

ROČNÍK/VOL. **LXIX**  
ROK/YEAR **2016**

**1**

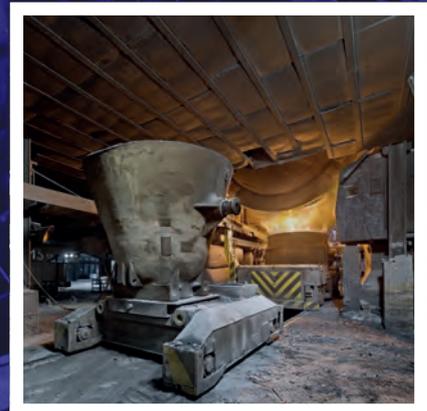


# Hutnické listy

**METALLURGICAL  
JOURNAL**

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ  
ISSN 0018-8069



**16<sup>th</sup> – 17<sup>th</sup> June 2016**  
**WERK ARENA TŘINEC**  
**CZECH REPUBLIC**



# INTERNATIONAL EXHIBITION

OF TECHNICAL INNOVATIONS,  
PATENTS AND INVENTIONS



Patronage: Deputy Prime Minister for the Science, Research and Innovation | Minister of Education, Youth and Sports | Minister of Industry and Trade | President of The Czech Academy of Sciences | President of Czech Chamber of Commerce | Mayor of Town of Třinec | Contact: [www.inventarena.cz](http://www.inventarena.cz)

Organized by:



**TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY**



**ČESKÁ HUTNICKÁ  
SPOLEČNOST, z.s.**



**ČESKÝ SVAZ  
vynálezů a zlepšovatelů**



**ČESKÝ SVAZ  
VEDECKOTECHNICKÝCH  
SPOLEČNOSTÍ**



**ÚŘAD  
PRŮMYŠLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ**

Expert guarantee:

Registrační číslo / Registration Number  
MK ČR E 18087Mezinárodní standardní číslo  
International Standard Serial Number  
ISSN 0018-8069**Vydavatel / Publisher**OCELOT s.r.o.  
Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice  
IČ: 49245848, DIČ: CZ-49245848  
Registrace v obchodním rejstříku Krajského soudu v Ostravě, oddíl C, vložka 30879**Redakce / Editorial Office**OCELOT s.r.o.  
Redakce časopisu Hutnické listy  
Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice  
Česká republika**Vedoucí redaktor / Chief Editor**Mgr. Šárka Seidlerová  
tel.: +420 731 181 238  
e-mail: seidlerovas@seznam.cz**Technický redaktor / Technical Editor**Ing. Jan Počta, CSc.  
tel.: +420 596 995 156  
e-mail: j.poceta@seznam.cz**Grafický redaktor / Graphic Editor**Ing. Dana Horáková  
tel.: +420 777 047 666  
e-mail: hutnicke.listy@seznam.cz**Tisk / Printing**Printo, spol. s r.o.  
Gen. Sochora 1379  
708 00 Ostrava-Poruba**Grafika titulní strany / Graphic design of the title page**

Miroslav Juřica, e-mail: grafik@konstrukce.cz

**Podkladová fotografie / Underlying photograph**

Mgr. Viktor Mácha, e-mail: viktor.macha@centrum.cz

**Redakční rada – Předseda / Editorial Board – Chairman**

prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, Česká republika

**Členové / Members**Ing. 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 Pařílák, CSc.  
Ing. Jiří Petřela, 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  
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Česká republika  
ŽĐAS, 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  
Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika  
ArcelorMittal Ostrava, a.s., Ostrava, Česká republika

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 1 190 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 Žlfbku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9-Horní Počernice, Česká republika (+420 225 985 225, 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., 2016

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 Žlfbku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9-Horní Počernice, Czech Republic (+420 225 985 225, 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., 2016

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.

## Obsah / Content

### Recenzované vědecké články / Peer-reviewed Scientific Papers

- Ing. Jan Morávka, Ph.D.* 3  
Analýza povrchové kvality tyčí za pomoci aproximačních modelů  
Analysis of the Surface Quality of Steel Bars with Use of Approximation Models

### Recenzované výzkumné články / Peer-reviewed Research Papers

- Ing. Jiří Cibulka; Ing. Jiří Cupek; Ing. Jan Kufa* 10  
Využití numerického modelování pro řízení makrosegregačních dějů v průběhu plynulého odlévání oceli  
Use of Numerical Modelling for Macrosegregation Control during Continuous Casting of Steel

- Ing. Jaromír Kaleta; Ing. Tomáš Huczala, Ph.D.; prof. Ing. Karel Michalek, CSc.; Ing. Jan Morávka, Ph.D.* 16  
*Ing. Monika Kawuloková, Ph.D.; prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.; doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.*  
Použití matematicko-statistických metod k posouzení rovnovážných obsahů titanu ve vysokochromové tavenině  
Use of Mathematical and Statistical Methods for Assessment of Equilibrium Titanium Contents in the High-Chromium Melt

- Ing. Martin Lampa, Ph.D.; Ing. Jun Li, Ph.D.* 22  
Optimalizace počtu údržbářů založená na algoritmu Monte Carlo  
Optimisation of the Number of Maintenance Workers Based on the Monte Carlo Algorithm

### Informační články / Informative Articles

#### Zprávy z HŽ, a.s. / Information of HŽ, a.s.

- Hutní výroba v ČR a SR. Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrobních výkonů roku 2016 a 2015, vč. upřesnění r. 2015 27

#### Historie hutnictví / History of Metallurgy

- prof. Ing. Karel Stránský, DrSc.; Ing. Drahomíra Janová; prof. Ing. František Kavička, CSc.* 28  
*doc. Ing. Libor Pantělejev, Ph.D.; RNDr. Karel Stránský, MBA; jun., Ing. Zdeněk Spotz, Ph.D.*  
*Ing. Lubomír Stránský, CSc.; Ing. Bohumil Sekanina, CSc.; Ing. Jan Pošta, CSc.*  
K historii těžby a zpracování stříbrnosných a zlatonosných rud v Jílovém u Prahy a v některých dalších vybraných lokalitách  
To History of the Mining and Treatment of the Silver and Gold Containing Ores in Jílové u Prahy and in some Next Chosen Localities

#### Společenská kronika / Social Chronicle

- K 70. výročí prof. Ing. Karla Tomáška, CSc. 33

#### Výstavy, veletrhy, konference / Exhibitions, Fairs, Conferences

- Mezinárodní výstava technických novinek, patentů a vynálezů INVENT ARENA 35

#### Redakční článek / Editorial Article

- Hlavní zásady pro publikování v Hutnických listech 36  
Zásady pro recenzování hlavních článků v Hutnických listech 39

#### Obsah Hutnických listů 2015 / Content of the Metallurgical Journal 2015

40

#### Historický seriál / Historical Serial

- prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.* 48  
Metalurgia manganu na Slovensku. Zaniknuté hutnícke technológie na Slovensku – 9. časť

### Inzerce

- mezinárodní konference Ocelové pásy 2016 • 1. ročník mezinárodní výstavy INVENT ARENA; Třinec

# Recenzované vědecké články

## Analysis of the Surface Quality of Steel Bars with Use of Approximation Models

## Analýza povrchové kvality tyčí za pomoci aproximačních modelů

Ing. Jan Morávka, Ph.D.

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

*The article contains an analysis of the behaviour of the basic indicator of surface quality of bars on the basis of created physically adequate model describing heat and temperature conditions during casting of billets.*

*On the basis of simplified physical interpretation an approximating dynamic cybernetic model was created for the measured surface temperature of cast billets, then from it a mathematical continuous and discrete model was created, and finally a regression model. Since the indicator of the surface quality of bars shows the character of probability of occurrence of the phenomenon, a multiple logistic regression model was used.*

*For verification of appropriateness of the model we selected data from annealing of concrete operational heat of killed steel containing 0.18 wt. % C, 1.32 wt. % Mn and 0.33 wt. % Si at the outer casting strand No. 8 of the continuous casting machine No. 2 at the Trinec Iron and Steel Works, a.s., as well as from rolling of square billets of 150 × 150 mm to round bars with diameter of 70 mm on the continuous fine section rolling mill.*

**Key words:** surface quality of round bars; continuous casting of billets; physically-adequate model; cybernetic model; multiple logistic regression model

*Článek se zabývá teoretickou a praktickou analýzou základního ukazatele kvality povrchu ocelových tyčí na základě sestaveného fyzikálně adekvátního modelu, který popisuje tepelně-teplotní podmínky v průběhu plynulého odlévání ocelových sochorů.*

*Na základě zjednodušené fyzikální interpretace byl sestaven aproximační dynamický kybernetický model měřené teploty povrchu litých sochorů. V dalším kroku byl odvozen spojitý matematický model ve formě běžné diferenciální rovnice s konstantními koeficienty. Za použití postupu časové diskretizace byl pak tento konkrétní model převeden na diskrétní matematický model ve formě běžné diferenciální rovnice s konstantními koeficienty, a konečně pak na regresní model.*

*Jelikož ukazatel povrchové kvality tyčí vykazuje charakter pravděpodobnosti výskytu jevu, při regresní analýze naměřených dat byl použit vícenásobný logistický regresní model. Vhodnost modelu pak byla ověřena na souboru dat vybraných z konkrétní tavby uklidněné oceli s obsahem 0,18 hm. % C, 1,32 hm. % Mn 0,33 hm. % Si, která byla odlita na krajním proudu č. 8. na ZPO č. 2 v Trineckých železárnách, a.s., a následně a při válcování čtvercových sochorů 150 × 150 mm do kruhových tyčí průměru 70 mm na spojitě jemné profilové trati.*

*Logistický model vysvětlil 87 % deviance ukazatele kvality povrchu tyčí, a překvapivě ukázal, že vliv změn rychlosti odlévání bylo cca. 2,6 krát větší, nežli její vliv střední hodnoty. Konečně pak na základě provedené analýzy byla zpracována určitá doporučení pro postupy odlévání.*

**Klíčová slova:** povrchová kvalita kruhových tyčí; plynulé odlévání sochorů; fyzikálně adekvátní model; kybernetický model; vícenásobný logistický regresní model

In the heat Tx, realised at the machine for continuous casting of steel (billet CCM No. 2) at the Trinec Iron and Steel Works, a.s. (TZ), the necessary technological parameters were measured and evaluated in all 12 billets cast on the outer casting strand No. 8 (LP 8) from killed steel containing 0.18 wt. % C, 1.32 wt. % Mn and 0.33 wt. % Si.

