

ROČNÍK/VOL. LXVII
ROK/YEAR 2014

1



Hutnické listy

METALLURGICAL
JOURNAL

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ
ISSN 0018-8069



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.pocta@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 Pařílák, 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
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Třinec, Česká republika
VUT v Brně, Brno, Česká republika
ŽDAS, a.s., Žďár nad Sázavou, Česká republika
MATERIÁLOVÝ 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
MATERIÁLOVÝ 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. Abstrakty hlavních článků jsou publikovány v české, slovenské a anglické verzi na webových stránkách časopisu.

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

Hlavní články (recenzovaná část)/Principal articles (peer-reviewed articles)

výroba oceli/ Steel Making

- Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Jiří Bažan, CSc., Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Petr Styrnal, Ing. Pavel Machovčák, Ph.D., Ing. Aleš Opler 2
Hodnocení odsíření oceli při aplikaci ztekucovadel obsahujících Cr_2O_3 v podmínkách ocelárny VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.
Evaluation of Desulphurisation of Steel with Application of Fluxing Agents Containing Cr_2O_3 in Conditions of the Steel-shop at the VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.

neželezné kovy a slitiny/Non-ferrous Metals and Alloys

- doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. Michal Madaj 12
Struktura a mechanické vlastnosti wolframového drátu vyráběného práškovou metalurgií a tvářením
Structure and Mechanical Properties of Tungsten Wire Produced by Powder Metallurgy and Forming
- doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. David Žáček 18
Mikrostruktura a vlastnosti ultra-jemnozrnné mědi zpracované technologií ECAP
Microstructure and Properties of Ultrafine Grained Copper Processed by Equal-channel Angular Pressing

recyklace, druhotné zpracování materiálu/Recycling, Secondary Material Processing

- Ing. Pavlína Pustějovská, dr. inž. Edyta Kardas, Ing. Simona Jursová, Ph.D., dr. inž. Manuela Ingaldi, Ing. Silvie Brožová, Ph.D., dr. hab. inž. Anna Konstancia 24
Nové metody zpracování a recyklace jemnozrnných kovonosných odpadů
New Methods of Processing and Recycling of Fine Metal Waste

řízení jakosti/Quality Management

- Ing. Roman Meca, RNDr., Ing. Miroslav Kvíčala, Ph.D., prof. Ing. Zora Jančíková, CSc., Ing. Ondřej Zimný, Ph.D. 29
Použití umělých neuronových sítí při předpovědi výskytu vnitřních defektů v blocích z Cr-Mo ocelí po válcování
Use of Artificial Neural Networks at Prediction of Occurrence of Internal Defects in Billets from Cr-Mo Steels after Rolling
- Ing. Adam Hrabina, prof. Ing. Darja Noskiewiczová, CSc., doc. Ing. Jiří David, CSc. 33
Průmyslové aplikace metod umělé inteligence v oblasti managementu kvalit
Industrial Applications of Artificial Intelligence in Quality Management

Informační články/Informative articles

- hutní výroba v ČR a SR/Metallurgical production in Czech Republic and Slovak Republic 43
- ze spolkové činnosti a odborných akcí/Information on associations and professional events 47
- ze života škol/Information on activities of Universities 49
- nová literatura/New books 52
- společenská kronika/Social chronicle 54
- výstavy, veletrhy, konference/Conferences, trade fairs, exhibitions 55
- hutnictví ve světě/Metallurgy in the world 60
- Obsah Hutnických listů 2013, roč. LXVI/Content of the Metallurgical Journal, Vol. LXVI 62

Dodavatelé příspěvků ve všeobecné části:

- Hutnictví železa, a.s. • OS ekonomická ČSS • HF TU v Košiciach • pravidelní dopisovatelé • redakce

výroba oceli

Hodnocení odsíření oceli při aplikaci ztekucovadel obsahujících Cr_2O_3 v podmínkách ocelárny VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.

Evaluation of Desulphurisation of Steel with Application of Fluxing Agents Containing Cr_2O_3 in Conditions of the Steel-shop at the VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.

Ing. Ladislav Socha, Ph.D.¹, prof. Ing. Jiří Bažan, CSc.¹, Ing. Karel Gryc, Ph.D.¹, Ing. Petr Styrnař², Ing. Pavel Machovčák, Ph.D.³, Ing. Aleš Opler³

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

²JAP TRADING, s.r.o., Karpentná 146, 739 94 Trinec, Česká republika

³VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s., Ruská 2887/101, Vítkovice, 703 00 Ostrava, Česká republika

V práci jsou uvedeny provozní výsledky a zkušenosti s použitím briketovaných ztekucovadel obsahujících Cr_2O_3 v rozsahu 0,3 a 3,0 hm. % při zpracování oceli jakosti St52-3. Provozní tavby byly provedeny při zpracování oceli na zařízeních sekundární metalurgie (pánvová pec LF a vakuovací stanice VD) v podmínkách ocelárny VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. (VHM a.s.). Cílem taveb bylo posouzení provozních výsledků při použití dvou typů briketovaných ztekucovadel se zaměřením na průběh odsířování, zvýšení obsahu chromu v oceli a analýzu dosaženého chemického složení strusky při zpracování oceli v průběhu sekundární metalurgie. V průběhu zpracování byly v provozních podmínkách odebrány vzorky oceli z různých technologických uzlů pro stanovení stupně odsíření, nárůstu obsahu chromu a aktivity kyslíku v oceli. Byly odebrány také vzorky strusek pro hodnocení obsahu Cr_2O_3 ve strusce a vybraných parametrů, mezi které patří: bazicita, obsah lehce redukovatelných oxidů, poměr $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, Mannesmannův index, rozdělovací součinitel síry a sulfidická kapacita. Výsledky uvedené v příspěvku představují základní informace o možnostech aplikace briketovaných ztekucovadel se zvýšeným obsahem Cr_2O_3 v rámci sekundární metalurgie.

Klíčová slova: ztekucující přísady, struska, ocel, odsíření, sekundární metalurgie

The work presents the operating results and experience with use of briquetted fluxing agents containing Cr_2O_3 in the amount of 0.3 and 3.0 wt. % at treatment of the steel grade St52-3. Industrial heats were performed at treatment of steel on the secondary metallurgy units (ladle furnace - LF and vacuum unit - VD) in conditions of the steelshop at the VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. (VHM a.s.). The purpose of heats was to assess industrial results at use of two types of briquetted fluxing agents with focus on evolution of desulphurisation, increase of chromium contents in steel and analysis of the achieved chemical composition of slag at treatment of steel during secondary metallurgy. In the course of treatment in industrial conditions samples of steel were taken from various technological nodes for determination of degree of desulphurisation, increase of contents of chromium and oxygen activity in steel. Samples of slag were also taken for evaluation of contents of Cr_2O_3 in the slag and of chosen parameters, comprising among others: basicity, contents of easily reducible oxides, ratio $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, Mannesmann's index, sulphur partition coefficient and sulphidic capacity. Results presented in the paper represent basic information on possibilities of application of briquetted fluxing agents with the increased contents of Cr_2O_3 in secondary metallurgy. On the basis of achieved results it was proven that use of both briquetted fluxing agents A65C11VS and A65C10VS-Cr brings very high degree of steel desulphurisation, which varies within the range from se approx. 91 to 93 %. During treatment of steel in ladle furnace (LF) and in vacuum unit (VD) the main part of steel desulphurisation was realised by dissolution of the first and second dose of slag-making agents and by modification of chemical composition of ladle slag. It follows from the results of investigated parameters of slag and steel compared with the optimal values, that the chosen proportions of slag-making agents (lime and fluxing agents) together with application of deactivation agents (CaC_2 , $\text{Al}_{\text{skimming}}$, and $\text{Al}_{\text{granular}}$) supported formation of liquid refining slag, which

enabled achievement of deep steel desulphurisation to the values of 0.002 to 0.003 wt. %. It was determined that application of both types of briquetted fluxing agents can bring the following maximal theoretical increases of chromium in steel 5 ppm ~ A65C11VS and 48 ppm ~ A65C11VS. In the heats with the fluxing agent A65C10VS-Cr apart from the added fluxing agent also approx. double quantity of chromium was reduced into the steel in comparison with the heats with the fluxing agent A65C11VS. Possible sources of chromium, apart from the fluxing agents, can be for example: overflowed furnace slag, ferro-alloys, but also ladle lining, which contains penetrated chromium from the previous heat alloyed with chromium (e.g. 42CrMo4 or 34CrNiMo6). The achieved contents of chromium in steel achieved for both fluxing agents the values of 0.12 wt. % ~ A65C11VS and 0.11 wt. % ~ A65C10VS-Cr and they are distinctly lower than the max. allowed contents of chromium in steel grade St52-3 ~ max. 0.30 wt. %. In the next stage of research our attention will be focused on confirmation of these industrial results at production of different grades of steel with higher contents of chromium with use of the fluxing agent A65C10VS-Cr.

Keywords: *fluxing agents, slag, steel, desulphurization, secondary metallurgy*

Struskový režim v rámci sekundární metalurgie výrazným způsobem ovlivňuje výslednou jakost vyráběné oceli, a to především z hlediska dosaženého odsíření oceli. Jednou z možností, jak lze struskový režim ovlivnit, je aplikace ztekucujících přísad do pánvové strusky vzniklé z přidaných struskotvorných přísad.

Proces tvorby pánvové strusky je však poměrně náročný a závisí na množství struskotvorných přísad, způsobu dezoxidace a legování oceli, intenzitě míchání, korozi (opotřebení) vyzdívky pánve a množství proteklé pecní strusky. Vzniklá směs jednotlivých oxidů představuje pánvovou strusku, jejíž složení výrazně ovlivňuje viskozitu a také její rafinační schopnosti.

Ztekucující přísady na bázi Al_2O_3 jsou v současnosti běžně přidávány do pánvových strusek s cílem zvyšovat jakost tekuté oceli vytvořením aktivní strusky pro zlepšení kinetických podmínek a rafinačních procesů. Přidávané ztekucující přísady ovlivňují vlastnosti pánvové strusky nejen svým chemickým a fázovým složením, ale i způsobem přípravy a zrnitostí použitých surovin. Cílem aplikace ztekucujících přísad je vytvoření dostatečně bazické, tekuté strusky s nízkou teplotou tavení, která přispívá k urychlení fyzikálně chemických dějů na rozhraní struska – kov, čímž ovlivňuje účinnost metalurgických dějů [1, 2].

V současnosti jsou ztekucující přísady vyráběny z přírodních nebo druhotných surovin a obvykle obsahují Al_2O_3 , CaO , MgO , SiO_2 a naopak minimum FeO , Fe_2O_3 , MnO , Cr_2O_3 a síry. Takto připravené směsi základních surovin jsou dále zpracovány na ztekucující přísady v různých formách (např. přetavené, sintrované, peletizované, kusové nebo práškové směsi). Všechny výše uvedené typy ztekucujících přísad jsou však používány s určitými omezeními, která vyplývají z výběru použitých surovin a technologie výroby [3, 4, 5].

Příspěvek navazuje na práce autorů [6, 7, 8, 9] a uvádí provozní výsledky a zkušenosti s použitím briketovaných ztekucujících přísad na bázi Al_2O_3 obsahující odlišné množství Cr_2O_3 v rozsahu 0,3 a 3,0 hm. % v podmínkách

ocelárny VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. (dále jen VHM a.s.) Cílem provozních experimentů bylo porovnání dosažených výsledků při použití dvou typů ztekucujících přísad se zaměřením na průběh odsířování, posouzení vlivu oxidu Cr_2O_3 na zvýšení obsahu chromu v oceli a analýzu dosaženého chemického složení strusky a vybraných parametrů při zpracování oceli v průběhu sekundární metalurgie.

1. Charakteristika provozních experimentů v podmínkách ocelárny VHM a.s.

Provozní experimenty s briketovanými ztekucovacími struskami s odlišným obsahem Cr_2O_3 byly realizovány při zpracování oceli na zařízeních sekundární metalurgie v podmínkách ocelárny VHM a.s. Výrobní proces probíhal následujícím způsobem: po zpracování tavby v elektrické obloukové peci (EOP) byl proveden odpich do pánve (LP). Během odpichu oceli z EOP do pánve probíhá dezoxidace oceli ($\text{Al}_{\text{houšky}}$), deaktivace proteklé pecní strusky ($\text{Al}_{\text{stěry}}$ a CaC_2), nalegování a přidání hlavní části struskotvorných přísad (směs vápna a testovaných ztekucovadel s odlišným obsahem Cr_2O_3).

Po odpichu byla pánve s ocelí a vytvořenou struskou převezena na pánvovou pec (LF), kde došlo k cílené úpravě strusky v pánvi přidávkou druhé části struskotvorných přísad (vápno a briketované ztekucovadlo), materiálu na ochranu struskové čáry (materiál obsahuje cca 45 % MgO), karbidu vápníku (CaC_2) a hliníku v různých formách ($\text{Al}_{\text{drcený}}$ a $\text{Al}_{\text{granul}}$) určeného pro snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů a úpravu strusky. Následně, po zpracování oceli na pánvové peci (LF), byla pánve převezena na vakuovací stanici (VD). Na závěr je výrobní proces ukončen odléváním oceli ingotovou cestou [10].

Vlastní provozní experimenty byly realizovány při výrobě oceli St52-3 (dle normy DIN 17100), která je vyráběna základní technologií, představující následující postup: EOP→LF→VD. Tato ocel představuje uhlíko-manganovou konstrukční ocel, která je ve strojírenství velmi rozšířena zejména pro její velmi dobrou svařitelnost a nízkou cenu. Výrobní chemické složení oceli je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1 Výrobní chemické složení oceli St52-3(DIN 17100)

Tab. 1 Production chemical composition of steel grade St52-3(DIN 17100)

Jakost	Rozsah	Chemické složení (hm. %)								
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
St52-3	Min.	0,18	1,20	0,20	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,020
	Max.	0,22	1,35	0,30	0,012	0,005	0,30	0,30	0,08	0,040

Tab. 2 Základní parametry použitých briketovaných ztekucovadel

Tab. 2 Basic parameters of used briquetted fluxing agents

Typ ztekucovadla	Rozsah	Chemické složení (hm. %)					
		Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O
A65C11VS	Min.	60,0	10,0	3,0	xxx	5,0	1,0
	Max.	70,0	12,0	4,0	0,3	7,0	2,0
A65C10VS-Cr	Min.	60,0	9,0	2,0	2,0	3,0	2,0
	Max.	70,0	11,0	3,0	3,0	5,0	3,0

Celkem bylo v hodnoceném období sledováno 184 taveb oceli St52-3, a to při použití obou typů ztekucovadel s odlišným obsahem Cr₂O₃. V průběhu zpracování oceli v rámci sekundární metalurgie byly odebírány vzorky oceli a strusky, a to na následujících technologických místech: vzorek LP (*odběr v pánvi po odpichu z EOP*), vzorek LF_{START} a LF_{KONEC} (*odběr na začátku a konci zpracování na pánvové peci LF*) a vzorek VD_{KONEC} (*odběr na konci zpracování na vakuovacím zařízení VD*).

V případě oceli byla pozornost věnována především obsahu síry, obsahu chromu a aktivitě kyslíku v oceli. Byly odebírány také vzorky strusek pro hodnocení obsahu Cr₂O₃ ve strusce a vybraných parametrů strusky, mezi které patří: bazicita, obsah lehce redukovatelných oxidů, poměr CaO/Al₂O₃, Mannesmannův index, rozdělovací součinitel síry a sulfidická kapacita.

Pro hodnocení vlivu Cr₂O₃ na struskový režim v provozních podmínkách byly vybrány dva typy briketovaných ztekucovadel A65C11VS a A65C10VS-Cr na bázi Al₂O₃ (60 až 70 hm. %). Oba typy ztekucovadel jsou vyráběny z druhotných korundových surovin s odlišným obsahem Cr₂O₃ v korundové surovině (0,3 a 3,0 hm. %) v kombinaci s dolomitickým vápencem a pojivem (*vodní sklo*).

Hlavní složku tvoří Al₂O₃ a CaCO₃, které slouží jako zdroj CaO. Oba typy ztekucovadel jsou vyráběny briketací a standardně jsou dodávány ve formě briket o rozměrech 60 × 50 × 30 mm. Základní chemické složení ztekucovadel A65C11VS a A65C10VS-Cr je uvedeno v tab. 2 a na obr. 1 jsou uvedeny fotografie obou typů briketovaných ztekucovadel.

V průběhu provozních experimentů byly struskotvorné přísady přidávány ve dvou dávkách, které se však lišily podílem jednotlivých složek, tj. podílem vápna a briketovaného ztekucovadla. Hlavní část ztekucovadel byla přidána při odpichu s vápnem v rozdílných poměrech. V případě ztekucovadla A65C11VS byl

poměr ztekucovadla k vápnu 1 : 2,1 a u ztekucovadla A65C10VS-Cr byl poměr 1 : 2,7. Tyto rozdílné poměry vycházejí z odlišných hmotností taveb vyráběných v daném období. Ve druhé dávce byla v průběhu rafinace oceli na pánvové peci (LF) použita briketovaná ztekucovadla minimálně. Především došlo k přidání vápna pro úpravu chemického složení s cílem zvýšení obsahu CaO ve strusce. Dále byl přidán materiál na ochranu struskové čáry, karbid vápníku (CaC₂) a hliník v různých formách (*Al_{drcený}* a *Al_{granul}*) pro snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů a finální úpravu strusky.



A65C11VS



A65C10VS-Cr

Obr. 1 Ukázka briketovaných ztekucovadel

Fig. 1 Example of briquetted fluxing agents

2. Hodnocení dosažených výsledků

Posouzení vlivu ztekucovadel obsahujících Cr₂O₃ na průběh odsiřování, chemické složení pánvové strusky a zvýšení obsahu chromu v oceli bylo realizováno v několika částech. Nejprve bylo provedeno vyhodnocení použitých ztekucovadel dle schopnosti odsiřování oceli pomocí stupně odsiřování η_s (*ETA S*). Způsob výpočtu uvedeného parametru vychází z příspěvků [6, 7].

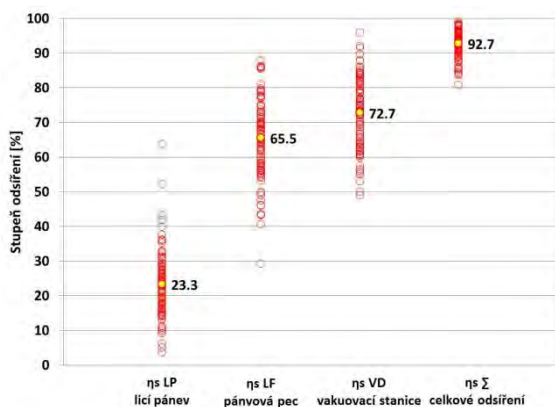
Výsledky stupňů odsiřování (η_s) jsou uvedeny na obr. 2a a obr. 2b a představují stupně odsiřování pro jednotlivé technologické operace, které proběhly během zpracování oceli:

- η_s LP – stupeň odsiřování dosažený při odpichu oceli z elektrické obloukové pece EOP do pánve LP,
- η_s LF – stupeň odsiřování dosažený v průběhu zpracování oceli na pánvové peci LF,

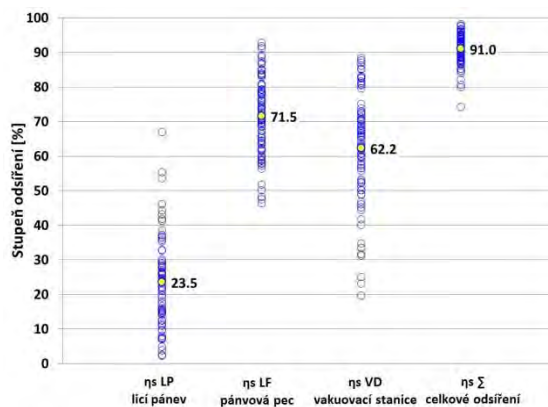
- $\eta_s VD$ – stupeň odsíření dosažený v průběhu zpracování oceli na vakuovací stanici VD,
- $\eta_s \Sigma$ – celkový stupeň odsíření dosažený v průběhu zpracování oceli na zařízeních sekundární metalurgie.

Z výsledků (obr. 2a a obr. 2b) je patrné, že jednotlivé průměrné hodnoty stupňů odsíření představující odlišné technologické operace zpracování oceli (odpich do pánve, pánvová pec LF a vakuovací stanice VD)

dosahovaly pro použitá ztekucovadla (*A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*) odlišných trendů. Proto byly výsledky stupňů odsíření doplněny o dosažené obsahy síry v jednotlivých fázích zpracování (obr. 3a a obr. 3b). Kromě toho je uveden také pokles obsahu síry v jednotlivých technologických operacích (obr. 4a a obr. 4b). Tímto způsobem lze získat komplexní představu o průběhu odsíření oceli při použití obou ztekucovadel (*A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*).



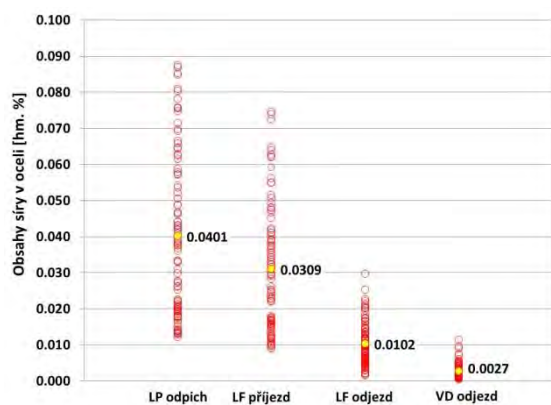
a) ztekucovadlo *A65C11VS*



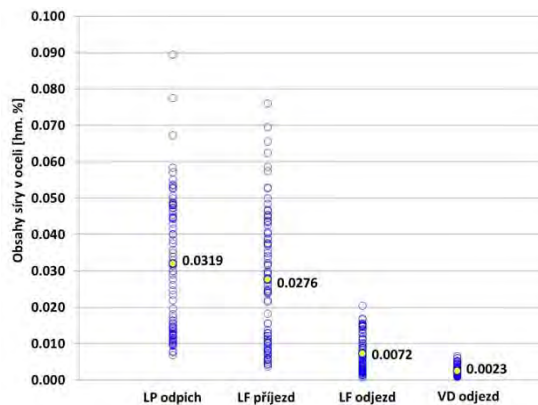
b) ztekucovadlo *A65C10VS-Cr*

Obr. 2 Dosažené stupně odsíření v jednotlivých fázích zpracování oceli

Fig. 2 Desulphurisation degree achieved at individual stages of steel treatment



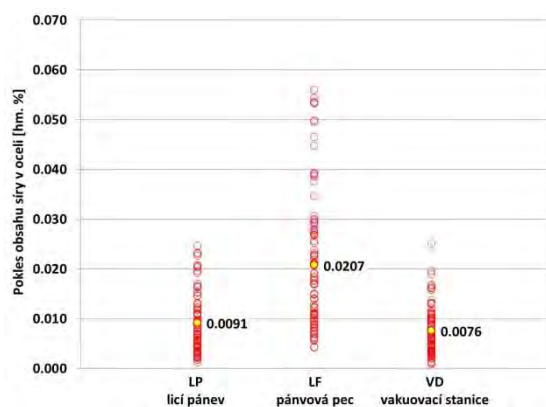
a) ztekucovadlo *A65C11VS*



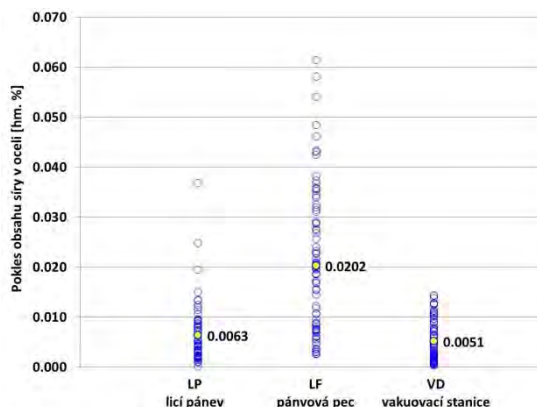
b) ztekucovadlo *A65C10VS-Cr*

Obr. 3 Dosažené obsahy síry v jednotlivých fázích zpracování oceli

Fig. 3 Contents of sulphur achieved at individual stages of steel treatment



a) ztekucovadlo *A65C11VS*



b) ztekucovadlo *A65C10VS-Cr*

Obr. 4 Pokles obsahu síry v jednotlivých fázích zpracování oceli

Fig. 4 Decrease of contents of sulphur at individual stages of steel treatment

Z výsledků (obr. 2a a obr. 2b) vyplývá, že celkový průměrný stupeň odsíření $\eta_S \Sigma$ byl u obou ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr* cca 93 %, což odpovídá poklesu obsahu síry (obr. 3a a obr. 3b) z průměrného počátečního obsahu síry při odpichu 0,0401 hm. % (*A65C11VS*) a 0,0319 hm. % (*A65C10VS-Cr*) na finální obsahy síry po vakuovém zpracování v rozsahu cca 0,0027 hm. % (*A65C11VS*) a 0,0023 hm. % (*A65C10VS-Cr*). Z výsledků jsou také patrné odlišné průměrné počáteční obsahy síry v oceli v rozsahu 0,0082 hm. %. Tento rozdíl lze vysvětlit použitím vsázkového materiálu (ocelová vsázka) s vyšším obsahem síry, a to u taveb se ztekucovadlem *A65C11VS*.

V průběhu první technologické operace představující odpich oceli z EOP do pánve (*LP*) bylo dosaženo nejnižšího průměrného stupně odsíření (obr. 2a a obr. 2b) $\eta_S LP \sim$ cca 23 %, a to pro oba typy ztekucovadel (*A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*). Tento jev lze vysvětlit nedostatečným a teprve počínajícím rozpouštěním struskotvorných látek, které nejsou proto schopny intenzivního odsíření. Při odpichu navíc dochází k významnému poklesu teploty oceli, což také zhoršuje podmínky odsíření oceli. Během odpichu oceli z EOP dochází k dávkování struskotvorných přísad (*směs vápna a testovaných ztekucovadel*), dezoxidací oceli, deaktivací strusky a částečnému legování oceli. Při odpichu oceli do pánve dochází k postupnému promíchávání a rozpouštění jednotlivých složek za vzniku směsi oxidů, která vykazuje obecně nižší teploty tavení než čisté oxidy.

Proto při mísení dochází k postupnému snižování teploty likvidu směsi oxidů, až je dosaženo částečného nebo lokálního roztavení pánvové strusky, která se částečně podílí na odsíření oceli v krátkém časovém intervalu trvající 3,5 až 7 minut.

Z výsledků (obr. 2 až obr. 4) vyplývá, že v průběhu zpracování oceli na pánvové peci (*LF*) a vakuovací stanici (*VD*) byla provedena hlavní část odsíření oceli. Během zpracování oceli na pánvové peci (*LF*) dochází k trojnásobnému nárůstu stupně odsíření $\eta_S LF$ v porovnání s $\eta_S LP$. Pro ztekucovadlo *A65C11VS* byl dosažen průměrný stupeň odsíření $\eta_S LF \sim$ cca 66 % a v případě ztekucovadla *A65C10VS-Cr* byl průměrný

stupeň odsíření $\eta_S LF \sim$ cca 72 % (obr. 2a a obr. 2b). Stupně odsíření $\eta_S LF$ dosahují odlišných hodnot, avšak průměrný pokles obsahu síry v oceli (obr. 4a a obr. 4b) je na stejné úrovni v rozsahu 0,0207 hm. % (*A65C11VS*) a 0,0202 hm. % (*A65C10VS-Cr*).

Výrazný růst stupně odsíření $\eta_S LF$ a rovnoměrné rozdíly v obsazích síry v oceli lze vysvětlit rozpuštěním struskotvorných přísad, úpravou chemického složení strusky pomocí druhé dávky struskotvorných přísad (*vápno a testované ztekucovadlo*) spolu s materiálem na ochranu vyzdívky, karbidem vápníku a hliníku v různých formách (*určeného k redukci a úpravě složení strusky*). Lze také konstatovat, že vyšší stupeň odsíření $\eta_S LF$ o cca 6 % u ztekucovadla *A65C10VS-Cr* je způsoben nižším počátečním obsahem síry v oceli na počátku zpracování oceli na pánvové peci *LF* u taveb, u kterých bylo použito ztekucovadlo *A65C10VS-Cr*.

V průběhu poslední technologické operace představující zpracování oceli na vakuovací stanici (*VD*) dochází k dalšímu výraznému odsíření (obr. 2 až obr. 4). V případě ztekucovadla *A65C11VS* byl stupeň odsíření $\eta_S VD \sim$ cca 73 % a u ztekucovadla *A65C10VS-Cr* byl dosažen stupeň odsíření $\eta_S VD \sim$ cca 62 % (obr. 2a a obr. 2b). Dosažené stupně odsíření oceli u obou ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr* lze vysvětlit úplným rozpouštěním všech struskotvorných přísad, relativně vyšší teplotou oceli a intenzivním mícháním oceli s rafinační struskou během procesu vakuování, což má velký vliv na kinetické podmínky odsíření oceli.

V případě ztekucovadla *A65C10VS-Cr* je stupeň odsíření $\eta_S VD$ o cca 11 % nižší oproti rafinační strusce se ztekucovadlem *A65C11VS*. Tento nižší stupeň odsíření se projevil i v nižším poklesu obsahu síry v oceli (obr. 4a a obr. 4b). Průměrná hodnota byla 0,0051 hm. % (*A65C10VS-Cr*) oproti 0,0076 hm. % (*A65C11VS*). Tento trend (obr. 4a a obr. 4b) lze vysvětlit o třetinu nižšími obsahy síry v oceli na začátku zpracování na vakuovací stanici (*VD*) při použití ztekucovadla *A65C10VS-Cr*.

Tab. 3 Základní parametry pánvové (rafinační) strusky při použití ztekucovadla *A65C11VS*
Tab. 3 Basic parameters of ladle (refining) slag at use of the fluxing agent *A65C11VS*

Pánvová pec – LF příjezd						Vakuovací stanice – VD odjezd					
Chemické složení strusky			Vybrané parametry			Chemické složení strusky			Vybrané parametry		
CaO	53,83	hm. %	B	6,91	xxx	CaO	58,64	hm. %	B	8,74	xxx
Al ₂ O ₃	26,87		LRO	1,20	hm. %	Al ₂ O ₃	25,95		LRO	0,67	hm. %
SiO ₂	7,96		C/A	2,02	xxx	SiO ₂	6,88		C/A	2,27	xxx
MgO	7,76		MM	0,26	xxx	MgO	5,15		MM	0,34	xxx
S _{struska}	1,16		Ls	41	xxx	S _{struska}	1,55		Ls	737	xxx
FeO	0,79		Cs	0,042	xxx	FeO	0,52		Cs	0,057	xxx
MnO	0,41		a _[o]	4,4	ppm	MnO	0,15		a _[o]	3,5	ppm
Cr ₂ O ₃	0,05		xxx	xxx	xxx	Cr ₂ O ₃	0,02		xxx	xxx	xxx

Tab. 4 Základní parametry pánvové (rařinační) strusky při použití ztekucovadla *A65C10VS-Cr*

Tab. 4 Basic parameters of ladle (refining) slag at use of the fluxing agent *A65C10VS-Cr*

Pánvová pec – LF příjezd						Vakuovací stanice – VD odjezd					
Chemické složení strusky			Vybrané parametry			Chemické složení strusky			Vybrané parametry		
CaO	53,26	hm. %	B	8,42	xxx	CaO	57,30	hm. %	B	9,72	xxx
Al ₂ O ₃	28,76		LRO	1,66	hm. %	Al ₂ O ₃	27,73		LRO	0,66	hm. %
SiO ₂	6,55		C/A	1,87	xxx	SiO ₂	6,17		C/A	2,08	xxx
MgO	7,54		MM	0,29	xxx	MgO	5,80		MM	0,35	xxx
S _{struska}	0,99		Ls	43	xxx	S _{struska}	1,10		Ls	415	xxx
FeO	0,87		Cs	0,038	xxx	FeO	0,47		Cs	0,056	xxx
MnO	0,78		a _[o]	3,0	ppm	MnO	0,19		a _[o] *	xxx	ppm
Cr ₂ O ₃	0,04		xxx	xxx	xxx	Cr ₂ O ₃	0,02		xxx	xxx	xxx

Poznámka: a_[o]* - v průběhu provozních experimentů bylo provedeno měření pouze u některých taveb

Finální struskovou směs obou typů ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr* vzniklou v průběhu zpracování na pánvové peci (LF) a vakuvací stanici (VD) lze charakterizovat jako tekutou rařinační strusku, která se významným způsobem podílí na reakcích mezi struskou a kovem

Na odsíření v průběhu sekundární metalurgie má také vliv chemické složení strusky, které je ovlivňováno nejen množstvím struskotvorných přísad, ale také oxidační struskou, opotřebením vyzdívky nebo technologií dezoxidace oceli.

Proto bylo realizováno také hodnocení průběhu změn chemického složení rařinačních strusek při použití ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*. Dosažené průměrné výsledky chemického složení a vybraných parametrů strusek jsou uvedeny v tab. 3 a tab. 4.

Dle literárních podkladů [11, 12, 13] a provozních experimentů [14, 15] se za optimální rařinační strusku pro ocel dezoxidovanou hliníkem a určenou pro sekundární metalurgii považuje vápenato – hlinitanová struska. Základní chemické složení této rařinační strusky je uvedeno v tab. 5. Dále jsou v tab. 6 uvedeny optimální hodnoty vybraných parametrů pro hodnocení pánvové strusky: bazicita, obsah lehce redukovatelných oxidů, poměr CaO/Al₂O₃, Mannesmannův index, rozdělovací součinitel síry a sulfidická kapacita. Způsob výpočtu uvedených parametrů vychází z příspěvků [6, 7] a literatury [15, 16].

Tab. 5 Chemické složení optimální pánvové (rařinační) strusky

Tab. 5 Chemical composition of optimal ladle (refining) slag

Složky strusky	Chemické složení (hm. %)				
	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	FeO
Rozsah	55 ~ 60	> 25	< 6	3 ~ 8	< 1

Z průměrných hodnot (tab. 3 a tab. 4) vyplývá, že optimální složení pánvové (rařinační) strusky (tab. 5) [11, 12, 13] bylo dosaženo při použití obou typů ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*. Z výsledků (tab. 3 a tab. 4) také vyplývá, že první dávkou struskotvorných přísad dojde k vytvoření pánvové

strusky, jejíž chemické složení odpovídá optimálnímu složení (tab. 5). Takto vytvořená struska v pánvi je však po odpichu jen částečně rozpuštěna. Po příjezdu na pánvovou pec LF je struska v pánvi upravena druhou dávkou struskotvorných přísad. Cílem je zvýšení obsahu vápna (CaO) ve strusce, deaktivace strusky (snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů). Dále dochází k ohřevu pro rozpuštění struskotvorných přísad. Tímto způsobem došlo na pánvové peci (LF) k vytvoření tekuté rařinační strusky, kterou lze dosáhnout vysokého stupně odsíření v rámci zpracování oceli na zařizeních sekundární metalurgie.

Tab. 6 Sledované (optimální) parametry pánvové strusky a oceli

Tab. 6 Monitored (optimal) parameters of ladle slag and steel

Parametr	Hodnoty
Bazicita	B > 4,5
Obsah lehce redukovatelných oxidů	LRO < 1,5 (hm. %)
Vápenato – hlinitanový poměr	1,7 ~ C/A ~ 2,3
Mannesmannův index	0,25 ~ MM ~ 0,35
Rozdělovací součinitel síry	Ls min. 300
Sulfidická kapacita	Cs > 0,0020
Aktivita kyslíku v oceli	a _[o] < 4 (ppm)

Kromě porovnání dosaženého chemického složení bylo provedeno i hodnocení vybraných parametrů (tab. 3 a tab. 4) s optimálními parametry (tab. 6) [14, 15]. Z porovnání průměrných hodnot jednotlivých bazicit B (tab. 3 a tab. 4) vyplývá, že při použití obou typů ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr* lze pánvové strusky zařadit do skupiny silně zásaditých strusek, což odpovídá požadavku B > 4,5. Z výsledků je také zřejmé, že druhou dávkou struskotvorných přísad (především vápna) bylo dosaženo zvýšení bazicity z 6,91 na 8,74 (*A65C11VS*) a z 8,42 na 9,72 (*A65C10VS-Cr*).

Dále byl sledován obsah lehce redukovatelných oxidů v pánvových struskách (tab. 3 a tab. 4). V tomto případě byl zjištěn jejich průměrný obsah v rozsahu 1,20 hm. % (*A65C11VS*) až 1,66 hm. % (*A65C10VS-Cr*). Tyto obsahy dokazují, že dochází k určitým průnikům pecní strusky do pánve na závěr odpichu. Přidání hliníku

($Al_{stěry}$) a karbidu vápníku (CaC_2) určeného k deaktivaci strusky se projevilo postupným snižováním těchto oxidů na 0,67 hm. % ($A65C11VS$) a 0,66 hm. % ($A65C10VS-Cr$). Lze také předpokládat, že určité množství lehce redukovatelných oxidů vzniká během legování oceli, což je řešeno následnou deaktivací pánvové strusky druhou dávkou přísad tvořící karbid vápníku a hliníku v různých formách (CaC_2 , $Al_{drcený}$ a Al_{granul}).

V případě vápenato-hlinitanového podílu (tab. 3 a tab. 4) je patrné, že dosažené průměrné podíly CaO/Al_2O_3 v pánvových (rafinačních) struskách, u kterých byla aplikována obě ztekucovadla, se pohybují v optimálním rozmezí 1,7 ~ C/A ~ 2,3. Z výsledků také vyplývá, že zvýšený poměr ztekucovadla $A65C10VS-Cr$ k vápnu 1 : 2,7 se projevil vyšším obsahem Al_2O_3 ve strusce, který byl korigován druhou dávkou vápna (CaO). Touto úpravou bylo dosaženo podílu CaO/Al_2O_3 ~ 2,08, protože struska na bázi $CaO - Al_2O_3$ by se měla skládat ze dvou hmotnostních dílů (CaO) a jednoho dílu (Al_2O_3).

Další sledovaný parametr představuje Mannesmannův index, jehož optimální hodnota se pohybuje v rozmezí 0,25 ~ MM ~ 0,35. Z výsledků průměrných hodnot (tab. 3 a tab. 4) vyplývá, že přidáním struskotvorných přísad (vápno a testované ztekucovadlo) a deaktivčních přísad (hliník a karbid vápníku) ve dvou dávkách (odpich a příjezd pánvová pec LF) dochází k jejich postupnému rozpouštění, což se projevilo na postupném růstu Mannesmannova indexu v pánvových struskách z 0,26 na 0,34 ($A65C11VS$) a 0,29 na 0,35 ($A65C10VS-Cr$). Lze konstatovat, že navržené dávkování struskotvorných přísad (vápno a testované ztekucovadlo) se pozitivně projevilo při vytvoření pánvové (rafinační) strusky.

Kromě uvedených parametrů strusek v pánvi bylo provedeno i hodnocení dle rozdělovacího součinitele síry L_s , který vyjadřuje účinnost odsíření poměrem síry ve strusce a kovu. V podmínkách rafinace oceli jej lze zvyšovat především obsahem (CaO)_{volný} při současně nízkých obsazích (FeO) ve strusce. Ve strusce snižují obsah (CaO)_{volný} kyselé oxidy, nejvíce (SiO_2), který s (CaO) vytváří kalciumsilikáty, z nichž je dikalciumsilikát (Ca_2SiO_4) nejstabilnější. Optimální hodnota rozdělovacího součinitele by měla být L_s min. 300.

Z výsledků průměrných hodnot rozdělovacího součinitele (tab. 3 a tab. 4) vyplývá, že při odpichu a během převozu na pánvovou pec LF dosahovaly pánvové strusky hodnot L_s ~ 41 ($A65C11VS$) a L_s ~ 43 ($A65C10VS-Cr$). Těmto výsledkům odpovídá i nižší stupeň odsíření η_s LP dosažený v pánvi při odpichu před intenzivnějšími rafinačními operacemi ($LF \rightarrow VD$). To lze vysvětlit dávkováním struskotvorných přísad, kdy dochází k postupnému rozpouštění těchto přísad (vápno a testované ztekucovadlo) a vytvoření strusky, která se pouze částečně podílí na odsíření oceli.

Po následné úpravě strusky na pánvové peci LF druhou dávkou struskotvorných přísad, deaktivací pánvové strusky a ohřevu vzniká tekutá rafinační struska, která se významně podílí na odsíření oceli, což potvrzují dosažené stupně odsíření na pánvové peci η_s LF a vakuovací stanici η_s VD . Dochází k výraznému růstu rozdělovacího součinitele L_s (tab. 3 a tab. 4) na průměrné hodnoty L_s ~ 737 ($A65C11VS$) a L_s ~ 415 ($A65C10VS-Cr$), které odpovídají podmínce L_s min. 300. Z výsledků také vyplývá výrazný rozdíl rozdělovacího součinitele L_s mezi ztekucovadlem $A65C11VS$ a $A65C10VS-Cr$. Tento rozdíl lze vysvětlit odlišnými počátečními obsahy síry v oceli (ovlivněno jakostí ocelové vsázky), což potvrzují dosažené stupně odsíření (η_s LF , η_s VD), obsahy síry v jednotlivých fázích zpracování a také pokles obsahu síry v jednotlivých technologických operacích (obr 2 až obr. 4).

