mapy tažnosti a smluvní pevnosti za tepla dovolující určit základní trendy příslušných závislostí na deformačních podmínkách a do jisté míry i na přítomnosti různých fází. Výsledky zkoušek jednoosým tahem demonstrují pozitivní vliv vyšší teploty (max. do cca 1150 °C) i deformační rychlosti na tvařitelnost oceli P92.

Při vybraných podmínkách mohl být kvantifikován negativní vliv výchozího litého stavu na tvařitelnost zkoumané creepové oceli ve srovnání se stavem protvářeným.

Poděkování

Výzkum byl realizován v rámci řešení projektů FR-TI3/374 (MPO ČR), LO1203 (MŠMT ČR) a SP2014/100 (MŠMT ČR).

Literatura

- [1] VAILLANT, J. C., et al. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 2008, 85, s. 38–46. http://pccenergygroup.com/assets/klad_docs/120409_WG_P92_Brochure.pdf
- [2] SRINIVAS PRASAD, B. S., et al. Numerical simulation of precipitate evolution in ferritic–martensitic power plant steels. *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, 2012, 36, s. 1–7
- [3] ŁOMOZIK, M., ZEMAN, M., BRÓZDA, J. Modern martensitic steels for power industry. *Archives of civil and mechanical engineering*, 2012, 12, s. 49 – 59
- [4] FOURNIER, B., et al. Comparison of various 9–12%Cr steels under fatigue and creep-fatigue loadings at high temperature. *Materials Science and Engineering: A*, 2011, roč. 528, č. 22–23, s. 6934–6945
- [5] BUMJOON, Kim, CHANSEO, Jeong, BYEONGSOO, Lim. Creep behavior and microstructural damage of martensitic P92 steel weldment. *Materials Science and Engineering: A*, 2008, roč. 483–484, s. 544–546
- [6] PING, Hu, et al. Microstructure Evolution of a 10Cr Heat-Resistant Steel during High Temperature Creep. *Journal of Materials Science & Technology*, 2011, roč. 27, č. 4, s. 344–351
- [7] WANG, Xue, et al. Creep rupture behaviour of P92 steel weldment. *Engineering Failure Analysis*, 2011, roč. 18, č. 1, s. 186–191
- [8] PANAIT, Clara Gabriela, et al. Evolution of dislocation density, size of subgrains and MX-type precipitates in a P91 steel during creep and during thermal ageing at 600 °C for more than 100,000 h. *Materials Science and Engineering: A*, 2010, roč. 527, č. 16–17, s. 4062–4069
- [9] BESSON, J., et al. Analysis of creep lifetime of a ASME Grade 91 welded pipe. *Engineering Fracture Mechanics*, 2009, roč. 76, č. 10, s. 1460–1473
- [10] WANG, Xue, et al. Microstructure and type IV cracking behavior of HAZ in P92 steel weldment. *Materials Science and Engineering: A*, 2012, roč. 552, s. 493–501

Trh s nerezavějící ocelí se pomalu obnovuje

MEPS Steel News

3.3.2014

Nedávné zprávy MEPS o globálním trhu s nerezavějící ocelí naznačují náladu opatrného optimizmu – důvěru, že dno podnikatelského cyklu bylo překonáno a že se objemy prodeje a ceny v letošním roce začnou zvyšovat, i když postupně. Přestože tato důvěra přetrvává, je zde až dosud málo důkazů, které by potvrdily, že k obnově dochází. V Evropě obchodní aktivity v únoru – po oživení v lednu – zpomalily. Distributoři a koneční spotřebitelé byli na začátku roku značně optimističtí v přesvědčení, že doplní své vyčerpané zásoby. Avšak i když účastníci v některých sektorech a zemích hlásí zlepšenou aktivitu, nedošlo k žádnému podstatnému vzestupu v základní poptávce a objednávky u oceláren zpomalily. A navíc, obchodníci tvrdí, že jejich ziskové marže jsou stlačeny, protože koneční spotřebitelé odmítají akceptovat nárůsty základních cen, prosazované výrobci. Ve skutečnosti, i když se ocelárny pokoušejí následovat malé nárůsty v lednu s dalšími nárůsty v únoru, distributoři většinou nejsou ochotni platit více. Následkem toho průměrné transakční ceny svitku válcovaného za studena typu 304 v EU od prosince vzrostly jen o 1,1 %.

Situace je pravděpodobně ještě více rozčarující ve Spojených státech. Jako v Evropě, i zde na začátku roku došlo k nárůstu uplatněných objednávek u válcoven. Přestože existují určité povzbudivé signály od některých odběratelských segmentů, zvýšené aktivity jsou předčasné vzhledem k čerpání zásob. A dále, protože se bázecké ceny v uplynulých dvou měsících nezměnily, efektivní prodejní ceny u typu 304 svitků válcovaných za studena vzrostly pouze o 10 USD/t.

Na Dálném východě ceníkové ceny výrobců reagovaly docela rychle na výkyvy v cenách surovin. V tomto případě se většina oficiálních nabídek na materiál série 300 zvýšila, aby reflektovala vyšší ceny niklu. Avšak stejně jako na Západě, byli nakupující ovlivněni základní poptávkou a nárůsty tržních cen nerezavějící oceli byly mírné.

Bez ohledu na rozčarující výsledky, uvedené výše, se stále předpokládá, že se trh s nerezavějící ocelí bude v nejbližší budoucnosti vyvíjet pozitivním směrem. Ekonomické indikátory nepřetržitě naznačují vzestup v základní poptávce. Proto by výrobci měli být schopni udržet základní ceny tam, kde jsou aplikovatelné, na vyšších úrovních, během prvního pololetí t.r. proti cenám v období předcházejících 6 měsíců. A navíc – zákaz exportu rudy z Indonésie v blízké době zredukuje globální nadbytek v dodávkách niklu. To vytvoří vzrůstající tlak na ceny této komodity a podpoří vyšší ceny niklu ve 2. čtvrtletí.

Hodnocení velkých vměstků v kordových ocelích

Evaluation of Large-size Inclusions in Tire Cord Steels

Ing. Karel Malaník, CSc.¹, Ing. Roman Gabor², Ing. Irena Vlčková, Ph.D.²

¹ VÚHŽ a. s., Laboratoře a zkušebny, 739 51 Dobrá 240, Česká republika

² Regionální materiálově technologické výzkumné centrum, MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Ostrava, detašované pracoviště VÚHŽ a.s., Dobrá, Česká republika

Vlastnosti kordových ocelí významně závisí na mikročistotě materiálu. Jedním z rozhodujících faktorů je přítomnost velkých oxidických vměstků nad 10 μm , které jsou zpravidla příčinou lomů finálních produktů - vysocepevnostních kordových drátů. Ke stanovení vměstků v ocelích existuje řada metod, zpravidla plošných; v rámci řešení této problematiky je však nezbytné stanovit vměstky ve větších objemech vzorků. K tomu jsou využívány metody chemické fázové analýzy, tzn. metody založené na izolaci minoritních fází z oceli, odstranění nežádoucích složek z primárního izolátu a analýzy a hodnocení sledovaných fází. Článek prezentuje vývoj metody k izolaci a hodnocení velkých oxidických vměstků z kordových ocelí. Byly ověřeny možnosti extrakce vměstků pomocí chemických elektrochemických metod včetně chemické stability sledovaných oxidických fází v používaných rozpouštědlech. Na základě výsledků provedených experimentů byla navržena a ověřena metoda chemického rozpouštění oceli ve směsi na bázi zředěných kyselin HNO_3 a H_2SO_4 s následným chemickým zpracováním izolátu za účelem odstranění nečistot z primárního izolátu (zejména amorfniho uhlíku a koloidního SiO_2) a přípravy extrahovaných oxidických vměstků k hodnocení na polykarbonátovém filtru. Ke stanovení počtu a velikosti vměstků byla využita optická mikroskopie, chemické složení charakteristických částic bylo prováděno ŘEM s mikroanalýzou EDS. Rovněž byla ověřena možnost využití automatizovaného stanovení distribuce vměstků a jejich složení pomocí ŘEM/EDS s využitím speciálního SW pro částicovou analýzu. Zavedenou metodu je možné využít při optimalizaci technologie výroby a hodnocení jakosti kordových drátů.

Klíčová slova: kordové oceli, hodnocení mikročistoty, velké vměstky, izolace oxidů, rozpouštění v kyselinách, separace nečistot, distribuce oxidických vměstků, částicová analýza

Properties of tire cord steels significantly depend on steel micro-purity. One of the critical factors is the presence of large-size oxide inclusions ($>10 \mu\text{m}$), which are usually the cause of fracture of final products – high strength cord wires. Numerous various methods exist for determination of inclusions in steels, usually surface ones. Solution of this question requires, however, determination of inclusions in bulk volumes of specimens. Methods of chemical phase analysis are used for this purposes, it means methods based on extraction of minority phases in steels, on removal of undesirable components from primary isolate and analysis and evaluation of the monitored phases. This article presents the development of procedure of extraction and evaluation of large-size oxide inclusions in tire cord steels. The possibilities of extraction of inclusions were proved by means of chemical and electrochemical methods incl. chemical stability of tracked oxide phases in designed solvents. Following the performed experiments the methodology of chemical dissolution of steel in the mixture on the basis of diluted acids HNO_3 and H_2SO_4 was designed and tested. In order to remove the impurities from the primary isolates (especially amorphous carbon and colloidal SiO_2) the subsequent chemical processing of extracted phases was performed with the preparation of extracted large size oxide inclusions for evaluation on polycarbonate filters. The optical microscopy was used for determination of number and size of inclusions, the chemical composition of characteristic particles was performed by scanning electron microscopy with the EDS microanalysis. Possibility of application of automated determination of distribution of inclusions and their composition was also checked by SEM/EDS with use of particular SW for particle analysis. The established procedure can be exploited for optimization of technological processes and tire cord quality evaluation.

Key words: cord steels, evaluation of micropurity, large-size inclusions, extraction of oxides, acid dissolving method, separation of impurities, distribution of oxide inclusions, particle analysis

Oceli určené pro výrobu kordových výztuží radiálních pneumatik se vyznačují vysokou pevností a tažností umožňující intenzivní deformaci při tažení za studena. Přesto při tažení a splétání hrozí nebezpečí lomu, které mj. souvisí s přítomností velkých nekovových vměstků na bázi oxidů. Pro výrobu vysocepevnostních

kordových drátů je pak nezbytné, aby se polotovary vyznačovaly vysokou mikročistotou s minimalizací přítomnosti vměstků nadkritické velikosti. Sleduje se, zda se jedná o „tvrdé“ (netvařitelné) nebo „měkké“ (tvařitelné) vměstky v porovnání s ocelovou maticí. Tvařitelnost vměstků je významně ovlivněna

zastoupením Al_2O_3 a SiO_2 . Příznivé vlastnosti byly prokázány u vměstků obsahujících cca 20 % Al_2O_3 [1]. Výskyt velkých a špatně deformovatelných vměstků s velikostí nad 5 μm je v kordových ocelích nežádoucí.

K hodnocení vměstků v ocelích se využívá zpravidla plošných metod (optická a elektronová mikroskopie). V případě řešení problematiky stanovení velkých, málo čtených oxidických vměstků však tyto metody nevyhovují, protože je třeba stanovit vměstky ve větších objemech vzorků. Potřebné informace lze získat pomocí tzv. chemické fázové analýzy, která se zabývá izolací a analýzou minoritních fází v kovových materiálech [2,3,4].

Oceli představují v podstatě heterogenní materiály, jejichž struktura je tvořena základním tuhým roztokem a minoritními fázemi. Jsou to zejména sloučeniny kovů s nekovy (komplexní fáze na bázi karbidů, nitridů, sulfidů, oxidů atd.). Při izolaci minoritních fází z oceli je nutné odstranit velký přebytek matrice a zároveň separovat sledované fáze v jejich nezměněné podobě.

Podle způsobu rozpouštění základního tuhého roztoku lze metody izolace fází rozdělit na chemické a elektrochemické. Kvantitativnost izolace studovaných fází je dána zvolenými separačními podmínkami. Závisí na řadě faktorů, kde mezi nejdůležitější patří minimální agresivita elektrolytů vůči sledovaným minoritním fázím, používaných k izolaci a eliminace kontaminace izolátu nežádoucími fázemi.

Izolace minoritních fází ve zředěných kyselinách není pro kvantitativní izolaci chemicky málo odolných fází doporučována (ztráty cementitu). V případě izolace velkých a chemicky stabilních částic je však možné tuto metodu použít – u nelegovaných ocelí dochází sice k rozpouštění nestabilních fází, větší částice oxidů Al a Si by neměly být atakovány.

Elektrochemické metody izolace fází jsou v praxi používány nejčastěji. Na rozdíl od chemických metod, může izolace minoritních fází probíhat vzhledem k možnosti volby potenciálu elektrody ve slabě kyselých i neutrálních elektrolytech s řízeným rozpouštěním matrice. Podle zvolených podmínek lze kvantitativně izolovat i různé typy málo chemicky odolných i velmi jemných částic minoritních fází [5,6]. Problematika stanovení mikročistoty oceli z hlediska přítomnosti velkých oxidických vměstků je náročná a otevřená záležitost, je stále předmětem zájmu výrobců kordových ocelí. Svědčí o tom i fakt, že vývoj této metodiky byl prováděn i v rámci řešení projektu TŽ a.s. zaměřeného na výzkum, vývoj a ověření nových metalurgicko-technologických postupů výroby vysokouhlíkových ocelí určených pro výrobu kordového drátu. Jednou z klíčových oblastí byl i vývoj technologických postupů vedoucích ke zlepšení mikročistoty kordové oceli včetně ověření těchto technologií a vývoje nových metod hodnocení mikročistoty oceli.

Vývoj metodiky hodnocení velkých oxidických vměstků

V případě řešení problematiky hodnocení mikročistoty kordových ocelí se jedná o VaV práce se zaměřením na izolaci, separaci, identifikaci a analýzu velkých vměstků na bázi Al-Si v uhlíkových ocelích. Tzn., že na rozdíl od požadavků vyžadujících i kvantitativní izolaci drobných a chemicky málo odolných minoritních fází, bude možno izolace sledovaných vměstků provádět v agresivnějším prostředí, tedy i pomocí chemických metod. Vyvstanou však vysoké nároky na odstranění nežádoucích složek z primárního izolátu.

Vývoj metodiky hodnocení byl prováděn ve 2 etapách:

1. Stanovení a optimalizace podmínek izolace a separace oxidických fází z kordových ocelí, vývoj metod zpracování izolátu a příprava vzorku pro hodnocení.
2. Návrh a ověření metody stanovení distribuce velkých vměstků a jejich charakteristického složení.

Izolace a separace fází

V rámci etapy izolace fází byly ověřovány možnosti použití chemické i elektrochemické izolace. Při vývoji metodiky byly použity dráty o průměru 5,5 mm z různých typů kordových ocelí. Po rozpouštění matrice se v tzv. primárním izolátu (minoritní fáze na bázi karbidů, oxidů, sulfidů, nitridů atd.) nakoncentrovaly sledované oxidické fáze - stupeň „koncentrace“ záležel zejména na agresivitě podmínek izolace, tzn. na podílu nerozložených karbidických fází na bázi cementitu.

Před vlastním rozpouštěním matrice elektrochemickou, resp. chemickou metodou bylo provedeno stanovení stability sledovaných fází Al_2O_3 a SiO_2 ve zředěných kyselinách, resp. směsích kyselin, nebo reagentů za podmínek, které simulovaly podmínky izolace, resp. separace fází. K experimentům byly použity čisté syntetické fáze. Příklad výsledků expozičních zkoušek je prezentován v tab.1.

Tab.1 Výsledky expozičních zkoušek
Tab.1 Results of exposition tests

vzorek	podmínky expozice	ztráta (rel.%)
Al_2O_3	HCl (1+1), var 2 h	14
Al_2O_3	HNO_3 +HCl, var 2 h	9
Al_2O_3	HCl (5%), var, 2 h	18
SiO_2	HCl (1+1), var 2 h	2
SiO_2	HNO_3 +HCl, var 2 h	<1
SiO_2	HCl (5%), var, 2 h	3

Výsledky bilancí ukázaly, že oxid křemičitý se za výše uvedených podmínek prakticky nerozpouští. Oxid hlinitý byl sice mírně atakován, ale jeho chemickou stabilitu i za těchto agresivních podmínek lze považovat

z hlediska účelu vyvíjené metody za vyhovující. Ke ztrátám docházelo mj. i z důvodu, že ke zkouškám byl k dispozici Al_2O_3 s významným podílem drobných částic. Vliv koncentrace HCl se prakticky neprojevil.

Elektrochemická izolace:

V první fázi byla pozornost zaměřena na elektrochemickou izolaci, jelikož se tato metoda jevila více perspektivní než tzv. „acid metod“, vyžadující práci s poměrně velkými objemy agresivního roztoku.

Experimentální vývoj metodiky byl zaměřen na optimalizaci podmínek elektrolýzy a zpracování primárního izolátu. Elektrochemické izolace byly prováděny ve vodných, slabě kyselých citranových elektrolytech. Byla provedena řada elektrolýz za účelem ověření kvantitativnosti izolace sledovaných oxidických vměstků a získání dostatečného množství minoritních fází pro další vývoj metody včetně experimentů vedoucích odstranění nežádoucích složek. Při separaci Fe_3C a koloidního SiO_2 z primárního izolátu byly fáze podrobeny chemickému zpracování se zředěnou HCl a následně se zředěným roztokem Na_2CO_3 . I přes řadu experimentů se však nezdařilo získat dostatečně čisté oxidické fáze pro další hodnocení, a to z důvodu nedokonalého rozložení cementitu a sekundární kontaminace amorfním uhlíkem. Rovněž u elektrochemické metody izolace je rozpuštění celého průřezu vzorku drátu při dodržení korektních podmínek elektrolýzy prakticky nereálné. Proto byly další práce zaměřeny na metody chemické.

Chemické rozpouštění:

Byla ověřována výtěžnost izolace sledovaných fází v závislosti na podmínkách rozpouštění matrice v různých kyselinách a jejich směsích, zejména z hlediska vlivu koncentrace a teploty. Výchozí experimenty byly prováděny s roztoky na bázi kyseliny chlorovodíkové. Vzhledem k problémům s čistotou získaného izolátu pro vlastní hodnocení byly ověřovány i možnosti aplikace rozpouštěcích směsí bez HCl.

Jako nejvhodnější se nakonec ukázalo provádět izolaci velkých oxidických vměstků ve směsi zředěných kyselin na bázi HNO_3 - H_2SO_4 . V tomto případě lze rozpustit 25 g vzorku ve výrazně nižším objemu rozpouštěcí směsi a zároveň získat kvalitnější izolát z hlediska kontaminace koloidním SiO_2 (jehož zdrojem je Si ze základního tuhého roztoku) a amorfním uhlíkem.

Hodnocení distribuce velkých vměstků a analýza charakteristických částic

V součinnosti s vývojem metodiky izolace a separace fází byl předmětem studia vhodný způsob přípravy

velkých oxidických vměstků k vlastnímu pozorování a analýze. Jednalo se zejména o řešení problematiky:

- způsob filtrace/typ a materiál filtru, velikost pórů
- přímé pozorování částic na filtru
- analýza charakteristických částic

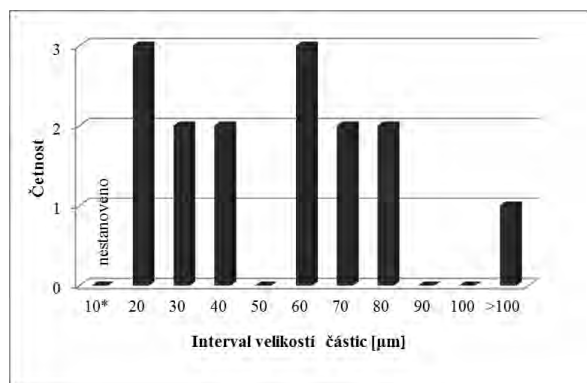
Cílem řešení bylo vyhodnotit četnost částic velkých oxidických vměstků o velikosti nad $10\ \mu\text{m}$ separovaných z požadované hmotnosti vzorků, charakterizovat jejich velikost, tvar a určit jejich chemické složení.

Izolované částice fází vykazovaly charakter slepenců jednotlivých částic. Proto se následně přistoupilo ke zpracování izolátu rozptýleného v roztoku před filtrací pomocí ultrazvuku. Prvotně byla snaha realizovat počítání vměstků pomocí ŘEM, kde však v důsledku malého zorného pole nebyla realizace celkového hodnocení schůdná.

Proto se přešlo na „počítání“ částic pomocí makroskopu při zvětšení 40x a více. Byly ověřovány různé druhy filtrů. Na základě provedených zkoušek byly vybrány polykarbonátové filtry („hladký“ povrch, vyhovující chemická odolnost, viditelnost vměstků na filtru, možnost přenosu k analýze EDS). Použité polykarbonátové filtry umožňují filtraci poměrně kyselých roztoků a separaci koloidní kyseliny křemičité s vytvořením příznivých podmínek pro přímé pozorování vměstků a stanovení jejich distribuce. Na filtru jsou sice zachyceny i nežádoucí částice – nečistoty, ale tyto jsou zcela odlišného charakteru než hodnocené fáze a je schůdné je při hodnocení rozlišit. Příklad hodnocení a analýz charakteristických částic je prezentován na obr.1 až 4 a v tab. 2.



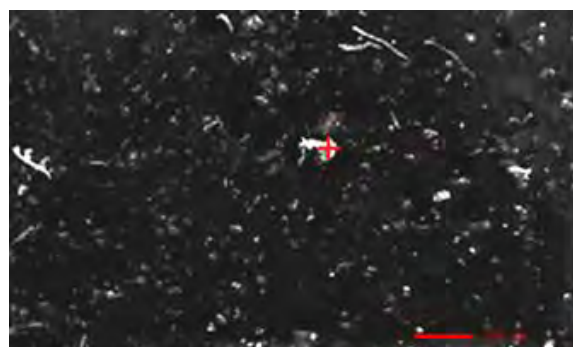
Obr. 1 Snímek částic na filtru
Fig. 1 Image of particles on filter



*předmětem hodnocení jsou částice >10 μm

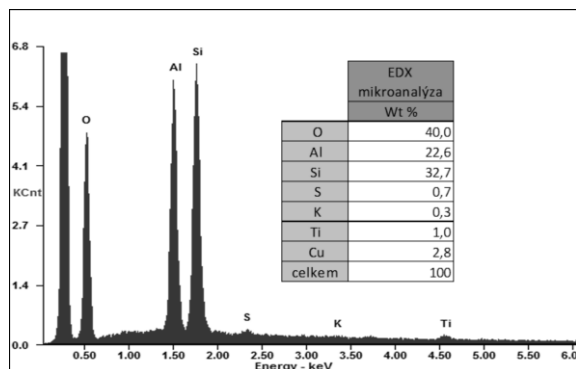
Obr. 2 Distribuce částic v závislosti na jejich velikosti

Fig. 2 Distribution of particles according to their size



Obr. 3 Analyzovaný vměstek

Fig. 3 Analysed inclusion



Obr. 4 Chemická analýza vměstku (EDS)

Fig. 4 Chemical analysis of inclusion

Tab. 2 Poměrné zastoupení SiO₂ a Al₂O₃ (calc.)

Tab. 2 Proportional representation of SiO₂ and Al₂O₃ (calc.)

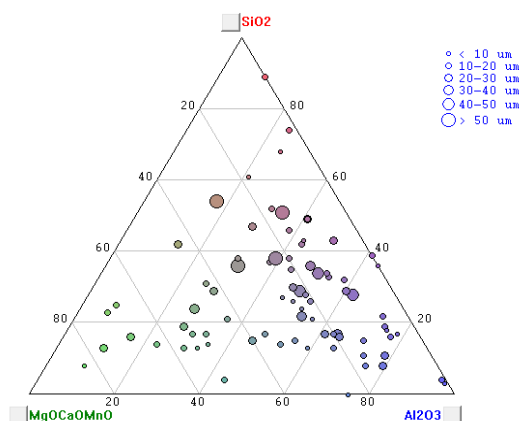
oxid	poměrné zastoupení oxidů /%_(calc.)
SiO ₂	62,1
Al ₂ O ₃	37,9
MnO+CaO+MgO	0,0

Druhá část zavedeného postupu, tzn. stanovení velikosti a četnosti separovaných částic (vizuální makroskopické pozorování), je poměrně pracná a náročná. Proto byla snaha hodnocení distribuce a analýzu vměstků dále zefektivnit – „zautomatizovat“ pomocí speciálního SW pro částicovou analýzu při ŘEM vybaveným analyzátozem EDS. Záměrem aplikace speciálního SW pro částicovou analýzu bylo zavést automatizovanou analýzu částic – velkých oxidů zachycených na

požadovaném druhu filtru o definované velikosti pórů. Při analýze se získávání obrázků provádí segmentací a kombinací bodů nad definované prahové velikosti částic. Systém umožňuje výpočet morfologie částic a stanovení chemického složení jednotlivých částic s využitím energiově disperzního spektrometru. Každá částice je snímána elektronovým svazkem ve stopě nebo rastrovém obrazci, kde se provede akvizice spektra. Spektrum se kvantifikuje, aby se mohla částice klasifikovat podle chemické fáze (definování knihovny) a poté, co jsou všechny částice v oblasti analyzovány, přesune se stolek na další pole a celý proces se opakuje znovu, dokud nebudou analyzovány všechny částice na filtru. Hodnoceny mohou být různé vzorky (vodivé, nevodivé). Pomocí automatizované analýzy se analyzuje široké spektrum typů částic, ale požadavky pro analýzu většiny částic jsou na oddělení částic podle úrovně šedi, podle materiálového kontrastu. Analýzy se provádí za podmínky:

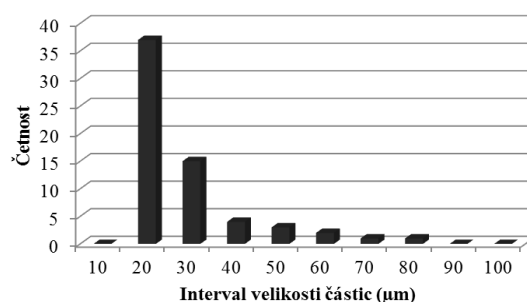
- detektor zpětně odražených elektronů (BSED)
- nízkovakuový režim
- napětí 20 kV
- motorizace stolku

Hlavní pozornost byla věnována problematice nastavení parametrů analýzy a hodnocení částic na filtru, které zajistí identifikaci pouze oxidických vměstků a výsledky tak nejsou ovlivněny přítomnými nežádoucími nečistotami. Příklad automatizované analýzy částic na filtru je uveden na obr. 5 až 7.



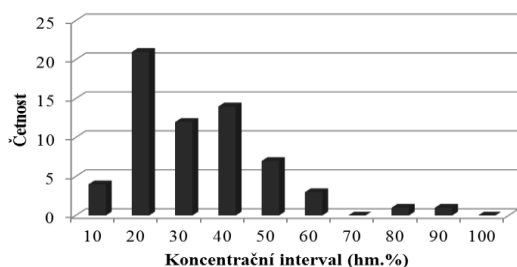
Obr.5 Poměrné zastoupení oxidických částic

Fig. 5 Proportional representation of oxide particles



Obr.6 Distribuce částic v závislosti na jejich velikosti

Fig. 6 Distribution of particles according to their size



Obr 7 Distribuce částic dle koncentrace SiO_2

Fig. 7 Distribution of particles according to the content of oxygen

Problematika stanovení velkých oxidických vměstků v kordových ocelích je velmi náročná. Při separaci sledovaných částic je třeba odstranit obrovský přebytek Fe matrice a dalších nežádoucích fází a převést velké oxidy v nezměněné podobě do pozorovatelného a analyzovatelného stavu.

Vyvinutá metodika umožňující řešení této problematiky zahrnuje následující, na sebe navazující operace:

- odstranění matrice chemickým rozpuštěním vzorku oceli (25 g) ve směsi kyselin HNO_3 - H_2SO_4 - H_2O za zvýšené teploty za podmínek, které umožňují oxidaci uhlíku a zároveň minimalizují vypadávání koloidní kyseliny křemičité (ve srovnání s postupem využívající rozpouštění oceli ve zředěné HCl)
- separace fází – chemické zpracování a promývání primárního izolátu minoritních fází postupným odstředováním (odstranění NO_x , promytí zředěnou kyselinou, případná separace koloidního SiO_2 pomocí Na_2CO_3)
- příprava zpracovaných minoritních fází k pozorování (rozdužení slepenců částic ultrazvukem, filtrace roztoku a promytí separovaných částic na polykarbonátovém filtru s velikostí pórů $10\text{ }\mu\text{m}$)
- makroskopické hodnocení velikosti a četnosti částic oxidů zachycených na filtru
- mikroskopické hodnocení a elementární analýza (EDX mikroanalýza) vybraných charakteristických vměstků (po převedení na vodivou pásku)
- částicová analýza při ŘEM - EDS

Výstupy analýz a hodnocení:

- stanovení počtu a velikosti separovaných částic včetně distribučního diagramu
- dokumentace charakteristických částic na filtru (makroskopické pozorování)
- dokumentace morfologie charakteristických částic
- stanovení chemického složení charakteristických částic uvádí se elementární složení částic a přepočty na poměrné zastoupení sledovaných oxidů SiO_2 - Al_2O_3 - $\text{MnO} + \text{CaO} + \text{MgO}$ (není brána v úvahu případná přítomnost dalších prvků)

Zavedenou metodu lze využít zejména k relativnímu porovnávání mikročistoty různých vzorků kordových ocelí.

Závěr

Kvalita vysocepevnostních kordových drátů významně závisí na mikročistotě oceli, zejména na přítomnosti velkých oxidických vměstků. Vzhledem k ojedinělému výskytu těchto vměstků nelze metodami plošné analýzy získat vyhovující výsledky. Hodnocení je třeba provádět pro větší objem vzorku.

Vyvinutý postup umožňuje hodnocení oxidických vměstků o velikosti nad $10\text{ }\mu\text{m}$ ve vzorcích oceli o hmotnosti 25 g. Využívá metody chemického rozpouštění oceli ve směsi kyselin. Izolace minoritních fází se provádí v oxidačním prostředí s následným chemickým zpracováním izolátu za účelem odstranění nežádoucích fází znesnadňujících vlastní hodnocení. Pozorování a analýza vměstků probíhá na filtru s využitím optické mikroskopie a SEM/EDS. Lze tak stanovit distribuci vměstků dle jejich velikostí, určit morfologii a chemické složení charakteristických částic. Výstupy z hodnocení umožní výrobcům kordových ocelí získat užitečné informace při optimalizaci technologií a kontrole kvality produktů.

Poděkování

Tato práce vznikla při řešení projektu ev.č. FR-TI2/565, poskytovatel finanční podpory MPO-program TIP a projektu č. CZ.1.05/2.1.00/01.0040 „Regionální materiálově technologické výzkumné centrum“, v rámci Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace, financovaného ze strukturálních fondů EU a ze státního rozpočtu ČR.

Literatura

- [1] MAEDA S., SOEJIMA T., SAITO T. Shape Control of Inclusions in Wire Rods for High Tensile Tire Cord by Refining With Synthetic Slag. In *Steelmaking Conference Proceedings*, Chicago, Illinois, USA, vol. 72, 1989, pp 379-385.
- [2] ЛАШКО Н. Ф., ЭАСЛАНСКАЯ Л. В., КОЗЛОВА М. Н., МОРОЗОВА Г. И., СОРОКИНА К. П., ЯКОВЛЕВА Е. Ф. Физико-химический фазовый анализ сталей и сплавов. *Металлургия*, 1978, изд. 2-е
- [3] ЛАРИНА О. Д., ТИМОШЕНКО Н. Н. Количественный анализ оксидных и нитридных включений в сталях и сплавах. *Металлургия*, 1978
- [4] FERNANDES M., CHEUNG M., GARCI A. Investigation of nonmetallic inclusions in continuously cast carbon steel by dissolution of the ferritic matrix. *Material Characterization*, vol. 48, 2002, issue 2, pp. 255-261, ISSN: 1044-5803
- [5] NOUE R., UEDA S., ARIAYAMA T., SUIITO H. Extraction of Nonmetallic Inclusion Particles Containing MgO from Steel. *ISIJ International*, vol. 51, 2011, No. 12, p. 2050-2055, ISSN 0915-1559
- [6] YAN W., XU H., CHEN W. Study on Inclusions in Wire Rod of Tire Cord Steel by Means of Electrolysis of Wire Rod, *Steel research international*, vol. 85, 2014, issue 1, pp. 53-59, ISSN 1869-344X

Recenzované výzkumné články

Náběh a prvotní zkušenosti s injektáží prachového uhlí do vysokých pecí v Třineckých železárnách, a.s.

Start-up and Initial Operating Experience with Pulverized Coal Injection into Blast Furnaces in Třinecké železářny, a.s.

Ing. Petr Faruzel¹, Ing. Radek Hermann¹, Ing. Kazimír Hlisnikowski¹, Ing. Roman Taska¹, doc. Ing. Ján Kret, CSc.²

¹TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a.s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec, Česká republika

²VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie a slévárenství, Česká republika

Závěr roku 2013 byl v podniku Třinecké železářny, a.s. ve znamení náběhu jedné z největších investičních akcí posledních let, tedy startu injektáže prachového uhlí (PCI) do vysokých pecí. Ve výběrovém řízení na hlavního dodavatele technologie zvítězila lucemburská firma Paul Wurth s.a., která dodala i v rámci světového měřítka špičkové zařízení s dynamickým distributorem a mlácím výkonem vertikálního mlýnu až 40 t hod^{-1} uhlí. Důvodem pro zavedení technologie PCI byla snaha snížit náklady na tunu vyrobeného surového železa a také snížit ekologickou zátěž v regionu. Před samotnou stavbou zařízení a náběhem této nové technologie bylo nutno přijmout celou řadu technologických opatření s ohledem na to, že injektáž prachového uhlí, jako částečné náhrady používaného metalurgického koksu, představuje výrazný zásah do technologie výroby surového železa ve vysoké peci. Těmito technologickým změnám je věnována první část příspěvku, především se zaměřením na řízení teoretické teploty hoření, sledování chodu vysoké pece a další. V druhé části příspěvku jsou stručně shrnuty prvotní zkušenosti po náběhu této technologie na vysokých pecích.*

Klíčová slova: injektáž prachového uhlí, teoretická teplota hoření, vysoká pec

*At the end of the year 2013 everybody in the company Třinecké železářny, a.s. was focused on the launch of one of the largest investment projects in recent years: pulverized coal injection (PCI) into blast furnaces. The tender for the main technology supplier won the Luxembourg company Paul Wurth SA, which supplied a world-class high-end device with a dynamic distributor. Maximum performance of the installed vertical coal mill is 40 t * h^{-1} (enough for approximately 150 kg*t_{HM}⁻¹ at current production). The reason for the introduction of PCI technology in TŽ was to reduce the cost per ton of pig iron and also to reduce the environmental impact in the area. Before the construction of the facilities for PCI and the launch of this new technology it was necessary to make a series of technological changes with respect to the injection of pulverized coal, which was used instead of a part of metallurgical coke. These technological changes are described in the first part of the paper, mainly focusing on the theoretical flame temperature control, monitoring of the blast furnace running and so on. The second part of the paper briefly summarizes the initial experience of the start-up of this technology in TŽ. The start-up rate of PCI in December 2013 was 40 kg*t_{HM}⁻¹, nowadays in February 2014 we are at 110 kg*t_{HM}⁻¹ without any technological problems on the blast furnaces. This is the best proof, that the work of the technological team for PCI was successful, but this team is still working, because there will be still aspects, which can be improved in order to maximize the positive effects of PCI.*

Keywords: pulverized coal injection, theoretical flame temperature, blast furnace

Všeobecným trendem moderních podniků produkujících surové železo je snaha nahradit část metalurgického koksu alternativním palivem a snížit tak cenu produkovaného surového železa. Existuje celá řada alternativních paliv, například: zemní plyn, oleje,

dehty, plasty, ale největšího globálního rozšíření doznalo využití injektáže prachového uhlí (PCI).

Vedení Třineckých železáren, a.s. (TŽ) se rozhodlo ubírat touto cestou a z toho důvodu byl schválen

investiční projekt výstavby zařízení pro injektáž prachového uhlí na obě provozované vysoké pece Výběrové řízení na hlavního dodavatele technologie vyhrála lucemburská firma Paul Wurth s.a., která nabídla zařízení světové úrovně s dynamickým distributorem prachového uhlí. Pro podmínky TŽ byl zvolen vertikální mlýn s maximálním výkonem mletí na úrovni $40 \text{ t} \cdot \text{hod}^{-1}$, což při aktuální produkci odpovídá injektáži prachového uhlí v množství přibližně $150 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ surového železa.

Do uvedení zařízení PCI v provoz, které proběhlo na konci listopadu 2013 se v TŽ jako náhradní palivo využívaly různé druhy olejů, běžně v množství do $40 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ surového železa, tato úroveň posloužila jako zahajovací množství pro injektáž prachového uhlí a nyní na konci února 2014 přesáhlo injektované množství $110 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ surového železa.

Výroba surového železa ve vysokých pecích je komplexní proces a náhrada části metalurgického koksu, který ve vysoké peci plní nejen úlohu paliva, ale taktéž funkci nosné kostry, nauhličovadla a redukovadla prachovým uhlím představuje výrazný zásah do technologie výroby surového železa. To sebou přináší i zvýšené požadavky na řízení pece a taktéž je této nové technologii nutno přizpůsobit vybrané technologické postupy. Především se jedná o to, že při vyšší míře využití náhradních paliv injektovaných do oxidačních

prostorů dochází k výrazné změně tepelně-teplotních podmínek v dolní části vysoké pece a je nutno přijmout opatření, aby se tyto změny kompenzovaly. Dále pak samozřejmě s úbytkem metalurgického koksu ve vsázce dochází ke zhoršení prodyšnosti sloupce vsázky, změně proudění plynu a na tyto a mnohé další aspekty je nutno brát zřetel před samotným zahájením injektáže. Z tohoto důvodu byl pro podporu tohoto investičního projektu sestaven jednak technologický tým pro přípravu provozu vysokých pecí na tuto radikální změnu a rovněž byl založen vnitropodnikový výzkumný úkol zaměřený na problematiku PCI.

Řízení teoretické teploty hoření

Injektáž náhradních paliv do oxidačních prostorů vysoké pece má značný dopad na hodnotu teoretické teploty hoření (TTH). Udržení TTH v žádaném rozsahu je přitom zásadní, mimo jiné i pro zajištění optimálního spalování.

Problematika výpočtu TTH je ve světovém měřítku široce diskutována a prakticky každý vysokopeční provoz používá vlastní rovnici pro výpočet hodnoty TTH. Příklady některých z používaných výpočtových metod jsou uvedeny v rov. (1) – (3) [1]. V tab. 1 jsou uvedeny vysvětlivky pro uvedené parametry.

$$TTH = 1524 + 60 \cdot \%O_2 + 0,84 \cdot THV - 2,7 \cdot PCI - 6,3 \cdot VLH \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

$$TTH = 1440 + 0,82 \cdot THV + 0,32 \cdot AO_2 - 6,3 \cdot VLH - 0,045 \cdot PARA - 1,98 \cdot PCI \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2)$$

$$TTH = 1405 + 0,839 \cdot THV - 6,033 \cdot VLH - 3010 \cdot PCIa + 4972 \cdot \frac{\%O_2 - 21}{100 - \%O_2} - 936 \cdot \left[\frac{[N]_2}{HB} \right] \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3)$$

Tab. 1 Parametry použité v rovnicích (1) – (3)
Tab. 1 Parameters used in the equations (1) – (3)

Parametr	Popis	Jednotka
% O ₂	Celkový obsah O ₂ ve větru	%
THV	Teplota horkého větru	°C
PCI	Množství injektovaného prachového uhlí na tunu surového železa	kg·t ⁻¹
PCIa	Množství injektovaného prachového uhlí na množství větru	kg·m ⁻³
VLH	Vlhkost dmýchaného větru	m ³ ·m ⁻³
AO ₂	Množství přidávaného O ₂	m ³ ·hod ⁻¹
PARA	Přídavek páry	t·hod ⁻¹
N ₂	Množství dusíku pro dopravu PCI	m ³ ·hod ⁻¹
HB	Množství horkého větru	m ³ ·hod ⁻¹

Z uvedených rovnic je patrné, že každý provoz zahrnuje do výpočtu TTH jiné parametry a současně přisuzuje stejnému parametru rozdílný vliv atd. V podstatě nejde o výpočet teoretické teploty hoření, ale o závislost teploty hoření na technologických parametrech vysokopeční vsázky a dmýchaného větru, včetně injektovaných materiálů, zjišťovanou statisticky nebo pomocí expertních systémů. Jednotlivé rovnice jsou vázány na specifické podmínky (konstrukční i technologické) daného provozu a jejich používání

v jiných provozech nemusí být úspěšné. Rovnice TTH používaná v TŽ dosud neobsahovala člen zohledňující vliv injektáže prachového uhlí.

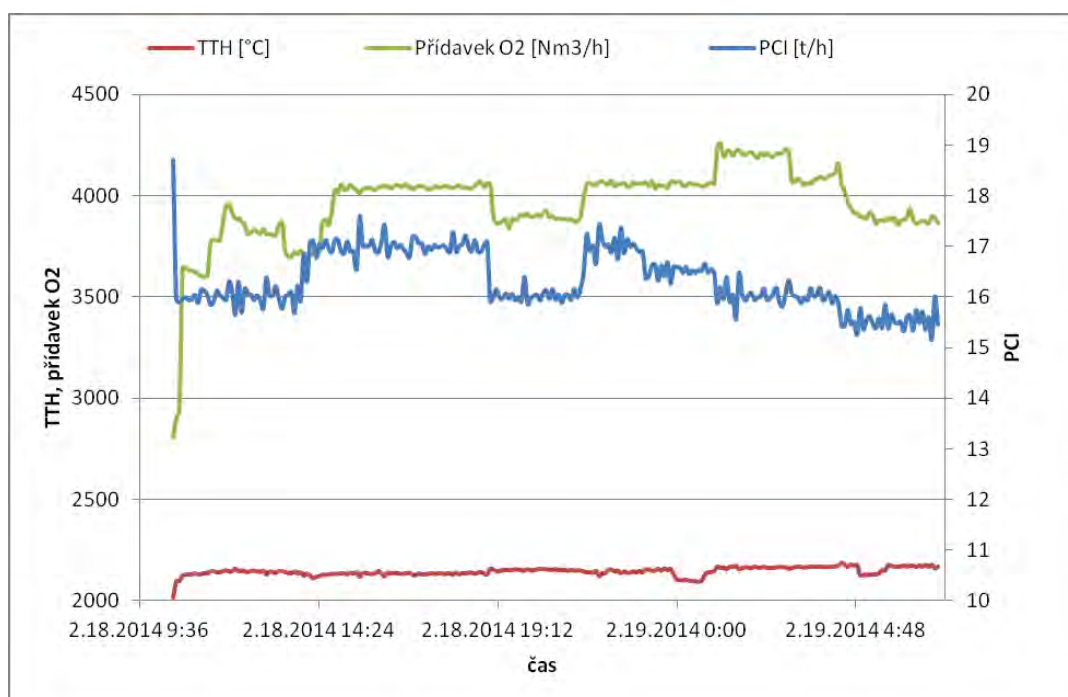
Na VŠB-TU Ostrava byl vypracovaný matematický model výpočtu TTH vycházející z tepelné bilance oxidačních prostorů ve vysoké peci [2]. Protože vypracování tepelné bilance předpokládá adiabatický prostor, jedná se o výpočet teoretické teploty (oxidační prostory jsou považovány za adiabatické). Kromě TTH

model počítá i množství a složení nístějových plynů v závislosti na vlastnostech a složení kombinovaného větru. Vypočtená teplota není úplně shodná s reální teplotou hoření, ale změny teploty v důsledku změn složení a vlastností dmýchaného větru a injektovaných látek jsou relativně velmi přesné. Při náhradě koksu injektovaným uhlím se jedná hlavně o menší přínos tepla. Uhlí přispěje do tepelné bilance jen asi 85 % tepla ve srovnání s koksem. Zároveň vzniká větší objem nístějových plynů, což ovlivňuje výrobnost pece. Tyto změny, (u uhlovodíkových sloučenin) závisí na poměru C/H – pro koks je jeho hodnota 200 – 500, zatímco u uhlí 10 – 12 [3]. Vypočtené hodnoty jsou závislé na přesnosti vstupních údajů, např. disociační teplo uhlí, fyzikálně-chemické vlastnosti složek kombinovaného větru a pod. Matematický model pracující s přibližně 70 proměnnými, včetně složení jednotlivých paliv, byl využit pro doplnění rovnice TTH používané v TŽ o

koefficient zohledňující injektáž PCI a v současné době se pracuje na jejím doplnění o zapracování vlivu používaného typu PCI (pro případné změny používaného uhlí v budoucnosti).

V současné době pracuje používaná rovnice TTH s těmito parametry: vlhkost větru, přídavek páry, množství dmýchaného větru, množství přidávaného kyslíku, čistota používaného kyslíku, množství injektovaného PCI, teplota větru.

Z hlediska provozních zkušeností byla zvolena minimální hodnota TTH na úrovni 2050 °C. Kompenzace snížení hodnoty TTH v závislosti na množství PCI je prováděna především za pomoci přídavku kyslíku, v menší míře pak i teplotou horkého větru. Příklad takovéto regulace je zobrazen na obr. 1.