Round bars with diameter of 70 mm were rolled from these billets on the continuous fine section rolling mill (KJT rolling mill), while the basic indicator of surface quality was monitored in them (in this case with regard to surface defects to the depth of max. 0.3 mm).

The purpose and content of the paper is to present the

results of an analysis of influences of heat and temperature conditions (dependent on the casting speed and its change) at casting of billets on the indicator of the bars surface quality.

For this analysis we created for the billet surface temperature and for the indicator of the bars surface quality inter-related approximation (simplified) physical, cybernetic, mathematical and statistical (static and dynamic) models.

## 1. Basic data

Before the analysis it is appropriate to describe the basic data concerning the main objects of analysis (cast billets and wire rods), i.e. technological process and values measured at the LP8 of the CCM No. 2, as well as evolutions of the monitored measured and aggregated (calculated) variables in the analysed heat related to individual billets.

### 1.1 Situation at the LP8

Figure 1 shows location of pyrometers (and of linear temperature scanner) at the LP8 of the CCM No. 2.

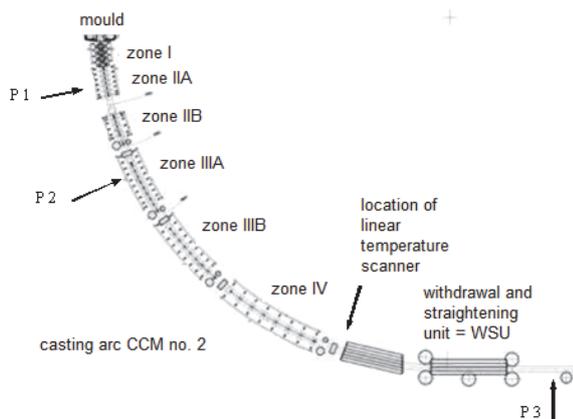


Fig. 1 Location of pyrometers and temperature scanner at the casting strand No. 8 (CCM No. 2)

Obr. 1 Umístění pyrometrů a teplotního skeneru na LP8 ZPO2

It is evident from Fig. 1 that the pyrometer P1 is located in the so-called zone IIA of the secondary cooling system (SCH), pyrometer P2 is located in the zone IIIA, linear scanner is situated behind the zones IV, and pyrometer P3 is behind the withdrawal and straightening units (WSU).

It can also be seen from this diagram, that the time-shifted data about the measured billet temperatures from pyrometers P1 and P2, from linear scanner and pyrometer P3, allow an approximate description of the temperature profile of surface of the cooled and the cooling down continuously cast billet, which can characterise appropriateness of setting of the basic technological parameters of the CCM No. 2. This time offset of temperature data is equal to the distance

relation of the meter from the steel meniscus in the mould KR and average casting speed.

### 1.2 Evolution of monitored values

Basic overview of the monitored values is presented in the form of their evolution (index "billet") diagrams shown in Figs. 2, 3a and 3b.

Figs. 2a and 2b show evolutions of quantities (more precisely – of variables):  $Q$  - indicators of the surface quality of rods rolled from the billets (the higher levels of  $Q$  signify a better quality) and  $v$  - the average casting speed of individual billets.

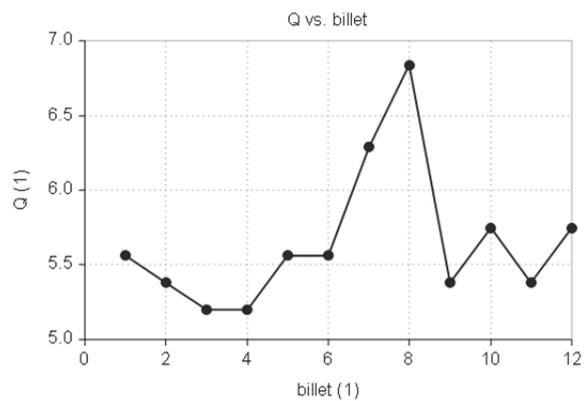


Fig. 2a Evolution of the indicator of quality of steel bars surface  $Q$   
Obr. 2a Průběh ukazatele povrchové kvality tyčí  $Q$

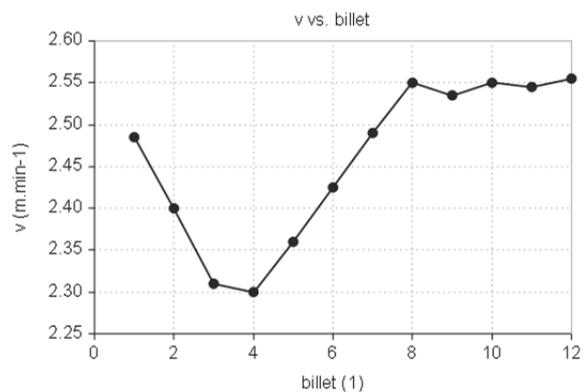


Fig. 2b Evolution of the average casting speed  $v$   
Obr. 2b Průběh průměrné rychlosti lití  $v$

It can be seen from Figs. 2a and 2b that evolution of the indicator of the bar surface quality  $Q$  has certain systematic trend, which partially (till the 8<sup>th</sup> billet, inclusive) corresponds to the trend of the average casting speed  $v$ .

In the given heat greater overheating of steel took place (temperature above liquidus) and it moved in a monotonically decreasing interval from 54 to 37 °C. Operator reacted to this overall temperature change (variation range of 17 °C) by changing the casting speed.

Fig. 3 presents evolutions both of variable changes in the average casting speed  $dv$ , and the variable  $P3$ , i.e. the average surface temperature of the billets measured by the pyrometer P3.

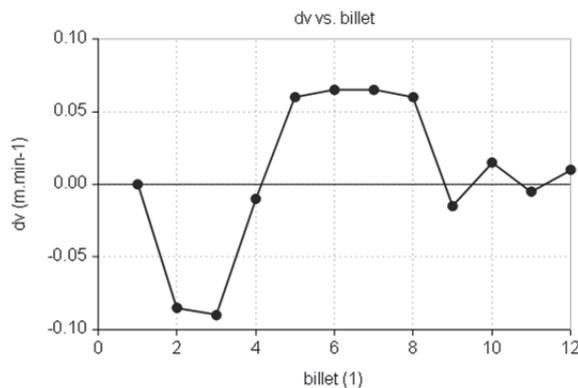


Fig. 3a Evolution of change of the casting speed  $dv$  at casting of billets

Obr. 3a Průběh změny licí rychlosti  $dv$  u sochorů

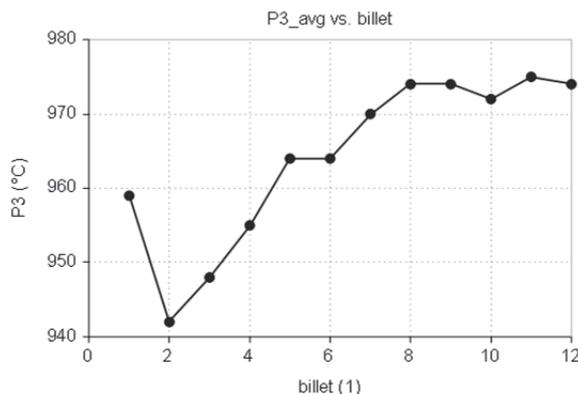


Fig. 3b Evolution of the billets average temperature  $P3$

Obr. 3b Průběh průměrné teploty  $P3$  u sochorů

It can be seen from Figs. 3a and 3b that change of the casting speed  $dv$  was negative from the 2<sup>nd</sup> to the 4<sup>th</sup> billet (casting speed decreased), from the 5<sup>th</sup> to the 8<sup>th</sup> billet it was positive (casting speed increased), and in case of the 9<sup>th</sup> to the 12<sup>th</sup> the billet the sign was alternating (the casting speed alternately slightly decreased and increased).

Furthermore, it is obvious that the evolution of the temperature  $P3$  corresponds to a certain extent to the trend of the casting speed.

## 2. Approximation models

Approximation (simplified) models of (static and dynamic) behaviour (in time, i.e. in timelines) of both monitored quantities (surface temperature of billets  $P3$  and indicators of the surface quality of billets  $Q$ ) were created in certain inter-related sequence.

### 2.1 Physical and cybernetic approximation model of the billet surface temperature

Physical interpretation of evolution of the billet surface temperature (*physical model*) and *cybernetic* (static-dynamic) temperature model are based on the idea that the measured surface temperature of the billet is influenced by *two* combined *contradictory effects*:

- stronger, longer-term effect of *re-heating* by thermal capacity of the billet liquid core and *heat flow* (directly proportionally dependent on the casting speed)

versus

- weaker shorter-term and temporary effect of *water cooling* in the secondary cooling system (SCH, which is proportionally dependent on the casting speed), as well as the long-term influence of *cooling* of the billet surface *by flow of ambient air* (probably the weakest effect).

A significant difference between surface and inside of the CC bloom temperatures is expected although no liquid core in the position  $P3$  exists (it is possible at the most that internal part of the CC bloom is not completely solidified with the occurrence of two-phased „mushy zone“).

A higher degree of thermal flow in the cast and solidified bloom is the consequence of a higher casting velocity with the impact on a longer so-called „metallurgical length“ (i. e. the extent of liquid part in the centre of the CC bloom), which manifests itself in a higher reheating effect and thus in a higher temperature  $P3$  (and vice versa).

Thus the reheating effect is caused by considerably higher temperature in the vicinity of the CC bloom central part and the corresponding significant thermal flow.

Figures 4a and 4 b show schematically (physically and cybernetically) a counter-action (anti-parallel action) of both effects (where  $S1$  and  $S2$  are static approximation partial thermal systems of the billet,  $Sp1$  and  $Sp2$  are their cybernetic dynamic equivalents in terms of dynamic proportional systems of the 1<sup>st</sup> order):

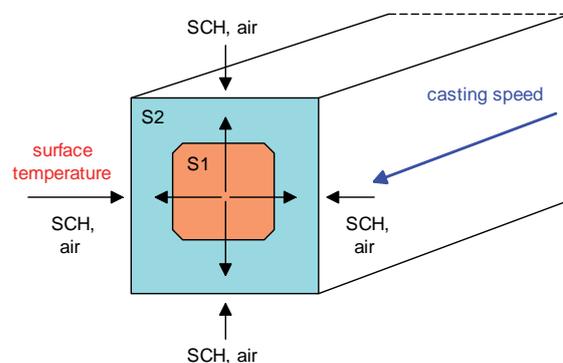


Fig. 4a Physical diagram of billet surface temperature

Obr. 4a Fyzikální schéma teploty povrchu sochoru

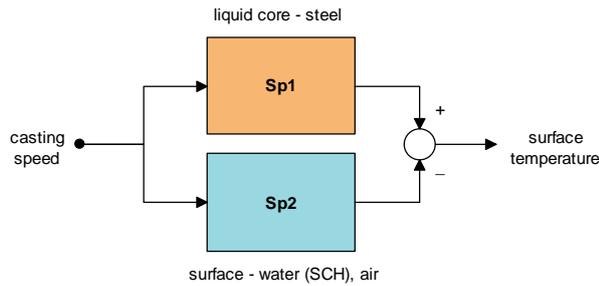


Fig. 4b Cybernetic diagram of billet surface temperature  
Obr. 4b Kybernetické schéma teploty povrchu sochoru

The surface and interior of the billet can be understood as a multi-dimensional (two-dimensional) *thermal system*, the cybernetic description of which is given in the literature, e.g. [1 – 3].