Další sledovaný parametr představuje sulfidickou kapacitu charakterizující schopnost pohlcovat síru až do jejího nasycení. Výpočty tohoto parametru byly pro obě ztekucovadla ($A65C11VS$ a $A65C10VS-Cr$) realizovány pomocí vztahu z literatury [16] vyjádřeného jako závislost sulfidické kapacity na teplotě a optické bazicitě strusky.

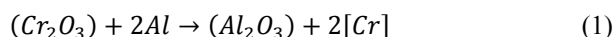
Čím má pánvová struska sulfidickou kapacitu vyšší, tím větší má schopnost pohlcovat síru, přičemž její optimální hodnota pro pánvovou (rafinační) strusku by měla být následující $C_s > 0,0020$. Z výsledků (tab. 3 a tab. 4) představujících průměrné hodnoty vyplývá, že již po první dávce struskotvorných přísad dochází k vytvoření částečně roztavené pánvové strusky, jejíž sulfidická kapacita dosahuje následujících průměrných hodnot 0,042 ($A65C11VS$) a 0,038 ($A65C10VS-Cr$). Již tyto průměrné hodnoty po příjezdu na pánvovou pec LF splňují podmínku $C_s > 0,0020$.

Následnou druhou dávkou struskotvorných přísad, deaktivací pánvové strusky a ohřevu vzniká tekutá rafinační struska, jejíž sulfidická kapacita vzroste o 27 % ($A65C11VS$) a 33 % ($A65C10VS-Cr$). Lze tedy konstatovat, že v průběhu zpracování oceli na pánvové peci LF a vakuovací stanici VD vzniklá pánvová struska, která při použití obou ztekucovadel představuje aktivní tekutou, tzv. rafinační strusku.

Posledním sledovaným parametrem je aktivita kyslíku v oceli, která představuje důležitý termodynamický parametr ovlivňující odsíření oceli. Z dosažených průměrných hodnot (tab. 3 a tab. 4) je patrné, že dochází ke snížení aktivity kyslíku z hodnot cca 400 - 800 ppm naměřených na EOP těsně před odpichem na hodnoty aktivit kyslíku $a_{[O]}$ ~ 4,4 ppm ($A65C11VS$) a $a_{[O]}$ ~ 3,0 ppm ($A65C10VS-Cr$) naměřených na počátku zpracování oceli na pánvové peci LF . Následným zpracováním na zařízeních sekundární metalurgie (pánvová pec LF a vakuovací stanice VD) dochází k dalšímu snížení aktivity kyslíku pod 4 ppm (představující optimální hodnotu) přidavkem dezoxidačních činidel pro dosažení hlubokého odsíření

oceli (S_{max} 0,005 hm. %) při použití obou ztekucovadel (*A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*).

Poslední část hodnocení výsledků představuje posouzení vlivu ztekucovadel (*A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*) obsahujících Cr_2O_3 (v rozsahu 0,3 a 3,0 hm. %) na zvýšení obsahu chromu v oceli. Nejprve byl proveden teoretický výpočet maximálního možného zanášení chromu z briketovaných ztekucovadel do oceli. Je vhodné uvést, že Cr_2O_3 představuje lehce redukovatelný oxid, a proto lze předpokládat, že se bude redukovat (*s prvkem s nejvyšší afinitou ke kyslíku*), přičemž bude do oceli zanášen chrom. Jako nejvhodnější redukční činidlo byl vybrán hliník, který je přidáván ve formě Al_{houcky} (deoxidační činidlo) dále ve formě $Al_{stěry}$ a Al_{granul} (dezaktivací činidlo strusky). Teoreticky možná maximální redukce tedy proběhne při reakci s rozpuštěným hliníkem dodávaným během odpichu oceli do pánve (*první dávka struskotvorných přísad*) nebo na pánvové peci *LF* (*druhá dávka struskotvorných přísad*) dle následující rovnice:

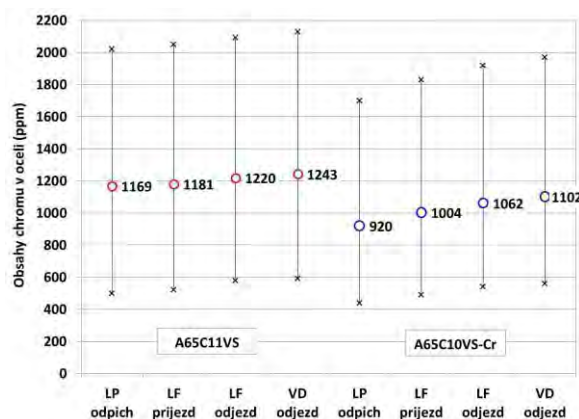


Pro stanovení množství zanášeného chromu do oceli z pánvové strusky obsahující ztekucovadla (*A65C11VS* nebo *A65C10VS-Cr*) byly do rovnice (1) doplněny molární hmotnosti jednotlivých složek a dle informací z tavebních listů lze stanovit maximální teoretický vnos chromu ze ztekucovadel *A65C11VS* nebo *A65C10VS-Cr* do oceli v provozních podmínkách VHM a.s.

V případě ztekucovadla *A65C11VS* (0,3 hm. % Cr_2O_3) lze na základě rovnice (1) doplněné molární hmotnosti jednotlivých složek stanovit, že při průměrné hmotnosti 0,444 kg Cr_2O_3 obsaženého ve 148 kg ztekucovadla *A65C11VS* se na redukci Cr_2O_3 ze strusky spotřebuje 0,157 kg hliníku a průměrně se vyredukuje 0,304 kg chromu do oceli. Průměrná odpichová hmotnost oceli pro ztekucovadlo *A65C11VS* byla 64 373 kg, a proto by průměrný maximální teoretický nárůst chromu měl být 5 ppm.

Na základě rovnice (1) lze pro ztekucovadlo *A65C10VS-Cr* (3,0 hm. % Cr_2O_3) stanovit, že při průměrné hmotnosti 4,553 kg Cr_2O_3 obsaženého ve 152 kg ztekucovadla se na redukci Cr_2O_3 ze strusky spotřebuje 1,614 kg hliníku a průměrně se vyredukuje 3,116 kg chromu do oceli. Průměrná odpichová hmotnost oceli pro ztekucovadlo *A65C10VS-Cr* byla 65 580 kg, a proto by průměrný maximální teoretický nárůst chromu měl být 48 ppm.

Posouzení vlivu ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr* obsahujících Cr_2O_3 v pánvové strusce a zvýšení obsahu chromu v oceli bylo realizováno analýzou obsahu chromu v oceli uvedené na obr. 5. Tímto způsobem lze získat představu o průběhu zvyšování obsahu chromu v oceli při redukci Cr_2O_3 z pánvové strusky.



Obr. 5 Dosažené obsahy chromu v průběhu zpracování oceli
Fig. 5 Contents of chromium achieved during treatment of steel

Z obsahů chromu v oceli (obr. 5) je zřejmé, že u taveb se ztekucovadlem *A65C10VS-Cr* byl průměrný obsah v oceli po odpichu z EOP do pánve *LP* o 249 ppm nižší, než u taveb se ztekucovadlem *A65C11VS*. Lze předpokládat, že tento výrazný rozdíl spočívá v odlišné (*horší*) jakosti použité ocelové vsázky v případě ztekucovadla *A65C11VS*, což se projevilo i vyššími počátečními obsahy síry v oceli (obr. 3) než u ztekucovadla (*A65C10VS-Cr*).

Z dosažených obsahů chromu v oceli (obr. 5) vyplývá, že u taveb se ztekucovadlem *A65C10VS-Cr* dochází k výrazným nárůstům obsahu chromu v průběhu všech technologických operací (*LP*→*LF*→*VD*). K největším rozdílům těchto obsahů dochází během převozu pánve *LP*, což lze vysvětlit rozpouštěním feroslitin, struskotvorných a deoxidačních přísad během odpichu a následným ohřevem na počátku zpracování na pánvové peci *LF*. K nejnižším nárůstům obsahu chromu v oceli dochází na vakuovací stanici (*VD*), kdy v průběhu této operace je již vytvořena tekutá rafinační struska a hlavním cílem je snížení obsahu síry v oceli pod 0,005 hm. % a snížení obsahu plynů v oceli (*vodík a dusík*).

Dále z výsledků (obr. 5) vyplývá, že průměrný nárůst obsahu chromu během zpracování oceli (*LP*→*LF*→*VD*) při použití ztekucovadla *A65C11VS* byl 74 ppm a v případě ztekucovadla *A65C10VS-Cr* dosahoval průměrné hodnoty 182 ppm. Odečteme-li od těchto hodnot vypočtené maximální teoretické nárůsty obsahu chromu ze ztekucovadla *A65C11VS* ~ 5 ppm a *A65C10VS-Cr* ~ 48 ppm, získáme průměrný nárůst obsahu chromu v oceli z jiných zdrojů, než představují ztekucovadla. Pro tavení se ztekucovadlem *A65C11VS* je tento nárůst 69 ppm a pro tavení se ztekucovadlem *A65C10VS-Cr* byl 134 ppm.

V případě taveb se ztekucovadlem *A65C10VS-Cr* se do oceli v rámci sekundární metalurgie kromě přidávaného ztekucovadla vyredukuje cca 2 násobné množství chromu (*po odečtení chromu ze ztekucovadla*), než u taveb se ztekucovadlem *A65C11VS*. Možnými zdroji chromu mohou být např.: přetečená pecní struska nebo feroslitiny obsahující chrom. Dalším, a to velmi výrazným zdrojem může být také chrom napenetrovaný

ve vyzdívce pánve *LP* z předcházející tavby legované chromem (*např. 42CrMo4 nebo 34CrNiMo6*).

Lze také konstatovat, že obsahy chromu v oceli v případě obou ztekucovadel dosáhly hodnot 0,12 hm. % ~ *A65C11VS* a 0,11 hm. % ~ *A65C10VS-Cr* a jsou výrazně nižší, než je požadovaný maximální obsah chromu u oceli St52-3 ~ max. 0,30 hm. %. Aplikací briketovaných ztekucovadel (*A65C11VS* a *A65C10VS-Cr*) došlo k určitému zvýšení obsahu chromu v oceli, ale z výsledků vyplývá, že výraznější vliv na obsah chromu v oceli má jakost použité vsázky.

Závěr

V provozních podmínkách ocelárny VHM a.s. byla provedena série experimentálních taveb s použitím dvou typů briketovaných ztekucovadel pánvových strusek se zaměřením na průběh odsiřování, posouzení vlivu oxidu Cr_2O_3 , analýzu dosaženého chemického složení strusky a vybraných parametrů při zpracování oceli. Na základě dosažených výsledků provozních experimentů lze definovat následující poznatky:

- porovnáním výsledných stupňů odsiřování η_{Σ} je patrné, že při použití obou briketovaných ztekucovadel *A65C11VS* a *A65C10VS-Cr* je dosahováno velmi vysokého stupně odsiřování oceli, který se pohybuje v rozsahu cca 91 až 93 %.
- z obsahů síry v oceli byly zjištěny odlišné průměrné počáteční obsahy v rozsahu 0,0082 hm. %. Tento rozdíl lze vysvětlit použitím méně jakostního vsázkového materiálu (*ocelová vsázka*) s vyšším obsahem síry, a to u taveb se ztekucovadlem *A65C11VS*.
- v průběhu zpracování oceli na pánvové peci (*LF*) a vakuovací stanici (*VD*) byla provedena hlavní část odsiřování oceli. Tento trend lze vysvětlit dokonalým rozpuštěním první a druhé dávky struskotvorných přísad, úpravou chemického složení pánvové strusky a relativně vyšší teplotou.
- z výsledků sledovaných parametrů strusky a oceli (*B*, *LRO*, *C/A*, *MM*, *LS*, *CS* a $a_{\text{[O]}}$) porovnaných s optimálními hodnotami vyplývá, že zvolené poměry struskotvorných přísad (*vápna a ztekucovadel*) spolu s aplikací dezaktivních činidel (CaC_2 , $\text{Al}_{\text{stěry}}$, $\text{Al}_{\text{drceň}$ a $\text{Al}_{\text{granul}}$) podpořily vznik tekuté rafinační strusky, která umožnila dosáhnout odsiřování oceli na hodnoty 0,002 až 0,003 hm. %.
- z obsahů chromu v oceli je zřejmé, že u taveb se ztekucovadlem *A65C10VS-Cr* byl průměrný obsah v oceli po odpichu z EOP do pánve *LP* o 249 ppm nižší, než u taveb se ztekucovadlem *A65C11VS*. Lze předpokládat, že tento výrazný rozdíl spočívá v odlišné (*horší*) jakosti použité ocelové vsázky.
- při aplikaci obou typů briketovaných ztekucovadel může dojít v rámci sekundární metalurgie k následujícím maximálním teoretickým nárůstům chromu od oceli 5 ppm ~ *A65C11VS* a 48 ppm ~ *A65C10VS-Cr*.

- u taveb se ztekucovadlem *A65C10VS-Cr* se do oceli kromě přidávaného ztekucovadla vyredukuje cca 2 násobné množství chromu (*po odečtení chromu ze ztekucovadla*) než u taveb se ztekucovadlem *A65C11VS*.
- možnými zdroji chromu (*kromě ztekucovadel*) mohou být např.: přetečená pecní struska, feroslitiny, ale také vyzdívka pánve, která obsahuje chrom z předcházející tavby (*legované chromem, např. 42CrMo4 nebo 34CrNiMo6*).
- dosažené obsahy chromu v oceli v případě obou ztekucovadel dosáhly hodnot 0,12 hm. % ~ *A65C11VS* a 0,11 hm. % ~ *A65C10VS-Cr* a jsou výrazně nižší, než je maximálně povolený obsah chromu u oceli St52-3 ~ max. 0,30 hm. %.

V další fázi výzkumu bude pozornost zaměřena na potvrzení těchto provozních výsledků při výrobě odlišných značek ocelí s vyššími obsahy chromu při použití ztekucovadla *A65C10VS-Cr*.

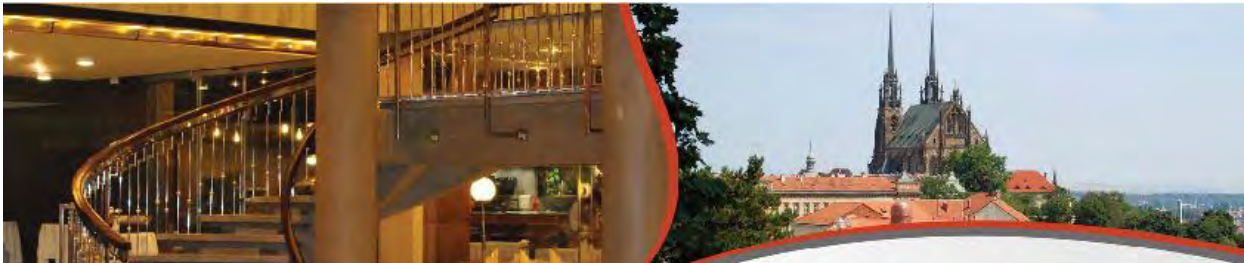
Poděkování

Práce vznikla za podpory Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci řešení programu MPO-TIP projektů reg. číslo FR-TI2/319 a FR-TI3/313.

Literatura

- [1] CHATTERJEE, A., GHOST, A. *Ironmaking and Steelmaking: Theory and Practice*. PHI Learning Private limited, 2008, 472 p. ISBN 978-81-203-3289-8.
- [2] FRUEHAN, R.J., et al., *The Making, Shaping and Treating of Steel*. 11th Edition Steelmaking and Refining Volume, Pittsburgh: AISE Steel Foundation, 2010, 768 p. ISBN 978-0930767020.
- [3] SOCHA, L., BAŽAN, J., STYRNAL, P. Research and development concept of fluxing agents based on corundum raw materials for secondary metallurgy. In. *Acta Metallurgica Slovaca – Conference*. 2010, s. 113-116. ISSN 1338-1660.
- [4] BUEKO, B., KIJAC, J., BOROVSKÝ, T. The Influence of Chemical Composition of Steel on Steel Desulphurization. *Archives of Metallurgy and Materials*, 2011, vol. 56, issue 3, pp. 605-609. ISSN 1733-3490.
- [5] MICHALEK, K., ČAMEK, L., GRYC, K., et al. Desulphurization on the High-alloy and Middle-alloy Steels under the Conditions of an EAF by Means of Synthetic Slag Based on $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. *Materiali in Technologije*, 2012, vol. 46, issue 3, pp. 297-303. ISSN 1580-2949.
- [6] SOCHA, L., BAŽAN, J., MACHOVČÁK, P., OPLER, A., STYRNAL, P., MELECKÝ, J. Vliv briketovaných ztekucovadel na odsiřování oceli při mimopecním zpracování. *Hutnické listy*, 2012, roč. LXV, č. 2, s. 8-13. ISSN 0018-8069.
- [7] SOCHA, L., BAŽAN, J., GRYC, K., MACHOVČÁK, P., et al. Evaluation of Slag Regime in Ladle during utilization of Briquetted Synthetic Slag in VHM a.s. *Archives of Materials Science and Engineering*, 2012, vol. 57, issue 2, pp. 80-87. ISSN 1897-2764.
- [8] SOCHA, L., BAŽAN, J., MACHOVČÁK, P., OPLER, A., STYRNAL, P., MELECKÝ, J. Provozní zkušenosti s mimopecním odsiřováním oceli pomocí briketovaných ztekucovadel v podniku VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. *Hutnické listy*, 2012, roč. LXV, č. 5, s. 3-10. ISSN 0018-8069.
- [9] SOCHA, L., BAŽAN, J., GRYC, K., MACHOVČÁK, P., et al. Evaluation of Fluxing Agents on Desulphurization in

- Secondary Metallurgy under Plant Conditions. *Metallurgija*, 2013, vol. 52, no. 4, pp. 485-488. ISSN 0543-5846.
- [10] *Firemní stránky VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.*, [cit.11. 10. 2013].. Dostupný z WWW: <http://www.vitkovicemachinery.com/>
- [11] KAWECKA-CEBULA, E. The Sulphide Capacity of a Slag as an Indicator of the Slag Ability to Desulphurise Metal Alloys I. *Metallurgy and Foundry Engineering*, 1996, vol. 22, no. 3, pp. 169-182.
- [12] KAWECKA-CEBULA, E., KALICKA, Z., IWANCIW, J. The Sulphide Capacity of a Slag as an Indicator of the Slag Ability to Desulphurise Metal Alloys. II. *Metallurgy and Foundry Engineering*, 1996, vol. 22, no. 4, pp. 267-280.
- [13] MICHALEK, K., ČÁMEK, L., PIEGZA, Z., et al. Use of Industrially Produced Synthetic Slag at Třinecké železářny, a.s. *Archives of Metallurgy and Materials*, 2010, vol. 55, no. 4, pp. 1159-1165. ISSN 1733-3490.
- [14] KRAYZEL, M. *Studium podmínek hluboké rafinace ocelových tavenin v metalurgickém reaktoru kesonového typu*. Dizertační práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie, 2000.
- [15] SATEK, T. *K optimalizaci odsíření na pácnové peci v podmínkách ocelárny II, Vítkovice a.s.* Dizertační práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie, 1995.
- [16] ALLIBERT, M., et al. *Slag atlas*. 2nd edition, Düsseldorf: Verein Stahleisen GmbH, 1995, 616 p. ISBN 978-3-514-00457-3.
- [17] BUEKO, B., KIJAC, J., DOMOVEC, M. Optimization Slag Composition in Ladle Furnace Considering to Effective Steel Desulfurization. *Acta Metallurgica Slovaca*, 2009, vol. 15, No. 2, pp. 93 – 99. ISSN 1335-1532.



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

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

**METAL®
2014**



© 2014 TANGER spol. s r.o.

Oprava textu

V článku „Kavitační depozice aktivních nanočástic na nosné mikročástice“ autorů Dvorský, R., Praus, P., Študentová, S., uveřejněném v Hutnických listech, roč. LXVI, 2013, č. 6, s. 61–63, došlo k terminologické chybě, která se vyskytuje na 2. řádku českého i anglického abstraktu a na 11. řádku textu v levém sloupci článku, obojí na s. 61. Zde je mylně uvedeno: síran sodný (sodium sulphate). Ve všech určených místech patří správný termín: sulfid sodný (sodium sulphide). Autoři článku se za tento omyl čtenářské obci omlouvají.

neželezné kovy a slitiny

Structure and Mechanical Properties of Tungsten Wire Produced Powder Metallurgy and Forming

Struktura a mechanické vlastnosti wolframového drátu vyráběného práškovou metalurgií a tvářením

doc. Ing. Miroslav Greger, CSc.¹, Ing. Michal Madař¹

¹VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Forming of Material Dptm., 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

Industrially processed doped tungsten wires in the as-drawn condition have essentially fibre micro-structure with attractive mechanical properties. The main objectives of the present work are to investigate whether any structural changes occur as the wire diameter decreases, and whether such changes influence the mechanical behaviour of the wire.

Thin tungsten wires are thanks to their mechanical and physical properties still in the focus from the viewpoint of production of high-temperature structural materials used for example in lighting engineering. The input semi-products for production of thin tungsten wires are obtained by powder metallurgy. Mechanical properties of thin tungsten wires depend significantly on purity of the input raw materials (powders) and their processing, as well as on thermo-mechanical conditions for forming, in this case specifically on forging and drawing. Final properties of tungsten wires depend strongly on the achieved structural state, which is a function of chemical composition and applied thermo-mechanical treatment. In this connection special attention must be paid to forming parameters and to their optimisation aimed at achievement of the required mechanical properties of produced wires. This paper also deals with these issues on the basis of experimental results obtained by testing of drawn tungsten wires.

Keywords: wire, drawing, tungsten, structure, mechanical properties.

Tenké wolframové dráty jsou pro své mechanické a fyzikální vlastnosti stále středem zájmů pro výrobu vysokoteplotních konstrukčních materiálů např. v osvětlovací technice. Při výrobě tenkých wolframových drátů jsou vstupní polotovary pro tvářením získávány práškovou metalurgií. Tenké wolframové dráty mají výraznou závislost mechanických vlastností na čistotě vstupní suroviny (prášku), jejím zpracování a na termomechanických podmínkách tvářením v tomto případě na kování a tažení. Finální vlastnosti wolframových drátů jsou významně závislé na dosahovaném strukturním stavu, který je funkcí chemického složení a provedeném termomechanickém zpracování. V těchto souvislostech je nutné věnovat pozornost parametrům tvářením a jejich optimalizaci s cílem dosažení požadovaných mechanických vlastností vyráběných drátů. Experimentálně byla ověřována struktura a mechanické vlastnosti wolframu, legovaného 2 % ThO₂ a to v průběhu rozhodujících etap výroby, tj. po sintrování, rotačním kování a tažení drátu až na průměr cca 20 μm. Se vzrůstající deformací v jednotlivých etapách rotačního kování se snižuje vysoká počáteční pórovitost sintrovaných, vstupních polotovarů a po průchozím kování se hustota polotovarů blíží teoretické hustotě wolframu. Deformační odpory WThO₂ v jednotlivých fázích zpracování tyčí a drátů tažením závisí na velikosti aplikované deformace a vyhovují Hollomonově rovnici, i když tato je především koncipována pro tvářením za studena.

Klíčová slova: wolfram, rotační kování, tažení drátu, struktura a vlastnosti

High-temperature of melting of tungsten is the reason for producing it mainly by powder metallurgy. Tungsten of currently produced tungsten wires achieves high

purity and method of its processing influences mechanical and physical properties of the wires. Purity levels of 99.99 % to 99.999 % and the wires are alloyed

with oxides of Th, Si and K. Zone melting is used for achievement of high purity of input semi-products as it reduces considerably the content of impurities, which evaporate during re-melting in vacuum [1]. Tungsten with higher purity has higher ductility. Ductility of poly-crystalline tungsten achieves 4%, that of single crystals varies between 12 to 15%.

Mechanical properties of tungsten produced by powder metallurgy are improved by forming. Strength of the wires of bigger diameters (150 μm) is approx. 1000 to 1500 MPa. Very thin wires ($\Phi < 50 \mu\text{m}$) achieve the strength of 4200 MPa. Modulus of elasticity E achieves in dependence on the processing method the values within the range from $3 \cdot 10^5$ to $5 \cdot 10^5$ MPa.

Recrystallisation temperature varies around 1000 to 1300°C. Thin wire for manufacture of spirals for bulbs achieves at operation the temperature around 2300°C and a re-crystallisation takes place. The grain becomes gradually coarser and mechanical properties of spiral deteriorate [2]. Brittleness of tungsten wires after re-crystallisation can be induced by influence of carbon, which forms carbides $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ or W_2C on the grain boundaries. Recrystallisation temperature may be increased by addition of ThO_2 or of boron carbides up to 2500°C.

Majority of impurities reduces the re-crystallisation temperature. Tungsten re-melted by zone melting has at the temperature of 1370°C the strength of 155 MPa and the proof stress of $R_{p0.2} \sim 80$ MPa. Tungsten alloyed by ThO_2 has higher strength – even 290 MPa and $R_{p0.2}$ varies around 260 MPa.

The stress-strain curve of the tungsten wires alloyed by Al_2O_3 and SiO_2 has two stages [3]. The first up to the magnitude of deformation of 1% with exponentially increasing stress. In the second stage the stress increases linearly. The stress at the proof limit can be divided into two components. One component, which is independent on temperature, prevails at higher temperatures and is caused by interaction between dislocations [4]. The other component depends on temperature, and interaction of point imperfections and dislocations acts as the control mechanism. We have found experimentally that the cause of steep increase of the proof limit with the decreasing temperature are the impurities in the following amounts: $\text{C} \approx 50$ ppm, $\text{O} \approx 26$ ppm and $\text{N} \approx 50$ ppm.

Use of tungsten in oxidation atmosphere at high temperatures is limited by its easy oxidation. Oxidation begins at the temperature of 500 to 600°C and it quickly increases with the increasing temperature. The formed WO_3 is unstable, it volatilises at the temperatures around 850°C and it does not form a natural protection of the tungsten surface [5]. Tungsten resistance to oxidation can be enhanced by alloying. For this purpose hafnium or niobium is added in the quantity up to 10%. Tungsten oxidation can be reduced by surface layer of

rhodium, which protects tungsten against oxidation up to the temperature of 540°C. Apart from rhodium also silicon or chromium are used. These elements provide good protection even at temperatures of 1500 to 1650°C, but only for limited time – from 20 minutes up to 1 hour.

Industrial applications of technically pure tungsten are determined by its properties. Tungsten is an important material for manufacture of filaments thanks to its high melting point and small rate of evaporation at high temperatures in vacuum. Evaporation of tungsten is limited to a minimal value for example by argon or krypton. Design of X-ray bulbs uses tungsten for anodes, and emitting electron ray tubes use tungsten for filament cathodes and for various structural parts, such as holder of electron tubes. Tungsten is also used for manufacture of welding electrodes. Electric resistance furnaces use resistances made of tungsten for the highest temperatures. Electrical engineering consumes part of tungsten for production of contacts with good mechanical properties and with good resistance to abrasion. Tungsten bars, wires and strips are moreover used as structural materials for aviation, nuclear power engineering and military equipments.

Tungsten is the basis for high-temperature alloys. Production of alloys via liquid phase is connected with considerable difficulties due to high melting point of tungsten. These issues may be partly eliminated by melting in vacuum. What concerns tungsten alloys, special attention is focused on binary alloys with high-melting metals, such as molybdenum, tantalum, niobium, or on ternary alloys with other metallic elements (V, Cr, Hf, Ti, Zr, Rh).

Alloys of tungsten with molybdenum are of industrial importance, as they form substitution solutions in the whole range of equilibrium diagram. The alloy $\text{W} + 25\% \text{Mo}$ is used together with technically pure tungsten for production of thermocouples for measurement of temperatures up to 2500°C. Mechanical properties of these alloys are interesting, especially at high temperatures. For example strength of the alloys containing 85% W, 15% Mo, 0.11% Zr and 0.05% C at the temperature of 1000°C is around 680 MPa, and at the temperature of 1300°C it achieves even 510 MPa.

Nevertheless the HfC carbides do not influence significantly cold formability of tungsten. Mechanism of tungsten hardening by HfC carbides is similar for various types of substitution tungsten alloys up to the temperatures of 1650 °C. Precipitation hardening prevails at forming at lower temperatures, when particles of HfC carbides stabilise fine grain of the basic matrix [6], which limits the trajectory of motion of free dislocations. Direct strengthening by hardening (by immobilisation of dislocations) and by interaction with particles takes place less frequently. These alloys are after homogenisation annealing and hardening strengthened only by interactions between dislocations

and precipitates, since grains are too large for greater influence of their boundaries [7]. At the temperatures exceeding 1950°C the substitution solid solutions (alloy of W + 23 % Re) hardened by HfC lose their strength. Loss of strength and resistance to creep is caused by considerable coarsening of carbides precipitates, as well as by susceptibility to deformation by slip along the grain boundaries.

The basic assortment of produced tungsten wires is formed by: pure tungsten (WA – 99.95 % W) and by the following alloys: WEG – 0.009 % K; Wh – 0.5 to 1.5 % ThO₂. Apart from the already mentioned grades also classical tungsten alloys are used, that are alloyed by oxides of silicon, potassium, aluminium and thorium, as well as new alloys alloyed by oxides of lanthanum, cerium and yttrium.

Manufacture of tungsten wires

Method of production of tungsten wires is from the perspective of forming based on rotary forging followed by drawing, Fig. 1.

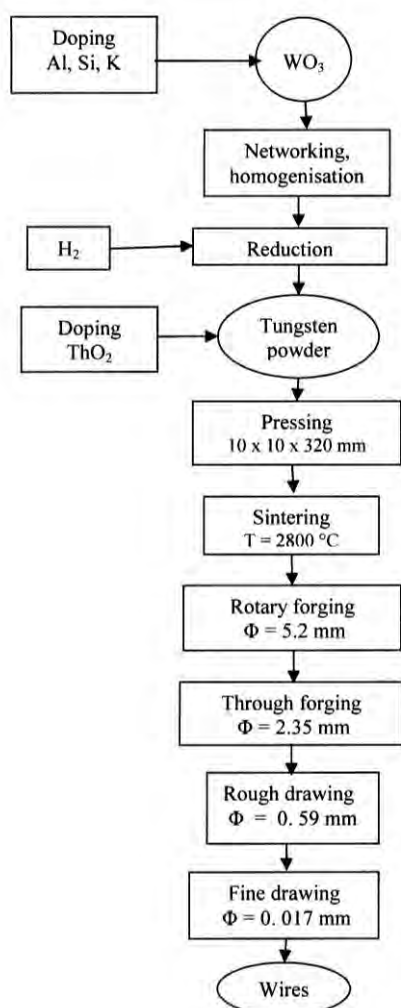


Fig. 1 Diagram of procedure for manufacture of tungsten wires
Obr. 1 Graf technologického postupu výroby wolframových drátů

Pressed and sintered bars are the input semi products. Technological process of wire manufacture consists of the following stages:

- 1) production of the input semi product,
- 2) rotary forging,
- 3) drawing.

The sintering is followed by rotary forging, when rectangular cross-section is re-forged to a circular cross-section, tab. 1. Primary heating of sintered bars is in initial stage performed in electric resistance furnaces under protective hydrogen atmosphere. Heating units are situated near the forging machines, which reduces loss of heat at transport of initial semi products from the furnace to the working space of the forging machine.

Rotary forging of tungsten is performed within the temperature interval from 1550°C to 1650°C. Number of passes at rotary forging is given by the requirements to the initial diameter for wire drawing. Forging temperature decreases with the increasing summary deformation, since accumulated energy is the driving force of re-crystallisation and it shifts the beginning of re-crystallisation to the interval of low-temperatures.

After achievement of the bar with diameter of 3.35 mm a continuous rotary forging begins and heating is performed by passage of the bar through the continuous furnace, which is situated directly on the forging machine [8]. Rotary forging as the initial stage of forming is characterised by low efficiency. Advantage of this procedure consists in an advantageous state of stress at forging, as well as universality of the process.

The following deformation of wires from the diameter of 2.35 mm down to diameters around 17 µm is performed by drawing within the temperature interval from 650°C to 900°C. The procedure and parameters of drawing of fine wires from the diameter of 540 mm to the final diameter of 17 µm requires altogether 52 passes. Final stage of drawing is described in tab. 2

Tab. 1 Procedure of rotary forging of sintered semi products

Tab. 1 Postup rotačního kování a sintrovaných polotovárů

Pass	Diameter [mm]	Transversal cross-section [mm ²]	Area reduction [%]	Elongation coefficient	Feed rate [m/min.]	Temperature [°C]
0	15.0*	225.0	-	-	-	-
1	15.0	176.7	21.47	1.27	5.7	1550±50
2	14.0	153.9	12.9	1.15		
3	13.0	132.7	13.8	1.16		
4	12.0	113.1	14.8	1.17		
5	11.0	95.0	16.0	1.19		
6	10.2	81.7	14.0	1.16		
7	9.5	70.9	13.2	1.15	8.3	1450±50
8	8.8	60.8	14.2	1.17		
9	8.2	52.8	13.2	1.15		
10	7.6	45.4	14.0	1.16		

Note: *Square cross-section

Experimental material

Structure and properties of the tungsten WThO₂ after sintering, rotary forging and drawing were verified experimentally. Fracture surfaces of tungsten after sintering, rotary forging and drawing are shown in Fig. 2 and evolution of micro-structure during the same

stage of processing are shown in Fig. 3. Change of porosity of the sintered semi products confirms that initial porosity considerably decreases with the increasing deformation. In this way the strength is increased from the initial value of 80 MPa up to the value around 1000 MPa.

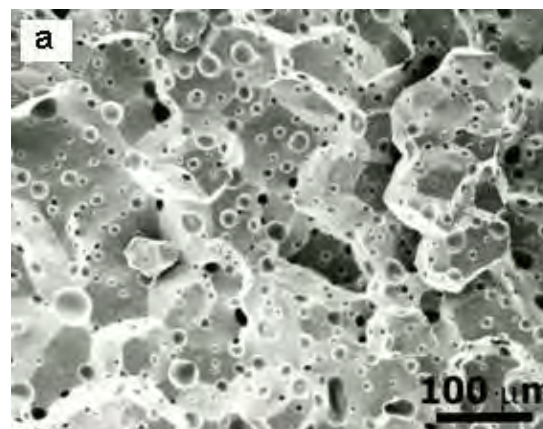
Tab. 2 Procedure of drawing of fine tungsten wires

Tab. 2 Postup tažení wolframových drátů

Pass	Wire diameter [μm]	Transversal cross-section [μm ²]	Area reduction [%]	Elongation coefficient	Drawing rate [m/min]	Wire / die temperature °C
0	540	229 × 10 ³	14.3	1.17	15	850/350
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
43	25.9	526.8	5.17	1.11	110	700/350
44	24.6	475.2	9.8	1.11		
45	23.3	426.4	10.3	1.12		
46	22.1	383.6	10.0	1.11		
47	20.9	343.1	10.6	1.12		
48	19.9	311.0	9.4	1.10		
49	19.0	283.5	8.8	1.10		
50	18.0	254.5	10.2	1.11		
51	17.5	240.5	5.5	1.06		
52	16.8	221.6	7.8	1.09		

Drawing and subsequent heat treatment of wires is the most important operation step, during which the tungsten wires attain the required mechanical and physical properties. Wire drawing is performed within the temperature interval from 900 to 600°C. Temperatures of wire drawing are lower than tungsten re-crystallisation temperature. The drawing causes deformation strengthening of the wires. The deformation strengthening is removed by process annealing under protective hydrogen atmosphere. Drawing is performed on various types of drawing machines. Chain drawing machines are used for larger diameters of wires (2.35 mm > ϕ > 1.15 mm). Drum drawing machines are used for wire diameters ϕ < 1.15 mm. These machines serve for drawing of wire up to the diameters of approx. 17 μm. Prior to drawing the wire passes through a vessel containing lubricant - colloidal graphite. The lubricant protects the wire against oxidation by air oxygen and it reduces

friction in dies. After application of lubricant on surface of the wire, it passes through the heating furnace, where the lubricant firmly sticks to the wire surface. Heating reduces the flow stress of the drawn wire and increases its formability.



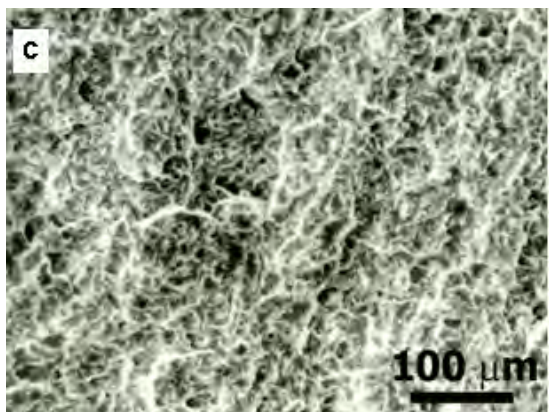
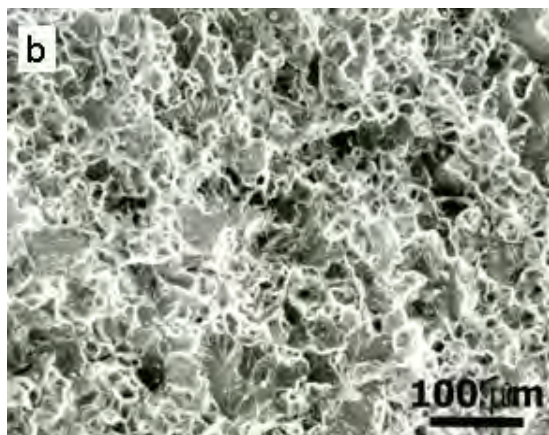


Fig. 2 Fracture surface of tungsten: a) after sintering, b) after rotary forging, c) after drawing

Obr. 2 Lomové plochy wolframu po: a) sintrování, b) rotačním kování, c) tažení

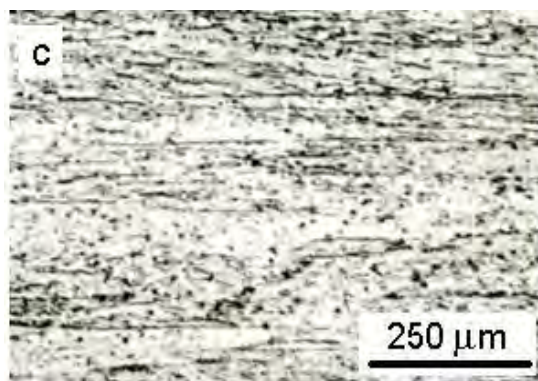
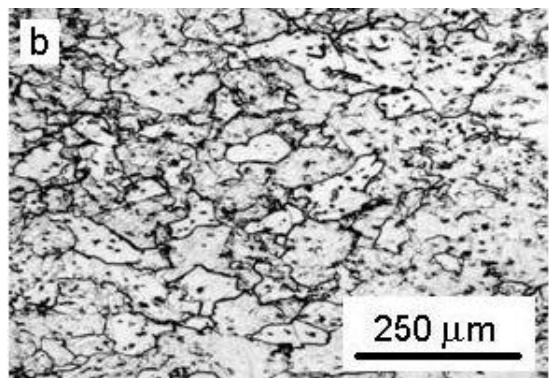
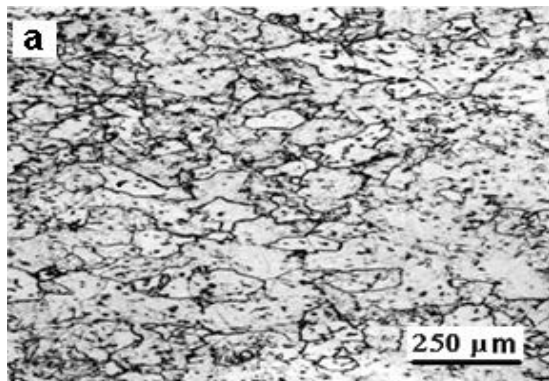


Fig. 3 Evolution of tungsten micro-structure during individual stage of its processing: a) after sintering, b) after rotary forging, c) after drawing

Fig. 3 Vývoj mikrostruktury titanu v jednotlivých etapách zpracování: a) po sintrování, b) po rotačním kování, c) po tažení

Structure after rotary forging to the wire diameter of 3.0 mm is heterogeneous. It is formed by grains of various sizes, it contains locations with finer grain after forming (Fig. 4a), which are formed in the areas of increased share of oxide particles. Presence of locations with finer and coarser grains in the structure can be explained by effect of admixtures on kinetics of re-crystallisation processes after included re-crystallisation process annealing. Plastic deformation and re-crystallisation annealing refine grain in the wire and its size is homogeneous. Homogeneous structure of wire after drawing and annealing is shown in Fig. 4b.

