

ROČNÍK/VOL. LXVIII
ROK/YEAR 2015

2



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, 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. Henryk Dyja
prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc.
Ing. Henryk Huczala
prof. Ing. František Kavička, CSc.
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.
prof. Ing. Karel Matocha, CSc.
prof. Ing. Ludovít Parilák, CSc.
Ing. Jiří Petržela, Ph.D.
Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.
Ing. Vladimír Toman
prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.
Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D.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
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
ArcelorMittal Ostrava, a.s., Ostrava, Česká republika**Grafika titulní strany/Graphic design of the title page**Miroslav Juřica, e-mail: grafik@konstrukce.cz
a red./and Chief Editor**Podkladová fotografie/Underlying photograph**Mgr. Viktor Mácha, viktor.macha@centrum.cz
Tisk/Printing
T-print s.r.o., Průmyslová 1003, 739 65 Třinec

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

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

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

© OCELOT s.r.o., 2015

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

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

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

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

© OCELOT s.r.o., 2015

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

Recenzované vědecké články/Peer-reviewed scientific papers

- doc. Ing. Rudolf Pernis, CSc., Ing. Jozef Kasala, PhD.* **2**
Výpočet neutrálního uhla vo valcovacej medzere
Calculation of Neutral Angle in the Rolling Gap

Recenzované výzkumné články/Peer-reviewed research papers

- Ing. Josef Hlinka, doc. Ing. Stanislav Lasek, Ph.D., prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc.* **8**
Hodnocení korozních vlastností vybraných typů kovových biomateriálů
Evaluation of Corrosion Properties of Selected Metallic Biomaterials

- Ing. Martin Chabičovský, prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc., Ing. Milan Hnízdl, Ph.D., Ing. Marek Stránský* **14**
In-line tepelné zpracování ocelových profilů a trubek
In-line Heat Treatment of Profiles and Tubes

Informační články/Informative articles

- hutní výroba v ČR a SR/metallurgical production in Czech Republic and Slovak Republic** **19**
- zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť/news from companies, institutions and research working sites** **20**
- ze spolkové činnosti a odborných akcí/information on associations and professional events** **21**
- ze života škol/information on activities of Universities** **25**
- historie hutnictví/history of metallurgy** **27**
- výstavy, veletrhy, konference/conferences, trade fairs, exhibitions** **40**
- hutnictví ve světě/metallurgy in the world** **42**
- historický seriál/historical serial** **46**

Dodavatelé příspěvků ve všeobecné části:

- Hutnictví železa, a.s. • Česká slévárenská společnost. • VŠB-TU Ostrava, FMMI • pravidelní
dopisovatelé • redakce

Inzerenti a objednatelé reklamy:

- BVV FAIR TRAVEL s.r.o., Brno

Recenzované vedecké články

Výpočet neutrálneho uhla vo valcovacej medzere

Calculation of Neutral Angle in the Rolling Gap

doc. Ing. Rudolf Pernis, CSc.¹, Ing. Jozef Kasala, PhD.²

¹Sídl. SNP 1480/133, 017 01 Považská Bystrica, Slovenská republika

²Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Fakulta špeciálnej techniky, Pri Parku 19, 911 06 Trenčín–Záblatie, Slovenská republika

Valcovaciu medzeru neutrálny bod rozdeľuje na dve oblasti. Od vstupu materiálu do valcov sa nachádza oblasť zaostávania. Je charakterizovaná prechodovou rýchlosťou cez valce, ktorá je nižšia ako obvodová rýchlosť otáčajúcich sa valcov. Oblasť zaostávania končí neutrálnym bodom, ktorý má prechodovú rýchlosť rovnú obvodovej rýchlosti otáčajúcich sa valcov. Neutrálny bod je určený neutrálnym uhlom. Ďalej valcovaný materiál prechádza oblasťou predbiehania, ktorá končí na výstupe materiálu z valcov. Oblasť predbiehania je charakterizovaná vyššou prechodovou rýchlosťou, ako je obvodová rýchlosť otáčania valcov. Výpočtom neutrálneho uhla sa už zaoberalo viac autorov. Pre výpočet neutrálneho uhla bolo predložených viac výpočtových rovníc. Tie jednoduchšie rovnice dávajú vypočítané hodnoty neutrálneho uhla s vyššou odchýlkou od štandardných hodnôt. Presnejšie hodnoty neutrálneho uhla dávajú zložitejšie rovnice, často v explicitnom tvare, čo sťažuje výpočet. Rovnica pre výpočet neutrálneho uhla, ktorú predkladajú autori, je založená na myšlienke ideálneho valcovania. Takéto valcovanie je charakterizované neexistujúcim trením medzi valcami a valcovaným materiálom. Matematicky je táto podmienka vyjadrená zápisom $f=0$. Do diferenciálnej rovnice valcovania podľa Kármána je dosadená táto podmienka a sú stanovené rovnice distribúcie valcovacieho tlaku pre každú oblasť valcovacej medzery, oblasť zaostávania a oblasť predbiehania. Poloha neutrálneho bodu je stanovená ako priesečník oboch kriviek. Výsledná rovnica pre výpočet neutrálneho uhla je v implicitnom tvare a umožňuje priamy výpočet neutrálneho uhla. Pre porovnanie so štandardnými hodnotami neutrálneho uhla, bola zostrojená vizualizácia pre koeficient trenia $f=0,15$. Hodnoty pre zostrojenie tohto grafu boli získané z numerickej integrácie Kármánovej diferenciálnej rovnice valcovania.

Kľúčové slová: teória valcovania; ideálne valcovanie; uhol záberu; koeficient trenia; neutrálny uhol

Neutral point divides rolling gap into two areas. Backward slip zone is on the side of entering the workpiece into the rollers. It is characterized by the cylindrical rolling speed, which is below the peripheral speed of the rotating cylinders. Backward slip zone ends neutral point having a rolling speed equal to the peripheral speed of rotating rolls. The neutral point is determined by a neutral angle. Further, the rolled workpiece passes through a forward slip zone, which ends at the exit of the workpiece from the rollers. Forward slip zone is characterized by higher rolling rate than the peripheral speed of rotation of the rollers. Calculation of neutral angle was already addressed by many authors. Many equations were proposed for calculation of the neutral angle. Simpler equations give the calculated neutral angle with greater deviation from the standard values. More accurate results of the neutral angle are obtained by complex equations, often in explicit form, making it difficult to calculate. The equation for calculating of neutral angle presented by the authors is based on the idea of an ideal rolling. Such rolling is characterized by a non-existent friction between the rollers and the rolled material. Mathematically, this condition is expressed by the equation $f=0$. This equation is substituted into the differential equation of rolling in order to determine the rolling pressure distribution equations for each area of the rolling gap, backward slip zone and forward slip zone. Position of the neutral point is defined as an intersection of the two curves. The resulting equation for calculation of neutral angle is in implicit form and allows direct calculation of neutral angle. For comparison with the standard values of the neutral angle, authors created a visualization for the friction coefficient $f=0.15$. The values for construction of this graph were obtained from the numerical integration of the differential equation.

Key words: theory of rolling; ideal rolling; gripping angle; friction coefficient; neutral angle

V príspevku sú použité označenia a symboly, ktorých význam je nasledovný:

σ_n [MPa]	– normálové tlakové napätie
$\sigma_{n,id}$ [MPa]	– ideálne normálové tlakové napätie
σ_x [MPa]	– hlavné pozdĺžne napätie (smer X)
σ_p [MPa]	– deformačný odpor
x, y [mm]	– pravouhlé súradnice
φ [rad]	– uhlová súradnica
m [–]	– konštanta diferenciálnej rovnice
f [–]	– koeficient trenia
R [mm]	– polomer valcov
l_d [mm]	– horizontálna dĺžka oblúka záberu
α [rad]	– uhol záberu
α_n [rad]	– neutrálny uhol
h_0 [mm]	– hrúbka pred vstupom do valcov
h_1 [mm]	– hrúbka po výstupe z valcov
h_n [mm]	– hrúbka vývalku v neutrálnom bode
Δh [mm]	– absolútna deformácia
ε [%]	– pomerná deformácia

Valcovacia medzera je charakterizovaná uhlom záberu. Uhol záberu je rozdelený na dve oblasti. Smerom od vstupu materiálu do valcov je prvá oblasť, ktorá je nazvaná ako oblasť zaostávania. Druhá oblasť smerom k výstupu materiálu z valcov je oblasť predstihu. Deliaci bod medzi nimi definuje neutrálny uhol. Neutrálny bod neleží obecně v strede uhla záberu. Analytické zhrnutie rôznych riešiteľov diferenciálnej rovnice valcovania uvádza Hensel a Spittel [1]. Vzorce pre výpočet neutrálneho uhla sú závislé na predpokladoch, ktoré použili riešitelia diferenciálnej rovnice valcovania. Rozhodujúcim predpokladom je matematické definovanie oblúka záberu. Porovnanie jednotlivých riešení uvádza Pernis [2]. Najjednoduchší vzorec pre výpočet neutrálneho uhla predložil Korolev [3]

$$\sin \alpha_n = \frac{1-\varepsilon}{2-\varepsilon} \cdot \sin \alpha.$$

Neutrálny uhol je funkciou deformácie a uhla záberu. Je to vzorec, ktorý je nezávislý od trenia. Vypočítané hodnoty sú zaťažené vysokým odklonom od reálnych hodnôt. Celikov [4, 5] predložil vzorec, ktorý umožňuje výpočet hrúbky valcovaného materiálu v neutrálnom bode

$$\frac{h_n}{h_1} = \left[\frac{1}{m+1} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + (m^2 - 1) \cdot \left(\frac{h_0}{h_1} \right)^m} \right) \right]^{1/m},$$

$$\text{kde} \quad m = f \cdot \frac{2l_d}{\Delta h}.$$

Bland a Ford [6] predložili pomerne zložitú funkciu pre priamy výpočet neutrálneho uhla

$$\alpha_n = \sqrt{\frac{h_1}{R}} \cdot \operatorname{tg} \left[\frac{1}{2} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{R}{h_1}} \cdot \alpha \right) - \frac{1}{4f} \cdot \sqrt{\frac{h_1}{R}} \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} \right].$$

Neutrálny uhol je funkciou uhla záberu, koeficientu trenia, pomeru R/h_1 a pomeru h_0/h_1 . Výpočet neutrálneho uhla predkladajú tiež ďalší autori Sims [7], Avitzur [8], Geleji [9], Pernis [10]. Niektoré predložené funkčné závislosti na výpočet neutrálneho uhla sú v explicitnom tvare, čo neumožňuje priamy výpočet neutrálneho uhla [12].

Ideálne valcovanie

Napätový stav vo valcovacej medzere po prvý krát definoval Kármán [11]. Jeho rovnica dnes má ustálený tvar nasledovný

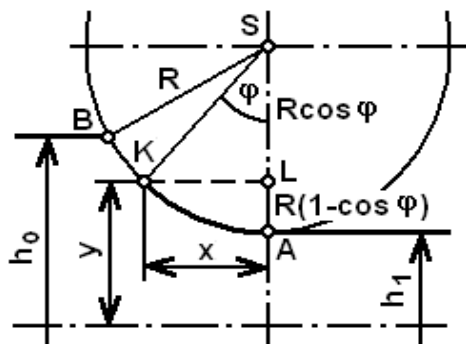
$$\frac{d\sigma_n}{dx} - \frac{\sigma_p}{y} \cdot \frac{dy}{dx} \pm \frac{f}{y} \cdot \sigma_n = 0. \quad (1)$$

Odvedenie tejto diferenciálnej rovnice uvádza Pešina [13], Pošta [14]. Z novších prameňov sú zdroje Hajduk a Konvičný [15], Kolerová a kol. [16], Pernis [17]. Z diferenciálnej rovnice (1) vychádzajú prakticky všetci riešitelia, ktorí chcú vypočítať parametre valcovania. Jedná sa o výpočet neutrálneho uhla, valcovacieho tlaku, valcovacej sily a krútiaceho momentu. V reálnom procese valcovania dochádza medzi valcami a valcovaným materiálom k vonkajšiemu treniu, ktoré udáva koeficient trenia. V procese prietlačného lisovania pre výpočet lisovacej sily Pernis [18] uvažuje o ideálnom procese prietlačného lisovania. Z tejto analógie vychádza predpoklad uplatniť túto úvahu na proces ideálneho valcovania. Za ideálne podmienky valcovania je považovaný stav, keď medzi valcami a valcovaným materiálom neexistuje trenie. V matematickej podobe sú to podmienky pri ktorých je $f = 0$. Túto podmienku využijeme pre riešenie diferenciálnej rovnice (1) a následné určenie neutrálneho uhla. Diferenciálna rovnica sa podstatne zjednoduší na tvar

$$d\sigma_{n,id} - \sigma_p \cdot \frac{dy}{y} = 0. \quad (2)$$

Označenie $\sigma_{n,id}$ predstavuje ideálne tlakové normálové napätie. Diferenciálnu rovnicu z pravouhlých súradníc pretransformujeme do polárnych súradníc. V pásme deformácie definujú obecný bod kružnice K súradnice $K[x; y]$ (obr. 1).

V obr. 1 platí pre obe súradnice obecného bodu K vzťahy:



Obr. 1 Definícia bodu K[x; y]
Fig. 1 Definition of the point K[x; y]

$$x = R \sin \varphi, \quad (3)$$

$$y = \frac{h_1}{2} + R - R \cos \varphi. \quad (4)$$

Diferenciál dy určíme z rov. (4)

$$dy = R \sin \varphi \cdot d\varphi. \quad (5)$$

Vyjadríme pomer dy/y

$$\frac{dy}{y} = \frac{R \sin \varphi \cdot d\varphi}{\frac{h_1}{2} + R - R \cos \varphi} = \frac{\sin \varphi \cdot d\varphi}{1 + \frac{h_1}{2R} - \cos \varphi} = \frac{\sin \varphi \cdot d\varphi}{m - \cos \varphi} \quad (6)$$

kde

$$m = 1 + \frac{h_1}{2R}. \quad (7)$$

Konštanta m je jedinou konštantou, ktorá vystupuje v diferenciálnej rov. (2). Diferenciálna rovnica (2) v polárnych súradniciach má tvar

$$d\sigma_{n,id} = \sigma_p \cdot \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi. \quad (8)$$

Integrácia diferenciálnej rovnice potom vychádza

$$\sigma_{n,id} = \sigma_p \cdot \int \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi + C. \quad (9)$$

Určenie integračnej konštanty C zabezpečíme z okrajových podmienok. Pre výstup materiálu z valcov platí tiež Trescova rovnica plasticity

$$\sigma_{n,id} - \sigma_x = \sigma_p, \quad (10)$$

pričom $\sigma_{n,id}$ predstavuje najväčšie vertikálne hlavné napätie a σ_x predstavuje horizontálne hlavné napätie vo valcovacej medzere. Predpokladáme nespevňujúci sa materiál a bez predného ťahu. V rovine výstupu materiálu z valcov (na obr. 1 bod A) pre horizontálne napätie platí $\sigma_x = 0$. Pre $\varphi = 0$ z rov. (10) vyplýva

$$\sigma_{n,id}(\varphi=0) = \sigma_p. \quad (11)$$

Určenie integračnej konštanty C pre $\varphi=0$ z rov. (9) a (11) vyplýva

$$\sigma_p = \sigma_p \cdot \int_0^0 \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi + C = C. \quad (12)$$

Integračná konštanta $C = \sigma_p$. Rov. (9) nadobudne tvar

$$\sigma_{n,id} = \sigma_p \cdot \left(1 + \int \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi \right). \quad (13)$$

Riešenie integrálu v rov. (13) je zabezpečené prostredníctvom substitúcie a jej diferenciálu

$$t = m - \cos \varphi, \quad dt = \sin \varphi \cdot d\varphi, \quad (14, 15)$$

samotný výpočet

$$I = \int \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi = \int \frac{dt}{t} = \ln(t) = \ln(m - \cos \varphi). \quad (16)$$

Integrál I_p pre oblasť predbiehania v hraniciach 0 až $\varphi \leq \alpha_n$

$$I_p = \int_0^{\varphi} \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi = [\ln(m - \cos \varphi)]_0^{\varphi} = \ln(m - \cos \varphi) - \ln(m - \cos 0) = \ln \frac{m - \cos \varphi}{m - 1} \quad (17)$$

Integrál I_z pre oblasť zaostávania v hraniciach $\varphi \geq \alpha_n$ až α (uhol záberu)

$$I_z = \int_{\varphi}^{\alpha} \frac{\sin \varphi}{m - \cos \varphi} \cdot d\varphi = [\ln(m - \cos \varphi)]_{\varphi}^{\alpha} = \ln(m - \cos \alpha) - \ln(m - \cos \varphi) = \ln \frac{m - \cos \alpha}{m - \cos \varphi} \quad (18)$$

Po dosadení príslušných integrálov (17) a (18) do rov. (13) získame rovnice pre výpočet ideálneho normálového tlakového napätia pre oblasť predbiehania a aj pre oblasť zaostávania

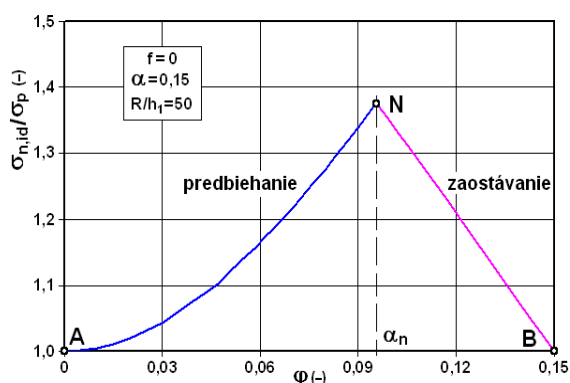
$$\sigma_{nP,id} = \sigma_p \left(1 + \ln \frac{m - \cos \varphi}{m - 1} \right), \quad (19)$$

$$\sigma_{nZ,id} = \sigma_p \left(1 + \ln \frac{m - \cos \alpha}{m - \cos \varphi} \right). \quad (20)$$

Rov. (19) a (20) predstavujú analytické funkcie distribúcie normálového tlakového napätia vo valcovacej medzere pre ideálny prípad valcovania.

Distribúcia normálového valcovacieho tlaku

Vizualizáciu priebehu normálového tlakového napätia podľa rov. (19) a (20) uvádza obr. 2. Bod B predstavuje vstup materiálu do valcov. Body B až N charakterizujú pásмо zaostávania. Toto pásмо sa vyznačuje menšou prechodovou rýchlosťou pohybu materiálu medzi valcami, ako je obvodová rýchlosť valcov. Body N až A charakterizujú pásмо predbiehania. Toto pásмо sa vyznačuje vyššou prechodovou rýchlosťou pohybu materiálu medzi valcami, ako je obvodová rýchlosť valcov. Bod A predstavuje výstup materiálu z valcov. Priesečník kriviek, označený ako bod N, predstavuje neutrálny bod. V tomto bode je obvodová rýchlosť valcov rovná prechodovej rýchlosti pohybu materiálu medzi valcami. V neutrálnom bode zároveň pomerný valcovací tlak (v [12] označený ako pomerné napätie) dosahuje maximálnu hodnotu. Súradnice neutrálneho bodu udáva priesečník kriviek pásma zaostávania a pásma predbiehania (bod N), viď obr. 2.



Obr. 2 Distribúcia ideálneho normálového napätia vo valcovacej medzere

Fig. 2 Distribution of ideal normal stress in the rolling gap

Neutrálny uhol

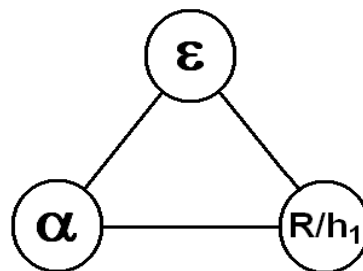
Neutrálny bod N je určený z rovnosti ideálneho normálového valcovacieho tlaku v pásme predbiehania rov. (19) a v pásme zaostávania rov. (20). Matematicky zapísané to odpovedá rovnici

$$\sigma_{N,id}(\alpha_n) = \sigma_{N,z,id}(\alpha_n). \quad (21)$$

Výsledná rovnica pre výpočet neutrálneho uhla ideálneho valcovania má tvar

$$\cos \alpha_n = m - \sqrt{(m-1) \cdot (m - \cos \alpha)}. \quad (22)$$

Po dosadení konštanty m z (rov. 7) do rov. (22) získame rovnicu pre priamy výpočet neutrálneho uhla



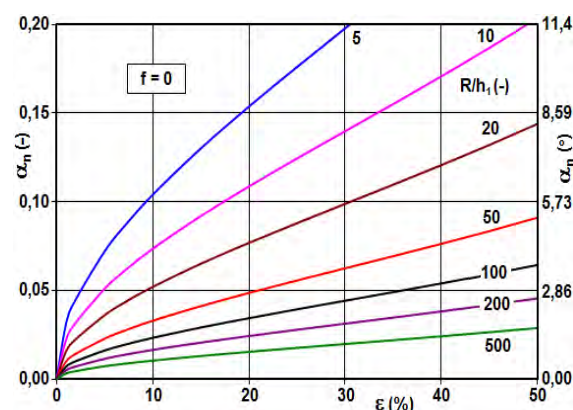
Obr. 3 Parametre valcovacej medzery
Fig. 3 Rolling gap parameters

$$\alpha_n = \arccos \left(1 + \frac{h_1}{2R} - \sqrt{\frac{h_1}{2R} \left(1 + \frac{h_1}{2R} - \cos \alpha \right)} \right) \quad (23)$$

Z tejto rovnice vidieť, že neutrálny uhol je závislý na pomere h_1/R a uhle záberu. V podstate sú to dva z troch parametrov charakterizujúcich geometriu valcovacej medzery. Tretím parametrom je stupeň deformácie. Jednota týchto troch parametrov je schematicky zobrazená na obr. 3. Tieto tri parametre sú vzájomne zastupiteľné. Hoci ktoré dva parametre postačujú na to, aby bola jednoznačne definovaná geometria valcovacej medzery. Pri známych dvoch parametroch je vypočítateľný tretí parameter. Uhol záberu vyjadrený prostredníctvom zostávajúcich dvoch parametrov, deformácia a pomer h_1/R má tvar

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\epsilon}{1 - \epsilon} \cdot \frac{h_1}{2R}. \quad (24)$$

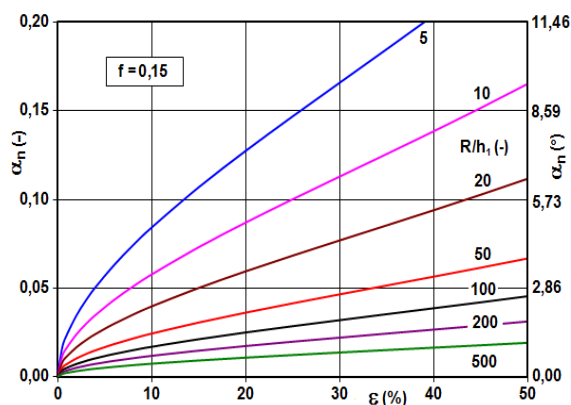
Rovnicu pre výpočet neutrálneho uhla je preto možné tiež vyjadriť ako funkciu deformácie a pomeru h_1/R



Obr. 4 Závislosť neutrálneho uhla na deformácii a pomere R/h_1
Fig. 4 Neutral angle dependence on deformation and ratio R/h_1

$$\alpha_n = \arccos \left(1 + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \epsilon}} \right) \frac{h_1}{2R} \right). \quad (25)$$

Táto podoba výpočtovej rovnice pre neutrálny uhol umožňuje vhodnú vizualizáciu funkčnej závislosti neutrálneho uhla (obr. 4). Graf je spracovaný ako závislosť neutrálneho uhla na deformácii, pričom parametrom je pomer R/h_1 , teda recipročná veličina k parametrom uvádzaným v rov. (23) až (25). S rastom deformácie rastie tiež neutrálny uhol. Rast pomeru R/h_1 naopak znižuje hodnotu neutrálneho uhla. Verifikácia rov. (25) pre výpočet neutrálneho uhla bola uskutočnená pre koeficient trenia $f = 0,15$. Analyticko-numerickým spôsobom bola riešená diferenciálna rovnica (1), ako to uvádza Pernis a Kvačkej [19]. Vyžaduje si to určité skúsenosti z oblasti programovania a znalosti z oblasti numerickej matematiky. Vhodný je tiež výkonný počítač. Vizualizácia takto spracovaného grafu je uvedená na obr. 5. Aby bolo možné rýchlo porovnať rozdiely medzi grafmi na obr. 4 a 5, boli tieto grafy spracované za rovnakých podmienok (mierka, parameter R/h_1). Údaje uvedené v grafe na obr. 5 budeme považovať za štandard s reálnym koeficientom trenia. Vypočítané údaje neutrálneho uhla uvedené na



Obr. 5 Závislosť neutrálneho uhla na deformácii
Fig. 5 Neutral angle dependence on deformation

obr. 4 pri vysokom pomere R/h_1 sú nepatrne vyššie od štandardu. So znižovaním pomeru R/h_1 sa rozdiely neutrálneho uhla zvyšujú. Najväčšie odchýlky sa dosahujú pri najnižšom pomere R/h_1 . Dá sa zovšeobecniť, že čím nižší je skutočný koeficient trenia, tým viac sa hodnoty neutrálneho uhla približujú k štandardu. Autori teoreticky odvodenú a prakticky overenú rov. (25) považujú za jednu z najjednoduchších pre priamy výpočet neutrálneho uhla, ktorá dáva uspokojivé výsledky.

Záver

Pre výpočet neutrálneho uhla bola stanovená jednoduchá rovnica (25), ktorá umožňuje priamy výpočet neutrálneho uhla. Vstupnými premennými sú deformácia a pomer R/h_1 . Odvodenie rovnice je založené na myšlienke ideálneho valcovania, tzn. bez vonkajšieho trenia medzi valcami a valcovaným materiálom. Z porovnania vypočítaných hodnôt

neutrálneho uhla so štandardom – diferenciálna rovnica (1), je vidieť, že minimálna odchýlka je pri vysokých hodnotách pomeru R/h_1 . S klesajúcou hodnotou pomeru R/h_1 sa odchýlka vypočítaného neutrálneho uhla zvyšuje. Všeobecne platí, že čím je skutočný koeficient trenia nižší (bližiaci sa k nule), tým viac sa vypočítané hodnoty neutrálneho uhla z rov. (25) približujú štandardnej hodnote.

Literatura

- [1] HENSEL, A., SPITTEL, T.: *Kraft- und Arbeitsbedarf bildsamer Formgebungsverfahren*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1978
- [2] PERNIS, R.: Teoretický dôkaz existencie minima tvárniaceho faktoru. *Hutnické listy*, 64, (2011), 18–24, ISSN 0018-8069.
- [3] KOROLEV, A.A.: *Mechaničeskoe oborudovanie prokatnyh cehov černej i cvetnoj metalurgii*. Moskva: Metallurgija, 1976
- [4] CELIKOV, A.I.: *Teoria rasčeta usilii v prokatnyh stanach*. Moskva: Metallurgija, 1962
- [5] TSELIKOV, A.I., NIKITIN, G.S., ROKOTYAN, S.E.: *The Theory of Lengthwise Rolling*. Moscow: MIR Publishers, 1981
- [6] BLAND, D.R., FORD, H.: The Calculation of Roll Force and Torque in Cold Strip Rolling with Tension. *Proc. Inst. Mech. Engrs*, 159, (1948), 144-153
- [7] SIMS, R.B.: Calculation of Roll Force and Torque in hot Rolling Mills. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 168, (1954), 191-200
- [8] AVITZUR, B.: *Metal Forming – Processes and Analysis*. New York: McGraw-Hill, 1968
- [9] GELEJI, A.: *Bildsamer Formung der Metalle in Rechnung und Versuch*. Berlin: Akademie-Verlag, 1961
- [10] PERNIS, R.: The New Hypothesis of Normal Stress Distribution for Contact Arc in Rolling. *Acta Metallurgica Slovaca*, 17, (2011), 68-76
- [11] KÁRMÁN, Th.: Beitrag zur Theorie des Walzvorganges. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 5, (1925), 139-141
- [12] PERNIS, R., KASALA, J.: The theoretical calculation of rolling pressure minimum., In: *Metal 2012*, Brno, CD-ROM (2012), 2012
- [13] PEŠINA, E.: *Základy užité teorie plasticity*. Praha: SNTL, 1966
- [14] POČTA, B.: *Základy teorie tváření kovů*. Praha: SNTL, 1966
- [15] HAJDUK, M., KONVIČNÝ, J.: *Silové podmínky při válcování oceli za tepla*. Praha: SNTL, 1983
- [16] KOLLEROVÁ, M., ŽÍDEK, M., POČTA, B., DĚDEK, V.: *Valcovanie*, 1. vyd., Bratislava: Academia/ALFA, 1991
- [17] PERNIS, R.: *Teória tvárnenia kovov*. Trenčín: TnUAD Trenčín, 2007
- [18] PERNIS, R.: *Teória a technológia výroby kališkov*. Trenčín: TnUAD Trenčín, 2009
- [19] PERNIS, R., KVAČKAJ, T.: Novel approach of stress conditions in deformation zone of lengthwise rolling. *International Journal of Mechanical Sciences*. (in printing)

Nové karosářské výrobky pro atraktivní vozidla v Tata Steel

www.blechnet.com

27. 1. 2015

Výrobce oceli Tata Steel představil tři nové produkty, které by měly podporovat výrobce automobilů v jejich úsilí vyrábět atraktivnější a levnější vozidla: SericaTM, DX57-GI HyperForm a MagiZinc Auto. Podnik tak výrazně rozšiřuje své portfolio na „Full-finish“ výrobky pro karosářské plechy – aplikuje tak ve své výrobě dopřednou diverzifikaci. Tyto „Full-finish“ výrobky se vyznačují vysokou kvalitou povrchu a dají se snadněji tvářet do komplexních tvarů. SericaTM je nová žárově zinkovaná ocel s vysokou povrchovou kvalitou. Druhý výrobek – DX57-GI HyperForm je nový druh vysoce tvárné žárově zinkované oceli s vynikajícími hlubokotažnými vlastnostmi, které umožňují konstruktérům efektivně uspořádat vnější povrch karoserie a konstrukční díly vnitřního prostoru automobilu ještě komplexněji. Třetí výrobek MagiZinc Auto je inovativní zinko-hořčíkový povlak ocelových plechů.

Lehčí konstrukční prvky s vysokomanganovou ocelí

www.blechnet.com

27. 1. 2015

Hoesch Hohenlimburg, dceřiná firma koncernu ThyssenKrupp, vyvinula novou vysokomanganovou ocel a představila ji na trhu. Podle vyjádření expertů se tato ocel dá dobře tvářet a i po silném přetváření si zachovává poměrně vysokou zbytkovou tažnost. Tak mohou být konstrukční díly z této speciální oceli lehčí a mohou být vyráběny levněji. Její vlastnosti se výhodně uplatňují především u komponent autosedaček a dílů v nárazových oblastech vozidel, také ale u pancéřovaných vozidel a vozidel pro přepravu peněz. V současné době se u zákazníků zkouší více než 10 aplikací této nové vysokopevné oceli.