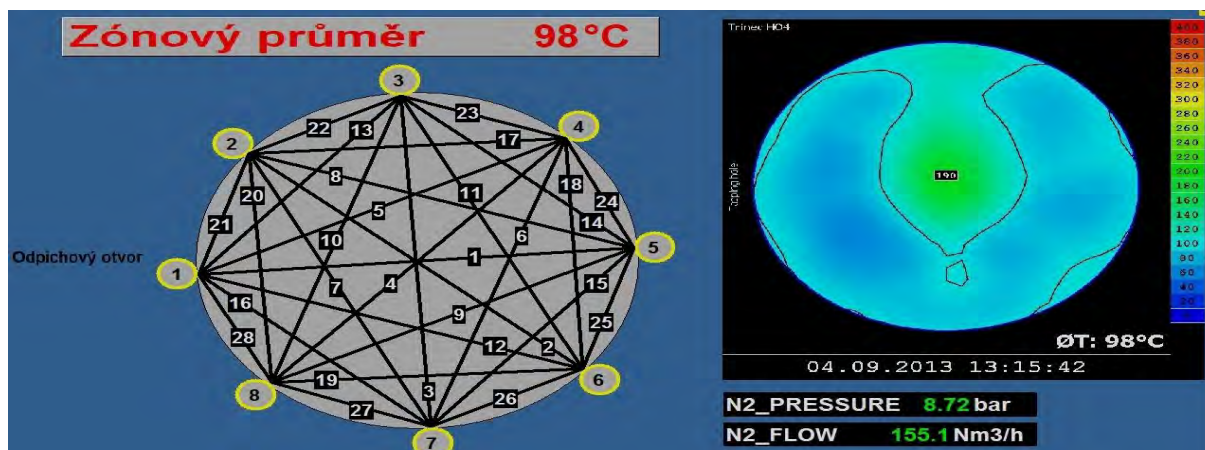


Obr. 1 Regulace TTH řízením množství přidávaného O₂ v závislosti na množství PCI
Fig. 1 TTH control of quantity of added O₂ in dependence of the PCI quantity

Sledování charakteru proudění plynu ve vysoké peci pomocí zařízení SOMA

Vysoká pec č. 4 (VP4) byla v roce 2013 dovybavena systémem měření teploty plynu nad povrchem vsázky SOMA. Tento systém je založený na měření teploty plynu pomocí akustických signálů, kdy rychlost šíření zvuku v prostředí je závislá na teplotě. Instalovaný systém se skládá z 8 vysílačů/přijímacích jednotek. Výsledky jsou on-line zpracovávány nejen v jednotlivých řezech, ale také pomocí speciálního software jsou zpracovávány do formy 2D zobrazení teplotního profilu nad vsázkou (obr. 2).

Vzhledem k tomu, že to byl v TŽ úplně nový způsob měření, bylo provedeno porovnání hodnot z tohoto systému s hodnotami z instalovaných termočlánků, které jsou umístěny pod sazebnou VP4. Z měsíčního porovnání hodnot z termočlánků a systému SOMA vyplynula jasná shoda trendů jednotlivých měření. Průměrné teploty na zařízení SOMA byly cca o 25 °C vyšší (obr. 3), což odpovídá umístění jednotlivých měřicích elementů. Funkčnost systému SOMA se projevila i při poruše sklápění na bezzvonové sazebně, kdy byla vsázka po dobu přibližně 6 hodin zavážena na stejnou kružnici. Reakce systému SOMA na tento kritický stav byla takřka okamžitá a i 2D profil dával obsluhu na VP4 jednoznačný signál o vzniku závažného problému.

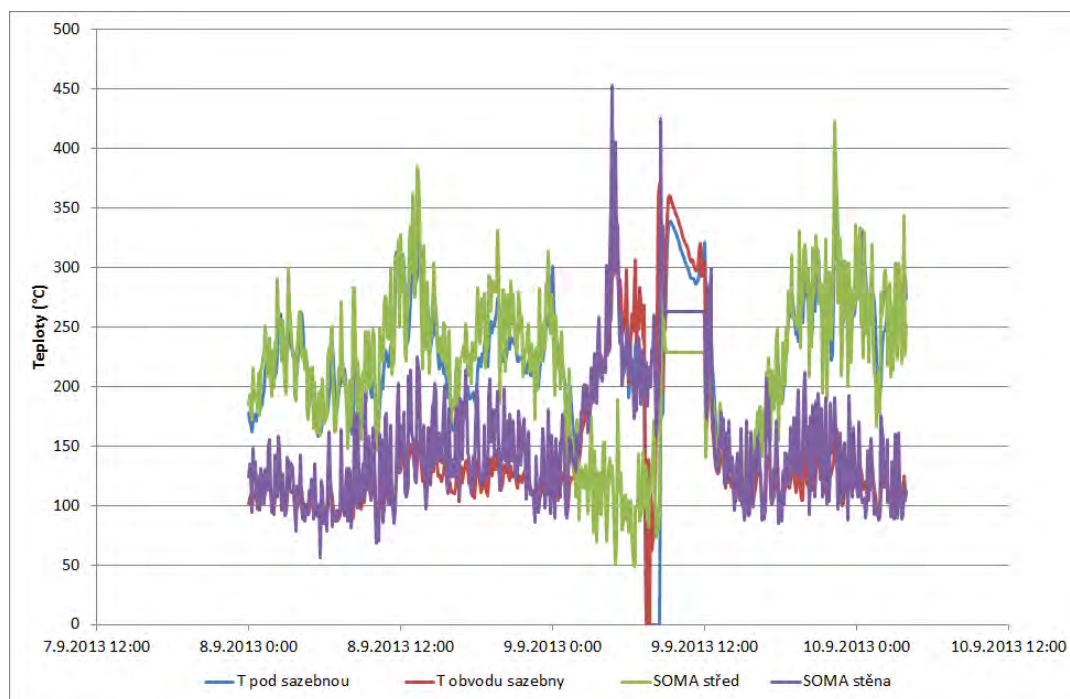


Obr. 2 Výstupy z akustického systému měření teplot plynu nad povrchem vsázky SOMA

Fig. 2 Outputs from acoustic system of gas temperature measurement above the surface of the SOMA charge

Funkčnost systému SOMA se projevila i při poruše sklápění na bezzvonové sazebně, kdy byla vsázka po dobu přibližně 6ti hodin zavážena na stejnou kružnici.

Reakce systému SOMA na tento kritický stav byla takřka okamžitá a i 2D profil dával obsluhu na VP4 jednoznačný signál o vzniku závažného problému.



Obr. 3 Porovnání teplot změřených systémem SOMA a termočlánsky

Fig. 3 Comparison of temperatures measured by the SOMA system and by thermocouples

Aktuálně je systém SOMA již plně v provozu a dává jak obsluhu VP4 tak technologům VP důležité informace o chodu vysoké pece, a poskytuje tak důležité informace pro správné řízení zavážení vysoké pece.

Další technologická a technická opatření

Značná pozornost byla věnována i dalším technologickým i technickým opatřením pro zajištění optimálního provozu vysokých pecí s injektáží uhlí. Především byla podstatně zlepšena kvalita vlastního koku a zvýšeny požadavky na kvalitu nakupovaného koku, zejména pevnostní parametry M40 a CSR. Byly rovněž provedeny úpravy třídění aglomerátu a úprava

složení rudné vsázky, jejímž cílem bylo snížení výskytu vysokopeční strusky. Na obou vysokých pecích byly zrekonstruovány čistírny plynu a byla provedena opatření pro úpravu plynočistírenských vod. Dodávky kyslíku a dusíku byly řešeny jako samostatná problematika. Obě média pro TŽ zajišťuje firma Linde.

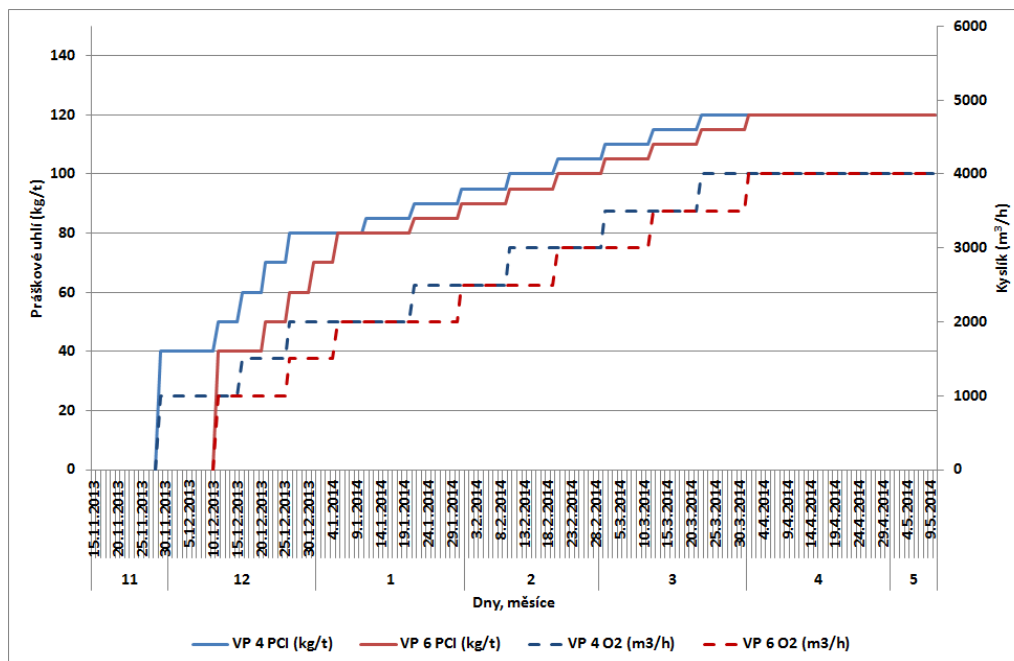
Náběh a první zkušenosti s PCI v TŽ, a.s.

Pro náběh PCI byl zvolen pouze jeden druh uhlí z důvodu vhodného řízení procesu a snadnějšího vyhodnocování náběhu PCI. Uhlí se mele na zrnitost menší než 90 μm (min. 80 %), zbytková vlhkost se

pohybuje pod 1 % a uhlí je dopravováno dusíkem v takzvané husté fázi. Jako značný problém se ukázala bezpečnostní opatření pro provoz zařízení mletí a sušení uhlí a muselo dojít k úpravám technologie mletí a sušení uhlí. Evropská norma považuje jako limitní obsah

kyslíku 14 %, avšak uhlí, zvolené pro náběh má tento limitní obsah výrazně nižší.

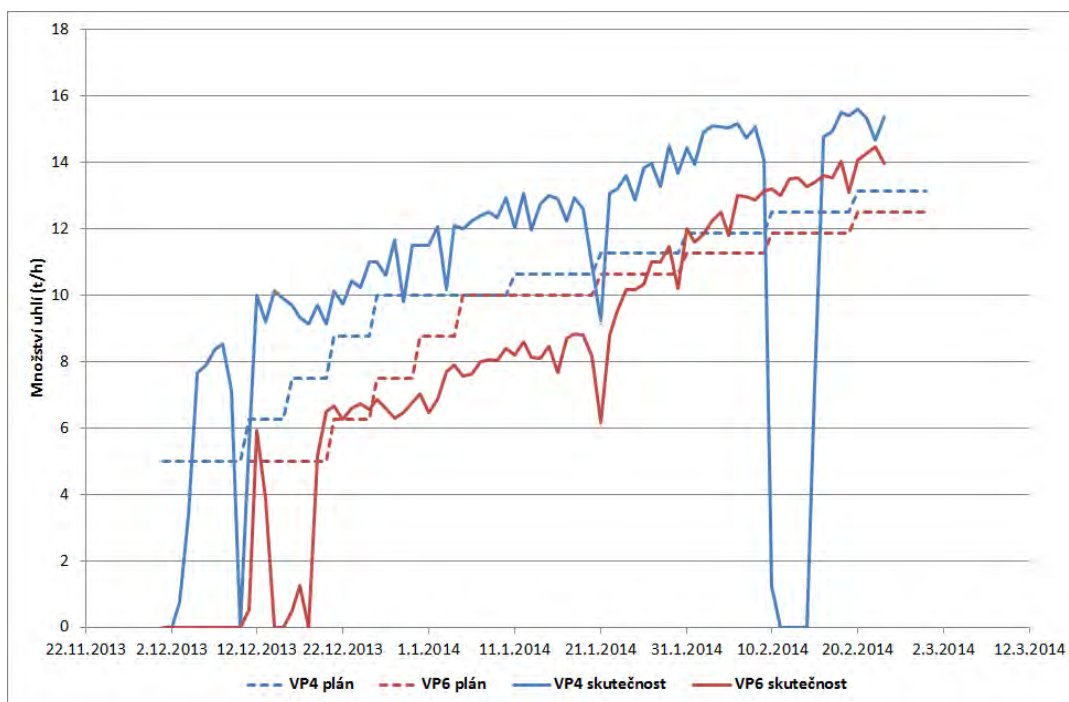
Pro náběh zařízení byly zpracovány předběžné náběhové křivky, např. pro množství injektovaného uhlí a potřebné množství kyslíku, obr. 4.



Obr. 4 Plánovaná náběhová křivka PCI pro množství uhlí a kyslíku
Fig. 4 Planned PCI start-up curve for quantity of carbon and oxygen

Po provedených krátkodobých zkouškách byl zahájen kontinuální provoz injektáže uhlí do VP 4 a zhruba za dva týdny i do VP 6. Na začátku kontinuálního provozu PCI na VP 4 i VP 6 byla injektáž přerušena jednak z

důvodu poruchy ventilu přísunu uhlí do dopravního zásobníku, jednak z důvodu seřizování zařízení injektáže uhlí. Přerušení injektáže na VP 4 v polovině února bylo plánované (obr. 5).



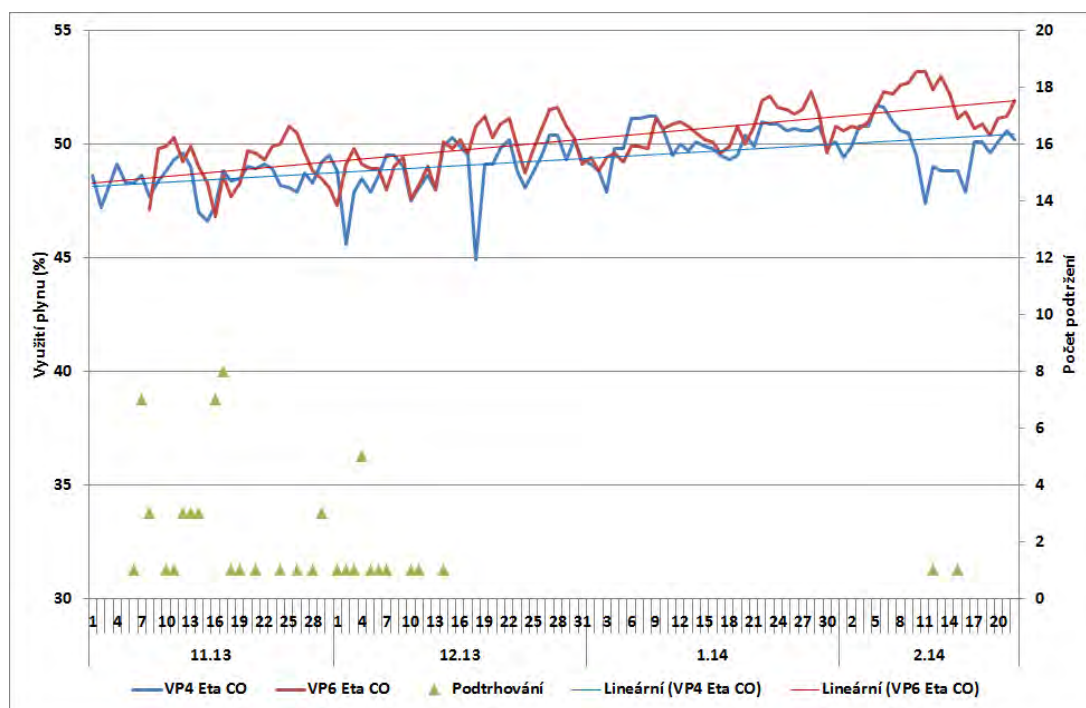
Obr. 5 Plánované a skutečné množství injektovaného uhlí
Fig. 5 Planned and real quantity of injected coal

Během náběhu zařízení PCI došlo k běžným nepodstatným poruchám či nedostatkům, které byly postupně odstraňovány. Závažnějším problémem byly dosti značné výkyvy v regulovaném množství injektovaného uhlí. Příčiny jsou spatřovány především v použitém druhu uhlí; problémem se jeví velmi široký rozsah zrnitosti mletého uhlí a také pravděpodobně vlastnosti použitého druhu uhlí nejsou příliš vhodné pro pneumatickou dopravu.

Zavedením injektáže uhlí došlo k podstatnému zlepšení chodu obou vysokých pecí a ke zlepšení využití plynu, kde hodnota Eta CO, uvedená na obr. 6, je vypočtena dle rovnice (4).

$$\text{Eta CO} = \frac{CO_2}{CO + CO_2} \quad (4)$$

Aktuálně vysoké pece s injektáží uhlí nejsou podtrhovány. Přesto, že využití plynu se zvýšilo, došlo ke zvýšení jeho výhřevnosti (obr. 6). Odvody tepla postupně poklesly a nyní jsou stabilizovány. Obě pece pracují s vícesložkovým sypáním, mezi jiným proto, aby byla eliminována segregace vsázkových materiálů. Samozřejmě díky injektáží uhlí a obohacení větru kyslíkem výrobnost vysokých pecí je výrazně vyšší, a tak jsou lépe zajišťovány potřeby ocelárny.



Obr. 6 Postupný nárůst využití plynu (Eta CO) a zastavení podtrhování vysokých pecí
Fig. 6 Sequential increase of gas (Eta CO) and decrease of blast furnace checking

Závěr

Zavádění injektáže uhlí v TŽ, a.s. bylo spojeno s obavami týkajícími se zhoršení chodu vysokých pecí a tím i spotřeby paliva vzhledem k vysokému podílu prachu v rudné vsázce. Zahájení provozu se sice neobešlo bez problémů, ale ty se ovšem podařilo zvládnout díky usilovné práci zaměstnanců jak TŽ, a.s., tak všech firem podílejících se na výstavbě i zavádění technologie. Podařilo se tak dosáhnout vytyčených cílů co se množství injektovaného prachového uhlí týká a v dohledné době budou provedeny závěrečné zkoušky,

které mají potvrdit plnou funkčnost a výkonnost zařízení.

Literatura

- [1] CHENG, L. Blast furnace technology and calculation. *Metalurgical Industry Publisher*, 1991, 230 s.
- [2] KRET, J. Možnosti zhodnocení odpadů injektáží pevných, tekutých a plynných látek do nistěje vysoké pece. *Hutnické listy*, roč. LIV, 1999, č.7/8, s. 16-20. ISSN 0018 – 8069
- [3] BABICH, A., aj. Ironmaking. *RWTH Aachen University*, 2008, 402 s. ISBN 3-86130-997-1

Trendy a praktické postupy při mimopecním odsíření surového železa v podmínkách Třineckých železáren, a.s.

Hot Metal Desulfurization in Třinecké železářny, a.s. – Trends and Operation Experiences

Ing. Radek Hermann¹, Ing. Petr Faruzel¹, Ing. Václav Mahr¹, Ing. Marek Hod'a¹, Ing. Milan Cieslar¹, Ing. Bohdan Pyszek¹, doc. Ján Kret, CSc.²

¹TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a.s., Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika

²VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie a slévárenství, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

Koncem roku 2008 byly v kyslíko-konvertorové ocelárně uvedeny do provozu dvě stanice mimopecního odsíření surového železa. Díky tomu má společnost Třinecké železářny, a.s. již pětileté zkušenosti s provozováním a optimalizací nejen této technologie, ale i s optimalizací technologií, které mimopecnímu odsíření předcházejí, i technologií zpracovávajících produkty odsíření surového železa. Využití těchto získaných zkušeností vedlo jak k navýšení ekonomického přínosu, tak i redukci negativních dopadů na životní prostředí. Hlavní vývojové kroky, které v průběhu provozování tohoto zařízení byly uskutečněny, lze specifikovat jako:

- úprava výroby a změna chemického složení surového železa hlavně z pohledu obsahu síry
- úprava bazicity vyráběného vysokopecního aglomerátu, výběr a využití vhodných reagentů pro odsiřování s ohledem na různý sortiment produkce oceli – stupeň odsiřování
- použití vhodných keramických materiálů s ohledem na jejich životnost, cenu aj.
- využití sekundárních produktů odsíření.

Primárním cílem tohoto příspěvku je tedy informovat o praktických zkušenostech a provozních výsledcích dosažených při realizaci výše uvedených opatření s ohledem na implementovanou technologii mimopecního odsíření do technologického cyklu v Třineckých železářnách, a.s.

Klíčová slova: mimopecní odsíření, surové železo, síra, bazicita, aglomerát, keramické materiály

At the end of 2008, two stations of hot metal desulfurization were launched. Hot metal desulfurization is situated in the BOF plant. Since 2008, Třinecké železářny has gained five years' experience not only with optimization of this technology, but also with optimization of technologies, which are closely related to hot metal desulfurization, i.e. sinter and pig iron production, handling of hot metal desulfurization by-products. The results of this optimization are mainly cost savings, but also reduced negative impacts to the environment. The main stages of the optimization process could be specified as:

- modification of pig iron chemical composition, especially focused on sulfur content
- modification of produced BF sinter basicity
- utilization of most suitable reagents for desulfurization, taking into consideration steels variety – grade of desulfurization
- usage of proper ceramic materials with excellent durability
- usage of secondary products of desulfurization.

The primary aim of this paper is to inform about practical experiences and operational outputs, which were achieved by realization of the process optimizations mentioned above, regarding the hot metal desulfurization technology implemented in technological cycle of Třinecké železářny, a.s.

Keywords: hot metal desulfurization, sulfur, basicity, sinter, ceramic materials

V minulosti probíhalo odsíření železa pouze ve vysoké peci (dále VP). Následné odsíření oceli pak na mimopecním zpracování – sekundární metalurgii. Mimopecní odsíření (dále MPO) surového železa je technologie, kterou využívá celá řada ocelářských podniků, a její historie dnes čítá již řadu desetiletí. Rozdíly ve využívání jsou ve způsobech dávkování reagentů, kde se přecházelo od injektáže pouze jednoho reagentu po kombinaci různých těchto odsiřovacích látek [1]. Moderním příkladem trendů v oblasti MPO je

využití rotační trysky oproti běžné dmýchací trubice umístěné v těle trysky i v reagentech samotných, kde se postupem času měnil poměr dávkování a složení v kombinacích Na_2CO_3 , CaF_2 , CaC_2 , $\text{CaC}_2\text{-CaO}$, $\text{CaC}_2\text{-CaO-Mg}$, CaO-Mg , dále pak ve využití látek ovlivňujících viskozitu strusek pro vyšší výtěžek (menší ztrátu surového železa stahováním strusky), způsobech odsíření v torpedomísících nebo na stacionárních zařízeních.

Technicko-ekonomické důvody pořízení a implementace tohoto zařízení v TŽ byly následující:

- očekávaná úspora vysokopecního paliva, kterou lze dle dostupných informací z empirických dat předpokládat na úrovni 10 kg/t surového železa při odsiřování o 0,01 %
- snížení výskytu strusky při výrobě surového železa
- dosažení vyšších odpichových teplot surového železa a stabilizace obsahu Si
- snížení tepelných ztrát a menší zátěž vyzdívky pece – prodloužená kampaň VP.

Pro získání pozitivních efektů z využití této technologie musí být pak cena za spotřebované reagenty a energie pro mimopecní odsiřování menší, než jsou výše uvedené úspory, a to především na vysokopecním palivu – vysokopecním koksu. Ten je v Třineckých železárnách (dále TŽ) vyráběn na dvou koksárenských bateriích, jejichž kapacita však nepokrývá celkovou spotřebu, a tudíž je dokupován za značně vyšší cenu než interní.

1. Optimalizace výroby surového železa

Opatření k cílenému snížení bazicity strusky na vysokých pecích dle očekávání nevyvolalo zvláštní

technologické obtíže. Při nižší bazicitě strusky tepelný stav pece je spíše stabilnější (to dokazuje nižší směrodatná odchylka obsahu Si v surovém železe), snížená bazicita strusky rovněž pozitivně působí na odvod alkalických sloučenin z VP. Negativním projevem snížení bazicity strusky je snížení stupně redukce Mn do surového železa, což má za následek zvýšení spotřeby Mn rud, avšak lze konstatovat, že na stupeň redukce Mn mají vliv i další provozní ukazatele, jako složení a spotřeba koksu. Dle provedených vyhodnocení snížením bazicity strusky z 1,08 na 0,99 se snížila měrná spotřeba celkového paliva cca o 18 kg/t surového železa.

Změnilo se chemické složení produktů vysokopecní tavby:

- zvýšení obsahu S v surovém železe z průměru 0,02 na 0,04 %,
- zvýšení odpichové teploty surového železa z 1428 na 1436 °C,
- prosazování druhotné suroviny – magneticky obohacené nadsítné frakce ze strusky z mimopecního odsiřování na VP nezpůsobují žádné technologické obtíže. Tyto výše deklarované změny jsou uvedeny i v tab. 1.

Tab. 1 Průměrné chemické složení surového železa v letech 2008 a 2012 včetně spotřeby koksu, bazicity a teploty

Tab. 1 Average chemical composition of pig iron in the years 2008 and 2012, including consumption of coke, basicity and temperature

Průměrné chemické složení sur. Fe za rok 2008 VP celkem, %									
Fe	Mn	Si	P	S	C	Cr			
94,09	0,50	0,62	0,09	0,02	4,68	0,00			
Průměrné chemické složení VP strusky 2008 VP celkem, %									
Fe	P	Mn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	bazicita strusky	
0,290	0,007	0,398	38,902	7,318	40,145	9,603	0,721	1,08	
Průměrná teplota odpichů sur. Fe na VP, °C									
VP4	VP6	VP průměr							
1423,51	1433,99	1428,75							
Spotřeba koksu 2008, kg/t (palivo celkem vč. oleje)									
koks suchý	palivo celkem	přep. pal. celkem							
472,29	503,50	504,95							
Průměrné chemické složení sur. Fe za rok 2012 VP celkem, %									
Fe	Mn	Si	P	S	C	Cr			
94,13	0,44	0,66	0,10	0,04	4,62	0,01			
Průměrné chemické složení VP strusky 2012 VP celkem, %									
Fe	P	Mn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	bazicita strusky	
0,30	0,01	0,51	39,73	7,41	37,49	9,14	0,64	0,99	
Průměrná teplota odpichů sur. Fe na VP, °C									
VP4	VP6	VP průměr							
1432,61	1439,74	1436,18							
Spotřeba koksu 2012, kg/t (palivo celkem vč. oleje)									
koks suchý	palivo celkem	přep. pal. celkem							
469,73	487,13	487,13							

2. Optimalizace výroby aglomerátu

Zavedením technologie MPO surového železa bylo přijato opatření ke snížení bazicity aglomerátu z 1,23 na 1,16. To přineslo efekty:

- zvýšení měrného výkonu spékání o 0,23 t/m²/den,

- snížení spotřeby aglobaliva (koksprachu) o 0,81 kg/t aglomerátu,
- snížení obsahu S v aglomerátu z 0,014 na 0,008 %,
- zvýšení stability bazicity aglomerátu.

Tyto výše deklarované změny jsou uvedeny i v tab. 2.

Tab. 2 Průměrné chemické složení aglomerátu v letech 2008 a 2012 včetně bazicity

Tab. 2 Average chemical composition of sinter in the years 2008 and 2012, including basicity

Průměrné chemické složení aglomerátu - aglo celkem 2008, %												
Fe	FeO	Fe2O3	Mn	P	S	Cr2O3	CaO	MgO	SiO2	Al2O3	Zn	bazicita aglo
56,85	8,85	0,00	0,11	0,03	0,014	0,02	8,76	1,73	7,63	0,87	0,00	1,23
Průměrné chemické složení aglomerátu - aglo celkem 2012, %												
Fe	FeO	Fe2O3	Mn	P	S	Cr2O3	CaO	MgO	SiO2	Al2O3	Zn	bazicita aglo
57,71	8,27	0,00	0,24	0,03	0,008	0,02	7,86	1,56	7,30	0,81	0,01	1,16

3. Optimalizace mimopecního odsíření surového železa

Technologie MPO je dnes v TŽ běžně provozována na dvou pracovních stanovištích při odsířování v nalévacích pánvích (dále NP) o kapacitě 170 t surového železa s využitím reagentů na bázi CaO-Mg. Poměr těchto složek v průběhu dávkování je na úrovni 5:1. Variabilita je dána pouze rychlostí dávkování, která je řízena softwarově pomocí zvoleného patternu 311-318. Dávkování je koinjektážní, tzn., že lze dávkovat do nalévací pánve samostatně CaO či Mg. Dávkování probíhá v první fázi pouze s namíchaným CaO a s 2 % přídavku kryolitu ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$). Použitím kryolitu ve vápně se snížil výskyt strusky téměř na polovinu, což snížilo náklady na zpracování strusky (tab. 3). Další významný faktor je omezení vzniku velkých slitků, které bylo nutno na přípravě vsázky rozpálvat a které zvyšovaly náklady na zpracování těchto surovin. Kryolit může mít částečně negativní vliv na vyzdívku nalévacích pánví a životnost odsiřovacích trysek, ale tento jev se výrazně neprojevil. Následně v souběhu je dávkován CaO s Mg. V této fázi je poměr spotřeby 3:1. V případě odsířování z běžného obsahu síry v surovém železe z 0,04 % na 0,01 % probíhá standardně dle výpočtu. Složka CaO jednak proces odsíření podporuje

– zvyšuje účinek - a jednak zároveň zmenšuje zpětné nasiřování surového železa uplatněním reakce (1), kterou vytváří stabilní CaS [2].



Hluboké odsířování z nižšího obsahu S, např. z 0,04 na 0,003 %, je dle provedených statistických propočtů podmíněno vyšší spotřebou reagentů, které v některých případech neodpovídají modelu. Zde se pravděpodobně objevuje fenomén reakce Mg se zbytkovým kyslíkem rozpuštěným v kovové lázni, čemuž lze předejít dávkováním např. Al, který vyvolá reakci popsanou rovnicí (2) [2]:



Opatřením pro eliminaci tohoto jevu v provozních podmínkách TŽ je využití Mg s cca 3% podílem Al, v praxi pak materiálem označovaným jako Mg95 + Al.

V případě využití reagentu na bázi CaC_2 může probíhat reakce analogicky, a to dle rovnic (3-4) [3]:



Tab. 3 Spotřeba reagentů a výskyt strusky v porovnání roku 2010 oproti roku 2012

Tab. 3 Consumption of reagents and occurrence of slag in comparison of the year 2010 with 2012

Rok	Spotřeba	Spotřeba	Mg-Typ	CaO	Množství strusky t/tavba
	CaO (kg/t)	Mg (kg/t)		% kryolit	
2010	1,93	0,38	Mg97	NE	1,92
2012	1,89	0,38	Mg95+Al	2	1,41

4. Keramické materiály

Odsiřovací trysky

Z důvodu zavedení a provozování zařízení mimopecního odsíření bylo nutno provést vývoj vhodných odsiřovacích trysek jak z pohledu použitého žáruvzdorného materiálu, tak i konstrukčního provedení pro dosažení požadované úrovně životnosti bez výskytu anomálií – ucpávání dmýchacích elementů, utavování žárobetonu na těle trysek apod. Byly odzkoušeny celé řady různých typů trysek od cca 5 dodavatelských firem, z kterých jsou po provedené verifikaci v současné době používány 2 druhy, a to od společnosti GSB a Vesuvius. Dosahovaná úroveň životnosti těchto vybraných trysek je průměrně 150 taveb, což lze přiřadit k světovému nadprůměru. Dnes využívané trysky jsou vyráběny ze žáruvzdorného materiálu na bázi lupku (obr. 1).

Pojízdné mísiče

Z důvodu mírné modifikace chemického složení surového železa a potažmo strusky se v pojízdných mísičích (dále PM) objevil fenomén výskytu silně kyselé strusky, což způsobovalo postupné snižování životnosti zdiva. Proto byly zahájeny zkoušky s využitím vyzdivek z různých materiálů na bázi ASC a Shotcrete s nanovazbou. Cílem je dosažení původních životností zdiva PM, jak tomu bylo před provozováním mimopecního odsíření (obr. 2).

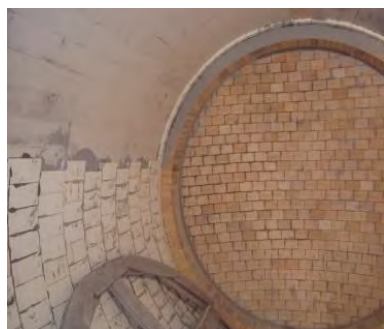
Nalévací pánve

Taktéž u nalévacích pánví (dále NP) se po náběhu MPO vyskytuje kyselá struska, která díky přídavku kryolitu je velmi řídká a současně se výrazně prodloužila doba setrvání tekutého kovu v těchto NP. Z tohoto důvodu musely být provedeny kroky k optimalizaci složení

(typu) vyzdívky z původní šamotové na vyzdívky andaluzitové, bauxitové a ASC. Tímto opatřením byla výrazně prodloužena životnost vyzdívky z původních 100-150 taveb na 900 taveb, což nám umožnilo prodloužit cyklus použití NP a provozovat zařízení i pouhými 6 jednotkami těchto NP (obr. 3).



Obr. 1 Typy trysek
Fig. 1 Types of nozzles



Obr. 2 ASC materiál na pojízdných mísičích
Fig. 2 ASC material in torpedo ladle

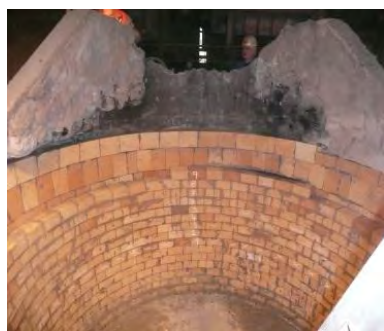


Fig. 3 ASC material in pouring ladle
Obr. 3 ASC materiál na nalévacích pánvích

5. Zpracování produktů mimopecního odsíření

Struska z nově zavedené technologie MPO v TŽ je ve struskových pánvích převážena z kyslíko-konvertorové ocelárny na místo prvotního zpracování, kde je v těchto pánvích zchlazována vodou, vyklopena, po úpravě kusovosti odtěžena a převezena ke zpracování na drtící lince. Zpracování probíhá obdobným způsobem jako u ostatních strusek z hutního cyklu TŽ, tj. drcením, tříděním a magnetickou separací jednotlivých frakcí. Základní sortiment tvoří:

- slitky > 300 mm (obr. 4)
- slitky < 300 mm (obr. 5)
- nadsítné frakce kovonosných podílů –ODS granulát (8-63 mm) (obr. 6)
- podsítné frakce kovonosných podílů –ODS koncentrát (0-8 mm) (obr. 7)

Rozhraní mezi nadsítnými a podsítnými frakcemi je limitováno granulometrickými požadavky na kusovou vsázku pro VP a je stanoveno na hranici 8 mm. V současné době jsou slitky recyklovány – tvoří součást šrotové vsázky pro kyslíkové konvertory, magnetické podíly nadsítných frakcí – ODS granulát – jsou součástí vsázky pro VP. Magnetické podíly podsítných frakcí jsou v současné době odprodávány, jelikož při využití kryolitu na MPO došlo nejen ke snížení celkového množství strusky, ale také ke snížení obsahu Fe, a to především u ODS koncentráту (tab. 4). V minulých letech bez využití kryolitu byl tento materiál pokusně ověřován při zakládání homogenizačních hromad pro výrobu vysokopecního aglomerátu. Nemagnetické podíly nadsítných a podsítných frakcí nejsou využívány a jsou skladovány.

Tab. 4 Porovnání přísunu množství strusky z mimopecního odsíření surového železa v letech 2010, 2013 a obsahu Fe v jednotlivých produktech
Tab. 4 Comparison of supply of quantity of slag from ladle desulphurization of pig iron in the years 2010, 2013, and of Fe content in individual products

	Bez přidavku kryolitu			S přidavkem kryolitu		
	%	2010 (t)	Obsah Fe (%)	%	2013 (t)	Obsah Fe (%)
Přísun	100,0	26 544	-	100,0	22 323	-
ODS koncentrát (0 - 8mm)	28,4	7 538	57,2	32,5	7 255	43,0
ODS granulát (8 - 63mm)	27,0	7 167	66,8	27,4	6 117	58,3
Slitky nad 300 mm	28,2	7 485	-	18,0	4 018	-
Slitky pod 300 mm	6,2	1 646	-	4,6	1 027	-
Odmagnetizovaná část	10,2	2 707	15,2	17,5	3 907	18,0



Obr. 4 Slitky nad 300 mm
Fig. 4 Pigs exceeding 300 mm



Obr. 5 Slitky pod 300 mm
Fig. 5 Pigs smaller than 300 mm



Obr. 6 ODS granulát
Fig. 6 ODS granulate



Obr. 7 ODS koncentrát
Fig. 7 ODS Concentrate

Závěr

Zahájení provozu technologie mimopecního odsíření surového železa znamenalo výrazný zásah do technologického cyklu v TŽ, kde pro dosažení maximálního efektu této investice byly provedeny úpravy technologie jak na provezech předcházejících MPO, tak i optimalizace s ohledem na zpracování vedlejších produktů MPO. Po 5 letech od náběhu technologie mimopecního odsíření surového železa lze konstatovat, že zařízení přineslo žádaný a předpokládaný pozitivní efekt v ekonomice hutního výrobního cyklu, který by se do budoucna dal navýšit například další úpravou technologických postupů na VP, které by omezily používání kusového vápence. Trendem v průběhu vývoje a optimalizace mimopecního odsíření v TŽ byla tedy náhrada Mg97 materiálem Mg95, který je obohacený Al, využití reagentů pouze na bázi CaO a Mg bez využití CaC_2 , jakož i snížení bazicity aglomerátu, vysokopecní strusky a také využití nových materiálů na bázi ASC.

Literatura

- [1] LINDSTRÖM, D., NORTIER, P., SICHEN, D. (Department of Materials Science and Engineering, Royal Institute of Technology, Sweden): *Steel Research International* 84, 2013, s. 20
- [2] LIU, Q. (Illinois Institute of Technology, Chicago, USA): *Iron and Steel Technology*, 2009, č. 11, s. 75-80
- [3] BRODRICK, C. The 7th International Heavy Minerals Conference 'What next', The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2009, s. 6

Numerická simulace odlévání a tuhnutí vysokouhlíkové oceli

Numerical Simulation of Casting and Solidification of High Carbon Steel

Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.¹, Ing. Vladislav Kurka, Ph.D.¹, Ing. Zbynek Hudzieczek, Ph.D.¹

¹MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o, Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

U vysokouhlíkových ocelí odlévaných do kokil se musí počítat u hotového konečného výrobku s vysokou osovou segregací uhlíku. Výskyt této segregace je sledován a většinou je u finálního ocelového výrobku omezen užžitnou hodnotou. V práci jsou popsány dosažené výsledky numerické simulace odlévání a tuhnutí vysokouhlíkové oceli na vybrané kokile a tyto jsou porovnány s výsledky dosaženými na nově navržené kokile, u které byla oproti původní kokile zvětšená styčná plocha mezi kokilou a ingotem o 9 %. Hmotnost ingotu, kokily a ostatní rozměrové parametry kokily zůstaly stejné jako u původní kokily.

Klíčová slova: odlévání, vysokouhlíková ocel, numerická simulace

In final products manufactured from high-carbon steel cast into moulds, high axial carbon segregation has to be taken into consideration. The occurrence of this segregation is monitored, and with the final steel product it is mostly limited by its utility value.

In this paper, the results of numerical simulation of casting and solidification of high-carbon steel in the selected mould are described and compared with those obtained in the newly designed mould where the contact area between the mould and the ingot was enlarged by 9% compared with the original mould. The weight of the ingot and the mould as well as other dimensional parameters of the mould remained the same.

Keywords: casting, high-carbon steel, numerical simulation

Ve společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. byla provedena numerická simulace odlévání a tuhnutí oceli s obsahem 1 % C (dále jen Ocel C) v kokilách o obdélníkovém průřezu, pracovně označené Kokila H (kokila typu „V“) o hmotnosti ingotu cca 5 t. Tato práce se zabývá zvýšením vnitřní strukturní homogenity pomocí zvětšení styčné plochy taveniny s kokilou o cca 9 %. Práce popisuje vliv styčné plochy na tuhnutí ingotu a návrh dalšího postupu.

Cílem této práce bylo:

- stanovit změny vnitřní strukturní homogenity těla ingotů pomocí segregace uhlíku při zvětšení poměru styčné plochy k objemu ingotu a tyto porovnat s původní kokilou při dodržení stejných rozměrových a hmotnostních parametrů kokily.
- posoudit vliv zvětšení parametru – poměr styčná plocha k objemu ingotu na mikroporozitu v těle ingotu.

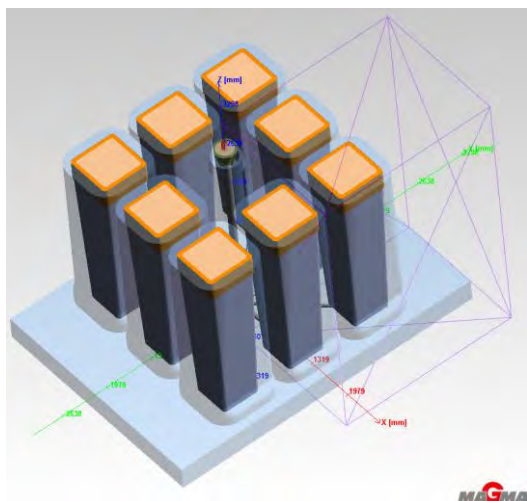
1. Podmínky numerické simulace

Nejprve bylo nutno provést naladění modelu numerické simulace na skutečné podmínky. Proto se vycházelo z provozních dat při odlévání do původní kokily a numerický simulační software *Magma* [1] byl na tyto podmínky naladěn. Následně byl na základě výsledků proveden prvotní návrh úprav kokily.

V první fázi bylo provedeno sestavení licí sestavy, jak ukazuje obr. 1. Tvarově složitější objekty licí sestavy (licí kůl, kokila, hlavový nástavec) byly vymodelovány v programovém prostředí SOLIDWORKS a následně exportovány do geometrického modeláře software *Magma* [1].

Po poskládání celé sestavy byla do geometrie vložena čtyřnásobná symetrie tak, aby bylo simulováno odlévání s co nejmenším počtem buněk. Když je systém osově symetrický, lze předpokládat, že na výslednou kvalitu výpočtu nebude mít toto zjednodušení vliv. obr. 1 také ukazuje, kde byla vybrána ¼ licí sestavy s vloženou čtyřnásobnou symetrií.

Druhým krokem bylo vytvoření sítě. Při přípravě a vytváření sítě je nutné brát v úvahu dva faktory, které působí více méně proti sobě. Prvním je kvalita sítě, která úzce souvisí s počtem a tvarem jednotlivých buněk. Z logiky věci vyplývá, že kvalitní síť bude mít vysoké množství rovnoměrných buněk. Toto pravidlo se týká zejména úzkých míst, kde proudí a následně i tuhne kov (zejména licí kanálky). Druhým faktorem je výpočtový čas. Čím více bude mít síť buněk a čím delší bude doba reálného lité, tím časově náročnější bude výpočet.



Obr. 1 Geometrie lící sestavy se symetrií
Fig. 1 Geometry of the casting assembly with symmetry

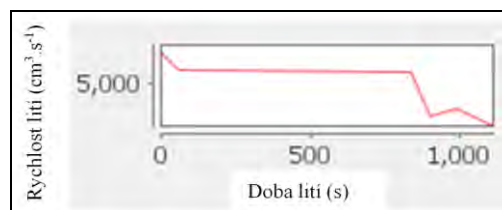
I přesto, že je díky využití symetrie lící sestavy celkový počet buněk čtvrtinový, je dosahováno vysokého počtu buněk, protože odlévání ingotu má poměrně velký objem a platí pravidlo, že je nutné dodržet co možná nejrovnoměrnější síť. Celkový výpočetní čas je pak dlouhý i proto, že jsou ingoty (na rozdíl od malých odlitků) odlévány delší dobu.

Je tedy nutné volit rozumný kompromis mezi kvalitou sítě a délkou výpočtu. Na základě reálných dob odlévání lících sestav (18 minut) a uspořádání kokil v lící sestavě bylo zvoleno jemnější síťování lících kanálků než u ingotů. Kdyby se však dodrželo pravidlo rovnoměrné sítě i v případě síťování těla ingotu, pak by byl výsledný počet buněk výrazně vyšší, než současných cca 365 tis. Výsledná síť je ilustrována na obr. 2.



Obr. 2 Nasíťování lící sestavy, těla ingotů z Kokily H a jeho hlavového nástavce
Fig. 2 Meshing of the casting assembly, bodies of ingots and sink head of the ingot mould H

V souladu s provozními parametry byly nastaveny počáteční a okrajové podmínky, které zahrnují zejména přiřazení materiálových vlastností jednotlivým definovaným materiálům. Těmto materiálům je pak potřeba zadat i okrajové, tj. tepelné podmínky. Po nadefinování materiálových parametrů byly zadány i rychlosti lití, které důsledně korespondovaly se zadáním (obr. 3).

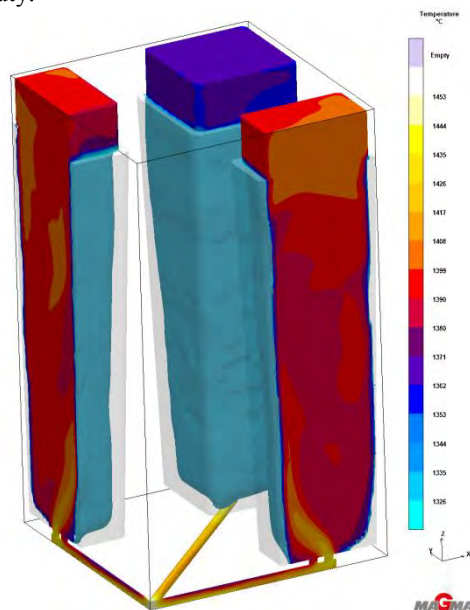


Obr. 3 Rychlost lití zadaná v prostředí Magma
Fig. 3 The casting speed used in the software Magma

2. Numerické simulace Kokily H

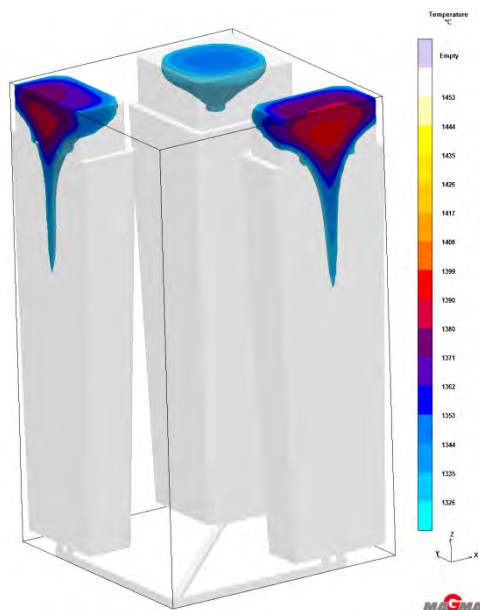
Přesto, že je software Magma [1] schopen vypočítat celou řadu parametrů, budou v této kapitole rozebrány pouze ty, které jsou předmětem studia, tedy porozita a segregace uhlíku.