It is worthwhile to describe in detail both various partial systems and their anti-parallel involvement.

### A. Individual thermal systems

According to the literature [3] it is valid for the following basic and essential reality that responses of transient characteristics of the basic thermal systems have *aperiodic* behaviour. Heat accumulation in the heat capacity and change of the body temperature by heat conduction or convection is described by a linear proportional member, by dynamic system with inertia of the 1<sup>st</sup> order (hereafter marked as *SpI*). Laplace transfer function  $G(s)$  of the given system *SpI* has the following form:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{k}{T \cdot s + 1}, \quad (1)$$

Where  $s$  – complex variable of the Laplace transfer function ( $1/s$ ),  $Y$  - image of the system output,  $U$  - image of the system input,  $k$  - system transfer coefficient (so called amplification),  $T$  - time constant of the system inertia ( $s$ ).

### B. Two parallel thermal systems

On the basis of knowledge from literature it is possible to describe the approximating physical model of the billet surface temperature with regard to the influence of SCH and of the accumulated heat (re-heating) with use of two parallel systems with the following properties:

- they have character of proportional (inertial) systems of the 1<sup>st</sup> order (*SpI*) with various amplified (transfer coefficients) and different time constants. Their Laplace transfers have generally the following form:

$$G_1(s) = \frac{Y(s)}{U_1(s)} = \frac{k_1}{T_1 s + 1}, \quad (2a)$$

$$G_2(s) = \frac{Y(s)}{U_2(s)} = \frac{k_2}{T_2 s + 1}, \quad (2b)$$

- both systems will be from the thermal perspective influenced directly or indirectly particularly by the

*casting speed*, as the dominant quantity of continuous casting of steel.

According to the literature [1] in the case of anti-parallel action of two *SpI* in one object (with common input variable) thus composed system can have approximately the transfer of the *real differentiator*:

$$G(s) = \frac{(k_1 \pm k_2) + (k_1 T_2 \pm k_2 T_1) \cdot s}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)} \Rightarrow \quad (3a)$$

$$G(s) = \frac{(k_1 \pm k_2) + (k_1 T_2 \pm k_2 T_1) \cdot s}{1 + (T_1 + T_2) \cdot s + T_1 T_2 \cdot s^2}. \quad (3b)$$

After introduction of the simplified notation it is possible to obtain a clearer form of transfer of the given system:

$$G(s) = \frac{k_p + T_p \cdot s}{1 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2}. \quad (3c)$$

The fact that such thermal systems react proportionally not only on the input quantity *as such*, but also on *its change* (derivative) is of great importance.

In this case, the billet surface temperature will react both to the actual value of the casting speed, as well as to its change.

## 2.2 Mathematical and statistical approximation model of the billet surface temperature

In the analysed situation we assume one common output variable  $Y(s)$ , which is the *billet surface temperature*, and one input variable  $U(s)$ , which is the *casting speed* (Figs. 4a and 4b).

### A. Image of output

These two input variables additively (in parallel, or more precisely in anti-parallel manner) synergically influence the output variable, so it is possible to formulate the following equation using the Laplace images of variables:

$$Y(s) = (G_1(s) \pm G_2(s)) \cdot U(s) \Rightarrow \quad (4a)$$

$$Y(s) = \frac{(k_p + T_p s) \cdot U(s)}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)} \Rightarrow$$

$$Y(s) = \frac{(k_p + T_p s) \cdot U(s)}{1 + (T_1 + T_2) \cdot s + T_1 T_2 \cdot s^2} \Rightarrow$$

$$Y(s) = \frac{(k_p + T_p s) \cdot U(s)}{1 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2}. \quad (4b)$$

### B. Original of output – continuous

We obtain from the mentioned L-image of the output variable its original (in time domain) using the inverse, reverse L-transformation, which has the character of an ordinary linear *differential equation* of the 2<sup>nd</sup> order

with constant coefficients. It is therefore a *mathematical continuous model* of the given system:

$$y(t) = -a_1 \cdot y'(t) - a_2 \cdot y''(t) + k_p u(t) + T_p u'(t). \quad (5)$$

### C. Original of output – discrete

Assuming discrete data, we get a discrete form of the equation of output in the form of ordinary linear *differential* equation of the 2<sup>nd</sup> order with constant coefficients. It is therefore a *mathematical discrete model* of the given system:

$$y_i = d_2 y_{i-1} - d_3 y_{i-2} + f_1 u_i + f_2 \Delta u_i. \quad (6)$$

### D. Dynamic regression equation

From the above general differential equation it is already possible to formulate for the temperature quantities a concrete multidimensional linear (in parameters and variables) *dynamic regression equation* with an error member:

$$y_i = d_0 + d_2 y_{i-1} - d_3 y_{i-2} + f_1 v_i + f_2 \Delta v_i + \varepsilon. \quad (7)$$

Where the response  $y$  is the billet surface temperature (P1, P2, P3),  $d\theta$  is the absolute member and  $\varepsilon$  is the error (residual) member of the regression equation, which should theoretically be of statistical nature  $N(0, \sigma)$ .

### 2.3 Mathematical and statistical approximation model of the bar surface quality indicator

On the basis of the modified Laplace transfer of the combined member it is also possible to obtain basic mathematical-statistical model of bar surface quality indicator.

Due to the fact that the bar surface quality indicator shows the character of *probability of occurrence of the phenomenon*, a *multiple logistic regression model* was derived from the basic model, and it was used at regression analysis of relevant data.

#### A. Basic mathematical-statistical model

From the above analysis and from the Laplace transfer of the combined member (Equation 3c), it is possible to obtain a mathematical-statistical model, which has the following simplifying terms of use and properties: the values of variables of the casting speed ( $v$ ) and of its change ( $dv$ ), and the bar surface quality indicator ( $Q$ ), are related to entire billets on one casting strand in the given heat, thereby performing certain suppression of the model dynamics, that's why this model is considered as static one:

$$G(s) = k_p + T_p \cdot s \Rightarrow Y(s) = (k_p + T_p \cdot s) \cdot U(s) \Rightarrow$$

$$y(t) = k_p u(t) + T_p u'(t) \Rightarrow \quad (8a)$$

$$y(t) = f_1 u_i + f_2 \Delta u_i \Rightarrow \quad (8b)$$

$$Q_i \approx d_0 + f_1 v_i + f_2 \Delta v_i + \varepsilon. \quad (8c)$$

The model therefore uses only average casting speed and its change, it does not use inertia output, i.e. inertia of the bar surface quality indicator, but only its value related to the entire billet.

#### B. Logistic multiple static regression equation

Bar surface quality indicator  $Q$  can be converted to an indicator  $rQ$ , which has the character of probability of occurrence of the phenomenon, so it achieves the values from the interval  $\langle 0;1 \rangle$ .

*Multiple logistic regression models* appear to be suitable for identification of models with the response of the mentioned type [4].

*General logistic (logit) regression model* is defined for the response of Y-type probability of occurrence of the phenomenon X, i.e.  $P(X)$ , i.e. for  $k$  quantitative factors in the form:

$$Y = P(X) = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)]} \Rightarrow$$

$$Y = \frac{1}{1 + \exp\left[-\sum_{j=0}^k \beta_j X_j\right]} \quad (9)$$

while the model may be after simple algebraic editing transcribed into the form, where the left side contains the so called logit transformation of probability (response)

$$\ln\left(\frac{Y}{1-Y}\right) = \ln\left(\frac{P(X)}{1-P(X)}\right) \Rightarrow$$

$$\ln\left(\frac{Y}{1-Y}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k = \sum_{j=0}^k \beta_j X_j \quad (10)$$

As shown, the transformed model with logit transformation has the character of *multiple static linear* (in its parameters) regression model.

The final form of the model of occurrence of surface defects of bars with respect to the casting speed and its change in the form of multiple logistic regression model (crated by transformation of the model according to the equation (10)) is then as follows:

$$u = b_0 + b_1 \cdot v + b_2 \cdot dv + \varepsilon, \quad (11a)$$

$$y = rQ = \frac{\exp(u)}{1 + \exp(u)} = \frac{e^u}{1 + e^u} = \frac{1}{1 + e^{-u}}, \quad (11b)$$

where  $u$  - auxiliary input variable of the speed character ( $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ), parameters  $bi$  - regression coefficients of the model, index  $i$  in the range  $\langle 0;k \rangle$  for  $k$  quantitative factors,  $v$  - casting speed ( $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ),  $dv$  - differential change, difference of the casting speed  $\approx \Delta v$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  $y$  - response  $\in \langle 0;1 \rangle$  (-, response  $rQ$  - probability indicator of the bar surface quality  $\in \langle 0;1 \rangle$  (-).

### 3. Application of approximation statistical models

The above derived approximation statistical models (static and dynamic) were applied to the relevant data from the analysed heat Tx, mainly from the perspective of the monitored quantities – billet surface  $P3$  (behind the withdrawal and straightening unit = WSU) and the bar surface quality indicator  $Q$ .

For clarity we present also the results of monitoring other thermal-temperature quantities of the given casting strand at the CCM No. 2.

The results of the multiple *dynamic* regression analysis of and multiple *static logistic* regression are summarised in Table 1 and in Figs. 5a, 5b and 6.