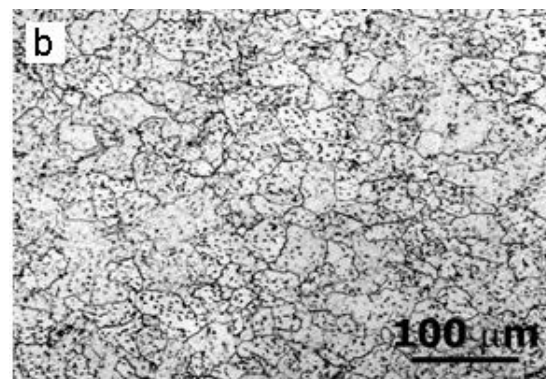
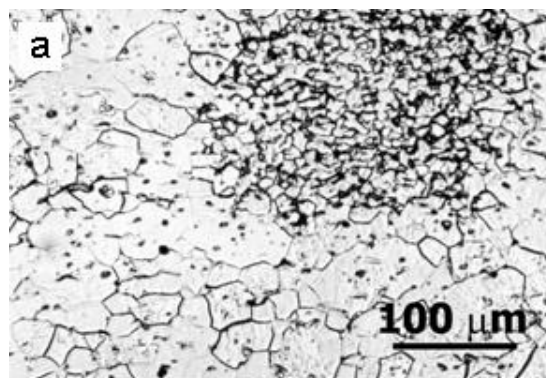


Fig. 4 Tungsten micro-structure: a) after rotary forging (bar diameter 3 mm), b) after drawing and annealing (wire diameter 50 μm)

Obr. 4 Mikrostruktura wolframu: a) po rotačním kování na průměr 3 mm, b) po tažení a žíhání (průměr drátu 50 μm)

Analysis of results

Simulation of deformation behaviour performed by laboratory tests is an important tool for description of tungsten and molybdenum deformation behaviour at rotary forging and drawing. Use of basic laboratory tests, execution of which is simple, is optimal, and the obtained values have high degree of reliability when they are combined also with industrial verifications.

Deformation temperature influences the flow stress and formability of tungsten and it affects also the state of structure during forming. Ordinary temperature of heating at forming of tungsten varies in a very broad range from 600 to 1600°C. It is evident from this that the temperature can influence not only the strengthening and softening process, but it may affect in a decisive manner also the grain size and behaviour of precipitates. The grain size has a crucial influence on the final mechanical properties of tungsten. In the interval of forming temperatures from 600 to 900°C no recrystallisation takes place during drawing.

After evaluation of deformation curves we predicted on the basis of basic laboratory tests, especially tensile test, the dependence of strength and elongation (Fig. 5) in dependence on diameter of tungsten wires.

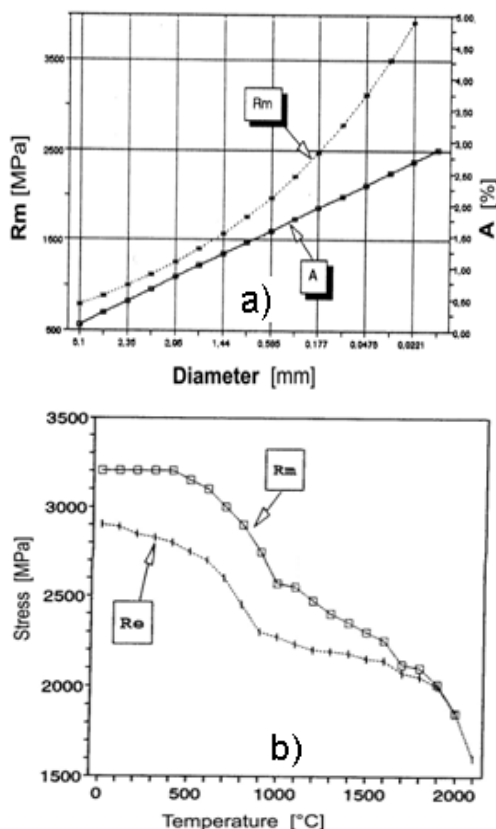


Fig. 5 Dependence of mechanical properties of tungsten wires on their diameter (a) and temperature (b)

Obr. 5 Vývoj mechanických vlastností wolframových drátů: a) v závislosti na jejich průměru, b) v závislosti na teplotě

On the basis of experiments the relations between deformation, strain rate, temperature and stress were described. In the range of drawing temperatures the

evolution of flow stress (strengthening) in dependence on the magnitude of deformation corresponds to the Hollomon's equation, although that was conceived namely for cold forming. Concrete quantification of this equation for tungsten of the grade WThO₂ in dependence on temperature can be described by the following empirical relations:

$$\begin{aligned}\sigma_{d(20^{\circ}\text{C})} &= 1390 \cdot \varepsilon^{0.17} \\ \sigma_{d(650^{\circ}\text{C})} &= 995 \cdot \varepsilon^{0.22} \\ \sigma_{d(900^{\circ}\text{C})} &= 660 \cdot \varepsilon^{0.13}\end{aligned}\quad (1)$$

Conclusions

The paper presents an analysis of deformation behaviour of tungsten at various stages of its processing to a thin wire. Authors described technology for production of input (sintered) semi products, technology of rotary forging and wire drawing. During individual stages of processing of sintered semi products to the shape of thin wires analysis of evolution of structure was performed, as well as analysis of wire properties in dependence on conditions of their processing. Evolution of structure and change of flow stress of tungsten in dependence on deformation temperature was described on the basis of results of experiments. The obtained results will contribute to understanding of deformation behaviour of tungsten at individual stages of its processing.

Acknowledgments

This paper was created in the Project No. LO1203 "Regional Materials Science and Technology Centre - Feasibility Program" funded by Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

Literature

- [1] NESGOVOROV, V. V. Properties and structure of tungsten wire produced from rolled rods. *Powder Metallurgy and Metal Ceramic*, 2008, pp. 223-227.
- [2] YERRA, S. K., VERLINDEN, B., HOUTTE, P. On crystallographic texture of as-drawn doped-W wires. *Materials Science Forum*, 2005, Vol. 495-497, pp. 913-918.
- [3] YIM, H. CH., SCHROERS, J., JOHNSON, W. L. Microstructures and mechanical properties of tungsten wire. *Applied Physics Letters*, 2002, Vol. 80, No. 11, pp. 18-24.
- [4] FUNKENBUSCH, W., BACON, F., LEE, D. The influence of microstructure on fracture of drawn tungsten wire. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 1997, Vol. 10, No. 8, pp. 1085-1091.
- [5] YUN, H. M. Preliminary evaluation of tensile and stress-rupture behaviour of tungsten wire. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 1993, Vol. 24, No. 1, pp. 209-214.
- [6] GREGER, M., MUSKALSKI, Z. Ciągnięcie drutów wolframowych w podwyższonych temperaturach. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, 2009, Nr. 1, pp. 577-581.
- [7] GREGER, M., ČÍZEK, L., WIDOMSKÁ, M. Structure and mechanical properties of formed tungsten based materials. *Journal of Materials Processing Technology*, 2004, Vol. 157-158, pp. 683-687.
- [8] GREGER, M., MUSKALSKI, Z. Influence of technology rotary and drawing on structure and properties of tungsten wires. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, 2013, No. 1, pp. 31-36.

Microstructure and Properties of Ultrafine Grained Copper Processed by Equal-channel Angular Pressing

Mikrostruktura a vlastnosti ultra-jemnozrnné mědi zpracované technologií ECAP

doc.Ing. Miroslav Greger, CSc.¹, Ing. David Žáček²

¹VŠB-Technical university Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Forming of Material Dptm., 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

²Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o., Hlubočky - Mariánské Údolí; Czech Republic

The questions about plastic flow of materials at square extrusion through the die (ECAP) were monitored parameters in sequence with following cold rolling in this paper. Prior extrusion samples were subjected to heat treatment for strain hardening as well as original microstructure suppressing. Final microstructures in cooperation with strengthening processes are very important factors influencing the product manufacture qualities. In paper is main attention focused on utilization of ECAP technology before classical forming technology as a possible way to reach more advantageous mechanical properties of final product. In the experimental work was ECAP forming.

Keywords: ECAP, copper, microstructure, mechanical properties

V článku byly sledovány otázky plastického toku materiálu v průběhu protlačování ECAP. Před vlastním protlačením ECAP byly vzorky podrobeny tepelnému zpracování k odstranění deformačního zpevnění a ke zrovnomnění původní struktury. Výsledná mikrostruktura spolu se zpevňovacími procesy jsou velmi důležitými faktory, které ovlivňují vlastnosti finálních výrobků. Hlavní pozornost je v článku věnována použití ECAP technologie, jako možného způsobu získání lepších mechanických hodnot pro další tváření klasickými technologiemi. V experimentální části byl aplikován ECAP proces. Po jednotlivých průchodech byly získány zajímavé hodnoty tvrdosti.

Klíčová slova: měď, mikrostruktura, mechanické vlastnosti

New forming technologies, to which the ECAP (Equal Channel Angular Pressing) technology (Fig. 1) belongs as well, are focused on refining of grains by intensive plastic deformations. The objective consists in fabrication of structural metallic materials with ultra-fine grain with higher mechanical properties. These structures promise achievement higher mechanical properties in comparison with their coarse-grain equivalents. These concepts are based in particular on notion of validity of the Hall-Petch relationship $\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$ till the sphere of grains of nanometric dimensions. There were developed various methods for preparation of these materials, the principal issues consist in internal homogeneity of raw products, size of raw product, deformation behaviour and structure stability after deformations.

Another serious problem consists in increase of resistance of fine-grain materials to growth of grain during its treatment at higher temperature or at reheating to higher temperature, which is in many cases imperative for forming processes and for achievement of the required functional properties of products. Fine-grain materials are the materials, the structure of which consists of components, which have at least one dimension within the range between 100 – 500 nm

(these materials are also called ultrafine-grain materials).

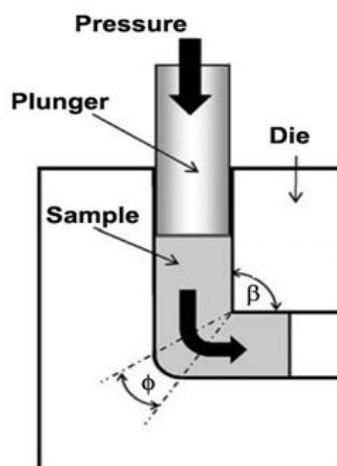


Fig. 1 Schematic illustration of a die used in the present investigation, with $\beta = 90^\circ$ and $\phi = 20^\circ$

Obr. 1 Schema matrice a protlačování ECAP

From the viewpoint of strength properties these components can be represented by sub-grains, grains, lamellas, layers, fibres, etc. For example lamellar pearlite can be considered as nano-composite material, which is formed by ferrite and cementite lamellas with

width mostly below 100 nm. The value 100 nm does not have a physical meaning. The term ultrafine-grain material is used also for materials composed of particles below 1 micrometer.

Research of preparation of ultrafine-grain materials, investigation of their properties and possibilities of their practical application is oriented on large number of metals and their alloys. Research of technology of preparation and properties of steels with ultrafine-grain structure is of great importance. From the viewpoint of practical realisation the biggest attention is at present paid to alloys of aluminium, magnesium, copper and titanium. Our paper also deals with the issue of deformation behaviour and development of structure at the ECAP process.

Grain size and mechanical properties of ultrafine-grain materials

The fact that strength (hardness) of material increases with decreasing grain size in its structure was known from the early fifties of the last century, when famous Hall-Petch relationship was formulated

$$\sigma_y = \sigma_o + k \cdot d^{-1/2} \quad (1)$$

where σ_y is yield value, σ_o is the stress necessary for overcoming of Peierls-Nabarr friction stress, resistance of dissolved foreign atoms, resistance of precipitates from solid solution and lattice defects, k is the constant, the measure of which is the value of shearing stress necessary for release of accumulated dislocations, d is the grain size.

It follows from the equation (1) that material yield value increases with decreasing grain size. This phenomenon is a driving force for research and development of high-strength structural materials, particularly of steels [1-2]. It turns out that refining of grain can lead to increased drawability of metallic materials. On condition of identical strengthening mechanism refining of grains down to the level of nanometers can bring enormous increase in material strength.

It can be calculated that for grain sizes between 10 – 20 nm the yield value approaches the theoretical material strength. Validity of the relationship (1) has been proved experimentally, with the exception of its validity for large grains and for very fine grains (approx. below 10 nm).

Fine-grain materials are characterised by high density of grain boundaries and other interfaces, which leads to a notion of validity of functioning of high-temperature deformation mechanisms respecting the role of grain boundaries into the zone of lower temperatures. For example at significantly lower homological temperatures the ultrafine-grain materials („nano-crystalline“) materials will be deformed by processes,

which are controlled by diffusion along grain boundaries [3]. There appears a possibility of production of plastic ceramics, super-plastic behaviour of metals at low temperatures, diffusion creep of pure copper at room temperature, etc. In the following part we discuss the most important mechanical properties of metals with ultrafine-grain and nano-crystalline structure, as well as mechanisms of processes, which determine them.

Strength properties

The basis of every deformation behaviour is kinetics of defects generation, their movement and annihilation. Micro-mechanisms, which respect lattice dislocations, dislocation at grain boundaries and vacancies, are of the utmost importance.

These defects can contribute to overall strength and plasticity independently or in a combined manner. Dominant mechanism can be identified by evaluation with use of strain rate, grain size and temperature dependence.

These three basic notions can be used for description of mechanical behaviour of ultrafine-grain materials:

- Hall-Petch relationship, in which dependence of flow stress on grain size at low temperatures comes from the manner of blocking of dislocations movement at grain boundaries.
- Mechanism of diffusion creep, which comprises movement of vacancies at gradient of applied stress.
- Mechanism of slips at grain boundaries, which comprises movement of all three defects mentioned above in dependence on specific micro- mechanisms.

In Hall-Petch relationship the values σ_o and k change in dependence on chemical composition of material, structure and technological processing. The constant k is temperature-independent, while σ_o increases significantly with decreasing temperature. It was established that the Hall-Petch relationship is valid for various materials with the grain size of approximately down to 30 nm, after that the strength ceases to increase or it even drops. This is schematically shown in Fig. 2. In the area below the critical grain size d_c (G.B.Sliding) dislocation mechanism of deformation ceases to function. Several theories were developed for explanation of this phenomenon

If we summarise the findings mentioned above obtained from the Fig. 2, it means that material strength (hardness, yield value) increases with decreasing grain-size – till the area of nano-crystalline materials. Course of the curve in the area (Hall-Petch) in the Fig. 2 describes sufficiently well the Hall and Petch relationship. This fact is a driving force for research of

technologies of production of massive nano-crystalline materials for structural purposes. In the area of critical

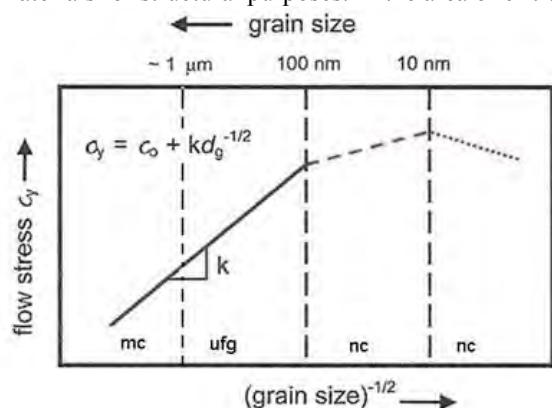


Fig. 2 Schematic representation of the variation of yield stress as function of grain size in mc (coarse-grained materials), ufg (ultra fine grain) and nc (nanocrystalline) metals and alloys
Obr. 2 Schéma průběhu křivky Hall-Petchova vztahu v závislosti na velikosti zrna: mc (hrubozrné), ufg (ultrajemnozrné) a nc (nanostruktur) kovy a slitiny.

grain size d_c (below approx. 10-50 nm) dislocation activity disappears and yield value (which is very high) becomes independent on grain size, and in some materials it even drops down [4]. Mechanism of this phenomenon has not yet been unequivocally formulated.

Plastic and strength properties of ultrafine-grain materials

Plastic deformation at conventional forming methods can significantly increase strength of metals. This increase is usually accompanied by loss of ductility. This phenomenon is illustrated in Fig. 3 as dependence of yield value on elongation at rupture for many coarse-grain pure metals [5].

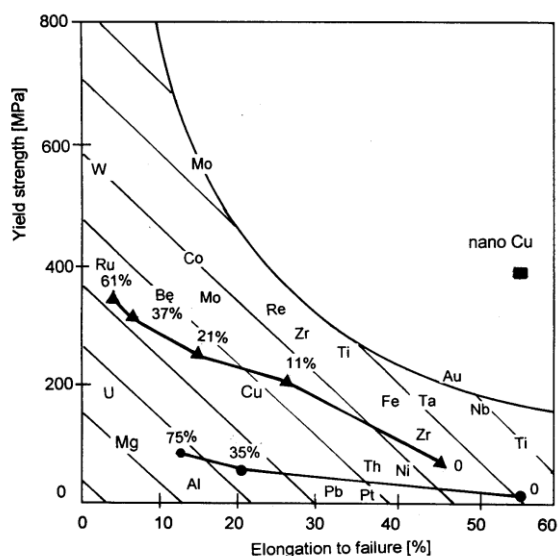


Fig. 3 Dependence of strength on ductility for various metals processed by classical forming technologies and for Cu formed by the ECAP technology [5]

Obr. 3 Závislost meze kluzu a tažnosti na struktuře jednotlivých kovových materiálů

The Figure shows two curves obtained by cold forming of samples made of Cu and Al. The data in percent values at individual points give the size of relative deformation of samples. The Figure contains also the values for Cu samples with structure in nanometric dimensions. Cu sample was formed with use of the ECAP method, Fig. 3. Forming was made at room temperature. Grain size was approx. 150 nm. When pressing Cu the established dependence was obtained after 16 passes. Use of severe plastic deformation resulted in increased strength as well as drawability. This phenomenon was observed for the first time [6]. It indicates change of deformation mechanism at forming with use of methods of severe plastic deformation (SPD).

Grain growth and temperature stability of structure

Nano-crystalline materials have due to small size of grains and large surface area a tendency to grain growth. Knowledge of temperature stability of nano-crystalline materials is important from theoretical and technological reasons. From technological point of view temperature stability is important as it eliminates coarsening of structure at super-plastic processing of metals and ceramics, or at compacting of nano-powders. From theoretical point of view it will be interesting to compare mechanism of grain growth in nano-crystalline materials and in coarse grain (conventional) materials. Grain growth in conventional materials is described by the equation:

$$\Delta D = D^n - D_0^n = K_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \cdot \tau \quad (2)$$

where D is grain size after annealing of sample at the temperature T during the time τ . D_0 is the initial size of grain, n is exponent of grain growth, K_0 is constant, Q is activation energy of grain growth and R is gas constant. Q and n are important parameters characterising kinetics and mechanism of grain growth. Exponent n is in an ideal case equal to 2, which presumes a parabolic course of grain growth [7]. In nano-crystalline materials there were, however, observed the values from 2 to 10.

The value 2 is achieved only when annealing is made at comparatively high homological temperatures T/T_m (T_m is temperature of melting of investigated material). The factors, that could explain higher values of the exponent n , comprise segregation of dissolved substances at grain boundaries and blocking of grain boundaries. Activation energy for grain growth in nano-crystalline materials (Q_n) is usually compared with activation energy either for voluminal diffusion (Q_v), or for pro diffusion at grain boundaries (Q_{gb}) of coarse grain materials.

It is usually more appropriate to compare Q_n rather with Q_{gb} , than with Q_v , although several exception were observed. It was also observed that the value Q_n of nano-crystalline Fe at the temperature exceeding 500 °C approached Q_v for coarse grain Fe, and at temperatures below 500 °C it approached more Q_{gb} .

which indicates different mechanisms of grain growth. Big grain growth was found at annealing of nano-crystalline materials prepared with use of high plastic deformation or prepared by condensation of clusters and their consolidations.

For use of advantageous properties of nano-structure it is important to maintain at heat treatment, at forming, and possibly at work at higher temperatures, the same or only slightly increasing dimensions of nano-crystals. One of the methods for achieving this goal consists in placement of fine dispersion phase at grain boundaries, which retards or prevents their migration. Material used was a nano-composite containing ZnO, aluminomagnesium spinel and α -Al₂O₃. Nanocomposite was super-plastic even at strain rate of 1 sec⁻¹. The obtained ductility exceeded 1000 %. Another manner consists in segregation of impurities at grain boundaries and achieving of „stabilised structure of grain boundaries“.

Experimental verification of the ECAP technology on copper

Achievement of ultrafine-grain or nano-crystalline structure requires true (logarithmical) deformation of approx 6 – 14, and forming carried out at low homological temperatures. The paper focuses only on preparation of ultrafine-grain Cu with use of severe plastic deformation, particularly with use of the ECAP technology, Fig. 1. Magnitude of shearing strain after one pass can be determined from the relation:

$$\gamma' = 2 \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \quad (3)$$

Total accumulated true deformation can be then calculated from the relation:

$$\varepsilon_N = \frac{N}{\sqrt{3}} \left[2 \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\phi}{2} \right) + \phi \cos \operatorname{ec} \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad (4)$$

where N is number of passes through a die, β is angle channels, ϕ is additional angle.

The experiments were aimed at determination of extrusion force, pressure necessary in individual stages of extrusion, change of strength properties in dependence on number of extrusions and change of structure. Experiments were made on equipment, the possibilities of which were already presented. We have used for extrusion the copper grade in accordance with the Czech standard ČSN 42 3003. Original samples were processed by cold forming and they were afterwards annealed at temperature of 870 °C/1h. Initial shape of the samples and shapes of samples after individual stages of extrusion are shown in Fig. 4.

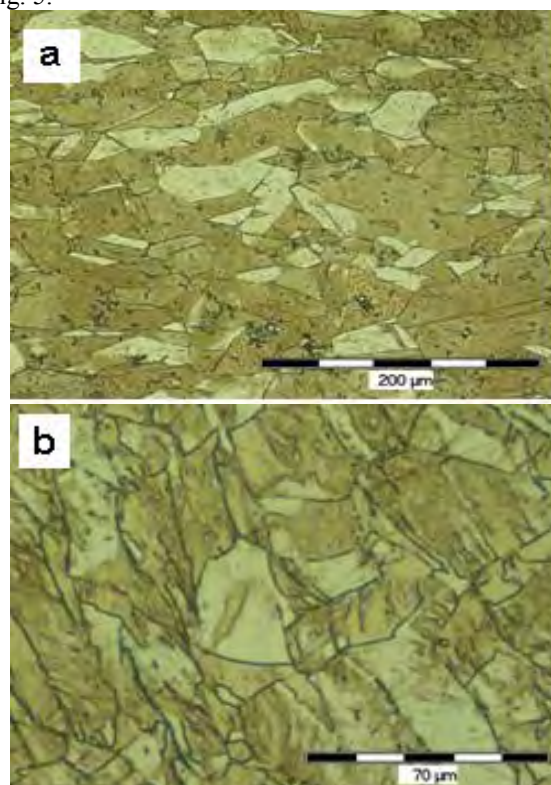


Fig. 4 Copper samples after individual passes with use of the ECAP technology

Obr. 4 Vzorky mědi po jednotlivých průchodech ECAP

Section of original samples was ϕ 12 mm. The samples were extruded at temperature of approx. 20 °C. In order to increase concentration of deformation in volume of the sample the samples were after individual passes turned around their longitudinal axis by 90° and they were extruded again [8]. The samples are ordered from the left to the right according to number of passes.

At extrusion were measured the deformation forces and pressure needed for extrusion was calculated. The strain rate was approximately determined, which was approx. $2.3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ [9]. Structure analysis was made by optical microscopy. Structure of original samples and that of samples after individual stages of extrusion is shown in Fig. 5.



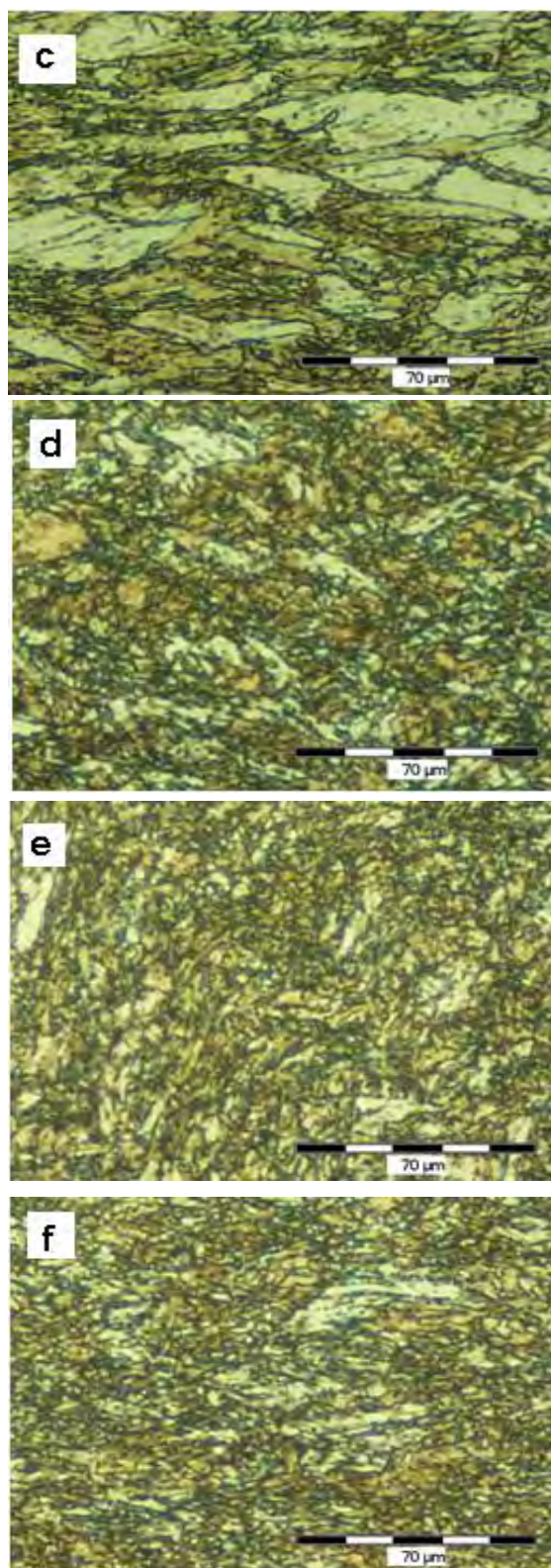


Fig. 5 Development of structure at extrusion of copper: a) initial structure, b) structure after the 1st extrusion, c) structure after the 3rd extrusion, d) structure of the 5th extrusion, e) structure after 6th extrusion and f) after 8th extrusion

Obr. 5 Vývoj struktury mědi po aplikaci ECAP: a) výchozí struktura, b) struktura po 1. průchodu, c) struktura po 3. průchodu, d) struktura po 5. průchodu, e) struktura po 6. průchodu, e) struktura po 8. průchodu.

Individual grains were elongated by main deformation in longitudinal direction. Average grain size in

transverse direction was determined by quantitative metallographic methods and it varied around 50 µm at the beginning of extrusion, and around 5 µm at the end of extrusion, i.e. after the 8th passes [10]. HV hardness changed in dependence on number of passes through a die – see Fig. 6

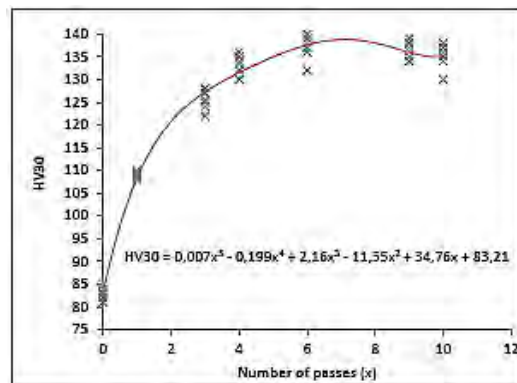


Fig. 6 Hardness of individual samples after extrusion
Obr. 6 Tvrdost jednotlivých vzorků po aplikaci ECAP

Obtained results and their analysis

After individual passes there has occurred an accumulation of deformation strengthening, e.g. at extrusion with radius of rounding of inside canals ($R = 0.5$) the extrusion pressure at the beginning varied around $\tau_1 = 658$ MPa. At the second extrusion it increased to $\tau_2 = 965$ MPa, and at the third extrusion it increased to $\tau_3 = 1188$ MPa [11]. Senderski [12] established similar intensity of increase of pressure in dependence on number of extrusion when extruding aluminium alloys. Increase in pressure at constant dimensions of samples corresponds to the increase if deformation resistance. Distinctively higher values of resistance to deformation and also strengthening at extrusion are related to high absolute value of octahedral stress.

Conclusions

1. Experiments made on poly-crystalline copper of the grade 42 3003 have confirmed that the ECAP method is efficient tool for refining of grain. This process enabled obtaining of grain size of matrix of approx. 5 µm.
2. Microstructure depends of experimental conditions, particularly on number of passes and on rotation of the sample between individual passes.
3. Convenient angle between horizontal and vertical part of extrusive channel is around 90°. Radii of rounding of working parts of extrusive channel must correspond to conditions for laminar flow of metal.

Acknowledgment

This paper was created in the Project No. LO1203 "Regional Materials Science and Technology Centre - Feasibility Program" funded by Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

Literature

- [1] VALIEV, R. Z., ISLAMGALIEV, R.K., ALEXANDROV, I.V. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation. *Progress in Materials Science*, 2000, Vol. 45, pp. 103-189.
- [2] KUMAR, K. S., VAN SWYGENHOVEN, H., SURESH, S. Mechanical behavior of nanocrystalline metals and alloys. *Acta Materialia*, 2003, Vol. 51, pp. 5743-5774.
- [3] SKROTZKI, W., SCHEERBAUM, N., OERTEL, C.G. et al. Microstructure and texture gradient in copper deformed by equal channel angular pressing. *Acta Materialia*, 2007, Vol. 55, pp. 2013-2024.
- [4] KUNZ, L., COLLINI, L. Mechanical properties of copper processed by Equal Channel Angular Pressing – a review. *Frattura ed Integrità Strutturale*, 2012, Vol.19, pp. 61-75.
- [5] MOLODOVA, X., GOTTSTEIN, G., WINNING, M., HELLMIG, R. J. Thermal stability of ECAP processed pure copper. *Materials Science and Engineering*, 2007, Vol. 460-461, pp. 204-213.
- [6] AIKATERINI, Z. Pure copper processed by extrusion preceded equal channel angular pressing. *Materials Characterization*, 2010, Vol. 61, Issue 2, pp. 141-144.
- [7] VALIEV, R. Z., KOZLOV, E.V., IVANOV, YU.F. et al. Deformation behaviour of ultra-fine-grained copper. *Acta Metall Mater*, 1994, Vol. 42 pp. 2467-2475.
- [8] LI, Y. J., KAPOOR, R., WANG, T. J., BLUM, W. Structural stability of ultrafine-grained copper. *Scripta Materialia*, 2008, Vol. 58, pp. 53-56.
- [9] RUSZ, S., MALANÍK, K., DUTKIEWICZ, J., ČÍŽEK, L., DONIC, T., KEDROŇ, J., TYLŠAR, S. New design of the forming equipment DRECE for obtaining UFG structures in strip of sheet. *Archives of Materials Science and Engineering*, 2010, Vol. 42, pp. 111-118.
- [10] GREGER, M., KANDER, L., MAŠEK, V. Grain refinement of pure copper by ECAP. In. *Degradácia konštrukčných materiálov 2013*, Zuberec – Roháče. Žilinská univerzita v Žiline, 2013, s. 38-42.
- [11] GREGER, M., LUKÁČ, P., ČERNÝ, M. Microstructure and hardness of copper after pressing by ECAP. *Transactions of the VŠB-Technical university of Ostrava, Metallurgical series*, 2009, Vol. 52, No. 3, pp. 51-54.
- [12] MAZIARZ, W., DUTKIEWICZ, J., SENDERSKI, J. Processing of nanocrystalline FeAlX (X = Ni, Mn) intermetallics using a mechanical alloying and hot pressing techniques. *Journal of materials science*, 2004, Vol. 39, pp. 5425 – 5429.

Investice do válcoven trub v USA

Tejas Tubular to construct new OCTG facility in Indiana. Iron & Steel Technology, 2013 č. 11, s. 7
Alita USA announces plans to build OCTG plant in upstate New York. Iron & Steel Technology, 2013 č. 11, s. 7

PTC Seamless Tube Corp. to establish manufacturing operation in Kentucky. Iron & Steel Technology, 2013 č. 11, s. 7

Bentler: Einstieg in dem Markt für Nahtlose Rohre. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 46

V současné době se v USA vyrábí 5,9 mil. t trubek pro těžbu ropy a plynu, zatímco jejich roční potřeba by měla v blízké budoucnosti vyrůst na 8,33 mil. t. Američtí investoři se chápou příležitosti a investují do této oblasti.

Firma Tejas Tubular Products Inc. připravuje výstavbu nového závodu v New Carlisle ve státě Indiana. Budou se zde vyrábět trubky o vnějším průměru 114,3 až 244,5 mm, které budou sloužit pro těžbu a zpracování ropy a zemního plynu. Plánovaná výrobnost je 72 000 t/r.

Další firma Alita USA oznámila plány na výstavbu plně integrovaného závodu v Buffalo ve státě New York. Budou se zde vyrábět svařované trubky pro petrolejářský průmysl včetně trubek z vysoce pevných ocelí pro horizontální vrty.

Další americká firma PTC Seamless Tube Corp., což je dceřiná firma PTEC Group Holdings Corp., plánuje investovat 102 mil. USD do závodu v Hopkinsville ve státě Kentucky. Půjde opět o trubky pro těžbu ropy a zemního plynu. V tomto závodě dříve vyráběla jedna sesterská společnost trubky pro automobilový průmysl. Ta však přesunula svoji výrobu blíže k odběratelům. Uvolněné haly mají plochu 24 000 m² a budou doplněny dalšími objekty.

Pro závod na přesné trubky v Shreveport ve státě Luisiana, patřící německé firmě Bentler Stahl/Rohr, dodává italská firma Danieli válcovnu bežešvých tubek do průměru 113,9 mm. Válcovna bude mít roční výrobnost 320 000 t vysoce přesných trubek podle norem API a ASTM.

L J

recyklace, druhotné zpracování materiálu

Nové metody zpracování a recyklace jemnozrnných kovonosných odpadů

New Methods of Processing and Recycling of Fine Metal Waste

Ing. Pavlína Pustějovská, Ph.D.¹, dr. inž. Edyta Kardas², Ing. Simona Jursová, Ph.D.³, dr. inž. Manuela Ingaldi², Ing. Silvie Brožová, Ph.D.⁴, dr. hab. inž. Anna Konstanciak²

¹VŠB-TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie a slévárenství, Centrum ENET, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

²Czestochowa University of Technology, Faculty of Materials Processing Technology and Applied Physics, Poland

³VŠB-TU Ostrava, Centrum ENET, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

⁴VŠB-TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

V oblasti metalurgie patří Česká republika mezi typicky zpracovatelské státy bez vlastních surovinových zdrojů. Proto má značný ekonomický význam využívání hutních a jiných kovonosných odpadů. Celková koncepce hutní výroby ovlivňuje nejen ekonomickou stránku produkce, ale i množství, vlastnosti a možnosti recyklace vznikajících odpadů v rámci hutního podniku. Jelikož české hutě v minulých letech výrazně upravily základní technologie, zejména v oblasti výroby oceli, projevilo se to jak v produkovaném množství a struktuře, tak i ve zpracování odpadů. Výroba surového železa i nadále převážně vyžaduje kusovou vsázku – kusovou rudu nebo zkusovělý kovonosný materiál z aglomerací a peletizačních či v poslední době i briketovacích zařízení. Briketovací pochody se stávají při výrobě železa a oceli, zejména při zpracování a recyklaci metalurgických odpadů, stále významnějším faktorem i ve středoevropských podmínkách.

Klíčová slova: testy redukovatelnosti, metalurgické odpady, recyklace

In the field of metallurgy Czech Republic belongs to typical processing countries without their own resources of raw materials. The use of metallurgical and other metal containing waste is therefore of significant economic importance. The overall concept of metallurgical production affects not only the economic aspects of production, but also quantity, properties and possibilities of recycling of the waste generated within the metallurgical company. Since the Czech steelworks in past years have radically changed their basic technologies, particularly in field of steelmaking, this was reflected both in the produced quantity and structure, as well as in the waste treatment. Production of pig iron still requires mostly the charge in the form of lumps - lump ore or compressed metal-bearing material from pelletising or sintering plants, and recently also from briquetting plants. Briquetting processes become at the iron- and steelmaking, especially at processing and recycling of metallurgical waste, an increasingly important factor also in the central European conditions.

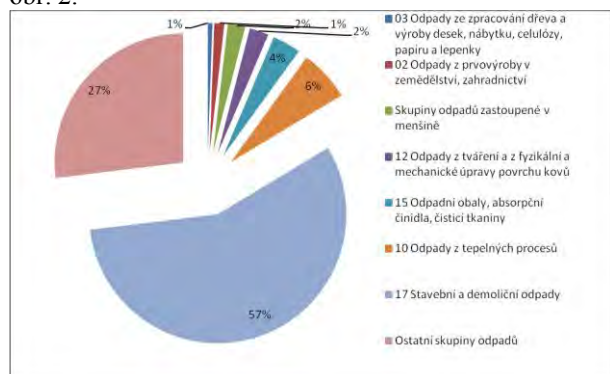
Key words: testing of reducibility, metallurgical waste, recycling

Legislativa odpadového hospodářství v rámci EU klade důraz na omezování vzniku odpadů a využívání vzniklých odpadů a jejich odstraňování pouze způsoby, které neohrožují zdraví lidí a životní prostředí [1].

Do připravovaného zákona o odpadech zpracovalo Ministerstvo průmyslu a obchodu Politiku druhotných surovin Druhotné zdroje by měly postupně nahradit primární suroviny tam, kde je to technicky možné a

ekonomicky efektivní, a tím přispět ke snížení materiálové a energetické náročnosti výroby. Vyšší poplatky mají firmy motivovat k omezení skládkování, které během příštích let radikálně podrazí. Připravovaný zákon o odpadech počítá s tím, že poplatky za každou tunu odpadu vyvezeného na skládky vzrostou. Podle plánu ministerstva životního prostředí to bude firmy motivovat k větší míře recyklování či spalování odpadu [2]. Názorný příklad zpracování a využití

nekomunálních odpadů přináší polské zkušenosti na obr. 2.



Obr. 1 Nakládání s odpady v České republice
Fig. 1 Waste treatment in Czech Republic



Obr. 2 Nakládání s odpady (mimo KO) v Polsku [3]
Fig. 2 Waste treatment (excluding municipal waste) in Poland [3]

Na základě obr. 1 lze říci, že více než 95 % veškerého odpadu vzniklého v metalurgii bylo recyklováno, pouze 3,5 % bylo odstraněno a 1,3 % bylo dočasně uloženo. Tyto výsledky souvisí se specifičností tohoto druhu průmyslu. Značná část odpadů při metalurgických procesech může být často použita v jiných metalurgických procesech jako vsázkový materiál, některé odpadní materiály mohou být uplatněny i v jiných technologických procesech, nebo se využívají ve stavebnictví.

Možnosti vhodného zpracování metalurgických odpadů s obsahem těžkých kovů

Výroba oceli je doprovázena tvorbou nemalého množství odpadů a jde především o to, aby se z odpadů staly sekundární suroviny. Z odpadu, který vznikne při výrobě jedné tuny oceli připadá na přímé skládkování nebezpečného odpadu 15 - 20 kg. Tato skutečnost navíc znamená pro producenta významnou finanční zátěž, plynoucí ze zákona.

Přehled roční produkce kovonosných odpadů v českém hutním podniku [4] přináší tabulka 1.

Základním principem současné průmyslové výroby je tzv. čistá produkce, která ve své podstatě znamená přínos v lepším využívání zdrojů při ekonomicky

Tab. 1 Produkce kovonosných odpadů v českém hutnictví
Tab. 1 Production of metal-containing waste in Czech metallurgy

Druh odpadu	Množ. kt/rok	Složení [hm%]				
		Fe	FeO	SiO ₂	Zn	Pb
VP kal	30	41	4,6	7,53	1,5	0,1
Ocel. prach	0,24	37	6,45	5,75	1,4	0,5

efektivnějším omezování průmyslového znečištění životního prostředí [5]. Příkladem takového způsobu čisté produkce je využití kalů a prachů v procesu tavné redukce přímo v rámci hutního technologického cyklu. Kaly vznikají i jako odpad při provozu konvertorové ocelárny. Obsahují vysoký podíl vody (cca 30 %) a také vysoký podíl složek FeO a Fe₂O₃. Navíc mají tyto kaly vysoký obsah zinku, nelze je znovu použít jako surovinu bezprostředně v klasickém hutním technologickém celku a je nutno je ukládat na skládky nebezpečného odpadu. Vysoký obsah oxidů železa poukazuje na možnost dalšího využití tohoto nebezpečného odpadu jako zdroje kovové vsázky [6].

Zajímavé provozní pokusy byly prováděny v rámci grantového projektu MPO: „Komplexní ekologizace hutních výrobní“, kdy se využívalo procesu tavné redukce v improvizovaných podmínkách studenovětrné kuplovny. Cílem bylo zjištění metalurgických důsledků přidavku samoredukčních briket, připravených z ocelářských kalů do vsázky kuplovny a především ověření stupně redukce oxidů železa při zachování výstupní kvality odlévaného kovu.

Přidávání samoredukčních briket do vsázek se projevilo snížením obsahu Mn a Si v litém i snížením teploty litiny v pánvích. Hlavním pozitivem provozních pokusů se jevílo stoprocentní využití odlitého kovu a také charakter strusky, která byla bez příměsí nežádoucích prvků.