Obr. 4 ilustruje teplotní pole po konci odlévání. Jak je z obr. 4 patrné, je již značný podíl odlitého kovu utuhnutý.



Obr. 4 Podíl tuhé/tekuté fáze těsně po odlití
Fig. 4 Proportion of liquid and solid phases immediately after casting

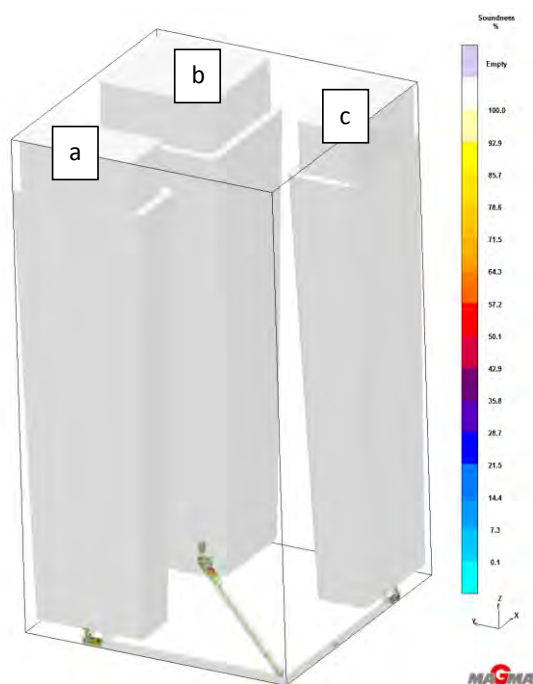
Poslední tekuté zbytky Oceli C odlité do Kokily H utuhnou cca 2 a 3/4 hodiny po začátku odlévání. Během tuhnutí, kdy v objemu zůstává poslední 1 % fáze s teplotou nad solidem, dochází k příznivému uzavírání oblasti polotekutého jádra (obr. 5). Protože je v případě rohového ingotu lépe odváděno teplo, uzavírá se tento ingot rychleji, než ingoty prostřední.



Obr. 5 Polotekuté jádro zasahující do objemu ingotu, 1% objemu neutuhlé taveniny

Fig. 5 Semisolid core of the ingot extending into the ingot volume, 1% of the non-solidified melt

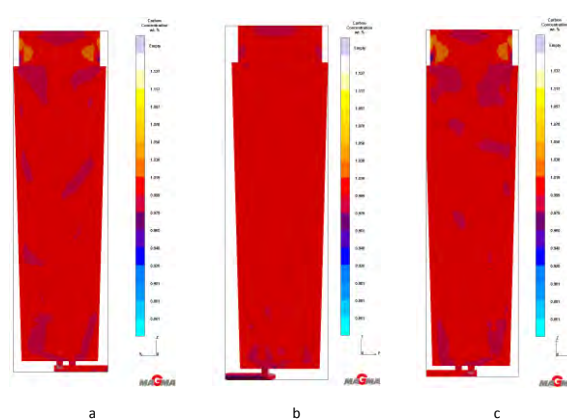
Obr. 6 pak ukazuje, že do těl ingotů nezasahují staženiny a těla ingotů jsou bez výraznějších vnitřních vad. V tomto případě byl hodnocen parametr porozity. Navíc jsou v obr. 6 označeny jednotlivé ingoty písmeny pro pozdější identifikaci.



Obr. 6 Vnitřní porozita ingotů nebyla detekována

Fig. 6 Internal porosity of ingots was not detected

Hlavní problém u této Oceli C souvisí s možným vznikem segregací, zejména uhlíku. Obr. 7 ukazuje segregace uhlíku ve všech simulovaných ingotech (tedy dvou polovinách ingotu „a“ a „c“ a jednom rohovém ingotu „b“, tedy celém ingotu).

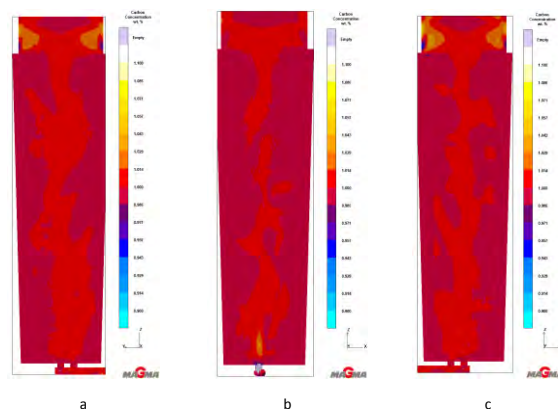


Obr. 7 Výskyt segregací v řezech jednotlivých ingotů

Fig. 7 The occurrence of segregation in various sections of ingots cast in the molds H

Jak je z obr. 7 patrné, ingoty mají chemicky homogenní strukturu. Proto byl zkrácen krok v členění rozsahu zobrazovaných segregací na 0,9 až 1,1 % C, tedy cílový obsah $C = 1 \% \pm 10 \%$ z rozsahu jak je patrné z obr. 8.

I přes užší škálu zobrazení segregací, jsou ingoty stále velice homogenní. K nepatrně vyšším segregacím dochází pouze v oblasti hlavy a paty ingotu.



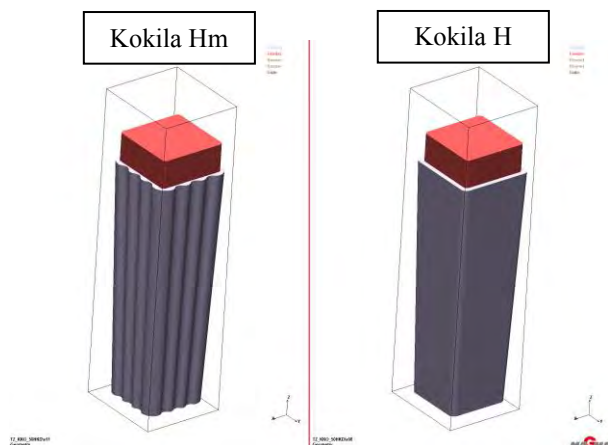
Obr. 8 Výskyt segregací v řezech jednotlivých ingotů (užší zobrazovací rozsah)

Fig. 8 Occurrence of segregation in sections of individual ingots, which were cast in the molds H (narrowed imaging range)

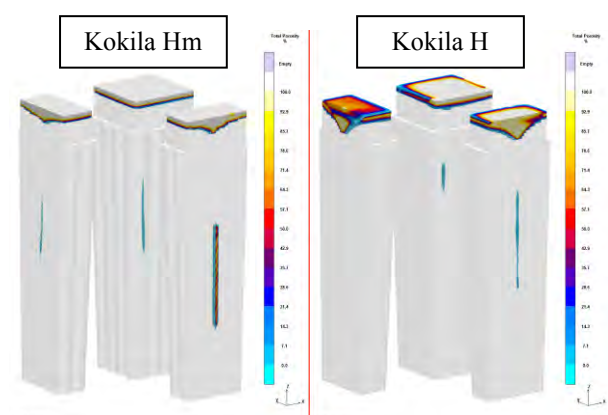
3. Numerická simulace modifikované Kokily Hm a porovnání s původní Kokilou H

Byl proveden návrh nového tvaru Kokily H, která je dále v textu označována jako Kokila Hm (obr. 9). Pomocí numerické simulace bylo provedeno porovnání odlévání do nové Kokily Hm za stejných podmínek jako u odlévání do Kokily H s původním tvarem. Nová Kokila Hm má oproti původní kokile zvětšený styčný povrch mezi kokilou a taveninou cca o 9 %.

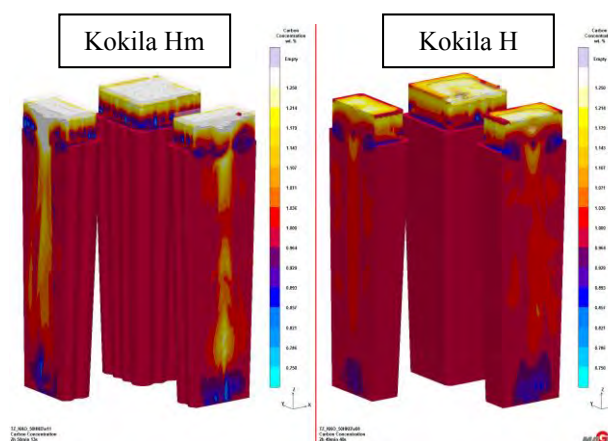
Z provedených prací při porovnání obou numerických simulací je patrné, že Kokila Hm vykazuje zmenšení staženiny v hlavě ingotu a zvýšení vnitřní mikroporozity, jak ukazuje obr. 10. Z obr. 11 je patrné, že došlo ke zvýšení vnitřní osové segregace.



Obr. 9 Návrh nového tvaru Kokily Hm a původní Kokily H
Fig. 9 Design of new shape of the Mold Hm and original Mould H



Obr. 10 Porovnání vnitřní mikroporozity a staženiny v hlavě ingotu u Kokily Hm a Kokily H
Fig. 10 Comparison of internal micro-porosity and shrinkage cavity in the ingot sink head in the moulds Hm and H



Obr. 11 Porovnání segregace uhlíku u Kokily Hm a Kokily H
Fig. 11 Comparison of carbon segregation in the moulds Hm and H

4. Komentář výsledků a návrh dalšího postupu

Dosažené výsledky ukázaly, že zvětšení styčné plochy mezi kokilou a taveninou o 9 % u Kokily Hm oproti

Kokile H mělo za následek změnu sledovaných metalurgických parametrů.

Zmenšila se staženina v hlavové části ingotu, v těle ingotu se objevily mikroporezity a rovněž se zvýšila segregace uhlíku.

Jako jedno z možných vysvětlení dosažených výsledků mikroporezity a segregace uhlíku u Kokily Hm je, že při tunutí oceli v této kokile došlo k tak zvýšenému odvodu tepla v horní části ingotu, že to mělo za následek zhoršení dosazování zbylé tekuté fáze do těla ingotu. Dokazuje to zmenšená staženina v hlavové části ingotu.

Další postup řešení:

- V prvním kroku bude nutno porovnat tepelné toky u původní kokily a nově navržené kokily v minimálně 3 příčných řezech ingotu.
- Na základě výše uvedeného bude rozhodnuto o dalších úpravách nově navržené kokily v oblasti konicity kokily nebo zmenšování poměru styčné plochy k objemu ingotu směrem od paty ingotu k jeho hlavové části. V obou případech je nutno zabezpečit požadované dosazování zbylého tekutého kovu do těla tuhnucího ingotu

Závěr

Práce prezentuje výsledky numerického modelování odlévání a tunutí Oceli C s obsahem 1 % C v numerickém software *Magma*[1]. Nejprve bylo provedeno naladění software na skutečný stav a poté bylo přistoupeno k modifikaci kokily a numerické simulaci odlévání a tunutí ocelových ingotů.

Byly porovnány vady v ingotech odlévaných do dvou kokil typu „V“, kde u nové modifikované kokily, označované jako Kokila Hm, byla oproti předchozí kokile, označované jako Kokila H, zvětšená styčná plocha mezi vnitřním povrchem kokily a taveninou cca o 9 %. Další práce s nově navrženou Kokilou Hm budou zaměřeny na zvětšení její konicity a úpravu styčné plochy v horní části ingotu s cílem zlepšení dosazování tekuté fáze do těla ingotu.

Tato práce vznikla při řešení projektu č. LO1203 "Regionální materiálově technologické výzkumné centrum - program udržitelnosti" financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- [1] *Magma* [software on the computer]. Ver. v5.2.0.2 for Windows. MAGMA GmbH <http://www.magma-soft.com>

Inovace tepelného zpracování ve Slévárnách Třinec, a.s.

Innovation of Heat Treatment in the Foundry Slévárny Třinec, a.s.

Ing. Ervín Marko¹, Ing. René Malysz¹

¹Slévárny Třinec, a.s., Průmyslová 1001, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika

Príspevek je venovaný problematice optimalizace tepelného zpracování odlitků z nízkolegovaných ocelí ve Slévárnách Třinec, a.s. Pro zjednodušení lze sortiment slévárny oceli rozdělit dle jakosti materiálu na oceli uhlíkaté, nízkolegované (Mn, MnSi, MnCr, MnV, CrMo, CrNiMo) a vysocelegované (Mn – Hadfieldové austenitické otěruvzdorné oceli, Cr, CrNi, CrMo, CrNiMo – otěruvzdorné a žáruvzdorné oceli). Většina odlitků z nízkolegovaných ocelí je dodávána v zušlechťeném stavu. Vzhledem k vysoké konkurenci ve výrobě odlitků na evropském trhu bylo nutno optimalizovat způsob tepelného zpracování pro dosažení optimálních užitečných vlastností využitím ekologicky šetrných a ekonomicky výhodných technologií.

Klíčová slova: tepelné zpracování ocelových odlitků, kalení do polymerové lázně, mechanické hodnoty.

The authors describe in their article solution of the heat treatment of low alloyed steel castings in the foundry Slévárny Třinec, a.s.. Most of the castings are supplied in heat-treated condition, i.e. after quenching and tempering. Production of steel foundry includes, but is not limited to, carbon steel, low alloyed steels (Mn, MnSi, MnCr, MnV, CrMo, CrNiMo) and high alloyed steels (Mn - Hadfields austenitic wear resistant steels, Cr, CrNi, CrMo, CrNiMo heat-resistant, wear resistant and stainless steels). Final properties of castings are affected by wide range of production influences (pouring temperature, metallurgical properties of the melt, cooling rate, shape of the casting and so on). The heat treatment has to ensure the required mechanical properties in each part of castings, according to the technical specifications. It is not so easy to ensure all requirements, mostly for single-part production. The steps leading to ensure the optimal arrangement and technological process for serial production of specific castings and rolled sections are described below.

Key words: heat treatment of steel castings, quenching in polymeric hardening medium, mechanical properties.

Do roku 2013 bylo tepelné zpracování odlitků zabezpečováno na třech vozových žíhacích pecích vytápěných směsným plynem (vysokopeční, koksárenský, konvertorový a zemní plyn) s možností volného ochlazování na vzduchu, řízeného ochlazování v peci nebo kalení do vodní lázně. Zušlechťování tvarově komplikovaných odlitků z některých středně legovaných ocelí kalením do vodní lázně a popouštění nevedlo vždy k dosažení požadovaných vlastností odlitků. Hlavně z důvodu vzniku prasklin při kalení do vodní lázně bylo nutno u většiny zušlechťovaných odlitků přejít na zabezpečení externího tepelného zpracování kalením do olejové nebo polymerové lázně. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem bylo přistoupeno k řešení dané problematiky formou diplomové práce a následně výzkumným úkolem.

Výroba odlitků probíhá následujícím technologickým postupem:

- výroba forem do směsí na bázi křemenného nebo nekřemenného ostříva (chromit, magnezit, olivín, dunit), jílového, anorganického nebo organického pojiva
- výroba oceli na elektrických obloukových pecích (EOP) s důrazem na kvalitní odplynění a dezoxidaci kovu (nebezpečí zpětného naplynění v průběhu odpichu

a odlévání do forem)

- odlévání a tuhnutí odlitků se všemi vlivy, které podmiňují konečnou kvalitu odlitků (naplynění, segregace a vznik mikro (makro) staženin v tepelných osách, napětíové stavy vlivem typu materiálu kovu nebo formy, teploty odlévání a rychlosti chladnutí, vznik nekovových vměstků v důsledku reoxidace kovu nebo uvolnění žáruvzdorného materiálu z pánve nebo formy proudícím kovem).

- po zchlazení se odlitky očistí od formovací směsi tryskáním, odstraní se vtoková soustava a nálitky (obr. 1).
- vtoková soustava a nálitky se odstraní odpálením kyslíko-etylénovým hořákem
- základní tepelné zpracování (normalizační žíhání) pro uhlíkaté a nízkolegované oceli
- tryskání ocelovými broky
- opravy vad zavařováním elektrickým obloukem
- popouštění (žíhání na snížení pnutí a odstranění zakalených ploch po opravách)
- tryskání
- hrubé broušení povrchu (technologických zbytků, svarů, zateklin, připečenin a dalších vad)
- jemné dobrušování.



Obr. 1 Odlitky článků se vtokem a nálitky
Fig. 1 Castings of links with runners and risers

Návrh technologie tepelného zpracování odlitků

Pro sériově vyráběné odlitky a válcované profily článků z materiálu GS-42CrMo4 byl zvolen následující postup:

- výběr kalicího média
- návrh technologie tepelného zpracování zkušebních vzorků
- návrh žíhací pece a kalicí nádrže
- návrh a ověření tepelného zpracování konkrétních odlitků.

Na provozu slévárny oceli byla možnost kalit odlitky do vody. U tohoto kalicího média hrozí nebezpečí vzniku trhlin a prasklin vlivem vysokého pnutí při kalení do vodní lázně, což se potvrdilo provozními zkouškami u odlitků z materiálu GS-42CrMo4. Pro zušlechťování tvarově složitějších součástí a odlitků z výše uvedené oceli se jako kalicí médium používá olej nebo polymer. Po zvážení technologických, ekonomických a ekologických aspektů bylo vybráno jako nejvhodnější kalicí médium polymer s mírným kalícím účinkem, který leží mezi olejem a vodou. Ochlazovací účinek je možné ovlivňovat koncentrací polymeru s výhodou, že již při nižších použitých koncentracích polymeru se dosahuje požadovaná rovnoměrnost a zjemnění kalicího účinku. Je nehořlavý a rozpustný ve vodě.

Vlastnosti použitého polymeru:

Hustota při 15 °C	cca 1,1 g/ml
Viskozita při 50 °C	cca 18 mm ² /s
Doporučená provozní teplota	20 – 40 °C
Doporučená koncentrace	6 – 20 %
Navrhovaná koncentrace.....	7 – 9 %

Roztoky polymerů se v lázni připravují zředěním koncentrátu na požadovanou koncentraci demineralizovanou nebo pitnou vodou. Při přípravě roztoku se koncentrát při zapnutém víření lázně přidává pomalu do vody (ne obráceně). Po přibližně

půlhodinovém promíchání je možné započít s kalením. Je zapotřebí dbát na to, aby kalicí lázeň byla připravována z čisté vody a nedocházelo k znečištění lázně oleji, tuky, solemi či jinými cizorodými látkami. Kalicí účinek se kontroluje a udržuje na konstantní hodnotě nepřímým měřením koncentrace. Čerstvý roztok se měří bez problému odečtením hodnoty lomu na ručním refraktometru. U roztoků, které jsou delší dobu v provozu, se doporučuje dodatečné měření viskozity, např. pomocí výtokového kelímku (provozní kontrola) nebo Ubbelohdeho kapilárou (laboratorní metoda). Teplota lázně polymeru by měla být udržována v rozmezí cca 20 – 40 °C.

Pro ověření technologie tepelného zpracování byl navržen postup odlití 12 + 12 kusů zkušebních vzorků (kýlových bloků) o tloušťce 50 mm (směrodatná tloušťka vyráběných odlitků). Tyto bloky byly tepelně zpracovány v podmínkách mechanických zkušeben TŽ, a.s. následujícím postupem: normalizační žíhání při teplotě 880 °C, popouštění na 630 °C, kalení do oleje z teploty 880 °C, popouštění na 620 a 650 °C. Z každého tepelně zpracovaného bloku byla zhotovena zkušební tělesa pro zkoušku tahem, rázem v ohybu a tvrdost. Dále po provedených mechanických zkouškách byly provedeny rozborů mikrostruktury, zhodnocení lomových ploch rastrovacím mikroskopem, zhodnocení vlivu tepelného zpracování, chemického složení a mikročistoty na výsledné mechanické hodnoty.

Pro rozsáhlost práce lze shrnout výsledky do následujícího zjištění: Pro danou technologii výroby kovu a způsob tepelného zpracování byly hodnoty nárazové práce vyšší při obsahu Al a N na spodní hranici. Obsahy dalších prvků v hodnotách, které jsou určeny normou a předpisem pro výrobu materiálu GS-42CrMo4 na EOP, neměly významný vliv na sledované mechanické hodnoty. Změnou popouštěcí teploty z 620 na 650 °C došlo k výraznému zlepšení plastických vlastností (tažnost, nárazová práce) při snížení pevnostních charakteristik (mez kluzu, pevnost v tahu a tvrdost), viz tab. 1 a 2.

Pro sortiment odlitků slévárny oceli byly navrženy následující technické parametry žíhací pece:

Šířka pecního vozu.....	2 400 mm
Délka pecního vozu.....	7 635 mm
Výška dveří.....	2 380 mm
Maximální teplota v peci.....	1 100 °C
Palivo.....	zemní plyn

Spalovací vzduch ventilátorový, teplota max. 400 °C
Topný systém zabezpečen 17 hořáky.
Vyzdívka vozu je žárobetonová, pece s tepelnou izolací keramickou – vláknitou.

Tab. 1 Hodnoty mechanických vlastností po popouštěcí teplotě 620 °C
Tab. 1 Values of mechanical properties after tempering temperature 620 °C

Zkušební bloky popouštěny na 620°C

Zkouška č.	Tavba	EOP č.	Rp0,2	Rm	A	Z	KV	Tvrdost
			[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[J]	[HBW]
136	94015	3	865	972	15,0	40,7	75,5	312
137	94017	3	895	991	15,0	45,5	74,2	306
138	94021	3	792	922	16,8	46,7	75,9	293
139	94025	5	830	943	17,0	49,6	77,4	292
140	94030	3	797	925	14,8	45,2	70,6	296
141	94032	3	816	935	14,2	42,2	74,1	297
142	94038	5	773	915	16,8	52,4	76,2	298
143	94039	3	785	913	16,0	44,3	71,3	293
144	94047	3	782	910	16,4	51,0	71,9	280
145	94048	5	866	966	14,4	48,2	66,1	306
147	94083	5	762	903	16,0	48,2	71,4	292
148	94086	5	769	902	14,8	42,2	71,3	298
průměrné hodnoty			811	933	16	46	73	297

Tab. 2 Hodnoty mechanických vlastností po popouštěcí teplotě 650 °C
Tab. 2 Values of mechanical properties after tempering temperature 650 °C

Zkušební bloky popouštěny na 650°C

Zkouška č.	Tavba	EOP č.	Rp0,2	Rm	A	Z	KV	Tvrdost
			[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[J]	[HBW]
136	94015	3	748	870	19,0	49,60	88,7	269
137	94017	3	750	885	18,6	50,30	91,0	271
138	94021	3	730	861	18,0	45,20	75,5	266
139	94025	5	785	887	18,4	48,20	78,1	273
140	94030	3	770	884	18,0	47,30	75,8	275
141	94032	3	753	873	20,0	51,00	81,3	272
142	94038	5	756	879	19,4	49,60	89,3	273
143	94039	3	709	849	18,2	48,20	77,8	267
144	94047	3	728	855	18,8	49,60	81,9	265
145	94048	5	787	892	17,2	41,50	76,8	278
147	94083	5	724	855	18,0	46,00	71,5	272
148	94086	5	752	870	18,6	48,90	79,6	274
průměrné hodnoty			749	872	19	48	81	271

Klíčové řešení spočívalo v návrhu optimálních parametrů kalicí polymerové nádoby. Pro maximální využití žihací pece byly parametry zařízení přizpůsobeny požadavkům na kalení maximálního množství odlitků, tj. cca 8 t odlitků najednou. Proto byla zvolena kalicí nádrž o objemu 104 m³ a s rozměry šířka 3,5 x délka 8 x výška 4m s kalicím médiem voda + polymer. Kvalitní prokalení všech odlitků po celém objemu vsázky zabezpečují vířidla lázně o celkovém výkonu 37 kW.

Ověření navrženého způsobu tepelného zpracování spočívalo ve výrobě kalících přípravků, které zabezpečují přesné uložení odlitků ve více vrstvách s rovnoměrnými mezerami mezi každým odlitkem při

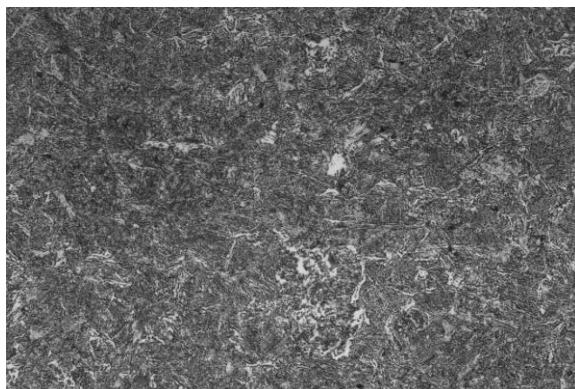
ohřevu v peci i při ochlazování v polymerové lázni. Navržené a ověřené způsoby uložení kalených kusů jsou znázorněny na obr. 2 a 3.

Po ověření mechanických hodnot, které je nutno dodržet jak pro přilité zkušební bloky, tak i pro zkušební vzorky vyřezané z odlitků, byla v první fázi upravena popouštěcí teplota. Důvodem je rozdíl v prokalení samostatného zkušebního kusu, který se prokalí rychleji než odlitky, které se ovlivňují navzájem a jejichž ochlazování je pomalejší. Z tohoto důvodu byla popouštěcí teplota snížena na cca 590 – 610 °C tak, aby byly dosaženy pevnostní charakteristiky při zachování dostatečné úrovně plastických vlastností.



Obr. 2 a 3 Uložení kalených kusů
Figs. 2 and 3 Storage of hardened pieces

Rozborem tvrdosti od povrchu směrem dovnitř zkušebních bloků i odlitků byl dále zjištěn rozptyl tvrdosti po průřezu s odchylkami v rozmezí ± 15 HB. Příčina rozptylu tvrdosti je v chemické heterogenitě litého materiálu. Hlavní strukturní složkou u zkoumaných odlitků byl popuštěný bainit (obr. 4). U odlitků byla zjištěna povrchová vrstva ovlivněná oduhličněním až do hloubky cca 2 mm, a proto je nutno zjišťovat povrchovou tvrdost při vybroušení a vyleštění plochy v hloubce cca 2,5 mm pod vrchní plochou.



obr. 4 Bainitická struktura při zvětšení 500x
Fig. 4 Bainitic structure, magnification 500x

Požadované mechanické hodnoty byly ověřovány pro široký sortiment sériově i kusově vyráběných odlitků, tvářených výrobků z různých jakostí (GS-42CrMo4,

GS-25CrMo4, GS-30Mn5). Příklad požadovaných a dosažených mechanických hodnot je znázorněn v tab. 3 a 4.

Tab. 3 Požadované mechanické hodnoty pro odlitky z materiálu GS-42CrMo4

Tab. 3 Required mechanical properties, for castings made from material GS-42CrMo4

Požadované mechanické hodnoty				
R_m [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	A_5 min. [%]	A_v min. [J]	Tvrdost [HB]
820-932	615	12	50	242-276

Tab. 4 Zhodnocení dosažených výsledků mechanických hodnot ze zkušebních bloků tloušťky 55 mm

Tab. 4 Evaluation of mechanical properties for sample pieces with thickness of 55 mm

Mechanické hodnoty				
R_m [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	A_5 [%]	A_v min. [J]	Tvrdost [HB]
878	740	17,6	89,70 92,20 98,00	268
882	755	17,0	91,80 89,60 85,90	276
898	780	17,2	72,40 76,20 77,60	275
877	744	18,0	84,60 99,20 90,10	275

Závěr

Optimalizací technologie tepelného zpracování kalením do polymerové lázně zvolením teplotních režimů, způsobu uložení při ohřevu a ochlazování byly dosaženy všechny požadované parametry mechanických vlastností zkušebních kusů. Vzhledem k několikanásobnému podrobení odlitků tepelnému zpracování (normalizační žhání, kalení, popouštění) dochází k oduhličování povrchových vrstev a tím i ovlivňování povrchové tvrdosti do hloubky cca 2 mm. Rozborem tvrdosti po průřezu lze zjistit rozptyl hodnot v rozmezí ± 15 HB, způsobený chemickou heterogenitou litého materiálu. Pro daný sortiment výroby odlitků, které jsou intenzivně dynamicky namáhané, bylo optimálním způsobem tepelného zpracování vyhověno přísným požadavkům na plastické vlastnosti a nárazovou práci dle výzkumného úkolu VÚ č. 15/2010.

Poděkování

Investiční akce pod názvem: Inovace odlitků z materiálu GS-42CrMo4 byla finančně podpořena evropským fondem pro regionální rozvoj. Operační program: Podnikání a inovace. Prioritní osa 4.1.

Literatura

- [1] MALYSZ, R.: Inovace materiálu GS-42CrMo4, VÚ č. 15/2010, Slévárny Třinec, a.s.
- [2] JECH, J. *Tépelné zpracování oceli, metalografická příručka*, 1. vyd. Praha: SNTL, 1969, 342 s.
- [3] MALYSZ, R. *Vliv chemického složení oceli na odlitky GS-42CrMo4 na výsledné mechanické hodnoty*. [Diplomová práce] Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 2012, 107 s.
- [4] PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu*, 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2003, 516 s. ISBN 80-720-4283-1
- [5] SMOLJAN, B., ILJKIĆ, D., NOVAK, H. Prediction of quenched and tempered steel and cast steel properties. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* [online]. 2011, č. 2 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: http://w.journalamme.org/papers_vol49_2/49229.pdf
- [6] CAPP, D.J., MCCORMICK, P.G. MUIR, H. The effect of pressurization and quenching on the yield behaviour in low carbon steel. *Acta Metallurgica* [online]. vol. 21, 1973, issue 1, s. 43-47 [cit. 2014-04-09]. DOI: 10.1016/0001-6160(73)90217-4. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0001616073902174>
- [7] ESHRAGHI-KAKHKL, M., GOLOZAR, M.A., KERMANPUR, A. Application of polymeric quenchant in heat treatment of crack-sensitive steel mechanical parts. *Modeling and experiments. Materials*, vol. 32, 2011, issue 5, s. 2870-2877. DOI: 10.1016/j.matdes.2010.12.023. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026130691000751X>

Čínská výroba oceli blízko vrcholu

Reuters

6.3.2014

Čínská výroba oceli, která vloni dosáhla 779 mil. t, se nyní blíží ke svému vrcholu, se slábnoucím trhem, a vláda se nyní rozhodla pustit se do nadbytku kapacit, odpovědných za zvyšující se dluhy a těžké znečištění. Velcí těžaři, jako Rio Tinto, BHP Billiton a Vale, počítali s pokračujícím růstem v poptávce po oceli od Číny, která nakupuje okolo 2/3 světových zásob železné rudy dodávaných po moři, aby zajistila vstupy pro svůj ocelářský sektor s rozsahem téměř poloviny světové výroby oceli. Ocelářský průmysl nese plnou tíhu ekonomického zpomalování a není již žádný prostor pro další expanzi. Čínská výroba oceli dosáhla vrcholu. Výrobní kapacity jsou nyní víc než dostatečné a nabídka vysoce převyšuje poptávku, která uvádí ocelárny pod tlak ze strany vlády i trhu. Velkým ocelářským firmám vč. Wuhan bylo od globální finanční krize v r. 2008 nařízeno skončit s jejich posedlostí expandovat, a namísto toho se zaměřit na zlepšování konkurenceschopnosti. Lepší vládní regulace, přísnější kontroly znečišťování a méně shovívavý trh by také pomohly zastavit neukázněnou expanzi menších, privátních hráčů. Odhaduje se, že to zabere asi 5 let nebo více.

Dodavatelé železné rudy však stále věří v potenciál pro další růst čínského ocelářského sektoru. Navzdory všem řečem o krizi v tomto sektoru se stále očekává, že výroba surové oceli letos vzroste asi o 3 %, což je oproti loňskému růstu 7,54 % nižší hodnota. Očekává se, že pět největších globálních producentů železné rudy letos zvýší celkovou kapacitu dodávek o 126 mil. t. Vládní experti však odhadují, že 650 mil. t roční výroby oceli by bylo více než dostatečných pro pokrytí domácí poptávky v následujících letech. Výroba klesne na 610 mil. t do r. 2020, tj. na úroveň o 22 % nižší než v r. 2013, a poté bude stabilně klesat. Jiná skupina čínských expertů však zasává názor, že celková výroba oceli Číny by dosáhla vrcholu ve výši asi 850 mil. t. S celkovou výrobou, která se podle očekávání zvýší na 810 mil. t v letošním roce, by to dávalo malý prostor pro další růst. Dosažení vrcholu v čínské výrobě oceli by mohlo být přínosné pro rivaly oceli v ocelářském oboru, jako je japonská Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp., která je poškozována růstem čínských kapacit. Všeobecně je možno říci, že je obtížné stanovit specifické číslo pro vrchol výroby oceli v Číně, protože ani relativně vysoký ekonomický růst nemusí být nadále velkým driverem poptávky po oceli. Jestliže by tempo ekonomického růstu mohlo být náležitě upraveno, růst by bylo možné udržet, ale nebude to růst v ocelárnách nebo v podnicích, které znečišťují životní prostředí.

Dráty z TRIP oceli

Wires from TRIP Steel

M.Sc., Eng. Marek Siemiński¹

¹Metalurgia S.A. Radomsko, ul. Św. Rozalii 10/12, 97-500 Radomsko, Poland

Oceli TRIP jsou řazeny do skupiny moderních vysokopevnostních ocelí (AHSS), které jsou charakteristické svými vysokými mechanickými vlastnostmi (nad 550 MPa) a procentem prodloužení v poměrně širokém rozsahu od 5% do 30%. Faktorem, který určuje výhodné vlastnosti TRIP ocelí, je zbytkový austenit obsažený v jejich struktuře, který se při plastické deformaci transformuje na martenzit. Tento jev je nazýván TRIP (plasticita vyvolaná přeměnou). TRIP oceli se používají v současnosti v automobilovém průmyslu pro plechy na karosérie v zóně řízené deformace při srážce. Článek uvádí i potenciální možnosti použití TRIP oceli při výrobě drátů a výrobků z nich.

Klíčová slova: ocel TRIP, proces tažení, dráty, výrobky z drátu

TRIP steels are classified into the group of Advanced High Strength Steel (AHSS), which are distinguished by high mechanical properties (above 550 MPa) and the percentage elongation is contained in a fairly wide range from 5% to 30%. The factor determining the advantageous properties of the TRIP steel is the retained austenite contained in its structure, which undergoes transformation into martensite during plastic deformation, this phenomenon being termed the TRIP (Transformation Induced Plasticity) effect. These types of material are TRIP steels, which are currently used in the automotive industry for car body sheet in the controlled crash zone construction. Potential use of the TRIP steel for production of wires and wire products has been presented in this material.

Keywords: TRIP steel, drawing process, wires, wire products

Společnost Metalurgia S.A. se sídlem v polském Radomsku je členem skupiny Třinecké železárny – Moravia Steel od 16.9.2009. Je největším producentem nízkouhlíkového pozinkovaného drátu v Polsku. Dalšími významnými produkty výrobního portfolia jsou hřebíky, svařovací drát, tažený drát, žíhaný drát a služby moření a fosfátování. Společnost v rámci inovačních aktivit investuje rozhodující díl svého potenciálu do výzkumu a vývoje nových výrobků s cílem rozšíření výrobního portfolia využitím nových jedinečných technologií.

V roce 2013 společnost Metalurgia S.A. jako člen konsorcia s názvem **WireRodTRIP** obdržela podporu z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) na aktivity spojené s vývojem metod výroby válcovaného a taženého drátu z oceli s efektem TRIP (Transformation Induced Plasticity). Společnost obdržela podporu zejména pro:

- modernizaci a dovybavení technologických operací,
- využití válcovaného drátu s efektem TRIP pro výrobu vytipovaných výrobků, např. šroubů, samořezných vrutů, pružin a spon,
- zavedení přejímacích procedur v podnikové zkušební laboratoři a oddělení kontroly jakosti.

Základem k podání návrhu do NCBiR, a ve svém důsledku k získání podpory, byly výzkumy prováděné pracovníky Technické Univerzity Czestochowa v Polsku, především dr. hab. inž. Sylwii Wiewiórowskou a prof. Zbigniewem Muskalskim, v oboru výroby válcovaného drátu z oceli s efektem TRIP, jeho

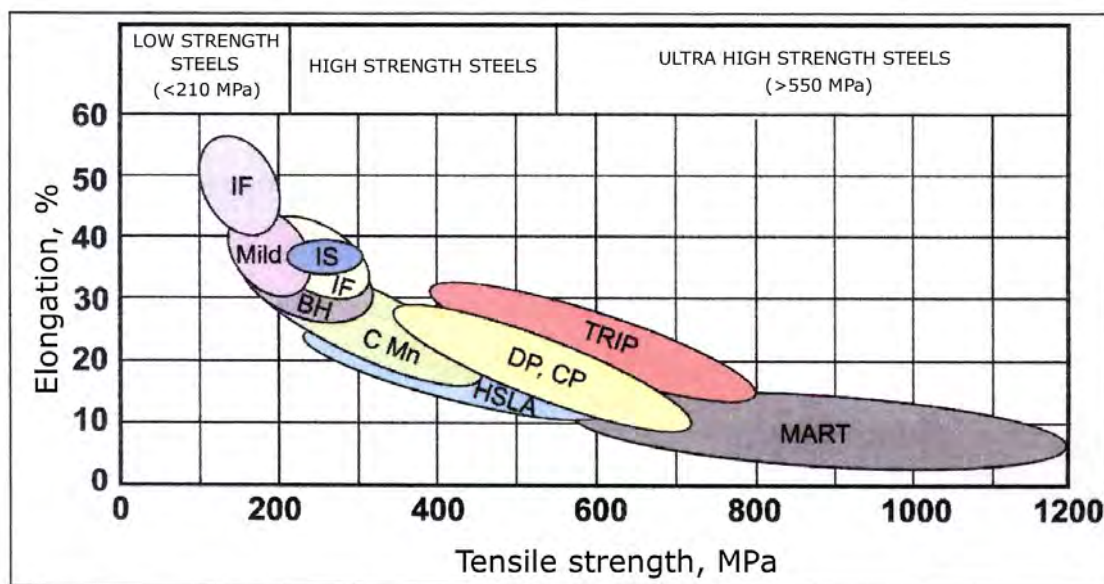
vlastností, technologie dalšího jeho zpracování a využití.

Geneze koncepce využití drátů z oceli TRIP je spojena s pokrokem ve využití moderních jakostí ocelí v automobilovém průmyslu, zejména při výrobě prvků automobilových podvozků a karosérií vyrobených z plochého polotovaru – plechu. Jak známo konstrukce automobilových podvozků a vlastnosti materiálů použitých k jejich výrobě mají klíčový význam pro zajištění bezpečnosti lidí. V případě karosářských plechů vyráběných lisováním způsobuje použití standardních ocelí se zvýšenou pevností obrovské problémy v průběhu lisování. Souvisí to s poklesem plasticity oceli a současně se zvýšením její pevnosti. Zkoušky nahrazení oceli jinými materiály nepřinesly očekávané efekty z důvodu jejich nižší pevnosti a vysokých výrobních nákladů. Výzkum nových materiálů vedl k navržení nových jakostí ocelí spojujících vlastnosti vysoké pevnosti a současně vysoké plasticity.

V současnosti lze oceli používané při výrobě automobilových podvozků rozdělit na tři skupiny:

- nízkopevnostní oceli **LSS** (Low Strenght Steels) do 270 MPa,
- vysokopevnostní oceli **HSS** (High Strenght Steels), 210 - 550 MPa,
- pokročilé vysokopevnostní oceli **AHSS** (Advanced High Strenght Steels) nad 550 MPa.

Vztah plastických a pevnostních vlastností jednotlivých typů ocelí pro automobily ukazuje obr. 1.



Obr. 1 Oceli používané v automobilovém průmyslu (zdroj: S. Keeler, American Iron and Steel Institute) [4]

Fig. 1 Steels used in automotive industry (source: S. Keeler, American Iron and Steel Institute) [4]

První dvě skupiny ocelí (LSS i HSS) jsou zejména oceli zpevňované v tuhém roztoku nebo disperzně, zatímco pokročilé vysokopevnostní oceli jsou zpevňovány

fázovou přeměnou (oceli dvoufázové, vícefázové, martenzitické). Fázové složení automobilových ocelí ukazuje přehled v tab. 1.

Tab. 1 Druhy ocelí používaných v automobilovém průmyslu
Tab. 1 Types of steels used in automotive industry

Označení	Název	Vyskytující se fáze
DP	Dual Phase Steels	ferit + martenzit
CP	Complex Phase Steels	ferit + bainit + martenzit + + austenit)
TRIP	Transformation Induce Plasticity Steels	ferit martenzit, bainit, zbytkový austenit
MART	Martensitic Steels	nízkouhlíkový martenzit, nízkolegovaný

Z výše uvedených ocelí se oceli TRIP vyznačují nejlepším poměrem plastičnosti k pevnosti, z čehož vyplývá jejich rostoucí využití v automobilovém průmyslu. Vysokou plastičnost při plošném lisování prokazuje ukázka hlubokotažných výlisků na obr. 2.

Oceli TRIP jsou oceli s nízkým a středním obsahem uhlíku obsahující ve své struktuře měkkou feritickou matici, zajišťující plasticitu a fázemi tvrdých částic, tj. martenzitem, příp. bainitem, které zajišťují příslušnou vysokou pevnost v tahu. Nejdůležitější složkou struktury oceli tohoto typu je nepřeměněný zbytkový austenit.



Obr. 2 Výlisky vyrobené ze dvou druhů ocelí se stejnou pevností v tahu ($R_m = 590$ MPa): Vlevo – konvenční ocel, vpravo – ocel TRIP[5]

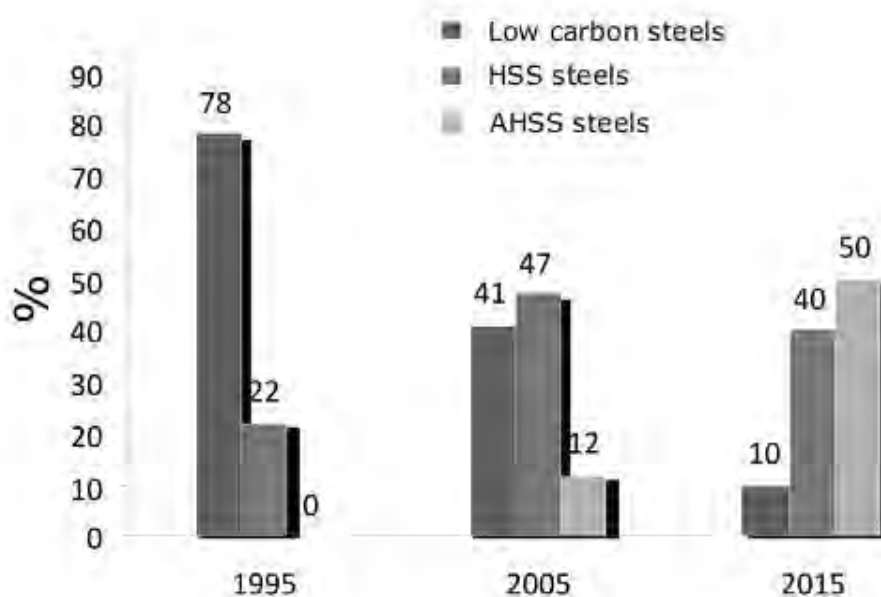
Fig. 2 Pressed pieces made from two types of steel with identical strength ($R_m = 590$ MPa): Left – conventional steel. Right – TRIP steel[5]

Příznivých plastických vlastností se u těchto ocelí docílí díky martenzitické přeměně vyvolané (indukované) plastickou deformací. Zbytkový austenit zvyšuje plasticitu oceli až do okamžiku, kdy pod vlivem plastické deformace dojde k jeho přeměně na martenzit, který ovlivňuje zvýšení mechanických vlastností, zejména pevnostních parametrů. Rychlost přeměny zbytkového austenitu na martenzit záleží do značné míry na velikosti a rychlosti deformace. Takové vlastnosti mají zásadní význam během tváření výrobků, protože v počáteční fázi tváření si výrobky udržují

vysokou plasticitu a zvýšení pevnosti nastane až po dokončení výrobku.

Karoseriové a podvozkové díly automobilů z oceli TRIP se během srážky deformují, a zvyšují tak svou pevnost pohlcením energie srážky, protože se zbytkový austenit, nepřeměněný po procesu tváření, transformuje na martenzit.

Z těchto důvodů lze pozorovat stálý nárůst podílu vysokopevnostních ocelí v konstrukci automobilových podvozků (obr. 3).



Obr. 3 Podíl různých druhů ocelí na konstrukci automobilových podvozků [6]
Fig. 3 Percentage of various types of steel in body of vehicle chassis [6]

Právě tyto unikátní vlastnosti ocelí TRIP přiměly pracovníky Technické Univerzity Częstochowa k přemýšlení, jak jich zužitkovat při výrobě válcovaného drátu, taženého drátu a výrobků z drátů, mj. šroubů.

Prvotní výzkum se týkal zkušební výroby šroubů z oceli s efektem TRIP. Z válcovaného drátu ($\phi 5,5\text{mm}$) typu TRIP, vyrobeného na válcovací trati s řízeným chlazením Stelmor, po provedení kalibračního tažení

byly ve společnosti Gawel Zakład Produkcji Śrub S.A. vyrobeny šrouby M 5x12. Provedené zkoušky výroby z oceli typu TRIP ($C < 0,1\%$), umožnily získat šrouby s úrovní mechanických vlastností srovnatelných s vlastnostmi šroubů dle normy ve třídě 8.8 (pro oceli uhlíkové $0,15\% < C < 0,40\%$), bez provedení dodatečného tepelného zpracování. Výsledky porovnání dosažených pevnostních parametrů u oceli TRIP a feriticko-perlitické uhlíkové oceli jsou uvedeny v tab. 2. parametrů plasticity, zlepšení parametrů vysokopevnostních šroubů, což umožní zmenšení průměru šroubu a snížení hmotnosti konstrukce.