WV Stahl dále varuje před falešně deklarovanou ocelí z Číny

Stahl Aktuell

28. 1. 2015

I nadále se nedá vyloučit, že legované oceli z Číny jsou do Německa dováženy a deklarovány jako nelegované. Použití těchto falešně klasifikovaných ocelí může ale znamenat nekalkulovaná rizika pro další zpracování. WV Stahl proto radí zpracovatelům oceli, pečlivě kontrolovat jakost oceli, dovážené z Číny. Zrušení exportních výhod a rabatů na borem legované oceli od 1. 1. 2015 v Číně ještě neznamena, že by nebezpečí pominulo. Rozhodnutí o zrušení rabatů se totiž týká jen ocelí s borem, a je tedy možné, že výrobci v Číně budou využívat možností přidávat do oceli jiné legury, např. chrom.



METEC
www.metec.com
www.tbwom.com

DÜSSELDORF/GERMANY
16-20 JUNE 2015
METEC
9TH INTERNATIONAL METALLURGICAL
TRADE FAIR WITH CONGRESSES

The Bright World of Metals

NI
worldwide

eco Metals
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

METEC & 2nd ESTAD 2015

EMC 2015
June 14 - 17

Pb Zn

Kout žhavé železo
9. mezinárodní specializovaný veletrh metalurgie, odlévání a výroby oceli s doprovodnými kongresy přetváří vize na z ařízení a produkty.

Metalurgie - motor růstu
Jde-li o stroje, zařízení a produkty pro výrobu surového železa, oceli a neželezných kovů, je veletrh METEC se svými doprovodnými akcemi vrcholnou událostí.

Srdečně vítáme v Düsseldorfu!

Informace pro návštěvníky,
prodej vstupenek, komplexní cestovní služby:
BVV FAIR TRAVEL s.r.o.
Výstaviště 1, 647 00 Brno
Tel. +420 541 159 190, Fax +420 541 159 172
koznar@fairtravel.cz
www.fairtravel.cz

Messe Düsseldorf

Recenzované výzkumné články

Hodnocení korozních vlastností vybraných typů kovových biomateriálů

Evaluation of Corrosion Properties of Selected Metallic Biomaterials

Ing. Josef Hlinka¹, doc. Ing. Stanislav Lasek, Ph.D.¹, prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc.²

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

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

Nejčastěji používanými biomateriály v oblasti implantátů jsou stále kovové materiály, a to pro jejich jedinečnou kombinaci mechanických, technologických a dalších vlastností. Jsou-li biomateriály v přímém kontaktu s organismem, je jejich biokompatibilita s prostředím stejně důležitá jako jejich mechanické vlastnosti. Právě biokompatibilita určuje způsob, jakým je biomateriál organismem snášen a jakého charakteru budou odezvy organismu. Pro zjištění, jakým způsobem budou biomateriály s organismem interagovat, je důležité znát jejich korozní vlastnosti za podmínek blízkých se podmínkám použití. K tomu účelu slouží např. zkoušky korozní odolnosti *in vitro*, které jsou typickým příkladem preklinických laboratorních zkoušek. Právě tento typ zkoušek byl použit pro hodnocení korozní odolnosti vybraných kovových biomateriálů. Testovány byly tři rozdílné korozivzdorné oceli (X2CrNiCuNb14-4-3, X2CrNiMo16-14-2 a X16CrNi17-7) a dvě titanové slitiny (TiAl6V4 a Ni-Ti). Pro porovnání byl do testování zařazen i vzorek korozivzdorné oceli, jejíž povrch byl upraven pasivováním. Korozní odolnost všech vybraných materiálů byla založena na pasivním stavu. Ke stanovení korozní odolnosti byla použita potencio-dynamická polarizační metoda a jako korozní prostředí byl použit izotonický roztok a umělý mozkomíšní mok při teplotě 37 °C. Cílem tohoto měření bylo zjištění charakteristických potenciálů, které odpovídají lokální (bodové) korozi materiálů ve zvolených prostředích. V těchto zkouškách nejlépe obstála titanová slitina Ti6Al4V, která v rozsahu měřených potenciálů nevykazovala žádné korozní napadení. Zároveň byl sledován vliv pasivace povrchu oceli, která výrazně zvyšovala jejich korozní odolnost.

Klíčová slova: kovový biomateriál; biokompatibilita; korozní poškození; polarizační měření

Metallic biomaterials are still the most commonly used materials in surgical implantology. It is because of combination of their unique properties. Their biocompatibility is as important as their mechanical properties. If contact occurs between biomaterial and live organism, the biocompatibility of the material determines reaction of the organism. If there is no reaction or just insignificant reaction of the organism to the contact, the material is marked as bio-inert, but if a significant interaction of the organism to the contact takes place, the material is considered bio-active. Only surface of the implant made from such a material is in contact with the organism, so the characteristic of the surface predetermines the organism reaction. These characteristics are in close relation to corrosion properties of biomaterials and they can be changed or even modified. So the surface can be treated for better corrosion resistance or it is possible to apply any kind of surface layer for better bio-integration or any kind of preferred organism reaction. Many tests exist that are used for better prediction of biomaterials behaviour, such as corrosion tests. One of these tests is potentiodynamic (linear) polarization method used for measuring of pitting and/or crevice corrosion parameters. In this paper three different stainless steels (X2CrNiCuNb14-4-3, X2CrNiMo16-14-2, X16CrNi17-7) and two alloys (TiAl6V4 a NiTi32) were tested for pitting corrosion in isotonic solution and artificial cerebrospinal fluid at 37°C. The alloy Ti6Al4V achieved the best results in this test - there was no corrosion damage. During this test the influence of surface passivation on material corrosion behaviour was studied, too. Surfaces of the tested samples were studied for corrosion pits after corrosion tests by scanning electron microscopy and microanalysis.

Key words: metallic biomaterial; biocompatibility; corrosion damage; polarization test

Podobně, jako medicínské obory prošly v posledních desetiletích významným technickým pokrokem, bylo nutné vyvíjet neustále nové, progresivní materiály tak, aby vyhovovaly stále se zvyšujícím požadavkům na jejich použití. Nové technologie nám umožňují vyrábět materiály prosté nežádoucích prvků a látek, které by mohly negativně ovlivnit fungování organismu, potažmo jeho částí. Pokud je však přítomnost daného prvku v materiálu žádoucí, například v důsledku modifikace jeho mechanických, resp. jiných užitných vlastností, musí být zabráněno jeho uvolňování a přímému kontaktu s organismem. Když tento materiál po styku s organismem nevyvolá žádnou metabolickou odezvu, nazýváme jej inertním. Pokud však samotný materiál způsobí svým kontaktem s organismem jakoukoliv odezvu na svou přítomnost, nazýváme takový materiál bioaktivním. Ne každá odezva organismu na přítomnost biomateriálu je však žádoucí. Materiál svým působením může totiž také vyvolávat různé patologické změny ve svém okolí, např. mění iontovou rovnováhu prostředí, podporuje vznik infekcí a zánětů nebo v důsledku jeho rozkladu mohou vznikat v organismu sekundární látky, které jsou schopny narušovat jednotlivé biologické pochody [1].

Jelikož problematika biomateriálů zasahuje do mnoha medicínských oborů, je také jejich členění poněkud složitější. Setkáváme se tak s členěním biomateriálů na tvrdé a měkké, bioaktivní a bioinertní, či podle jejich doby použití na permanentní a dočasné, krátkodobé nebo dlouhodobé. Z hlediska materiálového inženýrství se však nejčastěji používá rozdělení podle struktury a chemického složení materiálů. Z tohoto pohledu tedy materiály rozdělujeme na kovové, keramické, polymerní a kompozitní. Z historického hlediska jsou k medicínským účelům nejdéle používány kovové materiály, avšak díky úspěšnému výzkumu v této oblasti jsou stále častěji nahrazovány dalšími skupinami. U některých aplikací je ale využití kovů nevyhnutelné. Jsou to především 6 případy, ve kterých je kladen důraz na zvýšené pevnostní vlastnosti dané aplikace při zachování určitého stupně houževnatosti. Právě toto je případ kovových náhrad velkých kloubů, které jsou zatěžovány různými napěťovými stavy, resp. vyskytují se zde také rázová zatížení. Požadované mechanické vlastnosti jsou tedy nutné pro přenášení zatížení, pro správnou fixaci polohy prvků (kost-implantát) a zajištění potřebné funkce.

Základní požadavky na kovové biomateriály

Kovové biomateriály jsou využívány z důvodu již výše zmíněné kombinace jejich mechanických vlastností, které je předurčují pro konstrukci některých medicínských aplikací. Pro jejich využití v oblasti medicíny je však důležitá i jejich biokompatibilita vzhledem k živým organismům. Za biokompatibilní můžeme označit takový materiál, který svou přítomností negativně neovlivňuje metabolické funkce organismu a

nevyvolává patologické změny, které mohou vést ke vzniku alergických reakcí, resp. vážných onemocnění.

S pojmem biokompatibility úzce souvisí také korozní odolnost materiálu. Jelikož je prostředí uvnitř organismu poměrně agresivní, dochází ke vzniku určitých typů korozního napadení těchto materiálů. Vlivem tohoto degradačního procesu může docházet jak ke zhoršení mechanických vlastností, tak i k uvolnění materiálu v podobě iontů či dalších korozních zplodin do prostředí organismu. Je-li materiál vyroben výhradně z biogenních prvků a rozpad materiálu je natolik pomalý, aby organismus uvolněné ionty stačil metabolizovat, žádná negativní odezva organismu zpravidla nenastává [2]. Jinak je tomu u materiálů, které obsahují prvky a látky, jejichž ionty jsou pro organismus toxické. U takového materiálu je nutné zaručit dostatečnou korozní odolnost. Toho může být dosaženo buď optimalizací chemického složení a struktury materiálu, nebo sekundárně také vhodnou povrchovou úpravou, která může korozní odolnost výrazně zvyšovat. Stupeň korozní odolnosti materiálu je volen v závislosti na charakteru konkrétní aplikace, na jeho umístění v organismu apod. Důležitou roli hraje doba, po kterou je materiál ve styku s prostředím organismu, stejně jako charakter tohoto prostředí. V případě kombinace různých materiálů v rámci jedné aplikace je nutné zajistit, aby nedocházelo ke vzniku korozního článku v případě přímého styku těchto materiálů.

V praxi zpravidla dochází ke kombinaci korozního napadení a dalších degradačních procesů. Příkladem může být korozní únava nebo frikční opotřebení povrchové vrstvy materiálu, což ve svém důsledku vyvolává zvýšenou pravděpodobnost dalšího korozního napadení takového místa [3,4].

Základní způsoby testování vybraných vlastností biomateriálů

Každá medicínská aplikace vyrobená z biomateriálů musí být před svým použitím důsledně testována a ověřována. Při těchto testech jsou zpravidla simulovány stavy, které co nejlépe odpovídají podmínkám, při kterých budou tyto aplikace používány. Průběhy a parametry většiny testů jsou předepsány sérií norem ISO 10993 [9] a také řadou norem ASTM [6,7,10]. Mimo jiné jsou zde uvedeny standardy pro testování cytotoxicity, možnosti podráždění a vzniku alergických reakcí organismu, korozní odolnosti biomateriálů nebo jsou zde nastíněny některé možné způsoby, resp. podmínky testování materiálů *in vivo*. Právě poslední dva výše zmíněné způsoby byly využity pro testování vybraných biomateriálů, které byly vhodnými kandidáty na výrobu konkrétních aplikací. Při testování cytotoxicity *in vitro* je pozorováno působení biomateriálu na kolonie buněk, zpravidla uměle vypěstované. Hlavním sledovaným aspektem jsou zde možné patologické změny v chování buněk, jejich poškození a případné usmrcení. V tomto případě je

biomateriál označen jako nevhodný a jeho využití je vyloučeno. Pokud však materiál nezpůsobí žádné patologické změny buněk, či naopak, je-li charakter reakce buněk na jeho přítomnost žádoucí, je takový materiál pro výrobu konkrétní aplikace vhodný a posléze je přistoupeno k jeho testování *in vivo* [5].

Materiály a metodika zkoušení

Pro testování korozní odolnosti polarizační metodou (prováděno *in vitro*) a pro testování v živém organismu (*in vivo*) bylo vybráno 5 materiálů rozdílného typu. Jednalo se o 3 korozivzdorné oceli a 2 titanové slitiny. U těchto slitin se na základě předchozí rešerše předpokládala požadovaná korozní odolnost pro jejich použití v oblasti implantologie. Chemická složení jednotlivých materiálů jsou zaznamenána v tab. 1. Odolnost ocelí proti lokální korozi lze obecně a zjednodušeně porovnat pomocí ekvivalentu $PRE = Cr + 3,3 \cdot Mo + 30 \cdot N$. Značení jednotlivých vzorků i jejich

tvary a rozměry jsou znázorněny v tab. 2. Vzorky M1 – M5 byly upraveny na vhodné délky a zkoušené povrchy byly broušeny a leštěny. Vzorek M2P byl po leštění dodatečně pasivován podle normy [6] pro úpravu povrchů materiálů použitých v oblasti implantátů. Pasivace probíhala v 35% roztoku HNO_3 po dobu 25 minut při teplotě 22 °C. Tato operace byla provedena za účelem zlepšení korozních vlastností materiálu. Výsledky následujících měření umožňují také zhodnotit účinnost samotného procesu pasivace pro zvýšení korozní odolnosti. Mikrostruktury zkoušených slitin jsou dokumentovány na obr. 1. Precipitačně vytvrditelná martenzitická ocel X2CrNiCuNb14-4-3 (vzorek M1) vykazoval rozdílnou velikost strukturních součástí ve směru kolmém na osu tváření, tzn. blíže středu vzorku byla zrna značně větší než na jeho povrchu. Vzorek M2 představuje typickou austenitickou ocel pro implantáty. U vzorků M2 – M5 byla zjištěna stejnoměrná struktura na celé pozorované ploše průřezu, na vzorku M4 vznikla austeniticko-karbidická struktura.

Tab. 1 Chemické složení vybraných slitin (stanovené pomocí optické emisní spektroskopie)

Tab. 1 Chemical composition of alloys (optical emission spectroscopy)

Prvek	Vzorek (hm. %)				
	M1	M2	M3	M4	M5
C	0,020	0,016	0,031	0,156	0,053
Si	0,301	0,370	0,018	0,510	0,037
Mn	0,800	1,810	0,026	1,560	0,240
P	0,028	0,033	-	0,106	0,009
S	0,022	0,011	-	0,039	0,026
Cr	14,420	16,010	0,040	17,230	>1,44
Ni	4,400	13,850	0,056	7,070	<64,11
Mo	0,139	2,450	0,087	0,376	0,062
Al	0,005	0,021	5,390	0,006	0,052
Cu	2,880	0,080	0,012	0,790	0,303
Co	0,060	0,066	-	0,101	<0,006
Ti	0,010	0,012	89,700	0,020	32,010
Nb	0,178	0,014	0,092	<0,004	0,040
V	0,100	0,070	3,360	0,090	0,009
Fe	76,500	64,990	0,013	<71,60	3,430
PRE	14,9	24,1	n	18,5	n

Tab. 2 Značení a charakterizace vzorků

Tab. 2 Marking of specimens and their characteristic

Značení vzorku	Materiál	Tvar	Rozměr (mm)
M1	X2CrNiCuNb 14-4-3	tyč	∅ 12
M2	X2CrNiMo 16-14-2	tyč	∅ 13
M2P	Pasivovaný M2	tyč	∅ 13
M3	TiAl6V4	tyč	∅ 8
M4	X16CrNi 17-7	drát	∅ 0,5
M5	NiTi32	drát	∅ 1

Pro hodnocení korozní odolnosti materiálů vůči bodové korozi byla vybrána cyklická potenciodynamická

polarizační metoda. Měření bylo prováděno v souladu s normou [10] pomocí systému VoltaLabTM21 v korozních celách firmy Avesta (flushed port cell) a SVUOM Praha.

Ke sledování korozní odolnosti byly vybrány 2 roztoky, simulující dvě tělní prostředí. Prvním byl fyziologický izotonický roztok, druhým roztokem byl umělý mozkomíšní mok. Složení obou roztoků je uvedeno v tab. 3. Vzorky byly umístěny do korozních cel zvýšení korozní odolnosti. Mikrostruktury zkoušených slitin jsou dokumentovány na obr. 1. Precipitačně vytvrditelná martenzitická ocel X2CrNiCuNb14-4-3 (vzorek M1) vykazoval rozdílnou velikost strukturních součástí ve směru kolmém na osu tváření, tzn. blíže středu vzorku

byla zrna značně větší než na jeho povrchu. Vzorek M2 představuje typickou austenitickou ocel pro implantáty. U vzorků M2 – M5 byla zjištěna stejnoměrná struktura na celé pozorované ploše průřezu, na vzorku M4 vznikla austeniticko-karbidická struktura.

Pro hodnocení korozní odolnosti materiálů vůči bodové korozi byla vybrána cyklická potenciodynamická polarizační metoda. Měření bylo prováděno v souladu s normou [10] pomocí systému VoltaLabTM21 v korozních celách firmy Avesta (flushed port cell) a SVUOM Praha.

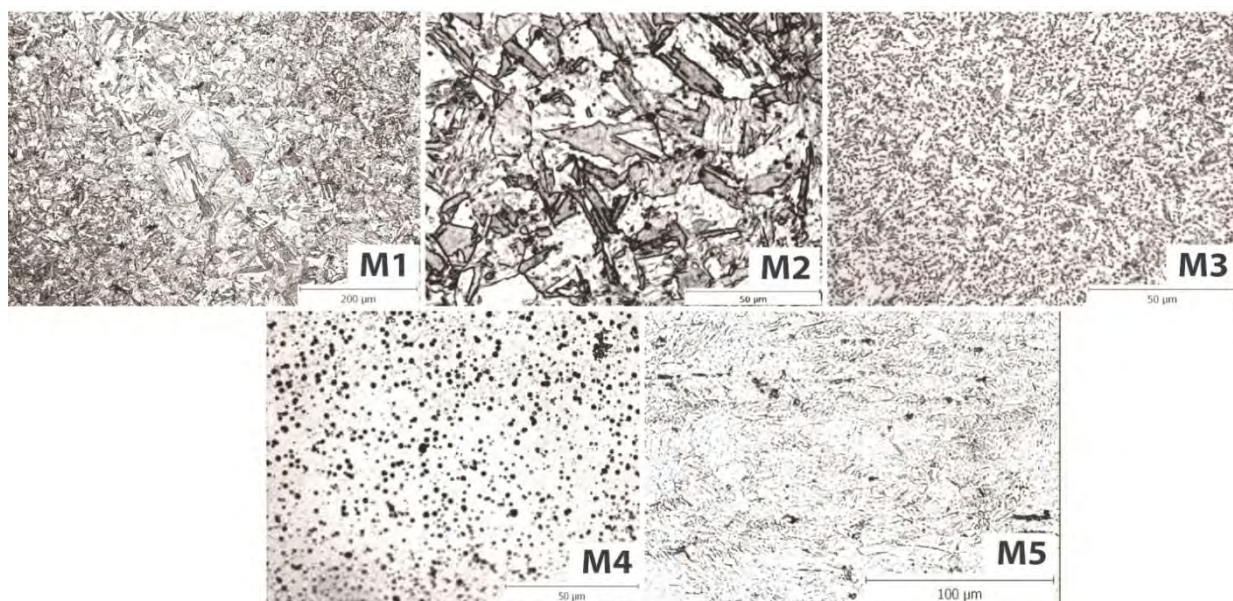
Ke sledování korozní odolnosti byly vybrány 2 roztoky, simulující dvě tělní prostředí. Prvním byl fyziologický izotonický roztok, druhým roztokem byl umělý mozkomíšni mok. Složení obou roztoků je uvedeno v tab. 3. Vzorky byly umístěny do korozních cel a roztoků temperovaných při teplotě 37 °C pomocí termostatu nebo topného hnízda s digitální regulací.

Tab. 3 Chemická složení roztoků pro zkoušení korozní odolnosti
Tab. 3 Chemical composition of solutions for corrosion testing

Složka	Koncentrace složky (g/litr destil H ₂ O)	
	Fyziologický roztok	Mozkomíšni mok
NaCl	9	8,66
KCl	-	0,224
CaCl ₂ · 2H ₂ O	-	0,206
MgCl ₂ · 6H ₂ O	-	0,163
Na ₂ HPO ₄ · 7H ₂ O	-	0,214
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	-	0,027

Před zahájením polarizační zkoušky byly sledovány a měřeny hodnoty korozního potenciálu E_{cor} každého vzorku v daném prostředí. Následně probíhala vlastní potenciodynamická polarizační měření (od potenciálu

$E_{cor} = 50$ mV v kladném anodickém směru s rychlostí polarizace 20 – 60 mV·min⁻¹) závislostí mezi proudem a potenciálem, se záznamem polarizačních křivek $J = f(E)$, viz obr. 2 – 4. Anodická polarizace probíhala do vratného potenciálu E_v (při proudové hustotě $J_v = 1,0$ mA·cm⁻²) a zpět v záporném směru polarizace ke koroznímu potenciálu. V mnoha případech docházelo k přechodnému nárůstu proudové hustoty nad hodnotu J_v . Na základě polarizačních křivek byly pak stanoveny hodnoty potenciálu depasivace (průrazu) a repasivace dvěma způsoby. Při narušení pasivní vrstvy materiálu, který se začal intenzivně rozpouštět v aktivních korozních bodech, byly stanoveny hodnoty potenciálu depasivace E_{dep} pomocí zlomu na polarizační křivce, resp. při počátečním prudkém nárůstu proudu. Konvenčně je za potenciál průrazu zpravidla považována hodnota E_{dek} , při které hodnota proudové hustoty dosáhne 100 μ A·cm⁻² a dále neklesne pod tuto hodnotu (což je vhodné použít při výskytu proudových oscilací souvisejících s metastabilním mikroskopickým pittingem anebo v případech, kdy přechod do aktivního stavu je pozvolný, jako při štěrbinové korozi). Při zpětné polarizaci se snižováním proudu a při obnově pasivního stavu byl stanoven potenciál repasivace. V praxi je spojen s přechodem kovu do pasivního stavu, resp. obnovení pasivní vrstvy na jeho povrchu. Konvenčně je tento potenciál E_{rek} určen jako hodnota, při které poklesne hodnota proudové hustoty na úroveň 10 μ A·cm⁻². Pomocí částí polarizačních křivek lze stanovit i další parametry koroze, např. polarizační odpor, množství rozpuštěného kovu, které je přímo úměrné prošlému náboji, resp. ploše pod odpovídající anodickou křivkou $J = f(t)$ [8]. Pro srovnávací účely byly také testovány vzorky vybraných ocelí (M1, M2) ve tvaru válečků s dodaným obrobeným povrchem při ponoru do roztoku.



Obr. 1 Mikrostruktury sledovaných vzorků
Fig. 1 Microstructures of tested specimens

Výsledky a diskuse experimentů

Hodnoty naměřených potenciálů jsou zaznamenány v tab. 4 a 5 (vzhledem k nasycené kalomelové elektrodě SCE). Původně se předpokládalo, že umělý mozkomíšní roztok bude korozně agresivnější, než roztok fyziologický, výsledky testů však potvrzují opak. Oba roztoky mají srovnatelný obsah chloridových anionů. U mozkomíšního moku však nejspíše docházelo k interakci mezi povrchem vzorku a dalšími rozpuštěnými solemi z roztoku (pravděpodobně nejvíce fosfáty), které mohly sledované potenciály posunout k vyšším hodnotám a také mohly omezit aktivní rozpouštění materiálu.

Tab. 4 Výsledky měření potenciálu v izotonickém roztoku
Tab. 4 Measurement results for potential testing in isotonic solution

Měření v izotonickém roztoku					
Chemické složení	Potenciály [mV] SCE				
	E_{cor}	E_{dep}	E_{dek}	E_{rek}	pozn.
X2CrNiCuNb 14-4-3	-197	64	66	-120	š. k.
X2CrNiMo 16-14-2	-164	277	295	-2	š. k.
TiAl6V4	-292	>1535	n	n	pas.
X16CrNi 17-7	-35	412	420	-34	b. k.
NiTi32	-175	331	342	-181	b. k.
X2CrNiCuNb 14-4-3	-79	258	261	-43	b. k.
X2CrNiMo 16-14-2	-11	≈600	608	156	b. k.
X2CrNiCuNb 14-4-3	-127	(n)	134	-196	d. p.
X2CrNiMo 16-14-2	-90	(n)	499	-10	d. p.

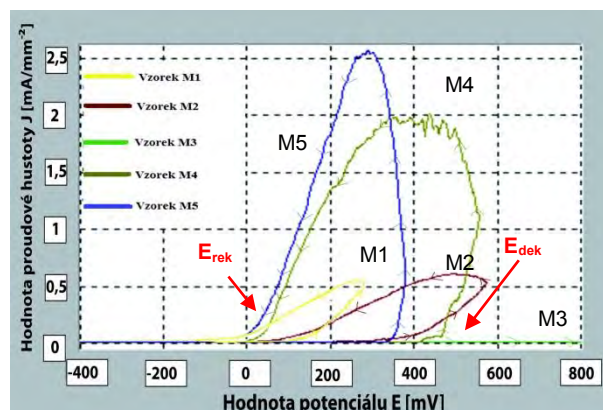
Pozn: b. k. – bodová koroze, š. k. – štěrbinová koroze, pas. – pasivní stav, n – nelze měřit, d. p. – dodaný povrch

Tab. 5 Výsledky měření potenciálu roztoku umělého mozkomíšního moku
Tab. 5 Measurement results for potential testing in artificial cerebrospinal fluid

Měření v roztoku umělého mozkomíšního moku						
Vzorek	Chemické složení	Potenciály [mV], SCE				
		E_{cor}	E_{dep}	E_{dek}	E_{rek}	pozn.
M1	X2CrNiCuNb 14-4-3	-186	335	399	25	b. k.
M2	X2CrNiMo 16-14-2	-213	515	561	56	b. k.
M3	TiAl6V4	-450	≥4000	n	n	pas.
M4	X16CrNi 17-7	-145	485	527	27	b. k.
M5	NiTi32	-452	507	546	139	b. k.
M2P	M2, pasivováno	404	1250	1280	1215	b. k.

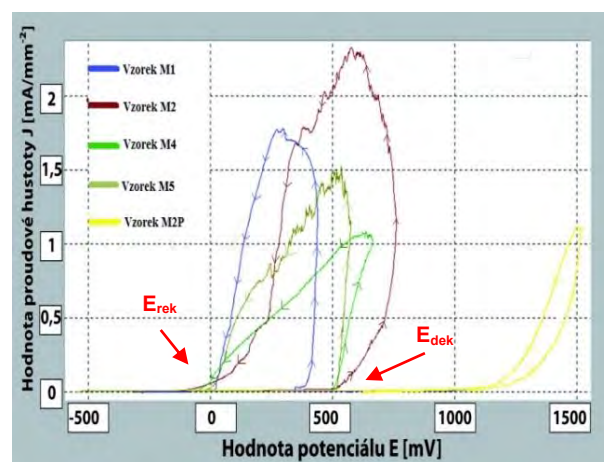
Při měření potenciálu průrazu a vratného potenciálu u vzorku M3 však bylo dosaženo technického omezení rozsahu přístroje, takže zkouška byla prováděna jen do limitní hodnoty potenciálu 4 095 mV. Lze tedy předpokládat, že potenciály depasivace a repasivace budou ležet ještě za touto hodnotou (pro Ti je $E_d \approx 10$ V pro 1 M NaCl při 37 °C). Píky, které lze pozorovat na grafu průběhu zkoušky (obr. 4) souvisí pouze s tvorbou vyšších oxidů titanu na povrchu vzorku. Právě vlivem těchto oxidů nebyl povrch vzorku po zkoušce stříbrolesklý, ale zbarvený se zlatým nádechem. Průběh samotných měření je patrný na obr. 2 a 3. Červenými popisky jsou v těchto obrázcích označeny potenciály depasivace, resp. repasivace. Po porovnání charakteristických potenciálů pro vzorky M2 a M2P lze usoudit, že pasivace vzorku M2P výrazně zvýšila

korozní odolnost tohoto materiálu. Je to tedy poměrně levný způsob, který je vhodné zařadit do procesu výroby jednotlivých aplikací z tohoto materiálu. Po provedení zkoušek vykazovaly povrchy všech vzorků (kromě M3) přítomnost korozního napadení ve formě důlků. Na obr. 5 je zobrazen povrch vzorku M5 po provedení cyklické potenciodynamické polarizační zkoušky.



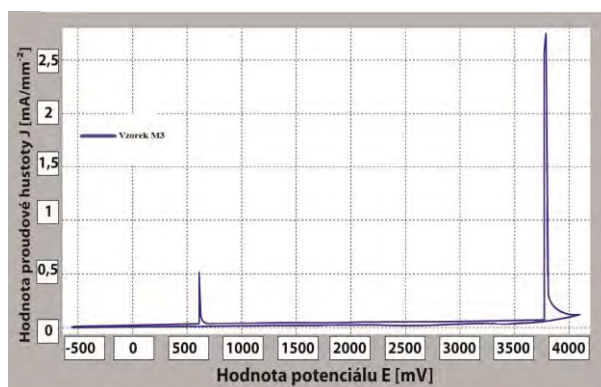
Obr. 2 Polarizační křivky materiálů při zkoušení v izotonickém roztoku

Fig. 2 Polarization curves for materials tested in isotonic solution



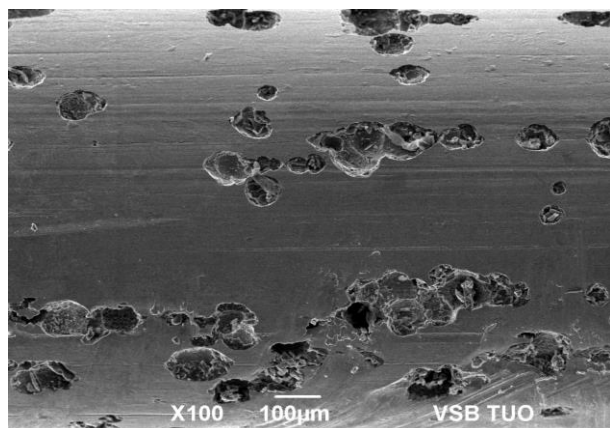
Obr. 3 Polarizační křivky materiálů při zkoušení v roztoku umělého mozkomíšního moku

Fig. 3 Polarization curves for materials tested in artificial cerebrospinal fluid



Obr. 4 Polarizační křivky vzorku M3 při zkoušení v roztoku umělého mozkomíšního moku

Fig. 4 Polarization curves for M3 specimen tested in artificial cerebrospinal fluid



Obr. 5 Povrch vzorku M5 pokrytý bodovou korozí po provedení polarizační zkoušky v roztoku umělého mozkomíšního moku
Fig. 5 Surface of the specimen M5 after polarization testing in artificial cerebrospinal fluid, corrosion pits occur

Je z něj patrné, že některé korozní důlky jsou vyplněny korozními produkty. EDS analýzou těchto míst bylo zjištěno, že korozní produkty obsahují kromě prvků obsažených v matrici i prvky, které pocházejí z roztoku. EDS analýzou korozních důlků byla zjištěna přítomnost korozních produktů obsahující prvky jako Si, Ti, Ni, Na, Cl, K, Fe atd. Biogenní prvky, jako jsou Na, K, Cl, mají nejspíše svůj původ v roztoku. Naopak prvky Si, Ti, Fe, Ni pocházejí z materiálu zkoušeného vzorku. Všechny tyto prvky jsou nejspíše svázány v komplexních sloučeninách, oxidech a hydroxidech, což potvrzuje také fakt, že korozní produkty obsahují více než 38 hm. % kyslíku. Přestože v uvedených normách nejsou vymezena přímo kritéria pro volbu materiálu, lze na základě doporučení [11] materiál akceptovat, když potenciál depasivace $E_d > 600$ mV (SCE), odmítnout pro $E_d < 300$ mV a provádět další testy při $E_d = 300$ až 600 mV. Výsledky zkoušek *in vivo* na vybraných materiálech (M2 – M5) jsou připravovány k dalšímu publikování.