Tab. 1 Overview of regression analysis results for variables of the heat Tx

Tab. 1 Přehled výsledků regresní analýzy veličin tavby Tx

Response	$y(-1)$	$v$	$dv$	$R^2$ (%)	Comments
$P3$	·	+	+	84.5	There was no evidence of inertia $P3$
$P2$	·	+	·	45.3	Influence only of the speed $v$
$dP23$	·	·	-	56.2	$dP23 = P2 - P3$ , it reacts to the change of $dv$
$dT$	·	+	·	93.4	Delta T (PCH) = $T_{inp} - T_{out}$ (cooling water)
$T_{out}$ (PCH)	+	·	+	96.6	Influence of inertia and $dv$ (heat removal from the mould KR)
$rQ$	·	·	+	40.5	Weak influence of $dv$ only
$rQ$	()	+	+	87.4	Significant influence of $v$ and $dv$

**Legend:**

Column, variable  $y(-1)$  ... by 1 step (by 1 billet) delayed values of the response  $y$ ,  $v$ ... average casting speed,  $dv$  ... change (1<sup>st</sup> backward difference) of the average casting speed,  $R^2$  [%] ... so called regression rebate (a measure of explanation of the dependence by the model, 100× multiple of the determination coefficient of the regression model), signs + and - indicate the direction of influence of quantitative factors  $v$  and  $dv$ , sign · means statistical insignificance (at the significance level  $\alpha=0.05$ ) of the given quantitative factor (delayed response  $y(-1)$   $v$ ,  $dv$ ), sign () indicates (principal) non-use of the given quantitative factor, PCH ... so called primary cooling system in the mould KR.

The first 6 models from the above 7 regressions models are of the *LDRM* type, i.e. multiple linear dynamic regression model, the last one is of the type *LgSRM*, which is multiple non-linear logistic static regression model.

It is therefore obvious that for regression of the indicator  $rQ$  two models were used and compared: *LDRM* and *LgSRM*, while the logistic static model showed more than twice more informative capability than the classical dynamic regression model.

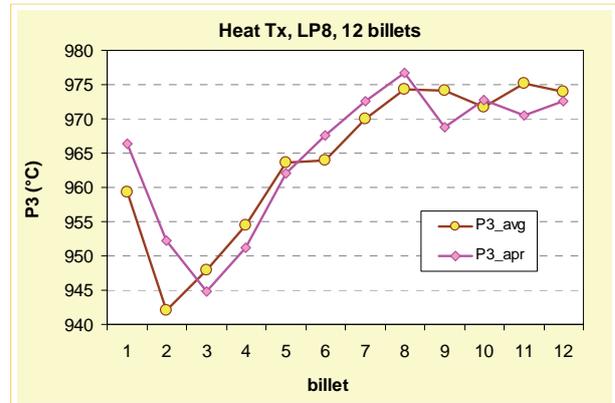


Fig. 5a Time prediction diagram  $P3$  for billets  
Obr. 5a Časový predikční graf  $P3$  u sochorů

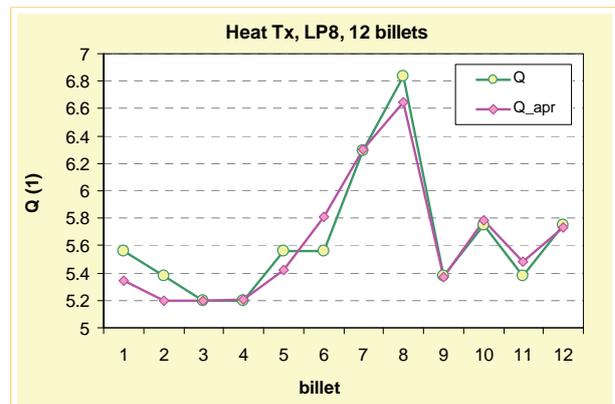


Fig. 5b Time prediction graph  $Q$  for billets  
Obr. 5b Časový predikční graf  $Q$  u sochorů

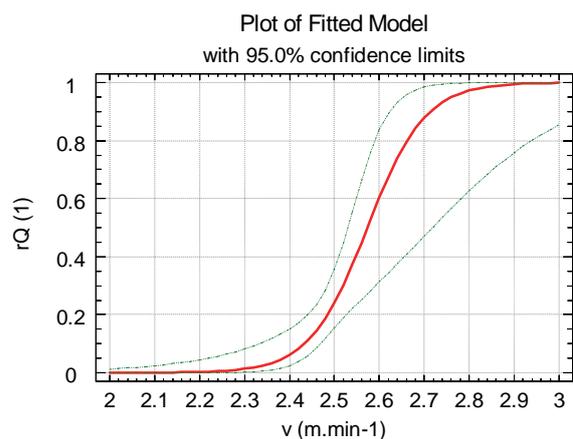


Fig. 6 Prediction  $rQ$  versus  $v$  for  $dv = 0$  m·min<sup>-1</sup>  
Obr. 6 Predikce  $rQ$  versus  $v$  pro  $dv = 0$  m·min<sup>-1</sup>

Several essential facts are apparent from the above results of the regression analysis:

- both basic responses  $P3$  and  $Q$  were influenced by the casting speed and its change with the same

positive sign and with approximately the same aggregate information capability around 86 % (when using the multiple linear dynamic and non-linear static logistic regression model)

- the ratio of regression coefficients of the change of the casting speed and the actual casting speed was in case of  $P3$  approx. 1.2, and in case of  $Q$  up to 2.6,
- however, the ratio of the influence of the change of the casting speed and the actual casting speed (determined on the basis of the ratios of t-statistics for  $P3$  and  $\chi^2$ -statistics for  $Q$ ) was in case of  $P3$  approx. 0.65 (influence of  $d\nu$  is therefore smaller), and in case of  $Q$  of approx. 1.9 (influence of change of the casting speed  $d\nu$  is nearly twice bigger than influence of the actual casting speed  $\nu$ ).

## Conclusions

Approximation physically adequate modelling, and ensuing from it cybernetic, mathematical and mathematical-statistical modelling of the influence of thermal and temperature conditions during casting of square billets (150 mm × 150 mm cast at the CCM No. 2 in TZ from particular grade of killed steel containing 0.18 wt. % C, 1.32 wt. % Mn and 0.33 wt. % Si in the selected heat at the outer casting strand No. 8 to 12 billets) on the surface quality of bars with diameter 70 mm (rolled from the billets at the continuous fine section rolling mill KJT) showed the following:

- a significant influence of the *casting speed* and especially *its change* on the billet surface temperature measured behind the withdrawal and straightening unit with impact on the bar surface quality indicator,
- based on the results of this analysis recommendations were formulated for control of the heat, which was implemented in practice in the sense of limiting the maximum changes of the casting speed and gradual – continuous increase or decrease of the actual casting speed on the basis of the speed set by the operator (desired speed).

## Acknowledgements

*This work was created within the project No. LO1203 "Regional Materials Technology Research Centre - sustainability program," funded by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.*

## Literature

- [1] KUBÍK, S. et al. *Teorie regulace - I. Lineární regulace* [Theory of regulation – I. Linear regulation], 1<sup>st</sup> ed. Prague: SNTL/ALFA, 1974. 272 pp.
- [2] OPPELT, W. *Příručka regulační techniky* [Manual of regulation technology]. Prague: SNTL, 1958. 484 pp.
- [3] NOSKIEVIČ, P. *Modelování a identifikace systémů* [Systems modelling and identification]. Ostrava: MONTANEX, 1999. 276 pp.
- [4] MELOUN, M., MILITKÝ, J. *Interaktivní statistická analýza dat* [Interactive statistical data analysis], 1<sup>st</sup> ed. Praha: Karolinum (UK) Prague, 2012, 953 pp.

---

## Trvalá tvorba hodnot v ocelářských oborech

*Stahlreport*

12/2015

Podnikání v ocelářském odvětví prožívá proměnu z tuhých řetězců tvorby hodnot k dynamickým sítím tvorby hodnot. Takto shrnul Hans Jürgen Kerkhoff, prezident Hospodářského sdružení Ocel (WV Stahl) a předseda ocelářského institutu VDEh současný vývoj na relevantních trzích. Takto uchopil i on před obchodním ocelářským dnem v Brémách aktuální trend digitalizace, který umožňuje takovou změnu k fragmentovaným systémům. Kerkhoff současně poukázal na skutečnost, že tradiční korelace mezi globální poptávkou po oceli a celosvětovým hospodářským růstem již v poslední době přestává platit. Pro ocelářské trhy v EU sice zásobování trhu vykazuje lehce stoupající tendenci (2015 odhad plus 1,5 % a na 2016 předpověď plus 2 %), zatím ale nebylo dosaženo ani jednu pokrizové úrovně z roku 2011.

## Evropský ocelářský průmysl v nesnázích

*Stahl und Eisen*

12/2015

Mezinárodní obchod se proměňuje: globální růst oslabuje, konkurenční tlak – také v ocelářském průmyslu – se zvyšuje a protekcionistická opatření jsou na denním pořádku. Tento vývoj staví německé ocelářské podniky před velké výzvy. Jak bude možné udržet otevřené trhy a současně vytvářet férové soutěžní podmínky? Jaké strategie přijmou Evropská komise, Světová obchodní organizace, evropský ocelářský průmysl a kovo zpracující průmysl? Začátkem týdne, pod vedením Andree J. Gosse, předsedy představenstva Thyssenkrupp Steel Europe, se sešli ministři průmyslu z Evropské Unie, aby si vytvořili přehled o současné situaci a konkurenceschopnosti evropského ocelářského průmyslu. Impulsem pro setkání byla mimo jiné situace v britských ocelárnách, kde několik oceláren ohlásilo masivní propouštění. Obsáhlý článek a diskuze probírají možné odpovědi na tyto důležité otázky.