Vlastnosti oceli TRIP lze využít rovněž u jiných výrobků, např. u tažení drátů, který může být vyroben z oceli nízkouhlíkové a odpovídat parametrům středně či vysokouhlíkové oceli, kde je proces tažení náročnější a nákladnější než u nízkouhlíkových ocelí.

Tab. 2 Porovnání pevností šroubů
Tab. 2 Comparison of strength of bolts

Mechanické vlastnosti	Ocel TRIP ($C < 0,1\%$)	Ocel uhlíková se strukturou ferit-perlit ($0,15\% < C < 0,55\%$)
R_m	836	800
$R_{0,2}$	678	640

Za možné příznivé efekty využití oceli TRIP k výrobě šroubů lze považovat např. odstranění tepelného zpracování z výrobního procesu, snížení nákladů na spotřebu nářadí z důvodu příznivějších vstupních

Metalurgia S.A. v rámci přiznané podpory bude zkoumat a analyzovat procesy tažení drátů z válcovaného drátu s efektem TRIP z pohledu jeho využití k výrobě šroubů, vrutů, speciálních drátů, vč. sponkových a pružinových, a speciálních hřebíků.

Dosažení vícefázové struktury oceli není z technologického pohledu snadné a vyžaduje odpovídající zázemí jak vědecko-výzkumné, tak technické.

Složení členů výrobně-výzkumného konsorcia zajišťuje komplexní řešení představených problémů, neboť členy jsou

- přední polský výrobce válcovaného drátu ArcelorMittal Poland S.A., který disponuje odpovídajícím technickým vybavením,
- Technická Univerzita Čęstochowa, která disponuje odpovídajícím přístrojovým zázemím a kvalifikovaným vědeckým personálem; pracovníci Zakładu Ciągarkstwa i Wytobów Metalowych v průběhu posledních několika let v rámci grantů, ale i vlastních výzkumů provedli v širokém rozsahu základní i aplikovaný výzkum zahrnující jak procesy dvoustupňového tepelného zpracování válcovaného drátu, tak i procesy tažení oceli s obsahem od 0,01 do 0,40 % C s efektem TRIP,
- velký výrobní podnik zabývající se tažením drátů a výrobou výrobků z drátů, jakým je nepochybně METALURGIA S.A..

Pro své vlastnosti je ocel TRIP velmi atraktivním materiálem a v nejbližší budoucnosti může být zákazníky stále více požadován. Uvedení této oceli na trh ve formě drátů a výrobků z drátů záleží na výsledcích výrobních zkoušek a na výši výrobních nákladů a na odhodlání aplikovat nekonvenční oceli ve výrobě automobilů.

Závěr

Vzhledem k vlastnostem ocelí TRIP se ukazuje, že stále probíhající výzkum, zaměřený na využití těchto ocelí k výrobě drátů a výrobků z nich, má strategický význam.

Literatura

1. WIEWIÓROWSKA, S.: Analiza teoretyczno-eksperymentalna procesów ciągnienia nowej generacji drutów ze stali TRIP. Częstochowa, 2011
2. ADAMCZYK J, GRAJCAR A.: Własności mechaniczne blach o strukturze dwufazowej ze stali konstrukcyjnej mikrostopowej obrobionej cieplnie i cieplno-mechanicznie, Mat. Konf. Nowe materiały – nowe technologie w przemyśle okrętowym i maszynowym, Międzyzdroje 2003, Inżynieria Materiałowa, 6, 2003, pp. 810-813.
3. FROMMEYER, G., BRUX, U.: Max-Planck-Institute for Iron Research, Düsseldorf 2003.
4. Collective work: Advanced high strength steel (AHSS) application guidelines. *International Iron & Steel Institute*, March 2005, pp. 1-8
5. TAKAHASHI, M., YOSHIDA, H., HIWATASHI, S.: Properties of TRIP type high strength steels. TRIP – Int. Conf. on TRIP Aided High Strength Ferrous Alloys, GRIPS – Proceeding, Ghent, Belgium, Germany, 2002, pp.103-112
6. TUMULURU, M. D.: Resistance Spot Welding of Coated High-Strength Dual Phase Steels. *Welding Journal*, vol. 85(8), 2006, pp. 31-37
7. WIEWIÓROWSKA, S., MUSKALSKI, Z., SKÓRA, M.: Analiza możliwości zastosowania stali typu TRIP na elementy złączne. *Hutnik-Wiomości Hutnicze*, 2013, No. 1, pp. 125-129, ISSN 1230-3534



Vývoj důlních řetězů

Development of the Mining Chains

Ing. Vojtěch Dudek¹

¹Řetězárna a.s., Polská 48, 790 81 Česká Ves, Česká republika

Tak jako ve všech odvětvích, i v oblasti důlního průmyslu dochází v posledních letech k zaměření na zvýšení produktivity a hlavně bezpečnosti práce při současném snížení nákladů. Tato skutečnost pak pro řetězárny znamená zaměření na dodržování a zvyšování kvality dodávaných důlních řetězů ve všech pevnostních třídách. Také v Řetězárně a.s. jsou důlní řetězy nedílnou součástí výrobního portfolia a lze říci, že na základě dlouholeté tradice a inovačního potenciálu je Řetězárna a.s. schopna pružně reagovat na tyto poptávky zákazníků. Tento článek stručně popisuje hlavní typy článkových svařovaných důlních řetězů vyráběných v Řetězárně a.s., oblasti jejich použití a deklaruje základní vlastnosti těchto řetězů. Stejně tak je i krátce představena výroba důlních řetězů v příslušném technologickém toku, a to od výroby oceli pro důlní řetězy, přes postup výroby a způsob tepelného zpracování až k hodnocení finálního výrobku.

Klíčová slova: důlní řetěz, norma DIN 22252, tepelné zpracování, zkoušení řetězů

The mining industry was focusing on increasing productivity and especially safety while reducing costs in recent years. This trend for chain producers then means an increase of concentration on compliance and improving the quality of produced mining chains in all quality grades. The chain producing company Řetězárna a.s. has also the mining chains as an integral part of its production portfolio and it is possible to say that Řetězárna a.s. is able to flexibly to these customer demands, based on many years of its tradition and innovation potential.

This article briefly describes the main types of welded mining link chains produced in Řetězárna, a.s., their field of application and it presents the basic properties of these chains. The mining chains are produced in Grades 6, 8, 9 and 10 (D, DH) in Řetězárna a.s. and several steel grades (for example 52BST-Ti, 23MnNiCrMo5-2, 23MnNiMoCr5-4) are used as an input materials for this production, which are supplied by the steel producer Trinecké železárny, a.s. This article also shortly presents the basic manufacturing processes for production of chains in the relevant technological flow, which include electric resistance welding processes, in particular flash-butt welding, and induction heat treatment of welded chains, which is very important process making part of the whole production process. It is possible to increase hardness and wear resistance at the crown of a chain link by special heat treatment. Calibration in a stretching operation is then used to ensure the required chain geometry and to improve the precision fit. Author also describes the evaluation of the final product in this article, which means that mining chains must be tested according to the standard DIN 22252 or to the corporate standards, and samples of chains must comply with the requirements of the tensile, bending, impact, hardness, fatigue and corrosion tests.

Key words: mining chain, standard DIN 22252, heat treatment, chain testing

Řetězy, které jsou používány pro důlní dobývací stroje - hřeblové dopravníky, pluhová zařízení, razicí stroje, tvoří již více než 50 let pevnou součást výrobního programu Řetězárny a.s.

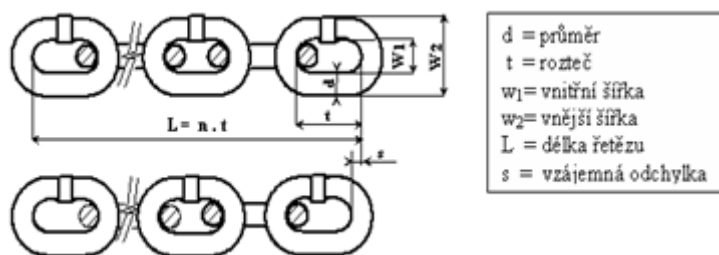
Důlní řetězy jsou charakteristické vzájemně si protichůdnými parametry, nejdůležitější z nich jsou:

- rozměrová přesnost článků a vzájemná délková přesnost – slícování pramenů (mm)
- max. přípustné pracovní zatížení (kN)
- zkušební zatížení (kN)
- min. pevnost při přetržení (kN)
- max. prodloužení při zkušebním zatížení (%)
- min. prodloužení při přetržení (%)

- min. průhyb ve svaru při ohybové zkoušce (mm)
- min. nárazová práce na nesvařeném rameni a v ohbí KV (J)
- min. únavová životnost (počet cyklů)
- tvrdost v rameni článku a v ohbí (HB)
- odolnost proti koroznímu praskání

Řetězy jsou rozděleny do tříd. Třídou se rozumí souhrn vlastností, které charakterizují užitnou hodnotu řetězu. Nejvýznamnější vlastností řetězu je pevnost, proto označení tříd je podle pevnosti. Popisované výrobky jsou důlní řetězy třídy 6, 8, 9 a D, tzn. jmenovité smluvní napětí na mezi pevnosti řetězu je 630 (800, 900 nebo 1000) MPa.

Základní pojmy, rozměry a parametry



Obr. 1 Rozměry řetězu
Fig. 1 Dimensions of chain

Snaha o zproduktivnění těžby výrobce nutí nabízet a vyrábět řetězy o vyšších technických parametrech zejména z hlediska pevnosti, ale i jiných parametrů (rázová práce, únava, prodloužení, tvrdost, odolnost proti koroznímu praskání). Důlní řetězy vyrábíme i ve třídě 9 a 10 (D, DH). Řetězy s odlišnou tvrdostí v rameni a ohbí jsou vyráběny ke zvýšení pevnosti řetězu při zachování vysoké houževnatosti. Řetězy s vyšší homogenní tvrdostí (DH) jsou určeny především do

abrazivních podmínek.

Požadavky zákazníků vedou i k výrobě vysoko-pevnostních řetězů o větších průměrech – u důlních řetězů je výrobce v současné době schopen dodávat řetězy až do průměru 38 mm. Limitující pro výrobu řetězů je nyní zařízení na tepelné zpracování. Výhledově se připravuje výroba řetězů až do průměru 48 mm.

Tab. 1 Rozměry důlních řetězů dle DIN 22252 a dle PN [mm]

Tab. 1 Dimensions of mining chains according to DIN 22252 and PN [mm]

Jmenovitá velikost $d \times t$	Jmenovitý průměr d	Rozteč t	Šířka vnitřní $w1$ min.	Šířka vnější $w2$ max.
14x50	14±0,4	50±0,5	17	48
16x64	16±0,5	64±0,6	20	55
18x64	18±0,5	64±0,6	21	60
19x64,5	19±0,6	64,5±0,6	22	63
22x86	22±0,7	86±0,9	26	73
24x86	24±0,7	86±0,9	28	79
24x87,5	24±0,7	87,5±0,9	28	79
26x92	26±0,8	92±0,9	30	85
30x108	30±0,9	108±1,1	34	97
34x126	34±1,0	126±1,3	38	110
38x137	38±1,1	137±1,4	42	122

Tab. 2 Porovnání parametrů jednotlivých typů řetězů

Tab. 2 Comparison of characteristics of individual types of chains

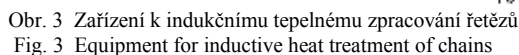
Mechanické vlastnosti	Jednotka	Pevnostní třídy řetězů				
		6 (B)	8 (C)	9	D	DH
Mez pevnosti řetězu *	MPa	630	800	900	1000	1000
Min. napětí při zkušebním zatížení	MPa	500	640	640	750	600
Poměr zkušebního zatížení k nejmenšímu zatížení na mezi pevnosti	%	80	80 od ø26 mm 75	75	75	60
Celkové prodloužení při zkušebním zatížení max.	%	1,4	1,6	1,4	1,6	1,4
Celkové prodloužení při přetržení vzorku min.	%	14	14	17	17	14
Ohybová zkouška vzorku		Při prohnutí článku na hodnotu průměru d nesmí být viditelné žádné trhliny nebo jiné vady				
Min. únavová životnost	počet kmitů do přetržení vzorku	70 000	70 000	90 000	150 000	70 000
Nárazová práce KV min.	J		57	57		

* Předpokládá se rovnoměrné rozložení napětí po průřezu přímého ramene článku, tzn. jde o hodnoty vypočtené ze vztahu: min. zatížení na mezi pevnosti řetězu / 2x plocha stanovená z průměru d Mez pevnosti řetězu $= F / 2 * S$; $S = \pi d^2 / 4$
Ocel musí mít $R_m = 1,41 \times$ mez pevnosti řetězu

Obr. 2 Porovnání tvrdostí jednotlivých typů řetězů
Fig. 2 Comparison of hardness of each type of chains

8 a vyšší je to ocel typu 23MnNiCrMo5-2, 23MnNiMoCr5-4. Ocel pro řetězy vyrábějí Třinecké železárny a.s.

Značka oceli	W.Nr.	C	Mn	Si max	P max	S max	Cr	Cu max	Ni	Mo	Ti	N max	Al
52BST-Ti		0,19 - 0,25	0,95 - 1,35	0,12 - 0,30	0,025	0,025	-	0,20	-	-	0,02 - 0,08	0,012	0,025- 0,05
23MnNiCrMo5-2	1.6541	0,20 - 0,26	1,10 - 1,40	0,25	0,020	0,020	0,40 - 0,60	0,25	0,40 - 0,70	0,20 - 0,30		0,012	0,025- 0,05
23MnNiMoCr5-4	1.6758	0,20 - 0,26	1,10 - 1,40	0,25	0,020	0,020	0,40 - 0,60	0,25	0,90 - 1,10	0,50 - 0,60		0,012	0,025- 0,05



Stěžejní operací k výrobě různých typů řetězů je jejich tepelné zpracování. Provádí se ohřevem ve vertikální indukční průběžné peci a kalením do vody s polymerem. Následně je řetěz ihned popouštěn rovněž indukčním ohřevem. Na zařízení lze docílit jiných popouštěcích teplot v ohbí i rameni článku, tím záměrně dosáhnout rozdílné tvrdosti v ohbí a přímých ramenech článku s výborným dopadem na vlastnosti řetězu. Schéma indukčního zařízení znázorňuje obr. 3.

Po tepelném zpracování jsou všechny řetězy podrobeny zkoušce zkušební silou – řetězy jsou zároveň kalibrovány na přesný rozměr a následně prohlédnuty. Každý článek tvoří uzavřený rám, jehož nejpružnější a plasticky snadno deformovatelnou část tvoří ohbí. Zkoušením řetězu na cca 80% zatížení při přetržení je zabezpečena dostatečná tuhost článku, což na druhé straně ale způsobuje, že přetížení do výše zkušebního zatížení nelze zjistit trvalým prodloužením článku. Z hotového řetězu jsou odebrány vzorky pro statickou zkoušku tahem a zkoušku ohybem.

Při tahové zkoušce musí být dosaženo minimálně předepsané síly při přetržení, dále prodloužení při přetržení nesmí být menší než 14 % (dle DIN nebo dle PN). Zkouška ohybem slouží k prověření kvality svaru. Svar je proveden odporovým svařováním na tupo stlačením nebo odtavením, a to tak, že svarové místo se nachází ve středu jednoho ramene článku. Svar musí mít po celém obvodu hladký povrch a při ořezávání nesmí dojít k výraznému podřezání článku v místě svaru. Z hlediska nebezpečí dodržení kvality při současné technologii výroby a technologickém vybavení k výrobě řetězu to již není zdaleka tak velký problém jako v minulosti.

Cílem výrobce je nyní zvyšovat houževnatost, odolnost proti koroznímu praskání a únavovou životnost řetězu. Zde je ještě prostor k řešení, který souvisí i s kvalitou vstupního materiálu (jeho chemického složení, struktury a povrchu) a vrubovou houževnatostí při nižších teplotách popouštění.

Řetězy se vyrábějí podle jednotlivých tabulek přesnosti, kde jsou uvedeny vzájemné mezní úchytky pro jednotlivé délky. Výrobce zvládá vyrobit dlouhé

řetězové větve, které změří a vzájemně slicuje. Délku řetězu dodává podle objednávky. Většinou se jedná o délku řetězu 100 m nebo u řetězů s větším průměrem 50 m. Výrobce je povinen označit vyrobený řetěz značkou třídy, symbolem výrobce a datem výroby ve vzdálenosti max. 10 m a vždy na jednom článku v blízkosti obou konců řetězu. S každou výrobní dodávkou řetězu výrobce vystaví certifikát o zkoušce a kontrole zajišťující shodu s příslušnou částí normy.

Životnost řetězu závisí na podmínkách, ve kterých bude řetěz pracovat (např. korozní prostředí, druh dopravovaného materiálu, stav ozubených kol dopravníku, deformace dopravníku, rázy, zacházení s řetězem před nasazením). Daná technologie výroby, vzájemná technická spolupráce s TŽ, a.s., použití kvalitních třineckých ocelí a využití obdobného strojního vybavení, kterým je výrobce vybaven a jehož technická úroveň je plně srovnatelná s konkurenčními výrobci, jsou předpokladem k tomu, že předmětné řetězy budou mít životnost srovnatelnou s životností řetězů ostatních renomovaných výrobců. Úspěšnost v dosažení tohoto cíle dokazuje opakovaný zájem o řetězy dodávané Řetězárnou, a.s. od řady významných uživatelů v zahraničí.

Závěr

Požadavky po co nejvyšších parametrech výrobku vedou k větší citlivosti výrobku na optimální podmínky užití řetězu. Důlní řetězy ale pracují v různých prostředích, proto vznikají různé typy řetězů. Omezení však představují stavy materiálu náchylné ke koroznímu praskání pod napětím. Vývoj řetězu, výrobku s více než tisíciletou tradicí, jde trvale dopředu a jeho parametry spolu s užitnou hodnotou se budou stále zvyšovat.

Literatura

- [1] DIN 22252:2012-07 Rundstahlketten für Stetigförderer und Gewinnungsanlagen im Bergbau
(Řetězy z kruhové oceli pro kontinuální dopravníky a dobývací zařízení v hornictví), 20 s.

Francouzský Ascometal jde do konkurzu

Stahl Aktuell

10.3.2014

Francouzský výrobce speciálních ocelí podal návrh na konkurz. V ohrožení je 1900 pracovních míst. Již v roce 2011 čelila společnost návrhu na konkurz, ale společnost Apollo Global Management, americký finanční investor, tuto společnost převzal. Od té doby se francouzská vláda snaží najít dlouhodobé řešení. Ascometal provozuje tři ocelárny a tři servisní centra ve Francii.

Přímé kalení šroubových pružin, navíjených za tepla

Direct Quenching of Hot-wounded Coil Springs

Ing. Tomáš Grulich¹

¹Hanácké železářny a pérovny, a.s., Dolní 100, 797 11 Prostějov, Česká republika

Se šroubovými pružinami se v běžném životě setkáváme, aniž bychom si to uvědomovali. Od těch nejmenších, například v běžné propisovací tužce, až k těm největším, vážícím 100 kg i více. Společným jmenovatelem těchto pružin jsou požadavky na dlouhodobou funkčnost a spolehlivost. V procesu výroby se však tyto pružiny zásadně liší. Tyto odlišnosti vycházejí především z rozměrů a určení vlastností pružin, jako je pevnost nebo životnost. Článek čerpá z řešení projektu optimalizace procesu zušlechťování ocelových pružin. V rámci optimalizace bylo využito moderních metod numerické simulace ohřevu šroubových pružin. Optimalizovaný proces vykazuje úsporu energie na ohřev pružin; v kombinaci s optimalizací procesního uspořádání linky dojde navíc k úspoře mzdových nákladů.

Klíčová slova: šroubová pružina, kalení, navíjení, popouštění

Helical coil springs have become a common part of our lives. There are many possibilities for designing the springs – from the smallest, used for example in pencils we use daily – to extremely heavy parts, weighing hundreds of kilograms.

High strength, high fatigue performance and wide range of functional parameters are common to all these designs. However, a lot of differences exist in production process. Some of them are dedicated to spring size, mainly selection between cold and hot forming process; some of them are dedicated to functional parameters, including choice of material, heat treatment parameters, surface treatment and many others.

The company Hanácké železářny a pérovny, a. s. is traditional producer of hot formed steel springs that serve typically for transportation of passengers as well as goods. Standard steel grades, which are being used for production, are Si-Cr and Cr-V steels (51CrV4 is the most common steel). Forming of the spring shape (coiling) is realised at forging temperature; heat treatment process consists of quenching into oil bath and tempering. This article describes optimization of heat treatment cycle with quick economic effect changing the quenching process from indirect to almost direct one.

Optimization of production layout is also shown. Two previously separated production lines will be connected into one effective line, significant reduction of labor cost is expected.

Key words: helical spring, quenching, coiling, tempering

Tradice výroby pružin v Hanáckých železárnách a pérovnách, a.s. sahá do 50. let minulého století. Ve výrobním závodě v Prostějově postupně vyrostl monopolní výrobce pružin, úzce se specializující na těžší pružiny, které není možno vyrábět prostým natvarováním za studena. Nosným výrobním programem firmy se stal široký sortiment šroubových a listových pružin, nacházejících uplatnění zejména ve vypružení vozidel a dále v řadě průmyslových aplikací. Jeden z příkladů takových pružin ukazuje obr. 1.

Dlouhodobým podnikatelským cílem, který se Hanáckým železárnám a pérovnám, a. s. daří naplňovat, je prosadit se především v oblasti technicky vyspělých pružin. Požadavky zákazníků z oblasti železniční a nákladní přepravy na technické inovace a vysokou kvalitu na straně jedné a na trvalé snižování cen na straně druhé je pak možné naplňovat pouze neustálým implementováním technických zlepšení v oblasti produktu a procesu. Inovace procesu zušlechťování, popisovaná v tomto článku, je ideálním příkladem

spojení snížení výrobních nákladů při současném zlepšení kvalitativních parametrů.



Obr. 1 Příklad použití šroubové pružiny v sekundárním vypružení železničního vozidla

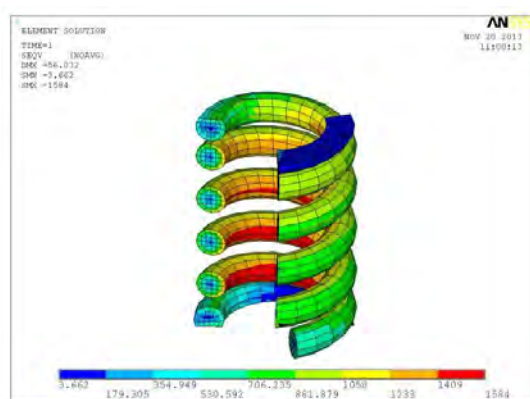
Fig. 1 Typical helical coil spring for railway secondary suspension

1. Šroubové pružiny

Konstrukce a výroba šroubových pružin je do značné míry standardizována. Nejčastěji používaným výpočtovým standardem v oblasti konstrukce a dimenzování železničním průmyslu jsou normy řady ČSN EN 13 906 a dále ČSN EN 13 298.

Z pohledu namáhání jde o díl namáhaný kombinovaným krutem, z něhož vyplývá požadavek na vysokou pevnost, zpravidla vyšší než $R_m = 1400$ MPa a únavovou životnost.

Uvedené standardy dobře postihují běžné stavy lineárního zatěžování ve směru osy pružiny. Stavy odchylující se od těchto předpokladů lze s přijatelnou přesností analyzovat pomocí MKP simulací. Příklad napěťové analýzy pomocí MKP znázorňuje obr. 2.



Obr. 2 Napěťové analýzy tlačné šroubové pružiny
Fig. 2 Helical coil spring stress analysis

V principu spočívá výroba pružin v navinutí přesného tvaru šroubovice v oblasti tvářecích teplot pružinových, následném zušlechťování na požadované mechanické vlastnosti a provedením nezbytných dokončovacích operací.

2. Pružinové oceli

Běžně užívané pružinové oceli pro technologii tvarování za tepla jsou standardizovány. Nejčastěji užívanými jsou Si-Cr a Cr-V oceli k zušlechťování, zastoupené nejčastěji značkami 54SiCr6, 51CrV4 a 52CrMoV4 dle ČSN EN 10 089.

3. Proces zušlechťování

Proces zušlechťování je klíčový pro zajištění požadovaných mechanických vlastností pružinové oceli. Všeobecným požadavkem je dosažení

$R_m \geq 1400$ MPa
 $R_{p0,2} \geq 1150$ MPa
 $A \geq 6\%$.

V praxi se nejčastěji používá kontroly tvrdosti materiálu po tepelném zpracování. Nejčastějším požadavkem je rozsah 45 – 51 HRC. Vzhledem k požadavkům na dosažení vysoké únavové životnosti je rovněž

požadováno dosažení specifické minimální velikosti zrna.

Vzhledem k požadavkům vyrábět na jedné lince pružiny od hmotnosti jednotek do stovek kilogramů a skutečnosti, že lehké pružiny nebylo možno vzhledem k rychlému chladnutí dostatečně rychle dopravit ke kalení, je v současném uspořádání výrobní proces rozdělen. Pružiny po navinutí chladnou na teplotu okolí a na kalicí teplotu jsou znovu ohřívány v rámci zušlechťovací linky. Provozní stav při navíjení za tepla ukazuje obr. 3. Výstup z výpočtu teplotního pole po průřezu pružiny je znázorněn na obr. 4.



Obr. 3 Navíjení za tepla
Fig. 3 Hot coiling

Záměrem optimalizace bylo využití odpadního tepla, vznikající chladnutím a následným ohřevem pružin. Využitím tepla dojde k úspoře cca 60 nákladů na zemní plyn při ohřevu na kalicí teplotu. Spojením linek navíjení a zušlechťování dojde navíc k úspoře operátora, zkrácení průběžné doby výroby a snížení zásob.

4. Optimalizace procesu zušlechťování

Vzhledem k rychlému chladnutí lehkých pružin nebylo možno zajistit teplotu oceli, dostatečnou pro její zakalení. Proto byla do linky zařazena malá dohřívací pec, sloužící k dohřevu a stabilizaci teploty před kalením. Výsledný proces tedy není přímé kalení v pravém slova smyslu, ale spíše navíjení s dohřevem. Vzhledem k dosaženým úsporám jsme však původní název projektu zachovali.

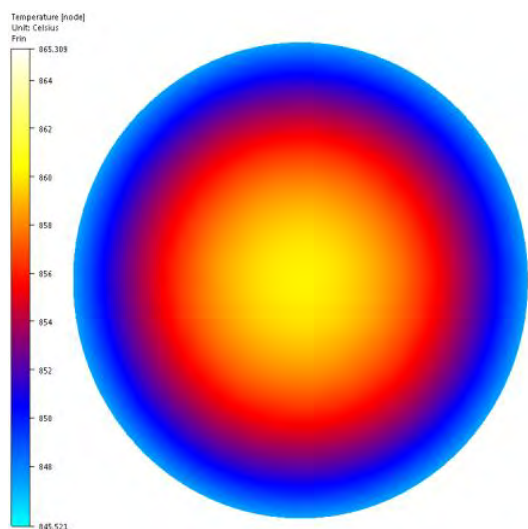
Základním nástrojem pro optimalizaci procesu dohřevu byly numerické simulace provedené v Materiálovém a metalurgickém výzkumu, s.r.o. [1].

Práce se zaměřily na optimalizaci cyklu tepelného zpracování (dobu a teplotu ohřevu).

Cílem bylo nalézt vhodný způsob dohřevu pružin v peci tak, aby v celém vyráběném rozměrovém rozmezí ($d = 15 - 65$ mm) po ochlazení pružin na vzduchu (po dobu 10 s) dosáhla teplota na povrchu i v jádru hodnoty

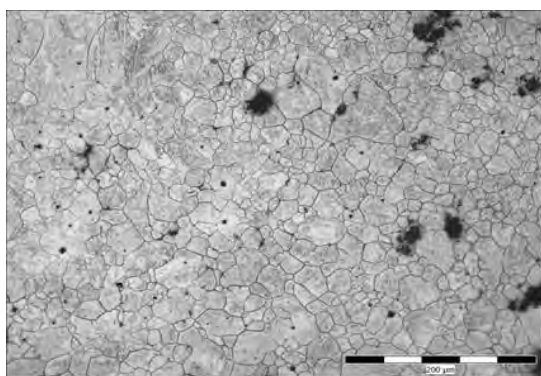
v rozsahu kalících teplot 840 – 890 °C. K numerickým simulacím byl využit program Forge 2011 SP1 francouzské firmy Transvalor.

V rámci simulací byly prověřovány jedno i dvojstupňové režimy dohřevu. Jako optimální se ukázala varianta s jednostupňovým ohřevem v peci o teplotě 920 °C po dobu 160 s. Tento teplotní režim dohřevu vyhověl požadavku na předepsané kalicí teploty v celém objemu pružin pro celý rozsah vyráběných rozměrů.



Obr. 4 Příklad vizualizace rozložení teplotního pole v průřezu pružiny
Fig. 4 Visualisation of temperature field in spring cross-section

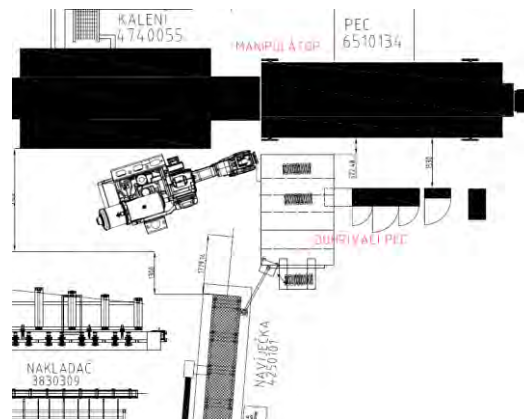
Navržený výsledný cyklus tepelného zpracování byl následně laboratorně simulován a ověřen na malých vzorcích vyrobených z pružinové oceli. Práce se zaměřily na ověření, zda při zvoleném teplotním režimu dohřevu nedojde k nadměrnému oduhličení nebo zhrubnutí zrna. Výsledky ukazují, že oduhličení je při zvoleném teplotním režimu ve všech případech minimální. Velikost zrna se s prodlužující se výdrží zhoršuje, při době prodlevy 30 min. dosáhne kritické hodnoty $G = 7$. Zvolený teplotní režim dohřevu tedy vyhovuje požadavkům na oduhličení i velikost zrna. Obr. 5 ukazuje příklad dosažené struktury pružinové oceli po kalení z dohřívací teploty.



Obr. 5 Struktura vzorků po vyvolání hranic zrn
Fig. 5 Spring steel structure after etching (grain size observation)

5. Procesní uspořádání linky

Dohřívací pec, navržená pro optimalizovaný cyklus tepelného zpracování je velmi kompaktní a umožňuje vsunutí mezi existující linky (obr. 6). Cílem návrhu bylo automatizovat vlastní proces kalení, poskytuje proto definovaný výstup pružin, vhodný pro nasazení robotického manipulátoru. Dojde tak požadované úspoře operátora.



Obr. 6 Předpokládané dispoziční řešení s dohřívací pecí a robotickým manipulátorem

Fig. 6 Production layout with reheating furnace and automatic manipulation

Návratnost linky tedy spočívá především v následujících úsporách :

- úspora zemního plynu při ohřevu na kalicí teplotu,
- úspora mzdových nákladů snížením počtu operátorů

Technické řešení investičního záměru je v současné době (únor 2014) známé, probíhají výběrová řízení na dodavatele zařízení. Rozpočet investičního projektu, který očekáváme vzhledem k dosaženým úsporám při třísměnném provozování linky, je 13 mil. Kč

Závěr

Článek popisuje procesní inovaci v oblasti výroby šroubových pružin navíjených za tepla. Využitím moderních numerických metod simulace ohřevu při optimalizaci cyklu tepelného zpracování bylo navrženo investiční řešení, které nahradí původní nepřímé kalení téměř přímým postupem.

Navrhované řešení zachovává kvalitativní parametry pružin, dochází k výrazné úspoře nákladů na energie a dále k úspoře mzdových nákladů. Tyto úspory a štihlost navrženého řešení přináší předpoklad rychlé ekonomické návratnosti projektu.

Literatura

- [1] UNUCKA, P., KUBOŇ, Z., KANDER, L., ŠMÁTRALOVÁ, M. *Modelování ohřevu a dohřevu a hodnocení vlivu ohřevu a dohřevu na strukturu a mechanické vlastnosti šroubových pružin*. Technická zpráva, Materiálový a metalurgický výzkum, s. r. o., Ostrava, 2013

Ocelové kordy vysokých nosností

High and Ultra-high Tensile Steel Cords

Ing. Stanislav Sosna, Ph.D.¹

¹ ŽDB DRÁTOVNA a.s., Jeremenkova 66, Pudlov, 735 51 Bohumín, Česká republika

V článku je popsána historie a současnost vývoje vysoce pevných a ultra pevných ocelových kordů různých konstrukcí. V ŽDB Drátovna začal vývoj těchto konstrukcí v roce 2006. Jednalo se o kordy do pneumatik pro osobní automobily konstrukcí 2x0,30 HT (high-tensile), příp. UT (ultra-tensile) a 2+2x0,32 HT a postupně byly přidány i ocelové kordy pro nákladní pneumatiky 3x0,20+6x0,35 HT a kompaktní kordy 3x0,22+9x0,20 HT. Vstupní materiál byl použit z TŽ a to kordová jakost C80K. Vývoj byl velmi náročný a před uvedením do výroby musejí ocelové kordy projít i velmi dlouhým a náročným schvalovacím procesem u zákazníků, který trvá až 8 měsíců.

Klíčová slova: kord, ocelový kord, HT, UT, vývoj, kritické parametry

The article describes the history and the present of the development of high-tensile and ultra-tensile steel cords of various constructions. The development has started after changes of construction of steel cords in the world. The existing constructions have also been changed by the advent of new double twist technologies. The number of wires in constructions was decreased and the strength characteristics were increased. New technology enabled variability of design and shape. The development of these constructions in ŽDB has started in the year 2006. The steel cords used in tires for passenger cars of constructions 2x0.30 HT and 2+2x0.32 HT started to be produced. The development was very difficult and the steel cords had to pass through a very long and sophisticated customer's approval process before starting the regular production. Stepwise the steel cords used in truck tires of constructions 3x0.20+6x0.35 HT and compact cords 3x0.22+9x0.20 HT were added. It was necessary to adjust all the technological steps during the development process. Input material was supplied by TŽ – steel cord quality C80K. The results were the following: the wire diameters from 0.20 to 0.40 millimetres with a tensile strength approaching 3650 MPa for high tensile steel cords and for ultra-tensile steel cords even higher. New properties of steel cords were added. These properties are strictly tested by the customer and they are considered as the critical parameters: e.g. fatigue properties, elongation at different loads and high tensile strength of wire. Approval process includes laboratory testing, long-term production testing (5-8 months) and testing of manufactured tires and its handling properties.

Key words: cord, steel cord, HT, UT, development, critical parameters

Hutnictví v Bohumíně zapustilo své kořeny v osmdesátých letech 19. století. Firma procházela mnoha fázemi vývoje a její historie je velmi bohatá. Výsledkem poslední organizační změny v roce 2012 bylo rozštěpení ŽDB GROUP a.s. do tří subjektů. Jedním z nich byla společnost ŽDB DRÁTOVNA a.s., která sdružila veškeré drátovenské provozy a od 1.10.2012 se stala dceřinou společností TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a.s.

ŽDB Drátovna a.s. je složena z následujících provozů:

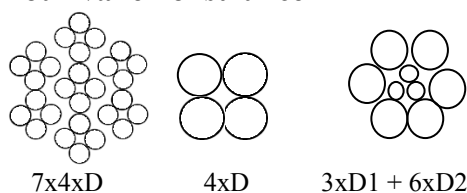
- Tažírna patentovaných drátů
- Tažírna nepatentovaných drátů
- Ocelové kordy
- Lanárna
- Pérovna
- Drátěná výroba Kamenná

Všechny provozy prezentují širokou oblast výrobků a technologií. Poněkud odlišné postavení má provoz Ocelové kordy zejména z důvodu vysoké náročnosti

výroby a dodržení požadavků na kvalitu (automobilový průmysl) jak na ocelové kordy, tak na ostatní výztužné prvky do pryže jako jsou dráty do vysokotlakých hadic, drát do patek pneumatik a kruhová patní lana.

Historie výroby ocelových kordů v ŽDB se datuje až do roku 1986, kdy byl postaven provoz Ocelové kordy a zahájena výroba standardních konstrukcí pro gumárenský průmysl. Provoz byl vybaven na tu dobu progresivní technologií, kterou dodala firma Bekaert. Výrobou ocelových kordů a výztužných prvků do pryže (dráty do hydraulických hadic, kruhová a svazková patní lana) se v té době zabývalo velice málo firem a tak zahájení výroby v Bohumíně bylo velkým počinem. V té době byly využívány pro výrobu válcované dráty z TŽ tzv. kordové jakosti s obsahem uhlíku 0,68 – 0,72 % [1]. V sortimentu byly vícedrátové konstrukce jako 4x0,28, 3x0,15+6x0,27, 4x0,22, 7x4x0,22+0,15, 7x3x0,22.

Používané konstrukce



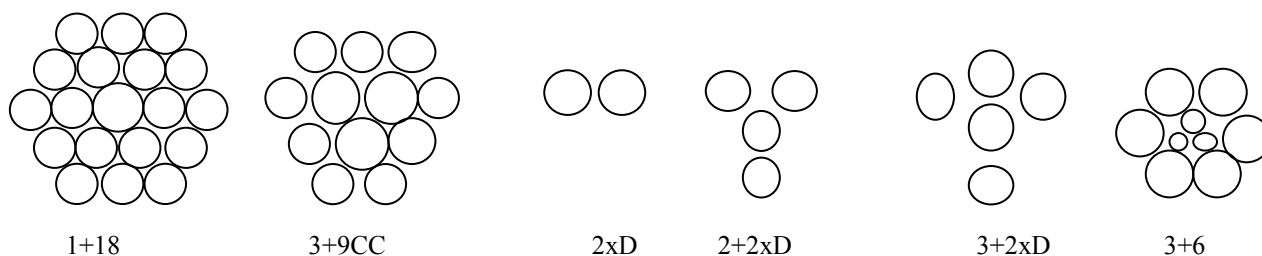
Obr.1 Používané konstrukce ocelových kordů (D, D1, D2 – průměry drátů)

Fig. 1 Used constructions of steel cords (D, D1, D2 – diameters of wires)

Vývoj v oblasti ocelových kordů pokračoval mílovými kroky vpřed. Ubíral se do oblastí vysokých nosností,

tedy vysokých pevností drátů a zároveň snižování počtu drátů nebo pramenců v konstrukci ocelového kordu. To už vyžadovalo určitý podíl výzkumné práce a zkoušení, abychom udrželi krok se světovými výrobci ocelových kordů jako Bekaert, Sodelal, Pirelli a BMZ (Bělaruskij Metalurgičeskij zavod). Vývoj kordů s vysokou nosností začal v roce 2006. Předcházela tomu výměna konstrukcí ocelových kordů ve světovém měřítku právě za vysoce únosné a složené z menšího počtu drátů. A tak byly nahrazeny kordy 4x0,28 nejdříve za 2x0,30NT (normal tensile) a 2+2x0,25NT a později byly překlopeny do formy HT (high tensile) případně UT (ultra tensile).

Nové konstrukce:



Obr. 2 Nové typy konstrukcí

Fig. 2 New types of constructions

V roce 2006 bylo přijato rozhodnutí o obměně zařízení pro výrobu ocelových kordů do osobních pneumatik. Ve světě byla využívána nová progresivní technologie slaňování tzv. dvojzkrutné slaňování. Tato technologie zároveň umožňovala výrobu výše uvedených nových konstrukcí, ale kladla velmi vysoké nároky na vstupní válcovaný drát – vysoké obsahy C a velmi vysoká čistota bez povrchových vad.

Vstupní válcovaný drát by měl splňovat následující kritéria

C	0,80-0,84%
Mn	0,45-0,60%
Si	0,15-0,25%
P	max. 0,01%
S	max. 0,01%
Cu	max. 0,05%
Ni	max. 0,05%
Cr	max. 0,05%
Cu+Ni+Cr	max. 0,12%

Al	max. 0,002%
N	max. 0,006%

Tloušťka vměstků max. 10 mikronů, hlinitanové a titanové vměstky nepřipustné. Bez martenzitu a cementitu po hranicích zrn [2].

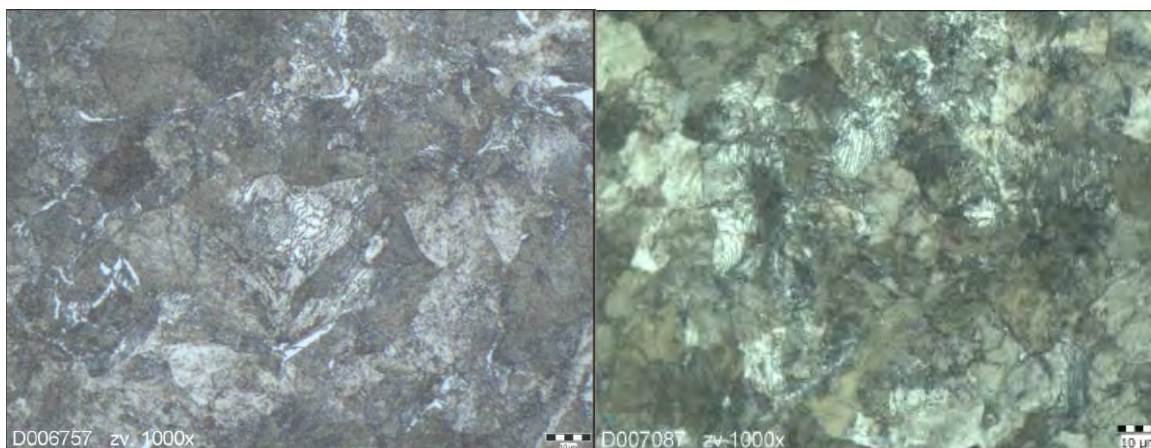
Pro vývoj byl použit drát z TŽ kordové jakosti C80K. Technologie byla stanovena i s využitím tehdy přístupného způsobu tepelného zpracování a pokovení na linkách ISC-44. Tyto linky používaly patentování do Pb-lázně a pomosazení v roztoku kyanidů. Později v roce 2009 byla tato technologie nahrazena moderní linkou PPTDL, která využívá pro patentování fluidní pískové lože. Pokovení je založeno na termomodifuzi – nevylučuje se hotový povlak, ale postupně se nanáší 2 vrstvy Cu a jedna Zn. Následuje průchod peci s fluidním pískovým ložem o teplotě cca 560°C a k difuzi atomů Cu a Zn a vytvoření mosazi.

Schéma technologického toku při výrobě ocelových kordů:

Vstup VD ➡ moření ➡ tažení I ➡ patentomosazení ➡ tažení II ➡ slaňování ➡ expedice

Na výše uvedenou posloupnost byly aplikovány znalosti z oblasti chování materiálů vysokých pevností a každý krok v technologii musel být přizpůsoben cíli – dosažení požadovaných parametrů našich odběratelů.

Porovnání vlastností původních konstrukcí pro osobní pneumatiky (4x0,28) a současných kordů (2x0,30HT a 2+2x0,32HT) uvádí tab.1.



Obr.3 Mikrostruktura válcovaného drátu jakosti: a) C70K b) C80K zvětšení 1000x
Fig. 3 Microstructure of the wire rod observed at: a) C70K b) C80K magn. 1,000x

Tab.1 Srovnání vlastností ocelových kordů
Tab.1 Comparison of the steel cord properties

Vlastnosti	jednotka	4x0,28	2x0,30	2+2x0,32
Délková hmotnost	g/m	1,96	1,04-1,12	2,44-2,70
Vinutí délka	mm	12,5	14	16
směr		S	S	S
Nosnost min. naměřená hod.	N	600	405	875
Nosnost střed	N	615	445	975 (1000)
Průměr kordu	mm	0,66	0,6	0,88
Hmotnost povlaku	g/kg	5	2,5-4,3	2,5-4,3
Obsah mědi	%	63,5	63,5	63,5
Adheze - standartní	N	225	300	480
Pokrytí min.	%		90	90
Rovinnost	cm/6m	7,5	7,5	7,5
Průhyb	mm/30cm		max.30	max.30
Zbytkové kruty -na cívku		1	max.3	max.3
Tažnost při 100N zatížení	%		0,33-0,39	

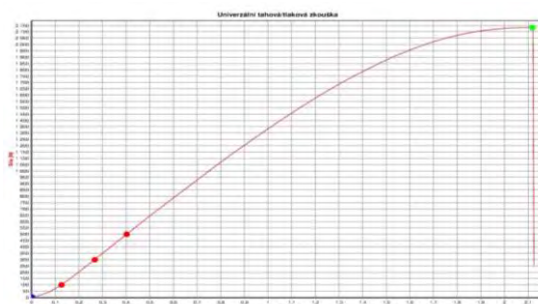
Z tab. 1 jsou patrné zvýšené požadavky na dráty pro kordy [3]. Typickým ukazatelem je přepočtená nosnost na jeden drát, kdy u konstrukce 4x0,28 je hodnota 150N/drát. U konstrukce 2x0,30HT je hodnota 202 N /drát a u konstrukce 2+2x0,32HT je dokonce hodnota 250N/drát (cca 3200MPa po slanění).

U konstrukcí UT (ultra tensile) jsou hodnoty nosností kordu na úrovni 500N, což je 260N/drát (cca 3700 MPa).

Je potřeba podotknout, že výsledné pevnosti drátů jsou po slanění. To znamená, že drát vstupující do procesu slaňování musí mít cca o 8 % vyšší pevnost v hranicích 3650 MPa u HT kordů a 4000 MPa u kordů UT. Je to způsobeno dodatečnou deformací krutem a ohybem během slaňovacího procesu.