Závěr

V příspěvku je porovnána odolnost proti lokální, zejména bodové korozi vybraných korozivzdorných ocelí (typu X2CrNiCuNb14-4-3, X2CrNiMo16-14-2, X16CrNi17-7) a slitin (TiAl6V4, NiTi32), používaných pro biomedicínské účely a implantáty. Na základě standardní potenciodynamické polarizační metody při použití dvou fyziologických roztoků byl potvrzen pozitivní vliv molybdenu a chromu na zvýšení hodnot potenciálů depasivace a repasivace. Slitina Ni-Ti vykazovala podobnou odolnost proti bodové korozi jako zkoušené oceli, zatímco uvedená slitina titanu zůstala

v pasivním stavu v celém měřeném rozsahu potenciálu (do 4,1V SCE). Pro srovnávací účely byly vybrané oceli zkoušeny také s dodaným povrchem a povrchem po pasivaci, která je používána pro zvýšení korozní odolnosti kovových implantátů. Pomocí elektronového mikroskopu byla pozorována seskupení korozních bodů a mikroanalýzátorem bylo stanoveno odpovídající chemické složení korozních produktů a vměstků.

Poděkování

Autoři článku děkují za institucionální podporu Regionálního materiálově technologického centra – programu udržitelnosti (RMTVC-PU) a to projektu č. LO 1203 a za materiály společnosti Medin, a.s.

Literatura

- [1] YAN, W., NAKAMURA, T., KOBAYASHI, M., KIM, H., MIYAJI, F., KOKUBO, T. Bonding Of Chemically Treated Titanium Implants To Bone. *Journal of Biomed. Mater. Res.*, 37, 1997, Sv. pp. 267-275
- [2] HERMAWAN, H., RAMDAN, D., DJUANSJAH, J., *Metals for Biomedical Applications*. Faculty of Biomedical Engineering and Health Science, Univer. Teknologi Malaysia, 2011. 978-953-307-637-9
- [3] PRUITT, L. A., CHAKRAVARTULA, A. M. *Mechanics of Biomaterials, Fundamental Principles for Implant Design*. Cambridge: Cambridge University press, New York, 2011. 978-0-521-76221-2
- [4] STANFORD, C. M., SCHNEIDER, G., KELLER, J. C., MIDURA R. Biomedical Implant Surface Topography And Its Effects On Osteoblast Differentiation. in Lyngstad J. P. Ellingsen J. E. *Bio-implant interface Improving biomaterials and tissue reaction*. Boca Raton: CRC Press, 2003, s. 141
- [5] KOUTSKÝ, J. *Biomateriály*. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity, 1997. ISBN: 8070823704
- [6] ASTM F-86 *Standard Practice for Surface Preparation and Marking of Metallic Surgical Implants*. International, ASTM. 10.1.2001
- [7] ASTM F-746 *Standard Test Method for Pitting or Crevice Corrosion of Metallic Surgical Implant Materials*. International, ASTM. 27.3.1987
- [8] ČÍHAL, V. *Korozivzdorné oceli a slitiny*. Praha: Academia, 1999. ISBN 80-200-0671-0
- [9] ISO-10993, Part 15. *Identification and Quantification of Degradation Products from Metals and Alloys*. 2009
- [10] ASTM F-2129 *Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements to Determine the Corrosion Susceptibility of Small Implant Devices*. 2008
- [11] CORBETT, R. A. *Laboratory Corrosion Testing of Medical Implants*. Corrosion Testing Laboratories. ASM International, Inc. Newark, Delaware. 2004

In-line tepelné zpracování ocelových profilů a trubek

In-line Heat Treatment of Profiles and Tubes

Ing. Martin Chabičovský¹, prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc.¹, Ing. Milan Hnízdil, Ph.D.¹, Ing. Marek Stránský¹

¹Laboratoř přenosu tepla a proudění, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, Česká republika

In-line tepelné zpracování válcovaných materiálů se stále častěji používá ve válcovnách. Při in-line tepelném zpracování je dosaženo požadované struktury materiálu bez nutnosti dohřívání. Tento článek se zabývá postupem návrhu chladicí sekce pro získání požadované struktury a mechanických vlastností materiálu.

Dvě experimentální zařízení, používaná ke studiu chlazení ocelových vzorků, byla postavena v Laboratoři přenosu tepla a proudění (LPTP), VUT v Brně. První experimentální zařízení umožňuje simulovat různé režimy chlazení a vyhodnotit finální strukturu testovaných vzorků, které jsou osazeny sadou termočlánků zaznamenávajících teplotu ve vzorku v průběhu chlazení. Druhé experimentální zařízení slouží pro návrh chladicích sekcí, které zajistí požadovaný postup tepelného zpracování a požadovanou výslednou strukturu. Výsledkem je také stanovení průběhu součinitele přestupu tepla na studovaném povrchu jako výsledek inverzní úlohy. Jsou uvedeny příklady návrhu chladicí sekce na reálných vzorcích trubek a kolejnic.

Klíčová slova: tepelné zpracování; součinitel přestupu tepla; trubka; kolejnice

An in-line heat treatment of rolled materials is becoming frequently used by hot rolling plants. This method achieves the required material structure without the necessity of reheating.

This paper describes a design procedure of cooling sections for obtaining the demanded structure and mechanical properties.

The first step is the search of the best cooling mode for steels, for which this is not yet known. The second step is to obtain a selection of technical means in order to guarantee obtaining the prescribed cooling rates. Nozzle configurations and cooling parameters are selected and controllability of the cooling section is checked. The final step of the design is a laboratory test using a full size sample simulating - cooling at the plant.

Experimental stands, applied for the cooling study of steel samples, were built at the Brno University of Technology. The first experimental stand makes it possible to simulate a variety of cooling modes and evaluate the final structure of the tested samples, which are instrumented by a set of thermocouples indicating the temperature history of the tested material. The second experimental stand is a tool for the design of the cooling sections, which can ensure obtaining the demanded heat treatment procedure and demanded final structure. The heat transfer coefficient history at the surface is obtained as an output of the inverse task.

The design of cooling sections used for heat treatment of tubes and rails is very extensive work. It utilizes numerical modelling, laboratory measurement and also pilot mill tests. Design based on laboratory measurement minimizes the amount of expensive experimentation performed directly at the plant. It eliminates potential errors and enables adjustment.

Key words: heat treatment; heat transfer coefficient; tube, rail

Mikrostruktura, povaha zrn, velikost zrn a jejich složení určují celkové mechanické vlastnosti oceli. Tepelné zpracování poskytuje účinný způsob ovlivnění vlastností oceli pomocí řízeného ochlazování.

Způsob tepelného zpracování závisí na mnoha aspektech. Jedním z nejdůležitějších parametrů je množství produkce. Dalším důležitým parametrem je velikost výrobků.

Příspěvek se zaměřuje na velkovýrobu, jako je chlazení dlouhých výrobků na výstupu z válcovací stolice,

chlazení kolejnic, trubek a speciálních profilů. Tento typ tepelného zpracování se nazývá in-line tepelné zpracování a začíná být používáno ve válcovnách. Tímto způsobem se dosahuje požadované struktury materiálu bez nutnosti dohřívání. Navrhování chladicích sekcí pro tepelné zpracování je iterativní postup zahrnující několik důležitých kroků. Nejprve se odhadne požadovaná intenzita chlazení, která povede k získání potřebné struktury a mechanických vlastností. K tomu lze orientačně využít diagram anizotermického rozpadu austenitu (ARA diagram) a numerickou simulaci chlazení. To vede k odhadu potřebné chladicí intenzity

(součinitele přestupu tepla). S využitím databáze chladicích intenzit trysek získané experimentálním měřením (součinitel přestupu tepla při daném průtoku a tlaku pro různé typy a konfigurace trysek) je vybrána vhodná tryska a potřebný tlak vody. Dále je na malém vzorku z voleného materiálu testována funkce vybrané trysky a je ověřeno, zda je po tepelném zpracování dosaženo požadované struktury a mechanických vlastností. V případě, že není dostupný ARA diagram pro daný materiál, či není docíleno požadovaných mechanických vlastností nebo struktury, následuje zkoušení různých konfigurací trysek (velikost trysky, tlak vody a další parametry, dokud se nedocílí požadované struktury a mechanických vlastností. Z laboratorních experimentů jsou získány okrajové podmínky tepelného zpracování a ty jsou testovány pomocí numerického modelu [1].

Po nalezení požadovaných parametrů chlazení je navržena chladicí sekce tak, aby odpovídala požadovaným chladicím intenzitám a nedocházelo k nerovnoměrnému chlazení. Navržené optimální chlazení je pak testováno na vzorku reálných rozměrů a požadovaná struktura a materiálové vlastnosti jsou laboratorně ověřeny.

1. Experimentální stanovení intenzity sprchového chlazení a vytvoření databáze chladicích intenzit trysek

Pro výběr vhodné trysky a její konfigurace pro experimenty na tepelné zpracování je potřeba znát intenzitu chlazení různých trysek a jejich konfigurací. To vyžaduje proměřit několik trysek a jejich různé konfigurace, a vytvořit tak databázi intenzit chlazení trysek. Dále bude popsán postup, kterým se získá tato databáze.

Intenzita sprchového chlazení je funkcí několika parametrů, jako je typ trysky, průtok a tlak vody [2, 3], teplota vody [4], teplota povrchu chlazeného materiálu, kvalita povrchu [5, 6] a rychlost pohybu chlazeného materiálu. Dosud není k dispozici žádná výpočetní metoda pro predikci chladicí intenzity, která využívá všech uvedených parametrů. Experimentální měření je tedy jediným způsobem, jak přesně stanovit intenzitu sprchového chlazení. Stanovení intenzity sprchového chlazení se skládá z několika kroků: příprava experimentu, experimentální měření, výpočet okrajových podmínek a vyhodnocení vypočtených a laboratorně stanovených výsledků.

1.1 Experiment

Experimentální postup začíná výrobou zkušební vzorku a instalací termočlánků do zkušební vzorku. Zkušební vzorek je upevněn na experimentálním zařízení, kde je ohříván na požadovanou teplotu. Po zahřátí vzorku na požadovanou teplotu je nastaven požadovaný tlak či průtok vody v chladicí sekci tvořené

tryskami a je spuštěn záznam teplot termočlánků. Vzorek, připojený k pohyblivému vozíku, opakovaně prochází chladicí sekci, dokud není dostatečně zchlazen.

1.2 Výpočet okrajové podmínky

Ze změřených teplot jsou použitím inverzní úlohy vedení tepla vypočteny časově závislé okrajové podmínky: součinitel přestupu tepla, povrchová teplota a hustota tepelného toku. Pro výpočet je použit Beckův sekvenční přístup [7, 8]. Tato metoda používá sekvenční odhad časově proměnných okrajových podmínek a dopředných časových kroků. První součet čtverců chyb je vypočítán s použitím f dopředných časových kroků, kdy změřené teploty T_i^* jsou porovnány s vypočtenými teplotami T_i v aktuálním čase m :

$$SSE = \sum_{i=m+1}^{m+f} (T_i^* - T_i)^2 \quad (1)$$

Teploty T_i jsou vypočteny přímým výpočtem, např. metodou konečných diferencí, metodou konečných prvků anebo metodou konečných objemů. Tepelný tok q v čase m je možné vypočítat minimalizací rovnice (1), za použití lineárních minimalizačních metod:

$$q^m = \frac{\sum_{i=m+1}^{m+f} (T_i^* - T_i|_{q^m=0}) \zeta_i}{\sum_{i=m+1}^{m+f} (\zeta_i)^2} \quad (2)$$

kde $T_i|_{q^m=0}$ jsou teploty v místě termočlánku, které byly vypočteny přímým výpočtem za použití dříve vypočtených tepelných toků bez q^m . Parametr ζ_i je citlivost snímače s termočlánkem v časovém indexu i na tepelný tok v čase m . Fyzikálně tento koeficient citlivosti značí zvýšení teploty v termočlánku na jednotku tepelného toku na povrchu. Koeficient citlivost snímače je definován jako

$$\zeta_i = \frac{\partial T_i}{\partial q^m} \quad (3)$$

Součinitel přestupu tepla (α) lze vypočítat z povrchové teploty a tepelného toku s povrchu q_m :

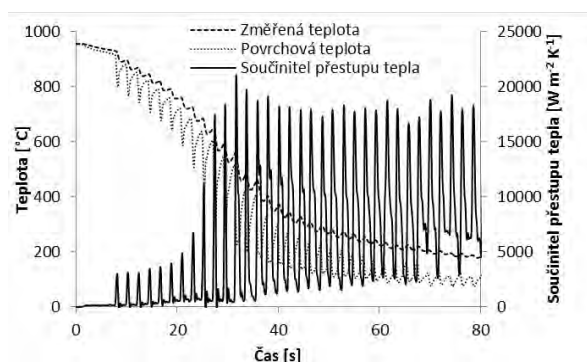
$$\alpha^m = \frac{q^m}{T_\infty^m - (T_0^m + T_0^{m-1})/2} \quad (4)$$

T_∞^m je teplota okolí.

1.3 Vyhodnocení experimentálních výsledků

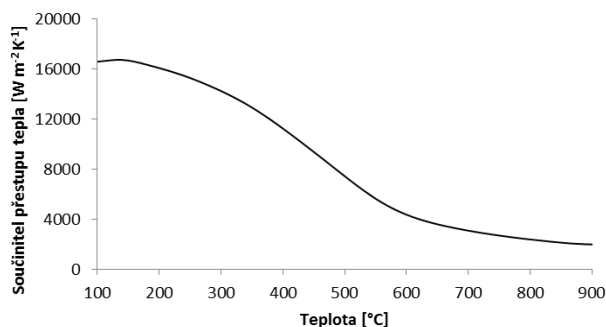
Změřená teplota je použita jako vstup pro inverzní úlohu vedení tepla, jejímž výstupem je časově závislá povrchová teplota, tepelný tok a součinitel přestupu tepla (obr. 1). Z těchto dat se získá závislost součinitele přestupu tepla na teplotě povrchu a poloze v chladicí sekci. Průměrná hodnota součinitele přestupu tepla přes polohu v chladicí sekci je znázorněna na obr. 2. Zde jsou vidět tři rozdílné oblasti chlazení. První oblast je pro

povrchové teploty vyšší než je Leidenfrostova teplota (cca 700 °C). V této oblasti je povrch pokryt parní vrstvou, která snižuje tepelný tok s povrchu do okolí. Druhá oblast nastává s poklesem povrchové teploty pod Leidenfrostovu teplotu. Dochází k postupnému rozpadu parní vrstvy, což vede k prudkému nárůstu součinitele přestupu tepla. Při teplotě 400 °C dojde k zániku parní vrstvy a nastává maximum tepelného toku. Od této teploty nebrání parní vrstva pronikání kapek od ostříku k chlazenému povrchu. Mezi touto teplotou a teplotou 100 °C se nachází třetí oblast s vysokou hodnotou součinitele přestupu tepla. V této oblasti dochází k chlazení kombinací bublinového varu a nucené konvekce od ostříku. Díky velké intenzitě sprchového ostříku nedochází k typickému poklesu hodnoty součinitele přestupu tepla, jako je tomu při chlazení vnořením, kde přenos tepla probíhá jen v důsledku varu.



Obr. 1 Ukázka změřených časově závislých teplot, vypočtených povrchových teplot a součinitele přestupu tepla

Fig. 1 Example of measured temperature, computed surface temperature and heat transfer coefficient depending on time



Obr. 2 Závislost průměrného součinitele přestupu tepla na povrchové teplotě

Fig. 2 Dependence of the average heat transfer coefficient on the surface temperature

2. Nalezení optimálního chladicího režimu

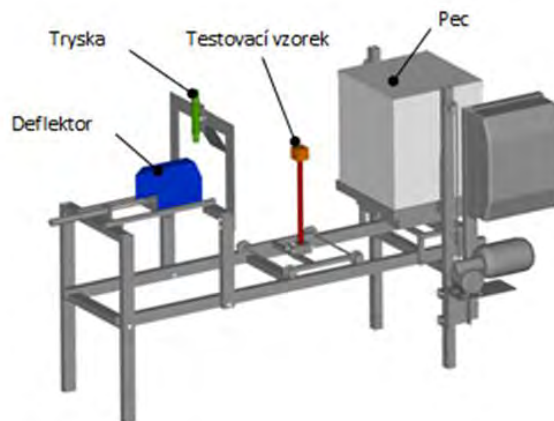
Pro získání požadovaných mechanických vlastností finálního produktu je nezbytné dodržení odpovídajícího chladicího režimu. Prvotní informaci o potřebném ochlazovacím režimu může poskytnout ARA diagram a numerická simulace chlazení. V případě, že ARA diagram není dostupný pro daný materiál, je nutné stanovit odpovídající ochlazovací režim experimentálně. Experiment též může posloužit jako validace či zpřesnění odhadu pomocí ARA diagramu.

Testy v průmyslových podmínkách, jsou velmi drahé, a proto je vhodnější provést několik testů na menších vzorcích v laboratoři. Velikost vzorku je důležitým faktorem. Vzorek by měl mít obdobnou tloušťku a tvar, jako má finální produkt v provozních podmínkách. Typ trysky a tlak vody jsou hlavní parametry použité pro dosažení požadované struktury materiálu. Typ trysky a její tlak jsou voleny s přihlédnutím k proměřené databázi intenzit chlazení trysek. Experimentální zařízení je schopné chladit v široké škále režimů. Chladicí režim je postupně upravován, dokud není dosažena optimální struktura materiálu.

2.1 Experimentální zařízení a experimentální postup

Experimentální zařízení bylo postaveno za účelem nalezení optimální strategie chlazení pro danou ocel (obr. 3). Tvoří ho elektrická pec, tryska, pojezdový vozík se zkušební vzorkem a deflektor.

Testovaný vzorek o rozměrech 50 x 50 x 62 mm byl vyroben z oceli 20MnV6. Vzorek byl osazen čtyřmi termočlánky umístěnými 3, 12, 21 a 50 mm pod chlazeným povrchem. Testovaný vzorek byl zahřát v elektrické peci na počáteční teplotu 900 °C. V průběhu ohřevu byla v peci inertní atmosféra zabraňující oxidaci. Po ohřevu vzorku na požadovanou teplotu byl vzorek přesunut do chladicí polohy pod tryskou. Pneumaticky řízený deflektor byl otevřen a započalo chlazení horkého vzorku (obr. 4). Teploty v daných polohách byly měřeny termočlánky a zaznamenávány během experimentu. Změřené teploty jsou vykresleny v obr. 5.



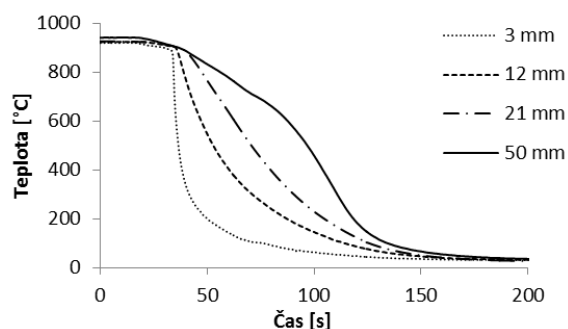
Obr. 3 Experimentální zařízení

Fig. 3 Experimental apparatus



Obr. 4 Fotografie testovacího vzorku po vyjmutí z pece (vlevo) a v průběhu chlazení tryskou (vpravo)

Fig. 4 Photo of the test sample after its removal from the furnace (left) and during cooling by the nozzle (right)

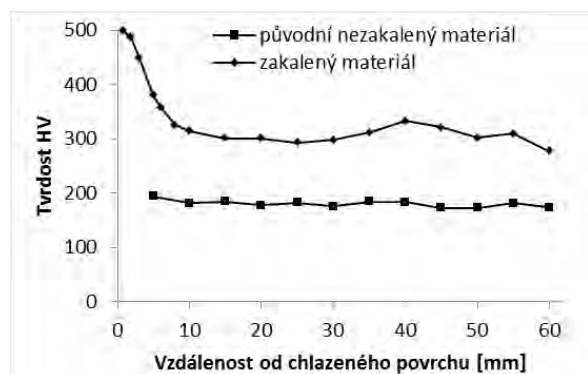


Obr. 5 Změřené teploty 3, 12, 21 a 50 mm pod povrchem chlazeného povrchu

Fig. 5 Measured temperatures 3, 12, 21 and 50 mm under the cooled surface

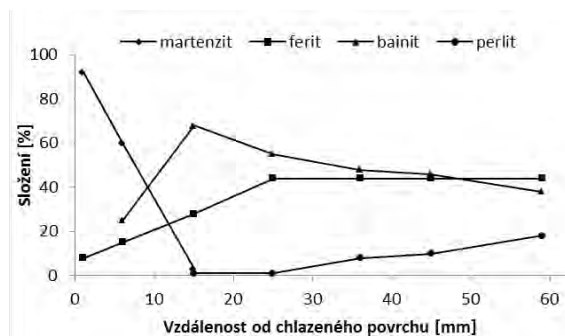
2.2 Změřená tvrdost a mikrostruktura

Po experimentu byl vzorek rozřezán, byla změřena tvrdost a pozorována mikrostruktura v ose vzorku. Kalení významně zvýšilo tvrdost (obr. 6) a podíl martenzitu ve struktuře v blízkosti povrchu (obr. 7). Martenzitická struktura se vyskytla do hloubky 15 mm. Hluběji v materiálu se vyskytuje bainit, ferit a perlit.



Obr. 6 Změřená tvrdost (zakalený materiál - HV30, původní materiál - HV 20)

Fig. 6 Measured hardness (quenched material - HV30, original material - HV 20)



Obr. 7 Změřené strukturní složení materiálu

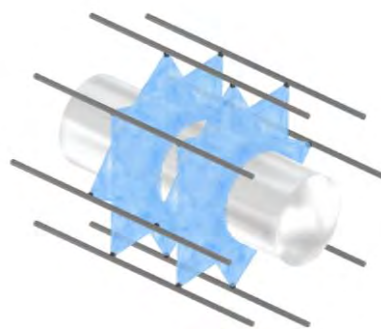
Fig. 7 Measured phase composition

3. Návrh chladicí sekce

Chladicí sekce je navrhována v závislosti na výsledcích měření chladicích charakteristik trysek (databáze intenzit chlazení trysek), mikrostrukturních testů s malými vzorky a numerických simulací různých strategií

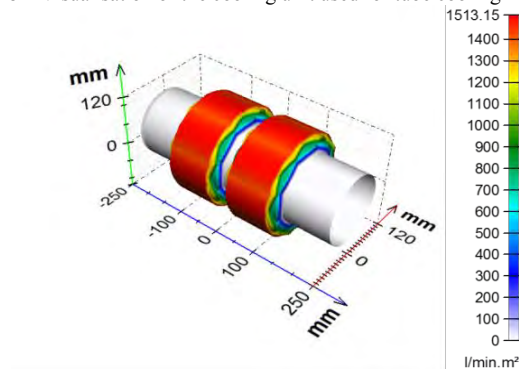
chlazení. Důležitým faktorem, který je třeba zohlednit při návrhu chladicí sekce, je volba správné intenzity a rovnoměrnosti chlazení.

Rozložení dopadající vody je hlavní faktor ovlivňující intenzitu chlazení a rovnoměrnost chlazení. Příklad vypočteného rozložení dopadající vody chladicí sekce (obr. 8) určené k chlazení trubek je uveden na obr. 9. Rozložení dopadající vody bylo vypočítáno pomocí programu vyvinutého v Laboratoři přenosu tepla a proudění VUT v Brně. Ukázku laboratorní chladicí sekce určené pro tepelné zpracování kolejnic uvádí obr. 10.



Obr. 8 Ukázka chladicí sekce určené k chlazení trubek

Fig. 8 Visualisation of the cooling unit used for tube cooling



Obr. 9 Vypočtené rozložení vody pro chladicí sekci určenou k chlazení trubek

Fig. 9 Computed water distribution of the cooling unit used for tube cooling



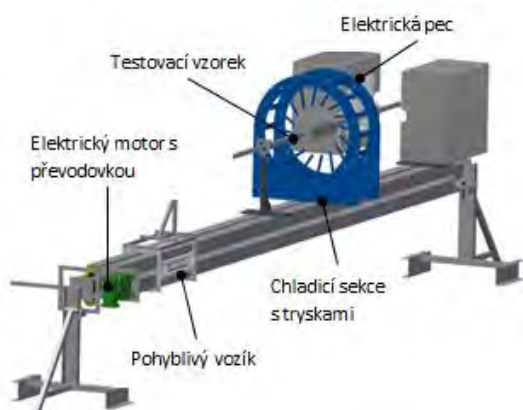
Obr. 10 Laboratorní chladicí sekce sloužící k tepelnému zpracování kolejnic

Fig. 10 Laboratory cooling unit used for rail heat treatment

4. Testy se vzorky skutečných rozměrů

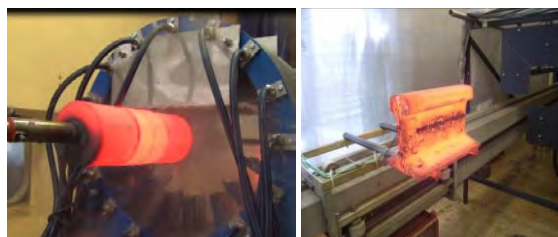
Laboratorní zařízení bylo navrženo pro testování chlazení a tepelné zpracování vzorků skutečných rozměrů [9, 10]. Reálný vzorek trubky, kolejnice nebo

plechu je osazen termočlánky a následně je testován chladicí režim v navržené chladicí sekci. Délka laboratorního zkušebního zařízení (obr. 11) je omezena z důvodu manipulace v laboratoři, a proto před vstupem do zkoušené chladicí sekce musí být pohyb vzorku urychlen na úroveň rychlosti obvykle se používající v provozu. Po projití vzorku chladicí sekci se směr jeho pohybu obrátí. Tímto způsobem se vzorek opakovaně reverzním způsobem pohybuje přes chladicí sekci. Proces chlazení je řízen tak, aby simuloval průchod vzorku dlouhou chladicí sekci o běžných rozměrech v provozu. Zvolená konfigurace chladicí sekce (trysky, tlak vody a umístění trysek) je testována a dále postupně modifikována, dokud není docíleno požadovaného teplotního režimu. Vzorky skutečných rozměrů jsou (obr. 12) po působení požadovaného teplotního režimu rozříznuty a jsou u nich vyhodnoceny materiálové vlastnosti a struktura.



Obr. 11 Laboratorní zařízení pro testování vzorků skutečných rozměrů

Fig. 11 Laboratory test bench used for tests with full-scale samples



Obr. 12 Vzorky trubky a kolejnice vjíždějící do chladicí sekce

Fig. 12 Samples of tube and rail running to the cooling section

Závěr

V Laboratoři přenosu tepla a proudění VUT v Brně byla vyvinuta metodika pro návrh in-line tepelného zpracování ocelových profilů a trubek. Využívá numerického modelování, laboratorního měření a v případě realizace také zkušební provozní testy. Prvním krokem je nalezení optimálního chladicího režimu. Druhým krokem je získání přehledu technických možností pro zajištění požadovaných intenzit chlazení.

Posledním krokem návrhu jsou laboratorní testy se vzorky skutečných rozměrů simulující reálné provozní podmínky. Návrh chlazení pro tepelné zpracování založený na laboratorních měřeních minimalizuje množství drahých experimentů prováděných přímo v provozu, eliminuje možné chyby a umožňuje nastavitelnost různých chladicích režimů.

Poděkování

Výsledky tohoto projektu NETME CENTRE PLUS (LO1202) byly získány za finančního přispění MŠMT v rámci účelové podpory programu “Národní program udržitelnosti I”.