Značným producentem prachů a kalů je také vysokopecní výroba železa. Příklad průměrného chemického složení prachu a kalu z vysokopecní technologie je uveden v tabulce 2.

Tab. 2 Průměrné chemické složení prachu a kalů vyprodukovaných v polských vysokých pecích (% hm.) [7]

Tab. 2 Average chemical composition of dust and sludges produced in Polish blast furnaces (wt. %) [7]

[hm%]	Fe	FeO	SiO ₂	Zn	S	C
prach	47	9	5	2.1	0	2.9
kal	15	4.5	4.2	14	2.	38

Analýza chemického složení prachu a kalu potvrzuje, že se jedná o bohatý železonoší materiál a lze je tedy použít jako materiály pro vysokopecní výrobu. Vysokopecní prach je zpracováván v aglomeraci nebo zkusově jinými způsoby, například briketováním. [8] V České republice se briketováním kovonosných odpadů v průmyslovém měřítku zabývá firma Progres Ekotech, s.r.o. [9].

Technologie Progres Ekotech

Firma Progres Ekotech, s.r.o. vyvinula postup výroby přísadových briket do vsázky pro hutní agregáty. Briketa je vytvořena zejména z materiálů vznikajících při hutních procesech jako vedlejší produkt, popřípadě z hutních odpadů, kalů a odprašků, ať už kovanosných nebo nemetalických. Briketováním těchto materiálů a následným použitím těchto briket v hutním procesu, pak dochází k efektivnímu využití prvků v těchto materiálech obsažených, a to zejména jejich železonosných podílů.

Chemické složení přísadových briket včetně obsahu železonosných podílů je prakticky dáno požadavkem zákazníka, který materiál určený k briketaci dodává. Respektován však musí být patentově krytý technologický postup výroby briket, což znamená přidání jistého podílu pojiva, popřípadě i metalurgického koksu. Množství feritických podílů lze zvýšit přidáním např. okují, ocelových či litinových třísek a jiných obdobných železonosných materiálů. Tímto lze rovněž dosáhnout změn fyzikálně-chemických vlastností.

Kromě výše uvedených surovin může být přísadová briketa tvořena například jemnými a prachovými podíly vápence, grafitu, antracitu, jemným kalcinovaným petrolejovým koksem, prachovými či jemnými frakcemi bauxitu, mleté konvertorové vyzdívky a svářkové strusky a podobně s cílem umožnit jejich praktické využití v hutních procesech.

Jako pojivo se používá pro hutní průmysl chemicky neutrální látka. Druh a konkrétní způsob použití, jakož i výroba briket, podléhá patentovému krytí [10].

Fotografie převzaté z propagačních materiálů firmy Progres Ekotech, s.r.o. představují praktické výstupy ze sériové výroby a jsou součástí rozsáhlého vývoje. Jedná se jak o brikety již vyráběné a dodávané zákazníkům, tak o konkrétní výsledky vývoje technologie podle jednotlivých druhů vstupních materiálů, případně se jedná o brikety s upraveným složením dle požadavků zákazníků. Produkovány jsou brikety šestihranné a válcové.

Nová technologie by především měla umožnit širší až téměř úplnou recyklaci obtížných hutních odpadů obsahujících nezanedbatelný podíl železových jednotek.



Obr. 3 Příklad briket ze sortimentu firmy Progres Ekotech, s.r.o. [9]
Fig. 3 Example of briquettes from the production program of the company Progres Ekotech, s.r.o., [9]

Testování redukovatelnosti kovanosných briket z technologie Progres Ekotech, s.r.o.

Testování redukovatelnosti kovanosných briket dodaných firmou Progres Ekotech, s.r.o. proběhlo v Laboratoru pro výzkum vysokoteplotních vlastností surovin (LVVVS) Centra ENET, která je vybavena testovacím zařízením ke stanovení základních technologických charakteristik kusové železné rudy, pelet a aglomerátu, které se používají jako vysokopeční vsázka [11]. Postup při stanovení redukovatelnosti je předepsán normou ISO 4695. Zařízení umožňuje v případě potřeby realizovat i nestandardní podmínky průběhu testů. [12] Obr. 4 ukazuje toto zařízení instalované v LVVVS Centra ENET.

Testem redukovatelnosti ISO 4695 byla zhodnocena briketa vyráběná firmou ProgresEkotech, s.r.o. ze železonosných odpadů hutního podniku. Zkušební vzorek brikety se izotermicky redukoval v retortě při 950 °C, za použití redukčního plynu tvořeného CO a N₂ v zařízení uvedeném na obr. 4.



Obr. 4 Laboratorní zařízení pro testování vysokopeční vsázky
Fig. 4 Laboratory equipment for testing of blast furnace charge

Protokolární údaje, vstupní data celkové výsledky testu

Testem redukovatelnosti ISO4695 byla zhodnocena briketa vyráběná firmou Progres Ekotech, s.r.o. ze železonosných odpadů hutního podniku. Základní chemické složení brikety je uvedeno v následující tab. 3.

Tab. 3 Chemické složení testované brikety
Tab. 3 Chemical composition of tested briquette

složka	Fe _{celk}	Fe _{kov}	FeO	Fe ₂ O ₃	S	C
[hm%]	73,3	29,2	44,9	13,3	0,13	0,33

Testovaná briketa byla před testem upravena, jak ukazuje obr. 5.

Zaznamenaný úbytek hmotnosti kyslíku v testovaném vzorku přináší tab. 4.

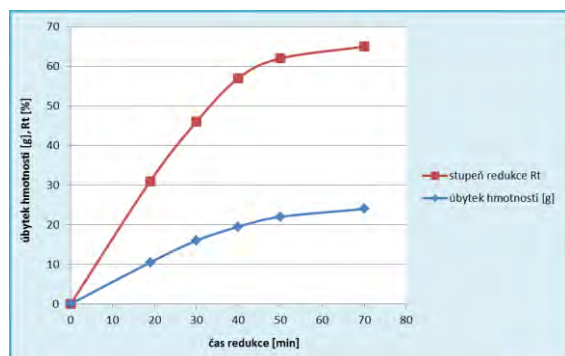


Obr. 5 Briketa před testem
Fig. 5 Briquette before testing

Tab. 4 Úbytek hmotnosti kyslíku ve vzorku
Tab. 4 Loss of mass of oxygen in the sample

čas [min]	0	19	30	40	50	70
úbytek [g]	0	10,5	16	19,5	22	24
R _t [%]	0	31	46	57	62	65

Grafické zachycení úbytku hmotnosti kyslíku v oxidech železa testované brikety v závislosti na době redukce přináší obr. 5.



Obr. 6 Grafický výstup testů: průběh úbytku hmotnosti (modrá) a z něho vypočtený stupeň redukce Rt (červená)

Fig. 6 Graphical output of tests: evolution of low of mass (blue line) and reduction degree Rt calculated from it (red line)

Závěrečným a nejdůležitějším výsledkem testu je tzv. index redukovatelnosti dR_t/dt , který představuje rychlost redukce v procentech za minutu. Dle normy ISO 4695 se tento index stanoví ze vztahu

$$\frac{dR_t}{dt} = \frac{33,6}{t_{60} - t_{30}}, \quad (1)$$

kde t_{30} , t_{60} představuje dobu, za kterou vzorek při testu dosáhne 30, resp. 60% redukce hmoty kyslíku vázaného na železo.

Z tab. 4 a obr. 3 vyplývají časové údaje odpovídající stupni redukce $R_t = 30$, resp. 60% na modré křivce. Po dosažení odpovídajících časových hodnot pak získáme

$$\frac{dR_t}{dt} = \frac{33,6}{44,8 - 18,4} = \frac{33,6}{26,4} = 1,27 \quad (2)$$

Dosažený index redukovatelnosti potvrzuje dobrou redukovatelnost testovaných briket, která je z pohledu redukovatelnosti zařazuje ke kovonosným materiálům, vhodným pro vsázku pro vysoké pece.

Závěr

S rozvojem a intenzifikací výroby vzniká velké množství odpadních produktů, a proto je třeba hledat možnosti využití odpadů tak, aby nebylo třeba budovat speciální skládky, nejlépe však, aby skládky nebyly vůbec potřeba. Zabezpečené ekologické skládkování je finančně náročná záležitost.

Optimální řešení této situace lze vidět v tom, že se odpadní produkty zpracují smysluplným způsobem v blízkosti samotného producenta, nejlépe pak s využitím na stávajícím technologickém zařízení při současně náhradě části vstupních surovin.

Uplatnění nových způsobů briketace se ukazuje jako vhodná forma zkusování prachových a drobných odpadů, což také potvrdily první testy redukovatelnosti briket, na testovacím zařízení výzkumné laboratoře LVVVS Centra ENET VŠB – TUO.

Poděkování

Článek byl vypracován v rámci projektu ENET – energetické jednotky pro využití netradičních zdrojů energie, reg. č. CZ 1.05/2.1.00/03.0069 a ze zdrojů Evropského fondu pro Regionální rozvoj, Operační program Přeshraniční spolupráce CZ-PL 2007-2013, reg. č. CZ.3.22/3.3.04/13.03613



Číslo 3/Cel3
2007.2013



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
PŘEKRAČUJEME HRANICE

Literatura

- [1] Přípravovaný zákon o odpadech v Evropském kontextu. <http://www.europeum.org/cz/integrace/29-integrace--7/674-pripravovany-zakon-o-odpadech-v-evropskem-kontextu>
- [2] Víze MPO: Přeměna odpadů na zdroje. ODPADY, 1/2014. <http://odpady.ihned.cz/aktualni-vydani/>
- [3] KARDAS, E., BROŽOVA, S. Situation in waste treatment in Poland. In *Metal 2013*, 22. ročník mezinárodní konference metalurgie a materiálů, Symposium F - Ekonomika a řízení metalurgické výroby, 15. - 17. května 2013, Brno, 5 s., CD-ROM, ISBN 978-80-87294-39-0.
- [4] JURSOVÁ S. et al. Metallurgical Waste and Possibilities of Its Processing. In 19th International Conference on Metallurgy and Materials: Metal 2010, Czech Republic: conference proceedings, TANGER Ltd. Brno, pp.115-120, ISBN 978-80-87294-17-8.
- [5] LEGEMZA, J. et al. Emissions CO and CO(2) in the sintering process. In *10th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM 2010*, 20. - 26. 6. 2010. Albena, Bulgaria [CD-ROM]. pp. 567-572. ISBN 80-85988-48-8.
- [6] PRIBULOVA A., BARICOVA D. et al. Possibilities of pelletizing and briquetting of fly dusts from steel and cast iron production. In *10th International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM 2010*, 20. - 26. 6. 2010. Albena, Bulgaria [CD-ROM]. p. 901-907. ISBN 80-85988-48-8.
- [7] KONSTANCIÁK, A., PUSTĚJOVSKÁ, P. Ecological possibilities of waste utilization in metallurgical processes. In *Metal 2013*, 22. ročník mezinárodní konference metalurgie a materiálů, Symposium F - Ekonomika a řízení metalurgické výroby, 15. - 17. května 2013, Brno, 6 s., CD-ROM, ISBN 978-80-87294-39-0.

[8] INGALDI, M., JURSOVÁ, S. Economy and possibilities of waste utilization in Poland. In *Metal 2013*, 22. ročník mezinárodní konference metalurgie a materiálů, Symposium F - Ekonomika a řízení metalurgické výroby, 15. - 17. května 2013, Brno, 6 s., CD-ROM, ISBN 978-80-87294-39-0.

[9] <http://www.progres-ekotech.com/>.

[10] Prospekty, zprávy a patenty společnosti Progres Ekotech, s.r.o.

[11] KRET, J., HONZA, O. hodnocení jakostních parametrů vysokopecní vsázky. *Hutnické listy*, 1995, č.7-8, s. 18-23. ISSN 0018-8069.

[12] BILÍK, J. et al. Zařízení a cíle vysokoteplotního testování hutnických surovin v prostředí technologických plynů. *Hutnické listy*, 5/2013, LXVI, číslo 1, s. 60-65. © OCELOT, s.r.o., ISSN 0018-8069.

Výstavba tratě na válcování nerez pásů za studena v Číně

Beihai Chendge ordered stainless steel tandem cold mill. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 54-55

Čínská firma Beihai Chendge Stainless Steel Co. objednala u firmy Siemens Metal Technologies dodávku pětistolicového tandemu a těžkého laserového svařovacího zařízení pro válcování pásů z nerezavějících ocelí řady 200 a 300 podle AISI. Budou se na ní válcovat pásy o výstupní tloušťce 0,3 až 3,0 mm a šířce 800 až 1300 mm. Vstupní pás bude mít tloušťku 1,0 až 5,0 mm. Válcovací rychlost bude 400 m/min. Trať bude vybavena rychlovýměnou válců.

Firma Beihai Chendge dosud vyvíjela aktivity v těžbě niklových rud a výrobě úzkých pásů z nerezavějících ocelí. Touto investicí rozšiřuje své aktivity o široké pásy. Celková výroba pásů u této firmy dosáhne 1,6 mil. t v r. 2014 a 4 mil. t v r. 2015.

L J

Nové zařízení pro plynulé odlévání bloků

Zenith Steel started new continuous bloom caster. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 68

Čínská huť Chang-zhou Zhongtian Iron & Steel (Zenith Steel) uvedla do provozu nové zařízení pro plynulé odlévání bloků. Odlévají se zde kruhové bloky o průměrech 360, 400 a 500 mm pro válcovnu trubek a bloky o průměru 600 mm pro kovárnou. Výrobnost tohoto zařízení činí 1,3 mil. t/rok. Je instalováno v konvertorové ocelárně s výrobností 10 mil. t oceli za rok. Kromě ocelí na trubky se odlévají i oceli na ložiska, pružiny a další.

Zařízení dodala firma Siemens. Má pět licích proudů, pracuje s rychlostí lití 0,8 m/min. Krystalizátor je zakřivený s poloměrem 14 m, metalurgická délka licího proudu je 32 m.

L J

Přesun ocelárny a kovárný

Finkl & Sons. Co. Forging, May/June 2013, s. 30

Závod Finkl & Sons. Co. byl založen v r. 1879 v Chicagu a dnes je zaměřen na výrobu výkovků z ušlechtilých ocelí. V průběhu doby závod obklopilo rozrůstající se město, což se již nějakou dobu pociťuje jako nevýhodné jak pro město, tak pro další rozvoj závodu. Již před několika roky bylo proto rozhodnuto, že se podnik přesune o více než 20 km dále. Celá akce je v současné době ukončená. Většina zařízení je nová.

Podnik má vlastní ocelárnu s obloukovou pecí UHP, pánvovou pecí a vakuovacím zařízením VAD. Ocelárna vyrábí 100 tis. t oceli za rok, která se odlévá do kovářských ingotů.

L J

řízení jakosti

Použití umělých neuronových sítí při předpovědi výskytu vnitřních defektů v blocích z Cr-Mo ocelí po válcování

Use of Artificial Neural Networks at Prediction of Occurrence of Internal Defects in Billets from Cr-Mo Steels after Rolling

Ing. Roman Meca¹, RNDr., Ing. Miroslav Kvíčala, Ph.D.¹, prof. Ing. Zora Jančíková, CSc.¹, Ing. Ondřej Zimný, Ph.D.¹

¹VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra automatizace počítačové techniky v metalurgii, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

Cílem tohoto článku bylo vytvořit a verifikovat umělou neuronovou síť, která by byla schopná predikovat výskyt vnitřních defektů ve vývalcích z nízkoaligovaných Cr-Mo ocelí. Jedná se o poměrně komplikovaný problém, jelikož vnitřní defekty jsou detekovány ultrazvukovým zařízením až u vyválcovaných a vychlazených bloků. Vývoj modelu, který využívá umělé neuronové sítě při predikci defektů ve vývalcích, se jeví jako zajímavá alternativa k tradičním materiálově-inženýrským metodám výzkumu, případně pak jako alternativa k statistické regresní analýze. Použití umělých neuronových sítí se ukázalo být velmi účinným nástrojem při odhalování příčin vzniku vnitřních necelistvostí ve vývalcích z Cr-Mo ocelí. Jako vstupní parametry umělé neuronové sítě posloužily: chemické složení, parametry plynulého odlévání a strategie ohřevu.

Klíčová slova: Neuronové sítě, vnitřní vady, mikrolegování vanadem, umělé neuronové sítě

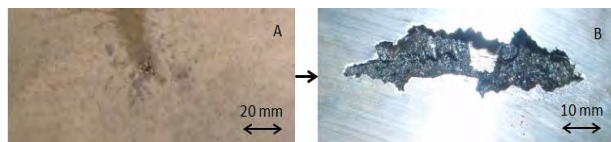
The scope of the presented paper is dedicated to application of neural network at solution of a very complex problem linked to internal defects that occur in hot rolled billets from vanadium micro-alloyed 25CrMo4 steel. Since internal defects are indicated during an ultrasonic inspection in already cooled billets, it can be said that the studied problem is very complex. The paper demonstrates that application of neural network may be a very useful tool for solving the complicated production problems, such as the occurrence of cracks in hot rolled billets. Artificial neural networks (ANN) use distributed parallel processing of information during the execution of the calculations, which means that information recording, processing and transferring are carried out by means of the whole neural network, and then by means of particular memory places. The basis of a mathematical model of the neural network is a formal neuron, which uses a simplified way to describe a function of a biological neuron by means of mathematic relations. Neural networks with the best learning results were selected for the prediction of defects. They included a three-layer perceptron network with 22-18-2 topology. This means that the input layer contained twenty-two neurons; the hidden layer eighteen and the output layer two neurons. This neural network also included a sensitivity analysis. This analysis expresses the impact of the individual input variables on the given system. Although the studied problem of internal defects present in hot rolled billets from vanadium micro-alloyed steel 25CrMo4 was fully explained using traditional material engineering procedures, application of neural network made it possible to predict internal defect occurrence with a probability of eighty-six percents. Neural network has a potential to be very fast, inexpensive and useful tool in solving a wide scale of similar metallurgical problems.

Keywords: Neural network, internal defect, vanadium microalloying, artificial neural network

Tato práce se zaměřuje na použití umělých neuronových sítí při řešení poměrně komplikovaného technologického a materiálově-inženýrského problému, kterým je výskyt vnitřních defektů ve vývalcích z nízkoaligované oceli 25CrMo4 mikrolegované vanadem. Objasnění příčin výskytu těchto necelistvostí je

komplikováno především skutečností, že tyto necelistvosti jsou detekovány až při ultrazvukové zkoušce vychlazených bloků, tj. na konci výrobního procesu. Ukazuje se, že použití umělých neuronových sítí může být velmi účinným nástrojem nejen při objasňování vzniku vnitřních defektů ve vývalcích, ale

rovněž účinným nástrojem při jejich predikci. Problém výskytu vnitřních necelistvostí ve vývalcích z Cr-Mo ocelí byl již úspěšně vyřešen, a to na základě regresní analýzy dlouhodobě sledovaných výrobních parametrů, která byla doplněna celou řadou experimentálních metod (metalografie, SEM-EDX, fraktografie, analýza extrakčních replik, stanovení mikrotvrdosti, Charpyho zkouška) [1].



Obr. 1 Makrorept příčného řezu plynule odlévaného kruhového bloku o průměru 525 mm. Příčný řez válcovaného bloku o rozměrech 260x260 mm.

Fig. 1 Macro-etched transverse cut of continuously cast round bloom with a diameter of 525 mm – A; transverse cut of hot-rolled square billet 260x260 mm.

Tyto analýzy byly doplněny MKP simulacemi napěťově-deformačního chování kruhových kontisliťků o poloměru 525 mm během různých strategií ohřevu v hlubinné peci [2, 3] a simulacemi deformací v průběhu válcování [4]. Z takto komplexního výzkumu vyplývají nejdůležitější faktory, které determinují vznik a šíření již existujících trhlin. Ukázalo se, že pravděpodobnost výskytu vnitřních defektů je nejvyšší u značek ocelí, které jsou mikrolegovány vanadem. Zatímco značky ocelí, které jsou vyráběny stejnými technologickými postupy a mají takřka identické chemické složení, ale nejsou mikrolegovány vanadem, tyto defekty nevykazují [1]. Nicméně zdaleka ne všechny vývalky z ocelí s mikrolegujícím obsahem vanadu vykazovaly vnitřní defekty. Bylo tedy zřejmé, že tyto oceli jsou velmi citlivé na správné dodržování výrobních technologických postupů (teplota přehřátí oceli v mezipánvi, lící rychlost, parametry ohřevu v hlubinné peci a kalibrační plán na válcovně). Obzvláště nízká lící rychlost má za následek, že k rovnání kruhových kontisliťků dochází na ZPO v kritické oblasti teplot (800-1000°C), kdy dochází k precipitaci VC, VN a V(C,N) [5-7].

Výskyt středových lících defektů je nezbytnou, nikoli však jedinou podmínkou vzniku vnitřních necelistvostí ve vývalcích z nízkolegovaných Cr-Mo ocelí, které jsou mikrolegovány vanadem. Druhou nezbytnou podmínkou je volba vhodné strategie ohřevu kontisliťků v hlubinné peci před válcováním. Jestliže kontisliťtek nevykazuje makroskopické necelistvosti, volba strategie ohřevu nehraje příliš velkou roli. Avšak pokud jsou ve středu kontisliťku přítomny makroskopické lící defekty, je nezbytné zvolit vhodnou strategii ohřevu tak, aby se minimalizoval rozvoj již přítomného lícího defektu [8]. Typický lící defekt a trhlina nacházející se ve středu bloku po válcování jsou znázorněny na obr.1.

MKP simulace odhalily, že pokud je zvolená šetrná strategie ohřevu v hlubinné peci před válcováním, je možné vhodnou volbou kalibračního plánu docílit

svaření přítomných lících defektů [4]. Vzhledem k tomu, že mechanické vlastnosti nízkolegovaných Cr-Mo ocelí s mikrolegujícím obsahem vanadu jsou optimalizovány popuštěním, je nutné věnovat patřičnou pozornost rovněž tepelnému zpracování. V tomto článku byly vnitřní necelistvosti ve vývalcích detekovány bezprostředně po vychladnutí po válcování, tj. volba různých způsobů tepelného zpracování nebyla studována [8]. Umělé neuronové sítě byly použity pro předpověď výskytu trhlin ve vývalcích z oceli 25CrMo4 z toho důvodu, že umělé neuronové sítě byly již úspěšně otestovány při predikci mechanických vlastností oceli [9] a při předpovědi výskytu defektů v kovárenských ingotech [10-12].

Umělé neuronové sítě

Základem matematického modelu neuronové sítě bude formální neuron, který získáme přeformulováním zjednodušené funkce neurofyzilogického neuronu do matematické řeči. Jeho struktura je schématicky znázorněna na obr. 2. Formální neuron má n obecně reálných vstupů $x_1, \dots, x_n$, které modelují dendrity. Vstupy jsou ohodnoceny odpovídajícími obecně reálnými synoptickými váhami $w_1, \dots, w_n$, které určují jejich propustnost. Ve shodě s neurofyzilogickou motivací mohou být synoptické váhy záporné, čímž se vyjadřuje jejich inhibiční charakter. Zvážená suma vstupních hodnot představuje vnitřní potenciál neuronu

$$z = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

Hodnota vnitřního potenciálu z po dosažení tzv. prahové hodnoty h indikuje výstup neuronu y , který modeluje elektrický impuls axonu. Nelineární nárůst výstupní hodnoty

$$y = \sigma(z)$$

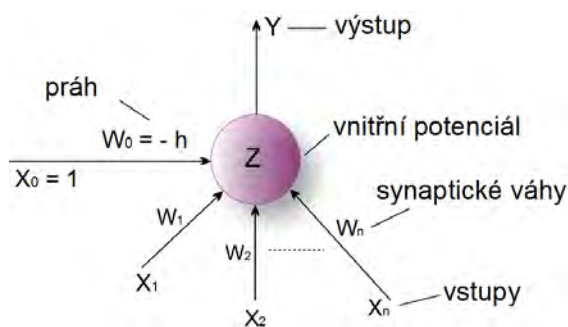
při dosažení prahové hodnoty potenciálu h je dán tzv. aktivační funkcí σ .

Nejjednodušším typem aktivační funkce je ostrá nelinearita, která má tvar:

$$\sigma(z) = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } z \geq h \\ 0 & \text{jestliže } z < h \end{cases}$$

Formální úpravou lze docílit toho, že funkce σ bude mít nulový práh a vlastní práh neuronu se záporným znaménkem budeme chápat jako váhu $w_0 = -h$ dalšího formálního vstupu $x_0 = 1$ s konstantní jednotkovou hodnotou. Matematická funkce neuronu je potom dána vztahem:

$$y = \sigma(z) = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } z \geq h \\ 0 & \text{jestliže } z < h \end{cases}, \quad \text{kde } z = \sum_{i=0}^n w_i x_i$$



Obr. 2 Matematický model neuronu
Fig. 2 Mathematical model of neuro

Využití umělých neuronových sítí k predikci vad

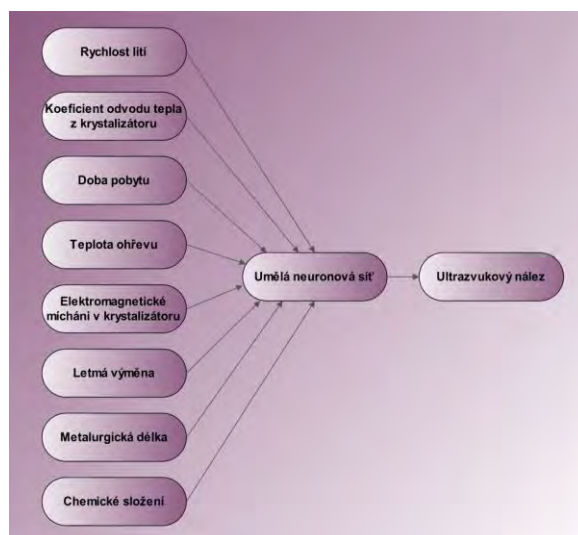
Konkrétní datový soubor určený k tvorbě umělých neuronových sítí obsahoval 153 případů. Proměnných v tomto souboru bylo celkem 21. Z celkového množství proměnných bylo 20 použito jako vstupy do umělé neuronové sítě. Jako vstupní proměnné byly označeny rychlost liti, koeficient odvodu tepla z krystalizátoru, doba pobytu, teplota ohřevu, elektromagnetické míchání v krystalizátoru, letná výměna, metalurgická délka a chemické složení. Výstupní proměnná byla jedna a byla označena jako ultrazvukové nálezy. Tato proměnná obsahovala informaci, zda na základě kombinací vstupních parametrů došlo k vadě či nikoliv. Vyjádření počtu případů vykazujících vadu a případů bez vady je zobrazeno pomocí histogramu na obr. 3.



Obr. 3 Histogram výstupních proměnných
Fig. 3 Histogram of output variables

Z této analýzy vyplynulo, že z celkového počtu 153 případů 53 případů vykazovalo vadu a 100 případů bylo bez vady. Schéma vstupních a výstupních proměnných, vztahujících se k neuronové síti, je zobrazeno na obr. 4.

Pro tvorbu umělých neuronových sítí byl zvolen software Statistica – Neural Networks. Před vlastní tvorbou umělých neuronových sítí musel být datový soubor upraven tak, aby mohl být ve zvoleném softwaru (Statistica) využit. Celkové množství dat bylo náhodně rozděleno na tři části, a to na trénovací, testovací a



Obr. 4 Struktura vstupních a výstupních proměnných
Fig. 4 Structure of input and output data

validační. Toto rozdělení je nutné pro učení a ověření správnosti predikce vytvořené umělé neuronové sítě. Na základě upravených dat, bylo vytvořeno několik umělých neuronových sítí, s různou strukturou a parametry. Pro predikci vad byla vybrána ta, která měla nejlepší výsledky naučení. Jednalo se o třívrstvou perceptronovou síť s topologií 22-18-2. To znamená, že vstupní vrstva obsahovala 22 neuronů, skrytá vrstva 18 a výstupní vrstva dva neurony. Výsledky získané touto umělou neuronovou sítí jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Souhrnné výsledky partikulární neuronové sítě
Tab. 1 Summary of the results of particular neural network

	Ultrazvukové nálezy-ANO	Ultrazvukové nálezy-NE	Ultrazvukové nálezy-celkem
Celkem	53.00	100.00	153.00
Správné	41.00	91.00	132.00
Chybné	12.00	9.00	21.00
Správné (%)	77.36	91.00	86.27
Chybné (%)	22.64	9.00	13.73

Tato tabulka vyjadřuje, že z celkových 53 případů vypovídajících, že došlo k chybě, bylo správně predikováno 41 případů a 12 případů bylo vyhodnoceno špatně. Ze sto případů vyjadřujících, že k chybě nedošlo, bylo určeno správně 91 případů a 9 případů chybně. Celkem tedy bylo ze 153 případů správně předpovězeno 132 případů a to je 86,27 %.

Dále byla u této neuronové sítě vytvořena citlivostní analýza. Tato analýza vyjadřuje vliv jednotlivých vstupních proměnných na daný systém. Z citlivostní analýzy vyplynulo, že proměnné s největším vlivem na systém byly chemické prvky molybden, síra, uhlík a chrom. Naopak proměnné, které na systém nemají žádný vliv (jsou bezvýznamné) a z analýzy mohou být vypuštěny, je proměnná „elektromagnetické míchání v krystalizátoru“ (M – EMS) a proměnná „letná výměna“. Celý přehled citlivostní analýzy s významností jednotlivých proměnných je uveden v tab. 2.

Tab. 2 Citlivostní analýza neuronové sítě
Tab. 2 Sensitivity analysis of the neural network

Proměnná	Relative importance of the variables	Sequence
Mo	4,11	1
S	3,67	2
C	3,23	3
Cr	3,16	4
Metalurgická délka	2,91	5
Rychlost lití	2,91	6
Teplota ohřevu	2,81	7
Cu	2,69	8
Si	2,56	9
Mn	2,41	10
P	2,36	11
V	2,28	12
Doba pobytu	2,26	13
Ni	2,09	14
Al	2,09	15
K*	2,08	16
Ti	2,00	17
N	1,62	18
M-EMS**	1,00	19
Letmá výměna	1,00	20

*Koefficient odvodu tepla z krystalizátoru

**Elektromagnetické míchaní v krystalizátoru

Obr. 5 Počítačová aplikace pro predikci vad
Fig. 5 Computer application created for prediction of defects

Pro využití výsledků naučené umělé neuronové sítě byly parametry a struktura vybrané sítě implementovány do vlastního programu vytvořeného ve vývojovém prostředí C++. Tento program je nezávislý na softwaru Statistica, tedy na programu, v kterém byly neuronové sítě vytvářeny a testovány. Tento program může sloužit k predikci vad na základě zadání vstupních parametrů do všech požadovaných proměnných (viz obr. 5).

Závěr

Z experimentu vyplývá, že umělá neuronová síť byla schopna predikovat vznik vnitřní vady ve vývalcích válcovaných za tepla z nízkolegované oceli 25CrMo4 s 86% pravděpodobností.

Neuronové sítě mají potenciál být velmi rychlé, levné a užitečný nástroj pro řešení široké škály podobných metalurgických problémů, neboť jsou zvláště vhodné pro samoučení nestrukturovaných dat s vysokým stupněm nelinearity a velkou mírou nejistoty.

Tento článek je součástí řešení projektu projekt SP2013/29 "Využití umělých neuronových sítí pro predikci výskytu vnitřních necelistvostí ve vývalcích z Cr-Mo ocelí a k predikci elektrických a optických vlastností skel založených na bázi Sb₂O₃."

Literatura

- [1] HENDRYCH, A., KVÍČALA, M., MATOLIN, V., ŽIVOTSKÝ, O., JANDAČKA, P. The Influence of Vanadium Microalloying on Voids Occurrence in Low-alloyed Cr-Mo Steels after Continuous Casting. *International Journal of Fracture*, 2011, 168, pp. 259-266
- [2] KVÍČALA, M.; FRYDRÝŠEK, K.; HENDRYCH, A. Stress-strain behaviour simulation of vanadium microalloyed steel with internal defects during two different heating strategies. *International Journal of Fracture*, 2013, 181, pp. 139-146
- [3] KVÍČALA, M.; FRYDRÝŠEK, K. Simulation of temperature gradients and equivalent stress of low-alloyed Cr-Mo based steel. In: *International Conference Mechanical Structures and Foundation Engineering*. Ostrava, 2010. pp. 9-14
- [4] FABÍK, R. et al. Mathematical modelling of flat and long hot rolling based on finite elements methods (FEM). *Metalurgija*, 2012, vol. 51, No. 3, pp. 341-344
- [5] BAKER, T.N. Processes, Microstructure and properties of vanadium microalloyed steels. *Materials Science and Technology*. 2009, 25, 9, pp. 1083-1107
- [6] REZAEIAN, A.; ZARANDI, F.; YUE, S. Mechanism of Hot Ductility Improvement of a Peritectic Steel Containing Vanadium Using Very-High-Temperature Compression. *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2008, 39, 11, pp. 2635-2644
- [7] OOI, S.W. et al. Precipitation in vanadium bearing ultralow carbon strip steels. *Materials Science and Technology*, 2006, vol. 22, No. 5, pp. 525-536
- [8] KVÍČALA, M.; MORÁVKA, J.; JANDAČKA, P. Influence of continuously cast bloom's heating strategy on cracks occurrence in low-alloyed Cr-Mo based steel 25CrMo4. *INŽYNERIA MATERIÁLOVÁ*. 2010, No. 6, pp. 1433 – 1436.
- [9] JANČÍKOVÁ, Z.; ROUBÍČEK, V.; JUCHELKOVÁ, D. Application of artificial intelligence methods for prediction of steel mechanical properties. *Metalurgija*, vol. 47, No. 4, 2008, pp. 339-342.
- [10] ŠPIČKA, I.; HEGER, M.; FRANZ, J. The Mathematical-Physical Models and the Neural Network Exploitation for Time Prediction of Cooling Down Low Range Specimen. *Archives of Metallurgy and Materials*, 55 (2010) 3, pp. 921-926
- [11] HEGER, M., ŠPIČKA, I., BOGAR, M., STRÁNAVOVÁ, M., FRANZ, J. Simulation of Technological Processes Using Hybrid Technique Exploring Mathematical-Physical Models and Artificial Neural Networks, In: *20th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials*, (2011), pp. 324-329
- [12] GÓRNY, Z.; KLUSKA-NAWARECKA, S.; WILK-KOŁODZIEJCZYK, D. Attribute-Based Knowledge Representation in the Process of Defect Diagnosis. *Archives of metallurgy and Materials*, vol. 55, No. 3, 2010, pp. 819-826

Průmyslové aplikace metod umělé inteligence v oblasti managementu kvalit

Industrial Applications of Artificial Intelligence in Quality Management

Ing. Adam Hrabina¹, prof. Ing. Darja Noskiewiczová, CSc.¹, doc. Ing. Jiří David, CSc.²

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

²VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra automatizace a počítačové techniky v průmyslových technologiích, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

Stále více autorů se zabývá otázkami využití metod umělé inteligence v oblasti managementu kvality. Propojení vybraných metod umělé inteligence s nástroji plánování a řízení kvality, které se v průmyslové praxi již řadu let využívají, skýtá nový prostor pro synergické efekty s cílem rychleji a efektivněji reagovat na stále častější změny v průmyslových procesech včetně hutních a zvýšit tak agilitu firem.

V první části tohoto článku jsou popsány prakticky využitelné kombinace metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality. V další části jsou diskutovány předpoklady integrace diskutovaných metod a nástrojů. Třetí část článku je věnována návrhu aplikace fuzzy logiky v oblasti statistické regulace procesu (SPC). Návrh je zaměřen na analýzu regulačního diagramu, tj. na identifikaci působení vymezitelných příčin variability procesu.

Klíčová slova: umělá inteligence, management kvality, fuzzy logika, neuronové sítě, FMEA, QFD, sebehodnocení, způsobilost procesu, SPC

More and more authors deal with the problems of application of artificial intelligence in the quality management. Combination of the selected artificial intelligence methods and tools of quality management opens up the new space for the synergic effects with the aim to respond to the permanently growing frequency of the changes of the industrial processes including metallurgy more quickly and more effectively and to increase the companies' agility.

In the first part of this paper practically utilizable combinations of artificial intelligence methods and instruments for quality planning and control are described. At first the application of fuzzy logic and neural networks on FMEA is discussed. It is followed by the combination of neural networks and QFD. Then the possibilities of the application of fuzzy logic in the field of the process capability analysis are described followed by the integration of the self-assessment and fuzzy approach. The combination of fuzzy logic and statistical process control (SPC) is the last discussed example of the integration of the artificial intelligence and quality management tools. The assumptions of these combinations are discussed in the second part of the paper.

In the third part the proposal of the application of fuzzy logic on the control chart analysis, i.e. detection of the assignable causes of the process variability, is presented. Firstly the base of the control chart interpretation is briefly described and random and non-random patterns in control chart are defined. Then the so called run tests are introduced. The presented proposal of the fuzzy software is able to detect selected non-random patterns and the point out of the control limit. The application of the proposed fuzzy software on the control chart for moving ranges constructed from the real data is presented. The simplicity and corresponding higher operating speed are the main advantages of this proposal as compared to the other proposals given in the professional literature.

Keywords: artificial intelligence, quality management, fuzzy logic, neural networks, FMEA, QFD, self-assessment, process capability, SPC

Stále více autorů se zabývá otázkami využití metod umělé inteligence v oblasti managementu kvality. Propojení vybraných metod umělé inteligence s nástroji plánování a řízení kvality, které se v průmyslové praxi již řadu let využívají (aplikace v hutním průmyslu lze najít např. v literatuře [38]), nabízí nový prostor pro synergické efekty s cílem rychleji a efektivněji reagovat na stále častější změny v průmyslových procesech a zvýšit tak agilitu firem.

V první části příspěvku jsou stručně popsány prakticky využitelné kombinace metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality. Ve druhé jsou diskutovány možnosti a předpoklady pro tuto integraci. Třetí část představí konkrétní aplikaci fuzzy logiky v oblasti statistické regulace procesů.

1. Charakteristika vybraných kombinací metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality

V této kapitole budou představeny vybrané možné kombinace metod umělé inteligence a nástrojů plánování a řízení kvality. Přehled těchto kombinací je patrný z tab. 1.

Integrované aplikace metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality se týkají zejména oblasti plánování kvality (FMEA [1] – [3], QFD [4] – [9]), hodnocení způsobilosti procesu [10], [12] a statistické regulace procesů [18] – [27].

Tab. 1 Nejvhodnější kombinace metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality

Tab. 1 The most suitable combinations of artificial intelligence methods and quality control tools

	Neuronové sítě	Fuzzy logika	Expertní systémy
QDF	x	x	x
FMEA	x	x	x
SPC	x	x	x
SEBEHODNOCENÍ		x	x

V posledních letech byly publikovány také práce, jež prezentují kombinaci metod umělé inteligence a oblasti systémů managementu kvality; konkrétně jde metodiku sebehodnocení dle EFQM Modelu Excellence [15], [16].

1.1 Umělá inteligence a metoda FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) představuje týmovou analýzu možností vzniku vad u posuzovaného produktu nebo procesu, spojenou s ohodnocením jejich rizik. Metoda FMEA se nejčastěji objevuje ve spojení s fuzzy logikou ([1], [2]), ale k jejímu řešení je možné použít také např. neuronové sítě ([3]). Tyto kombinace jsou zejména využívány v souvislosti se stanovením tzv. rizikového čísla (RPN), na jehož základě se vyhodnocuje závažnost potenciální vady. RPN se získá vynásobením bodově ohodnocených tří aspektů: odhalitelnosti (D), výskytu (F) a závažnosti vady (S) - obvykle jsou ohodnoceny od 1-10 body. Čím vyšší RPN u dané vady vyjde, tím má tato vada vyšší prioritu při řešení. V literatuře [1] je při aplikaci fuzzy logiky v kombinaci s FMEA výchozí proměnná inferenčního systému označována jako „riziková kategorie“ RPC (Risk Priority Category), která vychází z hodnot rizikového čísla RPN. RPN bylo rozděleno do 9 intervalů, které vyjadřují celkovou závažnost dané vady popisovanou zkratkami (VL= very low, L= low, M = moderate, H = high, VH = very high a jejich kombinacemi) – viz tab. 2.

Tab. 2 Vztah mezi RPN a RPC [1]

Tab. 2 Relationship of RPN and RPC [1]

RPN interval	Průměr	Kategorie (RPC)
1-50	25	VL
50-100	75	VL-L
100-150	125	L
150-250	200	L-M
250-350	300	M
350-450	400	M-H
450-600	525	H
600-800	700	H-VH
800-1000	900	VH

Každá ze tří vstupních proměnných může být zařazena do 5 různých intervalů. To znamená, že zde existuje přes 125 různých pravidel (IF-THEN) Pro zařazení každé zaznamenané vady do rizikové kategorie (RPC) pak bylo vytvořeno přes 125 různých pravidel (IF-THEN). Např. if ((D=VL) & (F=M) & (S=H)), then (RPC=H)”; takto zapsané pravidlo lze přechít: odhalitelnost vady je velmi nízká, výskyt vady je střední a její význam je vysoký, pak riziková kategorie (RPC) je vysoká.

Pro aplikaci neuronové sítě v kombinaci s metodou FMEA je vhodné použít *zpětně šířící NS* také známou jako vícevrstvá perceptronová síť [3].