# Recenzované výzkumné články

## Využití numerického modelování pro řízení makrosegregačních dějů v průběhu plynulého odlévání oceli

### Use of Numerical Modelling for Macrosegregation Control during Continuous Casting of Steel

Ing. Jiří Cibulka<sup>1</sup>; Ing. Jiří Cupek<sup>1</sup>; Ing. Jan Kufa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika

<sup>2</sup> MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

*Makrosegregace uhlíku patří v technologické praxi mezi velmi studované jevy plynulého odlévání oceli. Pro jejich řešení se většina autorů snaží využívat různých pokročilých funkcí celé řady numerických modelů. Předmětem předkládaného příspěvku je však představení jednoduché metodiky založené na výpočtu křivky solidu ve směru odlévání pomocí numerického modelu spolu s vhodným vzorkováním reálných předlitků. Pro řízení makrosegregačních dějů se jako klíčové jeví především stanovení přechodové oblasti mezi kolunárním a rovnoosou strukturou a počátku pásma negativní středové segregace na příčných řezech odlévaných předlitků, díky jejichž znalosti je možno v kombinaci s vypočtenou křivkou solidu ve směru odlévání rozdělit licí oblouk do tří částí: prvotní krystalizaci charakterizovanou kolunárním růstem, volným krystalickým růstem, kde dochází k tvorbě rovnoosých krystalů, a finální fázi tuhnutí, kdy se v odlévaném předlitku začíná objevovat pásmo negativní středové segregace. Exaktním definováním dějů probíhajících v jednotlivých částech licího stroje je pak možno aplikovat vhodné technologie minimalizující tvorbu makrosegregací.*

**Klíčová slova:** numerické modelování; makrosegregace; plynulé odlévání sochorů

*Carbon macrosegregation is frequently studied phenomena during continuous casting of steel. Many researchers try to apply advanced functions of numerical models for elimination of macrosegregation in practice. However, the aim of the paper is to introduce very simple approach based on knowledge of solidus isotherm along the strand length and proper sampling of real cast billets, which makes it possible to describe solidification process very precisely and to find some ways for casting optimization. The following two transition zones were determined in cross sections of cast billets 150×150 mm: boundary between the columnar and equiaxed structure and beginning of the negative central segregation zone surrounding the positive inner segregation peak. Boundary between the columnar and equiaxed structure represents the end of the initial solidification and it provides basic conditions for development of final macrosegregation morphology. On the other hand, development of negative central segregation zone indicates that solidification process moves into its final stage when steel is so rigid that its flowing is not possible anymore. It is necessary to accept an assumption that solid fraction is equal roughly to one in the case that both above mentioned transition zones have just been developed in order to determine their strand positions. The assumption is based on a hypothesis that any previous process (e. g. development of columnar structure) is not affected when the given boundary has been created. Therefore, it is necessary to calculate solidus isotherm along casting direction for the given conditions because solidus isotherm represents a boundary with solid fraction equal to one. This approach makes it possible to divide the strand into three areas: initial solidification (with columnar growth), free crystallite growth (with equiaxed growth) and final solidification (with development of the negative central segregation zone). It is possible to find good relations between the strand zones, defined according to the described procedure, and carbon content in the central part of cast billets. Short initial solidification zone and a suitable time in the zone of free crystallite growth were proposed as beneficial to ensure low carbon segregation index in the billet metallurgical axis.*

**Key words:** numerical modelling; macrosegregation; continuous casting of billets

V důsledku narůstajících požadavků na stálé zvyšování kvalitativních parametrů ocelových produktů musí jejich výrobci hledat nové způsoby eliminace nežádoucích jevů během zpracování, odlévání a válcování oceli. Jedním ze sledovaných kvalitativních parametrů jsou segregace děje uplatňující se během tuhnutí oceli. Zřejmě nejzásadnější a v praxi nejvíce studované je makrosegregační chování uhlíku, neboť uhlík se do oceli velice často přidává ve značném množství pro dosažení požadovaných vlastností oceli.

Pro řízení makrosegregačních dějů v průběhu plynulého odlévání oceli je v současné době možno využívat celou řadu velmi sofistikovaných numerických modelů schopných na základě okrajových podmínek odlévání určit jak základní charakteristiky tuhnutí (např. teplotní pole nebo křivky solidu a likvidu), tak také další rysy solidifikačních dějů, jako je stanovení napěťových stavů či výskyt makrosegregačních oblastí v tuhoucím předlitku. Právě využívání pokročilejších funkcí numerických modelů se v poslední době stává v technologické praxi velmi oblíbené, neboť jejich výstupy mohou výrazně urychlit optimalizaci parametrů odlévání. Na druhou stranu však v současné době neexistují natolik sofistikované modely, které by pro dané okrajové podmínky naprosto spolehlivě určily např. makrosegregační uspořádání plynule litých předlitků, takže je stále nezbytné provádět jejich verifikační vzorkování.

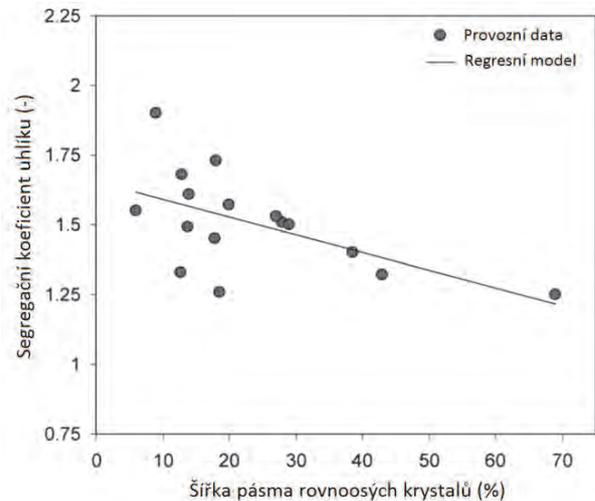
Cílem předkládaného příspěvku je představit metodiku, kdy na základě pouhého výpočtu průběhu solidu a likvidu je možno detailně popsat průběh tuhnutí na daném zařízení plynulého odlévání, a tím optimalizovat průběh makrosegregačních dějů.

### Kritické charakteristiky morfologického uspořádání plynule litých předlitků

Plynule lité předlitky jsou charakteristické celou řadou struktur, které lze pozorovat v příčném průřezu. Z pohledu makrosegregačních dějů však jako nejdůležitější považuje většina autorů přechodovou oblast mezi kolumnární a rovnoosou strukturou, kdy lze v literatuře nalézt jednak souvislosti mezi koncentracemi rozpuštěných prvků na jejím přechodu a středovou oblastí [1]. Avšak především velice často je zmiňována jednoznačná souvislost mezi podílem rovnoosé struktury a obohacením metalurgické osy o segregující prvky [2] (obr. 1). Přechodová oblast mezi kolumnární a rovnoosou strukturou tak představuje jakýsi základ pro následné procesy utváření samotné středové morfologie, a proto je nezbytné definovat, ve kterých oblastech licího oblouku nastává kolumnární a rovnoosý růst.

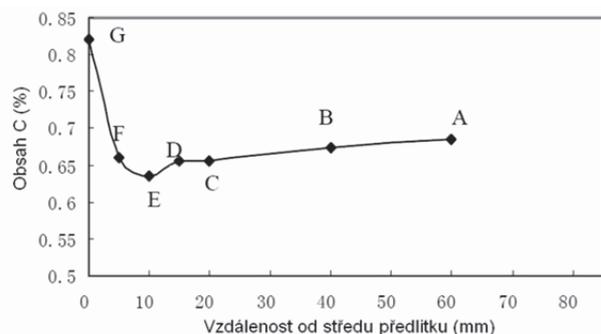
Z pohledu makrosegregačních dějů autoři [3] pak určují další významnou oblast nacházející se na příčném řezu plynule odlévaného předlitku. Zde se však nejedná o strukturální odlišnost, ale uvedená oblast vychází z koncentračního rozložení segregujících prvků v okolí metalurgické osy. V samotné metalurgické ose se totiž

obvykle nachází centrální pozitivní makrosegregační špička. Směrem k povrchu pak koncentrace rozpuštěných prvků prudce klesá a vytváří prstenec negativní středové segregace obklopující středovou pozitivní špičku. Typický koncentrační profil ve středové oblasti předlitku je zřejmý z obr. 2.



Obr. 1 Vliv šířky pásma rovnoosých krystalů na stupeň segregace uhlíku [2]

Fig. 1 Relation between equiaxed zone ratio and centreline carbon segregation coefficient [2]



Obr. 2 Rozložení uhlíku v příčném směru předlitku kvadrátu 170 × 170 mm [3]

Fig. 2 Carbon distribution in cross section of cast billet 170 × 170 mm [3]

Mechanismus tvorby prstence negativní středové segregace nebývá v základních představách dostupných literárních zdrojů o tuhnutí plynule litých předlitků zahrnut. Autoři [3] však jeho tvorbu zařazují spíše do závěrečných fází tuhnutí, kdy je proudění zbytkové taveniny obohacené o rozpuštěné prvky velmi omezeno. Dá se tak usuzovat, že šířka pásma prstence negativní středové segregace představuje část příčného řezu předlitku charakterizující finální fázi tuhnutí. Dle [3] je dokonce nemožné středovou strukturu dále ovlivňovat, jestliže se daný prstenec již jednou začne vytvářet. Definování místa licího oblouku, kde se pásmo negativní středové segregace začíná objevovat, tak může poskytnout další důležité informace o vývoji finální morfologie.

V licím oblouku je tak nezbytné definovat dvě základní pozice charakterizující následující kritické okamžiky tuhnutí:

- vytvoření přechodové oblasti mezi kolumnární a rovnoosou strukturou,
- začátek formování pásma negativní středové segregace.

Zatímco změna krystalizace z kolumnárního na rovnoosý růst představuje konec prvotní fáze krystalizace, tak okamžik, od kterého se začíná formovat pásmo negativní středové segregace, pak reprezentuje počátek finální fáze tuhnutí. Pro odhad pozic zmíněných přechodových oblastí v licím oblouku lze dle [3] uvažovat, že na obou rozhraních byl v okamžiku jejich vzniku podíl tuhé fáze roven přibližně jedné, neboť po vytvoření přechodových oblastí nejsou předcházející děje (např. tvorba kolumnární struktury) dále ovlivňovány. Pro odhad jejich pozic v licím oblouku je tak nezbytné pro dané okrajové podmínky odlévání stanovit pomocí numerického modelování průběh křivky solidu charakterizující rozhraní podél odlévaného předlitku, kde je podíl tuhé fáze roven právě jedné.

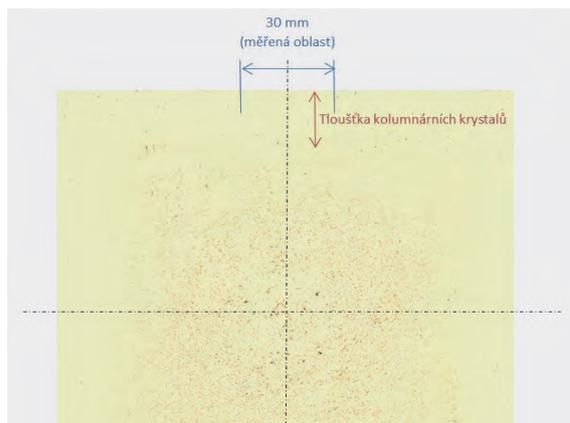
## Popis experimentální procedury

Pro určení kritických částí licího oblouku z pohledu makrosegregačních dějů je tedy potřeba stanovit:

- hloubku uložení přechodové oblasti mezi kolumnární a rovnoosou strukturou pod povrchem předlitku,
- hloubku uložení počátečního bodu pásma negativní středové segregace pod povrchem předlitku (viz bod D na obr. 2),
- průběh křivky solidu po délce licího oblouku.