Literatura

- [1] KOTRBÁČEK, P., HORSKÝ, J., RAUDENSKÝ, M., POHANKA, M. Experimental Study of Heat Transfer in Hot Rolling. *Revue de Metallurgie*, Vol. 4, 2005, pp. 42-43
- [2] CHABIČOVSKÝ, M., RAUDENSKÝ, M. Experimental Investigation of a Heat-Transfer Coefficient. *Materiali in tehnologije/Materials and Technology*, Vol. 47, 2013, No. 3, pp. 395-398
- [3] WENDELSTORF, J., SPITZER, K. H., WENDELSTORF, R. Spray Water Cooling Heat Transfer at High Temperatures and Liquid Mass Fluxes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 51, 2008, No. 19-20, pp. 4902-4910
- [4] RAUDENSKÝ, M., HNÍZDIL, M., HWANG, J. Y., LEE, S. H., KIM, S. Y. Influence of the Water Temperature on the Cooling Intensity of Mist Nozzles in Continuous Casting. *Materiali in tehnologije/Materials and Technology*, Vol. 46, 2012, No. 3, pp. 311-315
- [5] SINHA, J., HOCHREITER, L., CHEUNG, F. B. Effects of Surface Roughness, Oxidation Level and Liquid Subcooling on the Minimum Film Boiling Temperature. *Experimental Heat Transfer*, Vol. 16, 2003, No. 1, pp. 45-60
- [6] RAUDENSKÝ, M., CHABIČOVSKÝ, M., HRABOVSKÝ, J. Impact of Oxide Scale on Heat Treatment of Steels. In: *23rd Conference on Metallurgy and Materials*, 2014, Ostrava: Tanger s.r.o., pp. 297 – 303
- [7] RAUDENSKÝ, M. Heat Transfer Coefficient Estimation by Inverse Conduction Algorithm. *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*, Vol. 3, 1993, No. 3, pp. 257-266
- [8] POHANKA, M., HORSKÝ, J. Inverse Algorithms for Time Dependent Boundary Reconstruction of Multidimensional Heat Conduction Model. In: *Seminar of Thermophysics 2007*, Bratislava: October, 2007, Slovakia, pp. 14-23
- [9] POHANKA, M., BELLEROVÁ, H., RAUDENSKÝ, M. Experimental Technique for Heat Transfer Measurements on Fast Moving Sprayed Surfaces. *Journal of ASTM International*, Vol. 6, 2009, No. 4, pp. 1-9
- [10] RAUDENSKÝ, M., HORSKÝ, J., HAJDUK, D., CECHO, L. Interstand Cooling – Design, Control and Experience. *Journal of Metallurgical and Mining Industry*, Vol. 2, 2010, No. 3, pp. 193-202

hutní výroba v ČR a SR

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2014 a 2013

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	leden	únor	leden-únor	leden		únor		leden-únor	
	2015	2015	2015	2014	2015/14	2014	2015/14	2014	2015/14
		tis.t		tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	299,19	265,93	565,12	294,80	101,49	265,22	100,27	560,02	100,91
z toho (HŽ) ČR	157,52	140,14	297,67	159,58	98,71	143,63	97,57	303,21	98,17
(HŽ) SR	141,67	125,78	267,45	135,22	104,77	121,59	103,45	256,81	104,14
AGLOMERÁT									
CELKEM	881,08	759,08	1 640,16	777,21	113,36	725,93	104,57	1 503,14	109,12
z toho ČR	549,18	487,98	1 037,16	461,61	118,97	428,23	113,95	889,84	116,56
SR	331,90	271,10	603,00	315,60	105,16	297,70	91,06	613,30	98,32
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	721,98	629,59	1 351,57	678,82	106,36	614,87	102,39	1 293,69	104,47
z toho ČR	370,20	317,70	687,90	360,41	102,72	329,75	96,35	690,16	99,67
SR	351,78	311,89	663,66	318,41	110,48	285,12	109,39	603,53	109,96
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	914,03	811,70	1 725,73	850,51	107,47	785,57	103,33	1 636,08	105,48
z toho ČR	487,50	423,60	911,10	457,42	106,58	433,05	97,82	890,47	102,32
SR	426,53	388,10	814,63	393,09	108,51	352,52	110,09	745,60	109,26
KONTISLITKY									
CELKEM	872,00	770,28	1 642,28	814,03	107,12	745,92	103,27	1 559,95	105,28
z toho ČR	446,36	383,08	829,45	421,87	105,81	394,34	97,15	816,21	101,62
SR	425,63	387,20	812,83	392,16	108,54	351,59	110,13	743,74	109,29
BLOKOVNY									
CELKEM	50,17	47,63	97,80	49,01	102,37	45,02	105,80	94,03	104,01
z toho ČR	50,17	47,63	97,80	49,01	102,37	45,02	105,80	94,03	104,01
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	781,15	758,38	1 539,54	784,07	99,63	715,49	106,00	1 499,56	102,67
z toho ČR	404,37	397,60	801,96	433,57	93,26	398,42	99,79	832,00	96,39
SR	376,79	360,79	737,57	350,50	107,50	317,07	113,79	667,57	110,49
TRUBKY									
CELKEM	66,32	63,33	129,65	61,73	107,43	62,73	100,95	124,46	104,17
z toho ČR	47,18	44,00	91,18	42,40	111,26	43,39	101,41	85,79	106,28
SR	19,14	19,33	38,47	19,33	99,03	19,34	99,93	38,67	99,48
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)ČR	19,45	15,08	34,53	17,97	108,21	15,37	98,10	33,35	103,55
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)ČR	1,60	1,28	2,88	2,83	56,41	2,60	49,17	5,43	52,95
POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné									
Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala									

zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť

Nový tkaninový filtr pro aglomeraci v ArcelorMittal Ostrava

Huť ArcelorMittal Ostrava (AMO) začala stavět nejvýznamnější z dotovaných ekologických investic – odprašení spalin z aglomerace-jih tkaninovým filtrem. Ten představuje nejlepší řešení odprašování a huť díky němu a stávajícímu elektrostatickému filtru sníží své emise více, než udává legislativa EU. Celkem zachytí dalších 94 t prachu ročně, včetně nejmenších prachových částic, benzo(a)pyrenu a dioxinů. Zakázku zhotoví místní dodavatel – ostravská společnost Paul Wurth ve spolupráci s dalšími lokálními subdodavateli, jako je např. Stamont či Teplotechna Ostrava. Odprašení za 365 mil. Kč patří mezi letošních 13 nejvýznamnějších ekologických investic s celkovými investičními náklady 3,1 mld. Kč, na které AMO v souladu se splněním emisních limitů podle předpisu EU získala až 90 % dotace.

Přínos investice se plně projeví už v příštím roce. Filtr se plánuje spustit nejpozději letos v prosinci.

ArcelorMittal Ostrava zahájila výkopové práce pro odprašení jižní části aglomerace v únoru tohoto roku. Buduje základy tkaninového filtru, který do konce roku posílí odprašování spalin na zbývajících dvou pásech menší, jižní části aglomerace. Huť nyní drží emise pod nejpřísnějšími evropskými limity díky modernizovaným elektrostatickým filtrům a gigantickému tkaninovému filtru, který zdokonaluje odprašování na třech spékacích pásech již od podzimu roku 2011. Také nový tkaninový filtr naváže na stávající odprašování zbývajících dvou

spékacích pásů. Celá aglomerace rud – všech pět pásů – se tak bude v AMO odprašovat dvoustupňově, a to dvěma typy filtrů zároveň.

Tkaninový filtr bude velký přibližně jako třípatrový dům, s celkovou plochou tkaninových filtračních hadic přes 18 tis. m². Kromě prachu si technologie poradí také s polycyklickými aromatickými uhlovodíky (včetně B(a)P) a dioxiny, které sníží více než o 90 %. Filtr disponuje vysokou efektivitou zaručující nepřetržitý provoz, s pouhými 4 % celoročního kalendářního času na údržbu.

Spékací pásy aglomerace ještě v 80. letech odprašovaly tzv. cyklóny, které v 90. letech nahradily účinnější elektrostatické filtry. Ty byly průběžně modernizovány a v říjnu roku 2011 je na větší části aglomerace posílily největší tkaninové filtry v celé huti. Stejně účinné filtry odpraší do konce roku také.

Postupné snižování limitů pro emise tuhých znečišťujících látek u aglomerací AMO (mg/m³):

do 1997	1998-2009	2010-2011	2012-2015	od 3/2016
400	100	50	20	<10

red. (podle zdroje: Barbora Černá Dvořáková, AMO, tisková zpráva, 11. 2. 2015)



Stávající provoz odprašení



Spékací pás

ze spolkové činnosti a odborných akcí

Zkušenosti se zvyšováním ekonomické efektivity výroby odlitků

doc. Ing. Václav Kafka, CSc., Česká slévárenská společnost, odborná komise ekonomická

Po založení odborné komise ekonomické (OKE) při České slévárenské společnosti (ČSS) se zvažovala její budoucí náplň. Jako zcela přirozené se jevílo zaměření na ekonomickou efektivnost sléváren. Následně vyplynulo, že cílem by mělo být zejména *hledání konkrétních opatření* na její zvyšování. Nad tímto záměrem se OKE hlouběji zamýšlela.

1. Zvyšování ekonomické efektivity sléváren

Výrobní proces ve slévárnách sestává z velice rozsáhlého souboru činností. Zahrnuje nasazení a využití moderní techniky. Následně aplikace špičkových technologií. Patří sem i moderní systémy řízení, optimální využití výpočetní techniky, hledání vhodných osobností pro řízení a jejich optimální začlenění do organizační struktury sléváren. Nemůžeme opomenout maximální využití vrozených vlastností neboli talentů všech pracovníků sléváren.

Pro rozhodování o cílech OKE a hledání cest, jak je dosáhnout, bylo důležité vyjít ze skutečnosti, že v ČSS již dlouho pracují odborné komise (OK), které si již prošly danou oblastí působnosti.

1.1 Využití poznatků již činných odborných komisí technického zaměření v ČSS

Uveďme si například OK pro formovací materiály, OK pro litinu s lupinkovým a kuličkovým grafitem (LLG, LKG), OK pro tavení oceli na odlitky, OK technologickou, OK lití pod tlakem, nebo OK pro neželezné kovy. Tyto OK se zaměřují na výrobu odlitků z pohledu aplikace moderní techniky, efektivních technologií, využití moderních výrobních postupů a pracovních procesů atd. Jejich činnost vede ke zvyšování ekonomické efektivity vyráběných odlitků. Členy těchto OK jsou obvykle zkušení technici, metalurgové a technologové. Bylo tedy zřejmé, že zakládaná OKE nemůže v žádném případě dublovat vyjmenované okruhy působnosti ČSS. Spíše je může využívat a na zjištěné poznatky vhodně navazovat.

Při posuzování práce těchto OK jsme očekávali zadání ke své činnosti. Požadavky jsme předpokládali především tam, kde technologové nebo metalurgové

měli možnost volit mezi dvěma nebo více výrobními postupy, které mají ve svém důsledku stejný nebo obdobný výsledek. V tom případě by se zcela logicky měl zavádět ten proces, který bude mít příznivější nákladové charakteristiky.

Byť OKE toto zaměření ostatním OK v ČSS technického a technologického zaměření nabízela, neobdržela konkrétní požadavky. Proč se tak stalo, by jistě zasluhovalo podrobnějšího rozboru. OKE nabylo dojmu, že techničtí pracovníci jsou do jisté míry v zajetí ryze technologického nebo metalurgického řešení svého konkrétního problému a jeho ekonomické charakteristiky jsou pro ně buď pouze druhotné nebo nejsou vůbec předmětem jejich posuzování.

Tento přístup bohužel není výjimečný a jeho kořeny se táhnou daleko před rok 1989. Tehdy jako důsledek socialistického plánování a řízení byly nákladové charakteristiky výroby velice zkrácené a na ekonomii se hledělo se silným despektem. Tento přístup u nás, zejména u některých technických pracovníků, mnohdy dosud ještě přetrvává.

Členskou základnu OKE tehdy tvořili podnikoví nebo závodní ředitelé a finanční ředitelé sléváren, v menší míře i technologové nebo metalurgové, kteří věděli, že nákladovost je významnou a někdy možná i rozhodující vlastností vyrobeného odlitku. Museli jsme udělat závěr, že je třeba na posuzování a následné zvyšování ekonomické efektivity odlitků hledat cestu samostatně.

1.2 Metodické zaměření OKE na posuzování ekonomické efektivity výroby odlitků

Vyšli jsme z definice ekonomické efektivity [1]. Podle ní je ekonomická efektivnost „*abstraktní pojem, který popisuje stav ekonomiky (resp. ekonomického modelu). Z hlediska vstupů a výstupů je to snaha o minimalizaci nákladů a maximalizaci užítu.*“ Pro naše potřeby jsme si *stav ekonomiky* nahradili zcela konkrétním pojmem *výroba odlitků*. Při praktickém posuzování si *maximalizaci užítu* konkretizujeme objednaným odlitkem ze zadaného materiálu, zadaných rozměrů, počtu kusů atd. a s dodávkou v určeném čase,

jak si to vše specifikoval zákazník. Tedy jinými slovy – před OKE byl úkol *hledání minimálních nákladů při výrobě odlitků*.

Je samozřejmé, že úlohu *hledání minimálních nákladů* lze řešit různými přístupy. Od ryze teoretických nákladových kalkulací až po zcela reálná a konkrétní provozní šetření. Vzhledem k tomu, že výsledky OKE měly být ve slévárnách plně aplikovatelné, museli jsme svoje práce směřovat jednoznačně na provozní řešení. Měli jsme tedy zkonkretizované zadání: *hledání minimálních nákladů odlitku provozním řešením*.

Byť se nám zadání úlohy dále zúžilo, neměli jsme určenou výchozí metodu k hledání minimálních nákladů na výrobu zákazníkem zadaného odlitku. Po zevrubné diskusi a využití dřívějších zkušeností jsme se rozhodli pro relativně jednoduchou a všeobecně známou metodu – *porovnání*. Tento způsob je patrně nejjednodušší ze všech možných přístupů. Byl již také dříve úspěšně posouzen [2]. S využitím této metody bylo úspěšně vypracováno osm studií OK tavení oceli na odlitky v letech 1978 až 1994. Uvedme kupříkladu postup hledání minimálních nákladů konkrétního odlitku, který se konkretizoval na *porovnání nákladů na jejich výrobu v různých slévárnách* [3]. Dalším postupem, například metodou nákladové analýzy, se dopracovat k jejich minimální výši. Ve výsledku je tedy porovnání *úplných vlastních nákladů* (UVN) *výroby příslušného odlitku v různých slévárnách*. To byl však velice problémový úkol, poněvadž jak je známo, znalost konkrétních UVN produktu je předmětem obchodního tajemství prakticky každé výrobní jednotky. Tedy cestou porovnání UVN vyrobeného odlitku jsme se nemohli ubírat.

Bližší analýzou problému se již dříve ukázalo, že tato cesta by také nebyla prakticky schůdná. ÚVN se velice zjednodušeně skládají v první řadě z nákladů, které může výrobní středisko (příslušné osádky) *přímo ovlivnit*. Při výrobě tekutého kovu jsou to především náklady na vsázku, přísady, energie atd. Výrobní středisko však nemůže *přímo ovlivnit* druhou část ÚVN: odpisy základních prostředků, náklady osvětlení, vytápění, osobní náklady vedení a režijních pracovníků, různé výrobní, zásobovací, správní režie, atd. Jejich výše je dána zejména dřívějším vývojem výrobní jednotky, organizačním začleněním, apod. To samozřejmě neznamená, že jejich náklady by neměly být předmětem kritického posouzení. OKE se proto rozhodla, že jejich stanovení bude až druhotné.

Předmětem posouzení byly tedy náklady výrobním střediskem *přímo ovlivnitelné*. Ty byly pojmenovány jako tak zvané *neúplné vlastní náklady* (NVN). Podíl NVN z ÚVN je pro každou výrobní jednotku odlišný. A to jak ve slévárnách, tak i ocelárnách, válcovnách a dalších provozech. Tato metoda se začala vyvíjet v šedesátých letech minulého století [4]. Následně byla úspěšně ověřena v českých ocelárnách a slévárnách [5]. Dopracovali jsme se do stavu, kdy předmět porovnání (NVN) již nebyl předmětem utajení a bylo s ním možné

ve slévárnách konkrétně pracovat. Dále jsme si uvědomili, že předmětem šetření nemůže být v zásadě odlitek jako celek, ale je třeba postupovat po hlavních fázích jeho výroby.

Následným, a to zcela zásadním krokem bylo vytvoření řešitelského týmu. Zde jsme postupovali zcela na základě zájmu sléváren a jejich dobrovolnosti. Základ řešitelského týmu tvořily vždy slévárny. Doplnovali je zástupci odborných organizací a odborných komisí ČSS. Členy týmu byly po řadu let také studenti a doktorandi VŠB-TU Ostrava.

Samozřejmě, že taková rozsáhlá práce nemůže nemít alespoň minimální finanční zajištění, které hradilo náklady na vytištění zpráv, zajištění konání porad řešitelů, symbolické – alespoň minimální ocenění práce členů řešitelského kolektivu a další nutné činnosti. Na této části finančního zajištění participovaly především zúčastněné slévárny, ale i ČSS a OKE.

Naše práce se podařilo organizovat vždy v ročních cyklech. Na toto období jsme si rámcově vytýčili objem práce. Řešitelské činnosti byly koordinovány na pravidelných schůzkách, kterých bylo asi 10 v daném období. Roční výsledky jsme následně shrnuli do písemné zprávy. Za zcela zásadní jsme považovali po ukončení řešení zorganizování řádného oponentního jednání. To se obvykle konalo v lednu po uzavření roční činnosti řešitelského kolektivu. Závěry a doporučení oponentního řízení byly v první fázi zohledněny při tvorbě sborníku pro následující seminář uspořádaný pro odbornou slévárenskou veřejnost. Základem sborníku byla vždy písemná zpráva vypracovaná v minulém ročním období, v níž byly výsledky publikovány anonymně, bez udání konkrétní výrobní jednotky a závěry z oponentních řízení.

Cílem konání pravidelných seminářů bylo v první řadě seznámit odbornou slévárenskou veřejnost s dosaženými závěry v PROJEKTU. Dále to byly diskuse k získaným výsledkům a jejich porovnání s případnými zkušenostmi řešení obdobné problematiky v jiných výrobních jednotkách. Z těchto seminářů, které obvykle proběhly v březnu, tj. brzy po oponentním jednání, často vzešly náměty dalších prací OKE pro příští období. Konání semináře představovalo definitivní ukončení práce řešitelského týmu a zorganizování nového kolektivu pro práce na následném PROJEKTU.

2. Konkrétní zkušenosti s hledáním cest vedoucích ke zvyšování ekonomické efektivnosti

Nejprve se alespoň stručně zmíníme o metodickém postupu při řešení každé posuzované oblasti (PROJEKTU).

2.1 Základní metodická východiska řešení PROJEKTŮ

V úvodu řešení každé výrobní fáze odlitků jsme nejprve sestavili model stanovení její nákladové náročnosti. Vycházeli jsme nejprve z pečlivého popisu všech pracovních úkonů pro danou výrobní fázi. Do nákladového modelu jsme nemohli zahrnout veškerá nákladová čerpání. Snažili jsme se, aby příslušné náklady byly vždy stanoveny pokud možno exaktním způsobem. Vyskytly se však také i případy, kdy jsme přistoupili k použití odborných odhadů. U minoritních nákladů, kdy příslušný výdaj by byl stanoven vynaložením mimořádných výloh, jsme přistoupili k jejich nezahrnutí do propočetů. Vždy jsme však provedli propočet výše chyby, která tím byla způsobena. Ve všech případech byla spíše zanedbatelná.

V nejvyšší míře jsme dbali na porovnatelnost srovnávaných fází. U výpočtů nákladů pro tekutý kov jsme srovnávali tyto hodnoty dané pro jakosti dle normy ČSN s odpovídajícími hodnotami v různých slévárnách navzájem. U přípravy formovacích směsí byly předmětem porovnání nákladové hodnoty pro formovací směsi, například jednotné bentonitové směsi. Tedy opět jsme porovnávali náklady jednotné formovací směsi připravené v zúčastněných slévárnách mezi sebou. Problematičtější byla situace u výroby formy. Tam jsme měli snahu porovnávat formy pro stejný odlitek. Samozřejmě se to ne vždy mohlo podařit. Proto jsme měli snahu pracovat s odlitky stejné hmotnostní a tvarové kategorie. Také u posuzování apretace, např. tryskání nebo tepelné zpracování, jsme zase srovnávali odpovídající výrobní náklady. Ty jsou charakterizovány jako náklady na apretaci dané pouze opravou povrchových vad odlitků po provedení vizuální kontroly. Pokud zákazník vyžadoval vyšší požadavky na vnitřní čistotu a homogenitu odlitku (dle nároků definovaných nedestruktivními zkouškami) a bylo-li nutné provést dodatečné apretační zásahy, pak náklady na ně vynaložené již nebyly do porovnání zahrnovány.

Náklady pro danou výrobní fázi byly stanoveny podle naznačených metodických postupů. Následně, tam kde to bylo alespoň trochu možné, se prováděl rozbor, proč jsou pro danou slévárnu náklady vyšší nebo nižší a za jakých podmínek by mohlo dojít k jejich změně. Posuzování úrovně vynaložených nákladů doprovázelo obvykle posouzení technického stavu zařízení specialistou, což se uplatnilo především u tryskacích zařízení a žhavicích pecí. Snažili jsme se také hledat závislosti nákladů příslušné fáze na vytvořených charakteristikách odlitků. Příkladem mohou být náklady na apretaci odlitků na osmi charakteristikách (uvedme třeba modul odlitku). Z uvedeného vyplývá, že každý PROJEKT byl doplněn řadou doporučení a námětů, jak náklady v dané slévárně snižovat.

2.2 Přehled řešených PROJEKTŮ

Celkově bylo řešeno 15 PROJEKTŮ [6-20]. Na jejich řešení se podílelo celkem 22 sléváren, 5 odborných organizací, studenti a doktorandi. Celkem prošlo týmy podílejícími se na šetření 68 řešitelů. Ve 12

PROJEKTECH se zúčastnily Slévárny Třinec, a.s. a Slévárny a modelárny Nové Ransko, s.r.o. s relativně nejmenší účastí se na řešení podílely 2 slévárny. Největší účast v řešení mělo 8 sléváren.

Tematicky byly jednotlivé PROJEKTY zaměřené následovně. Na výrobu tekutého kovu byly orientovány tři PROJEKTY, a to PROJEKT I. (PI) [6], PV [10] a PVI [11]. Následovaly práce věnující se nákladům odlitku celkem – PII, PIII a PIV [7, 8, 9]. Příprava formovacích směsí byla hlavním tématem PVII, PVIII a PIX [12, 13, 14]. Výrobu formy řešily PX a PXI. [15, 16]. Apretaci odlitku se zabývaly čtyři poslední práce PXII, PXIII. PXIV a PXV [17, 18, 19, 20].

Zcela zásadní je přínos této činnosti jak pro výrobní jednotky zúčastněné na řešení, tak i pro ostatní slévárny.

2.3 Přínos PROJEKTŮ pro slévárny

OKE si nevede statistiku o přínosu řešení PROJEKTŮ. Jednak by to asi bylo velice problematické a dále pokud by tato činnost nebyla pro slévárny přínosná, tak by pravděpodobně o ni nebyl zájem. Je třeba říci, že v posledních PROJEKTECH počet zúčastněných sléváren v řešitelském týmu roste. Kupříkladu v PXV je jich již 8 a dvě odborné organizace. Máme potvrzené informace, že slévárny řadu navržených doporučení zavádějí a že řada účastníků si podle konkrétních ověřených metodik sama provádí různá šetření a sledování. Využívá tyto postupy pro plánovací a rozborovou činnost.

Přínos bude rozhodně významně vyšší pro členy řešitelských týmů. Ti mají jednak mimořádnou možnost během oněch cca 10 schůzek každého PROJEKTU plně zvládnout zejména metodické přístupy jak nově řešeného problému a jednak se zejména seznámit s pojetím jiných sléváren k již zvládnutým úlohám. Tento efekt byl hodnocen finančními řediteli jako zvláště přínosný.

Neopominutelným přínosem popsaného způsobu řešení PROJEKTŮ je využití brainstormingového efektu na seminářích i při pracovních jednáních řešitelských týmů, kde panuje vysoce tvůrčí přístup. Neopominutelným přínosem je vytipování nových námětů, ke kterým týmy docházejí. Nechceme se záměrně pozastavovat u paradoxních zjištění, kdy kupříkladu náklady na přípravu výplňové formovací bentonitové směsi (nejméně kvalitní) byly významně vyšší než na modelovou bentonitovou směs. I taková zjištění nebyla výjimkou, a to z důvodu, že slévárny tato porovnání dříve běžně neprováděly.

Potvrzuje se, že ty slévárny, které se samy aktivně podílejí na řešení PROJEKTŮ, realizují u sebe výsledky řešení více než ty, které se seminářů jen pasivně zúčastňují.

Velice názorně a přesvědčivě je problematika *vnímání nákladové náročnosti jakéhokoli úkonu účastníky*

řešitelského týmu popsána v PXV: pohled na technickou, technologickou, organizační aj. operaci je u nich těsně spjat s nákladovou stránkou. Na nezdůvodněné čerpání nákladů je pohlíženo jako na zbytečné plýtvání.

Závěr

Slévači si v celkem 15 PROJEKTECH prošetřili veškeré fáze výroby odlitků od tekutého kovu až po apretaci. Platí poznatek, že ta slévárna, která má snahu pracovat s co nejnižší nákladovou náročností v těchto PROJEKTECH může najít podněty a návrhy, které mohou být pro ni zajímavé. Pro jiné obory mohou být podnětné mimo jiné i metodické přístupy, které slévači někdy velice těžce vypracovali.

Očekává se, že v roce 2015 dojde k pokračování řešení PROJEKTŮ v oblasti tryskání a zejména u tepelného zpracování.

Literatura

- [1] Ekonomická efektivnost, www.wikipedie.org, [cit. 8.12.2018]
- [2] KAFKA, V., BŮŽEK, Z.: Kritické posouzení používaného způsobu vyhodnocování racionalizačních opatření při výrobě elektrooceli. *Hutník*, 1971, č. 4, s. 125-130
- [3] KAFKA, V., HAVRLANT, J., KUPKA, F., LEVÍČEK, P., PAVLINA, J., ŠENBERGER, J., ŠPUNDA, V.: *Technicko-ekonomická analýza výroby oceli na odlitky v elektrických obloukových a indukčních pecích*. OK tavení oceli na odlitky při ČSS, prosinec 1978
- [4] KAFKA, V., BŮŽEK, Z.: Nová metoda zjišťování vlastních nákladů elektrooceli. *Hutnické listy*, roč. XXVI, 1971, č. 3, s. 171
- [5] KAFKA, V., BŮŽEK, Z., MARTÍNEK, L., FILA, P., BAIL, V., ČÁMEK, L.: Znalost nákladů vyráběné oceli – nezbytná podmínka pro efektivní řízení výroby. In: *X. mezinárodní vědecká konference IRON AND STEELMAKING*, 18. - 20. 10. 2000, Szczyrk, Orle Gniazdo, Polsko, s. 225-228, ISBN 83-913330-1-9
- [6] KAFKA, V., ŠENBERGER, J., PALÁN, P., SZMEK, V., PACOLA, D., KUPKA, F., HYVNAR, V., STONAWSKI, J., KNIRSCH, V., REŠKA, R.: *Porovnání použitých technologií a jejich nákladů při výrobě tekuté fáze litin s lupinkovým a kulíčkovým grafitem a oceli na odlitky*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU I], Brno: Česká slévárenská společnost, březen 2001
- [7] KAFKA, V., ČERNÝ, J., KOUTNÍKOVÁ, I., LÁNA, I., LANČA, M., LEDVOŇOVÁ, A., NEJEDLÝ, J., POVOLNÝ, M., REŠKA, R., ŠENBERGER, J., VEPŘEK, V., VIZNAROVÁ, J.: *Porovnání nákladů na výrobu odlitků ze železných kovů*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU II], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2001
- [8] KAFKA, V., ŠENBERGER, J., COUFAL, J., ANDRES, J., REŠKA, R., ŠTÝBNAROVÁ, E., LEDVOŇOVÁ, A., BLAHUTOVÁ, L.: *Problematika průběžného sledování nákladů odlitků v českých slévárnách*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU III], Brno: Česká slévárenská společnost, listopad 2002
- [9] KAFKA, V., KRÁLÍČEK, P., ONDRÁČEK, Z., ŠENBERGER, J., BLAHUTOVÁ, L., KURKA, J.: *Ověření modelu průběžného sledování nákladů odlitků v českých slévárnách*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU IV], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2003

- [10] KAFKA, V., URBAN, R., ŠENBERGER, J., BLAHUTOVÁ, L., CHUDÁČEK, S., NETERDERT, K., MATUŠKA, M., SZMEK, V., KOSTELKA, A., LÁNA, I., ŠTĚPÁNEK, L.: *Možnosti nákladové redukce při výrobě tekuté fáze litin v českých slévárnách*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU V], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2004
- [11] KAFKA, V., ŠENBERGER, J., MATUŠKA, M., URBAN, R., SZMEK, V., KOSTELKA, CHUDÁČEK, S., NETERDERT, K., LÁNA, I., MACH, L., KURKA, V.: *Možnosti nákladových úspor při výrobě tekuté fáze oceli a litin v českých slévárnách*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU VI], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2005
- [12] KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., FOŠUM, J., CHUDÁČEK, S., SZMEK, V., KNIRSCH, V., DOUPOVEC, D., LÁNA, I., FRYČ, P., NOVOBILSKÝ, M., JOCHIM, P., ŠENBERGER, J., MARTIŇÁK, R.: *Vytvoření nákladového modelu přípravy formovacích směsí*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU VII], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2006
- [13] KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., FOŠUM, J., SZMEK, V., KNIRSCH, V., DOUPOVEC, D., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, M., JOCHIM, P., MARTIŇÁK, R.: *Problematika posuzování nákladovosti formovacích směsí*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU VIII], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2007
- [14] KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., FOŠUM, J., SZMEK, V., KNIRSCH, V., DOUPOVEC, D., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, M., JOCHIM, P., MARTIŇÁK, R., NEUDERT, A., VESELÝ, P., ŘEHÁČKOVÁ, K., ŘEHŮRKOVÁ, K., PAZDERKA, J., VOLEK, J.: *Rozšířený nákladový model přípravy formovacích směsí*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU IX], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2008
- [15] KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., KNIRSCH, V., DOUPOVEC, D., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, M., MARTIŇÁK, R., VESELÝ, P., ŘEHÁČKOVÁ, K., ŘEHŮRKOVÁ, K., PAZDERKA, MARKO, E., HERZÁN, M., VYLETOVÁ, B., JÍŘIKOVSKÝ, J., HŘEBÍČEK, L.: *Metodika nákladového hodnocení výrobní fáze přípravy formy*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU X], Brno: Česká slévárenská společnost, březen 2010, ISBN 978-80-02-02208-4
- [16] KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., DOUPOVEC, D., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, M., VESELÝ, P., HERZÁN, M., VYLETOVÁ, B., HŘEBÍČEK, L., POLOKOVÁ, O.: *Rozpracování nákladového hodnocení výroby forem*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU XI], Brno: Česká slévárenská společnost, prosinec 2010
- [17] KAFKA, V., HERZÁN, M., JELÍNEK, P., LÁNA, I., LASÁK, R., NOVOBILSKÝ, M., PAZDERKOVÁ, V., POLOKOVÁ, O., STANIČKOVÁ, G., VYLETOVÁ, B., DOUPOVEC, D.: *Vypracování metodiky nákladového hodnocení výrobní fáze apretace odlitků*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU XII], Brno: Česká slévárenská společnost, leden 2012
- [18] KAFKA, V., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, M., HERZÁN, M., VYLETOVÁ, BRHEL, J., JELÍNEK, P., LASÁK, R., MIČA, R., STANIČKOVÁ, G., STROUHALOVÁ, M.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (II. etapa)*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU XIII], prosinec 2012
- [19] KAFKA, V., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, M., HERZÁN, M., VYLETOVÁ, BRHEL, J., JELÍNEK, P., MIČA, R., FÍK, M., BRÁZDA, Z., MARKO, E., OBRTLÍK, J., MRÁZEK, M.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (III. etapa)*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU XIV], prosinec 2013
- [20] KAFKA, V., BRÁZDA, Z., FÍK, M., HERZÁN, M., JELÍNEK, P., KRÁL V., LÁNA, I., MIČA, R., NOVOBILSKÝ, M., OBRTLÍK, J., ŠAULÍK M., UHRIK P., VYLETOVÁ, B.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (IV. etapa)*. [Závěrečná zpráva PROJEKTU XV], prosinec 2014

ze života škol

Zevní fixátory v traumatologii a ortopedii – příklad úspěšné mezioborové spolupráce

Zevní fixace je běžně uznávanou metodou léčby komplikovaných, otevřených a nestabilních zlomenin, deformit a paklobů kostí lidí nebo zvířat. Výhodou je miniinvazivita a minitraumatizace zákroku, rychlá aplikace, dodatečné pooperační úpravy skeletu a možnost konverze na vnitřní fixaci. Velkým pozitivem je také úplné odstranění zevního fixátoru po skončení léčby a pacient tedy nemá v těle žádné cizí těleso.