1.2 Umělá inteligence a metoda QFD

Quality Function Deployment (QFD) je metoda určená k převedení požadavků zákazníka do vlastností produktu a parametrů procesu.

V současné době existují 3 nejpoužívanější modely aplikace metody QFD: dům kvality (HQ), čtyřmaticový model a model matice matic (30 matic). V literatuře lze nalézt spojení neuronových sítí a čtyřmaticového přístupu, což je aplikace zaměřená na plánování kvality produktu, plánování kvality dílů, plánování parametrů procesu a plánování řízení procesů. K překonání slabin metody QFD byly navrženy jednak aplikace integrující QFD s fuzzy přístupem [4] - [6], jednak kombinace QFD a neuronových sítí [7] - [9]. V literatuře [9] se technika neuronových sítí používá k překonání problému plynoucího ze subjektivnosti úsudku experta. V HQ matici je pro požadavky zákazníků přidělena 9-bodová stupnice. Vztahy mezi požadavky zákazníků a charakteristikami návrhu produktu jsou kvantifikovány na základě práva přednosti požadavků zákazníka. Po zadání priorit a vztahů do matice HQ se provádí propojování matic a posilování vazeb mezi jednotlivými neurony v síti.

1.3 Umělá inteligence a analýza způsobilosti procesu

Významným faktorem ovlivňujícím kvalitu produktů je kvalita procesů, při jejichž realizaci tyto produkty vznikají. Vhodným kritériem hodnocení kvality procesů je jejich způsobilost, kterou lze charakterizovat jako schopnost procesu trvale poskytovat produkty splňující požadovaná kritéria. Analýzy způsobilosti procesů se

provádějí již v průběhu plánování kvality produktů. Důležité je rovněž vyhodnocovat způsobilost probíhajících procesů. Získané informace jsou důležitým předpokladem pro zajištění požadované kvality produktů a neustálé zlepšování. K hodnocení způsobilosti procesu se používají indexy způsobilosti. Nejčastěji se v praxi používají indexy C_p a C_{pk} , které posuzují potenciální a skutečnou schopnost procesu trvale poskytovat výrobky vyhovující tolerančním mezím. V menší míře se zatím uplatňují indexy C_{pm} , C_{pm}^* , C_{pmk} , které navíc posuzují schopnost procesu dosahovat cílové hodnoty sledovaného znaku kvality. Index způsobilosti je číslo, které sumarizuje chování procesu ve vztahu k daným specifikacím (nejčastěji tolerančním mezím). V praxi se může stát, že toleranční meze jsou stanoveny nepřesně. K překonání takových problémů se nabízí aplikace fuzzy logiky [10] - [12]. V literatuře [11] bylo pro tuto úlohu použito Buckleyho přístupu, jehož algoritmus je založen na fuzzy testování hypotéz [13], [14]. Testované hypotézy lze zapsat takto: $H_0: C_{pk} \leq C$ a $H_1: C_{pk} > C$, kde C představuje požadovanou úroveň způsobilosti procesu. Aby mohl být využit tento přístup, je nutné fuzzifikovat vstupní proměnné, tj. odhad střední hodnoty a směrodatné odchylky naměřených hodnot sledovaného znaku kvality, s cílem vytvořit funkci příslušnosti, podle které se pak vypočítávají hodnoty indexů způsobilosti. Pro přesnější odhad indexů je vhodné zavést a využít jako kritéria fuzzy inferenčního systému kritickou hodnotu a fuzzy P-value. Dále je nutné vyvinout IF-THEN, pravidla, prostřednictvím nichž fuzzy inferenční systém rozhodne o způsobilosti procesu. Takto vybudovaný systém bere v potaz určitý stupeň nepřesnosti v naměřených datech a i přes tyto nepřesnosti dokáže poměrně spolehlivě vyhodnotit konečnou způsobilost procesu.

1.4 Využití metod umělé inteligence v oblasti sebehodnocení

Pro realizaci sebehodnocení firem existuje několik známých modelů, které poskytují určitá standardní kritéria. Nejpopulárnějším je EFQM Model Excellence. Odborníci se ale shodují, že současný způsob provádění sebehodnocení v rámci EFQM modelu má své nedostatky a problémy. Zejména jde o to, že dosahování výsledků v jednotlivých kritériích je ovlivněno subjektivním hodnocením experta. Navíc tyto metody neberou v úvahu empirické šetření a znalosti a zkušenosti experta v oblasti hodnocení a také se velmi špatně vyrovnávají s určitými nejasnostmi a nepřesnostmi ve zkoumaných datech (lingvistické proměnné). Proto se i zde nabízí aplikace fuzzy logiky [15], [16]. Nejvyšší úroveň tvoří kritéria a střední úroveň tvoří subkritéria, obsahující pevné prvky, které musí brát organizace při aplikaci v úvahu. Třetí úroveň je otevřená a její obsah je definován organizací samotnou. Současný způsob hodnocení funguje tak, že posuzovatel ohodnotí každé subkritérium podle specifického návodu vztahujícího se k poslední verzi modelu. Fuzzy inferenční základna se do EFQM modelu excellence aplikuje následovně ve 4 krocích [13]:

- Nejprve se vytvoří co nejobsáhlejší znalostní základna týkající se jednotlivých kritérií a subkritérií. Při tvorbě fuzzy modelu je dále nutné na začátku zvolit funkci příslušnosti pro každou proměnnou.
- Ve druhém kroku je nutné zachytit znalosti týmu, který bude vykonávat rozhodnutí. Obvykle to bývají manažeři a ostatní účastníci sebehodnocení. Nejpřirozenější formou, jak zformulovat lidské znalosti do určité neutrální obecné formy, je použití jednoduchých příkazů IF – THEN. Pro správné nastavení systému je nutné definovat slovní možnosti, které expert může použít pro vyjádření míry dosahování konkrétní úrovně v daném subkritériu. Takto sesbíraná a zpracovaná data vytvářejí inferenční základnu, která s použitím lingvistických vstupů pomocí fuzzy rozhraní generuje výslednou hodnotu kritéria. Například pro kritérium 1 – Vedení (Leadership), které je složeno ze 4 subkritérií (1a – 1d), mohou být inferenční pravidla nastavena takto: „If 1a is Medium and 1b is Low and 1c is Very high and 1d is High then Leadership score is Slightly high“.
- Ve třetím kroku je nutné vytvořit algoritmus, který bude schopen z nashromážděných výsledků odvodit konečné hodnocení. Proces odhadování konečného závěru hodnocení z individuálních hodnocení je znám také jako agregační proces. Jako vhodný se jeví systém MAMDANI představující kontinuální doménu pro určení konečného hodnocení [13].
- V poslední kroku je vhodné využít metodu „Centre of gravity“, pomocí níž se hledá těžiště fuzzy výstupů pro jednotlivá posuzovaná subkritéria. Ta se pak transformují do dále zpracovatelných dat [13].

1.5 Umělá inteligence a statistická regulace procesu

Statistická regulace procesů (SPC) představuje široce využívaný přístup k řízení výrobních i nevýrobních procesů. Je to především nástroj pro pochopení a analýzu variability procesů. SPC je založeno na tzv. Shewhartově koncepci variability procesů, která rozlišuje mezi variabilitou způsobenou obvykle působícími běžnými příčinami (proces je považován za statisticky stabilní) a variabilitou způsobenou neobvyklými (speciálními, vymezitelnými) příčinami (proces není považován za statisticky stabilní) [17]. Pro rozlišení působení těchto dvou typů příčin variability se používá regulační diagram. Body zaznamenávané do regulačního diagramu jsou uspořádány náhodně (přirozeně) či tvoří nenáhodná (nepřirozená) seskupení.

V praxi se objevují určité nepřesnosti, nejasnosti a vágnost spojené s rozpoznáváním a diagnózou nenáhodných seskupení. Pokud dané nejasnosti lze kvantifikovat a zjistit rozsah nenáhodných seskupení a míru, do jaké je vyvoláno vymezitelnou příčinou, může to velmi usnadnit rozhodování. Všechny tyto předpoklady logicky podporují myšlenku využití fuzzy logiky [18] - [24]. Kromě aplikací v oblasti identifikace nenáhodných seskupení existují i komplexnější aplikace

fuzzy logiky pro stanovení vymezené příčiny včetně adekvátního nápravného opatření [25].

V literatuře [26], [27] lze dále najít aplikace fuzzy logiky v oblasti vlastní konstrukce regulačního diagramu.

2. Předpoklady pro využití metod umělé inteligence v managementu kvality

Základní předpoklady pro smysluplnou a efektivní kombinaci nástrojů managementu kvality a metod umělé inteligence jsou tyto:

1. Vstupní hodnoty jsou kvantifikovatelné.
2. Existuje minimálně jedno řešení problému.
3. Existuje rozhodovací algoritmus, podle kterého se docílí optimálního řešení.
4. Řešená problematika vyžaduje specifickou teoretickou přípravu.
5. Pro nalezení optimálního řešení je nutná přítomnost experta.

Implementace systémů využívajících umělou inteligenci může být pro podniky komplikovaná. Pro vývoj a implementaci takových aplikací je nutné, aby organizace zaměstnávaly odborníky z oblastí jako informatika, marketing, řízení kvality nebo strojní inženýrství. Dále je pro implementaci metod umělé inteligence do praxe nutné, aby podniky měly vybudovanou vhodnou infrastrukturu, která by využití chytrých softwarů podporovala. Navzdory vyjmenovaným „nevýhodám“ výsledný efekt využití takových systémů může podnikům přinést významný užitek měřený např. úsporou nákladů, vyšším ziskem, zkrácením doby trvání procesů nebo modernizací používaných technologií. Pro aplikaci metod umělé inteligence do managementu kvality by měl platit individuální přístup. V každém případě by měly organizace před začátkem projektu implementace důkladně analyzovat dopady využití těchto technologií.

V následujících kapitolách bude detailnější pozornost věnována aplikaci fuzzy logiky v SPC.

3. Analýza regulačního diagramu

Regulační diagram je konstruován tak, aby umožnil sledovat chování procesu v čase a odhalit jakékoliv nepřírozené seskupení bodů, považované za symptom působení neobvyklé příčiny a tedy za signál k analýze procesu s cílem stanovit konkrétní příčinu nestability procesu, aby bylo dále možné stanovit vhodné opatření ke stabilizaci a případnému zlepšení procesu. Základním kritériem pro rozhodnutí o statistické stabilitě či nestabilitě procesu jsou regulační meze. Jsou stanoveny tak, že je velmi malá pravděpodobnost výskytu bodu mimo regulační meze (při standardně používaných $\pm 3\sigma$ mezích a za předpokladu normálního rozdělení regulované veličiny je tato pravděpodobnost 0,0027) [17]. Regulační diagram se pak interpretuje následovně: pokud leží body uvnitř regulačních mezí a jsou rozloženy náhodně, lze považovat proces za statisticky stabilní. Pokud se nějaký bod či více bodů vyskytuje mimo regulační meze nebo body uvnitř mezí vytvářejí nenáhodné seskupení, nelze proces považovat za statisticky stabilní a je nutné vyhledat působící neobvyklou (vymezenou) příčinu a její působení omezit či plně odstranit.

3.1 Definice náhodných a nenáhodných seskupení

Přirozené seskupení bodů je takové seskupení, kde body uvnitř regulačních mezí jsou rozmístěny náhodně. Takové uspořádání bodů lze charakterizovat následovně [28]: body náhodně kolísají; většina bodů leží blízko střední přímky; pouze malý podíl se vyskytuje dále od střední přímky; velmi zřídka leží bod mimo regulační meze. Je-li kterýkoliv z těchto atributů porušen, je seskupení bodů klasifikováno jako nenáhodné seskupení. Nejčastěji uváděná nenáhodná seskupení (viz např. [17], [28] - [34]) s jejich typickými projevy v Shewhartových regulačních diagramech jsou shrnuta v tab.3.

Tab. 3 Popis nenáhodných seskupení
Tab. 3 Description of non-random patterns

P.č.	Nenáhodné seskupení	Popis seskupení	Symptom v regulačním diagramu
1	Velké posuny	Náhlá velká změna	Body blízko regulačních mezí nebo mimo ně
2	Menší postupný posun	Postupná menší změna	Řada bodů na jedné straně od střední přímky
3	Trend	Postupná změna v jednom směru	Postupně rostoucí nebo klesající řada bodů
4	Stratifikace	Malé rozdíly mezi hodnotami v dlouhé řadě bodů, absence bodů blízko regulačních mezí	Dlouhá řada bodů blízko střední přímky (na obou stranách)
5	Mix	Efekt "Saw-tooth", absence bodů blízko střední přímky	Řada po sobě následujících bodů na obou stranách střední přímky, všechny daleko od ní
6	Systematická variabilita	Řada hodnot pravidelně alternujících nahoru a dolů	Dlouhá sekvence bodů alternujících nahoru a dolů
7	Cykklus	Periodicky se opakující hodnoty	Cyklicky se opakující sekvence bodů

I přes existenci těchto generických nenáhodných seskupení může být jejich rozpoznávání komplikované.

Pro standardizaci a zjednodušení tohoto procesu byly proto zformulovány tzv. testy nenáhodných seskupení.

3.2 Testy nenáhodných seskupení

Testy nenáhodných seskupení doplňují důkaz o existenci nenáhodného seskupení, daný pozicí bodů vůči regulačním mezím a střední přímkce, důkazem založeným na statistické teorii tzv. runs (řad, sekvencí, běhů) [30]. Testy jsou založeny na výpočtu pravděpodobnosti výskytu bodů blízko střední přímkky, blízko regulačních mezí, atd. Jsou založeny na rozdělení pásma mezi regulačními mezemi na 2 x 3 stejně široké zóny A, B, C odpovídající svojí šíří 1σ při předpokladu normálního rozdělení regulované veličiny.

V tab. 4 jsou uvedena nejčastěji používaná pravidla testování (viz např. [17], [29], [32]). Pravidla 1 – 3 byla definována pro rychlé rozpoznání seskupení spojených s posuny v procesu. Pravidlo 4 je spojeno s trendy, pravidla 5 a 7 se seskupeními vyvolanými nesprávným způsobem tvorby logických podskupin (výběrů) a pravidlo 6 s abnormální oscilací. Tabulka neobsahuje pravidlo základní (bod mimo regulační mez), neboť 1 bod nepředstavuje seskupení.

Tab. 4 Nejčastěji používané testy (pravidla) nenáhodných seskupení
Tab. 4 Most frequently applied run tests

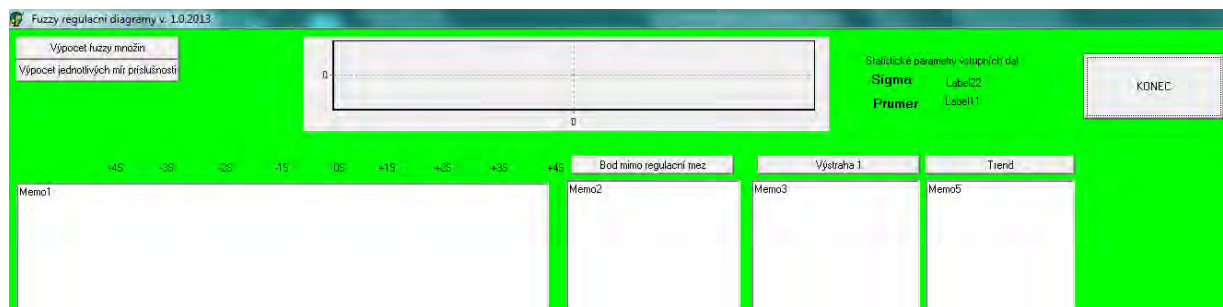
Test	Popis testu
1 (Výstraha 1)	2 ze 3 po sobě následujících bodů leží v zóně A nebo za ní
2	4 z 5 po sobě následujících bodů leží v zóně B nebo za ní
3	8 po sobě jdoucích bodů leží na jedné straně od střední přímkky
4 (Trend)	6 po sobě jdoucích bodů roste nebo klesá
5	15 po sobě jdoucích bodů leží nad nebo pod střední přímkou (v zónách C)
6	14 po sobě jdoucích bodů střídavě nahoře a dole
7	8 bodů v řadě za sebou leží na obou stranách střední přímkky, ale žádný v C

4. Návrh fuzzy SW a jeho aplikace

V této kapitole bude detailněji popsán fuzzy software, který byl navržen v rámci diplomové práce autora A. Hrabiny [36]. Tento software byl navržen tak, aby

vyhodnocoval přítomnost bodu mimo regulační mez a aplikoval testy 1 (Výstraha 1) a 4 (Trend) – viz tab. 4).

Fuzzy software byl naprogramován v jazyce Object Pascal ve vývojovém prostředí Borland Delphi 6.0. Uživatelské prostředí použité pro navržený software je zobrazeno na obr. 1.



Obr. 1 Uživatelské prostředí navrhovaného softwaru
Fig. 1 User environment of the proposed software

V levém horním rohu jsou umístěny panely *Vypočet fuzzy množin* a *Vypočet míry příslušnosti*. Ve středu vrchní poloviny uživatelského prostředí se nachází grafický panel, ve kterém se zobrazují vypočtené fuzzy množiny ze vstupních dat. V pravém horním rohu se zobrazují vypočtené statistické parametry a vpravo od nich je umístěn panel *Konec*. V levém dolním rohu se nachází pole, ve kterém se zobrazují vstupní data a k nim vypočtené míry příslušnosti do jednotlivých fuzzy množin. V pravém dolním rohu jsou umístěny tři panely, pojmenované podle aplikovaných nenáhodných seskupení. Ke každému panelu je přiřazeno pole, ve

kterém se zobrazuje identifikované nenáhodné seskupení.

Po zapnutí softwaru se nejprve klikne na panel *Vypočet fuzzy množin*. V tomto kroku z načtených dat fuzzy software vypočítá statistické charakteristiky a zkonstruuje fuzzy množiny, které se zobrazí v grafickém panelu. Následně se klikne na panel *Vypočet míry příslušnosti*. V tomto kroku se pro každou načtenou hodnotu vypočítá míra příslušnosti do každé z fuzzy množin. Po vypočtení míry příslušnosti se přechází k samotné analýze nenáhodných seskupení podle navržených algoritmů (viz [36]). Po kliknutí na

každý ze tří panelů, představujících jednotlivá nenáhodná seskupení, program vyhodnotí jejich přítomnost v datech. Pokud se potvrdí přítomnost nenáhodného seskupení, software vypíše do pole pod příslušným panelem jednotlivé body spadající do konkrétního nenáhodného seskupení. Po dokončení vyhodnocovacího procesu se klikne na tlačítko *Konec*, které software ukončí.

4.1 Budování fuzzy inferenčního systému

Fuzzy inferenční proces lze chápat jako proces, při kterém se daným vstupům přiřazuje výstup s použitím fuzzy logiky. Obecně se skládá ze 3 kroků, a to

- Fuzzifikace – převedení aktuálních vstupů na míry (stupně) pravdivosti.
- Inference – zpracování množiny pravidel. Určení míry pravdivosti předpokladu (části „IF“) a určení funkce příslušnosti výstupu (části „THEN“).
- Defuzzifikace – výpočet numerické hodnoty výstupu vážením výsledných funkcí příslušnosti jednotlivých pravidel.

Na rozdíl od přístupu prezentovaného v literatuře [20] v návrhu zpracovaném v diplomové práci [36] pro aplikaci fuzzy logiky do SPC bylo navrženo celkem 9 fuzzy množin, které pokrývají interval širší než $\pm 3\sigma$, protože může nastat situace, kdy bod zaznamenaný do regulačního diagramu bude od střední přímky vzdálen více než 3σ . Pro identifikaci bodu mimo regulační mez a pro situaci, kdy 2 ze 3 po sobě následujících bodů leží v zóně A nebo za ní, bylo navrženo jedno fuzzy pravidlo; pro trend byla vyvinuta pravidla dvě, protože trend může být rostoucí nebo klesající. Dále v navrhovaném přístupu není využit třetí krok fuzzy inferenčního procesu, tedy defuzzifikace, protože pro správnou funkci navrhovaného vyhodnocovacího algoritmu postačí pouze nalezení fuzzy množiny, do které vypočtená charakteristika zaznamenaná do regulačního diagramu spadá, popř. zjištění míry příslušnosti do konkrétní fuzzy množiny.

4.2 Fuzzifikace vstupní proměnné a fuzzy množiny

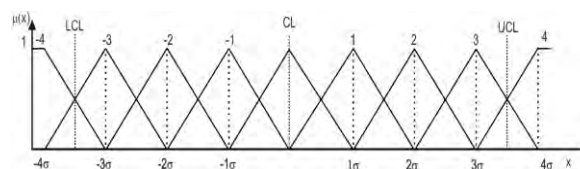
Vstupní proměnnou do vyhodnocovacího procesu s využitím fuzzy logiky bude vypočtená hodnota charakteristiky, jež se zapisuje do regulačního diagramu. Fuzzy množiny jednotlivých vstupních veličin bývají také nazývány primárními fuzzy

množinami. Pokrytí univerza jim odpovídajícími funkcemi příslušnosti musí být takové, aby:

- jejich sjednocení pokrývalo celý tento normalizovaný interval beze zbytku,
- pro žádnou hodnotu vstupní veličiny nenabývaly funkce příslušnosti pouze nulových hodnot. [20]

Znamená to, že pro každý bod zaznamenaný do regulačního diagramu bude mít alespoň jedna z fuzzy množin hodnotu $\mu \geq \varepsilon$. Tato vlastnost se označuje jako ε - pokrytí. Důsledkem je, že dvě sousedící funkce se protnou (v extrémním případě) v hodnotě $\mu = \varepsilon$. Pokud jsou totiž nastaveny tímto způsobem, lze zaručit fakt, že vždy existuje dominantní pravidlo. Obecně se doporučuje ε volit alespoň 0.5 [20].

V popisovaném návrhu, kde bylo nutné pokrýt interval mezi horní a dolní regulační mezí, bylo nadefinováno devět fuzzy množin 0; ± 1 ; ± 2 ; ± 3 ; ± 4 (viz obr. 2) s přesahem 0.25σ . Data obvykle nabývají hodnot z intervalu kolem střední hodnoty procesu. Může ovšem nastat situace, kdy vypočtená charakteristika může spadat za hranice, proto je vhodné nastavovat krajní množiny širší než jednu směrodatnou odchylku. O kolik by měly být krajní množiny širší, určí procesní expert, který šířku nastaví v závislosti na charakteru a variabilitě procesu. Lingvistické proměnné $T(x)$ jsou definovány analogicky k jednotlivým oblastem v regulačním diagramu, tedy $T(x) = \{-4; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; 4\}$.



Obr. 2 Fuzzy množiny
Fig. 2 Fuzzy sets

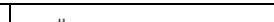
Pro funkce příslušnosti byly zvoleny následující tvary: S^- funkce, S^+ funkce a trojúhelníková (λ -funkce).

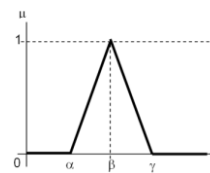
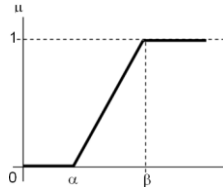
Pro každý ze zvolených tvarů funkce příslušnosti byly stanoveny způsoby výpočtu, popř. určení hodnoty stupně příslušnosti vypočtené charakteristiky do fuzzy množiny

($\mu(x)$) následujícím způsobem:

Tab. 5 Použité tvary funkcí příslušnosti a odpovídající výpočty

Tab. 5 Applied shapes of membership functions and corresponding calculations

1. S^- funkce (x, α, β)		
1		
$\mu(x) \text{ pro } S^- = (\beta - x) / (\beta - \alpha)$		
0		
	pro $x < \alpha$	
	pro $\alpha \leq x \leq \beta$	
	pro $x > \beta$	

2. Trojúhelníková funkce - λ - (x, α, β, γ) $\mu(x)$ pro $\lambda =$ $\begin{aligned} &0 && \text{pro } x < \alpha \\ &(\alpha - x)/(\beta - \alpha) && \text{pro } \alpha \leq x < \beta \\ &(\gamma - x)/(\gamma - \beta) && \text{pro } \beta \leq x \leq \gamma \\ &0 && \text{pro } x > \gamma \end{aligned}$	
3. S^+ funkce (x, α, β) $\mu(x)$ pro $S^+ =$ $\begin{aligned} &0 && \text{pro } x < \alpha \\ &(\alpha - x)/(\beta - \alpha) && \text{pro } \alpha \leq x \leq \beta \\ &1 && \text{pro } x > \beta \end{aligned}$	

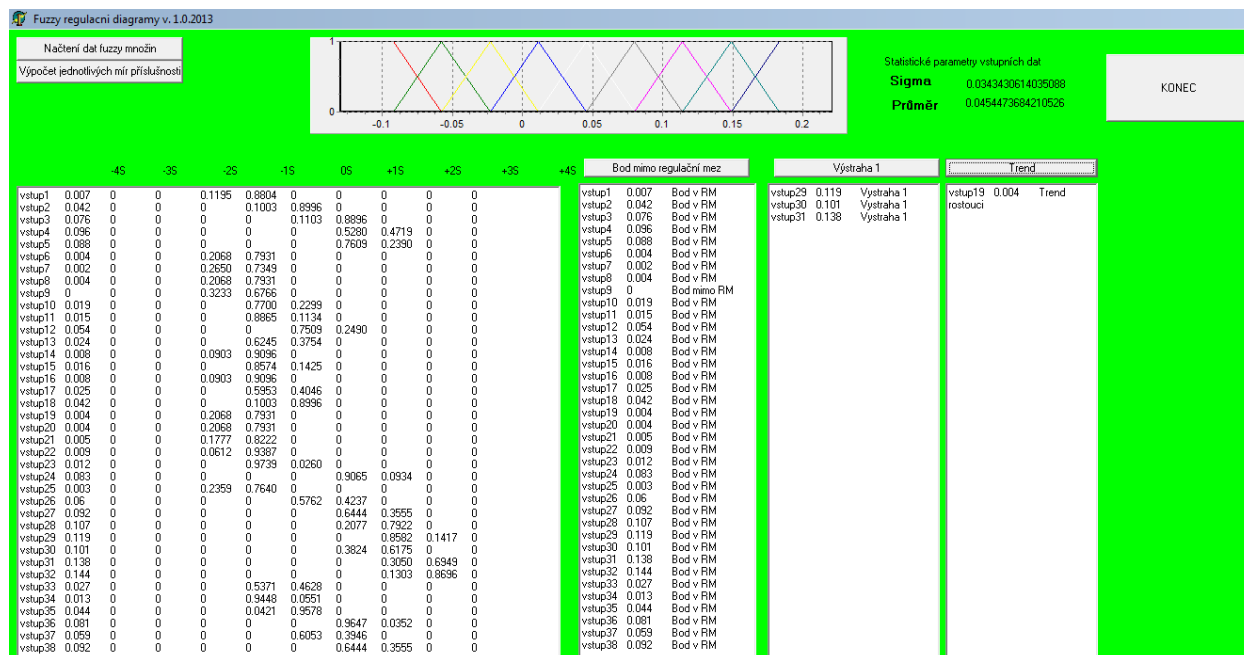
4.3 Ukázka aplikace navrženého fuzzy algoritmu

Na obr. 3 je ukázka aplikace navrženého fuzzy SW na analýzu regulačního diagramu pro klouzavá rozpětí, který byl zkonstruován z reálných dat [37]. Z obrázku je patrné, že se v regulačním diagramu pro klouzavá rozpětí objevuje bod mimo regulační meze (9. podskupina), trend (19.- 25. podskupina) a 2 ze 3 po sobě jdoucích bodů leží v zóně A (31.- 33. podskupina). Proces tedy nelze považovat za statisticky stabilní a je nutné určit příčiny těchto nestabilních situací a přijmout opatření k dosažení stability zkoumaného procesu.

Závěr

Článek prezentoval možnosti propojení metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality. Byly diskutovány možnosti propojení metody FMEA s fuzzy

logikou, QFD s neuronovými sítěmi, analýzy způsobilosti, sebehodnocení a SPC s fuzzy logikou. Kapitola 2 byla věnována specifikaci předpokladů pro efektivní kombinaci metod umělé inteligence a nástrojů managementu kvality. V kapitole 3 bylo detailněji objasněno, jak analyzovat pomocí regulačního diagramu jako základního nástroje SPC statistickou stabilitu procesu. V závěrečné části článku (kapitola 4) byl prezentován návrh uplatnění fuzzy logiky pro identifikaci nenáhodných seskupení a dalších symptomů působení vymezitelných příčin variability v regulačních diagramech, který vzniknul jako výstup z řešení projektu specifického výzkumu na FMMI VŠB-TUO a byl prezentován v diplomové práci [36]. Výhodou návrhu je jeho jednoduchost z pohledu počtu použitých fuzzy pravidel, což zaručuje vyšší rychlost vyhledávání nenáhodných seskupení, než je tomu u jiných fuzzy SW, které byly prezentovány v odborných publikacích.



Obr. 3 Ukázka aplikace navrhovaného fuzzy SW

Fig. 3 Illustration of the proposed fuzzy SW application

Tento příspěvek byl vypracován v rámci projektu specifického výzkumu řešených na FMMI VŠB-TU Ostrava (č. SP 2012/85 a SP 2013/49) podporovaného MŠMT ČR.

Literatura

- [1] GARCÍA, J. P. et al.: Artificial Intelligence Tools For Applying Failure Mode And Effects Analysis (FMEA). Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence, 2001, sv. I-III, s. 764-770.
- [2] TAY, K. M.- LIM, CH. P.: Application of Fuzzy Inference Techniques to FMEA. Applied Soft Computing Technologies: The Challenge of Complexity Advances in Soft Computing, 2006, Sv. 34, s. 161-171.
- [3] CHIANG, K. et al.: An Intelligent FMEA System Implemented with a Hierarchy of Back-Propagation Neural Networks. Proceeding of IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Chengdu, 2008, ss. 203-208.
- [4] CHEN, L. H. - KO, W.C.: Fuzzy Approaches to Quality Function Deployment for New Product Design. Fuzzy Sets and Systems, 2009, sv. 160, č. 18, s. 2620-2639.
- [5] KWONG, C. K.- BAI, H.: Determining the Importance Weights for the Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach. IEE Transactions, 2003, sv. 35, č. 7, s. 619-626.
- [6] LEE, A. H. - LIN, C. Y.: An Integrated Fuzzy QFD Framework for New Product Development. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2011, sv. 23, č. 1, s. 26-47.
- [7] CHOU, Y.: Applying Neural Networks in Quality Function Deployment Process for Conceptual Design. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers. 2004, sv. 21, č. 6, ss. 587-596.
- [8] KAHRAMAN, C. et al.: A Fuzzy Optimization Model for QFD Planning Process Using Analytic Network Approach. European Journal of Operational Research, 2006, sv. 171, č. 2, s. 390-411.
- [9] KASIM, M. et al: An Intelligent Quality Function Deployment (IQFD) for Manufacturing Process Environment. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 2009, sv. 3, č. 1, s. 23-30.
- [10] PARCHAMI, A. et al.: Fuzzy Confidence Interval for Fuzzy Process Capability Index. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2006, sv. 17, č. 3, s. 287-295.
- [11] HSU, B.- SHU, M.: Fuzzy inference to assess manufacturing process capability with imprecise data. European Journal of Operational Research. 2008, sv. 186, č. 2, s. 652-670.
- [12] KHODAVGAN, S. - MOVAHHEDY, M. R.: Fuzzy-Based Analysis of Process Capability for Assembly Quality Assessment in Mechanical Assemblies. International Journal of Production Research, 2012, sv. 50, č. 12, s. 3395-3415.
- [13] WATANABE, N. - IMAIZUMI, T.: A Fuzzy Statistical Test of Fuzzy Hypotheses. Fuzzy Sets and Systems, 1993, sv. 53, s. 167-178.
- [14] ROMER CH. - KANDEL A.: Statistical Tests for Fuzzy Data. Fuzzy Sets and Systems, 1995, sv. 72 s. 1-26.
- [15] DODANGEH, J.: Designing Fuzzy Multi Criteria Decision Making Model for Best Selection of Areas for Improvement In EFQM Model. African Journal of Business Management, 2011, sv. 5, č. 12, s. 5010-5021.
- [16] DODANGEH, J. et al.: Assessment System Based on Fuzzy Scoring European Foundation for Quality Management (EFQM) Business Excellence Model. African Journal of Business Management, 2011, sv. 5, č. 15, s. 6209 - 6220.
- [17] MONTGOMERY, D. C.: Statistical Quality Control: A Modern Introduction. Hoboken: J. Wiley & Sons, 2012, 768 s.
- [18] KAHRAMAN, C. et al.: Using Triangular Fuzzy Numbers in the Tests of Control Charts for Unnatural Patterns. INRIA / IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factories Automation, Paris, France, 1995, s. 291-298.
- [19] ZALILA, Z. et al.: Fuzzy Supervision in Statistical Process Control. Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1998, sv. 1, s. 638-643.
- [20] ROWLANDS, H.- WANG, L. R.: An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC. Quality and Reliability Engineering International, 2000, sv. 16, č. 2, s. 91-98.
- [21] GULBAY, M.- KAHRAMAN, C.: Development of Fuzzy Process Control Charts and Fuzzy Unnatural Pattern Analysis. Computational Statistics and Data Analysis, 2006, sv. 51, s. 434-451.
- [22] WANG, CH. H.- KUO, W.: Identification of Control Chart Patterns Using Vavelet Filtering and Robust Fuzzy Clustering. Journal of Intelligent Manufacturing, 2007, sv. 18, s. 343-350.
- [23] FAZEL ZARANDI, M.H. et al: A Hybrid Fuzzy Adaptive Sampling - Run Rules for Shewhart Control Charts. Information Sciences, 2008, sv. 178, s. 1152-1170.
- [24] DEMIRLI, K.-VIJAYAKUMAR, S.: Fuzzy Logic Based Assignable Cause Diagnosis Using Control Chart Patterns. Information Sciences, 2010, sv. 180, s. 3258-3272.
- [25] SHIWANG, H.- SHURONG, T.: Fuzzy Logic Based Assignable Causes Rating Systems for Control Chart Abnornity Diagnosis. Proceedings from IEEE International Conference on Fuzzy Systems FUZZ, 2008, roč. 5, s. 50-53.
- [26] CHENG, CH.: Fuzzy Process Control: Construction of Control Charts with Fuzzy Numbers. Fuzzy Sets and Systems, 2005, sv. 154, s. 287-303.
- [27] SENTURK, S.- ERGINEL, N.: Development of Fuzzy and Control Charts using α Cuts. *Information Sciences*, 2009, roč. 179, č. 10, s. 1542-1551.
- [28] STATISTICAL QUALITY CONTROL Handbook. Western Electric Company. 2. vyd. Easton, Pennsylvania, USA: TheMackPrintingCompany, 1958, 328 s.
- [29] NELSON, L. S.: The Shewhart Control Chart - Tests For Special Causes. Journal of Quality Technology, 1984, č. 4, s. 337-339.
- [30] GRANT, E. L., LEAWENHWORTH, R.S. *Statistical Quality Control*. New York: McGraw Hill, 1996. 764 s.
- [31] GRIFFITH, G. K. Statistical Process Control Methods for Long and Short Runs. Milwaukee, Wisconsin: ASQC Quality Press, 1996, 250 s.
- [32] TRIETSCH, D.: Statistical Quality Control. A Loss Minimization Approach. London: World Scientific, 1999, 387 s.

- [33] WHEELER, D.: *Advanced Topics in Statistical Process Control*. Knoxville: SPC Press, Inc., 2004, 470 s.
- [34] RYAN, T. P.: *Statistical Methods for Quality Improvement*. Hoboken: J. Wiley & Sons, 2011, 666 s.
- [35] BESTERFIELD, D. H.: *Quality Improvement*. New Jersey: Prentice Hall, 2012, 288 p.
- [36] HRABINA, A.: Analýza možností využití metod umělé inteligence v managementu kvality. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TUO, 2013, 93 s.
- [37] HÝŽA, Š.: Analýza dat z monitoringu výroby průmyslových hadic. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TUO, 2013.
- [38] VYKYDAL, D. et al.: Use of Quality Planning Methods in Optimizing Welding Wire Quality Characteristics. *Metallurgy*, 2013, sv. 52, č. 4, s. 433-437.

Předpověď spotřeby oceli v roce 2014

World steel demand will reach 1523 million t in 2014. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 54-56

Skupina odborníků vybraná World Steel Association vypracovala odhad vývoje spotřeby oceli v letošním roce. Výsledky ukazuje tabulkový přehled:

Zeměpisná oblast	Spotřeba oceli [mil. t]			Změna [%]		
	2012	2013(o)	2014(p)	2012	2013(o)	2014(p)
EU (27 zemí)	140	135	138	-9,5	-3,8	2,1
zbytek Evropy	35	37	38	4,3	5,5	4,6
SNS (Rusko a postsovětské země)	57	59	4,5	3,0	3,5	
NAFTA	132	132	136	8,4	0,2	3,2
Střední a Jižní Amerika	47	49	51	3,1	2,8	5,0
Afrika	27	28	30	7,9	4,3	8,2
Střední východ	49	49	53	1,3	1,3	6,3
Asie a Oceánie	943	986	1016	2,8	4,6	3,0
SVĚT CELKEM	1 420	1 475	1 523	2,0	3,1	3,3
průmyslově vyspělé země	390	384	390	-1,7	-1,6	1,7
rozvíjející se a rozvojové země	1 040	1 091	1 133	3,4	4,9	3,8
z toho:	660	700	721	2,9	6,0	3,0
Čína						
Brazílie, Rusko, Indie, Čína (BRIC)	799	843	871	2,8	5,6	3,3
Stř. východ a sev. Afrika	63	64	69	2,2	1,7	7,3
Svět bez Číny	770	775	803	1,1	0,7	3,5

o – odhad **p** – předpověď

V EU pokračoval pokles, i když byl mírnější. Nejvíce poklesla výroba oceli ve Španělsku (-8,1 %) a v Itálii (-4,3 %). Pro rok 2014 se pro průmyslově vyspělé země očekává plynulé zotavování a návrat k růstu. V Číně se očekává zpomalování růstu. Částečně je to dáno snahou čínské vlády o vybalancování ekonomiky a omezování dalších investic. Pro Indii se pro rok 2013 odhaduje růst spotřeby oceli o 3,4 % na 74 mil. t. Pro rok 2014 se počítá s růstem o 5,6 %. Odhaduje se, že v r. 2013 vzrostla výroba oceli v Japonsku o 0,1 % a dosáhla 64 mil. t. Očekává se však, že v roce 2014 se projeví nepříznivé důsledky změny spotřební daně a růstu cen energie a následkem toho spotřeba oceli klesne o 1,6 %.

Ve Spojených státech došlo v roce 2012 ke zvýšení spotřeby oceli o 7,8 %, v r. 2013 už jen o 0,7 %. Pro rok 2014 se očekává růst o 3 %, poněvadž se počítá s oživením automobilového průmyslu, energetiky a stavebnictví.