Pro experimentální účely byla hloubka uložení přechodové oblasti mezi kolumnární a rovnoosou strukturou stanovena na Baumannových otiscích příčných řezů předlitků, přičemž byla měřena ze všech čtyř stran pod plochou každého odebraného vzorku. Protože vždy existuje určitá oblast, ve které se obě struktury mísí [4], byl za reprezentativní hodnotu považován nejvzdálenější zásah kolumnární struktury ve výšce  $\pm 15$  mm od středu plochy příčného řezu předlitku (obr. 3).

Střed plochy předlitku byl vybrán úmyslně, neboť zde kolumnární struktura zasahuje nejbližší povrchu, takže lze lépe určit, jestli se daná technologie má šanci výrazněji projevit na změně krystalizace z kolumnární na rovnoosou. Pro uvažované okrajové podmínky byly hodnoty naměřené ze všech čtyř stran všech analyzovaných vzorků zprůměrněny. Průměrná hodnota pak charakterizovala hranici přechodu mezi kolumnární a rovnoosou strukturou pro dané podmínky odlévání.



Obr. 3 Schéma stanovení přechodu mezi kolumnární a rovnoosou strukturou na Baumannových otiscích

Fig 3 Determination of columnar to equiaxed zone boundary on transverse billets on Baumann prints

Koncentrační rozložení uhlíku v okolí metalurgické osy sochorů bylo stanoveno ve vzorcích odebraných z postupně odvrátaných třísek ze středů příčných řezů předlitků tloušťky cca 10 cm vrtáky průměru 6 až 33 mm s krokem 3 mm. Tím byl získán dostatečně přesný koncentrační profil v jejich středech umožňující stanovit, v jaké vzdálenosti od středu (resp. povrchu) předlitku se začíná objevovat pásmo negativní středové segregace (tj. určení počátku finální fáze tuhnutí). Třísky odebrané odvrátáním materiálu ze středů předlitků byly následně analyzovány spalovací metodou LECO pro stanovení koncentrace uhlíku. Naměřené hodnoty byly přepočteny na tzv. segregáční koeficient uhlíku  $r_c$  daný vztahem:

$$r_c = \frac{C_c}{C_{Co}}, \quad (1)$$

kde  $C_c$  je koncentrace uhlíku ve středu předlitku a  $C_{Co}$  je jeho nominální koncentrace (zde byl použit tavební obsah).

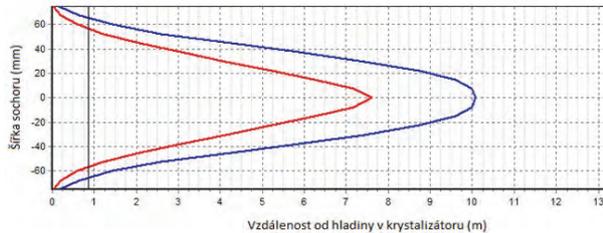
Posledním nezbytným úkonem je stanovení průběhu křivek solidu podél licího oblouku. K jeho výpočtu bylo využito numerického teplotního modelu vyvinutého na VUT Brno [5] přímo pro potřeby studovaného zařízení plynulého odlévání, který pro dané okrajové podmínky (licí rychlost, intenzita sekundárního chlazení apod.) je schopen stanovit mimo jiné právě průběhy křivek solidu a likvidu ve směru odlévání.

## Výsledky a diskuze

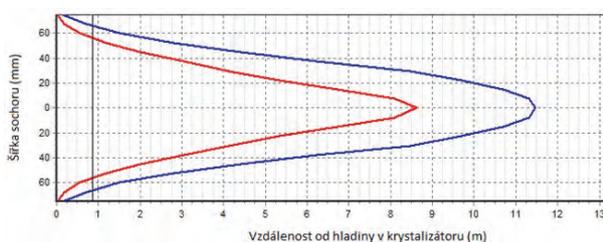
Experimentální práce byly realizovány na sochorovém zařízení plynulého odlévání, kde se odlévá jediný formát, kterým je kvadrát  $150 \times 150$  mm. Pro řešení byla vybrána reprezentativní vysokouhlíková ocel s následujícím typickým chemickým složením: C 0,80 hm. %, Mn 0,70 hm. %, Si 0,20 hm. %, P 0,010 hm. % a S 0,010 hm. %, pro niž byly provedeny numerické výpočty křivek solidu a likvidu. Výpočty byly prove-

deny pro tři různé technologie odlévání (obr. 4) lišící se v zásadě rozdílnou intenzitou odvodu tepla v zóně sekundárního chlazení, což se projevvalo prodloužením obou izotermických křivek.

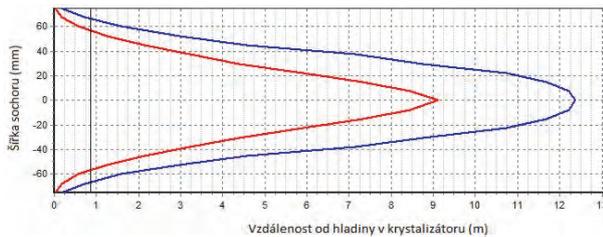
**Technologie 1** (vysoký odvod tepla v sekundární zóně)



**Technologie 2** (střední odvod tepla v sekundární zóně)



**Technologie 3** (nízký odvod tepla v sekundární zóně)



Obr. 4 Křivky solidu a likvidu vypočtené teplotním modelem VUT Brno pro studované okrajové podmínky odlévání

Fig 4 Solidus and liquidus isotherms calculated with VUT numerical model for studied conditions

Pro uvažované technologie byly zrealizovány také pokusné tavby, ze kterých byly odebírány příčné řezy sochorů délky cca 10 cm. Odebrané vzorky byly použity pro přípravu Baumannových otisků, kde byla stanovena přechodová oblast mezi kolumnární a rovnoosou strukturou, a následně odvrtány jejich středy pro určení koncentračního profilu uhlíku v okolí metalurgické osy.

Průměrné hloubky uložení přechodové oblasti mezi kolumnární a rovnoosou strukturou pro jednotlivé technologie jsou uvedeny v tab. 1, z níž plyne, že s růstem délek křivek solidu a likvidu se přechodová oblast nacházela stále blíže povrchu sochoru, což indikuje zvyšující se podíl rovnoosé struktury. Uvedený trend je celkem překvapující, neboť prodloužení křivek-solidu a likvidu je v zásadě projevem sníženého odvodu tepla v sekundární zóně chlazení, v jehož důsledku by se měl podíl rovnoosé struktury spíše snižovat. Při důkladnějším porovnání vypočteného křivek solidu a likvidu na obr. 4 je však patrné, že křivka solidus se prodlužuje

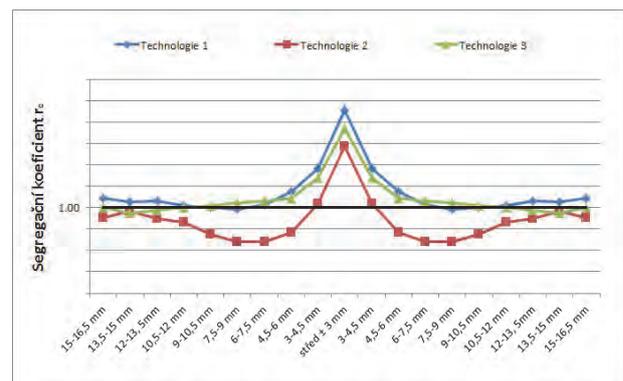
rychleji, než křivka likvidu, takže se ve směru odlévání rozšiřuje také přechodová oblast mezi oběma izotermami, kde většina autorů zařazuje rovnoosý růst – např. [6]. Zvýšený podíl rovnoosé struktury je tak přirozeným důsledkem rozšíření přechodové oblasti mezi solidem a likvidem v podélném směru, ke kterému dochází v důsledku součinnosti jednotlivých parametrů odlévání. Detailní popis příčin vedoucích k pozorovanému charakteru délek izotermických křivek solidu a likvidu není předmětem předkládaného příspěvku a je blíže diskutován v [7].

Tab. 1 Hloubka uložení přechodové oblasti mezi kolumnární a rovnoosou strukturou pod povrchem sochoru pro studované okrajové podmínky odlévání

Tab. 1 Positions of columnar to equiaxed structure boundaries below billets surface for studied conditions

	Technologie 1	Technologie 2	Technologie 3
Hloubka uložení (mm)	31,0	27,9	26,4

Naměřené koncentrační profily uhlíku ve středech sochorů pro zkoumané technologie odlévání vysokouhlíkových ocelí jsou uvedeny na obr. 5. Na jejich základě byly odhadnuty hloubky uložení rozhraní, kdy ocel přechází do své závěrečné fáze tuhnutí (tab. 2). V závislosti na zvolené technologii se rozhraní finální fáze tuhnutí nacházelo 58,5 až 61,5 mm pod povrchem sochorů, přičemž s růstem podílu rovnoosé struktury na příčném řezu sochoru se oblast, v níž se projevila finální fáze tuhnutí, postupně zmenšovala. To tak naznačuje, že s růstem podílu rovnoosé struktury se musí zlepšovat doplňování tekuté oceli do středu předlitku, jak uvádějí různí autoři – např. [3] nebo [8], neboť s rozšířením pásma rovnoosých krystalů se šířka příčného řezu zasažená finální fází tuhnutí snižuje.



Obr. 5 Koncentrační profil uhlíku ve středech sochorů kv. 150 mm pro studované okrajové podmínky odlévání

Fig. 5 Carbon distribution in centres of billets 150 × 150 mm for studied conditions

Tab. 2 Hloubka uložení rozhraní počátku finální fáze tuhnutí pod povrchem sochorů pro studované okrajové podmínky odlévání

Tab. 2 Positions of final solidification boundaries below billets surface for studied conditions

	Technologie 1	Technologie 2	Technologie 3
Hloubka uložení (mm)	61,5	60,0	58,5

Porovnáním stanovených hloubek uložení přechodových oblastí mezi kolumnární a rovnoosou strukturou a počátečním bodem finální fáze tuhnutí uvedených v tab. 1 a 2 spolu s vypočtenými průběhy křivek solidu dle obr. 4 byly určeny následující kritické části licího oblouku charakteristické:

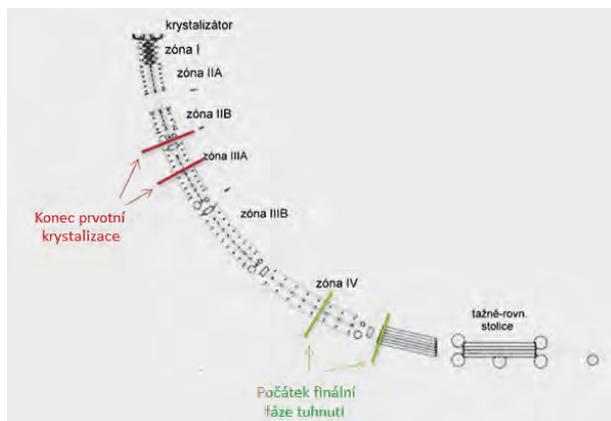
- kolumnárním růstem (tzv. prvotní krystalizace),
- tvorbou rovnoosých krystalů (tzv. volný krystalický růst),
- vytvářením prstence negativní středové segregace (tzv. finální fáze tuhnutí).