Neméně důležitým parametrem je tažnost, která se u kordů objevila vůbec poprvé. U konstrukce 2x0,30HT se jedná o tažnost při zatížení 100N, postupně přibýly mety další jako 300N, 500N (u nákladních konstrukcí) a

při přetržení. Testovací diagram pak vypadá následovně:



Obr.4 Záznam z tahové zkoušky
Fig. 4 Test report of the ductile test

Do kompletních požadavků zákazníka na vlastnosti ocelových kordů patří tzv. kritické parametry, jejichž hodnoty musí být dodrženy v předepsaných mezích. V opačném případě, byť by se jednalo pouze o jednu nesplněnou hodnotu, nelze kord odběrateli odeslat. Kritické parametry vysokopevnostních kordů:

• Únosnost	N
• Jmenovitý průměr	mm
• Délková hmotnost	g/m
• Výška a směr vinutí	mm/SZ
• Statická adheze	N/xmm
• Pokrytí	%
• Tažnost při 100N zatížení	%
• Tažnost při 300N zatížení	%
• Tažnost při 500N zatížení	%
• Tažnost při přetržení	%
• Množství mosazi	g/kg
• Obsah Cu	%
• Zbytkové kruty	ot/6m
• Příměst	cm/6m

Postupně byly vysokopevnostní kordy zapojovány do výroby v ŽDB Drátovna a.s. Podařilo se dosáhnout všech požadavků zákazníka. V konečné fázi musí však vyvinutý kord projít schvalovacím procesem u odběratele, který ukončí celou etapu vývoje a zajistí pravidelné dodávky kordu k zákazníkovi.

Proces schvalování trvá cca 5 – 8 měsíců a každá gumárenská firma má trochu odlišné požadavky. Obecně se dá říct, že prvním krokem je laboratorní testování u zákazníka k ověření parametrů uvedených ve specifikaci výrobků. Poté je přistoupeno ke zkušebním dodávkám, kterých může být i více než deset. Jedna zkušební dodávka činí cca 800 cívek o hmotnosti 38 kg/kus. Všechny dodávky jsou testovány během průchodu celou technologií u odběratele. Zde přicházejí ke slovu i užité vlastnosti, které nejsou uvedeny ve specifikacích. Např. chování kordu během gumování do pásů a následném stříhání pod určitým úhlem. V posledním kroku jsou z dodaného kordu vyrobeny pneumatiky a jejich jízdní vlastnosti jsou zkoušeny na speciálních okruzích. Teprve výsledek této

fáze je směrodatný pro uvolnění výrobku do sítě odběratele.

Celý proces od vývoje po uvolnění do sítě odběratele je velmi náročný. ŽDB Drátovna a.s. však vždy tento proces dokončila a i v případě vysokopevnostních kordů plně dostala požadavků zákazníka.

V současné době je veškerá výroba ocelových kordů překlápána do konstrukcí vysokopevnostních, jak kordů do osobních pneumatik tak i do nákladních pneumatik. Vývoj však neustále pokračuje v kordech ultra pevných, které začínají nabývat na důležitosti. To už však vyžaduje použití válcovaného drátu o obsahu uhlíku 0,90-0,92%, případně legovaného V nebo Nb.

Výroba ocelových kordů ve společnosti ŽDB Drátovna a.s. má nejen dlouhodobou tradici, ale rovněž budoucnost. Tlak zákazníků na neustále zlepšování nutí technology nejen k dohledu nad stabilitou všech fází výrobního procesu, ale rovněž hledat nová řešení ke splnění stále náročnějších požadavků. Konkurenční výhodou pro firmu je zcela určitě úzká vazba na mateřskou společnost – Třinecké železárny, a.s., které jsou rozhodujícím dodavatelem vstupního materiálu. Připravovaná modernizace kontidrátové válcovny v Třinci bude jistě přínosná pro další rozvoj výroby ocelových kordů v Bohumíně.

Literatura

- [1] Katalog válcovaného drátu TŽ a.s.
- [2] ČSN EN ISO 16120-4: Válcovaný drát z nelegované oceli k přepracování na tažený drát - Část 4: Specifikované požadavky pro dráty speciálního použití, leden 2012
- [3] Specifikace ocelových kordů ze zadání zákazníka

Vysoce kvalitní kovy ze strusky

Das Magazin der SMS Group

1/2014

Na 10. BMBF Fóru pro udržitelný rozvoj v Lipsku představila SMS Siemag míchací reaktor (Rührreaktor) jako úspěšný příklad financování projektu FONA. Jedná se o novou technologii SMS Siemag vyvinutou s Ústavem procesní metalurgie, Metall recycling der RWTH Aachen a německého producenta mědi a recykléra Aurubis AG, Hamburk. Jádrem projektu je snížení ztráty kovových strusek a jejich lepší využití. Reaktor pracuje s indukovaným magnetickým míchadlem a na pilotní peci Aurubis obnovuje až 40 % mědi ze strusek. Vyčištěná struska je šetrnější k životnímu prostředí. Projekt byl zahájen v roce 2009 a zkušební provoz v Aurubis začal v roce 2010.

Konstrukční a materiálová optimalizace pracovní vyzdívky nalévacích pánví v podmínkách TŽ, a. s.

Refractory Linings of Pig Iron Transfer Ladles

Ing. Česlav Kantor¹, Ing. Adam Molin¹, Ing. Jan Lasota¹, Roman Powetz¹

¹REFRASIL, s. r. o., Průmyslová 720, 739 65 Třinec-Konská, Česká republika

Referát popisuje způsob řešení snížené životnosti pracovní vyzdívky nalévací pánve po zavedení procesu odsíření surového železa v TŽ, a.s. V příspěvku je uveden přehled konstrukčního řešení zdění nalévacích pánví a použitých materiálů v různých zónách vyzdívky. Zvláštní pozornost byla věnována použití ASC materiálů ve struskové zóně. Navrhovaná optimalizace pracovní vyzdívky nalévacích pánví byla verifikována v podmínkách konvertorové ocelárny TŽ, a.s.. V závěru referátu jsou uvedeny dosažené výsledky životnosti jednotlivých zón vyzdívky nalévacích pánví.

Klíčová slova: odsíření, vysokojakostní ocel, nežádoucí prvky, kyslíkový konvertor, železová licí pánev, žáruvzdorný materiál, nepálené tvarovky, ASC vyzdívka

Paper gives a compilation of the ongoing project running in the Trinec Iron and Steelworks. This project covers both refractory materials and lining concept reviews of iron ladles. Special emphasis is put on changes of conditions after desulphurisation process of pig iron in the ladle was introduced and put into operation. This new situation brought about a setback in the lining performance, and it thus induced the need for further development of the linings in question.

The main objective of the project is to find a solution for improved service lives, reliability and safety of the iron ladles. Last but not least, the specific costs are one of the major issues. In order to achieve this, sandwich linings were tested in different parts of the ladles, aiming at the wear of those different zones being brought as close as possible.

Lining concept review, as well as refractory brick grades, particularly ASC bricks used in the slag zone, are reported.

Key words: desulphurization, high-grade steel, undesirable elements, blast oxygen furnace, iron ladle, refractory material, unburnt shaped lining, ASC lining

Již od roku 1973 transportní nádoby pro surové železo neslouží pouze k transportu surového železa od vysoké pece k peci zkujňovací ale i ke snížení obsahu síry, fosforu a křemíku v surovém železe [1]. Ke snížení obsahu nežádoucích prvků jsou používány: okuje (snížení obsahu Si), CaC_2 nebo CaO v kombinaci s MgO (snížení obsahu S, F). Nové technologie měly významný vliv na efektivnost výroby vysocejakostních ocelí. Známy je fakt, že tyto technologické procesy probíhající v transportních nádobách (nalévací pánev, pojízdný mísič), mají negativní vliv na životnost vyzdívky těchto agregátů a jejich celkový provoz.

V roce 2008 bylo v TŽ, a.s. uvedeno do provozu zařízení pro odsíření surového železa. Cílem této investiční akce bylo rozšíření možností produkce vysocejakostních ocelí na konvertorové ocelárně v TŽ, a.s.. Nové technologické procesy probíhající v nalévací pánvi byly příčinou snížené životnosti vyzdívky. Životnost pracovní vyzdívky nalévací pánve je dána více faktory. Kromě provozních podmínek je životnost agregátu dána materiálovým a konstrukčním řešením vyzdívky. Dalším faktorem, kterým můžeme ovlivnit

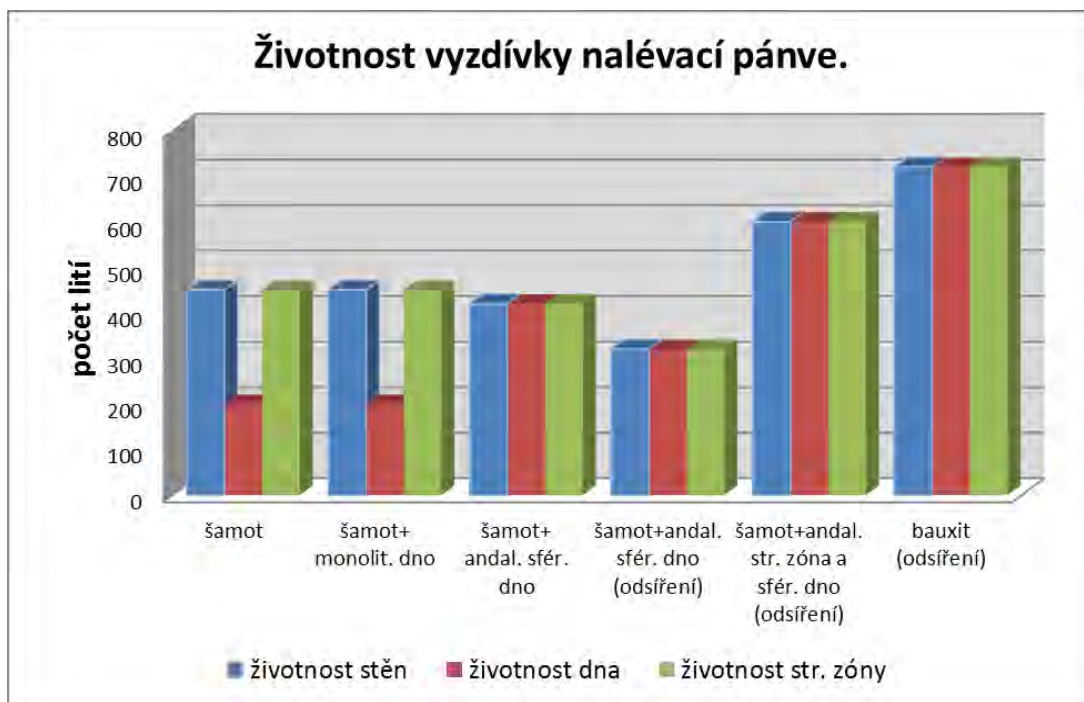
provozování nalévací pánve, je technologie oprav vyzdívky v průběhu provozování tohoto agregátu.

Optimalizace vyzdívky nalévací pánve

Po uvedení zařízení pro odsíření surového železa do provozu nastal problém se sníženou životností vyzdívky nalévací pánve. Řešení tohoto problému se zaměřilo na materiálovou a konstrukční část pracovní vyzdívky dna a stěny pánve.

Konstrukční řešení dna (sférické dno) mělo eliminovat kritickou oblast, t.j. oblast dopadu tekutého kovu při plnění pánve. Během provozních zkoušek byly zkoušeny tvarové materiály na bázi andaluzitu a bauxitu.

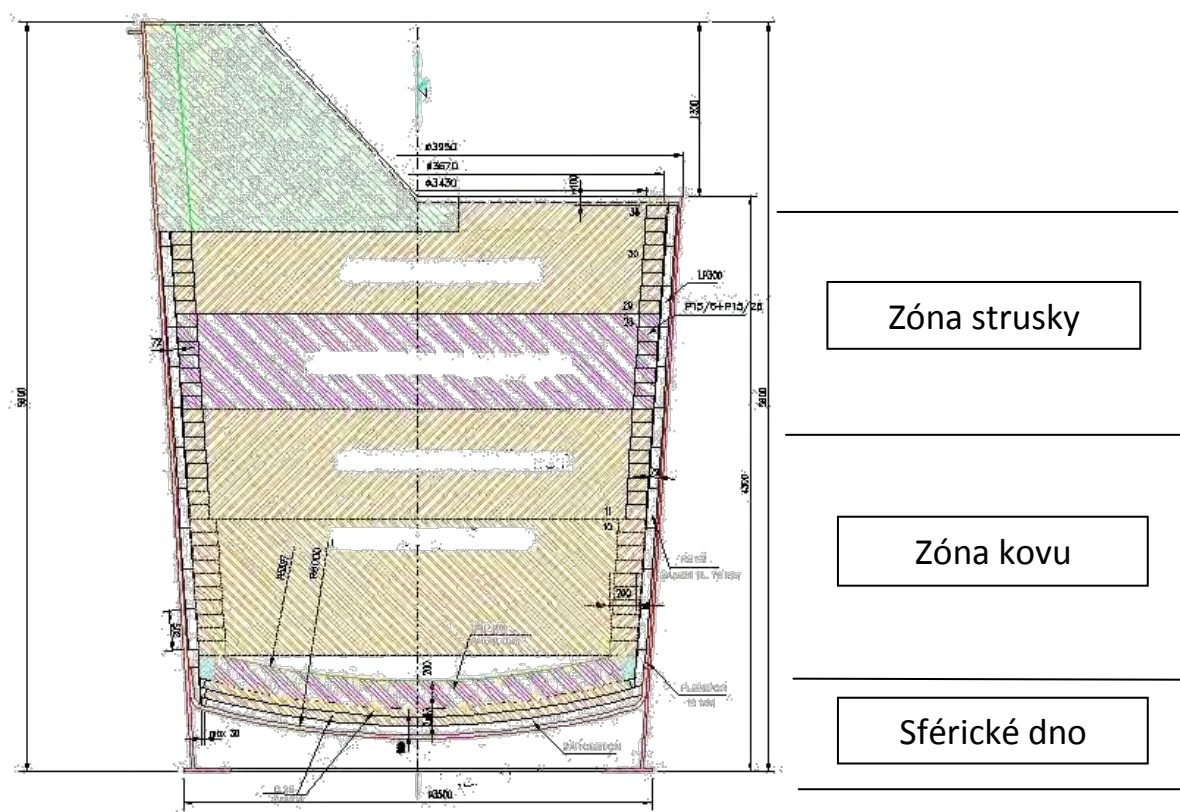
Stěna pánve byla rozdělena na zónu kovu a strusky. Na tyto dvě zóny byly navrženy a následně v provozních podmínkách vyzkoušeny tvarovky na bázi andaluzitu a bauxitu. Dosažené výsledky jsou znázorněny na níže uvedeném obr. 1.



Obr. 1 Životnost dna, stěny (zóna kov a struska)
Fig. 1 Lifetime of bottom and wall (metal and slag zone)

Druhá etapa optimalizace vyzdívky byla zaměřena na řešení stěny pánve a konkrétně kritické oblasti - zóny strusky. Strusková zóna tvoří 40 % celkové plochy stěny pánve. Na základě dostupných výsledků použití různých materiálů na struskovou zónu v evropských ocelárnách a na základě laboratorních testů bylo při

vývoji rozhodnuto použít nepálené tvarovky na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(SiO}_2\text{)-SiC-C}$ (ASC materiály) s pryskyřičnou vazbou. Tento materiál byl následně aplikován na struskovou zónu nalévacích pánví v TŽ, a.s.. Vyzdívka nalévací pánve je znázorněna na obr. 2



Obr. 2 Nalévací pánve
Fig. 2 Transfer Ladles

ASC materiály

ASC materiály ve srovnání s šamotovými nebo vysocehlinitými tvarovkami mají větší odolnost vůči korozi a zároveň lépe snášejí tepelné šoky. Dominantní vlastností ASC tvarovek (působení přítomnosti grafitu a SiC) je významná odolnost proti korozi a odlupování. Grafit se vyznačuje chemickou odolností, vysokou tepelnou vodivostí a zároveň nízkou roztažností. Tyto vlastnosti kladně ovlivňují zmíněnou odolnost vůči korozi a odlupování. SiC plní zároveň roli antioxidanta a brání spalování C uvnitř tvarovek [2].

ASC materiály jsou používány v různých modifikacích, v různých částech vyzdívky. Modifikace mají zvýraznit nebo naopak zredukovat některou vlastnost důležitou pro danou zónu. Například oxidace SiC na povrchu tvarovek je důležitá pro tvorbu ochranné vrstvy.

Tepelná vodivost ASC materiálu je vyšší ($1,7 - 2,1 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$ při 800°C) ve srovnání s pálenými šamotovými nebo vysocehlinitými tvarovkami. Tuto vlastnost je nutné kompenzovat použitím vhodných izolačních materiálů při zdění pánve.

Použití kovového Al jako antioxidantu (ochrana grafitu) významně zvyšuje odolnost proti průniku strusky do vyzdívky. Al reaguje s SiO_2 za přítomnosti C přičemž

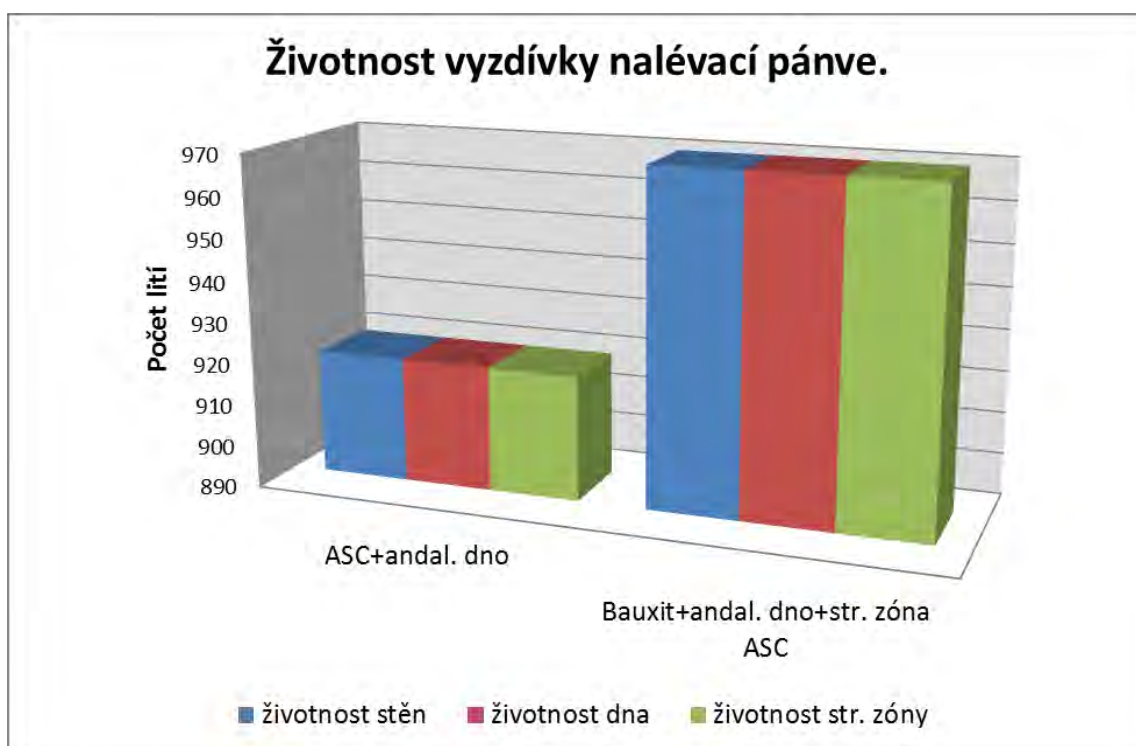
vzniká Al_2O_3 a SiC. Přítomnost C a SiC zabraňuje průniku strusky do vyzdívky [3]. Parametry ASC materiálů (různí výrobci) jsou uvedeny v tab.1.

Tab. 1 Parametry ASC materiálů
Tab. 1 ASC material – characteristic

Materiál	Jednotka	A	B	C
Al_2O_3	[%]	77,0	77,0	73,0
SiO_2		11,0	7,0	6,5
SiC		5,0	10,0	7,0
C		7,0	12,0	9,0
OH	$[\text{g.cm}^{-3}]$	3,00	2,80	2,78
PZ	[%]	9,0	7,0	10,9
PTL	[MPa]	90	50	35

Použití ASC materiálů

Vlastnosti ASC materiálů byly ověřeny na konvertorové ocelárně v TŽ, a.s.. Testování ASC materiálů probíhalo ve dvou etapách. Jako první byla testována následující varianta: andaluzitové sférické dno, stěny vyzděny ASC materiálem. Druhá etapa byla realizována v kombinaci andaluzitové sférické dno – stěna (zóna tekutého kovu) bauxitová – stěna (strusková část) ASC materiál. Dosažené výsledky jsou znázorněny na obr. 3. V obou případech mělo použití ASC materiálu významný vliv na zvýšení životnosti provozovaných pánví (920 a 970 lití).



Obr. 3 Životnost dna a stěny - zóna kov a zóna struska
Fig. 3 Lifetime of bottom and wall – metal and slag zone

Závěr

Po uvedení zařízení pro odsíření surového železa do provozu vznikl problém se sníženou životností pracovní

vyzdívky nalévacích pánví. Snížená životnost byla řešena konstrukční a materiálovou optimalizací vyzdívky. Cílem této akce bylo eliminovat sníženou životnost pracovní vyzdívky provozovaných pánví po

zavedení procesu odsíření na ocelárně v TŽ, a.s.. Dosažené výsledky životnosti vyzdívek jsou 920 a 970 lití. Na základě dosažených výsledků můžeme konstatovat, že nejlepším řešením v podmínkách třínekové ocelárny je kombinace vyzdívek: sférické andaluzitové dno – stěna (zóna tekutého kovu) vyzděna tvarovkami na bázi bauxitu – strusková zóna na bázi ASC materiálu. Přestože dosažené výsledky byly uspokojivé, kritickou zónou vyzdívků zůstává strusková část stěny pánve. Zde je prostor pro další zlepšování, tzn. optimalizaci parametrů ASC materiálu.

Literatura

- [1] Naruse, Y.: Trends of Steelmaking Refractories. *Transactions ISIJ*, 24 (1984) 783-798
- [2] Tomšů, F.; Palčo, Š.: *ASC a AMC žáruvzdorné materiály*. [interní studie pro REFRASIL, s.r.o.] Bratislava, 2011
- [3] Hong, L.; Sahajwalla, V.: High temperature performance of Al_2O_3 -2007. In: *Iron and Steel Technology Conference*, Vol. 1., 2007

Nucor rozhodne o expanzi do konce r. 2015

Steel Guru/Steel Trade Today

5.3.2014

Nucor Corp. se blíží ke svému závazku zaměstnat 150 osob ve svém nově budovaném provozu na DRI v St. James Parish a očekává, že přijme rozhodnutí o realizaci další, 4. etapy do konce r. 2015, která by zvýšila zaměstnanost na 1250 osob. Provoz s investičními náklady 750 mil. USD je umístěn na Mississippi River asi 60 mil severně od New Orleansu. Společnost uvedla provoz do chodu koncem prosince 2013 a najala již 140 dělníků. Jestliže by bylo zrealizováno všech pět etap, celková investice Nucor by dosáhla 3,4 mld. USD a přímá zaměstnanost 1250 osob, s průměrnou roční mzdou více než 75 tis. USD plus benefity. Společnost řekla, že je v r. 2014 vepředu se svým závazkem vůči státu vytvořit 150 pracovních míst pro 1. etapu uvedeného projektu. Během 1. etapy bylo podpořeno více než 500 pracovních míst ve výstavbě Department pro ekonomický rozvoj Louisiany odhaduje, že všech pět etap vyústí do 4800 nových nepřímých pracovních míst, celkem pro více než 6000 nových pracovních míst.

Provoz v Conventu získává dovážený oxid železnatý z Brazílie, Kanady a Norska, dopravuje železnou rudu z terminálu Mississippi River do provozu na DRI. Tam materiál reaguje s přírodním plynem při extrémně vysoké teplotě, kyslík je odstraňován z rudy a zušlechtěné železorudné pelety jsou dopravovány zpět na říční čluny, které je přepravují do oceláren Nucor v celém jihovýchodě USA. Tento projekt je klíčovou součástí strategie společnosti zpracovávat více vlastních surovin pro lepší kontrolu nákladů a pro udržení konkurenční výhody v globálním ocelářském průmyslu.

Pozitivní výhled pro evropskou poptávku po nerezavějící oceli

Steel Business Briefing

7.3.2014

Evropský trh nerezavějící oceli měl dobrý start do r. 2014 a podle nejnovější zprávy o trhu německého ústředí servisního centra Damstahl tento vývoj bude pokračovat v příštích měsících. Ve zprávě se uvádí, že makroekonomické indikátory jsou pozitivní, ukazují na další expanzi evropské ekonomiky, a jako výsledek Damstahl očekává, že evropská poptávka po nerezavějící oceli letos vzroste o 3 – 4 %. Výroba ocelárny se podle zprávy v 1.čtvrtletí podstatně zvýšila (o 10 % proti stejnému období r. 2013) v důsledku zlepšené poptávky konečných spotřebitelů a zejména distributorů. Dodací lhůty materiálu jsou nyní 3 měsíce. Až dosud nebyly přístupy evropských výrobců ke zvýšení základních cen v tomto čtvrtletí tak úspěšné, jak by si byli přáli. Uvádí se, že úroveň zásob budou na historicky nízkých úrovních, zejména u standardních typů válcovaných za studena se zásobami, vytvořenými německými tenkými plechy válcovanými za studena, platnými na méně než 50 dní. Podle Damstahl jsou rozhodně nízké při rostoucím trhu. Na některých trzích konečné spotřeby je výhled pro sektor stavebnictví pozitivní, zejména v Německu (poháněný hlavně výstavbou privátních domů). Růst poptávky po spotřebním zboží pravděpodobně dosáhne 1 – 2 %, zatímco ve výrobě automobilů se očekává 4% růst; poptávka po nerezavějící oceli se zvýší jen o cca 2 % v důsledku vysokých zásob u výrobců výfuků. Výhled pro zpracovatelský průmysl však není povzbudivý.

hutní výroba v ČR a SR

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2014 a 2013									
	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	leden	únor	leden-únor	leden		únor		leden-únor	
	2014	2014	2014	2013	2014/13	2013	2014/13	2013	2014/13
	tis.t	tis.t	tis.t	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	294,80	265,22	560,02	285,76	103,16	259,18	102,33	544,94	102,77
z toho (HŽ) ČR	159,58	143,63	303,21	155,29	102,77	140,08	102,53	295,37	102,65
(HŽ) SR	135,22	121,59	256,81	130,48	103,64	119,10	102,09	249,57	102,90
AGLOMERÁT									
CELKEM	777,21	725,93	1 503,14	695,72	111,71	655,98	110,66	1 351,70	111,20
z toho ČR	461,61	428,23	889,84	427,82	107,90	424,38	100,91	852,20	104,42
SR	315,60	297,70	613,30	267,90	117,81	231,60	128,54	499,50	122,78
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	678,82	614,87	1 293,69	649,16	104,57	625,49	98,30	1 274,66	101,49
z toho ČR	360,41	329,75	690,16	341,02	105,69	319,50	103,21	660,52	104,49
SR	318,41	285,12	603,53	308,14	103,33	306,00	93,18	614,14	98,27
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	850,51	785,56	1 636,07	830,93	102,36	794,24	98,91	1 625,17	100,67
z toho ČR	457,42	433,05	890,47	442,52	103,37	419,00	103,35	861,52	103,36
SR	393,09	352,52	745,60	388,41	101,21	375,25	93,94	763,65	97,64
KONTISLITKY									
CELKEM	814,03	745,92	1 559,95	794,24	102,49	753,92	98,94	1 548,16	100,76
z toho ČR	421,87	394,33	816,20	406,80	103,70	379,65	103,87	786,45	103,78
SR	392,16	351,59	743,74	387,44	101,22	374,28	93,94	761,71	97,64
BLOKOVNY									
CELKEM	49,01	45,02	94,03	49,75	98,50	43,49	103,53	93,24	100,85
z toho ČR	49,01	45,02	94,03	49,75	98,50	43,49	103,53	93,24	100,85
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	784,07	703,30	1 487,37	782,83	100,16	722,64	97,32	1 505,47	98,80
z toho ČR	433,57	386,23	819,80	434,42	99,80	389,66	99,12	824,08	99,48
SR	350,50	317,07	667,57	348,41	100,60	332,98	95,22	681,38	97,97
TRUBKY									
CELKEM	60,92	62,73	123,65	53,07	114,79	62,05	101,10	115,12	107,41
z toho ČR	41,59	43,39	84,98	33,13	125,54	42,28	102,64	75,40	112,70
SR	19,33	19,34	38,67	19,94	96,93	19,77	97,81	39,72	97,37
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	17,97	15,37	33,34	15,56	115,50	14,71	104,44	30,28	110,12
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	2,83	2,60	5,43	2,44	116,07	2,34	111,03	4,78	113,60
POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné									
Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala									

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2014 a 2013									
	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	únor	březen	leden-březen	únor		březen		leden-březen	
	2014	2014	2014	2013	2014/13	2013	2014/13	2013	2014/13
	tis.t			tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	265,22	291,63	851,65	259,18	102,33	284,72	102,43	829,66	102,65
z toho (HŽ) ČR	143,63	157,28	460,49	140,08	102,53	153,47	102,48	448,84	102,59
(HŽ) SR	121,59	134,35	391,16	119,10	102,09	131,24	102,37	380,82	102,72
AGLOMERÁT									
CELKEM	725,93	871,28	2 374,42	655,98	110,66	690,47	126,19	2 042,17	116,27
z toho ČR	428,23	520,38	1 410,22	424,38	100,91	459,97	113,13	1 312,17	107,47
SR	297,70	350,90	964,20	231,60	128,54	230,50	152,23	730,00	132,08
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	614,87	672,31	1 966,01	625,49	98,30	687,48	97,79	1 962,13	100,20
z toho ČR	329,75	366,54	1 056,70	319,50	103,21	353,37	103,73	1 013,88	104,22
SR	285,12	305,77	909,31	306,00	93,18	334,11	91,52	948,25	95,89
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	785,57	858,70	2 494,78	794,24	98,91	886,00	96,92	2 511,16	99,35
z toho ČR	433,05	477,96	1 368,44	419,00	103,35	460,35	103,83	1 321,87	103,52
SR	352,52	380,74	1 126,34	375,25	93,94	425,65	89,45	1 189,30	94,71
KONTISLITKY									
CELKEM	745,92	817,86	2 377,81	753,92	98,94	842,55	97,07	2 390,71	99,46
z toho ČR	394,34	438,06	1 254,26	379,65	103,87	417,88	104,83	1 204,33	104,15
SR	351,59	379,81	1 123,55	374,28	93,94	424,68	89,43	1 186,39	94,70
BLOKOVNY									
CELKEM	45,02	49,00	143,03	43,49	103,53	52,85	92,71	146,09	97,90
z toho ČR	45,02	49,00	143,03	43,49	103,53	52,85	92,71	146,09	97,90
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	700,04	770,32	2 254,44	722,64	96,87	755,02	102,03	2 260,48	99,73
z toho ČR	382,97	425,46	1 242,01	389,66	98,28	408,47	104,16	1 232,55	100,77
SR	317,07	344,87	1 012,43	332,98	95,22	346,55	99,52	1 027,93	98,49
TRUBKY									
CELKEM	62,73	65,25	188,91	62,05	101,10	71,66	91,06	186,78	101,14
z toho ČR	43,39	45,77	130,75	42,28	102,64	49,98	91,57	125,39	104,28
SR	19,34	19,48	58,15	19,77	97,81	21,68	89,87	61,39	94,72
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	15,37	17,44	50,78	14,71	104,44	17,58	99,23	47,85	106,12
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	2,60	2,78	8,21	2,34	111,03	2,51	110,81	7,29	112,64
POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné									
Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala									

zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť

Zahájena výstavba nového fluidního kotle ve společnosti ENERGETIKA TŘINEC, a.s.

Ing. Jan Čepec¹

¹ENERGETIKA TŘINEC, a.s., Průmyslová 1024, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika

Výroba a distribuce energetických médií na Třinecku výrazně souvisí se vznikem a postupným rozvojem hutního průmyslu v tomto regionu. V letošním roce historie tohoto průmyslového odvětví dosahuje již 175 let. Společnost ENERGETIKA TŘINEC, a.s. byla založena 9.11.1993 vyčleněním Divize 7 - Energetika z tehdejších Třineckých železáren, přičemž jediným akcionářem jsou k dnešnímu dni právě TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s..

Hlavní činností společnosti ENERGETIKA TŘINEC, a.s. je výroba a distribuce energetických médií, a to zejména pro potřeby mateřského hutního podniku. Je to především výroba a distribuce elektrické energie, technologické páry, tepla v horké vodě, dmýchaného vzduchu, stlačeného vzduchu, průmyslové, koupelenské a pitné vody, distribuce a úprava topných plynů vznikajících jako sekundární produkt hutní výroby. Společnost rovněž provozuje ústřední sklad topných olejů, rozmrazovnu uhlí, kanalizační řády, čistírny odpadních vod a recirkulaci technologických vod pro válcovny a vysoké pece, včetně jejího čištění a chlazení.

V oblasti teplárenství ENERGETIKA TŘINEC, a.s. provozuje dvě teplárny, které nesou označení Teplárna E2 a Teplárna E3. Zatímco Teplárna E2 je primárně určena ke spalování přebytků hutních plynů, Teplárna E3 je uhelná, s možností spoluspalování vybraných hutních plynů. Strojovny obou tepláren mají část energetickou a hutní. V energetických částech strojoven obou tepláren jsou instalovány turbogenerátory a výměňkové stanice, hutní části strojoven se liší typem vyráběného energetického média. Teplárna E3

zabezpečuje výrobu dmýchaného vzduchu na třech turbodmychadlech pro provoz vysokých pecí, Teplárna E2 zabezpečuje výrobu stlačeného vzduchu na třech turbokompresorech pro potřeby společnosti Linde Gas a pro průmyslový rozvod stlačeného vzduchu v areálu hutě. Celá výroba na teplárnách je řešena formou kombinované výroby elektřiny a tepla.

Teplárna E3 byla postavena v 60. letech minulého století s tím, že kotelná byla osazena třemi granulačními kotli s nepřímým foukáním, každý o parním výkonu 125 t/hod páry (přetlak 9,5 MPa, teplota 540 °C) a se zapojením výstupních parovodů kotlů do společné parní sběrný. V průběhu 90. let byla kotelná E3 výrazně ekologizována. Dva z dožitých granulačních kotlů byly nahrazeny novými moderními kotli se spalováním v cirkulující fluidní vrstvě s parními výkony 160 t/hod. Třetí granulační kotel prošel generální opravou, byly na něm vyměněny části tlakového celku, hořáky zemního, vysokopečního a koksárenského plynu. Mokrý cesta odsunu škváry byla nahrazena dohořivacím a suchým vynášecím pásem. Původní systém čištění spalin byl nahrazen novým elektroodlučovačem.

Jednotlivé agregáty stávající kotelny Teplárny E3 mají označení:

K11 – 160 t/hod, CFB kotel

K12 – 160 t/hod, CFB kotel

K14 – 125 t/hod, původní ekologizovaný granulační kotel

V následující tabulce je uveden přehled provozovaných kotlů Teplárny E3, jejich základních parametrů a paliv.

Tab. 1 Přehled provozovaných kotlů Teplárny E3

Tab. 1 Přeměna provozovaných kotlů Tepelný ES

ZAŘÍZENÍ					PARAMETRY								
OZN.	TYP	VÝROBCE	UVEDENÍ	GO	TEPLOTA °C		TLAK MPa		VÝKON			ÚČIN	PALIVA
					nap. voda	pára	nap. voda	pára	t/h	GJ/h	MWt	%	
K 11	FLUID	SES, LURGI	1994	199 8	155	540	12,5	9,5	160	453	126	90,6	PROPLÁSTEK ČU-ENERG.,HU, VP 40 tis.Nm3/h
K 14	GRAN.	SES	1964		155	540	12,2	9,5	125	342	95	82,0	PROPLÁSTEK VP 40 tis.Nm3/h KP 8 tis.Nm3/h
K 12	FLUID	SES, LURGI	1996		155	540			160	453	126	90,6	PROPLÁSTEK ČU-ENERG.,HU, VP 40 tis.Nm3/h
Celkem									410	1165	324		

Postupné dožívání tlakového celku kotle K14, zvyšující se náklady na jeho údržbu a zejména zpřísněné emisní limity vypouštěných škodlivin do ovzduší po roce 2015 znamenaly jasný požadavek na nutnost zahájení přípravy náhrady tohoto dožitého agregátu. Navíc s ohledem na stanovené emisní limity po roce 2015 by nebylo možno tento kotel i při případné rozsáhlé generální opravě provozovat bez nutnosti vysokých investic do technologie čištění spalin za vlastním kotlem (deNO_x , deSO_x). Na základě detailních technicko-ekonomických rozborů a také velmi dobrých zkušeností z dosavadního provozu dvou fluidních kotlů bylo rozhodnuto granulační kotel K14 nahradit novým kotlem NK14 se spalováním v cirkulující fluidní vrstvě, tj. instalovat třetí CFB kotel se shodným parním

výkonem i parametry páry. Protože tato významná investice výrazně snižuje emise znečišťujících látek do ovzduší, její název zní: „Snižování emisí TZL, NO_x a SO_2 na kotli K14 teplárny E3 společnosti ENERGETIKA TRINEC, a.s.“

NK14 bude situován převážně do prostoru po původním demontovaném granulačním kotli K13 s vyvedením spalin do společného komína teplárny E3. Výstavba kotle bude probíhat bez omezení provozu Teplárny E3 vyjma krátkodobé odstávky za účelem zaústění spalínovodu do společného komína teplárny. Skladba uhelných paliv pro NK14 byla stanovena podle tab. 2 a další přehledy.

Tab.2 Uhlí paliva

Druh uhlí	Parametry					
	Voda W_t^r	Popelnatost A_d	Prchavé podíly V_{dal}^r	Síra S_t^d	Zrnitost	Výhřevnost Q_i^r
	%	%	%	%	mm	MJ/kg
Černé uhlí (ČR)	7-11	20-32	25-33,5	0,32-0,65	0-20	21-25
Černé uhlí (PL)	8,5-11,5	21,1-25	36,6-40,4	0,53-0,76	0-20	21 – 22,9
Proplástek	4,5 - 13	37 – 42	23,5 - 33	0,35–0,6	0-20	17,3 – 19,0
Hnědé uhlí o2	26,3	10,5 (max 14,5)	54	1,7 (max 2,2)	10-20	19,8 (min 18,0)
Hnědé uhlí hp1	27-30	7 – 17,6	48-53	1,0-1,3	0-10	16-20

Biomasa:

- účelově pěstované rychle rostoucí dřeviny pro energetické využití (S1)
- vedlejší produkty při těžbě dřeva a paliva z něj vyrobená (S2)
- dřevní odpad z úprav a prořezávek lesů, parků, alejí a podobných činností a paliva z nich vyrobená (S2),
- kůra z odkornění dřeva a paliva z ní vyrobená (S2).

Výhřevnost 7,5 GJ/t surová; 12,18 GJ/t sušená
 Obsah vody W_t^r cca 30 ÷ 60 %
 Popel původní A_r 1,67 %
 Zrnitost EN 14961-1 P63

Vysokopecní plyn (VPP):

výhřevnost: 2,8-3,7 MJ/m_N³
 přetlak 0,045÷0,15 MPa

Najížděcí a stabilizační palivo:

zemní plyn (ZP) o standardních parametrech.

Aditiva: Vápenec – VFK 55/V

Kotel je navrhován tak, aby při požadovaném minimálním regulačním rozsahu 40-100 % jmenovitého parního výkonu umožňoval spalovat různé palivové mixy:

spalování hnědého uhlí 0 – 100 %
 max. tepel. příkonu kotle

spalování energetického uhlí	0 – 100 %
max. tepel. příkonu kotle	
spalování proplásku	0 – 60 %
max. tepelného příkonu kotle	
spoluspalování biomasy	0 – 30 %
aktuálního tepel. příkonu kotle	
(v případě jiné než dřevní biomasy)	0 – 20 %
aktuálního tepel. příkonu kotle)	
spoluspalování VPP	0 – 25 %
aktuálního tepel. příkonu kotle	

cca 30 000 Nm³/h

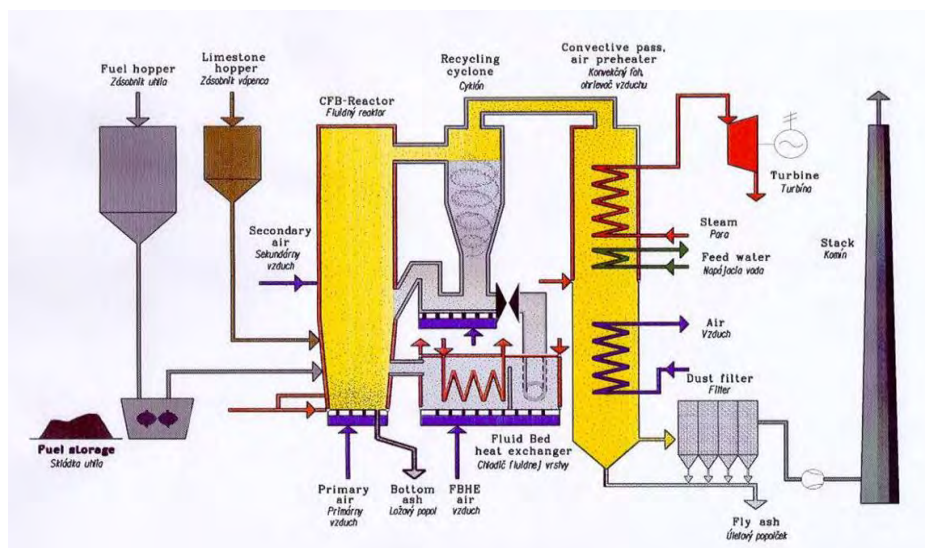
a současně dokázal plnit požadované garantované parametry, a to zejména:

- jmenovité parametry kotle
- parametry výstupní páry
- regulační rozsah a rychlost změny parního výkonu
- požadovanou účinnost kotle
- záměnu paliv při konstantním parním výkonu a dodržení parametrů výstupní páry
- a samozřejmě plnit ve všech provozních režimech

legislativou dané emisní limity vypouštěných škodlivin do ovzduší

Pro financování této investice byla získána dotace z veřejných prostředků fondů SFŽP, která dosahuje výše 40 % z ustatelných nákladů, což významně vylepšuje ekonomické parametry dané investice. Čerpání financí z veřejných fondů však znamenalo nutnost realizovat výběr generálního dodavatele kotle formou veřejného výběrového řízení (VVR). Zvolená varianta VVR, tzv. jednací řízení s uveřejněním, byla zahájena koncem roku 2011 a ukončena v podstatě podpisem smlouvy s vybraným dodavatelem v 4/2013. Vybraným generálním dodavatelem NK14 se staly SES Tlmače, a.s.

V následujícím textu je stručně uveden princip spalování v cirkulující fluidní vrstvě, který je doplněn o některé specifické rysy projektovaného kotle NK14.



Obr.1 Schéma CFB kotle

Palivo je pomocí dopravních palivových cest dávkováno do fluidní vrstvy kotle a spalováno ve spalovací komoře, která je tvořena membránovými stěnami výparníku. Fluidní vrstva je tvořena jednak spalovaným palivem, postupně se tvořícím popelem, případně inertním materiálem. Lože kotle je fluidizováno, tj. udržováno ve vlnosku, což umožňuje optimální přístup spalovacího vzduchu k celému povrchu jednotlivých částic paliva. Fluidizaci paliva zajišťuje primární spalovací vzduch, který je rovnoměrně rozveden do fluidizačního dna spalovací komory. Při procesu hoření ve spalovací komoře se postupně mění hmotnost fluidizovaných částic lože až do stavu, kdy jsou tyto částice vyneseny ze spalovací komory do cyklonu, kde se odseparuje hrubá frakce fluidní vrstvy. Ta je tvořena tzv. „ložovým“ popelem se zbytky nedohořelého paliva a vrací se přes fluidní uzávěr zpět do spalovací komory. Tímto vzniká proces cirkulace fluidní vrstvy. Za účelem udržení požadovaného rozsahu teplot ve spalovací komoře při různých provozních stavech kotle jsou

některé CFB kotle vybaveny zařízením pro odběr tepla z cirkulující vrstvy, tzv. chladičem fluidní vrstvy. Teplo cirkulující vrstvy v chladiči fluidní vrstvy je pak odebíráno do výparníkové, případně přehřívákové části tlakového celku kotle. V případě přebytku ložového popele ve fluidním loži je tento možno popel odpustit ze spalovací komory, dochladiť v chladiči popele a dále zpracovat.

Součástí CFB kotle je systém procesního odsíření, který je realizován dávkováním vhodného množství aditiva na bázi CaCO₃ přímo do spalovací komory. Schopnost udržet požadované rozmezí teplot ve spalovací komoře vede k efektu minimální tvorby NO_x.

Jemné částice s horkými spaliny, které nejsou cyklonem zachyceny a odseparovány, jsou unášeny dále proudem spalin do druhého tahu kotle, kde spaliny postupně předávají teplo jednotlivým teplosměnným plochám (přehříváky, ohříváky napájecí vody, ohříváky

vzduchu) a jsou takto dochlazeny na teplotu cca 150 °C, dočištěny v elektroodlučovači a dopraveny spalínovým ventilátorem do komína.

Doprava paliva (uhlí a biomasa) bude řešena jako mechanická se zaústěním dopravních cest do svodky z fluidního uzávěru do spalovací komory. Toto řešení zabezpečuje symetrické tepelné zatížení spalovací komory v případech různé skladby paliv i v případě dopravy paliva jen jednou palivovou větví.

Kompaktní chladič fluidní vrstvy bude realizován jako pár chladičů s různou skladbou teplosměnných ploch výparníkové a přehřívákové části tlakového celku a se samostatnou regulací tepelného příkonu do každého chladiče. To umožní splnění požadované dynamiky změny parního výkonu kotle NK14.

Plynná paliva se sekundárním spalovacím vzduchem budou spalována na dvou zapalovacích hořácích zemního plynu a čtyřech dýzách vysokopečnického plynu. Hořáky zemního plynu i dýzy vysokopečnického plynu budou instalovány v bočních stěnách spalovací komory.