Katedra aplikované mechaniky Fakulty strojní, společně s ostatními pracovišti VŠB – Technické univerzity Ostrava a s Fakultní nemocnicí Ostrava, se již od 90. let minulého století zabývají výzkumem, vývojem a aplikacemi nových konstrukcí zevních fixátorů všech typů.

Hlavními trendy zevních fixátorů jsou, vzhledem k jednoduchosti konstrukce, především rychlá montáž a demontáž a použití nových rentgen-transparentních materiálů (kompozitů), které napomáhají zkracovat délku chirurgického zákroku. Moderním požadavkem je

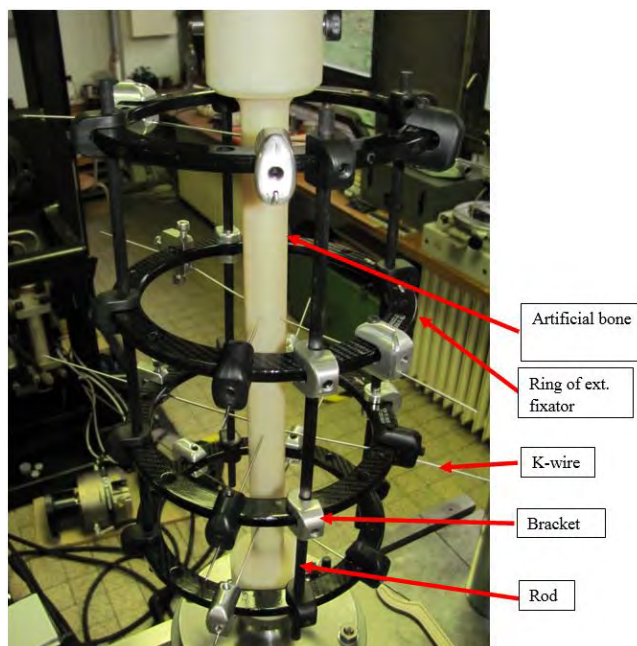
také nahrazení kovových vnějších částí, vyrobených obvykle z nerezové oceli, duralu nebo slitiny Ti6Al4V, kompozitními materiály na bázi uhlíkových vláken. Významným trendem je také snižování hmotnosti fixátoru, které bylo dosaženo výše zmíněnými kompozity a tvarovou optimalizací rozměrů pomocí pevnostní a tuhostní analýzy. Při řešení se hojně využily laboratorní experimenty a výpočty pomocí metody konečných prvků. Snižování hmotnosti spolu s optimálním designem zvyšuje větší komfort pacienta a usnadňuje práci lékařům. Nedílnou součástí řešení fixátorů je využití moderní nanotechnologie při aplikaci antibakteriálních povlaků vnějších částí s cílem snížení potenciální infekce poškozených tkání.

Kromě inženýrů a lékařů jsou do této práce zapojeni také studenti a doktorandi oboru Aplikovaná mechanika.

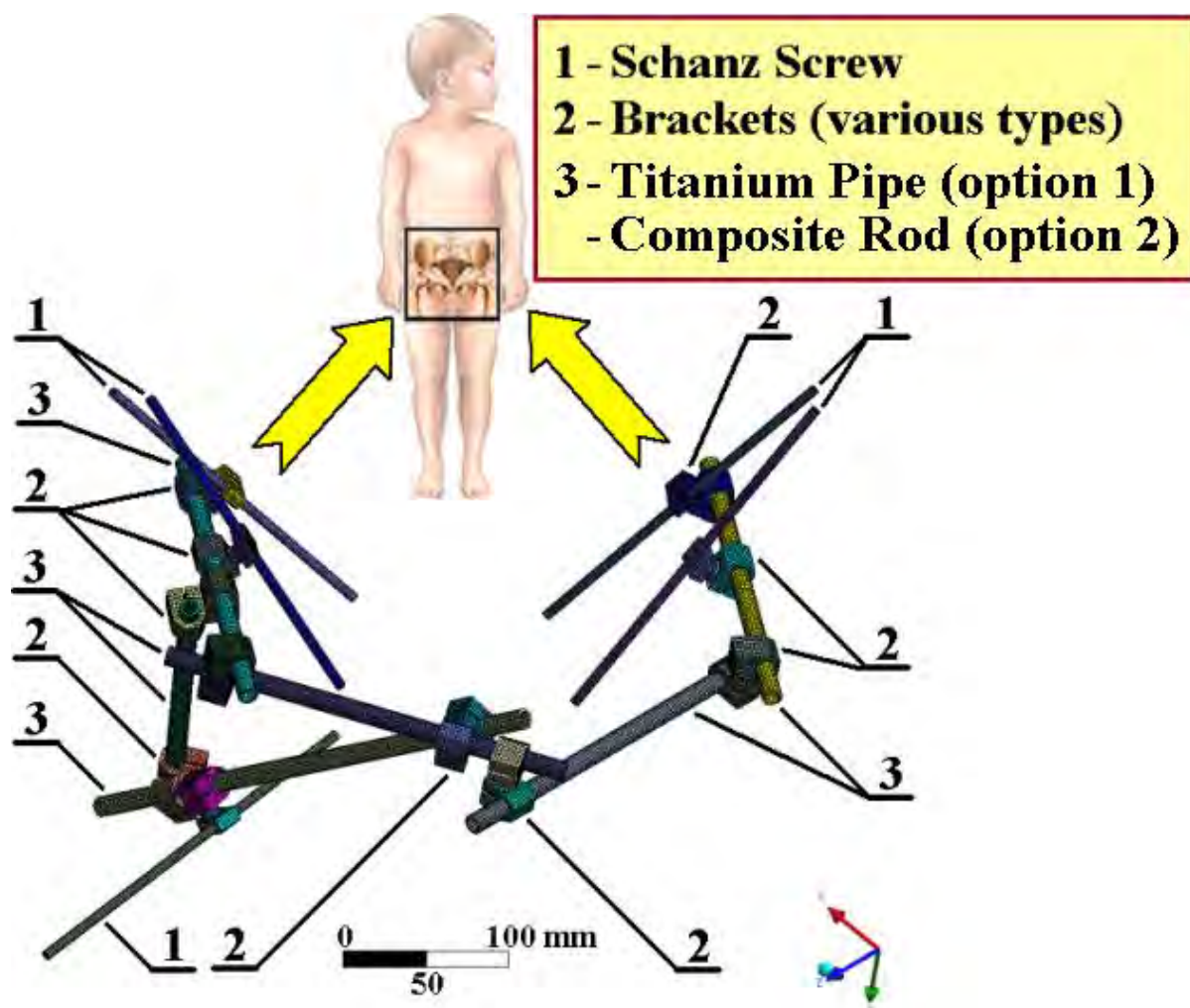
*doc. Ing. Karel Frydryšek, Ph.D., ING-PAED IGIP
Katedra aplikované mechaniky, Fakulta strojní,
VŠB-Technická univerzita Ostrava*



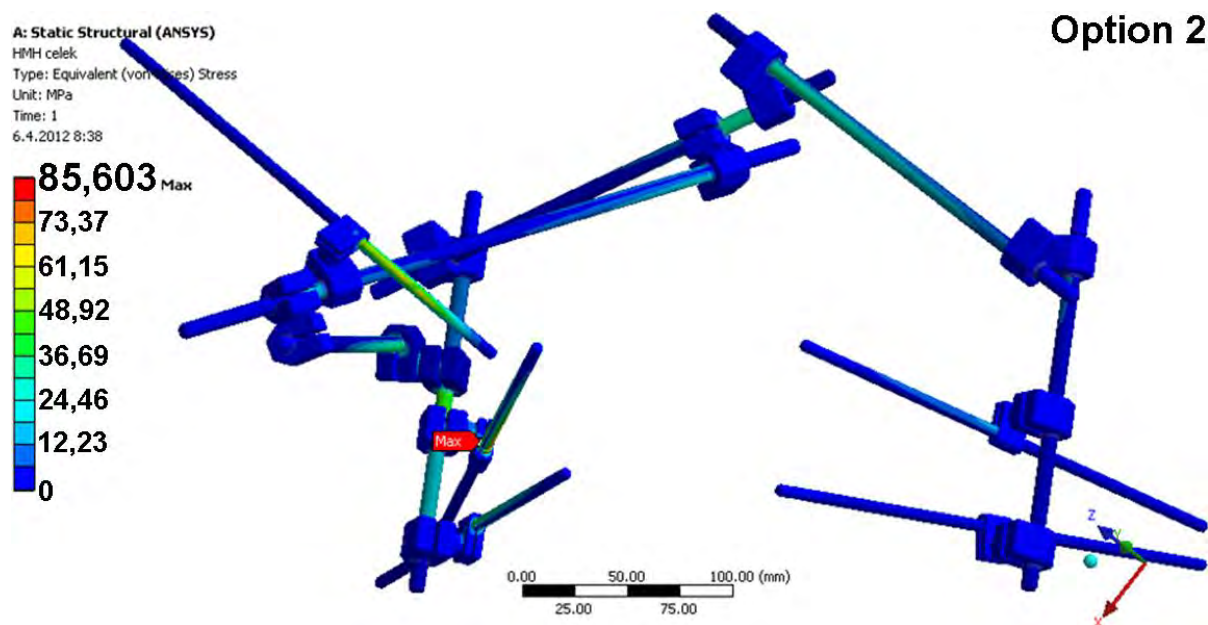
Medicínská aplikace zevního kruhového fixátoru



Laboratorní testování zevního kruhového fixátoru



Zevní fixátor pro léčbu zlomenin pánve a acetabula – schéma praktické aplikace



Zevní fixátor pro léčbu zlomenin pánve a acetabula – numerický výpočet a pevnostní analýza

historie hutnictví

K historii těžby polymetalických rud v lesní lokalitě Havírna u obce Štěpánov nad Svratkou

To the History of Mining of Complex Ores on the Forest Locality Havírna near Village Štěpánov nad Svratkou

prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc.¹, Ing. Drahomíra Janová², prof. Ing. František Kavička, CSc.², doc. Ing. Libor Pantělejev, Ph.D.², Ing. Bohumil Sekanina, CSc.², Ing. Zdeněk Spotz, Ph.D.³, Ing. Lubomír Stránský, CSc.²

¹ ÚFM v.v.i., Akademie věd České republiky, Žitkova 22, 616 62 Brno, Česká republika

² Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2, 616 64 Brno, Česká republika

³ Vysoké učení technické v Brně, Středoevropský technologický institut, Technická 3058/10, 616 00 Brno, Česká republika

Předložená práce je příspěvkem k historii těžby polymetalických Pb-Cu-Zn-Ag rud v lesní lokalitě Havírna ležící na pravém břehu Zásalského potoka, který se vlévá do řeky Svratky u obce Švařec. Lokalita Havírna náleží k zaniklému středověkému důlnímu komplexu, jehož důlní práce zde probíhaly na ploše větší než 15 ha na severních svazích údolí v nadmořské výšce 400 až 500 m. Poslední průzkum lokality spojený s nálezy a rozbory keramiky, včetně nálezů a rozborů hutnického zpracování strusek, byl prováděn v letech 1990 až 2000. Tento rozbor byl v předložené práci dále rozšířen o analýzu vzorků ze tří šachtic: šachty v práci označené Borovec-Propad H1, šachtice označené dolní H2 a šachtice označené u silnice H3. U vzorků ze všech prošetřovaných míst byly provedeny semikvantitativní poměrné mikroanalýzy chemického složení.

Klíčová slova: polymetalické Pb-Cu-Zn-Ag rudy; těžební lokalita Havírna; těžební lokalita Švařec

Locality Havírna pertains to extinct medieval mine complex, the mine works of which proceeded here on the area larger than 15 ha on the north slopes of the valley at the altitude of 400 to 500 m above sea level. Last investigations of those locations connected with findings and analyses of ceramics, including finding and analysing metallurgical slags, were realized in the period from 1990 to 2000. This analysis was further extended by analysis of samples the three inspection chambers: shaft in the work called Borovec – Propad H1, inspection lower chamber H2 and inspection chamber H3 near the road.

The presented work is a contribution to the history of mining of complex Pb-Cu-Zn-Ag ores in the forest locality Havírna laying on the right bank of the Zásalský stream, which flows to the river Svratka near the municipality Švařec.

Surroundings of the municipalities Borovec and Švařec underlies analyses of silver ore. In the municipality Švařec in the locality behind Chapel were found and then analysed samples of ore from old shafts Nos. 1 to 5. In the sample 2 quoted in the work [2] the maximum limit concentration of elements $x_{\max}$ in wt. % were the following: copper 5.5, zinc 90.2, silver 0.61 and gold 49.5. In Borovec – Havírna gold was not analysed as only silver was analysed here. The aim, among other things, was to verify analytically, whether the samples from H1, H2 and H3 from the location Havírna contained gold, apart from other accompanying elements.

Key words: complex Pb-Cu-Zn-Ag ores; mining locality Havírna; mining locality Svarec

Havírna u Štěpánova nad Svratkou představuje středověký důlní komplex, který se nachází v severovýchodním výběžku katastru jmenované obce. Lokalita Havírna leží na pravém břehu Zásalského potoka, asi 1 km od jeho ústí do řeky Svratky u obce Švařec. Je to asi 400 m severovýchodně od Sokolí hory

(629 m n. m.) v nadmořské výšce 400 až 500 m. Důlní práce zde probíhaly na ploše větší než 15 ha. Práce zasáhly hlavně vrchol a jižní úbočí velmi srázného a skalnatého hřebenu nad Zásalským potokem. Stěžejní a velmi podrobný průzkum tohoto komplexu včetně edice písemných pramenů předkládá [1].

Autoři tohoto literárního zdroje uvádějí velmi zajímavé autentické informace o čtyřech střídajících se středověkých majitelích tohoto významného a ceněného důlního komplexu Havírna využívaného patrně po dobu 100 let. Uvádějí přesný překlad latinského originálního textu: „1. Václav I., král český nařizuje pod pokutou Ratiborovi, svému purkrabímu na hradě Veverí, aby ochraňoval klášter v Doubravníku a jeho probošta Vojtěcha z Medlova před útoky Vojtěchova bratra Jimrama, klášteru zajistil navrácení veškerých užitek ze stříbrných ložisek nalezených na jeho statcích a proti královskému regálu Jimramem a jeho tchánem Sigfridem prodaných některým brněnským měšťanům a dále aby provedl soud nad proboštovou tchyní, která mu násilně odňala určité majetky. [ante 1253 sept. 22.]. 2. Václav II., král český, vévoda krakovský a sandoměřský, markrabě moravský, dává brněnským měšťanům veškeré horní právo, jestliže se časem kdekoli v obvodu šesti milí od Brna nalezne zlato, stříbro nebo olovo, nebo jakékoliv jiné kovy, aby v tomto okruhu ono právo navždy náleželo městu Brnu, obdobně, jak je tomu u dolů příslušejících ke Kolínu, Čáslavi nebo dříve k Jihlavě. [Brunae 1297 mar. 25]. 3. Brněnský rychtář Jakub z Boru propůjčuje a převádí za určitých podmínek jménem rytíře Konráda Goblinova a jeho bratrů, synů zemřelého brněnského měšťana Goblina jako svých sestřenců dědičnou štolu u vsi Hohenrod, nazývanou po vsi stejným jménem, těžářům Kunši Hoškovi, Kunši Tzobelovi a jejich společníkům. [Brunae 1348 aug. 7.]. 4. Brněnský měšťan Jan Goblinův propůjčuje a převádí i jménem svého bratra Konráda a dalších svých bratrů za určitých podmínek dědičnou štolu u vsi Švařec těžářům [Kunši Hoškovi, Kunši Tzobelovi a jejich společníkům]. [Brunae 1352 oct. 18].

Oba autoři [1] shrnují též přípravné práce, které proběhly před jejich vlastním průzkumem Havírny a také pozdější průzkum spojený s nálezy a rozborů keramiky i s analýzami nálezů hutnického zpracování strusek. Mimo jiné předkládají analýzu strusek z lokality Havírna, kterou zpracoval hlavní autor tohoto předloženého aktuálního článku prof. Stránský s RNDr. Jarmilou Blažíkovou.

Podle práce [1] přísluší tato lokalita geologicky k bitýšské skupině moravika a leží přesně na její hranici s olešnickou skupinou. Zdejší bitýšská rula představuje metamorfovanou horninu granitového charakteru s rozměrnými a nápadnými oky draselného živce a ve své nejvyšší části se střídá s četnými tmavými granátovými amfibolity. V bezprostředním nadloží spočívají muskovitické svory a biotitické ruly olešnické skupiny, které obsahují vložky mramorů, v nichž se nacházejí zřetelná zrudnění Pb-Zn-Cu-Ag, například v nedalekém Borovci a Švařci.

Okolí těchto dvou obcí bylo též předmětem autorského vlastního terénního průzkumu [2]. Ve Švařci v části *Za kaplí* byly nejprve odebrány vzorky rudnin ze zbytků celkem pěti starých šachtic a označeny pořadovými čísly 1 až 5. Překvapující byl výsledek analýzy rudniny 2, v níž byly lokálně identifikovány také vysoké obsahy

drahých kovů. V citované práci [2] jsou v tab. III uvedeny v rudnině 2 tyto lokální maximální koncentrace prvků $x_{\max}$ v hm. %: olovo 33,4, stříbro 57,0, vápenec (mramor) 19,2, měď 5,5, zinek 90,2 a zlato 49,5. V této práci a tab. 3 jsou též uvedeny výsledky analýzy vzorku rudniny odebrané v lokalitě *Havírna* z obvalu šachty opatřené ochranným zábradlím u *objektu 6* (obr. 1). Rovněž tento výsledek byl překvapující, a to vzhledem k identifikaci prvků vzácných zemin, radioaktivních prvků a stříbra, jejichž maximální změřené koncentrace $x_{\max}$ v hm. % byly: olovo Pb - 37,1, lanthan La - 15,5, cer Ce - 29,2, praseodym Pr - 5,8, samarium Sm - 5,1, thorium Th - 1,82, uran U - 0,94 a stříbro Ag - 0,61. Ani při aktuální analýze publikované v této práci nebylo zlato ve zkoumané lokalitě prokázáno.



Obr. 1 Opuštěné důlní dílo v lokalitě Havírna, viz [2] (foto L. Stránský)

Fig. 1 Abandoned mine in Havírna, see [2] (photo L. Stránský)

Zbytky starých šachtic *Za kaplí* patří k nejstarším dolovaným lokalitám ve Švařci. Práce [1], zmíněný nález drahých kovů stříbra a zlata ve Švařci a nález spojený s identifikací vysokých koncentrací prvků vzácných zemin, radioaktivních prvků včetně stříbra z objektu 6 Havírny, vedl autorský tým k ověření chemického složení dále uvedených vzorků rudnin odebraných z šachtic severního svahu lesní Havírny.



Obr. 2 Opuštěné důlní dílo **H1** (foto L. Stránský, květen 2014)

Fig. 2 Abandoned mine **H1** (photo L. Stránský, May 2014)

H1: Nejvýše na svahu Havírny je dnes situovaná propadlá šachta označená jako Borovec – Propad č. o. 1633, důlní dílo Jáma, realizátor FORING s.r.o., investor Ministerstvo životního prostředí, rok bezpečnostního zajištění 2007 a 2010, se zabezpečením proti vstupu (obr. 2). Vzorky odebrané přímo z mohutného obvalu šachty byly označeny **H1**. Zaměření této šachty GPS: N 49.51677; E 16.36165.



Obr. 3 Opuštěné důlní dílo **H2** (foto L. Stránský, květen 2014)
Fig. 3 Abandoned mine **H2** (photo L. Stránský, May 2014)

H2: Níže po svahu situovaná, necelé 2 m hluboká a vzhůru do svahu směřující slepá šachtička (obr. 3) se

zaměřením GPS: N 49,51705; E 16.36174 sloužila k odběru vzorků s označením **H 2**.



Obr. 4 Opuštěné důlní dílo **H3** (foto L. Stránský, květen 2014)
Fig. 4 Abandoned mine **H3** (photo L. Stránský, May 2014)

H3: Slepá šachtička situovaná nad *Záskalským potokem* u silnice (obr. 4) se zaměřením GPS: N 49.51733; E 16.36185 sloužila k odběru vzorků označených **H3**.

Analýzy vzorků rudnin z lokality Havírna

Vzorky rudnin odebrané z míst **H1** až **H3** na severním svahu Havírny, byly nejprve rozdrceny na velikost na zrnitost 2 až 5 mm a poté rozemlety v achátovém vibračním mlýnku na prášek o zrnitosti přibližně 1 až 50 μm . Analýzy proběhly na elektronovém rastrovacím mikroskopu Philips XL 30 v kombinaci s rtg analyzátozem EDAX. Rentgenová difrakční fázová analýza (XRD) byla provedena na difraktometru Smartlab (3 kW) od firmy Rigaku, nastaveném v Bragg-Brentanově geometrii a s využitím Cu-lampy.

Tab. 1 Průměrné složení vzorků **H1**, **H2**, **H3** (hm. %)

Tab. 1 Arithmetic mean of the samples **H1**, **H2**, **H3** (wt %)

Rudnina	H1 Borovec - Propad		H2 dolní šachtička		H3 šachtička u silnice	
Prvek	x	s _x	x	s _x	x	s _x
O	44,23	0,56	44,03	0,68	44,87	0,21
Na	1,87	0,19	4,66	0,07	3,73	0,09
Mg	1,04	0,10	0,82	0,11	0,91	0,02
Al	10,71	0,23	10,92	0,14	11,17	0,16
Si	28,70	0,10	30,98	0,24	29,10	0,35
P	0,33	0,09	0,25	0,12	0,24	0,09
S	0,29	0,09	0,35	0,08	0,28	0,01
Pb	0,07	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,44	0,08	0,11	0,10	0,13	0,09
K	5,14	0,16	2,70	0,10	3,49	0,11
Ca	0,86	0,15	0,41	0,04	0,42	0,04
Ti	0,28	0,06	0,24	0,00	0,34	0,05
Cr	0,14	0,05	0,16	0,05	0,16	0,05
Mn	0,41	0,13	0,29	0,09	0,30	0,05
Fe	4,22	0,11	3,07	0,02	3,93	0,04
Cu	0,51	0,10	0,63	0,12	0,57	0,09
Zn	0,76	0,11	0,35	0,16	0,37	0,20
prvky	100,00	0,00	100,00	0,00	99,99	0,00
atom. číslo	12,2		11,9		11,9	

Poznámka: x – aritmetický průměr, s_x – výběrová směrodatná odchylka

U vzorků rudnin **H1**, **H2** a **H3** byla kromě stanovení průměrného složení rudniny v tab. 1. ještě aplikována semikvantitativní poměrná mikroanalýza, značená jako

SPA, jejíž výsledky jsou uspořádány v tab. 2. Tato metoda SPA byla podrobně popsána a publikována dříve [3, 4].

Tab. 2 Semikvantitativní poměrná mikroanalýza (SPA) vzorků H1, H2, H3

Tab. 2 Semi-quantitative relative analysis of the samples H1, H2, H3

H1 Borovec – Propad			H2 dolní šachtice			H3 šachtice u silnice		
Prvek	mg/kg	hm. %	prvek	mg/kg	hm. %	prvek	mg/kg	hm. %
Y	0,00276	0,000691	Ca	0,000356	0,000187	Y	0,0174	0,022024
Th	0,0112	0,002802	K	0,000445	0,000234	Pr	0,0176	0,022277
Nd	0,0736	0,018415	Pr	0,00131	0,000689	U	0,0245	0,031011
La	0,104	0,026022	Sm	0,00147	0,000773	La	0,0349	0,044175
Na	0,169	0,042285	Ag	0,00175	0,000920	Nd	0,0662	0,083793
Cr	0,248	0,062051	Nd	0,00595	0,003128	Cr	0,0812	0,102780
P	0,399	0,099833	La	0,00611	0,003212	Ti	0,0854	0,108096
Ti	0,421	0,105337	P	0,00979	0,005146	Mn	0,0967	0,122399
Ag	1,07	0,267722	Cr	0,199	0,104610	Ce	0,12	0,151891
Cu	1,11	0,277730	Mn	0,456	0,239708	P	0,16	0,202522
Ca	1,33	0,332776	Cu	0,57	0,299635	Zn	0,172	0,217711
K	1,96	0,490406	Al	0,759	0,398988	Ba	0,214	0,270873
Ce	2,05	0,512925	S	1,82	0,956731	Ca	0,228	0,288593
Al	3,24	0,810672	Pb	2,28	1,198542	Ag	0,236	0,298719
Zr	4,37	1,093406	Fe	2,64	1,387785	Cu	0,378	0,478457
Mn	5,27	1,318592	Ce	2,90	1,524461	Mg	0,570	0,721483
Mg	6,06	1,516256	Si	5,53	2,906989	Na	0,787	0,996153
Si	6,18	1,546281	Ba	8,27	4,347342	S	0,824	1,042986
O	18	4,503731	Ti	8,38	4,405166	Th	0,961	1,216396
Fe	37,1	9,282691	O	14,9	7,832574	K	1,17	1,480940
Pb	52,8	13,21095	Zn	43,3	22,76178	Fe	1,36	1,721434
S	85,7	21,44277	Na	98,2	51,6214	Al	3,64	4,607367
Zn	172	43,03566	celkem	190,2312	99,99999	Pb	6,96	8,809690
celkem	399,6686	99,99999	at. č.	48,1		Si	12,3	15,56885
at. č.	36,9		částic	16		Zr	22,6	28,60618
částic	16					O	25,9	32,78319
						celkem	79,0039	100,00000
						at. č.	32,5	
						částic	16	

Metodika SPA je zaměřena k výběru a chemické mikroanalýze částic, které patří k podstatě těžených polymetalických rudnin a hutnických strusek [5, 6]. V rudninách, připravených k této analýze jako práškové vzorky, je účelné vybrat v zobrazení odražených elektronů BSE (Back Scattered Electrons) dostatečný počet částic vázaných na prvky, které předpokládáme jako hutnicky těžitelné (např. Pb, Ag, Au, Cu, Zn, prvky vzácných zemin, radioaktivní prvky aj.) a které se v zobrazení BSE jeví vůči okolí jako výrazně jasnější. Je dobré, když se analytik při výběru částic řídí vlastní laboratorní analytickou zkušeností, opřenou o analytickou praxi a též o výsledky analýz průměrného složení práškových vzorků obdobných polymetalických rudnin. Počet vybraných částic je dán požadovanou přesností, časem, který lze této SPA analýze věnovat a též četností částic přítomných v rudnině určených k analýze. Podle zkušeností s aplikací metodiky SPA za posledních asi dvacet let je účelné k získání semikvantitativní představy o prvcích v akcesorických minerálech polymetalických rudnin analyzovat alespoň

15 až 20 mikročástic. Akcesorické minerály [7] jsou nerostné složky hornin vyskytující se v tak malých množstvích, že k nim není přihlédnuto ani v definici, ani v chemickém vzorci.

Výsledky mikroanalýz vzorků rudnin z míst H1, H2, H3 v lokalitě lesní Havírna

Místo H1 Borovec – Propad: Mikroanalýza a výsledky průměrného složení vzorků (tab. 1) již svědčí o vytříbené polymetalické rudnině. Cennější jsou však výsledky SPA mikroanalýzy v tab. 2., které umožňují paralelní statistické testy vždy dvojice prvků. Například při mikroanalýze oxidických složek rudniny je možno formou statistického testu posoudit, jaká je pravděpodobnost, že zároveň s oxidickými složkami budou těženy také drahé kovy (např. Ag_2O , Au_2O – pokud spadají do skupiny spolu s mědí [1]). Informace o vzájemném vztahu těžených oxidických rudnin a stříbra je obsažena v korelačním koeficientu dvojice prvků kyslíku a stříbra $k_{\text{O-Ag}} = 0,8407$, jehož hodnota je

v daném případě pro 32 testovaných částic oxidů, které obsahují částice stříbra či jeho sloučenin, dále akcesorických minerálů olova nebo pyritu, ve kterých je při rtg mikroanalýze také detekováno stříbro. Korelační koeficient páru prvků olova a stříbra má hodnotu $k_{Pb-Ag} = 0,9765$, která je pro stejný počet dvojic testovaných prvků také statisticky silně významná.

Další testovaná dvojice železa a stříbra, jejíž korelační koeficient $k_{Fe-Ag} = 0,9922$ obsahuje informaci o tom, že jde s vysokou pravděpodobností o akcesorické částice minerálů typu pyritoargentit, popř. pyritokantit. Obdobně lze soudit u dvojice síry a stříbra, jejíž korelační koeficient má hodnotu $k_{S-Ag} = 0,9985$, je tudíž blízký hodnotě 1 a pro tentýž soubor dvojic prvků (tab. 2) je silně statisticky významný. Podobně dvojice prvků měď – stříbro a zinek – stříbro mají koeficienty párové korelace $k_{Cu-Ag} = 0,9766$ a $k_{Zn-Ag} = 0,9899$, které jsou statisticky významné. Oba kovy, měď a zinek, mají ve svých oxidech podle [5] zastoupeny též oxidy drahého kovu, tj. stříbra.

Naproti tomu prvky vzácných zemin Ce, La, Nd se stříbrem v těžené rudnině významně nekorelují a jejich korelační koeficienty jsou nevýznamné (např. $k_{Ce-Ag} = 0,0957$). Také mezi dvojicí prvků yttria a stříbra nebyla zjištěna významná korelace ($k_{Y-Ag} = 0,0817$). Prvek thorium a stříbro mají sice korelační koeficient $k_{Th-Ag} = 1,0000$, avšak jejich rtg spektrální čáry se téměř překrývají, takže test nelze spolehlivě aplikovat.