L J

hutní výroba v ČR a SR

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	listopad	prosinec	leden-prosinec	listopad		prosinec		leden-prosinec	(předběž
	2013	2013	2013	2012	2013/12	2012	2013/12	2012	2013/12
		tis.t		tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	273,78	292,19	3 359,55	261,78	104,58	279,68	104,47	3 360,02	99,99
z toho (HŽ) ČR	149,07	156,69	1 815,88	138,19	107,87	146,46	106,98	1 786,64	101,64
(HŽ) SR	124,71	135,50	1 543,67	123,59	100,91	133,22	101,72	1 573,38	98,11
AGLOMERÁT									
CELKEM	685,85	767,10	8 558,64	683,97	100,27	696,44	110,15	8 184,61	104,57
z toho ČR	411,85	464,10	5 543,29	431,17	95,52	435,04	106,68	5 088,56	108,94
SR	274,00	303,00	3 015,35	252,80	108,39	261,40	115,91	3 096,05	97,39
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	633,71	658,35	7 656,38	524,21	120,89	580,45	113,42	7 454,96	102,70
z toho ČR	337,79	336,23	4 039,53	286,04	118,09	329,50	102,04	3 935,21	102,65
SR	295,92	322,12	3 616,85	238,18	124,24	250,95	128,36	3 519,76	102,76
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	823,83	800,52	9 681,79	661,70	124,50	700,79	114,23	9 491,51	102,00
z toho ČR	442,03	405,97	5 171,25	352,28	125,48	398,82	101,79	5 088,06	101,64
SR	381,81	394,55	4 510,53	309,42	123,39	301,97	130,66	4 403,45	102,43
KONTISLITKY									
CELKEM	785,01	766,35	9 208,91	626,77	125,25	668,23	114,68	9 010,49	102,20
z toho ČR	404,17	372,77	4 710,01	318,35	126,96	367,26	101,50	4 619,05	101,97
SR	380,84	393,58	4 498,89	308,42	123,48	300,97	130,77	4 391,45	102,45
BLOKOVNY									
CELKEM	48,79	46,43	560,03	44,21	110,35	44,43	104,51	565,97	98,95
z toho ČR	48,79	46,43	560,03	44,21	110,35	44,43	104,51	565,97	98,95
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	764,27	649,92	8 728,27	670,04	114,06	610,97	106,38	8 588,98	101,62
z toho ČR	407,62	330,61	4 815,06	383,20	106,37	330,69	99,98	4 688,66	102,70
SR	356,65	319,31	3 913,21	286,83	124,34	280,28	113,92	3 900,32	100,33
TRUBKY									
CELKEM	67,11	39,88	736,25	66,43	101,02	37,00	107,80	780,39	94,34
z toho ČR	47,71	31,19	508,30	45,94	103,85	25,13	124,11	527,56	96,35
SR	19,40	8,69	227,96	20,49	94,67	11,87	73,25	252,83	90,16
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	13,31	12,21	178,90	11,46	116,15	8,25	147,96	159,62	112,07
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	2,69	1,55	29,08	2,20	122,52	1,41	110,23	28,12	103,40

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné

Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2013 a 2014, vč. upřesnění r. 2013

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	prosinec	leden	leden-prosinec	prosinec		leden		leden-prosinec	
	2013	2014	2013	2012	2013/12	2013	2014/13	2012	2013/12
	tis.t	tis.t	(upřesněn)	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	292,19	294,80	3 359,55	279,68	104,47	285,76	103,16	3 360,02	99,99
z toho (HŽ) ČR	156,69	159,58	1 815,88	146,46	106,98	155,29	102,77	1 786,64	101,64
(HŽ) SR	135,50	135,22	1 543,67	133,22	101,72	130,48	103,64	1 573,38	98,11
AGLOMERÁT									
CELKEM	767,10	777,21	8 558,64	696,44	110,15	695,72	111,71	8 184,61	104,57
z toho ČR	464,10	461,61	5 543,29	435,04	106,68	427,82	107,90	5 088,56	108,94
SR	303,00	315,60	3 015,35	261,40	115,91	267,90	117,81	3 096,05	97,39
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	658,35	678,82	7 656,38	580,45	113,42	649,16	104,57	7 454,96	102,70
z toho ČR	336,23	360,41	4 039,53	329,50	102,04	341,02	105,69	3 935,21	102,65
SR	322,12	318,41	3 616,85	250,95	128,36	308,14	103,33	3 519,76	102,76
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	800,53	851,05	9 681,79	700,79	114,23	830,93	102,42	9 491,51	102,00
z toho ČR	405,97	457,92	5 171,25	398,82	101,79	442,52	103,48	5 088,06	101,64
SR	394,55	393,13	4 510,54	301,97	130,66	388,41	101,22	4 403,45	102,43
KONTISLITKY									
CELKEM	766,35	814,03	9 208,91	668,23	114,68	794,24	102,49	9 010,49	102,20
z toho ČR	372,77	421,87	4 710,01	367,26	101,50	406,80	103,70	4 619,05	101,97
SR	393,58	392,16	4 498,90	300,97	130,77	387,44	101,22	4 391,45	102,45
BLOKOVNY									
CELKEM	46,43	49,01	560,03	44,43	104,51	49,75	98,50	565,97	98,95
z toho ČR	46,43	49,01	560,03	44,43	104,51	49,75	98,50	565,97	98,95
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	664,13	784,07	8 744,16	610,97	108,70	782,83	100,16	8 588,98	101,81
z toho ČR	344,82	433,57	4 830,95	330,69	104,27	434,42	99,80	4 688,66	103,03
SR	319,31	350,50	3 913,21	280,28	113,92	348,41	100,60	3 900,32	100,33
TRUBKY									
CELKEM	39,95	60,92	801,56	37,00	107,97	53,07	114,79	849,55	94,35
z toho ČR	31,26	41,59	573,62	25,13	124,36	33,13	125,54	596,72	96,13
SR	8,69	19,33	227,94	11,87	73,25	19,94	96,93	252,83	90,16
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	12,21	17,97	196,92	8,25	147,96	15,56	115,50	177,62	110,87
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	1,55	2,83	69,08	1,41	110,23	2,44	116,07	64,12	107,73

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné

Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala

Legislativa a ekologie v hutnictví

Ing. Vladimír Toman¹

¹Hutnictví železa, a.s., Krátká 39, 100 00 Praha 10, Česká republika

Přemrštěným důrazem na ekologii a velmi často i přijímáním nerealistických cílů v ekologii i dalších oblastech Evropská komise, bez ohledu na dění v ostatních, našim výrobcům i výrobcům v dalších zemích Evropské unie (EU) přímo konkurenčních regionech, dostala průmysl do situace, kdy je velmi vážně uvažováno s vymístěním výrobních kapacit různých průmyslových odvětví mimo teritorium EU. V České republice se k tomu přidávají vlivy regulací a legislativy, které jdou často nad rámec požadavků legislativy evropské.

Také situace odvětví hutnictví železa je složitá a vážná, o čemž svědčí přijetí dokumentu Evropské komise „Akční plán EU pro ocelářství“ z června 2013, který stanoví jako základní pro stabilizaci a udržení odvětví v EU tyto cíle:

- zvyšování podílu výrobků s vyšší přidanou hodnotou,
- změny cen a fyzická dostupnost vstupních materiálů a energií,
- podpora výzkumu, vývoje a inovací,
- vztah k životnímu prostředí a trvalé snižování ekologické zátěže okolí hutních podniků z hutní výroby,
- problematika lidských zdrojů (bezpečnost a ochrana zdraví, vzdělávání pracovníků).

Cíle jsou obecné a bude velmi záležet nejen na jejich konkretizaci, ale i na včasnosti přijímání jednotlivých opatření a také na tom, aby nezvýhodňovala podniky v některých částech EU. Akční plán úzce souvisí s cílem deklarovaným Evropskou komisí v 11/2012 – zvýšit podíl průmyslu na hrubém domácím produktu EU ze současných 15,5 na 20 % v roce 2020. Rozhodující v tomto budou opatření, která budou přijímána v roce 2014.

V uplynulém roce 2013 byla prováděna řada iniciativ směřujících ke zlepšení nebo alespoň zachování postavení hutních podniků a jejich konkurenční schopnosti. Jejich stručný přehled je uveden dále.

Důležitým okamžikem v červnu a září 2013 bylo schválení dotací na 5 významných a finančně náročných akcí, jejichž projekty byly podány v rámci 36. výzvy Operačního programu životního prostředí v roce 2012 a které vzhledem k jejich velikosti přesahující 7,5 mil. EUR musela každý z nich jednotlivě schválit Evropská komise. Přidělení dotací bylo komentováno i v denním tisku, a proto jen připomínáme, že se jedná o odprášení dvou aglomerací, haly konvertorové ocelárny a odlévacích hal vysokých pecí v podnicích ArcelorMittal Ostrava a.s. (AMO) a Třinecké železářny, a.s. (TŽ).

Celkové náklady na tyto akce dosáhnou výše cca 3,8 mld. Kč, celkové dotace na ně cca 2,7 mld. Kč. Vlastní schvalování probíhalo déle než rok, bylo značně složité a patří poděkování všem ze státních orgánů i podniků, kteří se na něm podíleli nebo připravovali schvalovací podklady. Pro čerpání dotací musí být akce dokončeny do konce roku 2015. Další akce menšího rozsahu z této i 38. výzvy byly schvalovány přímo Státním fondem životního prostředí a nedošlo u nich ke zpoždění začátku jejich realizace.

Počátkem roku 2014 budou po několikaletých jednání dokončena pravidla pro čerpání evropských fondů na období let 2014 – 2020 a teprve na základě jejich finálního znění se ukáže, zda-li a v jakém objemu bude možno čerpat dotace do našeho odvětví i v tomto období (pro velké podniky s více než 250 zaměstnanci). Vyplynou z nich i možnosti jiných způsobů financování (nejen) ekologických akcí, např. formou dlouhodobých úvěrů s nízkým úrokem, které dle dnešních znalostí částečně bude možno uplatňovat již v letech 2014 – 2020, ale od roku 2021 by se měly obecně stát převažující formou spoluúčasti fondů EU i České republiky na spolufinancování investic a modernizací ve všech odvětvích.

V oblasti podpory obnovitelných zdrojů energií (POZE) v roce 2013 proběhla řada jednání, která měla za účel co nejvíce snížit poplatek odběratelů elektrické energie. V roce 2012 činil tento poplatek 419 Kč/MWh, v roce 2003 již 583 Kč/MWh. Pro ujasnění si složitosti řešené problematiky je potřebné uvést, že celková POZE v roce 2013 činila celkem 44,2 mld. Kč a skládala se z různých zdrojů, mezi něž patřily také POZE ze strany spotřebitelů elektřiny a spoluúčast státního rozpočtu. Snaha o snižování poplatků za odběr elektřiny ze strany spotřebitelů vede k růstu požadavků na příspěvky z dalších zdrojů, především ze státního rozpočtu. Nakonec byla uzákoněna pro rok 2014 POZE ve výši 495 Kč/MWh, což je však stále mnohonásobně vyšší hodnota než u našich konkurentů, např. v Německu, a je z naší strany i nadále považována pro odvětví za likvidační. V roce 2014 budou proto jednání o dalším snížení POZE ze strany odběratelů pokračovat s cílem co nejvíce se přiblížit výši placené našimi konkurenty.

Po celý rok 2013 probíhala především na evropské úrovni jednání o systému obchodování skleníkovými plyny (EU ETS). Koncem roku 2013 byl vydán tzv. redukční koeficient pro přidělování povolenek zdarma pro odvětví, u nichž hrozí přemísťování výroby mimo EU (odvětví carbon leakage). Tímto redukčním koeficientem se vypočtené objemy požadavku na přidělení povolenek zdarma násobí, čímž se získá

skutečný objem povolenek přidělených zdarma. Ministerstvo životního prostředí (MŽP) pro přidělení oficiálního objemu povolenek zdarma ještě zhodnotí další skutečnosti, jako např. omezení kapacit výroby.

Současně již probíhají práce na aktualizaci seznamu odvětví carbon-leakage od roku 2015. Některá z nich mohou být do seznamu nově zařazena, jiná mohou být vyřazena.

Připomínáme, že uvedený systém přidělování se netýká výrobců elektřiny, kteří mají svůj systém pro stanovení a přidělování povolenek zdarma.

V minulém roce byly pro implementaci směrnice č. 75/2010/EU o průmyslových emisích ukončeny intenzivní práce na novelizaci zákona 76/2002 Sb. o integrované prevenci a kontrole znečišťování a vyhlášky 554/2002 Sb., která uváděla vzor žádosti o integrované povolení. Zákon 76/2002 Sb. byl novelizován zákonem 69/2013 Sb. K jeho provedení byla vydána vyhláška č. 288/2013 S., která uvádí vzor žádosti o integrované povolení včetně nových částí – zpracování tzv. základní zprávy, vzor ročního hlášení o plnění integrovaného povolení a vzor žádosti o povolení výjimky z emisních limitů stanovených v rámci nejlepších dostupných technik. Tyto limity jsou uvedeny v tzv. Závěrech o BAT, které přijímá Evropská komise a jsou závazné. Doba na jejich dosažení je stanovena na 4 roky od jejich vydání. Pro hutnictví železa, tj. pro technologii výroby koksu, aglomerátu, surového železa a oceli byly Závěry

o BAT vydány jako pro první odvětví v rámci EU 8.3.2012. K vyhlášce – její části o základní zprávě – počátkem roku 2014 vydalo MŽP metodický pokyn. Metodický pokyn pro výjimky z emisních limitů je v současné době dokončuje.

V roce 2014 kromě uvedených oblastí bude probíhat řada jednání k novelizacím zákona o odpadech a zákona o výrobcích s ukončenou dobou životnosti. Celá problematika je značně složitá. Jedná se o implementaci směrnice 2008/98/EU o odpadech, která stanovuje u odpadů jako prioritní:

- předcházení vzniku,
- přípravu k opětovnému použití,
- recyklaci,
- jiné využití, např. energetické využití,
- odstranění.

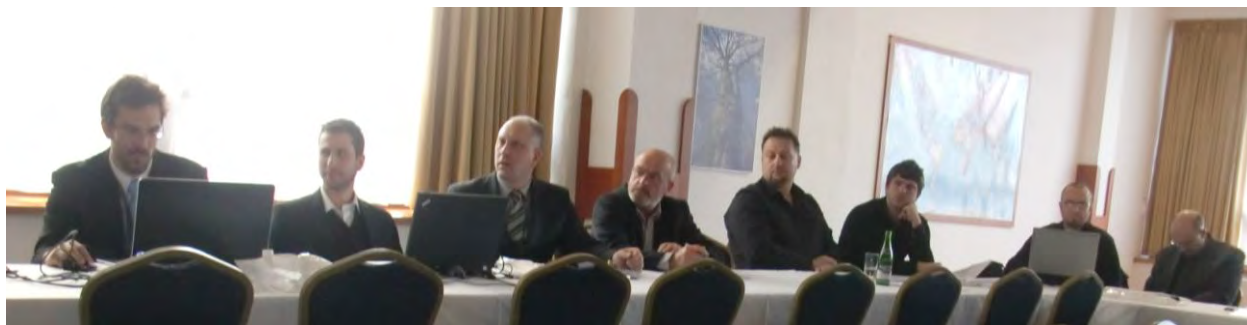
Oba dva novelizované zákony musí být v souladu mezi sebou a musí respektovat Politiku druhotných surovin, projednanou vládou ČR v 10/2013. Naším cílem je zachovat v legislativě postavení hutních podniků jako zařízení pro recyklaci kovů.

Zástupci odvětví hutnictví železa se budou na výše uvedených aktivitách i nadále aktivně podílet s cílem nepřipustit zhoršování pozic podniků odvětví, a to jak na národní, tak na evropské úrovni.



ze spolkové činnosti a odborných akcí

Vývoj technologie těžkých odlitků pro energetiku a všeobecné strojírenství



Dne 12.12.2013 se uskutečnila v hotelu ŽĐAS ve Svatce konference věnovaná tomuto tématu. Akci pořádaly Vítkovice Heavy Machinery a.s. spolu s VUT Brno. Rokování se uskutečnilo v rámci dlouhodobé spolupráce s Odbornou komisí pro výrobu oceli na odlitky ČSS. Referáty shrnovaly výsledky řešení projektu FR – TI2/091 s názvem „Vývoj technologie těžkých odlitků pro energetiku a všeobecné strojírenství“. Odeznělo 7 přednášek zaměřených na problematiku sekundární metalurgie oceli, simulaci tuhnutí, specifiky slévarenské technologie u těžkých odlitků a na problémy výrobní degradace materiálu.

Zdeněk Carbol informoval o zkušenostech se sekundární metalurgií oceli ve společnosti Vítkovice Heavy Machinery a.s. Zabýval se snížením nežádoucích prvků potlačením výskytu makrosegregací v těžkých odlitcích. Dále informoval o používaných metodách sekundární metalurgie. Závěrem uvedl nástin vývoje metod sekundární metalurgie ve své firmě.

Zkušenosti se sekundární metalurgií při výrobě masivních odlitků ve ŽĐAS a.s. přednesl Martin Balcar. Demonstroval zvyšující se podíl sekundární metalurgie při výrobě odlitků, zejména vakuové technologie. Ta je považována za nezbytný technologický prvek moderního výrobce oceli na odlitky, který umožňuje jak zvýšení jejich jakosti, tak i snížení nákladů.

Možnostem predikce vad na základě simulace tuhnutí těžkých ocelových odlitků se zabýval Marek Kováč. Podrobně představil aplikaci numerické simulace ve vývoji nových odlitků ve slévárně Heavy Machinery a.s. Postup vývoje nové technologie demonstroval na spojovacím odlitku věže ropné plošiny, jehož hrubá hmotnost činila 80 t. Technologie byla simulována ve

všech jejích etapách, tj. od plnění formy až po tuhnutí kovu. Práce zahrnovaly i napětově deformační analýzu. Odlitek má nahradit svařence. Jeho výroba je náročná nejen pro jeho velikost, ale zejména pro velký počet tepelných uzlů. Ty byly řešeny nálitky, chladítky a izolacemi na odlitku.

Specifikům technologie u masivních odlitků se věnoval Jan Čech. Zaměřil se na simulaci lití a tuhnutí odlitků s ohledem na vznik makrosegregací. Uvedl řadu zkušeností v této oblasti.

Na použití masivních chladítek se zaměřil Antonín Záděra a Jakub Haluza. Naznačili postupy jejich výpočtu a dimenzování pro těžké odlitky. Účastníky konference seznámili s programem výpočtu hmotnosti chladítek, který byl v rámci projektu vypracován a zaveden do praxe. Přiblížili vliv masivních chladítek na průběh tuhnutí odlitků. Na příkladech uvedli použití kontaktních a nekontaktních chladítek pro těžké odlitky. Upozornili, že velikost i tvar masivních chladítek významně ovlivňují konečné vlastnosti a strukturu, výskyt pórovitosti a trhlin v těžkém odlitku.

Problematické morfologie vměstků v masivních odlitcích se věnoval Jaroslav Šenberger a Vítězslav Pernica. Autoři připomněli, že při tuhnutí těžkých odlitků se mechanismus tvorby a četnost výskytu vměstků odlišují od výroby běžných odlitků. Vznikají větší dendrity, což ovlivňuje vylučování vměstků v mezidendridických prostorách. Masivní odlitky mají významně menší sklon ke vzniku vměstků II. typu vyjma oblasti makrosegregací. Po dezoxidaci hliníkem se sulfidy v masivních odlitcích vylučují jako sulfidická obálka na povrchu vzniklých oxidů. Těžké odlitky mají však velký

sklon ke vzniku vměstků IV. typu. Ty mohou významně ovlivnit mechanické vlastnosti.

Ekonomickému hodnocení projektu se věnoval Jiří Pluháček. Přínosem nové technologie je snížení spotřeby tekutého kovu a pracnosti v čistírně. Dále je to vyšší jakost materiálu odlitku a zkrácení doby jeho pobytu ve formě a tím i celkové doby výroby odlitku.

Nové technologie jsou zavedeny u čtvrtiny výroby ve slévárně Vítkovice Heavy Machinery a.s.

Na úspěchu konference měli spolu s příspěvky přednášejících významný podíl organizační garanti Jarmila Malá a František Urbánek. Akce se zúčastnilo 38 posluchačů, kteří se aktivně zapojili do diskusí. Ke konferenci ČSS Brno vydal sborník: Vývoj technologie těžkých odlitků pro energetiku a všeobecné strojírenství, 50 s., 8 tab., 43 obr., ISBN 978-80-02-02507-8.

*doc. Ing. Václav Kafka, CSc.
předseda ekonomické sekce ČSS*

Projekt obří hutě v Indii

<http://uk.finance.yahoo.com/news/pm-posco-start-steel-plant-105757732.html>

Jihokorejská společnost POSCO získala souhlas k zahájení prací na projektu hutě, kterou zamýšlí postavit nákladem 12 mld. USD v Indii u města Odisha, dříve nazývaného Orissa. Huť by měla v cílovém stavu vyrábět 12 mil. t oceli. Již dnes Indie vyrábí 77,6 mil. t oceli a je na 4. místě ve světě. Budou se zde zpracovávat vlastní rudy. Zásoby rud v Indii se odhadují na 28 mld. t. Třetina těchto zásob se nachází právě v okolí města Odisha. To byl jeden z důvodů, proč se firma POSCO pro tuto investici rozhodla. Práce na projektu byly dlouhou dobu odkládány kvůli protestům ochránců životního prostředí.

L J

Růst těžby rud u společnosti Rio Tinto

<http://uk.news.yahoo.com/rio-tinto-hits-iron-ore-014646270.html#ZUtC0p5>

Významná firma zaměřená na těžbu rud Rio Tinto oznámila, že těžba železné rudy v roce 2013 u ní vzrostla oproti roku 2012 o 5 % a dosáhla 266 mil. t. Rovněž se zvýšila těžba ostatních surovin. Těžba měděné rudy vzrostla o 15 % na rekordní úroveň 631 000 t. Těžba bauxitu vzrostla o 10 % na 43,2 mil. t a výroba hliníku vzrostla o 3 % na 3,5 mil. t. Těžba koksovatelného uhlí vzrostla o 2 % na 8,2 mil. t a těžba energetického uhlí vzrostla o 12 % na 43,2 mil. t.

L J

Nová profilová trať v Kazachstánu

<http://www.steel-grips.com/index.php/en/articles/46-pr/142-evraz-has-launched-its-rolling-mill-in-kostanay.html>

Společnost EVRAZ oznámila, že uvádí do provozu jemnou válcovací trať na dlouhé výrobky v Kostanay v Kazachstánu. Investičně výstavbu zajišťoval TOO Evraz Caspian Steel, což je akciová společnost tvořená EVRAZ (65%) a Kazachstánskou společností Caspian Group (35%). Generálním dodavatelem strojního zařízení byla italská firma Siemens SPA. Zvláštní pozornost byla věnována ekologickým dopadům stavby.

Trať je projektována na roční výrobní kapacitu 450 000 t betonářské oceli. Výstavba trvala dva a půl roku. Investiční náklady činily 131 mil. USD. Vstupní sochory dodává EVRAZ ZSMK. Na trati se válcují tyče o průměru 10 až 40 mm včetně speciálního profilu A500(SP), který umožňuje ušetřit na stavbách ocelových konstrukcí až 25 % oceli. Výrobky se dodávají na kazachstánský trh, který vykazuje v posledních letech soustavný růst, i do dalších zemí ve střední Asii.

L J

ze života škol

Ako je to vlastne so vzdelávaním v metalurgických odboroch na Slovensku?

Prof. Ing. Ivan Lukáč, PhD., ako emeritný profesor Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach uverejnil v Hutníckych listoch, roč. LXVI, 2013, č. 6, s. 90- 93 článok „Problematika vzdelávania v hutníctve na Slovensku“, v ktorom sa pokúša o analýzu problémov vzdelávania v tomto odbore. Jeho orientácia na Hutnícku fakultu Technickej univerzity v Košiciach (ďalej HF TUKE) je pri tejto analýze nereprezentatívna, pretože niektoré obecné platné negatívne sociopolitické javy pripisuje výhradne činnosti Hutníckej fakulty. Táto fakulta je pritom v svojom postavení jedinečná a ako jediná v Slovenskej republike poskytuje vzdelávanie v celom spektre metalurgických, materiállových a príbuzných energetických a environmentálnych odboroch. Ide o tradičnú fakultu pôsobiacu bezmála 62 rokov, pričom jej história nadväzuje na tradíciu Banskej akadémie v Banskej Štiavnici založenej pred 252 rokmi uhorskou a českou kráľovnou Máriou Teréziou. Vychovala stovky inžinierov pôsobiacich na najvyšších riadiacich postoch metalurgie doma i v zahraničí, ako aj v exekutive a centrálnych inštitúciách Slovenskej republiky a bývalého Československa.

Autor nie je od roku 2005 zamestnancom Hutníckej fakulty. Nikdy nezastával riadiacu pozíciu v hierarchii fakulty, okrem rokov 1990-91, kedy bol krátko prorektorom TUKE a s fakultou udržiava minimálne, alebo žiadne kontakty. Jeho kompetencia poskytovať analýzy vzdelávania na Hutníckej fakulte je teda sporná z hľadiska vecného aj inštitucionálneho. To spôsobilo v jeho texte mnohé chyby, nepresnosti, bohužiaľ aj nepravdivé informácie, ako aj nepochopenie mnohých súvislostí:

1. Pracovisko „Katedra náuky o kovoch“, na ktorom sa autor identifikuje, už veľa rokov neexistuje, dávno zmenilo svoj názov a pozmenilo obsah a formy svojej činnosti. Rovnako „Katedra železiarstva a zlievarenstva“ je z hľadiska názvu dávnu minulosťou fakulty.

2. V tabuľke č. 1, v ktorej autor hodnotí úspešnosť štúdia vo vybraných akademických rokoch, sa dopustil mnohých chýb a nejasností, najmä v riadkoch reprezentujúcich roky 2003, 2007 a 2013, takže mu vyšla nereálna úspešnosť štúdia. Ak by autor nespájal do vstupov počty prijatých študentov do Bc. a Ing. štúdia (čo je zásadná chyba v akejkoľvek štatistickej metodike), dôsledne rozlíšil počty prijatých a zapísaných študentov (kde sú veľké rozdiely), a v niektorých prípadoch oddelil počty denných

a externých študentov a absolventov, tak by mu vychádzali pravdivé výsledky, ktoré sú ostatne na dekanáte HF k dispozícii. Štatistike externého štúdia je potrebné sa venovať oddelene, pretože je v svojej podstate ovplyvňovaná výskytom stochastických, obtiažne riadených javov. Čo sa týka denného štúdia, HF má už po desaťročia stanovenú tzv. „technickú priepustnosť fakulty“ ako počet zapísaných študentov prvého ročníka denného Bc. štúdia v počte 300 – 320. To je údaj, ktorý je striktné dodržiavaný a zosúladený s inými fakultami TUKE. Úspešnosť štúdia na HF nikdy neklesla pod 33 – 40 %, čo je hodnota obvyklá u náročných technologických štúdií so silným prírodovedným základom. Sú to hodnoty ktoré dosahujú aj iné tzv. „ťažké“ fakulty a je to údaj, ktorý v pozitívnom zmysle charakterizuje náročnosť štúdia.

3. Údaje z tabuľky č. 1 sú informačne bezcenné a nedajú sa k nim vzťahovať žiadne sociopolitické javy a trendy, o čo sa autor pokúsil. Jeho úvahy o „umiestenkách“ a „smerných číslach“ predstavujú „spomienkový optimizmus“, ktorý nemá miesto v časoch Bolonského procesu a kritérií OECD o dostupnosti vzdelávania. Napokon vo svojich komentároch autor nekorektne označuje základnú časovú jednotku vzdelávania ako školský rok, pričom ide o akademický rok. Rovnako zastaraný a nespisovný výraz poslucháč namiesto študent svedčí o časovom ukotvení autora.

4. Zarážajúco pôsobí autorova veta: „V súčasnosti ani jeden z profesorov pôsobiacich na Hutníckej fakulte neprešiel žiadnou výrobnou praxou v priemyselných podnikoch“. Najmenej traja profesori (Holoubek, Fröhlichová, Raschman) a viacero docentov majú viacnásobne dlhšiu priemyselnú prax ako autor tohto textu. Ďalší vzišli z prostredia vedecko-výskumnej základne Československa silne naviazanej na priemyselnú prax (Flórián, Tomášek, Kvačkaj apod.). Rovnocennou, ak nie vyššou kvalitou ako priemyselná prax, sú dlhodobé vedecké stáže a opakované prednáškové pobyty na zahraničných univerzitách a v renomovaných výrobných spoločnostiach, ktoré absolvovali mnohí profesori (Flórián, Havlík, Holoubek, Longauer, Kvačkaj, Pešek, Kaduková, Miškuřová a ďalší), čo pán profesor nepostrehol. Priemerný vek profesora sa už viacero rokov vzťahuje k veku garantovania študijného programu 70 rokov a nie 65 rokov, ako autor uvádza. V čase, keď autor vykonával svoju analýzu, boli na HF vymenované dve profesorky vo veku 40 rokov, čo je ďalším pozitívnym javom personálnych trendov na fakulte, nezaznamenaných autorom.

5. Od autora je nepostačujúce hodnotiť aktivity v oblasti aplikovaného výskumu iba účasťou na projektoch APVV. Projekty APVV sú iba jednou z viacerých schém možného aplikovaného výskumu.

6. Konkrétne na spomenutej Katedre tvárnenia kovov bolo riešených 5 medzinárodných projektov EUREKA s transferom poznatkov do výrobných metalurgických technológií. V rokoch 2006-2010 bolo predmetné pracovisko koordinátorom a hlavným riešiteľom projektu APVV. Katedra tvárnenia kovov má významnú účasť v celouniverzitnom projekte VUKONZE zameranom na aplikáciu energetických materiálov, ako aj ďalších projektoch z európskych fondov. Spomenutá Katedra keramiky má jednu z najrozsiahljších podnikateľských činností fakulty zameraných na priame výskumne úlohy pre prax. Katedra rieši viaceré surovinové témy v rámci výziev európskych projektov v spolupráci s fakultou BERG s významnými aplikačnými výstupmi. Katedra keramiky dlhodobo prevádzkuje aplikačné centrum PLATAURUM, ktoré pod dozorom Puncového úradu Slovenskej republiky napomáha zvyšovaniu kvality zlatníckeho a klenotníckeho podnikania.

7. S aplikovaným výskumom súvisí aj spolupráca s praxou pri zamestnávaní absolventov, čomu fakulta venuje pozornosť aj pravidelnými „screeningami“ uplatnenia. Podľa zdrojov Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Ústredia práce, sociálnych vecí a rodiny, absolventi HF patria do skupiny s najnižšou mierou nezamestnanosti medzi technickými fakultami. Zamestnanosti napomáhajú aj toľko spomínané praxe. Desiatky študentov absolvovali prázdninový praktický program „Summer Internship“ v toľko kritizovanom U.S. Steel Košice, s.r.o. Našli tam potom svoje zamestnanie a niektorí zakotvili na istý čas aj v amerických akvizíciách spoločnosti. Podobné možnosti praxe, resp. cielených exkurzií a preddiplomových pobytov umožňujú aj ďalší priemyselní partneri fakulty, najmä v rámci Zväzu hutníctva, ťažobného priemyslu a geológie SR, ktorého je fakulta členom, ako aj v spoločnostiach Klubu 500. Okrem praxe však zamestnanecké zručnosti študentov podporujú aj časté zahraničné mobility (napr. ERASMUS), čoho si autor, nevieme prečo, nevšíma.

8. V súvislosti spolupráce s praxou sme zaznamenali na text prof. Lukáča viacero reakcií vplyvných absolventov HF, predstaviteľov významných organizácií, ktorí s fakultou spolupracujú a našich absolventov zamestnávajú. Tieto reakcie vyjadrujú údiv a rozhorčenie nad tým, ako je popísaný stav fakulty, na ktorej študovali, ktorú poznajú a s ktorou efektívne spolupracujú.

9. Je nám veľmi ľúto keď pán profesor Lukáč na niektorých miestach používa pejoratívny až vulgarizujúci jazyk (študenti „prezimujú“, absolventi nerozoznávajú valcovaciu stolicu od vysokej pece, vybavenie katedier patrí do technického múzea a pod.).

Čo sa týka „katastrofálneho“ technického a prístrojového vybavenia katedier, pozývame srdečne pána profesora na návštevu, aby sme mu mohli napríklad ukázať:

- najnovšie zariadenia pre chemickú a materiálovú identifikáciu na Katedre tvárnenia kovov, Katedre keramiky, Katedre chémie a Katedre neželezných kovov a spracovania odpadov,
- aplikačný vodný model plynulého liatia ocele so sofistikovaným počítačovým vyhodnocovaním na Katedre metalurgie železa a zlievarenstva,
- renovované metalografické laboratória s množstvom funkčných modernizovaných profesionálnych svetelných a elektrónových mikroskopov na jeho materskej katedre,
- „Laboratórium identifikácie materiálov a simulácie procesov“ ako pracovisko 21. storočia s možnosťou numerických simulácií reálnych procesov s vysokou konvergenciou počítačových modelov s realitou, na Katedre tvárnenia kovov.

Veríme, že takáto návšteva napomôže prelomiť osobnú skepsu nielen k numerickým simuláciám (čo je cítiť z niektorých poznámok autora k didaktike), ale aj mylnú skepsu k stavu a budovaniu pracovísk fakulty. Bolo to obtiažne, ale zmena nastala. Významne nápomocné boli prostriedky z realizovaných výziev európskych projektov na väčšine fakultných pracovísk, čoho si autor bohužiaľ nevšímol.

10. V závere textu autor upozorňuje na zvyšovanie kvality pedagógov predovšetkým publikovaním v recenzovaných časopisoch. V praxi na Hutníckej fakulte je to plnenie scientometrických kritérií, ako počet vedeckých výstupov najmä v databázach Web of Science (WoS), resp. SCOPUS a časopisoch v kategóriách Q1 až Q4 (hodnotené kvartálne, Q4 je najnižšie). Možné je aj hodnotenie pomocou Hirschovho indexu (H-index). V týchto verejne dostupných databázach má profesor Lukáč osem publikácií s identifikovanými zdrojmi s jednou citáciou v databáze SCOPUS, a tri záznamy bez citácií v databáze WoS, čiže nulový H-index. Rovnako je veľmi ťažko identifikovať profesora Lukáča v zoznamoch účastníkov významných svetových a európskych kongresov a konferencií v materiálových vedách.

11. Publikačnú činnosť fakulty podporuje už dvadsaťročné vydávanie vedeckého časopisu Acta Metallurgica Slovaca v anglickom jazyku, ktorý je indexovaný v databáze SCOPUS v kategórii Q2.

12. Súhlasíme s autorovým názorom o nezastupiteľnom význame riešenia vedeckých projektov so zreteľným transferom do priemyselnej technickej praxe. Rovnako sa nijako nedotýkame pretrvávajúcej intenzívnej knižnej tvorby profesora Lukáča.

Činnosť Hutníckej fakulty je rozmanitá v oblasti vedeckej, výskumnej a pedagogickej. Najobťažnejšia je táto činnosť v oblasti budovania infraštruktúry. Hutnícka fakulta je sledovaná medzinárodne normalizovanými auditmi kvality a akreditačnými konaniami, z ktorých fakulta vychádza pozitívne v prospech celej Technickej univerzity v Košiciach. O úpadku a katastrofe nemôže byť reč. Dokladom je aj každoročné komplexné hodnotenie fakulty nezávislou Akademickou ratingovou a rankingovou agentúrou – ARRA. Za deväť rokov týchto hodnotení sa Hutnícka fakulta umiestnila na 3. až 6. mieste z 24 hodnotených technických fakúlt na Slovensku. V uplynulých troch rokoch to bolo 4. miesto, vždy ako prvá pozícia na TUKE.

Želáme pánu profesorovi Lukáčovi pevné zdravie a viac šťastia a úspechov pri hľadaní pravdy o hutníckom vzdelávaní na Slovensku, ako mal doteraz. Súčasťou tejto pravdy je aj reflexia osobného podielu na rozvoji a stave našej Alma Mater každého z nás, vrátane autora diskutovaného textu.

*doc. Dr. Ing. Peter Horňák, dekan Hutníckej fakulty
prof. Ing. Karel Tomášek, CSc., bývalý dekan Hutníckej fakulty (2003 - 2011)*

*prof. Ing. Tibor Kvačkaj, CSc., vedúci Katedry
tvárnenia kovov Hutníckej fakulty*

*doc. Ing. Pavol Vadász, CSc., vedúci Katedry keramiky
Hutníckej fakulty*

*doc. Ing. Martin Fujda, PhD., vedúci Katedry
náuky o materiáloch Hutníckej fakulty*

Válcovna zmodernizovala výrobu ropovodných trubek

Moravskoslezský deník, 5.2.2014, s. 3

Největší výrobce trubek v České republice ArcelorMittal Tubular Products (AMTPO) dokončil po čtyřech měsících montáže význačný investiční projekt modernizace výroby bezešvých trubek malých průměrů a zvýšení kapacity jejich výroby. Investice dosahuje hodnoty více než 150 mil. Kč. Nová linka byla uvedena do provozu 3.2.2014. Modernizační akcí, zaměřenou na válcovací trať Malý Stiefel, výrobce reaguje na zvýšení poptávky po olejářských, ropovodných a čerpacích trubkách o průměru 21,3 – 140 mm, a to především na severoamerickém trhu. Výrobní kapacita závodu se zvýšila dosavadních 24 tis. t trubek na 42 tis. t trubek ročně.

LJ

Linka na železniční kola a obruče v Turecku

www.schulergroup.com/major/documents/downloads/download_technologien_branchen_produkte/download_technology_forging/massivumformung_hydraulische_schmiedepressen_flyer_praezisionsschmieden_eisenbahnraeder_e.pdf

Integrated forming and rolling for railway Wheel. Forging September/October 2013, s. 56

Kardemir: Neue Eisenbahnräderlinie. Stah lund. Eisen, 2013, č. 10, s. 30

Turecká vláda plánuje výstavbu ďalších železničných tratí. Země by v roce 2035 měla mít celkovou délku železniční sítě 25 000 km. To bylo impulzem pro firmu Karbük Iron & Steel Industry and Trade Inc. (Kardemir), což je integrovaný hutní závod, aby instalovala novou linku na výrobu železničních kol a obručí. Je třeba podotknout, že firma již tento sortiment vyrábí. Nová linka je přípravou na očekávaný růst poptávky.

Linku v hodnotě 90 mil. Euro dodává německá firma Schuler. Jde o linku nové koncepce. Polotovary se předkovávají na dvou lisech, jeden má sílu 100 MN, druhý 50 MN. Následuje válcování na válcovačce, která se vyznačuje tím, že osa kola při válcování je vodorovná a válcuje se devíti válci. První linka tohoto typu byla postavena v Číně v r. 2012. Linka dodávaná do Turecka bude vyrábět 75 kol za hodinu. Kola budou mít průměr až 1450 mm, šířka bude 175 mm. Hmotnost se bude pohybovat okolo 500 kg. Budou se však válcovat i kola pro jeřáby, která budou mít šířku až 300 mm.

Bude postavena i linka na tepelné zpracování, kterou dodá firma Andritz Group.

Firma Kardemir je nejstarší výrobce oceli v Turecku. Kromě jiného se zde válcují kolejnice pro železniční tratě, a to i pro vysokorychlostní tratě.

L J

nová literatura

Joan Magretta

Michael Porter jasně a srozumitelně

(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)

Esence nejzávažnějších úvah Michaela Portera o konkurenci a strategii na počátku nového tisíciletí "Nikdo nemůže řídit změny. Člověk může být jen před nimi." (cit. Peter Drucker)



Ačkoliv americký ekonom, konzultant a poradce v celé řadě různých odvětví, autor 18 knih a bezpočtu časopiseckých prací, profesor Harvard Business School Michael Porter začal své převratné a průkopnické (dnes již klasické) myšlenky o konkurenčním prostředí a strategii v turbulentních a

nejistých časech publikovat již před více než třemi desítkami let, nikdo (ani on sám) se dosud nepokusil všechna svá nebo jeho koncepční východiska a metodické rámce poskládat a uspořádat v jediný integrovaný celek. Tohoto náročného úkolu se ujala až nyní profesorka Joan Magretta, dlouholetá Porterova spolupracovnice, bývalá editorka časopisu Harvard Business Review a nyní vedoucí pracovnice Institutu pro strategii a konkurenceschopnost na HBS nesoucí jeho jméno. Výsledkem její práce je hutná, poměrně stručná a přehledná kniha "Michael Porter jasně a srozumitelně", jejíž překlad z anglického originálu (Irena Grusová) s podtitulem "O konkurenci a strategii" vydalo nakladatelství Management Press (Praha 2012, 1. vyd., 232 s.). Podařilo se jí podat cennou syntézu jeho díla, uvést jeho základní pojmy do vzájemné souvislosti a co je nejdůležitější – dokázala je uvést do souvislosti s každodenními skutečnostmi, jimž jsou vystavováni manažeři v každodenní praxi.

Právě pro ně se autorce s úspěchem (také díky vedení, podpory a mimořádné pozornosti profesora Portera) podařilo zhustit to podstatné a nejdůležitější "z Portera" v podobě krátkého desetibodového seznamu:

1. Snaha být nejlepší je intuitivní, avšak sebezníčující přístup ke konkurenčnímu jednání.
2. Velikost nebo růst, které nepřinášejí zisk, nepředstavují žádnou ctnost. Konkurenční jednání je

otázkou zisků, nikoli tržního podílu.

3. Mít konkurenční výhodu, to neznamená pobít soupeře; jde o vytváření jedinečné hodnoty pro zákazníky. Máte-li konkurenční výhodu, určitě se projeví ve vašem výkazu zisku a ztráty.

4. Jedinečná hodnotová nabídka má pro strategii zásadní význam. Ale strategie je více než marketing. Pokud poskytování vaší hodnotové nabídky nevyžaduje konkrétně a na míru přizpůsobený hodnotový řetězec, vaše hodnotová nabídka nebude mít žádnou strategickou závažnost.

5. Nemyslete si, že musíte "potěšit" každého a kdejakého zákazníka. Známkou dobré strategie je skutečnost, že některé zákazníky záměrně neuspokojujeme.

6. Strategie není smysluplná, pokud jasně neříká, co organizace dělat nebude. Přijímání vylučovacích rozhodnutí je svorníkem, který umožňuje získání konkurenční výhody i její udržení.

7. Nepřeceňujte ani nepodceňujte význam dobré realizace strategie. Je nepravděpodobné, že by byla zdrojem udržitelné výhody, avšak bez dobré realizace ani ta nejskvělejší strategie nepřinese mimořádné výsledky.

8. Dobré strategie se opírají o mnoho vylučovacích voleb, ne o jedinou, a o jejich vzájemná spojení. Klíčová způsobilost sama jen zřídka kdy vytvoří udržitelnou konkurenční výhodu.

9. Může se zdát, že flexibilita je tvář v tvář nejistotě dobrou myšlenkou, avšak znamená, že vaše organizace nikdy nebude představovat nic určitého nebo nebude v ničem dobrá. Příliš mnoho změn může být pro strategii stejnou zhoubou jako příliš málo změn.

10. Řídit se strategií, to nevyžaduje žádné impozantní předpovědi budoucnosti. Angažovanost pro strategii ve skutečnosti zlepšuje vaši schopnost inovovat a přizpůsobovat se turbulencím.