Celé dílo NK14 je členěno na odpovídající skladbu provozních souborů PS01-45 a stavebních objektů SO01-16. V následujícím jsou uvedeny stručné charakteristiky rozhodujících provozních souborů:

PS01 KOTELNA

Projektované parametry:

- Jmenovitý výkon kotle 125 t/h
- Tepelný výkon kotle 98,7 MWt
- Jmenovitý přetlak přehřáté páry (na parním uzlu U3) 9,3 MPa
- Jmenovitá teplota přehřáté páry (na parním uzlu U3) 535 ± 5 °C
- Jmenovitá teplota napájecí vody 155 °C
- Nejvyšší přetlak přehřáté páry 10 MPa
- Nejvyšší teplota přehřáté páry 545 °C
- Provozní rozsah výkonu kotle minimálně 40-100 % jmen. výkonu
- Rychlost změny výkonu minimálně 6 t páry/h/1 min
- Účinnost kotle při jmen. výkonu a teplotě okolí 25 °C min. 92 %
- Tepelný příkon kotle 107,3 MWt

Parní kotel je navržen s přirozeným oběhem parovodní směsi separované v kotlovém tělese (bubnu). Spalovací komora s fluidním spalováním, která je tvořena membránovými stěnami výparníku, kotlové těleso, fluidní uzávěr a chladiče fluidní vrstvy (jeden s výparníkovými svazky a druhý se svazky přehříváku č. 2) jsou podepřeny na betonových základech a dilatují směrem nahoru. Cyklón a ohřívák vzduchu (LUV0) pod druhým tahem jsou podepřeny na ocelové konstrukci (OK) a rovněž dilatují směrem nahoru. Druhý tah s přehříváky č.3 a č.1 a ekonomizéry (EKO)

jsou zavěšeny na OK a dilatují směrem dolů. Spoje jednotlivých celků jsou řešeny pomocí kompenzátorů. Přebytek ložového popela je ze spalovací komory odpouštěn do chladiče popela, kde je vychlazen na 120 °C a dále dopravován přes drtič do dopravních nádob pneudopravy popela (součást PS 06).

Tab. 3 Emisní limity

Znečišťující látka	SO ₂	NO _x	CO	TZL
Pevná fosilní paliva				
Emisní limity podle článku 30 odst. 3 směrnice o průmyslových emisích [mg/Nm ³] a BREF	200	150	200	10
Pevná biomasa				
Emisní limity podle článku 30 odst. 3 směrnice o průmyslových emisích [mg/Nm ³] a BREF	150	150	200	20
Vysokopeční plyn				
Emisní limity podle článku 30 odst. 3 směrnice o průmyslových emisích [mg/Nm ³] a BREF	200	100	100	10

Vnitřní palivové hospodářství

Kotel bude vybaven pro paliva uhlí a biomasa dvěma nezávislými trasami s mechanickou dopravou. Všechny tyto palivové trasy budou zaústěny do svodky z fluidního uzávěru do spalovací komory. Každá z tras bude dimenzovaná na 100 % celkového tepelného příkonu kotle stanoveného pro daný typ paliva. Regulace dopravovaného množství paliva bude zajišťována frekvenčními měniči.

Vnitřní plynové hospodářství

Potrubní rozvody zemního plynu a vysokopečnického plynu pro kotel, plynové hořáky včetně příslušenství, zabezpečovací zařízení pro plynová zařízení kotelny a vazby na další potřebná zařízení – např. odvětrání kotelny.

Vnitřní vápencové hospodářství

Hlavní komponenty: vnitřní zásobník vápence, deskové uzávěry, rotační podavače, pneumatické rychlouzávěry a pulsní trysky. Kotel bude vybaven dvěma nezávislými trasami vápence do spalovací komory, každá bude dimenzovaná na 100 % výkonu. Regulace dopravovaného množství aditiva bude zajišťována frekvenčními měniči.

Vnitřní popelové hospodářství

Hlavní komponenty: vnitřní zásobník popelovin s příslušenstvím, rotační podavač a dopravní potrubí s armaturami do spalovací komory.

Vzduchový trakt

Ventilátory primárního a sekundárního vzduchu s frekvenčními měniči, vzduchovody na sání a výtlačku ventilátorů, rekuperační ohřívák vzduchu (LUV0),

dmychadla pro chladiče fluidní vrstvy, fluidní uzavěr a chladič popela.

PS 02 UMĚLÝ TAH

Elektroodlučovač

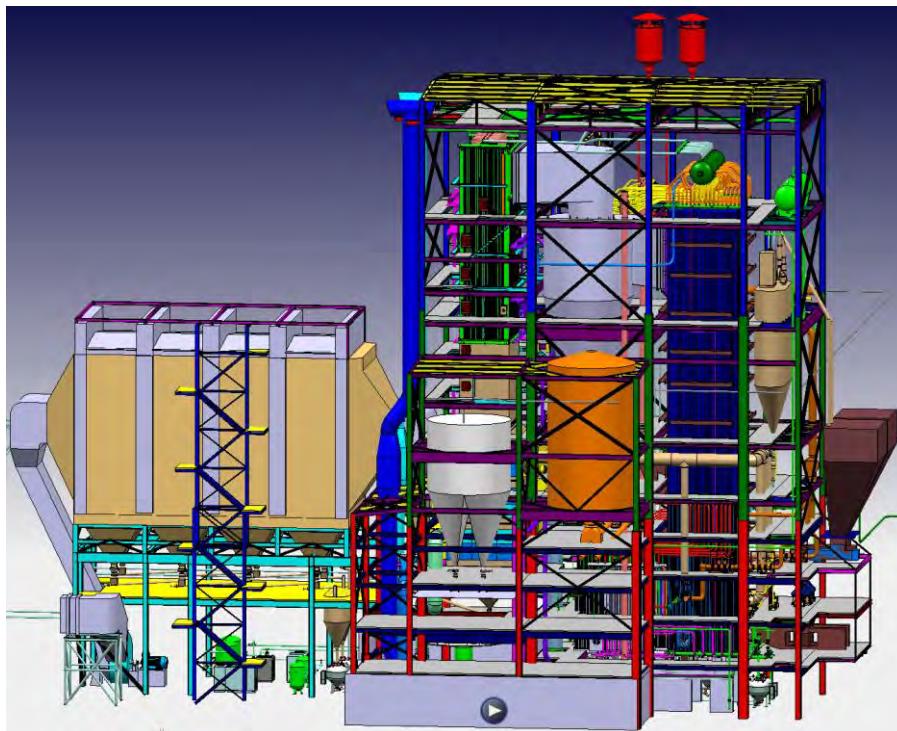
Sestává ze 4 sekcí, elektrovýzbroje pro nízké a vysoké napětí, elektrod, oklepávacího mechanismu, popelových výsypek, řídicího systému a nosné OK.

Spalinový ventilátor

Ventilátor s elektropohonem s řízením otáček pomocí frekvenčního měniče.

PS 16 - VNĚJŠÍ BIOMASOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Dopravní zařízení biomasy zajišťuje dopravu biomasy ze vstupního zařízení, do kterého se biomasa sype z nákladního auta s pohyblivou podlahou, následně systémem dopravníků do provozního zásobníku biomasy. Na trase dopravy je dále systém odlučovačů kovů s kontejnerem, s mechanickou úpravou (drtič velkých kusů) a manipulaci s biomasou ve vnějším prostoru hospodářství biomasy vedle kotelny. Přepravení a zpracovatelská kapacita je 30 t/h o vlhkosti 30 %.



Obr.2 3D model kotle NK14

Vlastní projekční práce byly zahájeny v dubnu 2013. Jednalo se zejména o ty, které souvisely se získáním stavebního povolení. Pro minimalizaci časového prostoru k zahájení činnosti na vlastní stavbě bylo zabezpečeno získání povolení k odstranění stavby, což umožnilo demolice staré kotelny a vyvolané přeložky realizovat již od 7/2013.

Pravomocné stavební povolení bylo získáno v 11/2013, což znamenalo plný rozběh stavebních prací na spodní stavbě vlastního kotle a zařízení za kotlem. Práce na spodní stavbě byly dokončeny v 3/2014, kdy byla následně zahájena montáž nosné ocelové konstrukce kotelny a umělého tahu. V těsné návaznosti je

zahajována taktéž montáž technologie vlastního kotle.

Již koncem minulého roku byla ve výrobním závodě v SES Tlmače zahájena taktéž výroba tlakového celku kotle a nosné ocelové konstrukce. Postupně v rámci rozpracovávání realizační projektové dokumentace jsou uzavírány v SES Tlmače kontrakty se subdodavateli rozhodujících komponent.

Dokončení montáže tlakového celku kotle je plánováno na 11/2014, ukončení celkové montáže kotle NK14 proběhne v 1/2015. Následně budou zahájeny nezbytné úkony pro provedení komplexních zkoušek. SES Tlmače se smluvně zavázaly k termínu PAC NK14 v 6/2015.



Obr.3 Pohled na staveniště NK14 před demolicí pláště staré kotelny



Obr.4 Pohled na staveniště v 2/2014 - rozpracovaná spodní stavba NK14

Ve srovnání s nahrazovaným granulačním kotlem K14 nový fluidní kotel NK14:

- bude dosahovat vyšší účinnosti až o cca 5 %,
- bude spalovat výrazně širší spektrum energetických paliv,
- sníží emisní zatížení ovzduší zařízeními Teplárny E3 o cca 28 % u emisí SO_2 a o cca 22 % u emisí NO_x ,

Ve srovnání s provozovanými fluidními kotli K11 a K12 bude nový kotel NK14:

- dosahovat jmenovitých parametrů při spalování černého a hnědého uhlí v libovolném poměru tepelných příkonů těchto paliv,
- umožňovat spoluspalovat biomasu (dřevní štěpku),
- dosahovat o cca 1,5 % lepší účinnost při jmenovitém

výkonu kotle a spalování černého nebo hnědého uhlí,

- plnit přísnější emisní limity vypouštěných škodlivin do ovzduší definované platnou legislativou pro nová zařízení,
- dosahovat vyšší dynamiky změny parního výkonu kotle.

Všechny práce na této významné investici ENERGETIKY TRINEC, a.s. probíhají doposud v souladu s harmonogramem výstavby a s reálným termínem uvedení nového kotle NK14 do provozu v polovině roku 2015.

Vývoj výroby vaček ve Šroubárně Kyjov

Ing. František Červenka¹, Ing. Milan Krojzl¹

¹Šroubárna Kyjov, spol. s r.o., Jiráskova 987, 697 32 Kyjov, Česká republika

Počátky zahájení výroby vaček ve Šroubárně Kyjov jsou datovány do roku 2010. Důvodů k zahájení vývoje a výroby bylo několik. Hospodářská krize způsobila pokles tržeb v železničním sortimentu a bylo nutné hledat nové trhy. Závislost na železničním sortimentu byla 83% a navíc závislost na jednom ze zákazníků dosahovala téměř 50 %. Vedení firmy si proto stanovilo cíle do příštích pěti let – snížit závislost na segmentu železničního svršku a diverzifikovat sortiment výroby s využitím současné technologie ve firmě. Z velkého množství poptávek byly vybrány jako nejvhodnější díly výkovky vaček pro vačkové hřídele spalovacích motorů. Z marketingového průzkumu vyplynulo, že se jedná o výrobek s vysokým užitím v automobilovém průmyslu. Vačky z kované oceli se používají pro motory s nejvyšším zatížením a vyznačují se nejvyšší valivou únavovou pevností a dobrou odolností proti opotřebení.



Obr. 1 Výkovky vačky na chladicím roštu

První zkušební výroba na základě předběžného výkresu dopadla velmi dobře a velmi pozitivně naladila vývojový tým a také reakce zákazníka MAHLE. Přestože první zkušební výroba nasvědčovala standardnímu zavedení nového výrobku, bylo jasné, že se bude jednat o náročný proces zavedení nového typu výkovku určeného pro automobilový průmysl.

Již na začátku vývoje technologie výroby byl řešen specifický a relativně přísný požadavek zákazníka na oduhličení – minimální obsah C = 0,93 % v hloubce 0,2 mm. Materiál 100Cr6 se standardně dodává s obsahem C $\approx$ 0,95 % ale v průběhu kování a žíhání dochází vlivem vysoké teploty k povrchovému oduhličení, což negativně vyvolává nepřípustnou tvorbu a výskyt lamelárního perlitu v přechodové vrstvě na povrchu dílů.

Po provedení různých zkoušek a úprav technologie, kdy byly vyčerpány všechny možnosti jak snížit oduhličení,

zahájila se spolupráce s odborem Technologie a výzkum Třineckých železáren, a.s. na vývoji výrobní technologie oceli 100Cr6 s omezeným rozsahem obsahu uhlíku. Po několika měsících se podařilo připravit tavbu s požadovaným chemickým složením a vhodnou strukturou při technologii odlévání sochorů. Tato ocel spolu s řadou technických opatření ke snížení oduhličení v rámci procesu kování a žíhání poskytuje určitou rezervu k dodržení zákazníkem stanovených parametrů výrobku z hlediska struktury a chemického složení materiálu. I když se jedná o zpřísnění výroby na straně dodavatele vstupní suroviny – Třineckých železáren, a.s., dokázali oceláři tuto technologii výroby zvládnout. Je to také jeden z dobrých příkladů synergické spolupráce výrobce výkovků a dodavatele oceli, což poskytuje výrobcům vaček konkurenční výhodu.

Šroubárna Kyjov je vybavena koncepčně moderními a výkonnými horizontálními postupovými víceoperačními lisami s příčným přenášením pro kování výkovků v uzavřené zápustce. Tato technologie je vhodná a osvědčená pro osově symetrické tvary kovaných dílů, kdy objem materiálu při tečení příčným směrem při kování je ve všech směrech přibližně stejný. Tvar vačky ale není symetrický, a proto bylo nutné k dolisování a správnému a rovnoměrnému vytvarování nosu vačky provést několik optimalizací procesu a tvaru předpěchu při kování. Rovněž požadavky na rozměrovou přesnost jsou podstatně vyšší než např. u ložiskových kroužků. Běžná velikost tolerančního pole např. průměru ložiskového kroužku je 0,8 mm, ale u vaček je to pouze 0,3 mm. Záměrem zákazníka je některé plochy po kování již neobrábět a pouze přebrousit oběžnou plochu tvaru vačky po zalisování na hřídel (po obrobení díry). Přitom průměrná kadence kování je 110 zdvihů za minutu.



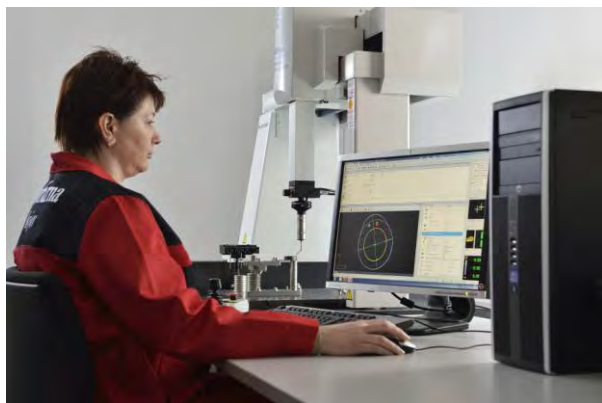
Obr. 2 Indukční ohřev kovacího lisu na vačky

V rámci vývoje výrobní technologie se postupně musely vyřešit také problémy s nesymetrickým tvarem vačky,

protože kovací linky ve Šroubárně Kyjov jsou určeny pro osově symetrické tvary výkovků. V průběhu výroby tyto faktory výrazně ovlivňovaly životnost nástrojů a tím i rentabilitu výroby a časové využití zařízení, protože tyto parametry klesaly. Požadavek na nesymetrický tvar výkovku negativně ovlivňoval kvalitu provedení výkovku v místě vrcholu křivky vačky, ale tento problém byl vyřešen sice nestandardním, ale účinným způsobem, a sice zásadní změnou konstrukce tvaru předkovku.

Dalším nestandardním požadavkem zákazníka bylo provedení značení výkovků přesnými značkami, které v různých počtech podle typu dílu musí být přesně umístěny na jednom nebo na druhém čele výkovku. Tento požadavek spolu se specifickým tvarem vnější křivky vačky si vyžádal dovybavení nástrojárny speciálním měřicím zařízením pro obráběcí centrum, které je schopné v průběhu výroby provádět kontrolní měření tvaru nástroje. S ohledem na tvar výkovku je nezbytné vyrábět hlavní kovací nástroje na CNC obráběcích a elektroerozivních strojích.

Vzhledem k tomu, že se jedná o výrobky pro automobilový průmysl, je nutná záložní výrobní kapacita, což vzhledem k tomu, že Šroubárny Kyjov vlastní dvě kovací linky velikosti AKS63M je splněno. Obě linky jsou postupně vybavovány novým elektrickým indukčním ohřevem a generální oprava jednoho ze dvou lisů je vlastním střediskem údržba řešena stavbou nového lisu. Požadavky na rozměrovou a strukturní přesnost výkovků si rovněž vyžádaly pořízení speciální sady jednoúčelových měřidel, které umožní obsluhu lisu provádět měření v průběhu výroby a také měřicího 3D zařízení Mitutoyo, na kterém je možné spolehlivě ověřit tvarovou přesnost křivky vačky jak u výrobních nástrojů, tak také u výkovků.



Obr. 3 Použití 3D měřidla na měření vaček

Pro proces kování za tepla byly vybaveny výrobní linky samostatným cirkulačním okruhem chladicí kapaliny. Původně používaná voda, která byla sice chemicky upravená a čištěná, způsobovala na mechanických částech stroje korozi a musela být upravována uvnitř chladicího okruhu. Nový cirkulační okruh pro tuto skupinu strojů má celkový objem cirkulující vody cca 12 m³, má samostatné sekce pro čištění, filtraci, chlazení a obsahuje kromě inhibitoru koroze také

speciální olej, který zajišťuje mazání vnitřní dutiny zápustek v průběhu kování. Tímto opatřením se podařilo zvýšit životnost nástrojů přibližně trojnásobně, což snižuje nejenom náklady na nástroje, zvyšuje rozměrovou stabilitu a přesnost výkovků, ale také snižuje počet seřizování a přestaveb stroje a zvyšuje směnový výkon zařízení.

Z důvodů přísných požadavků automobilového průmyslu a zákazníka byla při operaci kování zavedena statistická regulace procesu. Pracoviště kovacích lisů jsou vybavena měřicím pracovištěm a PC s příslušným software, a je tak možné bezprostředně v průběhu operace kování provádět měření a sledování procesu kování v rámci regulačních mezí příslušných rozměrů.

Po vykování jsou polotovary vaček sferoidizačně žhánuty se striktními a podstatně přísnějšími požadavky na výslednou strukturu materiálu, než platí např. pro výkovky ložiskových kroužků. Za účelem snížení oduhličení byla provedena rekonstrukce hlubinných žhacích pecí s modifikací ochranné pecní atmosféry uhlovodíkem k vytvoření vhodného uhlíkového potenciálu. Vzhledem k požadovanému omezení rozsahu velikosti karbidů musela být rovněž provedena změna žhacího diagramu oproti osvědčenému diagramu pro žhání ložiskových kroužků, vyrobených ze stejné jakosti oceli. Všechny tyto technologické parametry byly v provozu dostatečně ověřeny a protože zákazník má zájem na postupném zvyšování objemů dodávek, byla provedena řada zkoušek na průběžné žhací peci pro sferoidizační žhání ložiskové oceli s cílem provést úpravy řízení pece a ochranné atmosféry a připravit tak zařízení pro žhání výkovků vaček.

Pro operaci kování byl proces optimalizován pro nižší kovací teplotu. Při rekonstrukci elektrického středofrekvenčního indukčního ohřevu tyčí pro kování bylo provedeno zkrácení dráhy ohřevu a tím i zkrácení doby expozice materiálu na kovací teplotě. Tato opatření také snižují hloubku oduhličené vrstvy povrchu kovaných dílů.

Zákazníci po obdržení zakázky provádí další výrobní operace, jako vrtání a broušení díry, montáž na hřídel, povrchové kalení a broušení, a neprovádí již žádnou vstupní kontrolu kvality dodaného zboží. Pokud se v dodávce vyskytne vadný kus, dojde v lepším případě k zastavení plně automatické montážní linky odběratele, v horším případě dojde k namontování vadného výkovku vačky na vačkový hřídel a následně dojde k zastavení výroby vlivem závady. V takovém případě jsou vyřazovány již celé smontované vačkové hřídele, což může způsobit značné ztráty. O to větší důraz kladou proto zákazníci na kvalitu dodávek zboží, a to jak po stránce struktury po žhání a obsahu uhlíku, tak také po stránce dodržení rozměrů, tvaru výkovku a kvality kovaného značení. Jejich představa je dosáhnout postupně nulové vadnosti zboží v dodávkách.

Při velkosériové výrobě ale není reálné splnit takové podmínky, protože v průběhu výrobního procesu vždy

dojde k výskytu nahodilých jevů, které způsobí nějakou drobnou vadu na výkovku. Proto je nutné provádět ruční třídění výkovků, které je ale personálně náročné a kvalita výsledku je ovlivněna lidským faktorem. Proto byl proveden průzkum výrobců automatických třídících linek, která dokáže v automatickém režimu spolehlivě identifikovat všechny druhy vad, které v průběhu výroby mohou vzniknout. Po osobním kontaktu a projednání požadavků s renomovanými evropskými výrobci třídících linek na principu optických kamerových systémů bylo jasné, že tyto systémy nejsou pro potřeby výrobce váček vhodné, a proto bylo přistoupení k výstavbě prototypu kontrolní a třídící linky s použitím laserových profilometrů s firmou ELCOM, a.s. a její ostravskou divizí Virtuální instrumentace.



Obr. 4 Kontrolní linka na váčky

Dodávky do automobilového průmyslu sice zajišťují dlouhodobý odbyt v poměrně velkých objemech, ale na druhou stranu je zde velký tlak na ceny a na jejich meziroční snižování. Podobně tomu bylo i u váček. K zabezpečení tohoto požadavku bylo nutno provést důkladnou analýzu nákladů v průběhu celého procesu výroby, včetně souvisejících procesů. Postupně se daří snižovat technicko-hospodářské normy spotřeby materiálu eliminací odpadu a změnou délky tyčí výchozího materiálu. Další realizovaná úsporná opatření vyplývají z prodloužení časové periody pro výrobu nástrojů, která umožňuje delší časový interval stárnutí materiálu po zušlechtnění, což také zvyšuje životnost nástrojů. Další opatření jsou zkrácení výrobního času výroby nástrojů vyšším podílem využití CNC obráběcích strojů, nebo intenzivní aplikací moderních metod řízení z oblasti průmyslového inženýrství jako SMED, rozšíření využití VIS nebo metod pro řízení kvality jako hledání kořenových příčin vzniku vad.

Do celého vývoje výroby váček bylo potřeba zapojit téměř všechny útvary ve firmě a spolupracovat i s externími firmami. Bez dobré týmové spolupráce by tento úkol nevedl k žádanému cíli a za to patří poděkování všem, kteří se podíleli na tomto projektu.

Sochorová válcovna TŽ, a.s. - pokračovatel hutnické tradice na Kladensku

Ing. Luděk Slapnička¹

¹Kladno-Dřín, areál průmyslové zóny Kladno-Dřín, 272 01 Kladno 1, Česká republika

Sochorová válcovna TŽ, a.s. je zavedená společnost produkující výrobky vysoké kvality. Válcovna byla zprovozněna v roce 1980 a navazuje tak na hutnickou tradici v kladenském regionu. Historie sochorové válcovny jako samostatné společnosti se datuje od roku 2002, kdy se stala významným článkem skupiny Trinecké železářny – Moravia Steel. Hlavním značkovým výrobním sortimentem společnosti jsou v současné době uhlíkové, uhlíko-manganové a legované ušlechtilé konstrukční oceli, v menší míře se válcují i korozivzdorné a nástrojové oceli. Rozměrový výrobní sortiment zahrnuje kruhové tyče Ø 70 – 300 mm, sochory kvadrát 70 – 165 mm a bloky 170 – 300 mm. Většina výrobního sortimentu je tvořena tyčovou ocelí SBQ.

Společnost nakupuje vsázku výhradně od společnosti TRINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a. s., kde je výroba oceli zajištěna moderní ocelářskou technologií vyznačující

se zpracováním tekutého surového železa v konvertoru při relativně nízkém podílu šrotu s následným využitím nejmodernější sekundární metalurgie. Ocel je odlévána na zařízení pro plynulé odlévání do kontislitků nebo do ingotů. Ocel vyrobená tímto pochodem je typická vysokou čistotou a je v dalším výrobním procesu dále zhodnocována válcováním, loupáním a tepelným zpracováním.

V roce 2013 Sochorová válcovna TŽ, a.s. dodala svým zákazníkům historicky nejvyšší objem dlouhých válcovaných výrobků, a to 294 kt. Všechny výrobky byly na trhu úspěšně umístěny prostřednictvím sítě společnosti Moravia Steel a.s.

Prioritou Sochorové válcovny TŽ, a.s. je orientace na výrobu speciálních značek oceli a ocelí s vyšší přidanou hodnotou, tj. zejména tepelně zpracovaných a loupáných ocelí. V posledních letech došlo k výraznému

posílení postavení společnosti na trhu, zejména v sektoru automobilového a petrochemického průmyslu. V obou případech se jedná o velmi náročnou výrobu, zejména z pohledu kvality výrobků a zajištění bezpečnosti při jejich využívání u uživatelů.

Základním strategickým cílem společnosti Sochorová válcovna TŽ, a.s. je udržování a neustálé zvyšování kvality vyráběných ocelových výrobků na světové úrovni tak, aby společnost soustavně uspokojovala stávající a předpokládané potřeby a očekávání zákazníků. Prostředkem ke zvýšení konkurenceschopnosti a posílení postavení společnosti na tuzemském i zahraničním trhu je strategie společnosti, která vychází z pravidelně aktualizovaných marketingových studií a benchmarkingu. K dosažení strategických cílů vedou zejména inovační a rozvojové aktivity společnosti spočívající v zavedení nových výzkumně vývojových projektů a cíleně směřované investice do infrastruktury společnosti pro zvýšení její konkurenceschopnosti.

Společnost je držitelem certifikátů systému řízení kvality dle norem EN ISO 9001 a ISO/TS 16949 a také certifikátu environmentálního systému řízení dle normy EN ISO 14001. Dále je držitelem celé řady dalších certifikátů, které umožňují dodávat výrobky jak do lodního, stavebního a železničního průmyslu, tak i do sektoru tlakových zařízení a tlakových lahví.



Obr. 1 Správní budova Sochorové válcovny

Cílem technologické a výzkumné činnosti je naplňování strategických záměrů společnosti s konečným výsledkem vyrábět konkurenceschopné výrobky s vysokou přidanou hodnotou při co nejnižších výrobních nákladech a při splnění podmínek bezpečnosti práce i ochrany životního prostředí.

Podnětem pro výzkumně vývojové projekty jsou pravidelně zpracovávané marketingové studie a zprávy srovnávající společnost s konkurenčními výrobci. Významnou roli při ověřování a zavádění nových výrobků a technologií sehrávají rovněž poptávky a potřeby zákazníků. Z tohoto konceptu vychází i plán výzkumu a vývoje. Řešení výzkumných a vývojových prací na nových technologiích nebo výrobcích je podle složitosti problému realizováno buď vlastními silami

nebo v úzké součinnosti s vývojovými pracovišti v rámci skupiny Třinecké železárny – Moravia Steel. Z výrobní a technologické inovace jsou nejvýznamnějšími projekty „Vývoj nových materiálů pro automobilový a petrochemický průmysl“ nebo „Optimalizace technologie výroby ložiskových ocelí“. Cílem těchto inovací je rozšíření portfolia zákazníků společnosti.

Významným strategickým cílem Sochorové válcovny TŽ, a.s. je péče o životní prostředí, jejíž nedílnou součástí je i rozvíjení environmentálního systému řízení v souladu s principy normy EN ISO 14001:2004.

Personální strategie společnosti stanoví dlouhodobé cíle zaměřené na kvalifikační rozvoj zaměstnanců. Hlavní prioritou v oblasti lidských zdrojů je rozvoj intelektuálního kapitálu tak, aby společnost byla schopna prostřednictvím svých zaměstnanců plnit úkoly v celém rozsahu činnosti a vyhovět zvyšujícím se požadavkům zákazníků. Vědomosti a dovednosti zaměstnanců zajišťují společnosti významnou konkurenční výhodu na trhu. Společnost rozvíjí procesy vzdělávání na celood organizační i individuální úrovni, poskytuje zaměstnancům příležitosti k rozvoji jejich schopností a dovedností. V současné době zaměstnává 730 zaměstnanců.

Technický a technologický rozvoj společnosti vychází z marketingových analýz a požadavků zákazníků. Na základě těchto analýz jsou do rozvojového plánu zařazovány jednotlivé akce technologické a výrobní inovace.

V oblasti investic je základním strategickým cílem v následujících letech zvýšení podílu výrobků s vyšší přidanou hodnotou, zvýšení výrobní kapacity, modernizace klíčových zařízení v oblasti kvality, trvalé snižování výrobních nákladů a zlepšování životního prostředí. K nejvýznamnějším investicím v oblasti kvality se řadí především další defektoskopická linka.



Obr. 2 Staveniště budoucí defektoskopické linky na nedestruktivní kontrolu materiálu

Výstavba této defektoskopické linky byla dlouhodobě plánována v návaznosti na strategický plán postupného navyšování výroby. Právě budovanou defektoskopickou

linku bude možno v případě dalšího plánovaného navýšení výroby rozšířit na plnohodnotnou úpravářenskou linku.

Tato linka umožní kontinuální nedestructivní kontrolu materiálu v celém rozměrovém sortimentu, tj. 70 – 300 mm u kruhových tyčí a 70 – 240 mm u tyčí kvadrátového průřezu. Případné vnitřní a povrchové necelistvosti budou zjišťovány ultrazvukovým zařízením, termometrodou a metodou magnetických rozptylových toků. Při volbě jednotlivých metod zkoušení, ať už u povrchových nebo u vnitřních necelistvostí a i při plánování rozmístění zařízení, bylo využito dlouhodobých odborných zkušeností zaměstnanců společnosti.

K zajištění dostatečné kvality povrchu může být zkoušený materiál před vstupem do defektoskopické linky otryskán tryskacím zařízením. Touto operací budou zajištěny speciální požadavky zákazníků jdoucí nad rámec standardních zkušebních metod. Před tryskacím zařízením bude umístěn vstupní rošt umožňující vstup jak materiálu s černým povrchem, tak i materiálu oloupaného na loupacím stroji. Průchodu materiálu s vysoce kvalitním povrchem bude uzpůsoben i válečkový dopravník zajišťující transport zkoušeného materiálu přes jednotlivá zařízení defektoskopické linky.

Pracoviště defektoskopie bude na svém konci vybaveno značícím zařízením, které zajistí barevné označení případných zjištěných vad od všech tří kontrolních metod. Po průchodu značícím zařízením bude materiál automaticky roztříděn na příslušné sběrné rošty dle nastavených kategorií.

Celá budovaná defektoskopická linka bude řízena prostřednictvím nejmodernější automatizační techniky. Rychlost všech válečkových dopravníků bude možno

plynule řídit a operátoři budou ovládat linku i jednotlivá zařízení v ní umístěná pomocí HMI (Human Machine Interface). Veškerá data z defektoskopické linky budou pro zajištění prokazatelnosti uložena na SQL serveru.

Defektoskopická linka bude dále zahrnuta do systému sledování výroby VIS. Zvolená koncepce automatizovaných a nadřazených systémů snižší zatížení operátorů linky, neboť data o materiálu budou do jednotlivých zařízení defektoskopické linky vstupovat automaticky a tato zařízení budou naměřená data po průchodu materiálu odesílat zpět. Tím budou operátoři v automatizovaném režimu linky vykonávat pouze kontrolní činnost.



Obr. 3 Budující defektoskopická linka - prostor připraven pro montáž jednotlivých zařízení

Výstavbu nové defektoskopické linky zajišťuje pracovní tým složený ze zaměstnanců společnosti již od roku 2011. V následujících dvou letech probíhaly projekční práce, schvalovací procesy, výběrová řízení a získávání nezbytných povolení pro zahájení stavby. Termín dokončení akce je plánován na 4. čtvrtletí r. 2014 a náběh do plného provozu na počátek roku 2015.

D&D Miskolc včera a dnes

Ing. Josef Audy, MBA¹, Ing. Ladislav Rajnec¹

¹D&D DRÓTÁRU ZRT, Besenyői út. 18, 3527 Miskolc, Magyarorszá

1. Historie společnosti

Začátek historie této společnosti D&D Miskolc se datuje od roku 1912. V záměrech představitelů města Miskolc bylo vytvořit na břehu řeky Sajó průmyslovou zónu. Partnera pro realizaci této myšlenky našli v osobě německého podnikatele Adolfa Deichsela, který viděl perspektivu v zavedení výroby drátěných výrobků na území Maďarska. Takto byla posléze založena firma s původním názvem **Magyar Acélsodrony-**,

Drótművek és Kötélgyár Deichsel A. Tímto se započala historie výroby drátů a lan v Miskolci, ke které se později ještě přidružila výroba hřebíků a dalšího sortimentu tažených drátů. V počátcích zaměstnávala firma 40 lidí. S postupným rozšiřováním výrobního sortimentu o pružinové dráty, drátěné kartáče, řetězy a pletivo rostl dále i počet jejich zaměstnanců. Bouřlivé období firma zažila během II. světové války, kdy její část byla na základě rozhodnutí majitelů rozebrána a odvezena mimo území Maďarska. Historické zdroje uvádějí, že se jednalo o slovenské území. Zbytek firmy

v Miskolci byl během války značně poničen bombardováním. 4. 12. 1944 se její bývalí zaměstnanci žijící v blízkém okolí, rozhodli zahájit práce na postupném odstraňování ruin a obnově firmy. Na počest těchto událostí byla pak v roce 1954 firma přejmenována na **December 4. Drótművek** a používala pro své označení i zkrácené logo **D4D**.

V 60. letech už byla firma významným exportérem do mnoha evropských zemí a pokoušela se získat nové trhy v Asii a Africe. Měnil se i sortiment výroby. V roce 1962 byla uvedena do provozu nová patentovací linka, nová mořirna a tažirna, která byla schopna táhnout dráty z vysokouhlikatých ocelí, např. i pro výrobu drátů do betonu. Výroba pramenců do předpjatých betonových výztuží, které v současné době jsou nosným sortimentem závodu, byla zahájena až v roce 1982.

Vrchol úspěšné činnosti firmy nastal ve druhé polovině 80. let. V tomto období se exportovalo do více než 40 zemí světa a počet zaměstnanců se zvýšil na 2 200.

V roce 1989 v důsledku hospodářské krize v Maďarsku začal s poklesem výroby i úpadek firmy D4D. Společnost se dostala v roce 1994 do bankrotu a následně i do likvidace. V privatizačním procesu postupným odkupem akcií až do výše 100 % se novým majitelem stala společnost Metaltrade Hungária Kft. Firma dostala nový název **Drótáru és Drótkötél Ipari és Kereskedelmi Kft** a ze společnosti s ručením omezeným se stala akciová společnost. Nový vlastník zachoval původní sortiment výrobků a snažil se získat



Obr. 1 Drátovna Miskolc v době největšího rozmachu

zpět ztracené trhy. I přes neustálé navyšování výroby se ale nepodařilo dostat firmu do zisku. Proto se pozornost zaměřila na modernizaci výroby v oblasti drátů a pramenců do předpjatých betonů.

V roce 2004 začal proces posledního profilování výrobního sortimentu. Došlo k zastavení výroby lan, kabelů, pozinkovaných drátů a svařovaných sítí. Došlo rovněž ke zbourání několika výrobních hal a závod začal fungovat na menší zastavěné ploše s moderním vybavením na výrobu výrobků do předpjatého betonu. Došlo i ke zkrácení názvu společnosti na **D&D Drótárú Zrt.** a tento název se používá dodnes.

2. Převzetí firmy skupinou TŽ-MS

V roce 2009 došlo k dalšímu zhoršení hospodářské situace této společnosti. Dospělo to až do stádia, kdy nebyl téměř k dispozici vstupní materiál - válcovaný drát - pro výrobu a hrozilo přímo její zastavení. V důsledku této kritické situace dosavadní akcionáři rozhodli o nabídnutí akcií této společnosti k prodeji. V této době do hry vstoupila opět skupina Třinecké železářny – Moravia Steel (TŽ-MS), která o možnost získat tento podnik do svého výrobního portfolia projevila zájem už v roce 2006. Důvodem tohoto zájmu byl cíl v budování strategických řetězců tak, aby výrobní sortiment skupiny směřoval co nejbližší ke konečným spotřebitelům. A vazba mezi Třineckými železárnami a D&D byla přímá, protože pro výrobu v D&D v celém jejím objemu mohl být používán vstupní materiál z TŽ, vysokouhlikový a nízkoúhlikový válcovaný drát.

Celý proces akvizice byl ukončen 21. 2. 2011, kdy se Třinecké železářny, patřící do skupiny TŽ-MS, staly stoprocentním vlastníkem společnosti D&D. Situace ve firmě se postupně zklidnila a stabilizovala. S dodávkami vstupního materiálu přestal být problém a veškerý válcovaný drát v potřebné kvalitě a požadovaném čase byl dodáván z Třineckých železáren. D&D Drótárú Zrt. se tak z dlouhodobých ztrát v minulém období dostalo v letech 2012 a 2013 do oblasti kladných hospodářských výsledků.

3. Současný stav ve společnosti

Firma je umístěna v průmyslové zóně na okraji města Miskolc, poblíž už zmiňované řeky Sajó. Areál firmy je tvořen venkovní skladovací plochou, na které je ukládán vstupní materiál - válcovaný drát. První výrobní halou v technologickém toku je budova mořirny. Jedná se o kád'ovou mořirnu s automatickým provozem, kde se k moření k odstranění okují používá kyselina solná a finální úpravou povrchu drátu je fosfátování.



Obr. 2 Budova mořirny

Z mořirny je ofosfátovaný válcovaný drát převážně vysokozdvíhacími vozíky do výrobní haly tažírny, kde jsou v několika lodích umístěny tažné stroje pro tažení za studena, slaňovací a stabilizační linky, jedna výrobní linka pro výrobu stabilizovaného drátu a nakonec tažné a sekací stroje na výrobu drátkobetonu. Součástí této

výrobní haly je průvlakárna a mechanická zkušebna drátů a pramenců. K tažení jsou používány skládané průvlakky, kdy v ocelové trubkové kazetě jsou umístěna 2 průvlaková jádra za sebou. Tímto systémem tažení vzniká mezi oběma jádry tlak vnášeného práškového maziva a vytváří se tak optimální podmínky pro tažení vysokouhlikatých drátů za studena.

Na halu tažírny navazují haly úpravny a expedice s vnitřními skladovacími prostory jak pro vyrobený materiál, tak i pro chemikálie a pomocné materiály potřebné pro výrobu.

Posledními objekty umístěnými v areálu firmy jsou budova údržby se skladem náhradních dílů a nová vícefunkční hala, ve které je umístěna obrobna s obráběcími stroji, plynová kotelná pro vytápění závodu a neutralizační stanice pro úpravu průmyslových vod.



Obr. 3 Výrobní hala tažírny

Hlavním dodavatelem veškerého vstupního materiálu jsou Třinecké železárny, které dodávají válcovaný drát od průměru 5,5 až 13,0 mm. Způsob jeho zpracování je následovný: odstranění okují v kádlové mořárně a finální úprava povrchu drátu fosfátováním. Pro moření je používána kyselina solná. Z mořírny je fosfátovaný drát dopravován na tažírnu, kde je za studena tažen na požadované rozměry drátů. Při tomto tažení dochází až k 85% redukci průřezové plochy drátu při jednom průchodu tažným strojem. Tažený drát je navíjen na strojní cívky slaňovaček anebo do svitků, které jsou už finálním výrobkem. Strojní cívky s taženým drátem jsou pak vkládány do bezrotorových slaňovacích strojů, kde dochází k jejich spleťání do 7drátového pramence, jejich napnutí, indukčnímu ohřevu a následnému ochlazení ve vodní lázni a navinutí na zásobníkový ocelový buben o hmotnosti až 25 t. Popsanému procesu zpracování pramence se říká stabilizace a slouží k vytvoření potřebných mechanických vlastností pramence, který je ve fázi užití zaléván do betonových nosných prvků, např. mostových nosníků.

Ze zásobníkového bubnu jsou pramence převíjeny a děleny do menších patentních svitků o přesných délkách tak, jak si to předepíše daný zákazník. Poslední operací před expedicí je testování a případné balení patentního svitku. Každý patentní svitek má vystaven protokol se záznamem průběhu trhačí zkoušky. Expedice je

prováděna v zakrytých kamionech. Přeprava po železnici je vyloučena z důvodu možné koroze materiálu a rovněž z důvodu, že materiál nelze dodat až na místo užití a musel by být překládán na jiný dopravní prostředek, což je velice komplikované.

4. Výrobní sortiment

Firma D&D je zcela orientována na výrobky určené pro stavební průmysl. Nosným sortimentem výroby jsou 7drátové pramence do předpjatého betonu, které jsou vyráběny v průměrech 6,4 - 15,7 mm. Používají se zejména při výrobě betonových nosníků pro výstavbu mostů a dálnic. Tyto pramence tvoří více než 80 % z celého výrobního sortimentu firmy.

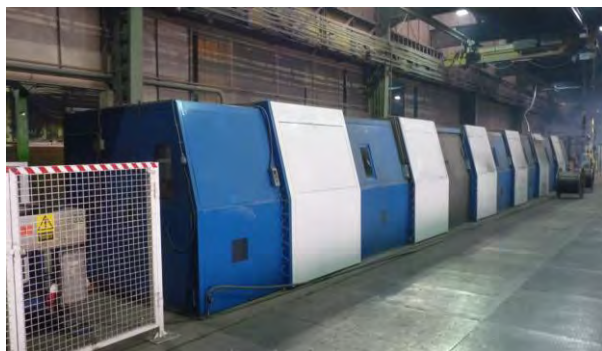


Obr. 4 Linka na výrobu stabilizovaných pramenců

Dalším sortimentem, vyráběným z vysocouhlikatého drátu jsou stabilizované dráty v rozměrech 4,0 - 7,5 mm. Používají se např. pro výrobu betonových železničních pražců. Vyrábějí se v hladkém provedení anebo s povrchem se vtisky. Vtisky se vytvářejí současně při stabilizaci drátu jeho válcováním mezi třemi profilovanými kotouči, kdy na povrchu drátu vytvoří tzv. trojstranný vtisk. Vzhledem se tyto dráty podobají žebírkové oceli jen s tím rozdílem, že mají menší průměr a daleko vyšší pevnost.

Posledními výrobky, které jsou vyráběny s vysokouhlikatých ocelí, jsou za studena tažené dráty v rozměrové řadě 2,5 - 5,5 mm. Není u nich aplikována stabilizace a tažení za studena je jejich finální operací. Vyrábějí se zejména ve svitcích o hmotnosti cca 300 kg a používají se do méně namáhaných betonových výrobků.

Doplňkovým výrobním sortimentem je drátkobeton, neboli rozptýlená výztuž do betonu. Ta se vyrábí několikanásobným tažením a následným sekáním na drátky o průměru 0,5 - 1,05 mm a délce 30 - 60 mm. Tyto drátky se přidávají přímo do betonové směsi při jejím míchání. Tento výrobek se vyrábí z nízkouhlikaté oceli průměru 5,5 mm a používá se jako náhrada drátěného armování, zejména při výrobě betonových podlah průmyslových hal nebo letištních ploch, kde je vyžadována velká odolnost proti jejich opotřebení při zátěži.



Obr. 5 Slačovací stroj na výrobu pramenců

5. Investice a záměry

Cílem firmy je vyrábět výrobky špičkové kvality, které jsou plně konkurenceschopné kdekoli v Evropě, neboť v tomto oboru je silná konkurence, kdy se vyložené soupeří o zakázky. Tento cíl se firmě daří realizovat. V období posledních 2 let se jí podařilo navýšit roční výrobní objemy ze 49 kt na 54 kt. Snahou je rovněž rozšiřovat výrobní sortiment. V únoru 2014 firma uvedla na trh nový výrobek určený pro polský trh. Je to poplastovaný pramenec průměru 15,7 mm vyráběný v kooperaci se slovenskou firmou, která se zabývá poplastováním drátů a pramenců. Důvodem kooperace je to, že D&D nevlastní poplastovací zařízení.

V oblasti kvality se společnost D&D zaměřila zejména na oblast povrchové úpravy našich výrobků s cílem

optimalizovat proces tažení a zvýšit jejich korozní odolnost. Proto investovala v posledních 2 letech do zkvalitnění procesu moření a finální povrchové úpravy tažených drátů. V současné době dokončuje testování fosfátovacích přípravků s cílem zabezpečit kvalitní fosfátovou vrstvu a zajistit vyšší náběry fosfátu na finálních výrobcích.

Investice v letech 2012 – 2013 směřovaly do obnovy starého strojního vybavení, jako jsou hrotovací a svařovací stroje, míchače tažného prášku a rotační průvlaky. Další investice směřovaly na zkvalitnění pracovního a životního prostředí, kdy ke stabilizačním linkám byly nainstalovány nové odsavače spalin a odsavače prachu.

Firma má zpracovány investiční plány až do roku 2018. Investice pro toto období jsou obecně zaměřeny na modernizaci výroby, zvyšování její efektivity, snižování energetických a výrobních nákladů a další zlepšování pracovního a životního prostředí.

Jednou ze současně probíhajících významných investičních akcí územní osamostatnění firmy. Ta v roce 2014 opustí doposud pronajímané administrativní prostory umístěné na cizím území a přestěhuje se do svých vlastních prostor. Počátkem roku 2015 pak dojde k dokončení oplocení vlastního území a k vytvoření nového vstupu do areálu firmy jak pro zaměstnance, tak i pro osobní a nákladní automobily. Tím dojde k vytvoření samostatného a uzavřeného celku, který už dále nebude závislý na externích zdrojích.

Výzkum a vývoj nových typů povlaků ve VÚHŽ a.s.