Místo H2 - dolní šachtice: Průměrné složení rudniny (tab. 1) svědčí rovněž o vytríděné polymetalické rudnině s absencí olova. SPA mikroanalýza vzorků (tab. 2) umožňuje, stejně jako v předchozím případě, testovat korelační koeficienty dvojic prvků. Např. korelační koeficient oxidů polymetalických rudnin ve stěnách této šachtice se stříbrem má hodnotu $k_{O-Ag} = 0,8389$. Pro 32 členů příslušného páru je silně statisticky významná, což nasvědčuje, že akcesorické oxidické minerály v polymetalické rudě mohou být jistými nositeli stříbra. Avšak již velmi nízký korelační koeficient dvojice olova a stříbra $k_{Pb-Ag} = 0,0729$ ukazuje, že absentujícímu olovu odpovídá též nedostatek stříbra. Funkci nositele stříbra zde zřejmě převzal pyrit přes železo, jehož korelační koeficient $k_{Fe-Ag} = 0,4944$ je vyšší. Dvojici železo – síra odpovídá korelační koeficient $k_{Fe-S} = 0,3859$, který naznačuje, že v polymetalické rudnině přítomné železo se sírou podporují tvorbu pyritů, které zároveň přinášejí do rudniny jistý, i když nevelký podíl stříbra.

Měď a zinek mají koeficienty párové korelace $k_{Cu-Ag} = 0,9345$, $k_{Zn-Ag} = 0,8725$. Tyto hodnoty blízké hodnotě 1 svědčí o korelaci významné. To také ukazuje, že oba prvky jsou v rudnině významnými a přispívajícími nositeli stříbra. Korelační koeficient barya a stříbra $k_{Ba-Ag} = 0,0081$ je velmi nízký, takže baryum není při stanoveném složení rudniny nositelem stříbra.

Místo H3 - šachtice u silnice: leží ve značně nižší nadmořské výšce než obě předchozí místa. Průměrné složení rudniny (tab. 1) s nulovým obsahem olova

signalizuje vytríděnou rudninu. Patrně šlo o průzkumnou šachtici. Korelační koeficient dvojice kyslíku a stříbra má podle tab. 2 hodnotu $k_{O-Ag} = 0,9402$, která je významná, což podává informaci o existenci drahého kovu v oxidech, avšak nikoliv o existenci stříbra ve vztahu k olovu, jehož korelační koeficient se stříbrem $k_{Pb-Ag} = 0,1346$ je natolik nízký, že podle statistických tabulek [6] je již nevýznamný. Parciální korelační koeficient železa a stříbra $k_{Fe-Ag} = 0,7189$ je důsledkem nejspíše existence argentopyritu (tj. minerálu $AgFe_3S_5$), podobně jako parciální koeficient síry a stříbra $k_{S-Ag} = 0,6236$ je důsledkem patrně minerálu argentit a akantit (tj. modifikací minerálů AgS). Významné hodnoty parciálních korelačních koeficientů měď – stříbro a zinek – stříbro, tj. $k_{Cu-Ag} = 0,8820$ a $k_{Zn-Ag} = 0,8096$, signalizují vztah mědi a zinku ke stříbru. Naproti tomu nevýznamné a shodou okolností stejně velké korelační koeficienty prvků ceru se stříbrem $k_{Ce-Ag} = 0,1230$ a barya se stříbrem $k_{Ba-Ag} = 0,1230$ vylučují možnost těsnějších korelačních vazeb ceru a barya se stříbrem.

Výsledky semikvantitativní poměrné mikroanalýzy SPA polymetalické rudniny z lokality lesní Havírna, z místa **H1** prokázaly, že párové korelační koeficienty prvků – kyslík, olovo, železo, síra, měď a zinek jsou ve vztahu ke stříbru silně statisticky významné. Podobně je tomu také u dvojice radioaktivního thoria a stříbra. Naproti tomu u dvojic prvků ceru (tj. lanthanidů) a yttria jsou korelační koeficienty nevýznamné.

Výsledky SPA polymetalické rudniny z místa **H2** prokázaly, že párové korelační koeficienty prvků – kyslík, měď a zinek jsou ve vztahu ke stříbru statisticky významné. Dvojice železo a síra sice naznačují, že přinášejí s polymetalickou rudninou jistý podíl stříbra, nikoli však podíl významný, zatímco vliv přínosu stříbra je zcela nevýznamný. Prvky měď a zinek mají se stříbrem statisticky významný parciální korelační koeficient, zatímco korelační koeficient barya se stříbrem je statisticky zcela nevýznamný.

Výsledky SPA polymetalické rudniny z místa **H3** ukazují, že párové korelační koeficienty pro měď a zinek se stříbrem jsou statisticky silně významné. Rovněž pro prvky železo a síru se stříbrem byly příslušné parciální korelační koeficienty statisticky silně významné, což se projevilo existencí minerálů argentitu a akantitu v pyritech, resp. argentopyritu ($AgFe_3S_5$) ve vztahu k železu. Naproti tomu parciální korelační koeficienty lanthanidů (La, Ce, Pr, Nd) vzhledem ke stříbru se v této polymetalické rudnině projeví, stejně jako u párů prvků baryum-stříbro, jako statisticky nevýznamné. Avšak na rozdíl od šachtice v místě **H1**, jejíž polymetalické rudniny byly v minulosti intenzivně těženy, je možno pokládat zbývající dvě slepé šachtice v místech **H2** a **H3** spíše za šachtice průzkumné. Jejich účelová těžba byla v minulosti brzy zastavena.

Provedený soubor analýz, včetně jejich předchozího vyhodnocení stanovením parciálních korelačních vazeb mezi dvojicemi prvků v rudninách v tab. 2, prokázal

v testovaných polymetalických rudninách lesní Havírny, tvořených prvky Pb, Cu, Zn, Ag, Fe, S aj., jejich významné vztahy vzhledem ke drahému kovu stříbru. Avšak v žádném z doposud analyzovaných vzorků Havírny nebylo nalezeno zlato. Tento drahý kov byl nalezen pouze v polymetalické rudnině odebrané ze zbytků starých slepých šachtic (stařin) ve Švařci v již zmíněné nejstarší těžené lokalitě **Za kaplí** (obr. 11). Podle tab. 3 v citované práci [2] bylo v rudnině 2 identifikováno metodikou *SPA* kromě jiných kovů stříbro i zlato o maximálních koncentracích 57,0 % Ag a

49,5 % Au. Poznámky o možné přítomnosti zlata v polymetalických rudninách těžných v okolí Štěpánova nad Svratkou (Švařec, Borovec) sice nalezneme např. ve starších pracích [7 – 9], avšak konkrétně doložené výsledky analýz zlata chybějí, stejně jako chybějí v práci [1] týkající se samotné lokality lesní Havírny.

Výsledky chemických makroskopických analýz vzorků rudniny odebraných z diskutovaných míst **H1** až **H3** obsahuje tab. 3.

Tab. 3 Rentgenová difrakční analýza rudnin vzorků **H1**, **H2**, **H3**

Tab. 3 X-ray diffraction analysis of the samples **H1**, **H2**, **H3**

Havírna	s.g.	Minerál	H1	H2	H3	x
			Borovec-Propad obr. 2	Dolní šachtice obr. 3	Šachtoce u silnice obr. 4	
SiO ₂ *	P3221	křemen	44,9	27,6	27,0	hm. %
Al ₃ H ₂ KO ₁₂ Si ₃	C2c	muskovit	3,0	13,6	2,4	hm. %
AlNaO ₈ Si ₃	C1	albit	38,5	48,9	49,2	hm. %
K(AlMg)(OH) ₂ (SiAl) ₄ O ₁₀	C2C	phengit	13,6	4,9	15,0	hm. %
SiO ₂ -shifted**	P3221		0	5,1	4,5	hm. %

* *c* = 5,404, *a* = 4,914 (hexagonální mřížka), ***c* = 5,451, *a* = 4,826 (posunutá krystalová mřížka),

s.g. = prostorová grupa

Jako minerály zde byly stanoveny křemen, muskovit, albit, phengit a křemen s posunutou krystalovou mřížkou. Muskovit představuje světlou slídu, která se nachází ve vyvřelých, přeměněných i usazených horninách. Minerál albit představuje sodný živec, který je součástí plagioklasů. Phengit, identifikovaný v šachticích v místech H1 až H3, je morfologicky podobný slídě.

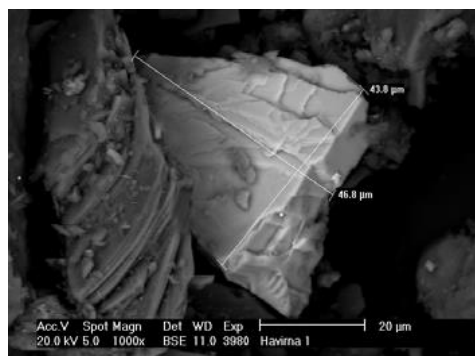
U *křemene* SiO₂* s hexagonální mřížkou byla změřena osa *c* a *a* v hodnotách uváděných v poznámce tab. 3, zatímco u *křemene* s posunutou krystalovou mřížkou SiO₂ – shifted**, identifikovaného pouze v místě H1, bylo měřením zjištěno zvětšení osy *c* a zmenšení osy *a*.

Příklady mikroskopických částic analyzovaných metodou SPA

Mikroskopické částice z místa **H1** jsou uvedeny na obr. 5 (sulfid na bázi Zn s Pb), na obr. 6 (oxid na bázi zirkonia s příměsí Ca, Ti, Fe, Mn aj.), na obr. 7 (sulfid na bázi Zn s Pb, Fe, příměsí Ti, Cu aj.) a na obr. 8 (sulfid na bázi Zn s příměsí Pb, Fe, Ti, Cu aj.).

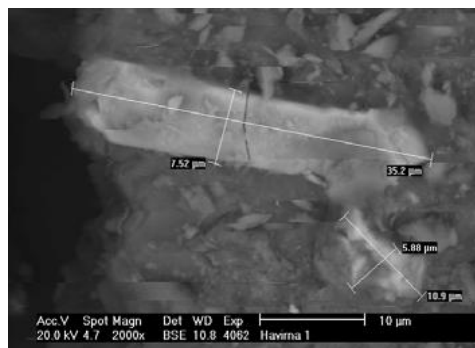
Mikroskopické částice z místa **H2** jsou uvedeny na obr. 9 (galenit s obsahem 1,40 hm.% Ag, 1,09 Cu hm.% aj. příměsí).

Částice z místa **H3** ukazuje obr. 10 (oxid zirkonia, křemíku, hořčíku, vápníku, titanu a dalších příměsí).



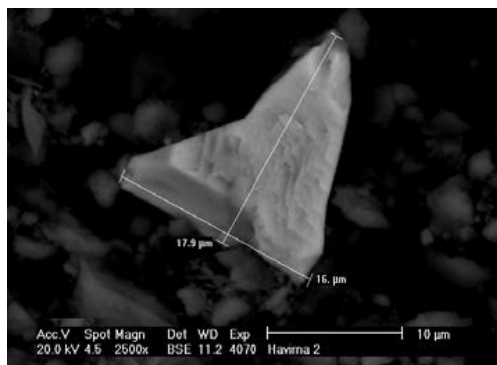
Obr. 5 Částice 3980 z **H1** o složení (hm.%): 6,66 O; 0,57Mg; 3,86Al; 4,43 Si; 0,26 P; 12,71 S; 5,31 Pb; 0,17 Ag; 0,83 K; 0,17Ca; 0,06 Ti; 0,82 Mn; 10,71 Fe; 0,39 Cu; 53,5 Zn

Fig. 5 Particles 3980 from **H1** of the composition (wt.%): 6.66 O; 0.57Mg; 3.86Al; 4.43 Si; 0.26 P; 12.71 S; 5.31 Pb; 0.17 Ag; 0.83 K; 0.17Ca; 0.06 Ti; 0.82 Mn; 10.71 Fe; 0.39 Cu; 53.5 Zn



Obr. 6 Částice 4062 z **H1** o složení (hm. %) : 27,40 O; 0,61 Na; 0,76 Mg; 3,64 Al; 18,57 Si; 0,00 P; 43,12 Zr; 0,52 S; 0,00 Pb; 0,42 Ag; 1,97 K; 0,28 Ca; 0,21 Ti; 0,22 Cr; 0,27 Mn; 1,36 Fe; 0,64 Cu; 0,00 Zn

Fig. 6 Particles 4062 from **H1** of the composition (wt.%): 27.40 O; 0.61 Na; 0.76 Mg; 3.64 Al; 18.57 Si; 0.00 P; 43.12 Zr; 0.52 S; 0.00 Pb; 0.42 Ag; 1.97 K; 0.28 Ca; 0.21 Ti; 0.22 Cr; 0.27 Mn; 1.36 Fe; 0.64 Cu; 0.00 Zn



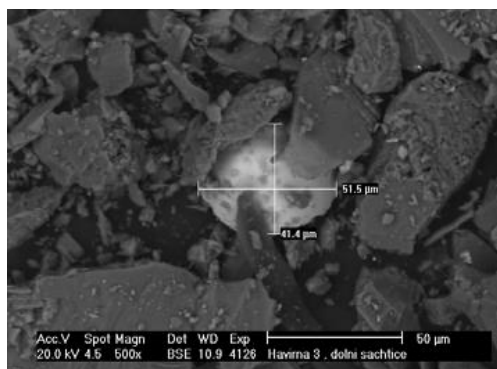
Obr. 7 Částice 4068 z **H1** o složení (hm.%): 17,89 O; 1,39 Na; 0,73 Mg; 13,22 Si; 0,13 P; 6,72 S; 4,30 Pb; 0,23 Ag; 2,07 K; 0,44 Ca; 0,15 Ti; 0,15 Cr; 0,11 Mn; 2,40 Fe; 0,63 Cu; 40,82 Zn

Fig. 7 Particles 4068 from **H1** of the composition (wt.%): 17.89 O; 1.39 Na; 0.73 Mg; 13.22 Si; 0.13 P; 6.72 S; 4.30 Pb; 0.23 Ag; 2.07 K; 0.44 Ca; 0.15 Ti; 0.15 Cr; 0.11 Mn; 2.40 Fe; 0.63 Cu; 40.82 Zn



Obr. 8 Částice 4119 z **H2** o složení (hm.%): 15,45 O; 1,56 Na; 0,88 Mg; 3,71 Al; 3,71; 6,70 Si; 0,87 P; 7,50 S; 57,58 Pb; 1,40 Ag; 0,99 K; 0,37 Ca; 0,25 Ti; 0,28 Cr; 0,32Mn; 0,75 Fe; 1,09 Cu

Fig. 8 Particles 4119 from **H2** of the composition (wt.%): 15.45 O; 1.56 Na; 0.88 Mg; 3.71 Al; 3.71; 6.70 Si; 0.87 P; 7.50 S; 57.58 Pb; 1.40 Ag; 0.99 K; 0.37 Ca; 0.25 Ti; 0.28 Cr; 0.32Mn; 0.75 Fe; 1.09 Cu



Obr. 9 Částice 4126 z **H2** o složení (hm.%): 17,03 O; 0,84 Na; 0,30 Mg; 1,44 Al; 7,55 Si; 0,00 P; 0,00 S; 0,00 Pb; 0,00 Ag; 0,00 K; 1,21 Ca; 29,66 Ba; 29,76 Ti; 10,49 Ce; 0,00 Cr; 0,27 Mn; 0,23 Fe; 0,00 Cu; 1,21 Zn

Fig. 9 Particles 4126 from **H2** of the composition (wt.%): 17.03 O; 0.84 Na; 0.30 Mg; 1.44 Al; 7.55 Si; 0.00 P; 0.00 S; 0.00 Pb; 0.00 Ag; 0.00 K; 1.21 Ca; 29.66 Ba; 29.76 Ti; 10.49 Ce; 0.00 Cr; 0.27 Mn; 0.23 Fe; 0.00 Cu; 1.21 Zn



Obr. 10 Částice 4347 z **H3** o složení (hm.%): 36,68 O; 2,05 Na; 0,55 Mg; 6,68 Al; 16,82 Si; 1,74 P; 20,45 Zr; 0,17 S; 0,00 Pb; 0,40 Ag; 1,22 K; 3,57 Ca; 0,55 Ti; 0,11 Cr; 0,29 Mn; 7,63 Fe; 0,43 Zn

Fig. 10 Particles 4347 from **H3** of the composition (wt.%): 36.68 O; 2.05 Na; 0.55 Mg; 6.68 Al; 16.82 Si; 1.74 P; 20.45 Zr; 0.17 S; 0.00 Pb; 0.40 Ag; 1.22 K; 3.57 Ca; 0.55 Ti; 0.11 Cr; 0.29 Mn; 7.63 Fe; 0.43 Zn



Obr. 11 Důlní situace v blízkém okolí obcí Koroužné, Švařce, Borovce a Štěpánova nad Svratkou

Fig. 11 Mining situation in nearby villages Koroužné, Svarec, Borovec and Stepanov over Svratka

Závěr

Podnět k této týmové práci vyšel ze studie středověkého důlního komplexu v trati Havirna u Štěpánova nad Svratkou [1]. Ze severního svahu lesní Havirny byly z míst **H1** až **H3** ve třech různých šachticích odebrány vzorky ke stanovení průměrného chemického složení (tab. 1) a k semikvantitativní poměrné mikroanalýze SPA (tab. 2). Místo **H1** je situováno do šachtice, která byla zřejmě intenzivně těžena a u které nastal propad. Místa **H2** a **H3** jsou situována do níže položených zaslepených šachtic na severním svahu, které byly pravděpodobně šachticemi průzkumnými.

Zajímavé výsledky přinesla zejména SPA analýza, která prokázala významné parciální korelační vztahy dvojic těchto prvků. V místě **H1** to byl kyslík, síra, olovo, železo, měď a zinek se stříbrem. V místě **H2** a **H3** byly zjištěny jako významné parciální korelační vztahy dvojice prvků mědi a zinku se stříbrem. Prvek baryum se stříbrem v těchto šachticích nekoreluje a také

korelační vztah prvků ze skupiny lanthanidů se nejevil v žádné z obou šachtic jako významný.

Jako minerály byly ve vzorcích stanoveny křemen, muskovit, albit a phengit. Pouze v místě **H1** byl stanoven křemen s posunutou krystalovou posunutou mřížkou.

V žádném ze souborů těchto analýz nebyly stopy druhého drahého kovu – zlata, které by v lesní lokalitě Havírna potvrdily možnost jeho výskytu. Tento drahý kov byl doposud nalezen pouze ve Švačci v lokalitě Za kaplí. V tomto rozsáhlém prostoru zhruba 2 km širokém a 4 km dlouhém, vymezeném Koroužným a Dolním Čepím, se dnes nacházejí více než tři desítky horních komplexů a jednotlivých těžebních děl. Tato díla mají podobu obvalových tahů, polí, pinek a mělkých, zpravidla slepých šachtic, často náhodně rozložených ve zdejších lesích.

Těženy zde byly rudní minerály galenit, kuprit, chalkopyrit, bornit, ale též sfalerit a zinkit, hutnicky se zpracovávaly rudniny obsahující měď, zinek a stříbro.

Literatura

[1] J. DOLEŽEL, J. SADÍLEK, Středověký důlní komplex v trati Havírna u Štěpánova nad Svratkou. Příspěvek k dějinám těžby stříbra v oblasti severozápadní Moravy ve 13. a 14. století. I. Výsledky

průzkumu v letech 1990-2001, edice písemných pramenů. In: *Mediaevalia Archaeologica 6. Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a technologické aspekty*, editor K. Nováček, Archeologický ústav AV ČR, Praha, 2004, s. 43-119, ISBN: 80-86124-48-7

[2] K. STRÁNSKÝ, D. JANOVÁ, L. STRÁNSKÝ, P. ROUPCOVÁ, Těžba a zpracování stříbronosných rud ve Švačci u Štěpánova nad Svratkou. *Slévárenství*, 2010, 58(11-12), 431-434, ISSN 0037-6825

[3] K. STRÁNSKÝ, D. JANOVÁ, S. POSPÍŠILOVÁ, J. DOBROVSKÁ, Poměrná semikvantitativní mikroanalýza těžkých kovů v horninách, struskách a rudách. *Hutnické listy*, 2009, 62 (3), 84-89, ISSN 0018-8069

[4] K. STRÁNSKÝ, D. JANOVÁ, S. POSPÍŠILOVÁ, J. DOBROVSKÁ, Možnost poměrné semikvantitativní mikroanalýzy v horninách, rudinách a struskách. *Slévárenství*, 2009, 57(7-8), 268-270, ISSN 0037-6825

[5] E. VOTOČEK, J. HEYROVSKÝ, *Chemie anorganická II.* (s. 662). Praha: Česká chemická společnost pro vědu a průmysl, 1944, 1000 s.

[6] J. MURDOCH, N.A. BARNES, Statistical Tables for Science, Engineering, Management and Business Studies, the 2nd edition. Cranfield: The Macmillan Press Ltd., 1970, 40 s. ISBN 333-02584-9

[7] CH. PELLANT, H. PELLANTOVÁ, *Horniny a minerály*, Czech edition (s. 250). Martin: Vydavatelstvo Osveta, 1994, 2000, 256 s. ISBN 80-8063-031-3

[8] J. PAŘÍZEK, Dobývání nerostných surovin v okrese Žďár nad Sázavou a okolí. *Listy Horáckého muzea*, sv. 3, 67 s., Horácké muzeum Nové Město na Moravě

[9] A. POLÁK, *Nerostné bohatství Bystřicka*. Brno: Krajské nakladatelství v Brně, 1960, 76 s.

Výročí důležitého mezníku v životě Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava

prof. Ing. Vojtěch Diner¹, CSc., Ing. Jan Počta, CSc.^{2,3}

¹VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, 17. listopadu 15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

²CSM Ostrava, Česká republika

³OCELOT s.r.o., Pohraniční 693/1, 706 02 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

V loňském roce si VŠB-TU Ostrava připomněla významné výročí ve svém životě: 110 let od přiznání názvu Vysoká škola báňská v Příbrami [1].

Svým 165letým vývojem (datace vztažena k r. 1849) náleží VŠB-TU Ostrava mezi nejstarší světové montánní vysoké školy. Zásadním problémem technických vysokých škol obecně bylo jejich nerovnocenné postavení ve srovnání se statutem tradičních univerzit. Technické školy především reagovaly na požadavky technické praxe v rozvíjející se průmyslové revoluci. Také montánní učiliště v Příbrami bylo podřízeno ministerstvu orby, v jehož kompetenci se nacházelo hornictví a hutnictví.

Založení báňské akademie v Příbrami proběhlo ve stejnou dobu jako ve štýrském Leobenu. Původní akademie v Banské Štiavnici, založená dekretem císařovny Marie Terezie v r. 1762 jako první montánní akademie v Evropě [2], byla určena pro Zalitavské země a Příbram s Leobenem pro Předlitavské země. Přitom pro severní země v Předlitavsku byla určena Příbram a pro alpské země byl určen Leoben. Jako přípravku pro příbramskou školu bylo možno využít první dva ročníky Banské akademie v Banské Štiavnici. Ve všech školách však byla studentská sestava zcela smíšená, mezinárodní. Např. báňská akademie v Leobenu v r. 1912 měla 62 posluchačů ze Slezska, 38 z Čech, 48 z Moravy, 58 z Haliče, 5 z Uher, 8 posluchačů z balkánských zemí Rakouska-Uherska, 49 z Ruska, 6 z Německa, 4 z Rumunska, 1 z Anglie a 1 z Norska.

Podobně tomu bylo i v Příbrami, a to zejména po vzniku samostatné Československé republiky, kdy se VŠB v Příbrami začalo lépe dýchat. V r. 1922 univerzita uváděla ve studiu celkem 429 studentů, z toho v hornickém oboru 352 posluchačů a v hutnickém oboru 77 posluchačů. Studium bylo čtyřleté. VŠB si stále udržovala mezinárodní charakter vysoké školy. V jednom z akademických roků v té době, kdy na VŠB studovalo 422 posluchačů, uváděla škola toto národnostní složení posluchačů: 219 Čechů, 7 Slováků, 67 Ukrajinců – Rusínů, 3 Poláci, 70 Rusů, 17 Srbů, 6 Chorvatů, 5 Slovinců, 18 Němců, 1 Maďar, 3 Židé, 1 Armén, 4 Krajinci, 1 nezjištěn. Podle zemí uváděly vysokoškolské statistiky tyto domovské země posluchačů: Čechy 145, Morava 51, Slezsko 41, Slovensko 14, Jugoslávie 27, Polsko 2, Ukrajina 66, Rusko 73, Rakousko 1, Rumunsko 1, Itálie 1.

V závěru 19. století byl zahájen úspěšný emancipační proces vysokých technických škol. V roce 1901 získaly v Rakousko-Uherské monarchii technické vysoké školy ve Vídni, Budapešti, Praze a Štýrském Hradci tzv. promoční právo. Tím bylo uznáno, že profesorský sbor dosáhl náležitých kvalit, aby mohl na základě rigorózního řízení udělovat hodnost doktora technických věd a jako výraz nejvyššího možného uznání dané vysoké školy také čestný doktorát.

Báňským akademiím v Leobenu a Příbrami bylo promoční právo s titulem doktor montánních věd (dr. mont.) přiznáno až na základě nového vysokoškolského statutu v roce 1904. Od té doby pod novým názvem Vysoká škola báňská prezentovaly obě technické univerzity své upevněné postavení rovněž přiznaným titulem voleného rektora Magnificence. Z dané doby pocházel na VŠB v Příbrami první rektorské insigne – zlatý rektorský řetěz s přívěsnou medailí s montánními symboly a vyobrazením panovníka císaře Františka Josefa I.

Pod názvem VŠB v Příbrami, od roku 1945 působící pak již jako VŠB v Ostravě, rozvíjela tato vysoká škola úspěšně svoji vědeckou a pedagogickou činnost sto let. Její struktura se postupně rozšiřovala nejen o nové studijní obory, ale také o nové fakulty, což znamenalo završení procesu její proměny v polytechnickou univerzitu. Parlament ČR schválil dne 27. 9. 1994 zákon, jímž byl název školy doplněn na Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

Velký rozvoj uhelného hornictví a navazujícího hutnictví v druhé polovině 19. století podmiňovaly zásadní změny v rámci průmyslové revoluce. Těžba se rozvíjela již ve všech uhelných oblastech a její rostoucí efektivita byla dána v rozhodující míře technickým pokrokem. Využívaly se nové dobývací metody, těžní jámy se budovaly do větších hloubek (1 000 m v jámě Vojtěch v Příbrami, r. 1875, světové prvenství v hloubení), v souvislosti s tím se používala nová – ocelová lana. Hutnictví železa vesměs přecházelo na redukcí železných rud v koksových vysokých pecích.

V obou směrech montánního oboru se z vodních pohonů postupně přecházelo na pohony s vysokotlakými parními stroji a později, na přelomu 19. a 20. století na elektrické pohony.

V tomto období stál v čele montánního učiliště, které bylo v Příbrami zřízeno již v roce 1849 (od roku 1864 neslo název Báňská akademie v Příbrami), spoluzakladatel ložiskové geologie Johann Grimm. Tato instituce z hlediska personálního obsazení nesporně představovala kvalitní odborný potenciál rozvoje montánních oborů, avšak výsledky se mohly optimálně projevit až na základě vytvoření náležitých podmínek pro vědeckou a pedagogickou činnost.

Samotná odborná veřejnost se začala ve větší míře zabývat kvalitou báňských akademií v kontextu jednak s důlními katastrofami a jednak s intenzifikací úpravnictví, hutnictví a finalizace výrobků. Provozním nehodám se nepodařilo zabránit jednak z doposud nezjištěných příčin, ale rovněž z důvodů nedostatečné odbornosti řídících pracovníků. Řídícími pracovníky nebyli přitom jen absolventi báňských akademií, kteří působili převážně ve státních službách. V privátních báňských a hutních závodech vykonávali tyto funkce absolventi jak polytechnických ústavů, tak také horních škol. Nedocení vysokéhoškolského montánního vzdělání vedlo k obecnému poklesu zájmu o studium v Příbrami, Leobenu a Báňské Štiavici.

V listopadu 1872 vydali profesori příbramské báňské akademie Augustin Beer, Václav Mráz a Josef Hrabák pamětní spis. Doložili rozhodující podíl českých zemí v hornictví a hutnictví v rámci habsburské monarchie. Zpočátku patřilo prvenství ve výrobě surového železa Štýrsku, které soustřeďovalo zhruba dvě třetiny celkové výroby v Předlitavsku. Po zavedení Thomasovy technologie ve výrobě oceli po r. 1878, bylo možno využívat rudu se zvýšeným obsahem fosforu. Tím došlo v severních zemích Předlitavska (Čechy, Morava, Horní Slezsko a Halič) a Horních Uhrách k obratu ve výrobě surového železa, neboť tamní hutě mohly zpracovávat místní vysokofosforaté rudy [3, 4]. V posledních 20 letech 19. století a na počátku 20. století převyšovala výroba surového železa v severních zemích štýrskou výrobu o 50 % nebo až skoro čtyřnásobně. Podobné teritoriální proporce byly i v surovinové těžbě. Podíl severních zemí na surovinové těžbě vysoce převyšoval 50 % v rámci všech zemí monarchie. Alpské země (Štýrsko, Korutany, obojí Rakousy, Solnohrad a Tyrolsko) ve 2. pol. 19. století zajišťovaly rakousko-uherskou těžbu v objemu 20 – 40 % a jižní země (Dalmácie, Bukovina, Krajina, Istrie a Terst) pouze v objemu max. 5 % [4, 5].

Rostoucí ekonomické zázemí ovlivňovalo politickou emancipaci Českých zemí. V r. 1870 vrcholil zápas české reprezentace v čele s F. Palackým a F. L. Riegrem o české vyrovnání v rámci Rakouska-Uherska, které vyústilo v tzv. fundamentální články obsahující státoprávní postavení Českého království a rovnost

jazyků. V r. 1871 však fundamentální články panovníkem nebyly přijaty, o což se v říšském sněmu zasadila německá a uherská reprezentace, padla snaha o české vyrovnání a hned nato se zostřily národnostní perzekuce. Národnostní spory se nevyhnuly ani akademické půdě. Postavení Příbrami vůči Leobenu se nadále znevýhodnilo. V Leobenu byla již od roku 1873 zavedena čtyřletá výuka, zatímco v Příbrami se první dva přípravné ročníky nezavedly. V té době se začínaly projevovat snahy Leobenu přemístit příbramskou výuku do Vídně, vrcholící na přelomu století, čímž by Příbramská univerzita ztratila své opodstatnění a zanikla by. Léta 1870 – 1874 byla pro VŠB v Příbrami nejhorší období. V r. 1870 absolvoval studium v Příbrami jediný posluchač, v r. 1871 a dalších dvou letech nevyšel dokonce žádný absolvent.

Až r. 1880 dosáhli čeští politici podporovaní ministrem A. Pražákem úspěch ústící ve vládní nařízení ke konečnému zrovnoprávnění všech zemských jazyků, tedy i češtiny, jako úředního jazyka [6].