Autorka uvádí svoji knihu žertem, který se připisuje Marku Twainovi: zvláštnost skutečné knižní klasiky spočívá v tom, že jde o knihy, "které by každý chtěl mít

přečtené, ale které nikdo nechce číst". To, co Porter od čtenářů svých děl vyžaduje, je jak velice jednoduché, tak i velice nesnadné. Žádá prostě, aby bez podvádění neztráceli ze zřetele souvislost mezi svými rozhodnutími a svým výkonem. Na rozdíl od mnoha autorů (možná většiny) manažerské literatury nám Porter odmítá doporučit, co máme konkrétně dělat. Říká: Nabídnou vám vodítka metodických rámců, obecnou teorii, která je použitelná ve všech případech,

avšak práce, kterou děláte, je tvořivá a musíte nalézt své vlastní jedinečné odpovědi. Je obecně známo, že publikace o managementu bývají často módním artiklem. Momentální "přelomové" myšlenky a koncepce však mohou mít za tři, pět nebo deset roků jen nepatrný užitek. Klasická Porterova díla však rozhodně do této kategorie nespádají; každé jejich nové přečtení je stejně tak objevné jako jejich čtení první.





Oceláři
Steelcon

30. ročník konference o teorii a praxi výroby a zpracování oceli

1. OZNÁMENÍ

3. - 4. dubna 2014

Lázeňský dům Libuše, Karlova Studánka



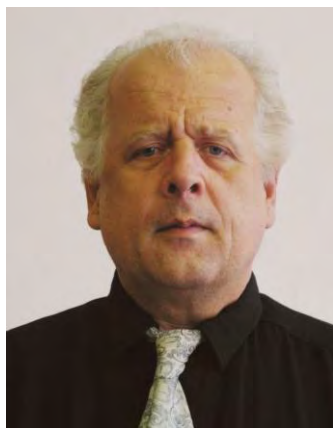


TANGER, spol. s r.o.
VŠB - Technická univerzita Ostrava

© 2012 - 2013 TANGER, spol. s r.o.

společenská kronika

Ing. Ludvík Martínek, Ph.D. oslavil šedesáté narozeniny



Ing. Ludvík Martínek, Ph.D. se řadí k těm ocelářským a slévárenským specialistům, kteří se do vysoké odborné úrovně vypracovali tak zvaně od píky. Může být příkladem pro mnoho dalších adeptů v hutnickém oboru.

Náš šedesátník se narodil 9.9.1953

v rodině vojáka z povolání v Ružomberoku. Rodina vojáka z povolání byla poznamenána snad trvalým stěhováním. A tak se jubilant dostal až do Kladna. Po ukončení školní docházky v r. 1971 se vyučil na Poldovce v oboru hutník-ocelář. Po ukončení prezenční vojenské služby jej jeho otec nasměroval na vojenskou školu v Ružomberoku. On však úmyslně neudělal přijímací zkoušky, aby tento obor nemusel studovat. Tenkrát se totiž chtěl stát elektrikářem. To mu však rodiče nedovolili a poslali ho na kladenskou Poldovku. I když to bylo zpočátku vlastně za trest, Ludvíkovi se tam začalo líbit. Tak začala jeho profesní dráha. Nastoupil jako tavič na elektrických obloukových pecích (EOP) v SONP Kladno.

Následně v Kladně získal večerním studiem střední odborné vzdělání v oboru hutnictví. Přitom stále pracoval jako tavič na EOP. V roce 1975 přešel do podniku ŽĐAS a.s. ve Žďáru nad Sázavou a stal se technologem kovárny. Jubilant dálkově znovu vystudoval Střední průmyslovou školu ve Žďáru nad Sázavou a v r. 1978 ji úspěšně ukončil. Poté začal navštěvovat hutnickou fakultu Vysoké školy báňské v Ostravě. V roce 1981 v podniku přešel na ocelárnu ve funkci metalurga. V roce 1984 dokončil vysokoškolské studium a obhájil diplomovou práci. Po pěti letech, v roce 1990, mu bylo v podniku ŽĐAS svěřeno vedení

provozu Ocelárna a ingotárna. Na této pracovní pozici jubilant setrvává dodnes.

Nadále pracoval na svém odborném růstu, a tak na fakultě Metalurgie a materiálového inženýrství VŠB-TU Ostrava v r. 2005 obhájil disertační práci na téma „Zavádění prvků sekundární metalurgie v elektroocelárně ŽĐAS, a.s.“.

Dnes jubilant publikuje technické práce, přednáší a stává se uznávaným odborníkem ve svém oboru. Má více než stovku původních vědeckých a výzkumných publikací. Má rozhodující podíl na technickém rozvoji jak vlastní ocelárny, tak i jiných oceláren a tavíren v ČR i na Slovensku. Jeho názor a posudky mají v hutnické komunitě patřičnou váhu.

V letech 2005 až 2012 jubilant předsedal Odborné komisi pro tavení oceli na odlitky při České slévárenské společnosti. V roce 2013 stanul v čele této společnosti jako její předseda. Dlouhodobě spolupracuje s vysokými školami na řešení řady grantových úkolů (EURÉKA, TANDEM, TIP a dalších). Je členem řady vysokoškolských zkušebních komisí, redakční rady Hutnických listů a vědecké rady FMMI VŠB-TU Ostrava.

Vedení podniku ŽĐAS i jeho kolegové jej vidí jako špičkového pracovníka s bohatou výzkumnou činností, zaměřenou na výrobu oceli v EOP a mimopecní zpracování oceli. Jubilant se významně podílí na vývoji technologických postupů výroby speciálních ocelí s využitím různých variant vakuové rafinace. A co je velice důležité – vychovává si své následovníky. Není tedy náhodou, že na ocelárně pod jeho vedením vyrostli další dva odborníci s titulem Ph.D.

Ludvíku, děkujeme za to, co jsi pro naše těžké řemeslo vykonal, srdečně blahopřejeme a pokračuj tak dále!

*Za OS ČSS a množství kamarádů
a přátel z řad ocelářů a sléváčů
doc. Ing. Václav Kafka, CSc.*

konference, výstavy, veletrhy



HANNOVER MESSE 2014

Nejvýznamnější světový průmyslový veletrh HANNOVER MESSE se uskuteční v Hannoveru 7. – 11.4.2014. Veletrh HANNOVER MESSE je spojením sedmi vedoucích veletrhů, které se konají na jednom místě: Industrial Automation, Energy, MobiliTec, Digital Factory, Industrial Supply, IndustrialGreenTec a Research & Technology. Hlavními tématy veletrhu HANNOVER MESSE jsou průmyslová automatizace a IT, energetické a ekologické technologie, průmyslové subdodávky, výrobní technologie a služby, výzkum a vývoj. Partnerskou zemí veletrhu je letos Nizozemsko.

Veletrh HANNOVER MESSE 2014 se uskuteční pod heslem „**Integrated Industry** – NEXT STEPS“. Hlásí se tím k tématu budoucnosti oboru a ukazuje příští kroky směřující k inteligentní továrně, která sama organizuje svůj provoz. Pro zachování své konkurenční schopnosti musí průmyslové podniky vyrábět a využívat efektivně zdroje, rychle reagovat na změny trhu a současně uspokojovat stoupající požadavky na individualizaci produktů. Cesta k tomu vede přes metodu „Integrated Industry – integrovaný průmysl“, tj. výrobní procesy probíhající maximálně flexibilně. K jejich realizaci bylo v minulých letech vyvinuto mnoho technologií. V příštím kroku musí být tyto technologie synchronizovány, vzájemně sladěny a integrovány do průmyslové výroby propojené sítí počítačových systémů. Tématem veletrhu je tedy: Jak průmysl krok za krokem přejde od vize „smart factory“ k reálné počítačově řízené továrně v rámci průmyslu 4.0 (čtvrté průmyslové revoluce).

Jako vedoucí mezinárodní veletrh **integrovaných procesů a řešení IT** bude proto letos veletrh ještě více zaměřen na integraci procesů, virtuální vývoj, řízení životního cyklu produktů, vizualizaci, Supply Chain Management, Enterprise Resource Planning, Manufacturing Execution, technický odbyt a služby, virtuální uvádění do provozu a programování a zařízení offline, Rapid Prototyping a Rapid Manufacturing.

Potřeba informovanosti, koordinace a standardizace je zde značná. Pokud mají být konstrukční díly, stroje a továrny propojeny sítí počítačových systémů, je nutná kompatibilita softwaru. Dosud hovoří každý IT systém v každém podniku svým vlastním jazykem. Spolu s dalším propojováním počítačových systémů do sítí se

však musí průmysl domluvit na „společném světovém jazyce výroby“. Pod heslem „Integrated Industry – NEXT STEPS“ budou na veletrhu HANNOVER MESSE 2014 ukázány nové přístupy k řešení. Nejvýznamnější světový průmyslový veletrh s výstavními oblastmi, jako je automatizace, energetika, subdodávky a výzkum a vývoj, je proto ideální platformou.

Cílem integrovaného průmyslu jsou variabilní výrobní technologie, které mohou být pružně přestavěny podle globálních změn trhu a individuálních požadavků zákazníků. Přitom jsou všechny komponenty – od obrobku přes stroje až po dopravní systémy – spolu propojeny sítí, kterou mezi sebou mohou samostatně komunikovat. Obrobek není podáván ze stanice ke stanici na pevné výrobní lince, nýbrž samostatně aktivuje modulární výrobní procesy a iniciuje potřebný zpracovatelský krok. To umožní velmi flexibilní a současně efektivní průmyslovou výrobu až do rozsahu celé dávky.

Asi čtvrtina vystavovatelů veletrhu HANNOVER MESSE se zabývá tématem výroby, distribuce a uskladňování energie. V této souvislosti přináší „Integrated Industry – NEXT STEPS“ objasnění postupující transformace energetického systému. Jde přitom v podstatě o přestavbu a rozvoj elektrických a datových sítí, jakož i o otázku, jak nahradit stávající systém desítek velkých elektráren stovkami tisíc malých elektráren na bázi využívání zemního plynu, slunečního záření, větrné energie a biomasy. Energie budoucnosti je nejen zelená, ale také inteligentní. V budoucnu mezi sebou budou inteligentní elektrické sítě vzájemně komunikovat, a tak vytvoří mohutný potenciál úspor energie. Aby nezůstal tento model pouze hudbou budoucnosti, musí nejrozličnější branže spojit své kompetence.

Veletrh HANNOVER MESSE poskytne přehled trhu a náhled do vývojových strategií předních mezinárodních a národních společností, a to od klasické **energetické techniky** v oblasti nízkého, středního a vysokého napětí, přes stále významnější komponenty inteligentní řídicí a komunikační techniky až po silně se rozvíjející oblast decentralního zásobování elektrickou energií a technologií obnovitelných energií. Např. v Německu

při roční spotřebě energie asi 2 500 TWh jen asi 600 TWh připadá na elektrickou energii. Naproti tomu asi 1 200 TWh se využívá k zajišťování tepla a téměř 700 TWh je vynakládáno na dopravu a mobilitu.

Rychlé rozšíření kapacit německých elektráren na bázi obnovitelných energií z dnešních 22 % na 35 % do cílového roku 2020 vyvolává nutnost rozšiřování elektrických sítí ve formě tzv. **Smart Grids – inteligentních elektrických sítí**. Do tohoto cílového roku je třeba posílit německé síť nejvyššího napětí 3600km nových tras v rámci zavedené sítě elektrického vedení 380 kV, čímž vzniknou náklady ve výši 9,7 mld. Eur.

Protože zásobování z **decentrálních výrobních zařízení** ve venkovských rozvodných sítích vyvolává stále více problémy při zachovávaní kvazistacionárního napětového pásma u koncového zákazníka jak v síti nízkého, tak středního napětí, rozšiřují v Německu provozovatelé rozvodných sítí nejen své síť, ale současně vyvíjejí nové regulační mechanismy, které mají zabránit překračování přípustného napětového pásma ± 10 % podle DIN VDE 50160 a termické přetěžování provozních prostředků. Vedle nových funkcí v systému rozvodné sítě je ústředním cílem využívání inovativních, ale přitom vyzkoušených řešení produktů za účelem efektivní a postupné automatizace sítových stanic.

Plánovaná realizace rozvojového cíle německé spolkové vlády je do roku 2020 vyrábět 25% podíl elektřiny **kogenerací**, což je předpokladem toho, aby mohla být decentrální výrobní zařízení více využívána k vyrovnávání kolísavého zásobování z obnovitelných energií. **Blokové tepelné elektrárny** na bázi konvenčních paliv, jako je zemní plyn, budou i dlouhodobě tvořit významný pilíř výstavby decentrálních výrobních struktur.

Výroba průmyslových robotů před sebou má vzhledem k nepolevující industrializaci rozvojových zemí a značnému potenciálu vyspělých průmyslových zemí optimistickou budoucnost. Odhaduje se, že odbyt robotů v probíhajícím roce globálně vzroste asi o 2 %, a to na 162 000 prodaných kusů. V letech 2014 až 2016 se očekává, že odbyt vzroste ročně v průměru o 6 %. Prognózy růstu plynou z technických inovací, které otevírají dveře zcela novým aplikacím robotů. Patří k nim inovace kooperace člověka s robotem. Toto je další téma, které bude prezentováno na veletrhu **Industrial Automation** v rámci veletrhu HANNOVER MESSE. Řešení pro moderní továrnu představí v Hannoveru podniky jako je Stäubli, Güdel a Sampsas.

Na příštím veletrhu Industrial Automation bude opět rozšířena přehlídka Application Park Robotics, Automation & Vision, jejíž součástí je přednáškové fórum. Výstavní centrum, určené výrobcům robotů, softwarovým firmám a rovněž věnované průmyslovému zpracování obrazu, bude rozšířené o

téma Motion Control. Vystavovatelé, kteří nabízejí řešení techniky pohonu, zde představí své inovativní produkty a systémy v prostředí, které je pro ně velmi zajímavé. Kromě toho se zde objeví nejnovější řešení k současnému trendu kooperace člověka a stroje. Patří sem roboty bez ochranného krytu ve spojení s kamerovou technikou a zpracováním obrazu. Spolu s mimořádnou přehlídkou „Mobilní roboty a autonomní systémy“ ukáže veletrh Industrial Automation nejen celou paletu disciplín spojených s robotizací a systémovou integrací, ale rovněž zdůrazní jejich význam pro klíčové technologie v rámci automatizace (www.hannovermesse.de/de/application-park).

Veletrh HANNOVER MESSE počtvrté propůjčí společně s odborným časopisem Industrieanzeiger a Robotation Academy cenu ROBOTICS AWARD. Dne 12.2.2014 se uzavřely přihlášky produktů, projektů a technologických novinek, které inovativně přispějí k řešení s podporou robotů v oblasti průmyslové automatizace anebo mobilních robotů, resp. (www.hannovermesse.de/de/roboticsaward).

Menší spotřeba zdrojů a nižší hmotnost znamená větší šanci do budoucna. Inovativní technologie **lehkých konstrukcí a kompozitních materiálů** si podmaňují stále nové oblasti využití. To, co bylo dlouho doménou jen ve výrobě automobilů, se už dávno prosadilo i ve výrobě strojů a zařízení. Tématika lehkých konstrukcí je proto ve středu pozornosti nejen na veletrhu dodavatelského průmyslu Industrial Supply v rámci HANNOVER MESSE, ale i MobiliTec, Industrial Automation a Research & Technology.

Dr. Thomas Heber z Ústavu lehkých konstrukcí a technologií umělých hmot (ILK) při Technické univerzitě v Drážďanech se inspiroval kaktusem: „Kaktus je zázračná věc. Tam, kde se větví, není kmen příliš široký, jako je tomu u stromu, je spíše tenký.“ Kdyby se vědcům pracujícím v oboru bioniky podařilo napodobit strukturu této pouštní rostliny, bylo by možno vyvinout materiály pro příslušné namáhání, které by otevřely zcela nové možnosti využití lehkých konstrukcí.

Je patrný silný tlak na vývoj produktů a efektivní využívání materiálů a energie. Průmysl a výzkum ve světě zde společně usilují o odkrývání nových oblastí využívání vysoce výkonných lehkých konstrukcí. Vyhlídky jsou dobré, což se aktuálně projevuje i u klasických materiálů zesílených uhlíkovým vláknem (CFK). Tento kompozit na bázi uhlíkových vláken patří k těm nejdražším. Přesto však mu technici vzhledem k jeho vynikajícím vlastnostem dávají přednost před jinými materiály. Příkladem je společnost BMW. Podnik využívá jako první výrobce automobilů ve velkém rozsahu materiály s uhlíkovým vláknem. Celý prostor pro cestující nových modelů i3 a i8 je vyroben technologií pryskyřičných injekcí.

Vědci pokračují v intenzivním vývoji postupů na výrobu umělých hmot zesílených uhlíkovým vláknem (CFK). Patří k nim nové výrobní postupy a nové pryskyřice, které umožňují rychlejší tvrdnutí dílů. Díky uhlíkovým kompozitům chtějí na základě kompetentní sítě Carbon Composites snížit náklady na materiály o polovinu a výrobní náklady dokonce o 90 % (ve srovnání s hodnotami z roku 2010).

Další možnosti by mohl skýtat **multimateriálový design** (MMD), u nějž se spojují kovy s uhlíkatými vlákny. Spojování různých materiálů sebou současně přináší kombinování různých spojovacích technik a využívání jejich specifických výhod, jako například výhod lepení bodovým svařováním. Zvláštní úlohu přitom hraje možnost integrace funkcí v dílech, například u ložisek a pružin. Stejně jako MMD se budou prosazovat řešení na bázi **termoplastů**. Konsolidace termoplastů je výrazně rychlejší než u **duroplastů**; příslušné výrobní procesy lze mnohem lépe automatizovat. Výrobní postupy jsou proto značně

rychlejší. Místo deseti minut jsou reálné zpracovatelské časy kratší než půl minuty.

Veletrh HANNOVER MESSE 2014 je jednou z nejvýznamnějších platform, kde si mohou odborníci předávat své zkušenosti a znalosti o výkonných **spojovacích technologiích a materiálech** v tématickém parku Industrial Supply věnovaném lepicí technice v rámci veletrhu HANNOVER MESSE. Spojovací technologie se využívají v různých odvětvích a technologiích, jako je výroba letadel a automobilů a stále více také v oblasti obnovitelných energií, ve strojírenství a v poslední době i ve stavbě lehkých konstrukcí.

red. (podle zdroje: Eva Václavíková, Zastoupení Deutsche Messe v ČR, Myslbekova 7, 169 00 Praha 6, 220510057, info@hf-czechrepublic.com)

Odborné akce

3.-7.2.2014	Birmingham, Alabama, USA	Modern Electric Conference Steelmaking	http://www.aist.org/calendar/calendar_vie_w.asp?editid1=1662
5.-7. 2.2014	Ranchi, Indie	AITISM '14 (Automatizace a informatika v hutnictví)	www.aitism.in
24.-27.2.2013	Fort Worth, Texas, USA	Rod and Bar Rolling	http://www.aist.org/calendar/calendar_vie_w.asp?editid1=1663
26.-27.2.2014	Hannover, Německo	21.Umformtechnische Kolloquim Hannover	www.hff.hannover.de/uhk2014.html
4.-8.3.2014	Las Vegas USA	CONEXPO-CON/AGG	http://www.conexpoconagg.com/PDF/2014_RegistrationBrochure.pdf
6.-7.3.2014	Karlova Studánka	Oceláři 2014	www.ocelari.cz
6.-16.3.2014	Ženeva Švýcarsko	Mezinárodní automobilový salon	www.salon-auto.ch
11.-15.3.2014	Düsseldorf, Německo	Metav	www.metav.de
12.-14.3.2014	Thajsko	EXPORAIL	www.exporail-southeastasia.com
13.-15.3.2014	Šanghaj	China Electric Heating Exhibition 2014	www.chinaehe.cn
17.-19.3.2014	Praha	20 th World Steel Conference	www.crugroup.com/events/steel/
23.-26.3.2014	Monterrey, Mexiko	CONAC 2014, 6 th International Steel Industry Exhibition and Conference	http://conac.aistmexico.org.mx/
26.-27.3.2014	Freiberg, Německo	MEFORM 2014	www.ifm.tu-freiberg.de

30.3.-1.4.2014	Barcelona, Španělsko	SteelOrbis & IREPAS Conference	www.cvent.com/events/steelorbis-spring-2014-conference-70th-irepas-meeting
31.3.-4.4.2014	Villepinte, Paris-Nord, Francie	MACHINE OUTIL	www.industrie-expo.com
1.-4.4.2014	Turín, Itálie	EXPO Ferroviaria	www.expoferroviaria.com
3.-4.4.2014	Lyon, Francie	Implants	www.implants-event.com
7.-8.4.2014	Paříž, Francie	Journées sidérurgiques internationales – ATS	www.ats-ffa.org
7.-11.4.2014	Hannover, Německo	Hannover Messe	www.hannovermesse.de
9.-11.4.2014	Ljubljana, Slovinsko	9 th International Conference on Industrial Tools and Material Processing Technologies	www.tecos.si/icit
27.-29.4.2014	Šanghaj	PM China 2014	www.cn-pmexpo.com
28.4.2014	Abu Dhabi Spojené arabské emiráty	World DRI and Pellet Congress	hwww.metalbulletin.com/EventDetails/0/6965/2nd-World-DRI-and-Pellet-Congress.html
1.-4.5.2014	Berlín	ILA Berlin Air show	www.ila-berlin.de
5.-7.5.2014	Kolín n.R., Německo	USETEC	www.usetec.com
7.-9.5.2014	Milano, Itálie	ICRF 2014 (Ingot Casting, Rolling and Forging)	www.aimnet.it
15.5.2014	Günsburg, Německo	Massivumformteile	www.metalform.de
20.-22.5.2014	Londýn	Infrarail 2014	www.infrarail.com
29. 6.-4.7.2014	Berlín	21 st International Forging Congress	http://www.ifc2014.org
29. 9.- 3. 10. 2014	Japonsko	19 th International Forgemasters Meeting	http://www.ifm2014.com
5.-8.5.2014	Indianapolis, USA	The Iron & Steel Technology Conference and Exposition	http://www.aist.org/14_aistech/14_aistech.htm
21.-23.5.2014	Brno	METAL 2014	www.metal2014.com
8.-11.7.2014	Ho Či Min City, Vietnam	MTA VIETNAM2014	http://www.mtavietnam.com/
9.-11.9.2014	Třinec	7 th European Oxygen Steelmaking Conference	www.eosc2014.cz
16.-20.9.2014	Frankfurt a. M.	Automechanika	www.automechanika.messefrankfurt.com
16.-20.9.2014	Joinville, Brazílie	Metalurgia 2014	www.messebrazil.com.br
16.-20.9.2014	Stuttgart, Německo	AMB Mezinárodní výstava zpracování kovů	www.messe-stuttgart.de/en/amb
29.9.-3.10.2014	Tokyo, Japonsko	IFM 2014	www.ifm2014.com
29.9.-3.10.2014	Tokyo,	ALUMINIUM 2014	www.aluminium-messe.com

	Japonsko		
7.-9.10.2014	Düsseldorf	ALLUMINIUM	http://www.messe-duesseldorf.de/
21.-24.10.2014	Salzburg, Rakousko	2014 European Metal Metalurgy Congress and Exhibition	
22.10.214	Günsburg, Německo	Massivumformteile	www.metalfarm.de
30.9.-1.10. 2014	Brno	FORM-WELD 2014	http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/konference_form.htm
21.-25.10.2014	Hannover, Německo	EuroBLECH 2014	
18.-21.11.2014	Bâle, Švýcarsko	SWISSTEC	www.stech.ch
16.-20.6.2015		GIFA, METEC, THERMPROCESS & NEWCAST 2015	

Největší plynule odlévané bloky

SMS Concast supplies world's largest continuous caster for blooms. Iron & Steel Technology, 2013 č. 11, s. 8

World's largest continuous caster for blooms comes on stream. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 67

Čínská společnost Dongbei Special Steel v Dalian City v provincii Liaoanig uvedla úspěšně do provozu zařízení pro plynulé odlévání kruhových bloků o průměru 800 mm, které dodala firma SMS Concast. Je to již třetí zařízení, které firma Concast dodala do této hutě. Nejnovější zařízení je určeno pro odlévání vysoce kvalitních speciálních ocelí. Roční výrobnost činí 450 000 t. Na zařízení lze odlévat i bloky menšího průměru, a to od 600 mm. Odlité bloky se zpracovávají v kovárně na hydraulických lisech a na radiálních kovacíh strojích, které dodala firma SMS Meer. Zde se z bloků vyrábějí hřídele a kované tyče z nástrojových ocelí i z nerezavějících ocelí.

Zařízení pro plynulé odlévání bloků podobných rozměrů již pracuje u společnosti Zhongyuan Special Steel Co. Ltd. v ocelárně v Jiyuan v provincii Henan.

L J



hutnictví ve světě

Republic Steel zvyšuje výrobu oceli

Republic Steel increasing steel production. Iron & Steel Technology, 2013 č. 11, s. 6

Ačkoliv výroba ve většině hutí v USA spíše stagnuje, firma Republic Steel ohlásila rozšiřování výrobních kapacit. Opět uvedla do provozu pec č. 7 v závodě Canton v Ohio. V loňském roce zahájila zkušební provoz na nově vybudované elektrické obloukové peci a zařízení sekundární metalurgie v Lorain ve státě Ohio. Zařízení bylo vybudováno nákladem 85 mil. USD a bude ročně vyrábět 1 mil. t oceli ve formě plynule odlévaných sochorů i polotovarů pro svitky. Celkem zde vzniklo 450 pracovních míst.

L J

Plynulé odlévání největších bram z nerez ocelí

Siemens Continuous caster produces world's thickest stainless steel slabs at POSCO. Iron & Steel Technology, 2013 č. 11, s. 8-9

Jihokorejská společnost Pohang Iron and Steel Co. Ltd (POSCO) uvedla do provozu zařízení pro plynulé odlévání bram o tloušťce 250 až 300 mm a šířce 800 až 1650 mm z nerezavějících ocelí. Roční výroba činí 700 000 t austenitických a feritických ocelí. Zařízení pro plynulé odlévání má rovný krystalizátor, odlitá brama se mechanicky ohýbá do oblouku s poloměrem 11 m. Metalurgická délka zařízení je 26,9 m. Licí rychlost činí 1,1 m/min. Výšku hladiny v krystalizátoru kontroluje zařízení LevCon, oscilaci krystalizátoru zajišťuje zařízení DynaFlex. Šířka krystalizátoru je nastavitelná pomocí zařízení Dynawidth.

L J

Nová trať na ploché tyče v Číně

Qingdao: Neues Flachstabwalzwerk. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 43

Ocelárna Qingdao Special Iron&Steel buduje novou válcovnu plochých tyčí, kterou dodává firma Siemens Metals Technologies. Budou se na ní vyrábět tyče o šířce 60 až 160 mm při tloušťce 6 až 60 mm, které se uplatní v automobilovém průmyslu i ve stavebnictví. Bude se válcovat i ocel na pružiny. Trať by měla jít do provozu počátkem roku 2015. Siemens dodává čtyřstolicevé přípravné pořadí s uspořádáním H-H-V-H a zařízení pro tepelné zpracování, dvoje nůžky a software řídicího systému.

L J

Modernizace konvertoru za provozu

ArcelorMittal: Modernisierter Konverter in Betrieb. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 42-43

V ocelárně ArcelorMittal v Gentu v Belgii byl modernizován konvertor. K tomu účelu dodala firma SMS Siemag konvertorovou nádobu včetně nosného kroužku, lamelový systém pro upevnění nádoby ložiska, stojany ložisek a pohon pro naklápění. Díky lamelovému systému je možné zvětšit objem konvertoru cca o 15 %. Lamelové upevnění také umožnilo lépe využít prostor pro zabudování konvertorové nádoby. Původní vyzdívka byla nahrazena vysoce kvalitní jemnozrnnou vyzdívkou přizpůsobenou konvertorovým podmínkám. Díky tomu nebylo nutné instalovat nucené chlazení nádoby.

L J

Nové zařízení pro elektrostruskové přetavování v Číně

Dongbei Special Steel: Endabnahme ESU Anlage. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 43-44

Ocelárna Dongbei Special Steel převzala do provozu dvě zařízení pro elektrostruskové přetavování ingotů. Menší zařízení bude vyrábět ingoty o průměru 1100 mm a hmotnosti až 36 t, větší zařízení je určeno pro ingoty o průměru 1750 mm a hmotnosti až 100 t. Obě zařízení dodala firma Inteco. Zařízení pracuje s pohyblivým krystalizátorem. V budoucnu se počítá s tím, že bude použita kokila s přívodem elektrického proudu, kterou si nechala patentovat firma Inteco.

L J

Loupací linka na kované tyče

VDM: Schälllinie für Schmiedeprodukte. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 44

Firma Outokumpu objednala u firmy SMS Meer loupací stroj pro svůj závod Unna. Budou se na něm loupací tyče o výchozím průměru 90 až 330 mm na konečný průměr 80 až 320 mm. Maximální úběr může být až 20 mm. Délka tyčí bude v rozmezí 2,7 až 8 m. Zpracovávat se budou převážně niklové slitiny určené pro letecký a kosmický průmysl a dále pro těžbu ropy a zemního plynu. Je možné lupat i se dvěma úběry. Uvedení do provozu se očekává v létě 2014.

LJ

Nová válcovna tyčí v Indii

Kalika Steel Neues Bewehrungsstahlwalzwerk. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 44

Huť Kalika Steel objednala u firmy Siemens Metals Technologies válcovnu tyčí pro závod Jalna ve spolkovém státě Maharashtra. Budou se zde válcovat tyče o průměru 8 až 40 mm v délkách 9 až 15 m z nízkouhlíkových ocelí. Očekává se výroba v malých a středních sériích. Proto je trať vybavena pro rychlovýměnu válců. Trať bude mít 18 stolic a chladník o délce 54 m. Pak následují svazkovací stroje.

Výchozí ocel se vyrábí v indukčních pecích z železné houby. Sochory pro válcování budou mít průřez 130 x 130 mm a délku 9 000 mm. Budou se ohřívat v indukčních pecích na válcovací teplotu 950 °C, aby nedocházelo k nauhličení.

L J

Modernizace vysoké pece v Indii

Vizag Steel: Modernisierung zweier Hochöfen. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 44

Státní firma Rashtriya Ispat Nigam (RINL) objednala u firmy Siemens Metals Technologies modernizaci vysoké pece č. 2 ve své huti Visaghatpatnam (Vizag Steel). Vnitřní objem pece se má zvýšit ze 3200 m³ na 3820 m³. Tím se denní výroba surového železa zvýší na 7150 t. Na vysokých pecích č.1 a 2 se instaluje pět moderních ohříváčů větru, které nahradí stávající ohříváče. Hodnota dodávky Siemens činí 50 mil. Euro a měla by se realizovat v letech 2015 a 2016.

Huť Vizag Steel byla postavena na pobřeží ve spolkovém státě Andhra Pradesh v r. 1990. Vysokopecní závod má nyní dvě vysoké pece o objemu 3200 m³ a jednu 3820 m³ a vyrábí ročně 6,3 mil. t surového železa. Po modernizaci by se výroba měla zvýšit na 7,3 mil. t/r.

L J

Elektroocelárna zpracovávající železnou houbu z přímé redukce

JSPL: Elektrostahlwerk mit DRI-Chargierung in Betrieb. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 44-45

Indická huť Jindal Steel & Power Ltd. (JSPL) uvedla do provozu novou elektroocelárnu v provincii Orissa. Má roční výrobní kapacitu 2,5 mil. t. Do pece se sází jednak teplá železná houba vyrobená přímou redukcí a jednak surové železo. Zařízení dodala firma SMS Siemag.

Elektrická oblouková pec má kapacitu 250 t a transformátor s příkonem 250 MVA. Dále je zde zařízení pro stahování strusky a pánvová pec o objemu 250 t. Ocelárna je vybavena účinným zařízením pro čištění plynu.

Vstupním materiálem je železná houba vyráběná přímou redukcí v šachtové peci, která se vytahuje při teplotě asi 600 °C a plynule se přisazuje do elektrické pece.

L J

Nová ohřívací pec na drátovně voestalpine

voestalpine: Ofenanlage für neue Drahtstraße. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 45

Výrobce drátu VOESTALPINE Austria Draht instaluje novou krokovou pec pro ohřev plynule odlévaných sochorů v závodě Donawitz v Rakousku. Výrobní kapacita pece bude 5000 000 t/r. Do provozu by měla jít počátkem roku 2015. Pec dodává firma Andritz Maerz. Pec bude mít dvě vstupní lože se společným zavážecím dopravníkem. Na vstupu bude automatická kontrola sochorů včetně vyřazování vadných kusů.

V krokové peci se budou ohřívat sochory různých rozměrů a značek oceli. Režim ohřevu se bude volit tak, aby se minimalizovala tvorba okují a oduhličení. Současně se dbá na rovnoměrný ohřev a minimalizaci emisí NO_x a CO. Chlazení pece má nucenou cirkulaci, přičemž se využívá odpadní teplo. Je pamatováno i na nouzové chlazení. Ohřáté sochory se budou válcovat na modernizované drátovně.

L J

Lis na velké svařované trubky v Koreji

SeAH Steel: Rohrformpresse in Betrieb. Stahl und Eisen 2013, č. 11, s. 46

Jihokorejský výrobce trubek, firma SeAH Steel, uvedla v Pohangu do provozu lis pro výrobu podélně svařovaných trubek od firmy SMS Meer. Lis umožní zkružovat plechy o průměru až 1625 mm při tloušťce stěny až 65 mm. Maximální délka trubek je 18,3 m a hmotnost až 35 t. Vyrobené trubky splňují požadavky normy API 5L. Lis je vybaven tak, že je možné rychle přejít na jiný rozměr trubek, což umožňuje zpracovávat i malé výrobní série.

L J

OBSAH HUTNICKÝCH LISTŮ 2013, ROČ. LXVI CONTENT OF THE METALLURGICAL JOURNAL, VOL. LXVI	Číslo No.	Strana Page
A) HLAVNÍ – RECENZOVANÉ ČLÁNKY MAIN – REVIEWED ARTICLES		
Paliva, koksárenství Fuels, Coke Making		
prof. dr. hab. Krystyna Kruszevska, dr. Iwona Jelonek, Ing. Stanislav Czudek, Ing. Radek Hermann <i>Vzájemný vztah mezi petrografickými a koksovatelnými vlastnostmi uhlí</i> <i>Interrelation between Petrographic and Coking Properties of Coal</i>	1/2013	5-12
Ing. Stanislav Czudek PhD, Ing. Radek Hermann, doc. Ing. Karel Čiahotný, CSc, Ing. Marcela Šafařová, Ph.D <i>Praktické zkušenosti s použitím hnědého uhlí při výrobě vysokopečního koksu</i> <i>Practical Experience with Brown Coal Usage at Production of Blast-furnace Coke</i>	1/2013	13-16
Výroba oceli a feroslitin Steel and Ferro-alloys Making		
Ing. Bohuslav Chmiel, Ing. Tomáš Huczala, Ing. Jan Morávka, Ph.D. <i>Současný stav, vývoj a možnosti výroby nových typů nástrojových ocelí v TŽ, a.s.</i> <i>Present Situation, Development and Possibilities for Production of New Types of Tool Steels in TŽ, a.s.</i>	1/2013	17-21
Ing. Miroslav Dostál, Ing. Zuzana Lorencová <i>Rafrinace manganových rud nižších jakostí s využitím organických činidel</i> <i>Refining of Low-grade Manganese Ores through Organic Agents</i>	2/2013	3-7
Ing. Miroslav Dostál, Ing. Zuzana Lorencová <i>Technologické metody odfosfoření a obohacení manganových rud – Rafrinace manganových rud vyšších a středních jakostí</i> <i>Technological Methods for the Dephosphorization and Enrichment of Manganese Ores – Refining of High and Medium Grade Manganese Ores</i>	3/2013	3-8
Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Jiří Bažan, CSc., Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Petr Stymal, Ing. Václav Pilka, Ing. Zbygněv Piegza, Ing. Jan Melecký, CSc. <i>Vliv struskotvorných a dezoxidačních přísad na průběh mimopecního zpracování oceli v TŘINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH, a.s.</i> <i>Influence of Slag and Deoxidation Additives on the Process of Secondary Metallurgy in TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.</i>	3/2013	9-16
prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc., prof. Ing. František Kavička, CSc., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., prof. Ing. Věra Dobrovská, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc., doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D. <i>Analýza atypického průvalu při radiálním plynulém lití bramy v pásmu rovnání</i> <i>II. Analýza příčin průvalu aplikací teorie fyzikální podobnosti</i> <i>Analysis of Atypical Breakout during Radial Continuous Casting of a Slab in the Straightening Zone</i> <i>II. Analysis of the Causes of the Breakout by Application of the Theory of Physical Similarity</i>	3/2013	17-25
Ing. Miroslav Dostál, Ing. Zdeněk Šáňa <i>Rafrinace oceli na vakuové stanici s chemickým přihřevem</i> <i>Steel Refining in a Vacuum Unit with Chemical Boosting</i>	5/2013	3-7
prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc., prof. Ing. Věra Dobrovská, CSc., prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Hana Francová, Ph.D., prof. Ing. Karel Michalek, CSc., Ing. Miloš Masarik <i>Analýza atypického průvalu při radiálním plynulém lití bramy v pásmu rovnání</i> <i>III. Experimentální výzkum příčin průvalu</i> <i>Analysis of Atypical Breakout During Radial Continuous Casting of Slab in the Straightening Zone</i> <i>III. Experimental Research on the Causes of the Breakout</i>	5/2013	8-13
Ing. Vladislav Kurka, Ph.D., Ing. Zbyněk Hudzieczek, Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D., doc. Ing. Jiří Cieñciała, CSc. <i>Výroba vysoce jakostní oceli, legované vysokým obsahem legujících přísad Al a Ti, v zařízení „Vakuová a přetlaková indukční tavicí pec“</i> <i>Production of High Quality Steel, with High Content of Alloying Elements Al and Ti, Produced in „Vacuum and Pressurized Induction Melting Furnace“</i>	6/2013	4-8
Ing. Silvie Rosypalová, Ph.D., doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D., doc. Ing. Rostislav Dudek, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., prof. Ing. Eudovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c., Ing. Monika Žaludová, Ph.D. <i>Vliv změny chemického složení roztavených oxidických systémů na jejich viskozitu</i> <i>Effect of Change of Chemical Composition of Molten Oxide Systems on their Viscosity</i>	6/2013	9-12
doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., Ing. Monika Žaludová, Ph.D., Ing. Simona Zlá, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., prof. Ing. Karel Michalek, CSc., Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D., Ing. Silvie Rosypalová, Ph.D. <i>Latentní tepla tání a tuhnutí systémů na bázi Fe</i> <i>Latent Heats of Melting and Solidification of Fe Based Systems</i>	6/2013	13-17
Tváření, tepelné zpracování Forming, Heat Treatment		
prof. Ing. Jiří Kliber, Ing. Marek Schachl <i>Vlastnosti ploché oceli po válcování a rovnání</i> <i>Characteristics of Flat Steels after Rolling and Straightening</i>	4/2013	4-8
Ing. Lukáš Pindor, Ph.D., Ing. Marian Marek, Ing. Jiří Cibulka, Ing. Renata Sikorová, Ing. Vojtěch Dudek <i>Vliv řízeného válcování tyčí na vlastnosti vysokopevnostních řetězů</i> <i>Effect of Controlled Rolling of Bars on the Properties of High-strength Chains</i>	4/2013	9-12
prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok, Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Martin Kraus, Ph.D., Miroslav Šula, Ing. Karel Milan Čmiel, Ph.D. <i>Vliv laboratorního spojitého válcování na vlastnosti kruhových tyčí z konstrukční oceli S355J2</i> <i>Influence of Laboratory Continuous Rolling on Properties of Round Bars Made of Structural Steel S355J2</i>	4/2013	13-17
Ing. Petr Kawulok, Ph.D., prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Zdeněk Solowski, Ing. Karel Milan Čmiel, Ph.D., Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok <i>Mapa tvařitelnosti nadeutektoidní C-Mn-Cr-V oceli za tepla</i> <i>Hot Formability Map of Hypereutectoid C-Mn-Cr-V Steel</i>	4/2013	18-21
Ing. Michal Činák, doc. Ing. Peter Kostka, Ph.D., Ing. Alexander Schrek, Ph.D. <i>Ťahanie zvráňaných polotovarov s kombináciou mechanických vlastností</i> <i>Deep-drawing of Tailor-welded Blanks with Combination of Mechanical Properties</i>	4/2013	22-25

doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. Václav Mašek Volné kování dutých těles <i>Open Die Forging of Hollow Bars</i>	4/2013	26-30
Ing. Rostislav Kawulok, prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Petr Opěla, prof. RNDr. Petr Kratochvíl, DrSc. Deformační odpor aluminidu Fe-40at.%Al-TiB₂ za tepla <i>Hot Deformation Resistance of the Iron Aluminide Fe-40at.%Al-TiB₂</i>	4/2013	31-35
doc. Ing. Richard Fabík, Ph.D. Vliv technologických podmínek tažení drátu na nehomogenitu deformace v podmínkách hydrodynamického tření <i>Influence of Technological Conditions of Wire Drawing on Inhomogeneity of Deformation under Conditions of Hydro-dynamic Lubrication</i>	6/2013	18-22
Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., RNDr. Jiří Svoboda, CSc., DrSc., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok, Ing. Kateřina Skotnicová, Ph.D., Ing. Petra Váňová, Ph.D., Ing. Tomáš Čegan Možnosti zhutňování kovového prášku intenzivním válcováním za tepla <i>Possibilities of Compacting of Metallic Powder by Intensive Hot Rolling</i>	6/2013	23-27
prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., RNDr. Jaromír Kopeček, Ph.D., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Petr Opěla, Ing. Pavel Hanus, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok Kinetika statické rekrytalizace aluminidu železa Fe-40at.%Al-Zr-B <i>Kinetics of Static Recrystallization of Iron Aluminide Fe-40at.%Al-Zr-B</i>	6/2013	28-33
V ý r o b a t r u b e k T u b e P r o d u c t i o n		
Ing. Petr Unucka, Ph.D., Ing. Magdalena Šmátralová, Ph.D. Ing. Rostislav Turoň, Ing. Tomáš Huczala Využití oceli 15NiCuMo5-6-4 při výrobě bezešvých trubek <i>Using of 15NiCuMo5-6-4 Steel for Producing of Seamless tubes</i>	1/2013	22-27
Ing. Petr Unucka, Ph.D., prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Rostislav Turoň, Ing. Petra Turoňová Výzkum technologie výroby bezešvých ocelových trubek pro energetiku <i>Research of Production Technology of Seamless Steel Tubes for Power Engineering</i>	4/2013	36-42
Ing. Petr Unucka, Ph.D., Ing. Alexandr Arbuz, Ing. Roman Noga Děrování kosým válcováním na třívalcové stolici <i>Cross Roll Piercing on the Three-roll Mill</i>	6/2013	34-43
M a t e r i á l o v é i n ž e n ý r s t v í M a t e r i a l E n g i n e e r i n g		
Ing. Vit Michenka, Ing. Petr Podolinský Hodnocení Bauschingerova jevu v kolejnicích jakosti IH, profilu 136RE <i>Evaluation of the Bauschinger Effect in Rail Steel IH, Profile 136RE</i>	1/2013	28-34
Ing. Miroslav Némec, doc. Ing. Mária Mihalíková, Ph.D. Vplyv rýchlosti deformácie na zmenu mechanických vlastností IF, DP 600 a HSLA ocelí <i>Influence of the Strain Rate on the Change of Mechanical Properties of IF, DP 600 and HSLA Steels</i>	2/2013	8-11
Ing. Tomáš Vlasák, Ph.D., doc. Ing. Jan Hakl, CSc., Ing. Pavel Novák, Ing. Anna Výrostková, CSc. Creepové vlastnosti a mikrostruktura nové tvářené austenitické oceli <i>Creep Properties and Microstructure of the New Wrought Austenitic Steel</i>	2/2013	12-19
Ing. Richard Baron, Ing. Vojtěch Faja Minimalizace odhličení tyčí ohříváných v plynové peci pomocí speciálních nátěrů <i>Minimization of Decarburization of Bars Heated in Gas Furnace With Use of Special Coatings</i>	4/2013	43-47
Ing. Michal Duchek, Ing. Pavel Šuchmann, Ing. Miroslav Majer, Ing. Luca Giamberini Vývoj opravného navařování velkých kovacích zápustek vyrobených z materiálu 56NiCrMoV7 <i>Development of Repair Welding Procedure for Large Forging Dies from 56NiCrMoV7 Steel</i>	4/2013	48-51
prof. Ing. Emil Evin, CSc., Ing. Stanislav Németh, Ing. Vladimír Semjon Porovnanie deformačných vlastností vysokopevných ocelových plechov <i>Comparison of the Deformation Properties of High Strength Steel Sheets</i>	4/2013	52-55
doc. Ing. Pavel Novák, Ph.D., Bc. Pavel Salvetr, Matyáš Peterka, Anna Knaislová, prof. Ing. Dalibor Vojtěch Vývoj porézních kovových biomateriálů <i>Development of Porous Metallic Biomaterials</i>	5/2013	14-18
prof. Ing. Karel Matocha, CSc., Ing. Ladislav Kander, Ph.D., Ing. Miroslav Filip, Ing. Ondřej Dorazil Zkušenosti s hodnocením tranzitního chování ocelí z výsledků penetračních testů <i>Experience with Evaluation of Transition Behaviour of Steels from the Results of Penetration Tests</i>	6/2013	44-50
Ing. Roman Gabor, Ing. Karel Malaník, CSc. Principy a aplikace částicové analýzy pro hodnocení nečistot povrchů <i>Principles and Applications of Particles Analysis for Determination of Surface Impurities</i>	6/2013	51-55
Ing. Ondřej Životný, Ph.D., RNDr. Ing. Aleš Hendrych, Ph.D., Ing. Yvonna Jirásková, Ph.D. Magnetooptická teplotní měření na amorfních CoSiB páscích <i>Magneto-optical Temperature Measurements of Amorphous CoSiB Ribbons</i>	6/2013	56-60
doc. RNDr. Richard Dvorsky, Ph.D., prof. Ing. Petr Praus, Ph.D., Ing. Soňa Študentová Kavitační depozice aktivních nanočástic na nosné mikročástice <i>Cavitation Deposition of Active Nanoparticles on Carrier Microparticles</i>	6/2013	61-63
doc. RNDr. Ján Bezecný, CSc., Ing. Andrej Dubec, Ing. Róbert Vavrik Vodíkové skrehtnutí vysokopevných ocelí <i>Hydrogen Embrittlement of High Strength Steels</i>	7/2013	14-16
Ing. Adriána Pavůčková, Ing. Michaela Fedorová, prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D. Degradační procesy materiálů zatížených teplotními šoky <i>Degradation Processes of Materials Loaded by Thermal Shocks</i>	7/2013	17-21
Ing. Petra Kováčiková, prof. Ing. Ján Vavro, Ph.D., Ing. Rudolf Valášek, Ing. Ján Vavro jn., Ph.D. Únava konstrukční ocele při cyklickém zatížení <i>Fatigue of Construction Steel under the Cyclic Loading</i>	7/2013	22-24
Ing. Lenka Hazuchová, doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D. Použití lamelových brzd z hlediska materiálů <i>Use of Multi-disc Brakes in Terms of Materials</i>	7/2013	25-27
Ing. Zuzana Harmatová, prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc., Ing. Jana Medvecká, Ph.D. Biologicky významné materiály s Cu²⁺ iony a heterocyklickými zlúčeninami a ich termické vlastnosti <i>Biologically Important Materials with Cu²⁺ Ions and Heterocyclic Compounds and their Thermal Properties</i>	7/2013	28-30

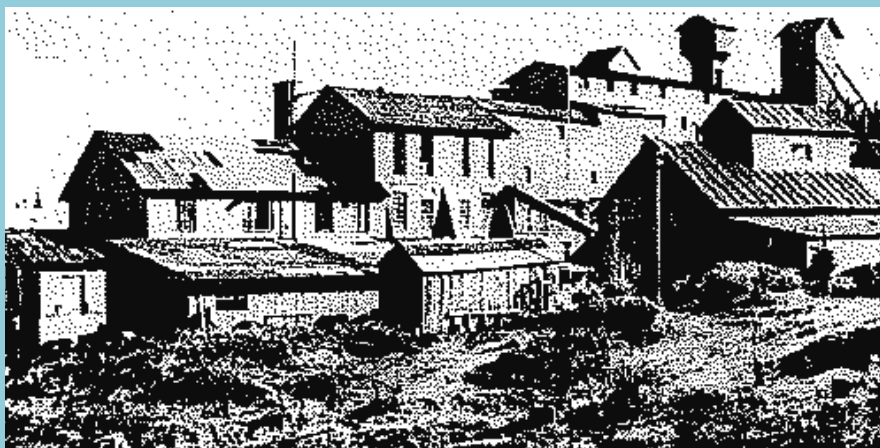
doc. Mgr. Ivan Kopal, Ph.D. Výpočet aktivačnej energie relaxačných prechodov polymérnych materiálov <i>Calculation of the Apparent Activation Energy of the Relaxation Transitions in Polymeric Materials</i>	7/2013	31-34
Ing. Karol Kováč, doc. Mgr. Ivan Kopal, Ph.D. Zisťovanie primárnych a sekundárnych relaxačných prechodov tvrdého polyuretánu pomocou dvoch rôznych metód <i>Detection of Primary and Secondary Relaxation Transitions in Hardened Polyurethane by Two Different Methods</i>	7/2013	35-37
doc. Ing. Petra Skalková, Ph.D., Ing. Róbert Janík, Ph.D., Ing. Monika Štrbáková Dynamicko mechanické vlastnosti zmesí NR/polysacharid <i>Dynamical Mechanical Properties of NR/Polysaccharide Blends</i>	7/2013	38-40
Ing. Lenka Spániková, prof. Ing. Darina Ondrušová, Ph.D., Ing. Slavomíra Domčeková, Ing. Katarína Holcová, Ing. Michaela Ďurčeková Štúdium vulkanizačných charakteristík kaučukových zmesí s obsahom plnín na báze prírodného a syntetického zeolitu <i>Study of Curing Characteristics of Rubber Compounds Containing Fillers on the Basis of Natural and Synthetic Zeolite</i>	7/2013	41-43
Ing. Monika Struharňanská, doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D., Ing. Peter Vido Vyhodnocovanie experimentálnych výsledkov vybraných materiálových charakteristík gumárenských zmesí pred a po zostarnutí <i>Evaluation of Experimental Results for Selected Rubber Compounds before and after Aging Degradation</i>	7/2013	44-47
Ing. Vladimíra Krmelová, Ph.D., Ing. Ladislav Janek, Ph.D., doc. Ing. Iva Sroková, Ph.D., RNDr. Vlasta Sasinková, Mgr. Agáta Laurenčíková, Ph.D. Nové plnivé gumárenských zmesí: organicky modifikovaný montmorilonit a škrob <i>Novel Fillers for Natural Rubber Blends: Organically Modified Montmorillonite and Starch</i>	7/2013	48-50
prof. RNDr. Mariana Pajtašová, Ph.D., Ing. Andrea Feriancová, Ph.D., Ing. Zuzana Jankurová, Ph.D., Ing. Katarína Holcová, Ing. Janka Paliesková Vplyv plniva Cu²⁺ kaolínu na termické a štruktúrne charakteristiky gumárenských zlomok <i>Influence of Cu²⁺ Kaolin Filler on Thermal and Structural Characteristics of Rubberizing Components</i>	7/2013	51-54
Ing. Michal Dubovský, doc. Ing. Milan Olšovský, Ph.D., doc. Ing. Pavel Svanda, Ph.D. Degradácia vlastností gumárenských zmesí v biopalivách <i>Degradation of Properties of Rubber Mixtures in Biofuels</i>	7/2013	55-58
doc. Ing. Pavol Lizák, Ph.D. Vplyv štruktúry pletenín na priepustnosť vzduchu <i>Influence Structures of Knitted Fabrics on the Air Permeability</i>	7/2013	59-62
Ing. Vladimíra Krmelová, Ph.D., doc. Ing. Iva Sroková, Ph.D., Dr. inž. Iwona Stachurek, RNDr. Vlasta Sasinková Cinamáty karboxymetylcelulózy – príprava a charakterizácia <i>Carboxymethylcellulose Cinnamates – Preparation and Characterization</i>	7/2013	63-66
Ing. Vladimíra Krmelová, Ph.D., Ing. Alena Bielaková Modifikovaný 4-O-glukuronoxylán: príprava a povrchovo-aktívne vlastnosti <i>Modified 4-O-glucuronoxylan: Preparation and Surface-active Properties</i>	7/2013	67-70
Neželezné kovy a slitiny Non-ferrous Metals and Alloys		
prof. Evgeny Sidorov, d.t.n., prof. Mikhail Pikunov, d.t.n., prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc. Tvorba makro- a mikrostruktúry v oblasti likvidu a solidu u tuhých roztoků při eutektické, peritektické a monotektické reakci při rovnovážné a nerovnovážné krystalizaci <i>Macro- and Microstructure Formation in the Liquid-solid Region of Solid Solution Alloys, with Eutectic, Peritectic and Monotectic Transformations at the Equilibrium and Non-equilibrium Crystallization</i>	2/2013	20-27
Ing. Jan Šerák, Ph.D., Ing. Milena Voděrová, prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch, doc. Ing. Pavel Novák, Ph.D. Vlastnosti hořčkových slitin pro použití za zvýšených teplot <i>Properties of Magnesium Alloys for Use at Elevated Temperatures</i>	2/2013	28-34
Ing. Alena Michalcová, Ph.D., prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch, Ing. Eva Plížingrová, Ing. Ivo Marek Příprava kovových nanoprášků <i>Preparation of Metallic Nanopowders</i>	2/2013	35-38
Ing. Tomáš Kubina, Ing. Josef Hodek, Ph.D., Ing. Jaromír Dlouhý, Ph.D., Ing. Michal Duchek Teplotní stabilita ultrajemné struktury Ti drátu připravené pomocí zařízení CONFORM <i>Thermal Stability of Ultra-fine Grained Titanium Wires Prepared by CONFORM Equipment</i>	4/2013	56-60
prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch, Ing. Jiří Kubásek, Ing. Iva Pospíšilová, Ing. Jaroslav Čapek Vývoj slitin neželezných kovů pro odbouratelné implantáty <i>Development of Non-ferrous Alloys for Biodegradable Implants</i>	5/2013	19-25
Ing. Karel Gryc, Ph.D., doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., Ing. Monika Žaludová, Ph.D., Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D., Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Karel Michalek, CSc., Ing. Pavel Machovčák, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc. Stanovení teplot solidu a likvidu oceli 20MnMoNi5-5 metodami termické analýzy a výpočty <i>Determination of Solidus and Liquidus Temperatures for 20MnMoNi5-5 Steel Grade by Thermal Analysis Methods and by Calculations</i>	6/2013	64-68
Ing. Dana Bakošová, Ph.D. Štúdium zliatin hliníka použitím elektronickej speckle interferometrie ESPI <i>Study of Aluminium Alloys by Electronic Speckle Pattern Interferometry ESPI</i>	7/2013	6-9
Ing. Natália Luptáková, Ph.D., prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D., Mgr. Evgeniy Anisimov, Ph.D. Analýza trosky pri výrobe oxidu zinečnatého <i>Analysis of Slag in the Production of Zinc Oxide</i>	7/2013	10-13
Zkušebnictví, měřičství, laboratorní metody Testing, Measurement, Laboratory Methods		
prof. Ing. Karel Matocha, CSc. Zkušenosti s Evropskou sbírkou zásad pro penetrační tahové zkoušky a zkoušky lomového chování <i>Experiences with the European Code of Practice for Small Punch Testing for Tensile and Fracture Behaviour</i>	1/2013	42-46
Ing. Monika Žaludová, doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., Ing. Simona Zlá, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc. Studium vlivu experimentálních podmínek při využití metody DTA a jejich vliv na posun teplot fázových transformací <i>Study of DTA Method Experimental Conditions and of their Influence on Shift of Phase Transformations Temperatures</i>	2/2013	44-48
Ing. David Bílek, Ing. Tomáš Jira, doc. Ing. Břetislav Skrbek, CSc., Ing. Pavel Solfronk, Ph.D. Stanovení meze pevnosti u hlubokotažných ocelí pomocí ultrazvukové strukturoskopie <i>Determination of Ultimate Strength of the Deep Drawing Steels by Ultrasound Structuroscopy</i>	2/2013	49-52
prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok, Ing. Pavel Šimeček, Ph.D., Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D. Plastometrická simulace dovalcování a ochlazování mikrolegované C-Mn-V-B oceli <i>Plastometric Simulation of Finish Rolling and Cooling of Microalloyed Steel C-Mn-V-B</i>	4/2013	61-66

prof. Ing. Jiří Bilík, CSc., Ing. Simona Jursová, Ph.D., Ing. Pavlína Pustějovská, Ph.D., Ing. Jaroslav Frantík Zařízení a cíle vysokoteplotního testování hutnických surovin v prostředí technologických plynů <i>Apparatus and Objectives of High-temperature Testing of Metallurgical Raw Materials in Environment of Technological Gases</i>	5/2013	60-65
prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., doc. Ing. Antonín Rek, CSc., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., prof. Ing. Věra Dobrovská, CSc., prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc. Metoda měření chemické mikroheterogenity uhlíku v plynule litéch ocelových blocích <i>Method for Measurement of Chemical Micro-Heterogeneity of Carbon in Continuously Cast Blocks</i>	5/2013	66-73
Ing. Jela Legerská, PhD. Hodnotenie prestupu tepla a vlhkosti u vybraného sortimentu bielizňových textílií <i>Evaluation of Heat Transfer and Moisture Transfer in the Selected Assortment of Home Fabrics</i>	7/2013	102-105
Ing. Jela Legerská, PhD., Ing. Matej Drobný Hodnotenie úplného ohmatu textílií <i>Evaluation of Total Hand Value of Fabrics</i>	7/2013	106-109
Ing. Jela Legerská, PhD., doc. Mgr. Ivan Kopal, PhD. Meranie tepelných vlastností autopoťahov pulznou prechodovou metódou <i>Measurement of Thermal Properties of Car Seat Covers Using Pulse Transient Method</i>	7/2013	110-113
Ing. Michal Pastorek, doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D. Stanovenie dynamických a statických materiálových parametrov rôzne starých behúňov plášťov pneumatík <i>Determination of Dynamic and Static Material Characteristics for Tire Casing Treads with their Various Time of Aging</i>	7/2013	114-117
Ing. Ján Vavro, jr., PhD., prof. Ing. Ján Vavro, PhD., Ing. Alena Vavrová, Ing. Petra Kováčiková, Ing. Radka Bezdedová Experimentálna a numerická modálna analýza dosky uhlíkového kompozitu <i>Experimental and Numerical Modal Analysis of the Plate of Carbon Composite</i>	7/2013	118-121
Ing. Ján Vavro, jr., PhD., prof. Ing. Ján Vavro, PhD., Ing. Alena Vavrová, Ing. Petra Kováčiková, Ing. Radka Bezdedová Experimentálna a numerická modálna analýza dosky skleneného kompozitu <i>Experimental and Numerical Modal Analysis of the Plate of Glass Composite</i>	7/2013	122-125
Ing. Ján Vavro, jr., PhD., prof. Ing. Ján Vavro, PhD., Ing. Alena Vavrová, Ing. Petra Kováčiková, Ing. Radka Bezdedová Experimentálna a numerická modálna analýza dosky skleneného kompozitu poškodeného delamináciou <i>Experimental and Numerical Modal Analysis of the Plate of Glass Composite with Delamination Damage</i>	7/2013	126-129
Ing. Peter Vido, Ing. Jozefína Panáčková, doc. Ing. Jan Krmela, PhD., Ing. Rudolf Valášek Výšetrovanie mechanických vlastností kompozitného systému kord-elastomér pre potreby výpočtového modelovania plášťov pneumatík <i>Investigation of Mechanical Properties of Composite System Cord-elastomer for Use of Computational Modeling of Tire Casing</i>	7/2013	130-133
Slévárnictví Foundry Industry		
Ing. Tomáš Válek, Ph.D., Ing. Lucie Střílková Hodnocení mikrostruktury modifikované ICDP litiny určené pro pracovní vrstvy kompozitních odstředivě litých válců teplých válcovacích tratí <i>Microstructural Evaluation of Modified ICDP Cast Iron Designated for Working Layers of Composite Centrifugally Cast Rolls for Hot Rolling Mills</i>	1/2013	54-60
Koroze Corrosion		
Ing. Marián Božek, doc. Ing. Milan Olšovský, PhD. Nové potenciálne adhézne činidlá gumárenských nánosových zmesí <i>New Potential Adhesive Agents for Deposition Rubber Mixtures</i>	7/2013	71-74
prof. RNDr. Mariana Pajtašová, PhD., Ing. Zuzana Jankurová, PhD., Ing. Andrea Feriancová, PhD., Ing. Janka Paliesková, Ing. Katarína Holcová Modifikované ílové materiály a ich vplyv na vlastnosti polymérnych materiálov <i>The Modified Clay Materials and their Influence on the Properties of Polymeric Materials</i>	7/2013	75-77
doc. Ing. Marta Kianicová, PhD., Ing. Jaroslav Trník, Ing. Ján Kafrik, Ing. Ondřej Dvořáček Odolnosť difúzných ochranných SiAl povlakov deponovaných CVD procesom na Ni-superzliatinách <i>Cyclic Oxidation Resistance of SiAl Diffusive Protective Coatings Deposited by CVD Process on Ni-Superalloys</i>	7/2013	78-81
doc. Ing. Marta Kianicová, PhD., Ing. Ján Kafrik, Ing. Jaroslav Trník, Ing. Ondřej Dvořáček Štúdium koróznej odolnosti Ni-superzliatin s difúznymi povlakmi za vysokých teplôt <i>Study of Hot Corrosion Resistance of Ni-superalloys with Diffusion Coatings</i>	7/2013	82-85
doc. Mgr. Ivan Kopal, PhD., Ing. Leoš Polka, prof. Ing. Lubomír Lapčík, PhD. Vplyv teploty žihania/dĺženia na štruktúru polypropylenového filmu <i>Influence of the Temperature Applied during Annealing/Stretching on a Structure of Polypropylene Film</i>	7/2013	86-89
Ekologie, recyklace, druhotné zpracování odpadů Environmental Protection, Recycling, Secondary Wastes Processing		
Ing. Roman Gabor, Mgr. Ivan Koutník, PhD., prof. Ing. Jana Seidlerová, CSc., Ing. Silvie Vallová, PhD., Ing. Tomáš Tomšej Využití pyrolýzní technologie k zpracování kovových kalů <i>Use of Pyrolysis Technology for Processing of Metal Sludge</i>	1/2013	35-41
doc. Ing. Jozef Vlček, Ph.D., doc. Ing. Václava Tomková, CSc., Ing. Hana Ovčáčiková, Ph.D., prof. Ing. Petr Martinec, CSc., Ing. Anežka Volková, Ing. Michaela Topinková, Ing. Vlastimil Matějka, Ph.D., Ing. Filip Ovčáček, Ph.D. Možnosti využití trusek z výroby surového železa a oceli <i>Utilization of Slag from Pig Iron and Steel Making Possibilities</i>	2/2013	39-43
prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc. Perspektivy recyklácie kovových a kovonosných odpadov <i>Perspectives of Recycling of Metal Bearing Wastes</i>	5/2013	26-32
doc. Ing. Karel Klouda, CSc., MUDr. Stanislav Brádka, Ph.D., Ing. Jiří Cejpek, Ing. Karel Lach, Ph.D., Ing. Petr Otáhal, Ing. Markéta Weisheitelová, Ing. Věra Šotkovská Množství a distribuce nano a mikroaerosolových částic ve vybraných provozech ocelárny <i>The Amount and Distribution of Nano and Micro Aerosol Particles in Selected Locations of the Steelworks</i>	5/2013	33-39
Ing. Milena Voděrová, doc. Ing. Pavel Novák, Ph.D., prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch Výroba rychle ztuhlých hliníkových slitin se zvýšenou tepelnou stabilitou z druhotných surovin <i>Production of Rapidly Solidified Thermally Stable Aluminium Alloys from Secondary Raw Materials</i>	5/2013	40-43

Ing. Slavomíra Domčeková, prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD., Ing. Lenka Špáníková, Ing. Zuzana Jankurová, PhD. Stužujúci účinok prachu zo sklárskej výroby v kaučukových zmesiach <i>The Reinforcing Effect of the Dust from Glass Production in Rubber Compounds</i>	7/2013	95-98
Ing. Veronika Janíková, Ing. Róbert Janík, PhD., prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc. Použitie monoiónovej formy montmorillonitu na odstránenie toxických organických zlúčenín <i>The Use of the Monoionic Form of Montmorillonite for Removal of Toxic Organic Pollutants</i>	7/2013	99-101
Strojírenské dohotovení a užití hutních výrobků Machinery Finishing and Utilization of Metallurgical Products		
prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc., Ing. Tomáš Binar, Ph.D., Ing. Oldřich Těšík, CSc., Ing. Milan Lauber Dočasné opravy pancířů bojových vozidel <i>Temporary Repairs of Combat Vehicle Armour</i>	5/2013	74-78
Ing. Miroslav Vaculík, Ph.D., doc. Ing. Vlastimil Matějka, Ph.D., doc. Ing. Vladimír Tomášek, CSc., doc. Mgr. Jana Kukutschová, Ph.D. Třecí vlastnosti obložení automobilových brzd s obsahem plniv na bázi kovů <i>Friction Properties of the Automotive Brake Linings Containing Metallic Fillers</i>	6/2013	69-74
Ing. Lenka Hazuchová, doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D. Grafický návrh podvozkové lamelové brzdy pro bezpilotné vzdušné prostředky <i>Graphic Design of Chassis Multi-disc Brake for Unmanned Aerial Vehicle</i>	7/2013	89-91
Ing. Jozefína Panáčková, Ing. Peter Vido, doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D. Mikrolokality kritických částí pláště pneumatik <i>Microlocation of Critical Parts of the Tire Casing</i>	7/2013	92-94
Počítačová simulace, výpočetní metody Computer Simulation, Computing Methods		
prof. Ing. František Kavička, CSc., doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D., Ing. Bohumil Sekanina, CSc., prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., Ing. Tomáš Mauder, Ing. Miloš Masarik Analýza atypického průvalu při radiálním plynulém lítí bramy v pásmu rovnání <i>I. Numerická simulace teplotního pole bramy</i> <i>Analysis of Atypical Breakout during Radial Continuous Casting of a Slab in the Straightening Zone</i> <i>I. Numerical Simulation of Temperature Field of a Slab</i>	2/2013	53-59
Ing. Miroslav Belán, Ph.D., prof. Ing. Jozef Zajac, CSc., doc. Ing. Michal Hatala, Ph.D., Ing. Peter Michalík, Ph.D. Využitie počítačovej simulácie ako efektívneho nástroja predikcie a modifikácie technologického procesu zápuťkového kovania <i>Use of Computer Simulation as an Effective Tool for Prediction and Modification of Die Forming Technological Process</i>	4/2013	67-70
Ing. Miroslav Urbánek, Ing. Filip Tikal Ph.D. Určení koeficientů materiálových modelů pro tvářecí procesy <i>Determination of the Coefficients of Material Models for the Forming Processes</i>	4/2013	71-74
Ing. Mikuláš Fedorko, Ing. Ladislav Maleček Numerická simulace primárního tepelného zpracování výkovku hlavní hřídele <i>Numerical Simulation of Preliminary Heat Treatment of the Forging for the Main Shaft</i>	4/2013	75-78
Ing. Rostislav Kawulok, prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Stanislav Ruzs, Ph.D., Ing. Petr Opěla, Ing. Petr Unucka, Ph.D., Ing. Karel Milan Čmiel, Ph.D. Vliv metody fyzikálního modelování na strukturní výsledky simulace válcování ocelových tyčí <i>Influence of Method of Physical Modelling on Structural Results of Simulations of Rolling of Steel Rods</i>	6/2013	75-79
doc. Mgr. Ivan Kopál, Ph.D., doc. RNDr. Ladislav Matejíčka, CSc. Hľadanie inflexných bodov funkcie zadanej prostredníctvom experimentálnych dát <i>Finding Inflection Points of the Function Given by Experimental Data</i>	7/2013	134-137
Řízení jakosti Quality Management		
Ing. Lukáš Pindor, Ph.D., Ing. Štěpán Hefner, Ph.D., prof. Ing. Lubomír Grmela, CSc., Ing. Pavel Tofel, Ph.D., Ing. Petr Sedlák, Ph.D., Ing. Jiří Majzner, Ph.D., Ing. Gabriel Cséfalvay, Ing. Jan Kufa Analýza povrchu litých sochorů pomocí metody laserové triangulace <i>Surface Analysis of Continuously Cast Billets Using Laser Triangulation Method</i>	1/2013	61-65
Dr. Ing. Petr Řeháček Projektové řízení a ISO 21500 <i>Project Management and ISO 21500</i>	3/2013	26-32
prof. Ing. Zora Jančíková, CSc., doc. Ing. Jiří David, Ph.D., Ing. Pavel Švec, Ph.D., Ing. Robert Frischer, Ph.D., Ing. Romana Garzinová, Ph.D. Pokročilé hodnocení povrchové kvality hutních polotovárů <i>Advanced Evaluation of Surface Quality of Metallurgical Semi-products</i>	3/2013	33-37
Ing. David Vykydal, Ph.D., Ing. Petr Novotný Návrh parametrů výroby ocelového tvářeného kola s využitím metody QFD <i>Design Parameters of The Production of Steel Wheel with Using QFD</i>	3/2013	38-43
Ing. Eduard Prachniar, Ing. Drahomíra Prachniarová Bohušová Posúdenie príčin vzniku nepodarkov pri tvárnení rúr z ocele P235GH <i>Assessment of the Causes of Rejects at Forming Tubes Made of the Steel P235GH</i>	4/2013	79-82
Ekonomika, organizace, řízení Economy, Organization, Management		
Ing. Kamila Janovská, Ph.D., Ing. Petr Besta, Ph.D., Ing. Jakub Gajda Projekt úplného tollingu při financování pracovního kapitálu v hutnictví <i>Project of Total Tolling Used for Working Capital Financing in Metallurgy</i>	2/2013	60-63
doc. Ing. Martin Straka, Ph.D., Ing. Zdenka Mikušová, doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D. Analýza a posúdenie skladových zásob <i>Analysis and Assessment of Warehouse Stock</i>	3/2013	44-48
Ing. Pavel Wicher, doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D. Aplikace matematických metod v plánování výroby speciálních ocelových konstrukcí <i>Application of Mathematical Methods in Production Planning of Special Steel Structures</i>	3/2013	49-52

B) INFORMAČNÍ ČLÁNKY INFORMATION ARTICLES		
Informace HŽ, a.s. Information of HŽ, a.s.		
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012	1/2013	60-67
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013, vč. upřesnění r. 2012		68
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013, vč. upřesnění r. 2012	2/2013	64
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012a 2013	3/2013	53-54
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013	4/2013	83-84
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013	5/2013	79-80
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013	6/2013	80-82
Ing. Stanislav Cieslar		
Hutě již produkují pouhé procento emisí z padesátých let minulého století Prohlášení Česko-Polsko-Slovenské komise pro hutnictví, strojírenství, koksárenství, energetiku a životní prostředí k zachování konkurenceschopnosti do roku 2020 (Dolní Lomná, dne 25. 10. 2013)		83-84 84
Z hospodářské činnosti podniků, institucí a řešitelských pracovišť Information on economical activities of companies, institutions and research workplaces		
Ing. Jan Chaloupecký, Jaroslav Máchal Instalace kombinovaného tažného stroje KTS 0 na provozu VF-Tažirna oceli Installation of the Combined Drawing Machine CDM 0 in the VF-Steel drawing shop	1/2013	69-71
Ing. Ladislav Jílek, CSc. Slovenská minihut se úspěšně rozběhla		71-72
Ing. Ladislav Jílek, CSc. Budeme používat keramické tvářecí nástroje?		73
Ing. Zbyněk Brada Linde Gas partnerem při realizaci nejvýznamnější současné investice v TŘINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH a.s.	2/2013	65
Ing. Ladislav Jílek, Ing. Jan Počta, CSc. Vývoj hutnictví železa v zemích Evropské unie	3/2013	55-59
prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Petr Kawulok, Ph.D. Aplikační možnosti plastometru Gleeble 3800 se simulačním modulem Hydrawedge II na VŠB-TU Ostrava	4/2013	85-90
podle zdroje Brada, Z.: tisková zpráva, 9.7.2013 Rízení výroby v Linde Gas	5/2013	81-82
Ing. Jiří Cupek 30 let kyslíkové konvertorové ocelárny v Třineckých železárnách (1983-2013)	6/2013	85
Ze spolkové činnosti a odborných akcí Information on associations and professional events		
Organizační výbor Konference Teorie a praxe výroby a zpracování oceli	2/2013	66
Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D. Konference STEELSIM 2013	6/2013	86
Ing. Bohdan Suchanek Úspěch expozice podnikové pobočky ČHS TŽ na mezinárodních výstavách vynálezů		86-87
Ing. Daniel Pustka 20. let od založení České koksárenské společnosti		88
Ze života škol Information on activities of Universities		
Mgr. Aly Hawa Camara Aplikace faktorové analýzy na reálnou strukturu kovových materiálů Application of Factor Analysis on the Real Structure of Metallic Materials	3/2013	60-64
Ing. Kamila Janovská, Ph.D. Tvorba profesních kvalifikací v gesci Sektorové rady pro hutnictví, slévárenství a kovárenství		65-66
prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch, doc. Ing. Pavel Novák, Ph.D., doc. Ing. Luděk Joska, CSc., prof. Ing. Aleš Helebrant, CSc., prof. Ing. Tomáš Ruml, CSc. Centrum vývoje moderních kovových biomateriálů pro lékařské implantáty na VŠCHT Praha Centre for the Development of Advanced Metallic Biomaterials for Medical Applications at ICT Prague	5/2013	83-85
prof. Ing. Ivan Lukáč, Ph.D. Medzinárodná konferencia „Aluminium a neželezné kovy“ Oslavy 15. výročí vzniku fakulty Výrobných technologií a managementu UJEP Ústí nad Labem Problematica vzdelávania v hutníctve na Slovensku	6/2013	89 89-90 90-93
Historie hutnictví History of metallurgy		
prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., Ing. Drahomíra Janová, Ing. Lubomír Stránský, CSc., doc. Ing. Vít Jan, Ph.D., prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc., Jaroslav Brhel, Jiří Holešák, Historická těžba a zpracování polymetalických rud v okolí Stříbrných Hor, Růženiny a Pekelné stoly Historical Mining and Processing of Complex Ores in the Surroundings of the Villages Stříbrné Hory, Růženiny and Pekelné stoly (Silver Mountains, Rosebuds and Infernal Drifts)	1/2013	74-83
prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., Jaroslav Brhel, Ing. Drahomíra Janová, prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Lubomír Stránský, CSc., prof. Ing. Rudolf Foret, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc. Vrch Peperek nad Velkou Losenicí a Šlakhamry na Žďársku - stopy po těžbě stříbra Hill Bergwerk above Velká Losenice and Šlakhamry near Žďár - traces of silver mining	2/2013	67-73
Ing. František Hromek Sto let výroby oceli v Nové ocelárně ve Vítkovicích (EVRAZ VÍTKOVICE STEEL)		73-78
Ing. Michaela Štamborská, Ph.D., Ing. Rostislav Fajkoš, Ph.D.	4/2013	91

Mezinárodní workshop Mechanical Design prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., Jaroslav Havlíček, Ing. Drahomíra Janová, doc. Ing. Vít Jan, Ph.D., Ing. Zdeněk Spotz, Ph.D., prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Bohuslav Sekanina, CSc., Ing. Lubomír Stránský, CSc. Stříbrné Hory na Havlíčkově brodu, okolí kostela sv. Kateřiny <i>Stříbrné Hory near Havlíčkův Brod, Surroundings of the St. Catherine Church</i>	5/2013	86-94
Nová literatura New literature		
Paul Garsonce (red.) aj., Arnošt Kotyka (překl.) 30 vteřin na vědu Libuše Podlahová Didaktika pro vysokoškolské učitele. Vybrané kapitoly William J. Cook Matematika na hranicích množností	1/2013	84 85 86
Clifford Alan Pickover Matematická kniha/ Od Pythagora po 57. dimenzi: 250 milníků v dějinách matematiky Alexander Galba, Antonín Pavlíček Moderní informatika	2/2013	79-80 80-81
Michael Hammer, Lisa W. Hershman Rychleji, levněji, lépe/Devět faktorů účinné transformace podnikových procesů David Gruber Rychlostění - rychlostudium - info management Rastislav Zachar Spolupraci k úspěchu/... aneb praktická inspirace pro manažery a zaměstnance Hana Mohelská, Zbyněk Pitra Manažerské metody	3/2013	67-68 68-69 69-70 70-71
Jaroslav Fiala, Ivo Kraus Povrchy a rozhraní S. Kubátová, J. Bloudek, T. Bujna, M. Henych, D. Müller Vedení lidí a strategie v nejistých dobách Richard Gaughan Omylem génie Nejvýznamnější náhodné objevy, které změnily svět	4/2013	92-93 93-94 94-95
Joanne Baker Fyzika – 50 myšlenek, které musíte znát John D. Barrow Sto důležitých věcí, které nevíte Zdeněk Revenda Peníze a zlato	5/2013	95-96 96-97 97-98
Kubátová, S., Miller, D., Bujna T., Bosák, V., Bloudek, J. Tajemství spolupráce v týmech Andrev Robinson aj. Vědci – Cesty objevů Aleksander Karcz aj. Monitoring stanu technicznego i technologicznego baterii koksowniczych oraz wynikające z niego działanie profilaktyczne i remontowe (Monitoring technického a technologického stavu koksárenských baterií, provádění profylaktických prací a oprav)	6/2013	94-95 95-96 97-98
Společenská kronika Social chronicle		
prof. Ing. Jiří Kliber, CSc., Ing. Josef Bořuta, CSc., Ing. Jan Počta, CSc. Připomínáme si páté výročí úmrtí prof. Ing. Milana Židka, DrSc. Ing. Ludvík Martínek, Ph.D. Rozloučení s Ing. Jiřím Dokoupilem	1/2013	87-90 90
prof. Ing. Karel Tomášek, CSc., prof. Ing. Tibor Kvačkaj, CSc. Za profesorem Miroslavom Brzobohatým * 5.4.1913 † 23.3.2013	3/2013	72-73
prof. Ing. Jaroslav Nenadál, CSc., Ing. Radomíra Holušová Do hutnického nebe odešel doc. Ing. Miloš Jakub, CSc.	4/2013	96-97
prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c. Prof. Ing. Zdeněk Böhm, CSc., Dr.h.c. zemřel prof. Ing. Miroslav Kaloč, CSc. Odešel Ing. Miroslav Janík, CSc. prof. Ing. Jiří Kliber, CSc., Ing. Jan Počta, CSc., red. Připomínáme si desáté výročí úmrtí prof. Ing. Borise Sommra, CSc.	6/2013	99 100 100-105
Konference, veletrhy, výstavy Conferences, trade fairs, exhibitions		
Mezinárodní odborné akce v r. 2013 Eva Václavíková HANNOVER MESSE 2013	2/2013 3/2013	82 74-77
Mezinárodní odborné akce v roce 2013 a 2014 EuroBLECH, pokračování seriálu tradičních veletrhů	4/2013	77 98
Konference a veletrhy 2014	6/2013	106-107
C) ÚVODNÍKY LEADING ARTICLES		
Ing. Jan Czudek, předseda představenstva a generální ředitel TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. Jak je to s naší konkurenceschopností	1//2013	3-4
prof. Ing. Ján Vavro, PhD. Úvodní slovo	7/2013	5



1933

Historie těžby a zpracování kovů v katastru dnešního města **Přebuz** sahá až do 13. stol. Tehdy převládalo rýžování stříbra, později cínové rudniny. Rýžování skončilo na přelomu 15. a 16. století a začala se rozvíjet hlubinná těžba cínové rudy. Za vladaření rodu Šliků se těžba utěšeně rozvíjela a v panské obci Přebuz, kterým Šlikové udělili i městská práva (1553), byl dokonce v r. 1556 zřízen

horní úřad. 30letá válka však přerušila rozvoj montanistiky. Noví vlastníci zdejšího majetku, rod Nosticů, patří k tzv. pobělohorské šlechtě stojící na vítězné císařské straně, získal jako odměnu zdejší majetek. Tato nová šlechta podporovala centrálně řízenou rekatolizaci země, v jejímž důsledku došlo k emigraci evangelické části kvalifikovaných pracovních sil do sousedního Saska.

K dalšímu vrcholu využívání místní cínové rudy došlo v 1. pol. 18. stol. V letech 1698 – 1760 je písemně doloženo 16 – 20 stoupcoven (drtírny rudy s vodním pohonem), na konci 18. stol. již jen 7 těchto provozů. Těžba rudy se postupně dostávala do stále větších hloubek. Vrchnost zprvu podporovala těžbaře slevou ceny dřeva z vlastních lesů. To však posléze skončilo, a tak zvyšující se náklady na výdřevu důlních děl a čerpání vody z větších hloubek způsobily další útlum, vrcholící v r. 1815. Přesto však se ještě v 19. stol. otevřelo několik nových šachet v lokalitě Přebuz a Sauersack (Rolava): Greisen, Georg, Karel, Jáma č. 1, Jáma č. 2. V r. 1909 se zde prováděly kutací práce za účelem odhalení dalších cínových žil. 1. svět. válka však tyto práce přerušila.

V poválečném období došlo ke spojení s německým kapitálem a k novým otvírkám nalezišť. V r. 1930 byla zde vyhloubena jáma Otto (60 m) a v r. 1932 znovu otevřena jáma Karel, která se přejmenovala na Ritter podle švýcarského majitele Fritze Rittera. Za 2. svět. války, kdy doly spadaly do německého vlastnictví, došlo k výstavbě nové úpravny a vyhloubení Hlavní jámy. Po válce zde nastaly ještě po krátkou dobu další průzkumné práce, avšak pod vlastnictvím Rudných dolů Příbram byla v 60. letech minulého stol. veškerá těžební a úpravenská činnost ukončena.

První fotografie ukazuje celkový pohled na komplex Hlavní jámy spolu s úpravnou v r. 1933 a druhá fotografie z r. 2011 ukazuje již jen skelet zbylé těžební budovy.

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