Ing. Martin Louda, Ph.D.¹

¹VÚHŽ a. s., 739 51 Dobrá 240, Česká republika

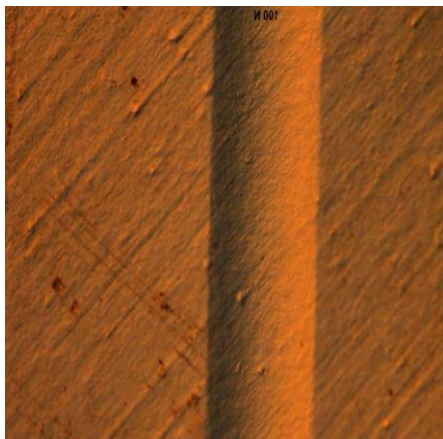
Výzkum a vývoj nových typů povlaků, který probíhá ve VÚHŽ a.s. kontinuálně, byl v případě vrstev založených na bázi TiBC, proveden v rámci projektu MPO TIP FR-TI1/103. Byly testovány různé varianty vyvinutých povlaků. Během tohoto období byli osloveni různí výrobci strojních dílů, zejména firmy, které používají lisovací nástroje. Všechny vyvíjené vrstvy byly testovány v provozních a poloprovozních podmínkách, tak aby byly jejich vlastnosti komplexně ověřeny.

Provozní testy ukázaly, že pro řadu nástrojů pro tváření za studena není koeficient tření rozhodujícím parametrem. Jedná se zejména o kalibrační válečky pro kalibraci profilů válcováním za studena, razidla, apod. Pro lisovací nástroje kde probíhá objemové tváření nebo hluboké tažební za studena nízká koeficient tření rozhodující je.

Pro komplexní prověření vlastností vyvinutých povlaků a větší aplikační potenciál byly tyto povlaky aplikovány i na řezné nástroje – frézy, závitníky. U těchto aplikací je s výhodou využitelná dosahovaná vysoká mikrotvrdost.

Povlakování nástrojů bylo prováděno na provozní povlakovací PA CVD jednotce ve VÚHŽ a.s. Testy povlaků v provozních podmínkách byly prováděny průběžně s tím, že tyto testy napomohly ke správné interpretaci laboratorních výsledků. Byla také ověřena reprodukovatelnost při zachování vysokých hodnot tvrdosti a výborných adhezních vlastností.

Během řešení projektu byl vyvinut povlak založený na bázi TiBC, dosahují velkých tvrdostí (~ 45GPa) a výborných adhezních vlastností k substrátu.



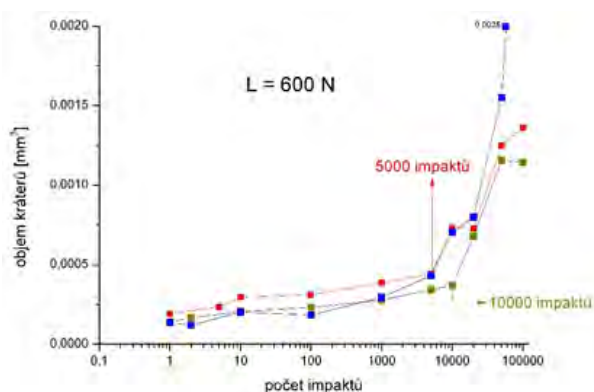
Obr. 1 Scratch test vrstev TiBC při zatížení 100 N (bez poškození)

Impact testy

V rámci projektu byly vrstvy testovány v Ústavu přístrojové techniky Brno za následujících podmínek:

- Frekvence impaktů: 8 Hz
- Teplota vzorků: < 30°C
- Impaktní síla: 600 N
- Počet impaktů: 1 ~ 105 000
- Zdvih indentoru: (2,25 ± 0,05) mm
- Indentor: wolframkarbidová kulička o ϕ 5 mm

Tento test byl navržen jako simulace chování vrstev při rázovém zatěžování (pro lisovací nástroje). Pro srovnání jsou zde porovnány výsledky impaktních testů u optimalizovaných vrstev s výsledky dosahovanými v průběhu řešení projektu, kdy byly testovány různé varianty vrstev TiBC. Impaktní síla 600 N odpovídá energii dopadajícího indentoru asi 3,5 mJ, v rozsahu 1 až 10^5 impaktů. Na každém vzorku bylo provedeno 40 kráterů. Toto zatížení odpovídá normálnímu a smykovému tlaku kolem 3 GPa. Jako charakteristická veličina opotřebení byl zvolen objem kráterů, zahrnující průměr a hloubku. Testy proběhly při pokojové teplotě (24 ± 2)°C a relativní vlhkosti (32 ± 2) %.



Obr. 2 Impaktní testy vrstev TiBC

Provozní testy ukázaly, že pro řadu nástrojů pro tváření za studena není koeficient tření rozhodujícím

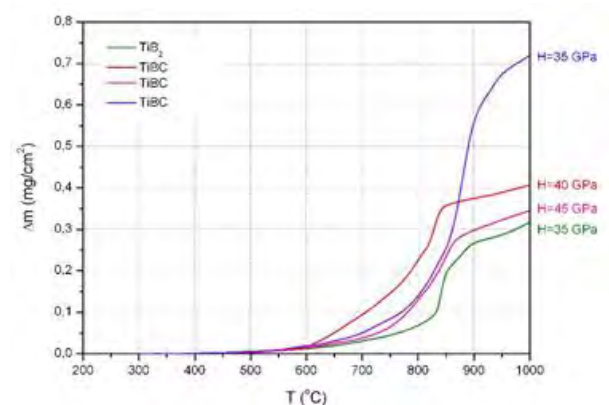
parametrem. Jedná se zejména o kalibrační válečky pro kalibraci profilů válcováním za studena, razidla, apod. Pro lisovací nástroje kde probíhá objemové tváření nebo hluboké tažební za studena nízká koeficient tření rozhodující je.

Pro komplexní prověření vlastností vyvinutých povlaků a větší aplikační potenciál byly tyto povlaky aplikovány i na řezné nástroje – frézy, závitníky. U těchto aplikací je s výhodou využitelná dosahovaná vysoká mikrotvrdost. Provozní testování odolnosti proti abrazi u těchto nástrojů probíhá podstatně rychleji než u nástrojů lisovacích.

Povlakování nástrojů bylo prováděno na provozní povlakovací PA CVD jednotce ve VÚHŽ a.s. Testy povlaků v provozních podmínkách byly prováděny průběžně s tím, že tyto testy napomohly ke správné interpretaci laboratorních výsledků. Byla také ověřena reprodukovatelnost při zachování vysokých hodnot tvrdosti a výborných adhezních vlastností.

Oxidační odolnost vrstev TiBC

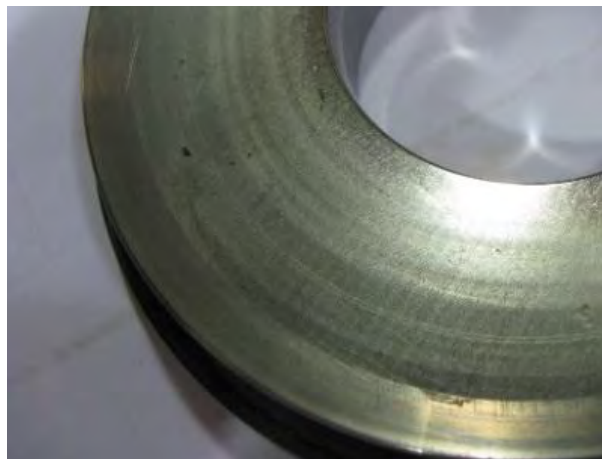
Na vzorcích vrstev TiB_2 a TiBC byla také provedena srovnávací analýza, která měla za úkol zjistit případné zlepšení oxidační odolnosti za zvýšené teploty nového typu povlaku v porovnání se stávajícími vrstvami nanášenými ve VÚHŽ a.s pro aplikace za zvýšených teplot. Testované vrstvy mají v porovnání s referenční vrstvou TiB_2 , která je běžně používána pro aplikace s vysokou teplotou zatěžování (tlakové lití hliníku) horší oxidační odolnost. Začátek nárůstu hmotnosti spojených s oxidací vrstev je okolo 500°C pro všechny testované vrstvy.



Obr. 3 Oxidační odolnost vrstev TiBC s různými hodnotami tvrdosti

Vrstvy TiBC na lisovacích nástrojích

Pro první varianty vrstev TiBC, která vykazovala vyšší hodnoty koeficientu tření, docházelo k zadírání povlakované matrice.



Obr. 4 Povlakovaná matrice, Vrstvy TiBC

Samotný povlak projevoval vynikající vlastnosti, nicméně docházelo k poškození finálního výrobku. To bylo dáno vysokým koeficientem tření. Pro další provozní testy tedy bylo nutno modifikovat povlak tak, aby byl snížen koeficient tření. Tento typ nástroje byl opakovaně povlakován v průběhu řešení projektu. Na lisovacích matricích byla sledována kvalita povlaku a použitelnost vyvíjeného povlaku pro aplikace na lisovací nástroje. Tento typ nástroje byl pro tento projekt referenční. V upravené variantě povlaku TiBC se sníženým koeficientem tření, bylo dosaženo cca 40 - 45 000 stříhových cyklů a při požadované trvanlivosti min. 30 000 cyklů (konkurenční povlaky) došlo k výraznému zvýšení životnosti. Tohoto výsledku bylo dosaženo zejména tím, že byl dále snížen koeficient tření. Výsledek byl potvrzen i při opakovaných testech.

Byly testovány i další aplikace, jako např. kalibrační trny. V porovnání s nepovlakovaným stavem bylo dosaženo až čtyřnásobného prodloužení životnosti s povlakem TiBC. Pro tento typ vrstev a pro aplikaci na kalibrační válce byl také podán ochranný průmyslový vzor. Ve srovnání s konkurenční vrstvou, vrstva TiBC

vykazovala vrstva dvojnásobnou životnost při zpracování ložiskové oceli a ve srovnání s nepovlakovaným stavem až šestinásobnou.



Obr. 5 Povlakované kalibrační trny

Řezné nástroje

Další aplikací, kde byl povlak tohoto typu použit, byly závitníky obrábějící ložiskové oceli. Byly použity již použité závitníky, které se po přebroušení napovlakovaly. Životnost přebroušeného závitníku napovlakovaného povlakem TiBC byla vyšší než životnost závitníků povlakovaných při repasi standardním způsobem. Byla na stejné úrovni jako u závitníků nových. Ve srovnání s konkurenčním povlakem se životnost repasovaných závitníků zvýšila o 50%. Tím lze ušetřit náklady na pořízení nových závitníků, přičemž bylo využito již použitých, po repasi a znovu napovlakování.



Obr. 6 Povlakované závitníky

Další provozní zkoušky povlaku TiBC byly provedeny pro řezné nástroje, konkrétně na frézy pro obrábění pevnostních materiálů a frézy pro výrobu drobného

kolejiva. V případě fréz pro obrábění relativně měkkého materiálu – pro drobné kolejivo - nebylo dosaženo požadovaného efektu. V porovnání s běžně používaným

povlakem TiN došlo k vyřazení fréz s povlakem TiBC z provozu dříve, než bylo dosaženo srovnatelné životnosti s povlakem TiN. To bylo způsobeno tím, že obráběný materiál se nehodí pro vyvinutý typ vrstev TiBC, který pracuje mnohem lépe v náročnějších aplikacích, kde je tvrdost obráběného materiálu vyšší. Negativně se mohla projevit i kvalita stroje – vibrace nástroje.

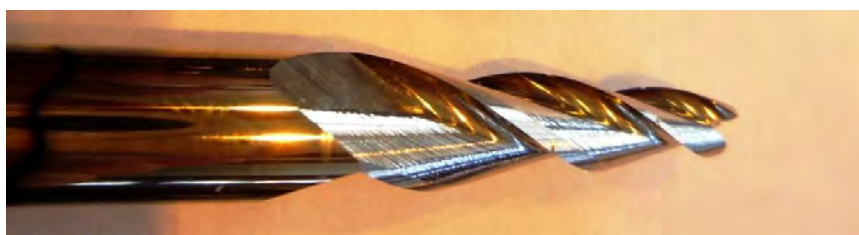


Obr. 7 Povlakovaná fréza pro výrobu drobného kolejiva

U povlakovaných fréz pro opracování pevnostních materiálů bylo využito zejména velmi vysoké tvrdosti a

abrazivní odolnosti povlaku. Při aplikaci za ideálních provozních podmínek (kvalita testovacího stroje) bylo dosaženo pozitivních výsledků. Povlak TiBC přinesl zvýšení životnosti povlakovaných fréz 5x ve srovnání s nepovlakovaným stavem a 1,5x ve srovnání s konkurencí.

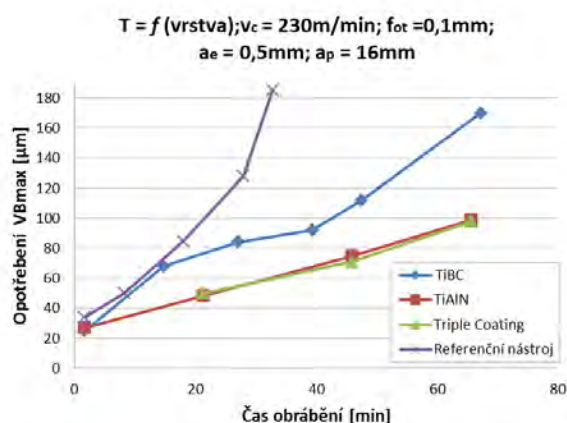
Testování povlaku TiBC probíhalo nejenom na závitnicích, ale také na kuželových frézách v prostředí poloprovozního zařízení katedry obráběcích strojů fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni. V první části byla testována životnost kuželových fréz (obrázek 26) o průměru 8mm, které pracují za náročných podmínek při obrábění feriticko-martenzitické oceli ČSN ISO 17 021.2 (tvrdost 220HB). Bylo provedeno srovnání s běžnými typy vrstev používaných pro frézy obrábějící výše uvedený materiál, jako TiAlN a TripleCoating od firmy SHM, který v současné době patří mezi nejlepší povlaky pro řezné nástroje pro obrábění korozivzdorných ocelí v ČR. Sledovanou veličinou byla životnost vrstev při obráběcím procesu, silové zatížení nástroje, tvrdost materiálu obrobku a mikro-geometrie řezného nástroje.



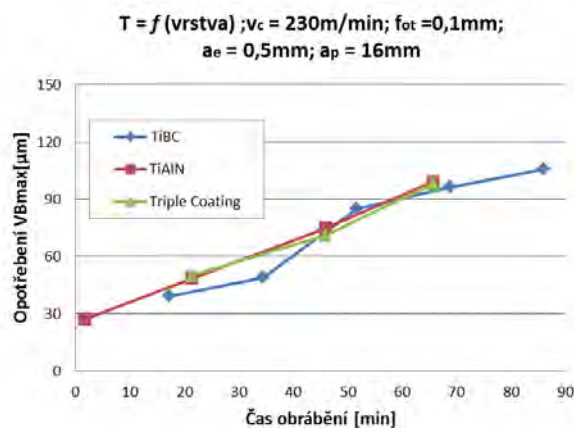
Obr. 8 Povlakovaná kuželová fréza vrstvou TiBC

První varianta vrstev TiBC dopadla ve srovnání s konkurencí dobře, nicméně po technologických

změnách se kvalita povlaků výrazně zlepšila a odrazila se v lepší životnosti.



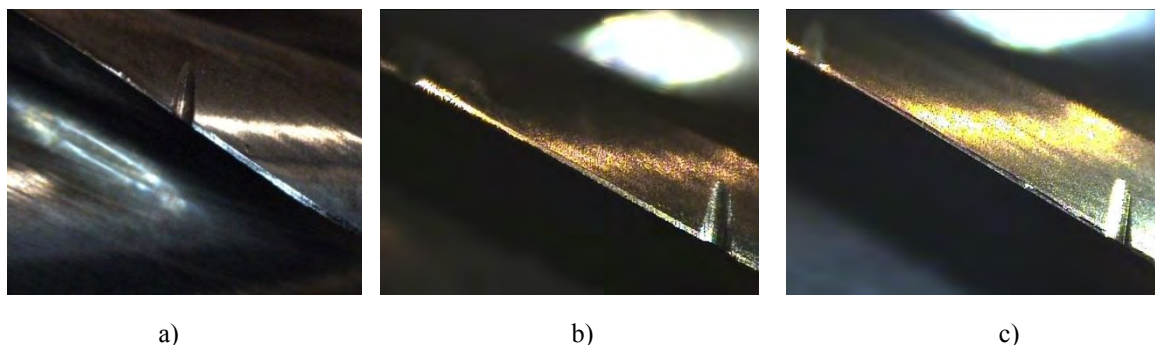
Obr. 9 První varianta vrstev TiBC v porovnání s konkurencí



Obr. 10 Druhá, upravená varianta vrstev TiBC v porovnání s konkurencí

Opotřebení nástrojů bylo rovnoměrné a nedocházelo k místnímu vyštipování řezné hrany. Při opakování

experimentu se výsledky v naměřených hodnotách opotřebení lišily maximálně o 5%.



Obr. 11 Ukázka opotřebení nástroje s vrstvou a) TiBC b) TiAlN a c) Triple Coating

Tlakové lití Al

Další aplikace, ve které byl testován povlak TiBC, bylo tlakové lití Al. Pro tuto aplikaci nebyla důležitá zvýšená tvrdost povlaku, ale hlavně zabránění nalepování Al. Společnost VÚHŽ a.s. standardně s úspěchem používá

pro tlakové lití Al povlak TiB_2 , nicméně v případě vrstev TiBC bylo cílem testů, zda nedojde ke zlepšení a ke zvýšení životnosti povlaků při těchto aplikacích. Formy povlakované vyvíjeným povlakem však vykazovaly stejnou životnost jako se standardním povlakem nanášeným ve VÚHŽ.



Obr. 12 Aplikace povlaku TiBC na nástrojích pro tlakové lití



Shrnutí nejdůležitějších závěrů

Plánovaných cílů dle zadávací dokumentace projektu bylo dosaženo v plném rozsahu. Byla vyvinuta výrobní technologie nanášení PA CVD povlaků na bázi vrstev TiBC. Úspěšnost řešení tohoto projektu potvrzují

výsledky z provozního testování, zejména u nástrojů pro tvárění za studena. Byly podány 3 patentové přihlášky a 2 přihlášky užitných vzorů. Vyvinuté technologické postupy lze aplikovat na povlakovací jednotce ve VÚHŽ a.s. při zajištění nezbytné stability procesu a reprodukovatelnosti dosahovaných výsledků.

Společnost MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. - partner průmyslu v oblasti aplikovaného výzkumu, vývoje a inovací

Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.¹, prof. Ing. Karel Matocha, CSc.¹

¹MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. (dále jen MMV) je VÝZKUMNOU ORGANIZACÍ, tzn., že splňuje podmínky stanovené platnou českou

legislativou a Rámcem Společenství pro státní podporu výzkumu, vývoje a inovací (2006/C 323/01).

MMV je vlastněna Třineckými železárnami, a.s. (90 %) a VŠB-TU Ostrava (10 %). Toto vlastnické spojení je v ČR ojedinělé a je tak v praxi realizována cesta od základního výzkumu přes aplikovaný výzkum a vývoj k aplikaci v průmyslu. Základním posláním a strategickým záměrem společnosti je zabezpečování výzkumu, vývoje, technických a technologických inovací a poskytování služeb v oblasti metalurgie a materiálového inženýrství s cílem přispět ke zvyšování konkurenceschopnosti českého průmyslu.

MMV je vedle VŠB-TU Ostrava jediným pracovištěm v Moravskoslezském kraji, provádějícím experimentální a komplexní materiálový výzkum v oblasti metalurgie a materiálového inženýrství. Experimentální a výrobní kapacity společnosti jsou soustředěny ve zkušební laboratoři č. 1300, která obdržela akreditaci ČIA, o.p.s., v dalších, neakreditovaných laboratořích a v poloproduční hale. Jejich součástí je obrobna mechanických zkoušek, která zajišťuje výrobu zkušebních těles a vzorků pro laboratoře a výrobu přípravků a prototypů pro jednotlivé výzkumné útvary.

MMV se specializuje především na:

- výzkum výroby a tváření ocelí,
- výzkum procesů sekundární metalurgie ocelí,
- výzkum pokrokových tvářecích technologií a řízených procesů tváření
- numerické modelování ocelářských pochodů – tekutá fáze,
- numerické a matematické modelování válcovacích, kovárenských a tažirenských procesů,
- hodnocení konvenčních a nekonvenčních materiálových vlastností v akreditované zkušební laboratoři únavových a křehkolomových vlastností,
- ověřování creepových charakteristik materiálů,
- chemické analýzy a měření emisí v akreditované a zkušební laboratoři,
- strukturní a fázové analýzy kovových materiálů,
- analýzu příčin porušování kovových materiálů,
- výrobu ingotové oceli,
- výrobu odlitků z šedé, legované a speciální litiny.

1. Nosné aktivity společnosti

Nosné aktivity společnosti jsou soustředěny do 5 úseků tvořících organizační strukturu:

- Metalurgický výzkum
- Vývoj a výroba zkušebních strojů
- Laboratoře
- Výzkum materiálového inženýrství
- Laboratoř hodnocení povrchových vlastností

2. Charakteristika jednotlivých úseků

2.1 Úsek Metalurgický výzkum

2.1.1 Ocelářský výzkum

Útvar Ocelářský výzkum se zabývá výzkumem a vývojem v následujících oblastech:

- optimalizace technologie výroby vysoce jakostních ocelí
- metalurgie tavení, rafinace a odlévání kovových materiálů v podmínkách atmosférických, ve vakuu nebo v přetlaku argonu či dusíku
- technologie odstranění plynů (vodík, kyslík) a nadusičení na vysoké obsahy u různých typů tavenin
- metalurgické pochody na zařízeních primární a sekundární metalurgie, zahrnující také elektrostruskové přetavování (ESP)
- odstraňování škodlivých příměsových prvků, plynů a vměstků z oceli
- numerické modelování odlévání a krystalizace v software Magma 5

Výzkum, vývoj a výroba se realizují na těchto metalurgických agregátech:

- atmosférické indukční tavicí pece 1750 kg, 350 kg, 40 kg (IP)
- vakuová indukční tavicí pec 1,5 kg (VIP) s možností mikrovlnného ohřevu
- elektrostruskové přetavovací zařízení 2500 kg (ESP)
- vakuová a přetlaková indukční tavicí pec 1750 kg (VPIM) s odléváním spodem v kesonu

Odlévání se provádí do kokil kovárenských, kruhových nebo bramových a rovněž do pískových forem.

V minulosti byla zvládnuta výroba řady ocelí :

oceli pro klasickou a jadernou energetiku (08CH18N10T, A508, CHN35VT-VD, OCHN3MFA, 10Cr2WCoNB, 20MnNiMo55, P93, P91, P92, 17523a další), nízkouhlíková ocel ULC-BH, antikorozi oceli AISI403, 17027, 17047, oceli pro letecký průmysl L-ROLN a P-ROLN, konstrukční ocel G17CrMo5-5-2, G17CrMoV5-10, 11523, manganová ocel 1.3820, duplexní ocel S32760, super duplexní ocel 1.4477, antikorozi a žáruvzdorná ocel na odlitky 422944, kovové slitiny Inconel 718, Nimonic 80a, nástrojové oceli 1.2379, 19552, 19559 19554, 19663, 19675 a 19830, litiny na odlitky Nihard, speciální oceli podle přání zákazníka 03CrNiMo10-10-2.



Obr. 1 Vakuově přetlaková indukční tavicí pec
Fig. 1 Vacuum and Pressurized Induction Melting Furnace

2.1.2 Výzkum tváření

Útvar Výzkum tváření se zabývá matematickým modelováním a fyzikálním modelováním tvářecích procesů. Obě oblasti jsou úzce propojeny, a umožňují tak efektivní vývojovou činnost pro široký rozsah technologií tváření.

Pracoviště matematického modelování se specializuje na tvorbu matematických modelů jednotlivých technologií a jejich numerickou simulaci. Kromě nosného výpočetního programu FORGE (výpočet metodou konečných prvků) je vybaveno také několika podpůrnými programy pro oblast numerické simulace fázového složení, tekuté fáze, kinetiky fázových přeměn a statistické analýzy provozních a experimentálních dat (dat fyzikálního modelování). Samostatnou oblastí je pracoviště statistické analýzy. Zde se provádí podrobná statistická analýza technologických výrobních dat či experimentálních výsledků, určení míry vlivu jednotlivých parametrů na výrobní procesy, popř. návrh potřebných matematických modelů odvozených z těchto analýz a experimentálních výsledků.

Ověřování pomocí fyzikálního modelování je prováděno na několika nosných zařízeních, a to: univerzální krutový plastometr SETARAM, pádstroj pro zkoušení za vysokých teplot a válcovací stolice bezešvých trubek. Pracoviště pro válcování bezešvých trubek je unikátním komplexem, který svým technickým řešením umožňuje velmi detailně sledovat procesy kosého válcování a sledování vlivu konkrétních tvářecích parametrů. Toto pracoviště se orientuje nejen na oblast samotného tváření (technologie děrování,

redukci průměru a rozšiřování trubek, elongace kruhových děrovaných předvalků), ale také na tepelné zpracování trubek, které ve vztahu k chemické skladbě jednotlivých materiálů umožňuje maximalizovat jejich mikrostrukturní potenciál pro získání požadovaných vlastností. To je využitelné nejen v oblasti výzkumu tvářených materiálů, ale také při ověřování možností technologie kosého válcování s dvěma a třemi pracovními válci pro nové aplikace a také ověřování parametrů zatížení stroje a nástrojů při konstrukci.

Takto sestavené výzkumné pracoviště umožňuje propojit tradiční oblast matematického modelování s modernějším přístupem numerické simulace, např. využitím metody konečných prvků ve vztahu k fyzikálnímu modelování v laboratořích se zaměřením na analýzy i optimalizaci tvářecích technologií pro praxi.



Obr. 2 Laboratorní válcovací stolice bezešvých trubek
Fig. 2 Laboratory rolling mill for production of seamless tubes

2.2 Úsek Vývoj a výroba zkušebních strojů

Hlavní náplní tohoto úseku je:

- vývoj a výroba zkušebních strojů, zařízení, přístrojů a přípravků pro oblast hodnocení materiálových charakteristik a výsledků penetračních testů
- vývoj speciálních přípravků, metod a zařízení pro podmínky, kde není možné použít standardní měřicí techniku
- vývoj SW a HW pro řízení strojů, přístrojů, technologií, kontinuálního snímání měřených veličin apod., a to dle potřeb zákazníka
- tepelně-technická měření
- výroba zkušebních vzorků, zakázková výroba

Tento úsek v posledních dvou letech vyvinul a vyrobil následující zařízení:

- SPUTT 500 – zařízení pro provádění penetračních creepových zkoušek. Toto zařízení bylo prodáno do USA a Itálie a rovněž 3 tato zařízení jsou využívána v naší společnosti
- CRYOSET – kryogenní komora pro zkoušení malých vzorků za nízkých teplot

- VÁŽNÍ SYSTÉM – pro on-line sledování odlévání tekutého kovu z pánve, možnost řízení licí rychlosti
- MABIT – Instrumentální tvrdoměr IN-SITU pro nedestruktivní stanovení základních mechanických parametrů

Mechanické dílny jsou mimo jiné vybaveny:

- pilami na dělení materiálu o rozměrech max. 550 x 700 mm
- CNC soustruhy
- CNC elektroerozivní drátovou děličkou
- CNC přesnou rovinou brusku na plocho



Obr. 3 MABIT – Instrumentální tvrdoměr typu IN-SITU
Fig. 3 MABIT – Instrumental portable hardness tester

2.3 Úsek Laboratoře

Tento úsek je tvořen zkušební laboratoří č. 1300 akreditovanou ČIA, o.p.s., která je členěna na 3 laboratoře:

- Chemická laboratoř
- Laboratoř únavových a křehkolomových vlastností
- Laboratoř pro měření emisí

Tyto laboratoře se zabývají zejména těmito činnostmi:

- chemická analýza kovových a oxydických materiálů, analýza odpadů a jejich výluhů, analýza průmyslových vod, korozní zkoušky (Chemická laboratoř),
- zkoušení mechanických vlastností, únavové a korozní zkoušky, zkoušky korozního praskání, zkoušky lomové houževnatosti (Laboratoř únavových a křehkolomových vlastností), tepelné zpracování,
- měření a vzorkování emisí.

2.3.1 Charakteristika činnosti jednotlivých laboratoří

- Chemická laboratoř
- vývoj analytických metod
- analýzy odpadů

- speciální analýzy
- expertní činnost
- speciální korozní zkoušky v prostředí sirovodíku (HIC, SSC) a jeho směsných plynech
- korozní zkoušky mezikrystalové koroze
- analýzy obsahu plynů v kovech (H, N, O aj.)

- Laboratoř únavových a křehkolomových vlastností
- zkoušky mechanických vlastností
- zkoušky únavových a křehkolomových vlastností
- stanovení mechanických a křehkolomových vlastností pomocí SPT testů, odběry zkušebního materiálu a následné vyhodnocení zbytkové životnosti provozovaných konstrukcí
- zkoušky korozního praskání ve vodním prostředí o vysoké teplotě a tlaku
- simulační tepelné zpracování, stanovení popouštěcích křivek a optimalizace tepelného zpracování kovových materiálů
- vývoj metodik pro hodnocení mechanických vlastností miniaturizovanými zkušebními tělesy, návrhy miniaturizovaných zkušebních těles
- vibrační testy komponent pro automobilový průmysl
- vývoj nových zkušebních metod v oblasti testování mechanických vlastností kovových materiálů
- návrhy zkušebních přípravků a realizace jejich výroby
- poradenství a konzultace v oblasti materiálového inženýrství, technická pomoc v oblasti hodnocení kovových materiálů a jejich degradace v důsledku provozu
- analýzy příčin porušení konstrukčních dílců a zařízení

Akreditované zkušební postupy:

- měření lomové houževnatosti
- stanovení teploty nulové houževnatosti
- zkouška únavy při konstantní amplitudě napětí
- zkouška nízkocyklové únavy
- měření rychlosti šíření únavových trhlin
- zkouška tahem
- zkouška rázem v ohybu
- měření tvrdosti
- stanovení meze pevnosti a meze kluzu penetračním testem
- zkouška lámavosti
- stanovení přechodové teploty FATT metodou penetračních testů
- zkouška odolnosti ocelí vůči křehkému porušení padajícím závažím

- Laboratoř pro měření emisí

Na základě zákona č.201/2012 Sb. provádíme **autorizované měření emisí** u stacionárních zdrojů emisí opatřených výduchem nebo komínem (kotelny,

průmyslové pece, třídírny, spalovny, technologické procesy).



Obr. 4 Instrumentované Charpy kladivo
Fig. 4 Instrumented Charpy pendulum

2.3.2 Příklady externích zakázek úseku Laboratoře

- V oblasti korozních zkoušek:
 - Realizace zkušebního programu hodnocení základního materiálu a svarových spojů pro produktovody AKERSOLUTIONS – Norsko
- V oblasti aplikace miniaturizovaných zkoušebních těles a SPT při hodnocení zbytkové životnosti provozovaných komponent:
 - Vattenfall A/S, Dánsko
 - VUJE, Slovensko
 - ČEZ – hodnocení nultých stavů komponent pro klasickou energetiku
 - ČEZ – hodnocení korozní odolnosti heterogenního svarového spoje ve vodním prostředí o vysoké teplotě a tlaku
 - VÍTKOVICE POWER ENGINEERING – hodnocení napěťově deformačního chování austenitických materiálů po ohybu za studena
 - Dalkia – hodnocení zbytkové životnosti provozovaných kotlových bubnů
 - OGREZ, Slovensko – hodnocení pevnostních vlastností nádrží v areálu JE Mochovce metodou SPT
- V oblasti hodnocení únavových a křehkolomových vlastností:

- ČSÚ – hodnocení křehkolomových vlastností svarového spoje tlustých plechů
- VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY – hodnocení únavových vlastností hřídelů pro větrné elektrárny
- Litostroj, Slovinsko – hodnocení lomové houževnatosti kovaných hřídelů
- ArcelorMittal – hodnocení lomové houževnatosti svarových spojů trubek pro produktovody
- Škoda Doosan – hodnocení únavových vlastností rotorů
- Stant Manufacturing – provádění vibračních testů součástí palivových systémů pro automotive

2.4 Úsek Výzkum materiálového inženýrství

Činnost tohoto úseku je zaměřena na poskytování širokého portfolia expertních služeb v materiálovém inženýrství, speciálně pak v oblasti hodnocení creepových vlastností ocelí a slitin, životnosti a provozní spolehlivosti komponent a zařízení, zbytkové životnosti energetických zařízení a také v technické pomoci při řešení příčin poruch a havárií, nejakostní výroby apod. Tento úsek je rozdělen do dvou útvarů: Energetika a Metalografie a strukturní analýzy.

2.4.1 Energetika

Vybavení creepové laboratoře v útvaru Energetika umožňuje provádět a vyhodnocovat dlouhodobé creepové zkoušky do lomu i s měřenou deformací při teplotách 400 až 700 °C, přičemž celková zkušební kapacita činí až 365 zkušebních míst. K tomu byly nově zprovozněny 3 stroje pro creepové penetrační testy, které umožňují minimalizovat množství odebraného experimentálního materiálu bez omezení množství a kvality informací o aktuálních vlastnostech posuzovaného dílu. Mezi hlavní aktivity útvaru patří v současné době ověřování creepových charakteristik základního materiálu a svarových spojů nových značek austenitických žárupevných ocelí (Super 304H, HR3C a Tp347 HFG), martenzitických ocelí (P 92) a hodnocení zbytkové životnosti materiálu pro parovody po dlouhodobé provozní expozici (až 240 000 hodin) v podmínkách čs. energetiky.

2.4.2 Metalografie a strukturní analýzy

V útvaru Metalografie a strukturní analýzy jsou prováděny zejména metalografické analýzy pomocí optické i řádkovací elektronové mikroskopie. Metalografická laboratoř poskytuje komplexní služby při hodnocení makrostruktury, mikrostruktury, stanovení obsahu nekovových vměstků v ocelích, velikosti zrna a plošného podílu strukturních složek a speciální druhy mikrostrukturních rozborů. Kromě toho jsou prováděny fraktografické analýzy na řádkovacím elektronovém mikroskopu JEOL JSM 5510 doplněném o EDS mikroanalýzátor i mikroanalýzy pomocí elektronové mikrosondy JEOL JCXA 733 s využitím EDS i WDS. Útvar provádí také specializovaná dilatometrická měření na kalícím dilatometru DIL

805A, včetně sestrojování ARA diagramů a měření koeficientu lineární teplotní roztažnosti.



Obr. 5 SPUTT 500 – zařízení pro provádění creepových penetračních zkoušek

Fig. 5 SPUTT 500 – Small punch creep testing machine

V roce 2013 tento úsek prováděl v rámci smluvního výzkumu experimentální ověření creepových vlastností moderních žárupevných materiálů, konkrétně pak austenitické žárupevné oceli DMV 304 H Sp provozované v kotlích ETU II a trubek, resp. svarových spojů z oceli P 92. V oblasti expertních činností se dlouhodobě podílí na stanovování příčin nejakostní výroby hutních výrobků, analýz materiálůvých vlastností dlouhodobě provozovaných komponent tlakového celku klasických kotlů a stanovování jejich zbytkové životnosti. V roce 2013 pak byly řešeny mj. úkoly spojené s výrobou tažených drátů a eliminací výskytu vad při tažení, problematika praskání kolejnic nebo stanovení příčin porušení pružin.

2.5 Úsek Laboratoř hodnocení povrchových vlastností

Tento úsek, který je detašován na pracovišti v areálu VÚHŽ a.s., Dobruška, zabývá výzkumem a vývojem metodik analýz a hodnocení povrchových vlastností materiálů v rámci řešení problémů souvisejících s chemickým a fázovým složením povrchových vrstev a jejich korozní odolností.

Experimentální vybavení umožňuje provádět bulk a profilovou elementární analýzu (GDOS), stanovení C, S, N, O, H (analýzátory), hodnocení mikrostrukturního stavu, chemického a fázového složení různých typů povrchů, přechodových vrstev, substrátů (ŘEM s mikroanalytickými systémy EDS, WDS a EBSD) a zkoušení korozní odolnosti (kondenzační korozní komora a klimatická komora).

Aktivity laboratoře jsou zaměřeny na studium vlastností systémů povrch/přechodová vrstva/substrát v souvislosti s optimalizací technologií povrchových úprav, hodnocením defektních stavů materiálů, řešením problematiky tvorby povrchových vrstev, povlaků a

jejich ochranných vlastností v různých typech prostředí, chemického a fyzikálního zpracování, resp. řízenými úpravami povrchu, dále v souvislosti se sledováním procesů korozní degradace, stárnutí, poruchovosti a jiných poškození kovových i organických materiálů, výrobků a systémů povrchové ochrany v různých klimatických a korozních podmínkách (včetně modelování vlivu různých parametrů prostředí apod.)

Výsledky VaV a expertizních prací mají široký aplikační potenciál. V současné době nacházejí uplatnění zejména při hodnocení vlastností materiálů a výrobků v automobilovém, strojírenském a metalurgickém průmyslu. Rozvíjí se i spolupráce s dalšími segmenty trhu v rámci vývoje nových technologií a produktů pro speciální aplikace, např. ve zdravotnictví.

Laboratoř povrchových analýz a koroze úzce spolupracuje s Povlakovacím centrem VÚHŽ a.s. Řešitelské aktivity se zaměřují na metody hodnocení povlaků typu PVD, PA CVD a CVD. V rámci zavádění nových povrchových úprav produktů s vyššími užitnými vlastnostmi a kontroly kvality nanesených vrstev budou činnosti směřovány na výzkum a návrh zkušebních a testovacích postupů pro metodiky hodnocení povlaků odolných proti otěru, kluzných a biokompatibilních povlaků. Získané poznatky najdou uplatnění zejména při optimalizaci technologie povlakování a posouzení možnosti nasazení produktů v náročných provozních podmínkách.



Obr. 6 FEG SEM Quanta 450 s EDX/EBSD/WDX systémem TRIDENT APEX4

Fig. 6 FEG SEM Quanta 450 with EDX/EBSD/WDX system TRIDENT APEX4

3. Projektová spolupráce ve VaV

Společnost MMV je již od roku 1998 zapojena do řešení výzkumně - vývojových projektů v rámci České republiky, v rámcových programech EU, v projektech RFCS a programech dvoustranných mezinárodních spoluprací.

Největším současně řešeným projektem je „Regionální materiálově technologické výzkumné centrum - Národní program udržitelnosti“ (poskytovatel dotace MŠMT).

Řešitelem projektu je Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Společnost MMV vystupuje v projektu jako spoluřešitel. Společnost MMV se v projektu zaměřuje na řešení částí výzkumných programů v oblasti intenzivních procesů tváření, speciálních zkušebních postupů a nových technologických postupů ve výrobě kovových materiálů.

V rámci účelové podpory je společnost MMV spoluřešitelem projektů Technologické agentury České republiky:

- Vývoj metodiky hodnocení degradace vlastností ozářených materiálů obtížně vyměnitelných komponent jaderných elektráren pomocí penetračních zkoušek. (ALFA), hlavní řešitel je ÚJV Řež, a.s. a spoluřešitel České vysoké učení technické v Praze.
- Centrum výzkumu a experimentálního vývoje spolehlivé energetiky, CENTRUM KOMPETENCE, hlavním řešitelem je Výzkumný a zkušební ústav s.r.o. Plzeň, ve spolupráci s ČEZ, ČVUT, ŠKODA POWER, TES, ZU Plzeň a ENERGOSERVIS.

MMV je také spoluřešitelem programů TIP MPO:

- Výzkum a vývoj progresivních legovaných materiálů při výrobě bezešvých trubek válcovaných za tepla pro oblast energetického strojírenství, hlavním řešitelem jsou TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., spoluřešitel VŠB-TU Ostrava.
- Materiálové řešení průmyslových zařízení pracujících s ultra přehřátou parou, hlavním řešitelem je ÚJP Praha, spoluřešitel SVÚM a VÍTKOVICE POWER ENGINEERING, a.s.

V rámci mezinárodní dvoustranné spolupráce je MMV řešitelem projektu "Porovnání zkušebních postupů pro stanovení mechanických vlastností materiálů pomocí penetračních testů používaných v EU a Číně" v programu KONTAKT-MŠMT, spoluřešitelem je společnost East China University of Science and Technology, Republic of China.

Společnost MMV je rovněž příjemcem finančních prostředků na „Dlouhodobý koncepční rozvoj Výzkumné organizace“. Tyto prostředky Výzkumná organizace získává na základě dosažených výsledků ve výzkumu a vývoji.

4. Systém jakosti

Společnost MMV s.r.o. v souladu s požadavkem normy ČSN EN ISO 9001:2009, vytvořila a dokumentovala systém managementu kvality, který uplatňuje, udržuje a neustále se snaží zlepšovat jeho efektivnost.

Systém zabezpečení managementu kvality zkušebních činností zkušební laboratoře č. 1300 akreditované ČIA, o.p.s. je vytvořen v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 společně s ČSN P CEN/TS 15675 a navazuje na zavedený systém managementu

kvality společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. dle ČSN EN ISO 9001:2009

5. Mezinárodní spolupráce

V rámci mezinárodní spolupráce MMV vyvíjí činnost v těchto oblastech:

- Mezinárodní projekty VaV s finanční podporou: program RFCS - EU, program KONTAKT-MŠMT, ČR
- Mezinárodní konference SSTT, STEELSIM, EOSC, které spoluorganizuje MMV s dalšími partnery. V letošním roce je to 7. ročník European Oxygen Steelmaking Conference, která se bude konat ve dnech 11. – 13. 9. 2014 v Trinci (www.eosc2014.cz) a 3. ročník mezinárodní konference SSTT, která se bude konat ve dnech 23. – 25. 9. 2014 v Gratzu, Rakousko (www.sstt2014.org)

Příklady smluvní spolupráce:

- společnost KEMA (Holandsko), zkoušky SPT materiálů pro energetiku (creep),
- společnost ArcelorMittal Tubular Products Roman S.A. (Rumunsko), CTOD testy trubek pro parovody,
- společnost AKER SOLUTIONS (Norsko) přes společnost ŽĐAS, a.s., SSC testy trubek základního materiálu a svarových spojů pro produktovody,
- společnost VATTENFALL A/S (Dánsko), hodnocení zbytkové životnosti provozovaných trubek energetických zařízení určených pro superkritické parametry,
- společnost IBOK, a.s., ORGREZ Bratislava, a.s., SLOVING, spol. s r.o. (všechny Slovensko), hodnocení zbytkových životností kotlových bubnů, tlakových nádob a reaktoru etylenové jednotky.

Závěr

Společnost MMV ve spolupráci s VŠB-TU Ostrava řešila v letech 2010 až 2013 projekt Regionální materiálově technologické výzkumné centrum. V rámci řešení tohoto projektu byla vybudována moderní výzkumně-vývojová pracoviště a byly vybudovány výzkumné týmy. Byly navázány nové kontakty s průmyslovými partnery jak v různých oblastech výzkumu a vývoje v materiálovém a metalurgickém inženýrství, tak i v oblasti komerčního výzkumu.

Poznámka: Další informace o společnosti MMV lze najít na webových stránkách: www.mmvyzkum.cz.

ze spolkového života a odborných akcí

Odborná komise ekonomická v JMA, s.r.o, Hodonín poděkovala jubilantům



Předseda OKE při předávání ocenění na 13. odborném semináři ČSS

Ve dnech 19. – 20. 3. 2014 se členové Odborné komise ekonomické (OKE) při České slévárenské společnosti (ČSS) spolu se slévači z praxe sešli v Jihomoravské armaturce, spol. s.r.o. v Hodoníně. Navštívili špičkově řízenou a skutečně dobře prosperující slévárnu. Setkání bylo součástí 45. zasedání OKE, konané ve vinném sklepě „U templářských rytířů“. Druhý den programu bylo spojeno s 13. odborným seminářem ČSS. Jednání se přemístilo se do Čejkovic, známých výrobou kvalitního moravského vína. Seminář shrnoval roční výsledky řešení PROJEKTU XIV zaměřeného na nákladovost apretace litinových odlitků a tepelné zpracování ocelových odlitků [1]. Prezentoval velice zajímavé vystoupení Ing. Pavla Sobiška z UNICredid Bank. Pak následovaly informace o situaci v jednotlivých slévárnách. Uvedená sdělení byla podrobně rozvedena v [2] a budou dále publikována v [3]. Proto se věnujeme v daném příspěvku spíše vzpomínutým jubilantům.

Na společenském večeru byly připomenuty tři význačné osobnosti ze slévárenského a metalurgického oboru. První byl vzpomínut Bc. Roman Míča z podniku ŽDAS a.s., který zde byl u příležitosti svých 45. narozenin uveden jako mladá, tvůrčí naděje ČSS. Dalšímu odborníkovi Ing. Jiřímu Šimsovi, řediteli KD Foundry s.r.o., Králův Dvůr, shromáždění při příležitosti jeho sedmdesátin srdečně poděkovalo za jeho práci v těžkém slévačském řemesle. Oba jubilanti osobně obdrželi od kolektivu OKE malý dárek a milou supliku s podpisy gratulantů.

Třetí jubilant, Ing. John Krosnar, také čerstvý sedmdesátník, přítomen být nemohl, protože trvale žije a pracuje v zahraničí. Avšak pro slévárnictví jak české, tak evropské vykonal skutečně jako málokdo. Ale podívejme se na jeho života běh zevrubněji:

Začneme tím, že jako pracovník VÚHŽ Dobrá v minulém století u nás významně přispěl k rozvoji technologie výroby odstředivě litých trubek především z litiny s kuličkovým a lupínkovým grafitem. Od roku 1980 žije s rodinou v Anglii. Tam vykonával funkci metalurga ve slévárně Precision Disc Castings Ltd. v Poole, vyrábějící odlitky pro automobilový průmysl s obratem 12 mil. £. Po pár letech se stal ředitelem slévárny a po čase i jejím majitelem. Pod jeho vedením došlo k zásadní modernizaci závodu (náhrada kupolových pecí indukčními, instalace automatických odlévacích linek Disa aj.) a výrobní program se specializoval na automobilové brzdové kotouče. Slévárna zvýšila svou výrobu odlitků až na 50 kt/r s obratem 30 mil.£. Následně fúzovala s obrobnami Prazisions Brems-Scheiben GmbH (Lemgo-Lieme) a High Precision Machining Ltd. (Washington) a v Anglii tak vznikla nová společnost EURAC Ltd., Poole. Nově vzniklá společnost v r. 2002 rozšířila výrobu brzdových kotoučů také do ČR a založila zde slévárnu BAK Hradec Králové s roční výrobou 45 kt odlitků. Společnost EURAC Ltd. tak s produkcí téměř 100 kt/r a obratem přes 70 mil. £ patří k největším dodavatelům kvalitních brzdových kotoučů na světě.