V r. 1901 zorganizovali bánští akademici z Příbrami deputaci na ministerstvo orby přímo k ministrovi Dr. Josefu Giovanellimu a do poslaneckých klubů říšského sněmu se stížností proti tomu, že VŠB v Příbrami byla vynechána při udělování promočního práva k doktorským titulům, když ostatním dvěma školám v říši (Leoben a Banská Štiavnica) toto právo bylo přiznáno. Český protitah byl návrh na přestěhování do Prahy, což však v sobě neslo riziko sloučení s pražskou německou technikou.

Rostoucí počet důlních katastrof přiměl státní orgány k tomu, aby se jejich odborný dohled nad těžbou a jejím bezpečným prováděním prohloubil. Vrchní dozor vykonávaly horní úřady, k jejichž pravomocem patřilo právo dočasně odvolat závodního a ustanovit odborného správce, pokud by byla ohrožena bezpečnost či existence dolů. Dosavadní praxe privátních důlních závodů byla neudržitelná. Zásadním přelomem v hornictví se stal zákon o závodních inženýrech z 31. 12. 1893 s platností od následujícího roku. Ve všech dolech byli jmenováni do funkcí závodních výhradně absolventi hornických odborů báňských akademií po tříleté praxi.

V rámci Českých zemí se k úsilí o zkvalitnění studia na příbramské báňské akademii připojila zejména Pražská obchodní a živnostenská komora a Spolek architektů a inženýrů v Království českém. Také město Příbram mělo eminentní zájem na vysoké úrovni báňské akademie a věnovalo jí budovu bývalého teologického konviktu a takto se prostorové podmínky báňské akademie pro výuku rozšířily.

Postavení báňských akademií v Příbrami a Leobenu upevnil výnos ministerstva orby z 8. 1. 1895, který jim přiznával statut vysoké školy. V preambuli se uvádělo, že cílem je zabezpečení teoretické a praktické výuky hornictví a hutnictví. V čele báňských akademií stál

volený rektor. Příbram mohla zavést provizorně jako součást výuky dvouletý přípravný kurz definitivně až v roce 1899.

Třebaže statut uznával báňské akademie jako vysoké školy, jejich postavení mezi ostatními technickými univerzitami bylo stále nerovnoprávné. Až v dodatku statutu z roku 1898 byli jejich profesori formálně postaveni na úroveň profesorů vysokých škol technických. Technické vysoké školy totiž, na rozdíl od tradičních univerzit, neměly právo promoční k udělování doktorátu. Toto právo získaly technické univerzity ve Vídni, Budapešti, Praze a Štýrském Hradci až v roce 1901, kdy na základě předložené disertace a složených zkoušek udělovaly hodnost doktora technických věd a jako výraz nejvyššího uznání čestný doktorát.

V devadesátých letech 19. století se rozvíjela nová etapa hornické činnosti, a to ať už v rudné nebo uhelné těžbě. Docházelo k uplatnění strojní práce v postupně vzrůstajícím počtu pracovních operací. Počátky důlní mechanizace byly charakteristické využíváním důlních lokomotiv a dopravních žlabů. Rozvíjelo se využívání vrtacích strojů a dynamitu, rychloběžných čerpacích pum, používání ocelových lan pro hlubší jámy, moderní postupy při hloubení a vyzdívání jam a s tím spojené užití betonu. České hutnictví nijak neztrácelo kontakt s vývojem ve světě. Z tehdejších technických publikací je zřejmé, že se česká hutnická obec živě a zasvěceně zajímala o novinky v hutnictví – Bessemerovy a Thomasovy konvertory, legování ocelí využívané pro lodní díly bitevních křižníků rakousko-uherské flotily, výroba elektrooceli nebo výroba plávkové kelímkové oceli. České hutě se valnou měrou zajímaly o snižování energetické náročnosti, o intenzifikaci výroby a o druhotné zpracování odpadů. Tyto směry vedly např. k využívání vysokopečního plynu v pohonech a energetice, ke granulaci vysokopeční strusky či briketování dřevního odpadu [4].

Do popředí se dostávaly ve značné míře otázky národnostní. Němečtí majitelé dolů prosazovali zaměstnávání německých inženýrů a čeští technici byli přirozeně v nevýhodě. Danou problematiku lze sledovat nejen v archivních fondech, ale rovněž v prvním českém odborném tisku Hornických a hutnických listech. Tím byl nejprve časopis Horník vydávaný v letech 1870 – 1880. Po jeho zániku se montánní inženýři u příležitosti Výstavy architektury a inženýrství konané v roce 1898 v Praze usnesli vydávat další časopis k prosazování svých stavovských zájmů a zároveň jako odbornou platformu. Byly tak založeny Hornické a hutnické listy, jejichž první číslo vyšlo 10. 1. 1900 a které ve své původní podobě vycházely nepřetržitě do r. 1919 a ve spojení s časopisem Hornický věstník (a pod dlouhým názvem Hornický věstník a Hornické a hutnické listy) až do r. 1942, kdy byly u nás německou mocí zavřeny všechny vysoké školy a zastaven tisk.

V roce 1902 se uvádělo, že místa u soukromých dolů byla obsazována cizinci. Z 15 hornických a hutnických

elévů a adjunktů získal uplatnění jen jeden Čech. Protest proti takové germanizaci horního hejmanství a revírních horních úřadů podal Spolek architektů a inženýrů v království českém [7]. Nerovnoprávné postavení Čechů vůči Němcům lze doložit i v rámci nejstaršího montánního odborného sdružení Hornicko-hutnického spolku v Moravské Ostravě, který zahájil činnost v roce 1874. Jeho odborná a organizační činnost byla nezpochybnitelná. Spolek pořádal přednášky za účelem výměny zkušeností z provozu, bezpečnosti, nových technologií a vědeckých poznatků. Až na nepatrné výjimky však probíhaly tyto akce v němčině. Rovněž složení jeho výboru preferovalo sekci německých inženýrů [8].

Také situaci na báňské akademii v Příbrami charakterizovaly ostré národnostní konflikty, které panovaly mezi českou a německou částí profesorského sboru. Úředním a vyučovacím jazykem byla až do vzniku Československé republiky němčina. Rektor profesor Gustav Ziegelheim se v roce 1902 na protest vyhrčené národnostní situace vzdal své funkce. Ve svém hodnocení této osobnosti Hornický a hutnický věstník uvedl, že třebaže byl G. Ziegelheim Němec, vykonával svůj úřad spravedlivě ke každé národnosti a požíval všeobecné úcty a vážnosti [9]. Uznávaný odborník báňského a hutního strojírenství a první historiograf školy profesor Josef Hrabák vydal v tomtéž roce fundovanou analýzu ekonomiky českých zemí *Das Wesentliche über die Montanproduktion und die Montanlehranstalten in Österreich*. Na základě statistiky těžby vyvodil závěr, že centralizace báňského průmyslu v českých zemích si vyžaduje přenesení centrální báňské akademie do Prahy. Zde je patrně podpora tendence přemístit školu do Prahy přetrvávající prakticky až do obsazení Československa Německem.

Na základě výzvy ministerstva orby pracoval profesorský sbor báňské akademie v Příbrami na otázkách reorganizace studia. Jednalo se o změny ve výuce, řádů a nařízení, zavedení nových předmětů a promočního práva. Ankety o reorganizaci probíhaly v širším měřítku za účasti báňské akademie v Leobenu, Rakouského spolku architektů a inženýrů a Spolku architektů a inženýrů v Království českém. Změny se realizovaly v době funkčního období rektora J. Theurera, jenž spolu se seniorem profesorského sboru G. Ziegelheimem zastupoval báňskou akademii v Příbrami při jednání reorganizační komise ve Vídni na jaře 1904.

Statut báňské vysoké školy v Příbrami a Leobenu byl ve shodné podobě pro obě školy vyhlášen na základě císařského dekretu ze dne 31. 7. 1904 a prováděcí nařízení, zkušební řád a instrukce pro zaměstnance byly stanoveny následně na základě ministerských nařízení. Mimo jiné byly obě vzdělávací instituce přejmenovány na Vysokou školu báňskou, studium bylo prodlouženo na 4 roky pro studium na jednom ze dvou hlavních studijních směrů (hornictví a hutnictví) nebo na 5 let pro studium obou studijních směrů. Zavedeny byly dvě

státní zkoušky, tzv. malá státní zkouška a velká neboli závěrečná státní zkouška. Tento systém dílčího a konečného uzavření studia státními zkouškami se i na jiných vysokých školách v Československu udržel až do doby jejich uzavření za německé okupace. Oběma vysokým školám bylo přiznáno promoční právo.

Název vysoká škola báňská, přiznání promočního práva a udělení tradičního titulu rektora Magnificence představovaly základní změny v dovršení emancipačního úsilí ve zrovnoprávnění báňských akademií s ostatními univerzitami. Montánní spolky v Praze a Plzni věnovaly příbramské akademii první řetěz rektora, který zhotovilo klenotnictví Adolfa Feltzmanna v Praze. Na lici byl portrét panujícího císaře Františka Josefa I. s názvem školy, na rubu uprostřed železko a mlátek a zkratky titulu panovníka. Hmotnost řetězu se zlatou medailí činila 324,5 g. Tento původní rektorský řetěz se zlatou medailí se však do dnešních dnů nedochoval.

Cílem vysokých škol báňských bylo teoretické a praktické vzdělání v hornictví a hutnictví v souladu se svobodou vyučovací a studijní. Vlastní zařazení předmětů a jejich rozsah schvaloval na základě návrhů profesorského sboru ministr orby. Přednášky doplňovaly cvičení a exkurze. Během prázdnin se doporučovaly prázdninové praxe a studijní cesty, což obě báňské akademie studentům často zprostředkovávaly. Do výuky se nově zavedla elektrotechnika všeobecná a speciální, zrušilo se lesnictví, ke stolici geodézie se přičlenilo důlní měřictví.

Hornická studijní větev VŠB v Příbrami měla katedru matematiky a deskriptivy (prof. F. Čurík), katedru fyziky a fyzikální chemie (prof. J. Theurer), katedru geodézie a důlního měřictví (prof. F. Čechura), katedru elektrotechniky (prof. V. Pošík), katedru všeobecného strojírenství a technické mechaniky (prof. V. Cibuš), katedru dopravnictví (prof. F. Mařík), katedru hornického a hutnického strojírenství (prof. V. Macek), katedru mineralogie, ortografie a mikroskopie (prof. B. Ježek), katedru hornictví (prof. L. Kirschner), katedru hornictví a úpravnictví (prof. A. Parma), katedru chemie I – chemie uhlí a petroleje, analýza plynů, výroba koksu a svítiplynu (prof. F. Pavlíček), katedru chemie II – všeobecná chemie, analytická chemie, průběžství (prof. J. Šplíchal).

Hutnická studijní větev měla katedru všeobecného hutnictví (ved. Ing. J. Šárek, asist. Ing. Čipera), katedru hutnictví kovů (ved. Ing. Kubát asist. Ing. J. Kašpar, K. Löwl již odešel jako ředitel do Železáren Podbrezová), katedru teoretické hutnictví – metalografie, elektrometalurgie, fyzikální chemie II, železářství I (ved. prof. A. I. Glazunov, asist. Ing. J. Teindl), katedru železářství a technologie kovů (ved. prof. A. Miřinský, asist. J. Leiss). V té době byl rektorem prof. F. Čurík a prorektorem prof. F. Pavlíček. VŠB zajišťovala pro montanisty výuku v dalších předmětech a oborech: stavitelství, právníké a státovědecké předměty, vědy

lékařské (první pomoc, hygiena dělnictva, sexuální hygiena), přehled hornictví pro hutníky, geodesie pro hutníky, čeština, němčina, francouzština, bulharština, esperanto. Již dříve Hornické a hutnické listy uvedly, že od r. 1919 byla v hutnické větvi VŠB výuka pro všechny studenty až do 3. ročníku společná. Ve 4. ročníku se štěpila na směr železářsko-chemický, železářsko-strojnický a kovohutnický. Odlišnosti byly prakticky jen ve cvičeních a laboratořích. Solivárenství bylo přiřčeno k hornické výukové větvi.

Už ve statutu se uvádělo promoční právo. Jeho podmínky specifikoval promoční řád, který vydalo ministerstvo orby 29. 6. 1906. Na základě předložené disertace a složení rigorózních zkoušek se posuzovaly předpoklady k vědecké práci, a to výlučně u absolventů báňských akademií a následně vysokých škol báňských. Jen zcela mimořádně byla u jiných specializací povolena výjimka. Důraz se kladl na původní vědeckou práci, kterou mohl nahradit i kvalifikovaný konstrukční návrh. Písemná a ústní část doktorátu se opakovala jen dvakrát, v případě dalšího odmítnutí bylo vyloučené ucházet se o tuto hodnost. Předsedou zkušebních komisí byl vždy rektor. Oponenti byli dva profesori. Za posudky disertanti platili 40 K, za zkoušku 80 K a za promoci 60 K. Do zkušebních předmětů byla kromě jiných zařazena užitá geologie, užitá chemie v hornictví a hutnictví, aplikovaná elektrotechnika v hornictví a hutnictví. V textu promočního a zkušebního řádu se několikrát opakuje důraz na nekompromisní přísnost při zkoušení předmětů i při obhajobě. Z dokumentace knihy doktorských disertací VŠB v Příbrami lze doložit evidenci kandidátů, zápisy z průběhu obhajob, znění zkušebních otázek, jejich hodnocení a odborné posudky. Vlastní disertační práce se dochovaly jen z části.

Udělování čestného doktorátu báňských věd prosazovala předložený návrh česká a německá část profesorského sboru samostatně. Důvody odmítnutí mohly být, jak se výslovně zdůrazňovalo, pouze vědeckého rázu. Jako první získal tuto poctu v roce 1907 profesor horního a hutního strojnictví, vrchní báňský rada Josef Hrabák. Rektor J. Theurer ve svém komentáři se zadostiučiněním uvedl: „Před významem tohoto muže umkla národní nevraživost, což budiž řečeno ke cti německých profesorů, kteří s českými volili všemi hlasy“ [10]. Čestné doktoráty VŠB v Příbrami se na návrh profesorského sboru až do vzniku ČSR udělovaly formou císařského rozhodnutí, a to především odborníkům, kteří dlouhodobě působili v průmyslové praxi. Je příznačné, že jejich největší počet byl z ostravsko-karvinského kamenouhelného revíru. Již v té době totiž vzrostl ve srovnání s ostatními průmyslovými oblastmi v Českých zemích význam Ostravsko-karvinského revíru, což bylo dáno plným přechodem hutnictví na provozování koksových vysokých pecí, využíváním místního černého uhlí v energetice, počínajícím užitím uhlí i v těžké chemii a postupným převýšením významu uhelného hornictví nad rudným hornictvím. Vesměs to byli uvědomělí čeští vlastenci, kteří do oboru nastoupili po generaci prof.

Eduarda Hořovského (1831 – 1889) a prof. Josefa Hrabáka (1833 – 1913) a kteří se kromě svého přínosu v technickém rozvoji v montanistice zasloužili také o rozvoj obce a společnosti. Z techniků z praxe literatura dosud nejčastěji připomíná tuto úlohu a dosažení čestného doktorátu u Ing. Karla Friče, původem z Nového Města nad Metují, ale pracujícího nejprve v Rokycanech a poté největší část své aktivní praxe především na dole Eleonora v Ostravsko-karvinském revíru a v Orlové [11, 12]. Dále toto ocenění získali emeritní profesori i politici, jež ve svém postavení podporovali danou vysokou školu. Nejvýznamnější bylo udělení čestného doktorátu prezidentovi T. G. Masarykovi v r. 1925 u příležitosti 75. výročí založení příbramské báňské akademie.

Přínos montánního učiliště báňské akademie a Vysoké školy báňské v Příbrami pro hornictví lze hodnotit nejen vědeckými výsledky jejich profesorů. Neméně důležitá byla práce jejich absolventů v jednotlivých revírech, kteří našli významné uplatnění nejen v Českých zemích, nýbrž i v jiných zemích monarchie, příp. v cizině.

Česká technická inteligence z řad vysokoškolsky vzdělaných báňských inženýrů získala během studia a praxe širší rozsah zkušeností a znalostí ve srovnání s hornickým osazenstvím šachet. Studium v Příbrami jí dalo nejen kvalitní vzdělání v montánních oborech, ale neméně významně působil i osobní vzor řady profesorů a jejich životní hodnoty. Vysoké učení v Příbrami připravovalo své absolventy pro praxi zodpovědným a kvalitním způsobem. Vyrostla zde řada význačných horních i hutních inženýrů, jejichž jména jsou ještě dnes známa v nejstarší generaci oboru nebo kteří dokonce působili jako vysokoškolští pedagogové v novodobé Vysoké škole báňské přemístěné v r. 1945 do Ostravy. V Ostravsko-karvinském revíru navazovali absolventi na zakladatelskou generaci českých inženýrů V. Jičínského, E. Hořovského, J. Mayera, J. Spotha, E. Mádku, A. Glazunova a dalších, které spojovala vysoká odbornost, ale zároveň uvědomělá snaha o rozšiřování uplatnění českého národního života.

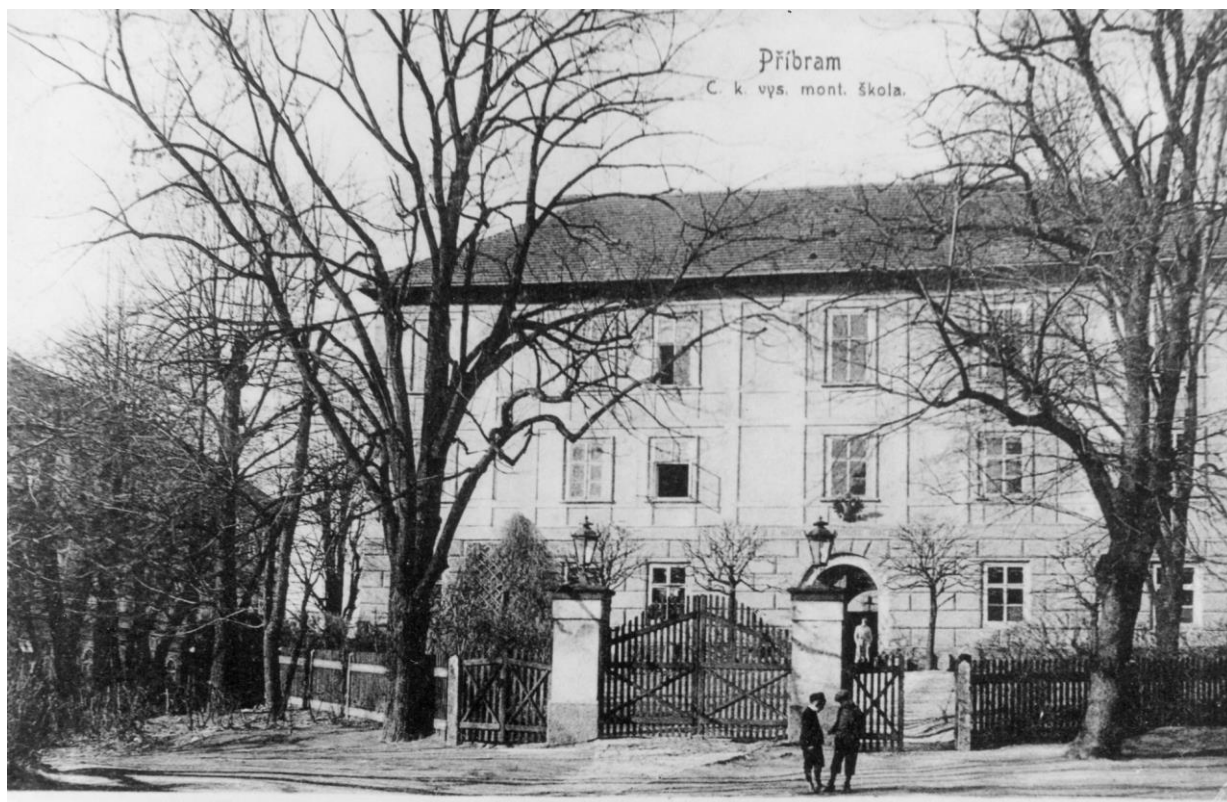
Doslov

V r. 2015, kdy je publikován tento článek, je také výročí, které se váže k dalšímu, neméně významnému mezníku v historii VŠB-Technické univerzity Ostrava. V září 1945 byla na základě dekretu prezidenta Edvarda Beneše přemístěna VŠB z Příbrami do Ostravy a tím byly dovršeny všechny předešlé úvahy a práce na moderní koncepci školy a na jejím umístění do průmyslového centra státu, na jehož oborové zaměření se orientovala její výuka.

Literatura

- [1] DIRNER, V.: 110. výročí přiznání názvu Vysoká škola báňská v Příbrami. *Uhlí, rudy, geologický průzkum*, 2014, mimořádné vydání, s. 2-5, ISSN 1210-7697
- [2] TOMÁŠEK, K. Počitky Banské akademie v Banském Štiavnicku. *Hutnické listy*, roč. LXIII, 2010, č. 5, s. 100-101. ISSN 0018-8069

- [3] *Hornické a hutnické listy*, roč. V, 1094, č. 4, s. 47
- [4] POČTA, J.: *Hutnické listy – geneze I. Hutnické listy*, roč. LXV, 2012, č. 3, s. 69-72, ISSN 0018-9069; *Hutnické listy – geneze II. Hutnické listy*, roč. LXV, 2012, č. 4, s. 83-86, ISSN 0018-9069; *Hutnické listy – geneze III. Hutnické listy*, roč. LXV, 2012, č. 5, s. 109-114, ISSN 0018-9069; *Hutnické listy – geneze I. Hutnické listy*, roč. LXV, 2012, č. 6, s. 141-146, ISSN 0018-9069
- [5] *Hornické a hutnické listy*, roč. III, 1902, č. 8
- [6] ČAPKA, F. aj.: *Dějiny země Koruny české v datech*. Praha: nakladatelství Libri, 1999, 1001 s. ISBN 80-7277-000-4
- [7] *Hornické a hutnické listy*, roč. IV, č. 9, č. 12
- [8] VORÁLEK, K.: Šedesát let Hornicko-hutnického spolku v Moravské Ostravě. [Zpráva přednesená na valné hromadě spolku 26.1.1934] *Hornický věstník a Hornické a hutnické listy*, roč. XVI (XXXVI), 1934, č. 22, s. 497-501; ZAO, fond PŘMO, Hornicko-hutnický spolek v Moravské Ostravě, kart. č. 76
- [9] *Hornické a hutnické listy*, roč. VI, č. 9
- [10] BIOLKOVÁ, J., KAŠING, P.: *Osobnosti vědy a techniky. Nositelé čestných doktorátů a medaile Georga Agricoly Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2013
- [11] BIOLKOVÁ, J., KAŠING, P.: Báňský odborník Karel Frič a jeho doba. In: *Ostrava 28, příspěvky k dějinám a současnosti Ostravy a Ostravska*. Ostrava: nakladatelství Tilia, 2014, s. 286-319, ISBN 978-80-86904-52-8, ISSN 286-319
- [12] POČTA, J.: Rodinný archiv spoluautora Jana Počty, Ostrava



Budova příbramské báňské akademie (bývalý zámek arcibiskupa Arnošta z Pardubic), kterou město Příbram věnovalo této škole, konec 19. stol. (zdroj: Archiv VŠB-TU Ostrava)

konference, výstavy, veletrhy

Bright World of Metals v Düsseldorfu na startovních blocích



Čtveřice tradičních metalurgických veletrhů GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST proběhne v Düsseldorfu ve dnech 16. až 20. 6. 2015. Všechny čtyři veletrhy jsou předními akcemi svých oborů, a to v nejvyšším mezinárodním měřítku. Soustředí se na kovy a jejich komplexní, inovativní metody zpracování. Celkem ve 12 halách výstaviště představí téměř 2 000 vystavovatelů nejnovější technologie a výrobní zařízení. Dosavadní stav přihlášek dává tušit, že účast vystavujících firem a rozsah výstavních ploch bude ještě větší, než v minulém ročníku. Výstavní témata, technologie a objekty, instalované v halách 3 až 17, pokryjí prakticky celý světový trh v daných oborech.

Největší metalurgický veletrh **GIFA** má hlubokou tradici – návštěvníkům z celého světa se představuje již téměř 60 let. Bude instalován v halách 10 – 13 a 15 – 17. Zde představí řadu metalurgických technologií, mezi nimi tavicí agregáty, zařízení pro tlakové odlévání, vtokovou techniku, slévárenskou chemii, zařízení a materiály pro výrobu modelů, forem nebo jader, různé slévárenské stroje, měřicí a zkušební zařízení a zařízení k likvidaci odpadů ze slévárenské technologie a regeneraci formovacích hmot, zařízení pro čištění a apretaci.

K veletrhu se druží doprovodné programy, jako jsou přednášky a konference. Nezanedbatelným přínosem pro vystavovatele i návštěvníky je to, že veletrh GIFA představuje i kontraktní fórum pro všechny zájemce.

Nejvýznamnější mezinárodní veletrh celého metalurgického průmyslu **METEC** již 35 let působí v oblasti velkých investičních celků v metalurgii. Na výstavišti bude umístěn v halách 3 – 5. Soustředí se na zařízení pro výrobu surového železa, oceli a neželezných

kovů, odlévání a tváření kovů v kovárnách, válcovnách a dalších tvářecích provozech. Přestavuje nejen širokou paletu výrobních zařízení, ale i zařízení a technologie pro likvidaci nebo druhotné zpracování a recyklaci odpadů i čištění plynů, což je významným přínosem pro ekologické chování oboru. Atraktivitu už tak přitažlivého veletrhu zvyšuje doprovodný program vyplněný akcí European Metallurgical Steel Technology and Application Days (ESTAD), jejíž témata se zaměřují prakticky na celé portfolio hutních technologií, a to koksovny, vysoké pece, příp. další zařízení na výrobu surového železa, ocelárny, hutní suroviny a materiály pro žáruvzdorné vyzdívky, řídicí systémy, měřicí a zkušební techniku. Pro návštěvníky bude jistě přínosná komunikační burza s výměnou zkušeností European Metallurgical Conference (EMC) pro experty z oboru neželezných kovů, kam mimo jiné akce patří v tomto roce i Blei und Zink Symposium.

Mezinárodní veletrh **NEWCAST** je ve čtveřici metalurgických veletrhů nejmladší. Vystavovatelé a návštěvníci jej využívají 17 let. Soustředí se na slévárenské stroje a odlitky. Kromě praktických zkušeností z průmyslové praxe představuje výsledky výzkumu a vývoje a především vědecký pohled na další směry rozvoje daného oboru orientovaného v materiálové oblasti na ocel, litinu i neželezné kovy a v technologické oblasti na tavení, odlévání, spékání a kování. Veletrh NEWCAST bude na výstavišti umístěn v halách 13 a 14. Atraktivitu veletrhu podporuje výměna zkušeností odborníků v rámci organizovaných profesních setkání NEWCAST Forum a soutěž NEWCAST Award o vyhlášení slévárenských výrobků s největším tvůrčím přístupem a inovací.

Mezinárodní veletrh **THERMPROCESS** má také již hlubokou tradici. V oboru tepelné techniky, proudění a přenosu tepla působí již přes 40 let. Jeho prezentace budou součástí haly 9 a 10. Doprovodný program veletrhu THERMPROCESS nabízí různorodý pohled na nejnovější výsledky vývoje a výzkumu v tepelné technice. Na sympoziu THERMPROCESS, který připravuje oborový svaz Thermoprozesstechnik – člen VDMA, budou diskutovat experti například o technických inovacích v ohřevu materiálu, tepelném zpracování i o moderních energeticko-technických koncepcích příslušných zařízení. Klíčovým tématem prezentace expertů a výrobních firem na specializované výstavě FOGI, pořádané výzkumnou asociací .



Forschungsgemeinschaft Industrieofenbau e.V., bude ohřev kovů z hlediska tepelných agregátů pro tavení a odlévání kovů, pro tváření a tepelné zpracování, pro povrchovou úpravu, dále žáruvzdorné vyzdívky, průmyslová keramika a sklo.

Společným tématem všech veletrhů je kampaň ecoMetals. Je to volně přístupný projekt, který již v r. 2011 inicioval pořadatel Messe Düsseldorf GmbH, směřující ke snižování energetické, surovinové a materiálové náročnosti metalurgických technologií a všech procesů, které na ně navazují nebo s nimi technologicky souvisejí. Tento projekt také směřuje k maximálnímu využití materiálu cestou minimalizace odpadů, k jejich recyklaci ve vlastním technologickém procesu nebo k využití odpadů v jiných technologiích jako druhotné suroviny. Do tohoto projektu je volný přístup všech zájemců-výrobců, ale i jiných účastníků s tím, že jim pořadatel nabízí formou komentovaných prohlídek v anglickém a německém jazyce seznámení se špičkovými prezentacemi v expozicích veletrhu.

Všechny informace k veletrhům GIFA, NEWCAST, METEC a THERMPROCESS spolu s aktuálním seznamem všech vystavovatelů je k dispozici na adrese www.tbwom.de nebo www.tbwom.com.

red. (podle zdroje: GIFA, METEC, THERMPROCESS, NEWCAST 2015. Tisková zpráva, Messe Düsseldorf GmbH, 28. 1. 2015)

Ochrana klimatu pro všechny

Handelsblatt

28. 1. 2015

Hans Jürgen Kerkhoff, prezident Hospodářského sdružení Ocel – WV Stahl říká: „Ocelářský průmysl v Německu a v Evropě pracuje na nových technologiích a způsobech, jak docílit průlomu ve snižování emisí CO₂. Od roku 1990 se emise v ocelářském průmyslu v Německu snížily o 20 %. Podle dosavadního stavu techniky je ovšem potenciál snižování emisí CO₂ v oboru poměrně malý, protože moderní vysokopeční technologie s velkoobjemovými vysokými pecemi dosahují účinnosti přes 90 % a při používání uhlíku leží již proces poblíž přírodovědného minima. Pro významné snížení emisí skleníkových plynů bude zapotřebí zásadně nových způsobů a technologií a aby toho mohlo být dosaženo, musí ještě proběhnout podstatné výzkumné práce. Vymyslet nové způsoby je ovšem jen první krok – v případě opravdového průlomu bude nutné tyto nové způsoby také ovládnout a zavést v průmyslovém měřítku.“

Německý ocelářský průmysl si dnes stojí lépe než jeho evropští konkurenti. Po tříletém poklesu stoupla v roce 2014 spotřeba ocelových výrobků o 2 % a výroba surové oceli o 1 % na 42,95 mil. t. Vytížení výrobních kapacit se v uvedeném roce pohybovalo kolem 86 %, zatímco v EU jako celku jen kolem 78 % a tím už šestý rok pod hranicí 80 %. Pro rok 2015 vychází WV Stahl z pokračujícího zotavení, poukazuje však zároveň na značná rizika, a to především ve stoupajících levných importech, ale také v evropské klimatické a energetické politice.

hutnictví ve světě

Doprava železné ruda z dolu Mount-Nimba

Stahl Aktuell

27. 1. 2015

Odbor průzkumu rudných ložisek společnosti Sable Mining Africa Ltd. uzavřel s liberijskou vládou dohodu, podle které bude moci podnik železnou rudu, vytěženou z jeho Mount-Nimba-Mine v jihovýchodní Guinei naložovat přes blízko ležící Libérii. Podle smlouvy, uzavřené na 25 let, obdrží těžbařská společnost přístup k liberijské železnici, která bude provozována společností ArcelorMittal. Touto železnici bude ruda dopravována do přístavu Buchanan na liberijském pobřeží. Guinea se snažila dlouhé roky přimět důlní společnosti, operující na jejím území, k dopravě vytěžené rudy přes svůj přístav Conakry, který je ale daleko a obtížně dosažitelný. Důl Mount-Nimba se svou kapacitou 182 mil. t v hodnotě 1,3 mld. USD není totiž dost velký, aby se vyplatila stavba železnice hornatým terénem ve Guinei. Přepravu přes Libérii povolila Guinea v říjnu 2013.