Základní charakteristiky jednotlivých zón licího oblouku stanovených výše popsanou metodikou jsou pro studované okrajové podmínky odlévání shrnuty v tab. 3, kde jsou kromě jejich délkových údajů uvedeny také doby setrvání oceli v příslušné zóně. Jejich přechodové oblasti v licím stroji graficky zachycuje obr. 6.

Tab. 3 Základní charakteristiky jednotlivých zón licího oblouku zodpovědných za utváření finální makrosegregační struktury

Tab. 3 Basic characteristics of strand zones responsible for development of macrosegregation

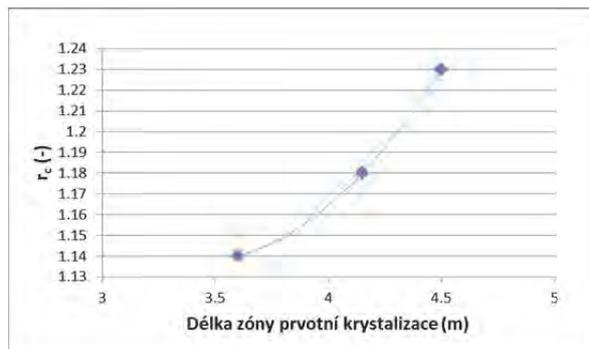
Nastavení	Zóna 1 (prvotní krystalizace)	Zóna 2 (volný kryst. růst)	Zóna 3 (fin. fáze tuhnutí)
Technologie 1	4,50 m/134 s	5,20 m/156 s	0,38 m/11 s
Technologie 2	3,60 m/86 s	7,04 m/169 s	0,82 m/20 s
Technologie 3	4,15 m/92 s	7,31 m/162 s	0,92 m/21 s



Obr. 6 Rozmístění zón na daném ZPO zodpovědných za vytvoření konečné makrosegregační morfologie pro studované okrajové podmínky

Fig. 6 Strand zones positions in the casting machine responsible for development of macrosegregation for studied conditions

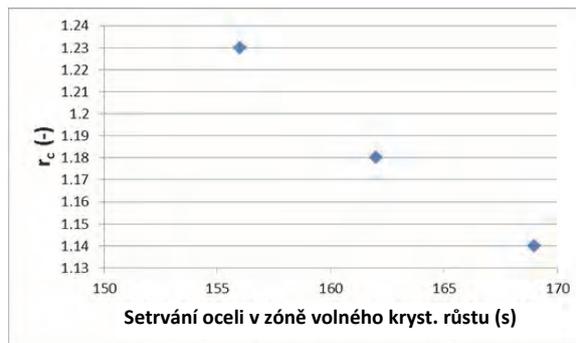
Mezi takto stanovenými délkami kritických částí licího oblouku a úrovní segregací lze nalézt celou řadu jednoznačných souvislostí. V první řadě je zde zřejmý vztah mezi délkou zóny kolumnárního růstu (tedy prvotní krystalizací) a obohacením metalurgické osy o uhlík (obr. 7). Pro zajištění nízké úrovně obohacení metalurgické osy o segregující prvky je dle obr. 7 nezbytné oblast prvotní krystalizace co nejvíce zkrátit, a tedy aplikovat technologie, které svým charakterem urychlují přechod z kolumnárního na rovnoosý růst (např. intenzivní chlazení, elektromagnetické míchání apod.).



Obr. 7 Vliv délky zóny prvotní krystalizace na hodnotu segregačního koeficientu uhlíku  $r_c$

Fig. 7 Impact of the initial solidification zone length on carbon segregation coefficient  $r_c$

Kromě vlivu délky zóny prvotní krystalizace se výrazně projeví také doba setrvání oceli ve fázi volného krystalického růstu, kdy při jejím prodloužení se hodnota segregačního koeficientu ve středu předlitku také snižuje (obr. 8).



Obr. 8 Vliv setrvání oceli v zóně volného krystalického růstu na hodnotu segregačního koeficientu uhlíku  $r_c$

Fig. 8 Impact of the free crystallite growth zone length on carbon segregation coefficient  $r_c$

Pro zajištění nízké úrovně segregací v plynule litých předlitcích je nezbytné co nejrychleji zastavit růst kolumnárních krystalů a zajistit dostatečnou dobu pro jejich distribuci v objemu kovu, ke které dochází právě v období volného krystalického růstu [3].

## Závěr

Popsanou metodikou je možno na základě pouhé znalosti pozice křivky solidu ve směru odlévání a vhodného vzorkování plynule litých předlitků rozdělit licí oblouk do několika kritických částí, které jsou z hlediska formování makrosegregační struktury velice významné. Tuto metodiku lze využít jak pro nastavení základní technologie odlévání, tak také pro její následnou optimalizaci. Z pohledu obohacení metalurgické osy předlitku o segregující prvky je dle prezentovaných výsledků nezbytné co nejvíce zkrátit oblast, kde v licím oblouku nastává kolumnární růst, a to při současném zajištění dostatečné doby setrvání oceli v pásnu volného krystalického růstu.

### Poděkování

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

### Literatura

- [1] HOU, Z., CHENG, G., WU, CH., CHEN, CH. Time-series analysis technologies applied to the study of carbon element distribution along casting direction in continuous-casting billet. *Metallurgical and materials transactions B*, 43B (December 2012) December, 1517–1528.
- [2] CHOUDHARY, S. K., GANGULY, S. Morphology and segregation in continuously cast high carbon steel billets. *ISIJ International*, 47 (2007) 12, 1759–1766. ISSN 1347-5460.
- [3] HOU, Z., CHENG, G. Characteristics and a novel quantitative model of macrosegregation in continuously cast high-carbon billets. In *AISTech Proceedings, Atlanta*, 2012, pp. 1229–1238. ISBN 978-1-935117-24-7.
- [4] BRIDGE, M. R., ROGERS, G. D. Structural effects and band segregate formation during the electromagnetic stirring of strand-cast steel. *Metallurgical and materials transactions*, 15 (1984) 3, 581–589. ISSN 1073-5615.
- [5] KAVIČKA, F., ŠTĚTINA, J., SEKANINA, B., STRÁNSKÝ, K., STRÁNSKÝ, L. *Výzkum, vývoj a zavedení do výroby dynamického modelu řízení technologie pro plynulé odlévání oceli*. [Závěrečná technická zpráva]. Brno: VUT Brno, 2005, 84 s.
- [6] LASOTA, M. *Využití metody EMS pro zlepšení kvality plynule odlévané oceli*. [Diplomová práce]. VŠB – TU Ostrava, katedra metalurgie, 2007, 90 s.
- [7] CIBULKA, J. *Studium tvorby segregací v podmínkách sochového zařízení plynulého odlévání oceli*. [Disertační práce]. VŠB – TU Ostrava, katedra metalurgie, 2015, 133 s.
- [8] DISERENS, M., HÄTÖNEN, T., RISTIMÄKI, E., TUKIAINEN, M. Experiences on continuously cast billets influenced by electromagnetic stirring below mould. *Scandinavian journal of metallurgy*, 10 (1981), 19–23.

## Obama zahajuje obchodní válku proti Číně

*Deutsche Wirtschafts Nachrichten*

25.12.2015

Prezident USA Barack Obama chce na importy oceli z Číny uvalit trestné clo ve výši 256 %. Takto se k vojenským gestům připojuje i komponenta obchodní války. Vláda USA se obává, že Čína chce upřít USA postavení světové velmoci. Cla na ocel z Indie a Jižní Koreje budou podstatně menší, ocel z Itálie nebude antidumpingovým clem zatížena vůbec. Peking na tato opatření zatím nereagoval.

## Ocel „Made in Germany“ bojuje o svoji budoucnost

*Börsen-Zeitung*

31.12.2015

V německém ocelářském průmyslu panuje kolem tématu „skandál VW“ všeobecný a demonstrativní klid. „Nemáme žádné indikace, že by situace ve VW měla negativní vliv na vývoj v našem odvětví,“ zdůrazňuje Hans Jürgen Kerkhoff, prezident WV Stahl. Vlastně by Kerkhoff o tomto „dodatečném negativním vlivu“ správně mluvit měl, protože němečtí oceláři jsou nyní z různých stran vystaveni velkému tlaku. Je to ale především problém evropské klimatické politiky a stoupajících importů čínské oceli do Evropy. Poptávka na straně zákazníků není momentálně problémem. Přesto na první pohled klid překvapuje, auto přece stále sestává z poloviny z oceli, což předpokládá příslušně úzké obchodní vztahy podniků z obou odvětví průmyslu. Celkově proudí dobrá čtvrtina německé výroby oceli přímo do automobilního průmyslu. Při započtení nepřímých dodávek přes zprostředkovatele a obchodníky a speciálně u výrobců ploché oceli jsou obrátové podíly ovšem na podstatně vyšší úrovni. U největšího německého ocelářského koncernu Thyssenkrupp Steel Europe obnáší podíl obrátu s automobilním průmyslem ať už z přímých nebo nepřímých dodávek dobrých 50 %, Salzgitter Flachstahl dělá až 60 % obrátu s VW, BMW, Daimler-Benz a Fordem. Důsledky skandálu s výfukovými plyny však nejsou dodnes žádné. Téměř všichni výrobci oceli zastávají strategii nebýt příliš závislí na jednotlivých automobilkách. K eliminaci rizika patří také schopnost nabízet široké portfolio. Thyssenkrupp proto nabízí automobilkám prémiové povrchy pro součásti karoserií, zrovna tak jako vysokopevné ocelové materiály pro lehké konstrukce nebo pásy z elektrooceli pro hybridní a elektrické pohony. Hodnoty škodlivin ve výfukových plynech prostě nejsou všechno.

## Český výrobce oceli Moravia Steel pokukuje po US Steel Košice

*Steel Guru*

07.01.2016

Agentura Reuters oznámila, že český výrobce oceli Moravia Steel zvažuje koupi slovenské pobočky US Steel a že obě strany již vedou jednání. Informaci zveřejnily také Hospodářské noviny, které citovaly nejmenované zdroje. US Steel Košice jsou největším zaměstnavatelem v zemi s 12 000 zaměstnanci.