Jubilant Ing. John Krosnar při příležitosti oslavy osobního jubilea a předvádění modelu linky na odlévání brzdových kotoučů v r. 2013

Jubilant také předává své bohaté zkušenosti svým kolegům ve slévárnách v Anglii i v Evropě. Nejsou to pouze odborné publikace a přednášky. Téměř 5 let je prezidentem Svazu sléváren Anglie, členem Svazu evropských sléváren CAEF (Casting Asociation of Europe Foundry) a také členem Slévárenské společnosti Anglie (CIT). Není jen úspěšným odborníkem, ale také uznávaným manažerem, který téměř doslovně nezná „že něco nejde“. Snad jen těžko bychom hledali českou osobnost, která tak úspěšně proslavila slévačské řemeslo v zahraničí, jak se to povedlo Ing. Johnu Krosnarovi.

Literatura

- [1] Kafka V., Brázda Z., Brhel J., Fik M., Herzán M., Jelínek P., Lána I., Marko E., Miča R., Novobilský M., Obrtlík J., Vyletová B., Mrázek M.: Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (III. etapa), PROJEKT XIV. In 13. seminář ČSS pořádaný ČSS a JMA Hodonín 19-20.3.2014, CD Rom, Hodonín: Česká slévárenská společnost, 2014, 72 s. ISBN 978-80-02-02519-1
- [2] <http://www.oke.wu.cz/> [cit. 30.3.2014]
- [3] *Slévárství*, roč. LXI, 2014, č. 4-5, v tisku.

*doc. Ing. Václav Kafka, CSc.
předseda OKE ČSS*



2 THETA ASE, s.r.o., Český Těšín, CZ

pořádá v rámci projektu reg. č. CZ.1.07/3.2.07/04.0081

„Příprava kurzů a učebních textů v oboru vzorkování a chemické analýzy“

odborné kurzy, určené pro účastníky z Moravskoslezského kraje, kteří nejsou zaměstnání ve školství:

- **Zásady a možnosti analýzy anorganických látek**, kurz, **16. - 19. 6. 2014**, Beskydy (odborný garant prof. Ing. Vladimír Tomášek, CSc. – VŠB TU Ostrava, prof. RNDr. Viktor Kanický, DrSc. – Masarykova univerzita Brno)
- **Analýza organických látek**, kurz, **13. - 16. 10. 2014**, Beskydy (odborný garant doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc. – FCH VUT v Brně, prof. Ing. Jiří G.K. Ševčík, DrSc. – Univerzita Karlova v Praze)

Organizační zabezpečení :

2 THETA ASE, s.r.o. - Ing. Dagmar Krucinová, Ing. Václav Helán
Jasná 307, 735 62 Český Těšín
Tel/fax: +420 558 732 122, mobil + 420 602 240 553 www.2theta.cz

nová literatura

Helma Frank, Jaroslav Fiala, Ivo Kraus

Elektronová struktura a reaktivita povrchů a rozhraní

(Recenze prof. Ing. Jiří Švejcar, CSc., FEng.)



nebo údy, ale „očima neviditelné“ rozhraní mezi buňkami. Stejně tak je každé těleso složeno z obrovského množství atomů, iontů, molekul, základních stavebních jednotek (buněk) krystalové struktury, mozaikových bloků a krystalitů. Reakce takového složitého agregátu na mechanické, elektrické či chemické podněty je často určována nikoli oněmi základními stavebními jednotkami, ale jejich rozhraním, které tyto jednotky rozděluje a spojuje.

Předkládaná kniha „Elektronová struktura a reaktivita povrchů a rozhraní“ Helmara Franka, Jaroslava Fialy a Ivo Krause je věnována právě tomuto „vnitřnímu povrchu“ pevných látek, tedy materiálové struktuře s vnitřními rozhraními.

Kniha vyšla roku 2013 v nakladatelství ČVUT a má 317 stran a 277 obrázků. Kromě úvodu sestává ze tří částí: Elektronová struktura povrchů a rozhraní, Reaktivita povrchů a rozhraní a Biogramy průkopníků fyziky povrchů a rozhraní.

V první části se vysvětluje, proč a jakým způsobem povrchy (mezifázová rozhraní) ovlivňují chování elektronů v pevných látkách. Popisuje se, jak vznikají a jaké vlastnosti mají struktury MOS a MIS a probírají se různé formy emise elektronů, tj. jejich prostupu povrchem pevné látky: termoemise, fotoemise, sekundární emise a autoemise. Je pojednáno o tunelovém jevu a v té souvislosti je vysvětlena podstata řádkovacího tunelového mikroskopu (STM). Podrobně se rozebírají možnosti mikroskopie atomárních sil (AFM) a její různé realizace, jakož i návazné techniky, kupříkladu řádkovací kapacitní mikroskopie nebo mapování elektrostatických a magnetických polí, respektive chemického potenciálu a nanomanipulace

(DPN) se subatomovým rozlišením. Zásadní rozbor procesů, ke kterým dochází redistribucí elektronů na plošném přechodu (kontaktu, rozhraní) mezi kovem a polovodičem nebo mezi různými oblastmi polovodiče, jež mají odlišné chemické či strukturní složení, představuje jak s hlediska teoretického významu, tak z hlediska významu existujících i zamýšlených budoucích inženýrských aplikací vlastní jádro první části knihy. Na to pak navazují partie pojednávající podrobně o těchto aplikacích: o diodách, tranzistorech, tyristorech a monolitických integrovaných obvodech, světelných diodách, laserech, optických vláknech a solárních článcích. Osou výkladu je povrch, rozhraní; dále jsou to objekty, jejichž povrchové (hraniční) oblasti jsou (v poměru k jejich celkovému objemu) převládající: tenké vrstvy (tém je věnována zvláště velká pozornost), vícesložkové systémy, kvantové struktury, grafén. Taktéž sem patří objekty, jejichž relevantní strukturní detaily jsou mikroskopické, submikronové, koloidní (nanodisperzní) a dokonce atomové. Ty posledně jmenované jsou tak subtilní, že mluvit o jejich povrchu už ani nemá smysl. A přece: čím menší součástky, tím vyšší stupeň integrace, tím výkonnější počítače a fantastičtější užité vlastnosti mobilů... Jakže to říkala liška malému princovi?

Druhá část knihy se zabývá geometrickými a chemickými aspekty reaktivity povrchů a rozhraní. Vysvětluje, proč je rozhraní reaktivní a proč má křivost rozhraní (tedy druhá derivace v konfiguračním prostoru – obdobně jako druhá derivace potenciálového profilu ve fázovém prostoru) zcela zásadní význam pro jeho reaktivitu. Připomíná, že má-li dojít k reakci mezi látkami A a B, musí molekula látky B mezi molekuly (atomy) látky A zapadat jako klíč do zámku, tedy molekuly obou těchto látek musí být geometricky komplementární (reaktivita je podmíněna geometrií), a podrobně diskutuje, nakolik je geometrie rozhraní přizpůsobivá. Vysvětluje se zde podstata epitaxie, snad nejdůležitějšího architektonického principu agregace elementárních stavebních jednotek ve struktuře pevných látek, a na konkrétních příkladech se ukazuje, jakým způsobem lze využít rentgenografickou difrakční analýzu při optimalizaci volby materiálů, které chceme spojovat, má-li to spojení být co nejpevnější. Kniha pojednává o spontánní strukturalizaci, tj. o genezi rozhraní, o dendritech a dendritických mřížích, koloidních krystalech a micelárních agregátech

povrchově aktivních látek. Poukazuje se na škálovou od koloidů až po makroobjekty. Hovoří se o tixotropii a rekrytalizaci, tedy procesech, jimiž se vnitřní rozhraní systémů dynamicky tvoří a zahušťují, aby se vzápětí rozpouštěla a mizela. Probírá se koroze kovů ve vodných roztocích elektrolytů: termodynamika a hlavně kinetika elektrochemických procesů na bázi koncepce směsných potenciálů, katodická a anodická protikoroze ochrana a pasivace. I zde mají nezastupitelnou úlohu rozhraní, která udržují rozdíly potenciálů mezi doménami (jež oddělují) a tím zabezpečují energii, která je hnací silou koroze. Zvláštní kapitola je věnována (vysokoteplotní) oxidaci kovů na vzduchu, přičemž se klade důraz na fázové složení a krystalovou strukturu okují. Popisuje se morfologie oxidové vrstvy, a to, jak se v průběhu času s rostoucí tloušťkou (lecdy velmi radikálně) mění. Dále se podrobně pojednává o mechanochemických a chemomechanických jevech, což je tématika, se kterou se v odborné literatuře často nesetkáváme. Vysvětluje se podstata radikálových reakcí, jimiž se mechanochemické a chemomechanické procesy uskutečňují v plastech. Probírají se mechanochemické jevy v plastických materiálech a v kovech a příčiny spontánní strukturalizace pole dislokací. Popisují se relaxační procesy, které navazují na plastickou deformaci a parakrystalické distorze, jež potom vznikají v kontextu mikrostrukturních změn doprovázejících cyklické zatěžování.

Třetí část, „Biogramy průkopníků fyziky povrchů a rozhraní“, představuje život a práci 18 učenců, kteří se o rozvoj tohoto oboru významně zasloužili. Nejstarší z nich byl Benjamin Franklin (1706 – 1790), který nejen pochopil, že elektrické blesky vznikají třením kapek v oblacích, obdobně jako jiskry přeskakující mezi

symetrii architektonických principů, které se uplatňují jantarovou tyčkou třenou lišícím ohonem, o okolní předměty pevné částice a propagoval – stejně jako jeho současník, moravský kněz Prokop Diviš – bleskosvody, ale všiml si také smáčení vody olejem, který dokáže zvlněnou vodní hladinu (na základě bilance povrchového napětí vody, oleje a mezipovrchového napětí mezi vodou a olejem) zklidnit. Mezi těmi 18 vzpomínanými je 7 laureátů Nobelovy ceny: I. Langmuir, N. F. Mott (to byl ten, který řekl, že hmota je od Boha, ale povrchy – rozhraní – že jsou od ďábla; ostatně i v Bibli se dočteme, že „kdo boří plot [rozhraní], uškne jej had“ [Kazatel 10:8]), L. Esaki, G. L. Hertz, H. Kroemer, Ž. I. Alfjorov a K. von Klitzing. On vlastně i Nobel byl „povrchář“, když se mu podařilo najít vhodnou porézní látku (křemelinu sestávající ze schránek řas), která odděluje malinké objemy výbušného nitroglycerinu (obdobně jako násypy zeminy oddělují jednotlivé provozy v muniční továrně) a tím jeho reaktivitu potlačuje (což jest podstata dynamitu). Ta řada „zasloužilých“ pokrývá tři století a najdeme mezi nimi i Ch. F. Carlsona, vynálezce xerografie, dnes nejrozšířenějšího způsobu kopírování a rozmnožování dokumentů, což je typicky „povrchářská“ technologie, a Ž. I. Alfjorova, který vyvinul technologii výroby polovodičových heterostruktur, tvořených desítkami a stovkami vrstev o tloušťce několika meziatomových vzdáleností, jež se liší chemickým složením a bez nichž by data ze satelitů nebylo možné přenášet na Zemi nebo mít tolik linek mezi městy.

V kontextu této personifikující, historické reminiscence představuje kniha široký náhled na jednotící principy, jež se uplatňují v elektronice, chemii a materiálové technologii. Náhled, který se jistě stane vítaným zdrojem inspirace pro inženýry a užitečnou pomůckou pro studenty.

Terry Leahy

Management v deseti slovech

(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)

Deset životně důležitých atributů, které rozhodují o úspěchu manažerské práce. Čísla, a nikoli hodnoty vládnu podnikovému světu. "Pokud nevíte, kam jdete, pravděpodobně skončíte někde jinde." (cit. Lawrence J. Peter) "Pokud lidem nenabídnete něco chytrého, přitažlivého, neobvyklého, chytavého, pozoruhodného, pokud jim nedáte něco, o co by se rádi podělili s přáteli, aby je pobavili, aby vypadali chytře nebo zajímavě, aby tím zapůsobili, zapomeňte na úspěch manažerské práce." (cit. Mark Hughes)

Každým dnem se náš svět stává složitějším. Organizace se zvětšují, technologie jsou stále výkonnější, sítě propojující firmy, národy a lidi jsou stále spleťtější, včerejší recepty neplatí. Společnost ovládají nové síly, řídí se novými hodnotami. Vedeme rušnější a zaměstnanější životy, navíc bombardováni informacemi a rozmanitými možnostmi výběru. Stále více platí, že zásadní roli v procesu změn hrají lidé, jejich znalosti, motivace a inspirace, pracovní i osobní uspokojení a

připravenost vyrovnat se se změnami v předstihu. Moderní management dospívá k poznání, že nejbližší budoucnost budou vytvářet především tři síly: globalizace, boj o inovace, schopné zaměstnance a zejména o talenty - sociální síť a sociální média, intenzivně propojující zaměstnance, zákazníky a dodavatele k okamžité komunikaci - demografický vývoj (aktuální se stává týmová práce, společná práce několika generací lidí, pravidlo rovnosti aj.). Hybateli



tohoto dění jsou vizionářští lídři, vysoce výkonní manažeři a personalisté, talentovaní pracovníci, ale i kvalifikovaní jednotlivci a týmy, které přijmou pravidla hry: hybnou silou managementu a veškerých změn jsou především nové myšlenky, rozum a zralé uvažování. Přitom

nejúčinnější myšlenky a řešení problémů jsou neuvěřitelně jednoduché. Opravdu vlivní vůdci tomu rozumějí. "Volnost, rovnost, bratrství", "Myslím, tedy jsem", "Každý podle svých schopností, každému podle jeho potřeb", "Není zdanění bez reprezentace". To vše jsou jednoduchá sdělení, jež heslovitě vyjadřují složité myšlenky. Jejich stručné zhuštění si vyžádalo čas a značné úsilí, avšak každé z nich se proměnilo v účinnou (a někdy i ničivou) sílu. Není to jednoduchá cesta, ale stojí za to se na ní vydat.

Inspirujícího, myšlenkově bohatého a nanejvýš praktického průvodce, kterého ocení nejen manažeři na různých úrovních řízení v organizacích všech typů, představuje nová publikace Terry Leahyho "Management v deseti slovech", jejíž překlad z anglického originálu (Irena Grusová) s podtitulem "Zkušenosti muže, který vybudoval Tesco", vydalo již jako 35. svazek nakladatelství Management Press v edici Knihovna světového managementu (Praha 2013, 1. vyd., 288 s.). Sir Terry Leahy (nar. 1956) proměnil během čtrnácti let ve funkci generálního ředitele společnost Tesco z postavení druhořadé maloobchodní sítě v největší řetězec supermarketů ve Velké Británii a současně ji transformoval v podnik globálního významu. Vedl také její expanzi do řady dalších odvětví (poskytování finančních a pojišťovacích služeb, služeb mobilních telekomunikací) a jako jeden z prvních rozeznal potenciál internetu při prodeji potravin a dalšího zboží. V současné době se intenzivně věnuje přednáškové a poradenské činnosti, investuje do slibných podnikatelských projektů a angažuje se v řadě dobročinných organizací. Je považován za jednoho z nejlepších a nejúspěšnějších světových manažerů posledních desetiletí.

Ve své nové knize autor využívá své zkušenosti a odborné znalosti a podtrhuje deset životně důležitých atributů, jež rozhodují o úspěchu manažerské práce a tvoří základ vynikajících organizací. Představuje deset základních pojmů – "klíčových slov" vedení změny a dosahování zlomových přírůstků výkonnosti, přičemž každý z těchto aspektů ilustruje živými příklady ze své bohaté praxe.

1. Pravda: Mají-li se organizace postavit tváří v tvář pravdě, počínají si obvykle naprosto příšerně. Je mnohem snadnější definovat vlastní verzi skutečnosti a vzhledem k ní posuzovat své úspěchy i nezdary. Zkušenost autora ovšem říká, že jak pro dosažení, tak i pro udržení úspěchu má pravda zásadní význam.

2. Loajalita: Zasloužit si a udržet si loajalitu, to je nejlepší cíl, jaký si může jakýkoli podnik, a samozřejmě jakákoliv organizace vůbec, vytknout. Základem úsilí o získání loajality je prastará myšlenka: odměňujte chování, které od druhých očekáváte.

3. Odvaha: Dobré strategie musí být odvážné a troufalé. Lidé potřebují být konfrontováni s náročnými cíli, protože potom dokážou více, než si myslí.

4. Hodnoty: Silné hodnoty jsou základem úspěšného podnikání a zdrojem zisků, nikoli každodenní podnikatelská činnost. Určují, jak se podnik chová, co považuje za důležité, co dělá, když je vystaven problému. Úvodní nezdár často vede ke konečnému úspěchu.

5. Jednání: Záměr nikdy nestačí. Plány neznamenají nic, pokud nedojde k jejich účinné realizaci.

6. Vyváženost: Vyvážená organizace je takovou organizací, v níž všichni, vedeni správným směrem, postupují společně vpřed, aniž by byli drceni molochem byrokracie.

7. Jednoduchost: Dosáhnout změny není v žádné firmě snadné. Řešení je velice prosté: všechno zjednodušit. Jednoduchost vede k inovacím.

8. Štíhlost: Udržitelnost spotřeby závisí na tom, zda budeme žádat zboží a služby, které využívají méně přírodních zdrojů. Cílem je udělat více s využitím méně zdrojů, což nás může přivést k "zelenému" myšlení a životu.

9. Konkurenční schopnost: Konkurenti a konkurenční jednání samé jsou skvělými učiteli. Nečekejte, až se vaši konkurenti objeví na obzoru. Vyhledávejte je. Výzvu k souboji je třeba přijmout, nelze ustupovat.

10. Důvěra: Důvěra tvoří základ vedení. Když vám lidé důvěřují, cítí, že mohou své zájmy bezpečně svěřit do vašich rukou, a věří ve vaši vizi, ve vaše schopnosti, ve váš úsudek, ve vaši energii a ve vaše odhodlání dotáhnout věci do konce.

V našich životech hraje svoji roli také štěstí a většina z nás má zkušenosti s jeho přízní nebo nepřízní. Podle autora však "štěstí" do jeho seznamu nepatří. Ne proto, že by neexistovalo, ale proto, že je příliš neuchopitelné, aby mohlo být někdy považováno za součást nástrojů řízení. Výsledkem Leahyho autorského úsilí je inspirující, myšlenkově bohatý a nanejvýš praktický průvodce, kterého ocení manažeři všech úrovní řízení v organizacích všech typů.

hutnictví ve světě

ArcelorMittal se zřejmě odrazil ode dna

<http://www.stahl-online.de/index.php/arcelormittal-2014-wachsender-operativer-gewinn/>

V r. 2013 klesl ukazatel EBITDA (zisk před odečtením úroků, daní, odpisů a amortizace) společnosti ArcelorMittal o více než 10 % na 6,9 mld. \$. Operativní zisk však činil 8 mld. \$, což je skoro o 23 % výše než v předchozím roce a rovněž je to lepší hodnota, než očekávali analytici. Pro rok 2014 koncern očekává ukazatel EBITDA ve výši 8 mld. \$. Ztráta koncernu by se měla snížit z 3,2 na 2,5 mld. USD. U odnože firmy Flat Carbon Europe stoupl ve 4. kvartále 2013 ukazatel EBITDA o 11,6 % na 163 mld. €.

L J

Severstal investuje

<http://www.stahl-online.de/index.php/severstal-investiert/>

Společnost Severstal plánuje pro rok 2014 investice ve výši 976 mil. \$. Z toho je určeno 487 mil. \$ pro ruské závody. V rámci toho by měla být mimo jiné postavena minihut pro dlouhé vývalky v Balakovu, dále by se měla modernizovat válcovna za studena v Čerepovci a také by se mělo postavit servisní centrum pro speciální oceli v Petrohradu. Do dceřiné firmy Severstal North America by mělo plynout 85 mil. \$.

L J

Annahütte pracuje na plnou kapacitu při silné poptávce

Steel Business Briefing

28.2.2013

Pokud evropští výrobci oceli chtějí přežít, budou se muset ve zvýšené míře zaměřovat spíše na speciální oceli, než na komoditní typy. Německý výrobce tyčí Annahütte je příkladem této teorie, protože společnost pracuje téměř na plnou kapacitu a dosahuje vyšší ceny při silné poptávce. Očekává se, že tento výrobce oceli, součást skupiny Max Aicher, letos vyrobí 215 tis. t surové oceli. Tato výroba se tak přiblíží maximální kapacitě válcovny lehkých profilů 220 tis. t/r. 22stolicová spojitá trať válcuje hlavně slitinové a neslitinové konstrukční kruhové tyče a tyče se závit. Zákazníci vyvíjejí tlak na dodávky materiálu, a jako výsledek válcovna pracuje na plnou kapacitu a na všechny směny. Společnost obsluhuje hlavně automobilový trh se 60% prodeji, které realizuje v Německu. Avšak válcovna se ve zvýšené míře poohlíží po obsluze ropného sektoru s prodeji v Mexiku a v Argentině, podobně jako u nedávné

zakázky 20 tis. t pro Rumunsko. Prodeje se uskutečňují na úrovni základních cen s přírážkami za šrot a slitiny. Annahütte byla na začátku t.r. schopna zvýšit základní ceny pro kruhové tyče o 10 – 20 Eur/t.

Německá válcovna profilů v r. 2013 zvýšila prodeje

Steel Business Briefing

4.3.2014

Německý výrobce profilů Stahlwerk Thüringen zvýšil v r. 2013 svůj prodej na 754 tis. t ze 724 tis. t v r. 2012, jak oznámila její mateřská společnost, brazilská ocelářská skupina Companhia Siderurgica Nacional (CSN). Bylo to něco pod kapacitou výroby tohoto německého provozu, která činí 1,1 mil. t/r. CSN koupila tento provoz v r. 2012. Jeho hlavní produkty zahrnují I-nosníky, H-nosníky, žlábkovou ocel a speciální profily. Další evropský provoz skupiny, Lusosider v Portugalsku, prodal v r. 2013 válcovaný materiál ve výši 270 tis. t. Jeho hlavními produkty jsou žárově pozinkované, mořené a naolejované svítky. Podle webové stránky CSN je výrobní kapacita Lusosider 550 tis. t/r.

Čína neférově subvencuje exporty high-tech oceli

Reuters

5.3.2014

Dovozy high-tech oceli z Číny jsou neférově subvencované čínskou vládou, vyjádřily se úřady USA pro obchod, a potenciálně eskalují spor o obchod s produkty ze speciální oceli. U.S. Commerce Department odhaduje míru subvencí na 49,15 % u dovozů oceli pro elektrotechniku s orientovaným znem od Baoshan Iron & Steel Co. a dalších čínských exportérů. V lednu Spojené státy podnikly akci u World Trade Organization; stěžovaly si, že Čína uplatňuje cla na celý blok dovozů oceli z USA navzdory rozhodnutí WTO ve prospěch Spojených států. Ocel se používá na jádra vysoce účinných transformátorů, elektrických motorů a generátorů. V r. 2013 dovozy oceli pro elektrotechniku s orientovaným znem z Číny dosáhly odhadem 5,4 mil. USD. Stížnost uplatnily AK Steel Holding Corp. a Allegheny Technologies Inc. U.S. Department došel k závěru, že dovozy ferosilicia z Venezuely byly ve Spojených státech prodávány pod tržními cenami a stanovil předběžná AD cla ve výši 27,27 %, ale řekl, že to není případ dovozů z Ruska. Tuto stížnost uplatnily Globe Specialty Metals Inc. a CC Metals and Alloys LLC. Commerce Department a International Trade Commission dosud nepřijaly v těchto kauzách konečné rozhodnutí.

Hlavní zásady pro publikování v Hutnických listech

Hutnické listy jsou strukturovány do dvou částí: do první části recenzovaných tzv. hlavních článků a do druhé, všeobecně informační části, která obsahuje vedlejší články.

1. Hlavní články

Hlavní články jsou určeny pro publikování těchto témat:

- paliva, koksárenství
- výroba surového železa
- výroba oceli
- výroba feroslitin
- tváření, tepelné zpracování
- výroba trubek
- materiálové inženýrství
- neželezné kovy a slitiny
- zkušebnictví, měřictví, laboratorní metody
- tepelná technika, pece, žárovzdorný materiál
- hutní energetika
- slévárenství
- koroze
- povrchová úprava
- ekologie, recyklace, druhotné zpracování odpadů
- strojírenské dohotovnění hutních výrobků
- údržba
- automatizace technologických procesů, počítačová simulace, výpočetní metody
- řízení jakosti
- ekonomika, organizace a řízení

Paleta tématických okruhů není tímto uzavřena. Je možno ji rozšířit podle toho, jaký oborový záběr budou mít příspěvky k publikaci a zda rozšíření řady vyjmenovaných témat odpovídá zaměření Hutnických listů. Kromě dvojího recenzování podléhají hlavní články jazykové korektuře v angličtině.

Hlavní články jsou zařazovány do dvou oddílů:

- původní vědecké články
- výzkumné články

Hlavní články z obou oddílů jsou recenzovány.

O případném nezařazení hlavních článků do Hutnických listů rozhoduje redakce na základě negativního posouzení recenzentů, dále v případě, že se téma článku neslučuje se zaměřením časopisu, že mají články nízkou odbornou úroveň nebo jsou beznadějně neopravitelně napsány nebo nebyly u nich provedeny autorské opravy na základě recenzních posudků nebo redakčních pokynů.

1.1 Odborná úroveň

Hlavní články musí mít dostatečnou odbornou úroveň. Úkolem časopisu je uveřejňovat původní práce vědecko-výzkumné povahy z výzkumných pracovišť, akademické sféry, podniků a institucí, a to z okruhu

teorie a technologie hutnických pochodů, materiálového inženýrství a příbuzných nebo navazujících oborů, z okruhu výrobního zařízení, vývojových směrů ve výrobě, z hospodářování a řízení výroby, zvyšování jakosti hutních materiálů a výrobků. Hlavní články mají vědeckou, vědecko-výzkumnou nebo aplikační výzkumně-technickou povahu, přinášejí nové myšlenky nebo doplňují a rozvíjejí dosavadní platné oborové názory. Mohou vycházet z laboratorního výzkumu, provozního sledování či z teoretického studia. V této části není účelné uveřejňovat články pouze popisné a pojednávající o věcech v technické praxi již známých a dostatečně literárně popsaných.

1.2 Původnost

Články určené pro Hutnické listy nesmějí být předem uveřejněné v doslovném znění v jiném časopisu nebo sborníku, pokud si to redakce sama u autora a prvního vydavatele nevyžádá.

1.3 Koncept článku

Hlavní články zaujímají v časopiseckém tisku zhruba 5 až 6 stran vč. obrázků a tabulek s případnou odchylkou 1 strany v obou směrech. Jedna strana autorského konceptu na formátu A4 psaného typem písma Times New Roman o velikosti 12 bodů vychází v časopiseckém tisku s menším písmem a ve sloupcovém uspořádání zhruba na 0,65 – 0,75 časopisecké strany. Redakce si vymíní po dohodě s autory změnit počet stran, většinou zkrátit články, s cílem příliš nezvyšovat rozsah Hutnických listů při větším počtu zařazených publikací. Na skutečném počtu stran se však redakce většinou dohodne s autorem individuálně.

Autorské články obsahují tři části:

- Úvod, který se nenadpisuje žádným dílčím nadpisem.
- Hlavní stať, kterou je účelné členit na dílčí kapitoly. Číselné označení nadpisů těchto dílčích kapitol nebo nadpisy bez číslování ponechává redakce na uvážení autorů dle složitosti článku. V případě číslování dílčích kapitol používat arabské číslice.
- Závěr, který obsahuje stručný a výstižný souhrn poznatků z hlavní stati. Shrnující pasáže ze závěru mohou sloužit také k doplnění rozšířeného abstraktu. Nadpis závěru není vhodné číslovat.

Za závěrem se umísťuje citace výzkumného projektu, z jehož řešení článek vychází.

Na samém konci článku autor provede citaci literárních zdrojů. Literární citace musí být uvedeny v dostatečném počtu, aby literární rešerše z nich vycházející a uvedená na začátku článku v dostatečné míře charakterizovala stav poznání v daném oboru. Uvádějí se ty literární

prameny, na které je v textu uveden odkaz, a v tom pořadí, v jakém jsou v textu zmiňovány. Není vhodné uvádět autocitaci ve větším rozsahu než 20 % všech literárních zdrojů. Literární odkazy je nutno důsledně uvádět v souladu s normou ČSN ISO 690:1987, resp. ČSN ISO 690-2:2000. Tato norma doplněná o řadu praktických příkladů bývá uváděna také na různých webových stránkách. Prezентují je např. univerzitní knihovny nebo jiné prameny.

Redakce vyžaduje uvádění správného pořadí údajů v bibliografických citacích, správné psaní textových částí citací velkým a malým písmem, stejně tak stojatým písmem a kurzívou, správné vyznačení sborníků (In) a správné používání interpunkčních znamének mezi jednotlivými textovými částmi citací. Jednotlivé citace je vhodné psát vždy na samostatných řádcích. V tom případě se za citací jednotlivých položek literárních zdrojů nepíše tečky. Číselné odkazy na literaturu v textu se provádějí v hranatých závorkách a se stejným označením se pak tyto literární zdroje citují na konci článku. Hutnické listy upouštějí od dřívějšího značení literatury vyjádřeného horním indexem před kulatou závorkou, na kterou si možná pamatují starší autoři z 80. a dřívějších let minulého století. Odvolává-li se autor na více zdrojů, pak je možné v textu tato jejich číselná označení uvádět ve společné závorce (např. [1, 2], [1 až 5], [1, 2 – 5], ale tak, aby toto označení bylo v celém článku jednotné). U citace literárních zdrojů je možno tolerovat některé drobné, nepodstatné odchylky, které nijak neomezují přesné určení daného literárního zdroje. V každém případě však musí autoři dodržet ve své publikaci jednotný systém u všech svých uvedených citací.

1.4 Úprava textu

Psaní autorských článků se řídí pravidly uvedenými na webových stránkách Hutnických listů:

www.hutnickelisty.cz.

Zde redakce vyjímá některé hlavní zásady při psaní publikací. Vychází z nejčastějších chyb, ať už to je nedodržování redakčních pokynů nebo obecně platných norem či zvyklostí respektujících přehlednost a srozumitelnost odborných textů.

1.4.1 Veškeré textové části se píší ve formátu word.

1.4.2 Nadpisy článků jsou dvojjazyčné. Mají být srozumitelné a stručné, nikoliv dlouhé, nemají obsahovat všeobecně neznámé zkratky. Pokud je text článku napsán v českém nebo slovenském jazyce, je tento nadpis napsán jako první. Druhý v řadě je anglický nadpis. Pokud je text článku napsán anglicky, pak anglický nadpis je uvedený jako první a druhý v řadě je český nebo slovenský nadpis. V anglickém nadpise celého článku se první písmena slov píší velká, kromě členů, předložek a spojek. Totéž pak platí o psaní názvů titulů v seznamu literatury.

1.4.3 U autorů se uvádějí plná jména a všechny tituly, plná adresa organizace, kterou autor v Hutnických listech svou publikací reprezentuje, vnitřní útvar

zaměstnavatele, v němž autor pracuje, pokud jej autor uvede, e-mailové adresy autorů v závorce, přičemž na první místo se zařazuje nebo jiným způsobem zvýrazňuje autor, který je určen ke komunikaci s redakcí v etapě přípravy článku pro tisk, případně pro diskusi s externími zájemci z okruhu čtenářů. Všechny e-mailové adresy jsou využívány pro budování archivu autorů na webových stránkách Hutnických listů.

1.4.4 Hutnické listy publikují články v jazyce českém, slovenském nebo anglickém, a to podle toho, jak je autoři redakci dodávají. K hlavním, recenzovaným článkům je nutno dodávat dvojjazyčné abstrakty. V případě českého nebo slovenského textu článku má český nebo slovenský abstrakt minimálně 8 řádků a anglický abstrakt má minimálně 18 řádků, a to tak, aby obsahoval i hlavní závěry publikace. V případě anglického textu článku má český nebo slovenský abstrakt minimálně 18 řádků, a to tak, aby obsahoval i hlavní závěry publikace, a anglický abstrakt má minimálně 8 řádků. Oba abstrakty tedy nejsou vůči sobě překlady. Abstrakty mají mít svou vlastní vypovídací schopnost, relativně nezávislou na textu článků. Proto se v nich neuvádějí odvolávky na obrázky, tabulky, rovnice, ani číselované literární zdroje, jakož i údaje o grantové podpoře.

1.4.5 Za každým abstraktem se uvádějí klíčová slova v jazyce abstraktu.

1.4.6 Při české nebo slovenské textaci článků pokud možno dávat přednost českým nebo slovenským výrazům před cizojazyčnými ekvivalenty. Vyhnout se zbytečným závorkám a pomlčkám, které vesměs zhoršují přehlednost textu.

1.4.7 I když je časopis vydáván v barevném provedení, obrázky a tabulky koncipovat přednostně v černobílém provedení, pokud to nesníží jejich vypovídací schopnost. U obrázků se vyhnout tzv. business grafice, která je vhodná pro propagační nebo marketingové účely, nikoliv však pro vědecké a technické publikace.

Názvy obrázků a tabulek jsou dvojjazyčné, jednak české nebo slovenské a jednak anglické. Označování obrázků se provádí pod obrázky, a to ve struktuře:

Obr. (mezerník) „číslo obrázku“ (mezerník) „český nebo slovenský název obrázku“

Fig. (mezerník) „číslo obrázku“ (mezerník) „anglický název obrázku“

Chybne je označení obrázku např.:

Obr. č. 1 „Název“

Obr. 1- „Název“

Obr. 1: „Název“

nebo jakékoliv další modifikace. Obrázky se v textu článku uvádějí s malým počátečním písmenem (obr. 1), pokud toto označení nestojí na začátku věty nebo pokud není součástí názvu pod daným obrázkem. Stejná pravidla platí pro označování tabulek (česky, slovensky nebo anglicky redakce doporučuje sjednotit na tab.,

Tab.), avšak s tím, že jejich nadepisování se provádí nad tabulkami. Obrázky i tabulky se popisují arabskými číslicemi.

U obrázků a tabulek přejatých z literatury je nutno v názvu uvést jejich původ (literární zdroj). Za názvy obrázků a tabulek se nepíše tečky. U obrázků a tabulek pocházejících od autorů se odkaz nepíše, pokud tím autor výslovně nechce upozornit na svou dřívější publikaci, z níž čerpá pro předmětnou publikaci podklady. Na všechny obrázky a tabulky musí být v textu uveden odkaz a musí být dostatečně vysvětleny a komentovány.

1.4.8 V textu pokud možno využívat výlučně normalizované označování fyzikálních veličin a technických parametrů. Odlišování označení fyzikálních veličin a technických parametrů od ostatního textu se provádí šikmým písmem – kurzívou.

1.4.9 Matematické rovnice se do textu píše s využitím funkce editor rovnic. Číslojí se základními číslovkami, psanými arabskými číslicemi v kulatých závorkách, a toto označení se provádí na stejném řádku při samém okraji na pravé straně.

1.4.10 Je nutno rozlišovat psaní číslovek v anglickém a českém textu. V českém nebo slovenském textu mají číslovky desetinné čárky, v anglickém textu desetinné tečky. Řády 10^3 redakce doporučuje v českém, slovenském i anglickém textu vyznačit v číslech jednotně jen mezerníkem, nikoliv použitím teček či čárek (např. 10 000).

1.4.11 Nedoporučuje se textovat články v 1. osobě jednotného čísla a činném rodě – aktivu. Nejvhodnější je použít trpný rod – pasivum. Stejně tak v textech není vhodné volit přivlastňovací zájmena osobní, vztahující se k 1. osobě jednotného i množného čísla

2. Vedlejší články

Druhá, všeobecně informační část Hutnických listů obsahuje vedlejší články zařazované do těchto oddílů:

- informace HŽ, a.s.
- zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť
- informace z odborných společností, konferencí a veletrhů

- zprávy z vysokých škol, výchovy technického dorostu a celoživotního vzdělávání
- historie hutnictví
- nová literatura
- společenská kronika
- připravované konference, veletrhy a výstavy
- aktuality z hutnictví ve světě

Povaha článků z této všeobecně informační části nutně nevyžaduje recenzování, pokud si to autor sám nevyžádá, a to např. z toho důvodu, že jeho článek je výsledkem řešení výzkumného projektu hrazeného kontrolovanými finančními zdroji. V případě, že se recenze neprovádí, podléhají články jen případné redakční jazykové korektuře. Vedlejší články jsou zpravidla kratší než hlavní články. Nemusí mít abstrakty dle bodu 1.4.4, ani klíčová slova dle bodu 1.4.5 a nemusí být ani strukturovány tak, jak uvádí bod 1.3. Pokud je však vedlejší článek napsán jako výsledek řešení výzkumného projektu, pak redakce doporučuje, aby měly vedlejší články všechny parametry hlavních článků podle bodu 1.1 – 1.4. Pro formu psaní vedlejších článků platí pravidla z bodu 1.4, vyjma dvojjazyčnosti. V případě, že je však vedlejší článek recenzovaný, redakce doporučuje publikovat jeho dvojjazyčnou modifikaci stejně, jako je tomu u hlavních článků.

Hlavní články jsou v každém čísle Hutnických listů uvedeny v obsahu. Všechny vedlejší články, spolu se všemi hlavními články, kromě aktualit z oddílu „aktuality z hutnictví ve světě“ a příspěvků z oddílu „připravované konference, výstavy a veletrhy“, jsou uvedeny v celoročním obsahu předešlého ročníku, který je uváděn vždy v prvním čísle časopisu následujícího roku.

Redakce vždy jen prvnímu autorovi hlavních článků anebo jinému autorovi určenému ke komunikaci posílá recenzní posudky za účelem provedení případných autorských změn a dále mu posílá také tzv. autorský separát článku, tj. konečnou verzi článku pro tisk v elektronické podobě, která slouží k potřebě celého autorského kolektivu. Je pak věcí autorů, jak si mezi sebou poskytnou tento doklad k vlastní evidenci publikační činnosti, jakožto výsledku v řešení výzkumných a vývojových projektů.

red.

Zásady pro recenzování hlavních článků v Hutnických listech

Před publikací v Hutnických listech se odborná úroveň hlavních článků hodnotí dvěma nezávislými recenzními posudky. Recenzovány mohou být případně též vedlejší články zásadního významu ze druhé, všeobecně informační části časopisu, a to v tom případě, že ony vedlejší články jsou výsledkem řešení výzkumného

projektu financovaného kontrolovanými finančními zdroji. Styk recenzentů a autorů zprostředkovává redakce. Recenzní posudky mají důvěrnou povahu. Jsou archivovány v elektronické nebo listinné podobě v

redakci, a to podle toho, jak je recenzenti do redakce dodávají.

Recenzní posudky hlavních článků uvádějí název článku, autory článku a dále vyjádření recenzenta podle této osnovy:

1. Vyjádření k původnosti článku, zda jsou jednoznačně odděleny autorské poznatky od poznatků z literárních zdrojů.

2. Vyjádření k vědecko-výzkumné, aplikační výzkumně-technické nebo jiné odborné úrovni článku.

3. Vyjádření k věcné správnosti článku. Zde recenzenti posoudí, zda a jak byly uvedeny počáteční podmínky autorských úvah a experimentů, správnost terminologie a označování technických parametrů a fyzikálních veličin. Dále posoudí vhodnost textů z hlediska jejich délky a nevyhnutelnosti nebo neopakování, avšak při zachování srozumitelnosti, a zda článek přináší nové poznatky.

4. Vyjádření k možnosti využití poznatků z článku v technické praxi (provozní, laboratorní), v následném teoretickém nebo experimentálním bádání, ve vyučovacím procesu či v jiné oblasti.

5. Vyjádření k jazykové a stylizační úrovni, je-li publikační jazyk recenzentovi blízký; dále k úrovni obrázků, tabulek a fotografií, jejich vhodnosti pro tisk, přiměřenosti jejich počtu a odkazů na jejich původ, správnosti literárních odkazů a způsobu jejich uvádění, příp. k dalším formálním stránkám článku.

6. Doporučení k:

- publikování
- nepublikování
- publikování po úpravách

V třetím výše uvedeném doporučení v bodě 6 recenzenti do svého posudku napíší doporučené úpravy vyžadující zásah autora, jako např. dopracování závěru nebo abstraktu, věcných údajů v textu, odkazy na literaturu v textu, vysvětlení nejasných částí,

požadované zkrácení textových pasáží či posílení jiných důležitých pasáží. V případě drobných úprav formálního nebo jazykového rázu mohou recenzenti přímo v textu článku odlišnou barvou vyznačit své doporučované úpravy, přičemž ponechají původní text v přeškrtnuté podobě. Recenzní úpravy nesmějí změnit původní smysl a záměr autorského příspěvku. Takto označený a upravený text pošlou recenzenti redakci jako přílohu recenzního posudku. V textu obdrženém z redakce přitom ponechají již vyznačené redakční poznámky a barevné značky, se kterými se v redakci souběžně pracuje při přípravě článku pro tisk..

8. Případné další důležité posouzení recenzovaného článku či recenzentovo vyjádření.

Vhodnost publikace s ohledem na oborové zaměření časopisu Hutnické listy posuzuje redakční rada a redakce.

Na závěr posudku uvedou recenzenti den vypracování posudku, své plné jméno se všemi tituly a kontakt zahrnující korespondenční adresu, e-mailovou adresu, příp. tel. číslo.

Za článkem publikovaným v Hutnických listech jsou otištěna jména recenzentů, pokud recenzenti výslovně nevynesou námitku k tomuto jmennému zveřejnění a výslovně neuvedou, že svůj recenzní posudek budou chtít označit v Hutnických listech jako anonymní.

red.

COMAT 2014
Recent trends in structural materials

3. ročník mezinárodní konference
Moderní trendy konstrukčních materiálů

1. OZNÁMENÍ
19. - 21. listopadu 2014
Parkhotel Plzeň, Česká republika, EU

tanger **COMTES FHT** **nmI**

COMTES FHT a.s.
TANGER, spol. s r.o.
Česká společnost pro nové materiály a technologie

© 2014 TANGER spol. s r.o.



Vrcholné období těžby a zpracování cínu v lokalitě Sauersack (dnes již zaniklé obci **Rolava**) spadá do 2. pol. 16. stol. Nejvýznačnější byla žíla Rappen (Vraník). V té době zde bylo pro úpravu cínové rudy provozováno až 12 stoupoven (některé zdroje uvádějí 16 až 20 stoupoven).

Zavalení štoly na žíle Rappen bylo prvotní příčinou úpadku zdejší těžby a zpracování cínu. V 19. stol. bylo důlní pole znovu otevřeno novou jámou (Jáma č. 2). Vytěžený a zpracovaný cín ze všech šachet v lokalitě Sauersack (Rolava) a Přebuz se již od r. 1793 využíval k pocínování plechu válcovaného v nedaleké Rotavě, kde pracovala první pocínovna v Evropě. (Některé zdroje uvádějí již 17. stol.)

Větší rozvoj nastává až za 2. svět. války, kdy byly provozy ve vlastnictví německé firmy Zinnbergbau Sudetenland GmbH, v souvislosti s plným přechodem výroby pro válečné účely. Vídeňský dodavatel Pittel & Brausewetter zde k šachtě postavil gravitační úpravnu rud. Tento závod byl neslavně proslulý tím, že až do r. 1945 z celkového počtu 700 zaměstnanců zaměstnával 2/3 z řad vězňů a zajatců. Po válce přešel závod do vlastnictví Rudných dolů Příbram, n.p., který po krátké době zde průmyslovou činnost ukončil.



V důlním poli se dnes jako pozůstatek historické těžby nachází pinkové pole (území s propadem povrchu vlivem mělkého poddolování) o délce 800 m. Z novodobé činnosti jsou dosud zachovány zásobníky se zbytky vytěžené cínové rudy, základy drtičů z úpravy, hala gravitačního rozduřování, kruhová nádrž na zahušťování kalů a torzo zajateckého tábora. Ústí těžní jámy je zabezpečeno betonovým poklopem a větrací šachty jsou vesměs zasypány. První fotografie ukazuje celkový pohled na závod v r. 1947. Na druhé fotografii z r. 2008 je železobetonová konstrukce úpravy postavené za 2. svět. války.

VM a red.

Literatura

Kol.: Industriální topografie Karlovarského kraje. Praha: ČVUT v Praze, Výzkumné centrum průmyslového dědictví Fakulty architektury, autorská položka – Viktor Mácha), 2011, 217 s. ISBN 978-80-01-04919-8



WWW.TRZ.CZ



Kvalita prověřená časem Quality Through The Ages



► ZÍSKALI JSME NÁRODNÍ CENU ČR ZA SPOLEČENSKOU ZODPOVĚDNOST FIREM, KTERÁ JE UZNÁNÍM ZA NÁŠ POZITIVNÍ PŘÍSTUP K ŽIVOTNÍMU A PRACOVNÍMU PROSTŘEDÍ, K ROZVOJI OKOLNÍHO REGIONU A V NEPOSLEDNÍ ŘADĚ I K NAŠIM ZAMĚSTNANCŮM.

► WE WON THE CZECH NATIONAL PRIZE FOR THE CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY; THIS IS AN APPRECIATION OF OUR POSITIVE APPROACH TO THE LIVING AS WELL AS WORKING ENVIRONMENT, DEVELOPMENT OF THE NEIGHBORING REGION, AND, LAST BUT NOT LEAST, TO OUR EMPLOYEES.



TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY

TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a. s., Třinec-Staré Město, Průmyslová 1000, 739 61 Třinec
tel.: +420-558-531 111, fax: +420-558-331 831, www.trz.cz