Slabé euro podpírá evropské ceny oceli

Stahl Aktuell

28. 1. 2015

Světové hospodářství ztrácí aktuálně tempo. Ze čtyř nejdůležitějších světových hospodářských oblastí (USA, Čína, Evropa a Japonsko) vykazují zřetelný hospodářský růst jen USA. V Číně ležel hospodářský růst v roce 2014 kolem 7,4 %. Oslabení čínské dynamiky bude zřejmě pokračovat. Hovoří pro to aktuální indikátory, znečištění životního prostředí a vládní plány na restrukturalizaci ekonomiky. Největším tahounem růstu již nebude export, ale domácí poptávka. Hospodářský růst v eurozóně bude v roce 2015 jen velmi mírný a protože ocel je dobře recyklovatelný produkt, není pravděpodobné, že by se v roce 2015 výrazně zvýšila poptávka. To platí jak pro Evropu, tak pro důležité ocelářské obchodní partnery, jako je Ukrajina, Turecko a Čína. Výjimkou mohou být USA. To všechno ale znamená, že regionální přebytečné kapacity a levné importy budou dále tlačit dolů na ceny oceli. Důvod, spočívá v současném propadu eura ve vztahu k dolaru. To může být silnější, než vliv stále nízkých cen surovin. V důsledku toho se pak výrobní ceny oceli budou zvyšovat.

Propad cen ropy si vyžaduje další uzavírání provozů v U.S.Steel

Stahl Aktuell

28. 1. 2015

Vlna uzavírání provozů u amerického výrobce oceli U.S.Steel pokračuje. Postiženy jsou nyní dva

závody v Alabamě a další v Texasu. Ohroženo je 1 918 pracovních míst. Uzavírané závody vyrábějí a prodávají ocelové trubky ropným a plynářským společností, a trpí proto poklesem cen ropy. Bylo zrušeno mnoho zakázek. Už začátkem roku musel koncern kvůli nízkým cenám ropy uzavřít dva závody v Ohio a Texasu. V důsledku poklesu cen ropy by se mohlo dostat do problémů celé průmyslové odvětví. Podniky z USA, Francie a dokonce i z Číny postavily mnoho zařízení kolem Mexického zálivu, aby mohly zásobovat těžaře příslušnými trubkami. U.S.Steel patří k prvním postiženým.

V ArcelorMittal Ostrava vyvinuli novou ocel pro vysoké provozní teploty

ArcelorMittal News, B.Č.D.

12. 3. 2015

Huť ArcelorMittal Ostrava (AMO) vyvinula a zahájila výrobu nové oceli s vysokou přidanou hodnotou. Ocel jakosti 16Mo3 s přídavkem molybdenu patří mezi nízkolegované oceli se zvýšenou tepelnou odolností a odolností proti vysokoteplotní korozi a tečení. Při zvýšených teplotách vykazuje v porovnání s běžnými typy oceli vysokou pevnost. Speciálních vlastností dosahuje tato ocel především díky přidání molybdenu. Ten zajišťuje zvýšenou odolnost proti vysokým provozním teplotám až do 500 °C. Díky těmto vlastnostem se výrobky z této oceli uplatní zejména v teplárenství, spalovnách a energetice. Ocel lze použít pro parní potrubí, výměníky tepla i potrubí určená pro transport horkých látek. Dále je vhodná do kotlů a strojů pracujících za zvýšených teplot. Kromě toho vyniká velmi dobrou svařitelností při použití standardních metod. Na vývoji nové oceli se podílelo oddělení výzkumu AMO.

Ostravská huť vyrábí tuto ocel ve formě profilů, kruhových a plochých tyčí, bezešvých a svařovaných trubek a plochých výrobků.

Odbourávání přebytečných kapacit se dostává pomalu do tempa

Stahl Aktuell

29. 1. 2015

Odbourávání významných přebytečných kapacit v čínském ocelářství se v uplynulém roce zrychlilo. Původní cíl stáhnout s trhu a z výroby zastaralá zařízení s kapacitou 27 mil. t byl dokonce překročen s výsledkem 31,1 mil. t. Čína ovšem i nadále představuje roční výrobní kapacitu kolem 900 mil. t ocelářskou velmoc. V minulém roce Peking rozhodl, že až do roku 2017 nesmí být v Číně postaveny,

resp. rozšířeny žádné nové kapacity na výrobu oceli.

WeserWind v Bremerhavenu je v insolenci

www.weser-kurier.de

29. 1. 2015

Vedení Georgsmarienhütte Holding GmbH (GMH) zastavilo příspěvky na svůj podnik WeserWind Offshore Construction. Ve svém vyjádření informovalo, že po pečlivém zvážení všech faktů již není dále možné a účelné podporovat WeserWind dalším kapitálem. Tím se podnik, ve kterém se vyráběly komponenty pro offshore větrné elektrárny a trafostanice, stal insolventním. Nemá dostatek zakázek a z toho důvodu bylo osazenstvo již od ledna 2014 převedeno na kurzarbeit. V dobách největší slávy zaměstnával podnik více než 1 000 zaměstnanců.

Pokles viditelné spotřeby oceli v Číně

Stahl Aktuell

30. 1. 2015

Podle údajů státem podporované China Iron and Steel Association (CISA) poklesla v roce 2014 ve srovnání s předcházejícím rokem spotřeba oceli v Číně o 3,4 %. Takto nebyl poprvé po 12 letech zaznamenán žádný vývoj. Ještě v roce 2013 stoupla poptávka po oceli v Číně o 6 %. Viditelnou spotřebou se rozumí suma vyrobené a importované oceli s odečtením exportu. Zpomalení o 2,5 % doznala rovněž těžba uhlí. U viditelné spotřeby není brán ohled na vysoké skladové zásoby.

Vallourec odepisuje vzhledem k poklesu cen ropy až 1,2 mld. €

Stahl Aktuell

30. 1. 2015

Francouzský výrobce ocelových trubek Vallourec SA musí kvůli poklesu cen ropy a s tím spojeným krácením investic těžebních společností provést odpis až 1,2 mld. €. Očekávaná poptávka po ocelových trubkách se propadla. Objem mezi 500 až 600 mil. € padne na brazilský podnik Vallourec & Sumitomo Tubos Do Brasil Ltd., společně provozovaný podnik s japonským Nippon Steel. A ještě jednu takovou sumu musí Vallourec odepsat u svých evropských podniků. Kvůli tomu Vallourec očekává, že bude až do konce roku psát v červených číslech. Francouzi investovali do brazilského joint-venture kolem 1,1 mld. €. Tento podnik, ve kterém má Vallourec 56 %, měl vyrábět bezešvé trubky pro těžbu ropy a plynu.

Boje komplikují exporty oceli a uhlí

Stahl Aktuell

2. 2. 2015

Nejnovější eskalace bojů mezi vládními vojsky a proruskými separatisty kolem přístavu Mariupol komplikují vývoz uhlí a oceli. Experti IHS Maritime and Trade píší, že ve IV. čtvrtletí 2014 přistálo v přístavu Mariupol jen 12 nákladních plavidel oproti

135 plavidlům v 1. čtvrtletí 2014. Oficiální údaje přístavního úřadu ukazují, že export koksovateľného uhlí v období leden až listopad 2014 ve srovnání se stejným obdobím předcházejícího roku poklesl o 71 %. Vývoz železných slitin poklesl o 17 %. Zástupci západních lodních společností upozorňují na skutečnost, že mnohé ukrajinské doly zastavily provoz, a Kyjev je tak nucen dovážet uhlí z Austrálie.

Železná ruda – Zásoby železné rudy v čínských přístavech klesají

Steel Guru / Steel Trade Today

2. 2. 2015

Zásoby železné rudy v čínských přístavech klesly v posledních 6 měsících o 12,5 %. V lednu letošního roku spadly poprvé od února 2014 pod hranici 100 mil. t. Importy železné rudy byly ale v posledních měsících hodně silné: v prosinci dovezla Čína tolik rudy (86,9 mil. t), jako ještě nikdy předtím. Celoroční import 932,5 mil. t za roce 2014 byl o 13,7 % vyšší než v roce 2012.

Zlepšovací návrhy zaměstnanců AMO

B.Č.D., tisková zpráva AMO

5. 2. 2015

Za loňský rok představili zaměstnanci ArcelorMittal Ostrava (AMO) celkem 336 zlepšovacích návrhů, přičemž 268 z nich bylo přijato k realizaci a 184 už se úspěšně převedlo do praxe. Je to devětkrát více než v r. 2009. Realizované zlepšovací návrhy přinesly hutí souhrnně úsporu ve výši 32 mil. Kč. Za zlepšovací návrhy v oblasti snižování nákladů a zlepšení bezpečnosti práce bylo zaměstnancům vyplaceno více než 1,6 mil. Kč. Jako mimořádnou odměnu navíc nejlepší zlepšovatel z každého závodu získal čtyřdenní wellness pobyt pro dvě osoby v lázních. Mezi loni odměněnými zlepšovacími návrhy byl například systém samomazání skipové dráhy pro vysokou pec nebo změna technologie legování oceli.

Dobře se ujala i nová forma zlepšovacích návrhů – drobná zlepšení. Celková odměna za jedno drobné zlepšení může být až 10 000 Kč a hlavním smyslem je snížit administrativní zátěž, zrychlit schvalovací procesy a motivovat zaměstnance ke zlepšování. Jen za drobné nápady rozdělil AMO svým zaměstnancům v loňském roce 166 500 Kč. Jedním z takových návrhů pro zlepšení byla například aplikace elektronická směnovnice pro smartphony.

Přehled ocelí pro stavebnictví

Tisková zpráva ArcelorMittal, B.Č.D.

5. 2. 2015

Společnost ArcelorMittal představuje Steel Envelope – Speciální pomůcku pro architekty, projektanty a konstruktéry, jejíž součástí je unikátní kniha o využití oceli ve stavebnictví a webové stránky. Zákazníci se tak mohou detailně seznámit

s ocelovými výrobky společnosti ArcelorMittal určené pro stavebnictví. Naleznou zde oceli s nátěrem a kovovým povlakem pro interiérové i exteriérové aplikace. Steel Envelope umožňuje společnosti ArcelorMittal oslovit své zákazníky novým a neotřelým způsobem. Limitovaná edice Steel Envelope v tištěné podobě je distribuována architektům po celé Evropě. Pokud ale zájemci nechtějí čekat na tištěnou verzi, mohou si Steel Envelope prohlédnout online na odkazu <http://industry.arcelormittal.com/steel-envelope>.

Oxford Instruments uvádí na trh nový přístroj pro měření tloušťky povlaku

*Tisková zpráva Oxford Instruments
Roentgenanalytik GmbH*

12. 2. 2015

Společnost Oxford Instruments představuje nový přístroj MAXXI 6 pro měření tloušťky povlaku a pro materiálovou analýzu. Přístroj pracuje na principu rentgenové fluorescence (XRF) a je vybaven křemíkovými driftovými detektory s vysokým rozlišením. Zejména díky tomu dokáže měřit tloušťku povlaku v rozsahu nanometrů a chemické složení na stopové úrovni, což je požadováno např. v oblasti vícevrstvého pokovování a v oblasti výroby desek plošných spojů, analýzy kovových slitin nebo zkoušek shody.

Aplikace analyzátoru MAXXI 6 umožňuje snadnou, rychlou a nedestruktivní analýzu, přičemž nevyžaduje žádnou nebo jen malou přípravu vzorku. Přístroj je schopen analyzovat pevné látky nebo kapaliny z hlediska široké škály prvků od ^{13}Al po ^{92}U . Osm vyměnitelných kolimátorů pokrývá plně aplikační potřeby a SDD nabízí optimální účinnost při všech energetických úrovních s energetickým rozlišením až do 140 eV.

Analýza tloušťky povlaku pomocí přístroje MAXXI 6 zahrnuje tři kroky: 1. umístění vzorku do komory, 2. zvolení měřicího bodu na vzorku, 3. spuštění přístroje. Intuitivní software je založen na operačním systému WindowsTM 7. Několik továrně dodávaných užitečných možností kalibrace, jako jsou empirické kalibrace, bezstandardní modely fundamentálních parametrů, kalibrace pro RoHS (režim s omezením používání některých nebezpečných látek) nebo kalibrace pro drahé kovy, výrazně usnadňují uživateli analýzu. Také hardware přispívá k pohodlné práci. K přístroji MAXXI 6 může být připojeno buď standardní PC nebo notebook prostřednictvím USB bez nutnosti dodatečného hardwarového vybavení nebo instalace firmwaru. Neobvykle velká, na sekce rozdělená měřicí komora pro vzorky s vnitřním objemem 500 mm x 450 mm x 170 mm, je vhodná pro širokou škálu standardních i nadstandardně rozměrných vzorků. Programovatelný stolek umožňuje automatizované měření a maximalizuje rozsah pohybu a rychlost stolku. Analyzátor MAXXI 6 je vyráběn v Německu a schválen úřadem PTB

(Physikalisch Technische Bundesanstalt) z hlediska nejvyšší úrovně radiační bezpečnosti. Pro provoz v České republice a Slovenské republice je jeho používání schváleno Státním úřadem pro jadernou bezpečnost ČR a Úřadem veřejného zdravotnictví SR.

První technologický podnik, který vzešel z Oxfordské univerzity před více než padesáti lety, společnost Oxford Instruments, je v současnosti globální společností s více než 1900 zaměstnanci po celém světě.

AMO dodává stavební a konstrukční materiály

ArcelorMittal News

18. 3. 2015



ArcelorMittal Krivoj Rog dodal více než 700 t ocelových výztuží na stavbu nového předního autosalonu

Volkswagen ve

městě Krivoj Rog na Ukrajině. Ten byl slavnostně otevřen v únoru tohoto roku a kromě prodeje nabízí i údržbu a opravy vozů ze skupiny Volkswagen. Stavba autosalonu začala v roce 2013 a poslední práce skončily na konci roku 2014. ArcelorMittal dodával na stavbu ocelové výztuže, válcované dráty, tyče z ploché oceli a další ocelové produkty. Architekti navrhli budovu salonu v moderním duchu a především kvalita dodávaných výrobků umožnila použít složitá architektonická a konstrukční řešení.

AMO rekonstruuje Baťovy výrobní haly ve Zlíně

ArcelorMittal News

18. 3. 2015



Dvě bývalé výrobní haly továrny Baťa přeměnilo město Zlín na nové kulturní centrum v rámci projektu

Baťův institut. Jejich prostory teď slouží jako Krajská knihovna Františka Bartoše, Krajská galerie výtvarného umění a Muzeum jihovýchodní Moravy. ArcelorMittal Construction France dodala 1 420 m² podlahového řešení Cofraplus 220 na výstavbu nového podlaží, které rozděluje přízemí budovy, kde sídlí knihovna, na dvě patra. Bývalé Baťovy výrobní budovy č. 14 a 15 byly postaveny v druhé polovině 40. let minulého století a jsou považovány za jedny z největších klenotů české industriální architektury. Jako součást průmyslového dědictví

jsou chráněnými památkami. Město Zlín budovy odkoupilo s cílem přeměnit je na integrované kulturní centrum v nově vznikající části města. V budově č. 14 tak nyní sídlí galerie a muzeum a v budově č. 15 se nyní nachází knihovna.

AMO dodává plechy pro větrné elektrárny

ArcelorMittal News

18. 3. 2015

ArcelorMittal Gijón dodá 23 kt těžkých ocelových plechů na výstavbu základů pro 29 větrných elektráren ve Wikingerské větrné farmě v Baltském moři. První dodávka plechů odešla letos v březnu a poslední je naplánována na březen 2016. Větrná farma se bude nacházet 75 km od německého pobřeží v místech, kde hloubka vody dosahuje od 37 do 43 m. Konstrukce z oceli od ArcelorMittal Gijón ukotví turbíny větrných elektráren k mořskému dnu a je speciálně připravená k instalaci i ve větších hloubkách. Na tuto ocel jsou kladeny obrovské nároky. Kromě vynikajících konstrukčních vlastností musí vykazovat odolnost proti korozi ve vysoce agresivním prostředí.

AMO buduje velkokapacitní plovoucí hotel

ArcelorMittal News

18. 3. 2015

Více než 5 000 t ocelových plechů dodá na stavbu plovoucího hotelu o kapacitě 700 lidí španělský ArcelorMittal Gijón. Obrovský obytný komplex, který



bude sloužit jako ubytování pro pracovníky ropných plošin v Mexickém zálivu, postaví španělské loděnice Navatia pro mexickou ropnou společnost Pemex. Zaměstnancům dlouhý pobyt na moři zpříjemní posilovna, konferenční místnost, rekreační zóny, zdravotní centrum, ošetrovna, kanceláře, šatny i dílny. Navíc bude mít plovoucí hotel k dispozici dva velké jeřáby, které uzvednou až 20 t. Stavba lodi o hmotnosti 7 000 t, délce 131 m a šířce 27 m zabere více než milion hodin lidské práce a více než 150 000 hodin strojírenských prací. Podle plánů by měla být dokončena v polovině roku 2016.

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

2. OZNÁMENÍ
3. - 5. června 2015
Hotel Voroněž I, Brno Česká republika, EU

**METAL®
2015**

TANGER, spol. s r.o.
VŠB – Technická univerzita Ostrava
Česká společnost pro nové materiály a technologie
Inženýrská akademie České republiky
AGM International Czech Chapter

Materials Research Society of Serbia
Societatea Portugueza de Materiais
Austrian Society for Metallurgy and Materials
Norsk Materialteknisk Selskap
Associazione Italiana di Metallurgia
Societe Francaise de Metallurgie et de Matériaux

Výroba olova na Slovensku

(Zaniknuté hutnícke technológie na Slovensku, 4. časť)



Obr. 1 Čelný pohľad na praziacu pec olovených koncentrátov, Banská Štiavnica, 1779

V histórii ľudskej civilizácie patrí olovo k najstarším známym kovom. Poznali ho Egypťania (7000 – 5000 pr. Kr.) a okolo rokov 2500 pr. Kr. bolo olovo významným vývozným artiklom z Malej Ázie do krajín Stredného východu. Pre vysokúmernú hmotnosť, ľahkú tavitelnosť a neobvyklé mechanické vlastnosti má olovo od historických dôb limitované, špecifické použitie najmä v oblasti stavebníctva, ako sú okenné rámy pre ukladanie farebných skiel gotických a renesančných okien, vodovodné rúry, stavebné plechy a spájky pre spájanie iných kovov. Významnou oblasťou jeho využitia je streľivo, najmä liate broky a plášťované guľky, oblasť typografie a v posledných dvoch storočiach najmä oblasť akumulátorových batérií. Významné sú oxidické zlúčeniny, ako napr. olovená glazúra a minium používané ako glazúry v keramike a na farbiarske účely.

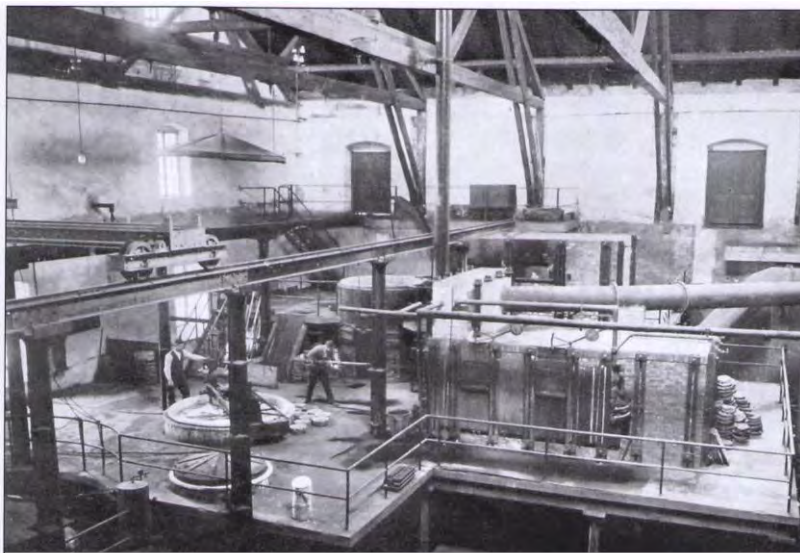
Na území Slovenska začala ťažba olovených rúd v 8. až 10. storočí v stredovekých baniach v Banskej Štiavnici, a to v rovnakom čase ako aj v oblasti Příbrami v Čechách a v pohorí Harz v Nemecku. Vo vrcholnom stredoveku a rannom novoveku, teda v 13. až 18. storočí, bola ťažba a výroba olova v regióne Banskej Štiavnice významne zviazaná s výrobou medi, striebra a zlata [1, 2], čo bolo dané polymetalickým charakterom tamojších rúd. Stručná písomná zmienka o olovenej hute v Banskej Štiavnici pochádza z roku 1390. Získané olovo však slúžilo v technológii zhutňovania strieborných rúd, kde olovo malo nezastupiteľnú úlohu zbierača kovového striebra, ale aj zlata (kúpelačný proces). Vtedy vyrobené olovo zrejme nepostačovalo na úplné získavanie striebra a zlata, o čom svedčí písomná zmienka z konca 15. storočia o objednávkach poľského olova ako prísady pre zhutňovanie strieborných rúd. V 16. – 18. storočí sa v regióne Banskej Štiavnice olovo vyrábalo vo viacerých súkromných ale aj erárnych hutách. Významnými vlastníkami olovených hút so súčasou produkciou striebra boli Vavrinc Rössel v Siglinsbergu, dnes Štiavnické Bane (údaj z roku 1537), Hans Walter z Hodritsch – Hämmer, dnes Hodruša (údaj z roku 1537), Gregor Unger z Banskej Štiavnice (údaj z roku 1533). V roku 1545 sa spomínajú dve erárne huty v Banskej Štiavnici a v roku 1578 erárna huta v Hodruši. Erár reprezentovaný úradom Hlavného komorského grófa v Banskej Štiavnici [3] kúpil, de facto zoštatnil hutu Andreasa Salzera v Štefultove v roku 1592 a v tom istom roku hutu Anny Teiningerovej v Hodruši.

Tieto majetkové premeny boli znakom nastupujúcej habsburskej centralizácie v prostredí Uhorského kráľovstva, ktorej napokon nezabránila ani Osmanská expanzia, ani protihabsburské povstania (Bocskay, Bethlén, Thököly, Rákóczy a i.). Protihabsburské povstania boli často iniciované a vždy podporované Osmanskou ríšou, čo vytváralo veľké riziká v konflikte Západ – Východ vo vnútri habsburskej monarchie, teda v našom dnešnom priestore.



Obr. 2 Továreň na olovené výrobky banskej spoločnosti J. J. Geramba, Diln, 1894 (dnes Banská Belá)

Dramatický, dve storočia pretrvávajúci vojensko-politický konflikt vo východnej časti habsburskej monarchie zákonite viedol k efektívnemu technologickému a hospodárskemu rozvoju bankého a hutníckeho podnikania v celom Hornom Uhorsku, čo sa týkalo najmä olova ako vojensky strategického kovu. V 17. a 18. storočí sa osud striedavého súkromného a erárneho vlastníctva týkal dvoch najväčších bankoštiavnických Pb-Ag hút, a to Stadtgrunder Bleihütte (Horná huta) a Sziczeleysche Hütte (ako Siceliho Dolná huta). K ich zjednoteniu došlo nariadením Ministerstva financií Uhorského kráľovstva v Budapešti v roku 1872, kedy vznikla centrálna Ag-Pb huta pod názvom Silberhüttenwerk Schemnitz, čo sme opísali v predchádzajúcej časti tohto historického seriálu [2].

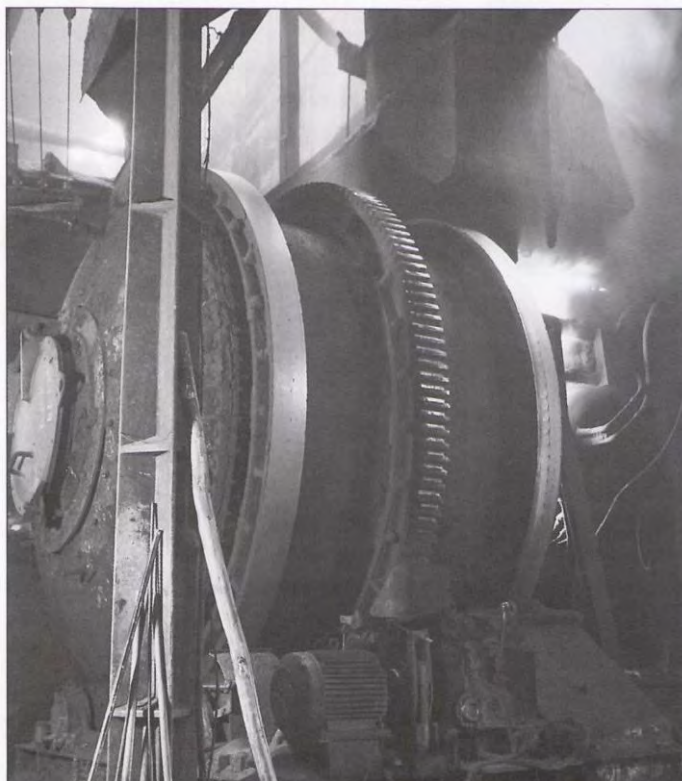


Obr. 3 Zariadenia na komplexnú rafináciu olova od ťažkých a ušľachtilých kovov, Banská Štiavnica, 1930

Vzhľadom na polymetalický charakter ťažených rúd (Pb-Cu-Ag-Au), v ktorých s časom a hĺbkou ťažby klesal obsah striebra a zlata a stúpal obsah olova a medi, sa dlhodobo (prakticky až do zániku výroby v roku 1968) používal ako výrobný postup pražiaco-redukčný proces. Praženie sulfidických rúd a neskôr koncentrátov s obsahom galenitu sa robilo v nistejových a roštových peciach (obr. 1), neskôr v etážových peciach alebo na aglomeračných pásach. Redukčné tavenie prebiehalo v šachtových peciach, ktoré v 19. storočí dosiahli svetovú úroveň, čo reprezentovala banskoštiavnická Pilzova šachtová pec [1]. S výrobou olova bola spojená aj významná miera finalizácie na komerčné produkty. Rozhodujúci bol rok 1885, kedy sa v Banskej Štiavnici zaviedla výroba tvrdého olova, zliatiny olova a antimónu s obsahom až 32 %

Sb. Popri mäkkom olove (99,5 – 99,9 % Pb) to znamenalo významné rozšírenie finalizácie a výrobu komerčných olovených výrobkov na viacerých miestach banskoštiavnického regiónu (obr. 2). Komerčné podnikanie s olovom bolo orientované do oblasti tlačiarstva, streľiva (najmä liate broky), rúrok, plechov a spájok, ako aj olovených chemikálií (glieda, minium). Medzi rokmi 1797 a 1806 sa v Banskej Štiavnici vyrobilo na komerčné účely 4 800 – 10 100 q (viedenských centov) olova ročne (1 viedenský q = 56,15 kg), nad rámec výroby olova pre spotrebu olova pri výrobe striebra a zlata.

V rokoch pred 1. svetovou vojnou sa v banskoštiavnickom regióne vyrobilo celkom 1 100 – 1 300 t olova ročne, čo predstavovalo 82 % celohorskej produkcie. V rokoch prvej Československej republiky a vojnového Slovenského štátu produkcia olova bola v rozmedzí 670 – 800 t ročne. Výroba dosiahla maximum koncom 50. rokov minulého storočia rekordnou výrobou 3 190 t ročne, pričom významnú časť vsádzky začali tvoriť bulharské Pb koncentráty. V rozmedzí rokov 1923 – 1930 prebehla v centrálnej hute významná inovácia celého technologického cyklu, pri ktorej boli nainštalované flotačné zariadenia, etážová pražiaca pec, Greenawaltove aglomeračné panvy a zariadenia pre komplexnú rafináciu olova od zlata, striebra, medi, zinku, antimónu, arzenu a bizmutu Parkesovou, Harissovou a Savelsbergovou metódou (obr. 3). Posledná väčšia inovácia pochádza z roku 1959, kedy bola nainštalovaná krátkobubnová redukčná pec Lurgi na spracovanie akumulátorového Pb odpadu (obr. 4), ktorý stále viac nahrádzal primárnu rudnú vsádzku. Vysoké ťažobné náklady a nízke ceny olova, majúce za následok aj zlé hospodárske výsledky, viedli v roku 1968 k zastaveniu výroby olova na Slovensku.



Obr. 4 KTO (Kurz Trommelofen), krátkobubnová redukčná pec spoločnosti Lurgi pre redukčné tavenie oloveného akumulátorového odpadu a bohatých Pb zostatkov, Banská Štiavnica, 1959

Literatúra:

- [1] TOMÁŠEK, K.: Krátky historický prehľad hutníctva medi na Slovensku. *Hutnické listy*, roč. LXVII, 2014, č. 6, s. 102
- [2] TOMÁŠEK, K.: Zlato a striebro na Slovensku, *Hutnické listy*, roč. LXVIII, 2015, č. 1, s. 52,
- [3] TOMÁŠEK, K.: Stručná história kovohutníctva na Slovensku. *Hutnické listy*, roč. LXVII, 2014, č. 5, s. 102
- [4] CENGEL, J.: Dejiny hutníctva na Slovensku, kapitola Olovo. ZHTPG Bratislava, Banská agentúra Košice, 2006.

XXV. INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE on **IRON AND STEELMAKING**



Czarna, Poland, September 24 – 26, 2015

ORGANIZATORS

**The Section of Theory of Metallurgical Processes
Polish Academy of Sciences**

Institute of Metals Technology

Co-organizers

**Department of Metallurgy and Foundry Industry
VŠB -Technical University of Ostrava**

**Department of Ferrous and Foundry Metallurgy
Technical University of Košice**

SCOPE

- **technologies of metals production**
- **environmental protection and management in metallurgy**
- **numerical simulation of the metallurgical processes**
- **construction and design of metallurgical units**

IMPORTANT DATES

30.06.2015 - paying the conference fee and accommodation costs
24.09.2015 - beginning of the conference

Next information is available in the following website:

www.ism-conference.pl