## Použití matematicko-statistických metod k posouzení rovnovážných obsahů titanu ve vysokochromové tavenině

### Use of Mathematical and Statistical Methods for Assessment of Equilibrium Titanium Contents in the High-Chromium Melt

Ing. Jaromír Kaleta<sup>1</sup>; Ing. Tomáš Huczala, Ph.D.<sup>1</sup>; prof. Ing. Karel Michalek, CSc.<sup>2</sup>; Ing. Jan Morávka, Ph.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Technologie a výzkum, Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika

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

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

*Cílem příspěvku je nalezení a definování faktorů, umožňujících snížení obsahu titanu ve vysokochromové tavenině s obsahem Cr 24-32 hm. %, C 2,4-3,2 hm. %, Ti max. 0,003 hm. %. Tato tavenina se používá jako tekutá legující přísada ložiskových ocelí vyráběných v kyslíkových konvertorech. Během výroby této vysoko-chromové taveniny na elektrické obloukové peci je souběžně s oxidací titanu oxidován i chrom. Během redukce oxidu chromu ze strusky může dojít ke zpětné redukci oxidu titanu. V práci bylo použito matematicko-statistických metod k posouzení rovnovážných obsahů Ti ve vysokochromové tavenině a analyzována možnost použití wollastonitu k úpravě strusky. K nalezení vlivných proměnných bylo použito regresní analýzy a testy středních hodnot pomocí analýzy rozptylu (parametrická i neparametrická varianta) ANOVA (Analysis of Variance). Analyzovaný příznivý vliv wollastonitu k ředění strusky lze vysvětlit nalezenou termodynamickou rovnováhou mezi obsahy Ti a Si v kovu a  $TiO_2$  a  $SiO_2$  ve strusce.*

**Klíčová slova:** titan; chrom; regresní analýza; ANOVA; wollastonit

*Titanium (together with nitrogen) forms during solidification titanium carbon-nitrides. In bearing steel these inclusions act as stress concentrators. Presence of these inclusions can cause violation of bearing material consistency. In Třinecké Železářny, a.s. the melt with high content of chromium produced at EAF is used as alloying addition. The aim of the experiment was to find the influencing factors, allowing reduction of titanium content in high-chromium melt with the content of Cr = 24-32 %, C = 2.4-3.2 %,  $Ti_{max}=0.003$  %. During production of this high-chromium melt in EAF chromium oxidizes simultaneously with titanium oxidation. During reduction of chromium oxide from slag, a reverse reduction of titanium oxide can take place. Present work first deals with theoretical analysis of conditions of titanium equilibrium in the system Fe-Cr-Ti-O. Calculations of thermodynamic equilibrium during production of melt are difficult. The present works were uses mathematical statistical methods for assessment of balance of Ti contents in high-chromium melt and analyses the possibility of use of wollastonite for slag adjustment. We used regression analysis and tests of average values, using dispersion analysis (parametric and non-parametric variant) ANOVA for finding the influencing variables. We used for testing statistical system Statgraphics Centurion. Influencing variables were tested on the relevance level  $\alpha = 0.05$ . Statistically significant influence of  $TiO_2$  and  $Al_2O_3$  content in slag and aluminium in metal was confirmed. Ratio of  $SiO_2$  and  $TiO_2$  content in slag and ratio of aluminium and titanium in metal was found as the most important factor. Significant influence of temperature in given range of temperatures was not statistically confirmed. A significant influence of wollastonite, as replacement of fluorite was statistically proved. Analysed positive influence of wollastonite for slag dilution can be explained by the determined thermo-dynamic balance between Ti and Si in metal, and  $TiO_2$  and  $SiO_2$  in slag. Wollastonite can be used as replacement of fluorite.*

**Key words:** titanium; chromium; regression Analysis; ANOVA; wollastonite

K výrobě ložiskových ocelí na kyslíkové konvertorové ocelárně (KKO) v Třineckých železárnách, a.s. (TŽ) je využito legování kovu tekutou legující přísadou vyráběnou v elektrické obloukové peci (EOP). Tato technologie umožňuje snížení potřebné doby ohřevu kovu v pánvové peci. Ložiskové oceli vyžadují nízký obsah

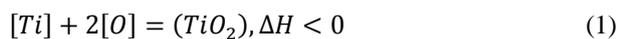
titanu pro zamezení tvorby nitridů či karbonitridů titanu ve formě ostrohranných vměstků a dalších částic, které působí jako koncentrátoři napětí a mohou způsobit vnitřní trhliny a porušení soudržnosti materiálu. Proto je vyžadován i nízký obsah Ti v tekuté legující přísadě, kterou je vysokochromová tavenina.

Tato tavenina je v současnosti vyráběna v širším spektru chemického složení (podle potřeby vyráběné jakosti ložiskové oceli na KKO) s obsahy C = 2,7 – 3,4 hm. %, Cr = 24 – 32 hm. % a Ti < 0,003 hm. %.

Příspěvek je zaměřen na nalezení a definování faktorů ovlivňujících technologii výroby vysokochromové taveniny pomocí matematicko-statistických metod. Cílem práce je dosažení nízkého obsahu Ti v kovu při nízkém propalu chromu a snížení potřeby nebo zcela vyloučení kazivce (CaF<sub>2</sub>) z procesu výroby.

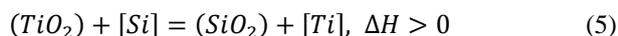
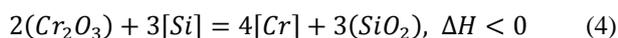
## 1. Termodynamické podmínky rovnováhy systému Fe-Cr-Ti-O

Nízká teplota a vysoká aktivita kyslíku ve vysokochromové tavenině jsou důležité podmínky pro oxidaci titanu dle rov. (1–3), jejichž slučovací teplo  $\Delta H$  je záporné (exotermická reakce). Současně však dochází k nežádoucí oxidaci chromu. V rovnicích je použita běžná konvence: v hranatých závorkách je uvedena složka v kovu; v kulatých složka ve strusce.



V systému Fe-Cr-Ti-O je při nízkých obsazích Ti uvažován vznik komplexu Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>. Ve struskách je pak Ti přítomen jako oxid ve spinelu chromu nebo se předpokládá jeho oxidace na TiO<sub>2</sub>. Obecně lze předpokládat, že aktivita kyselého oxidu ve strusce je snižována přítomností silně bazického oxidu vápenatého (CaO).

Redukci jednoduchých oxidů chromu a titanu ze strusky pomocí křemíku lze popsat rov. (4 a 5):



Reakce podle rov. (4) je exotermická, proto probíhá úplněji za nižších teplot. V praktických podmínkách vyžaduje dostatečně tekutou strusku [1]. Protože spinely chromu mají vysokou teplotu tavení, je vyžadována vyšší teplota v pecním prostoru pro zajištění nízké viskozity strusky.

Rovnovážnou konstantu rov. (5) lze vyjádřit jako poměr aktivit ( $a_i$ ) produktů k aktivitám reaktantů, umocněných na jejich stechiometrické koeficienty (v daném případě jednotkové). Symbol  $i$  označuje složku taveniny. Běžně je pak aktivita složek v kovu vyjádřena [2] pomocí standardního stavu tenze páry nad jednocentním roztokem složky v železe a koncentrace složek je uvedena v hmotnostních procentech [hm. %  $i$ ].

Aktivita složek ve strusce je uváděna ve smyslu Raoultova zákona (standardní stav – tenze páry nad čistou složkou) a koncentrace je uváděna pomocí molových zlomků  $X_i$ . V případě uvádění koncentrací v hmotnost-

ních procentech je odchylka od standardního stavu vyjádřena aktivitním koeficientem  $f_i$ . Při vyjádření koncentrací v molových zlomcích je použito označení aktivitních koeficientů  $\gamma_i$ .

$$K_{Ti, Si} = \frac{a_{SiO_2} \cdot a_{Ti}}{a_{TiO_2} \cdot a_{Si}} = \frac{X_{SiO_2} \cdot \gamma_{SiO_2} \cdot [\%Ti] \cdot f_{Ti}}{X_{TiO_2} \cdot \gamma_{TiO_2} \cdot [\%Si] \cdot f_{Si}} \quad (6)$$

Rovnováha Si-Ti v kovu je podle rov. (6) dána chemickým složením kovu a strusky a rovnovážnou konstantou, která je funkcí teploty. Redukce TiO<sub>2</sub> křemíkem podle rov. (5) je endotermická reakce, probíhá tedy úplněji za vyšších teplot. Snížení obsahu Ti je umožněno vysokým obsahem Cr, který zvyšuje aktivitu Ti v lázni, přičemž uhlík jeho aktivitu naopak snižuje. Vysoké obsahy Cr a C neumožňují přesnější výpočty aktivity Ti v kovové lázni, pro které je potřebná znalost interakčních koeficientů vyšších řádů [3].

Rov. (6) lze převést na lineární tvar logaritmováním (viz rov. (7)). Rovnici lze dále rozložit na rozdíly logaritmů.

$$\ln \left( \frac{[\%Si]}{[\%Ti]} \right) = \ln \left( \frac{X_{SiO_2}}{X_{TiO_2}} \right) + \ln \left( \frac{f_{Ti}}{f_{Si}} \right) + \ln \left( \frac{\gamma_{SiO_2}}{\gamma_{TiO_2}} \right) - \ln K_{Ti, Si} \quad (7)$$

V metalurgické praxi se složení strusek uvádí v hmotnostních procentech. Pak pro rov. (7), lze použít úpravu vyjádřenou v rov. (8) vydělením hmotnostních procent molární hmotností  $M_i$ .

$$\frac{X_{SiO_2}}{X_{TiO_2}} = \frac{(\%SiO_2)/M_{SiO_2}}{(\%TiO_2)/M_{TiO_2}} = \frac{(\%SiO_2)}{(\%TiO_2)} \cdot konst. \quad (8)$$

Tento vztah platí jen pro výše uvedené předpoklady, že se Ti ve strusce během výroby vysokochromové taveniny oxiduje na TiO<sub>2</sub> a zpětně ze strusky je redukován křemíkem, a to z důvodu jednotkových stechiometrických koeficientů v rov. (5). Obecně tedy platí, že molární poměr složek je přímo úměrný hmotnostnímu poměru.

Uvažujeme-li, že v rozmezí teplot ocelářských technologií je reakční teplo  $\Delta H$  i reakční entropie  $\Delta S$  konstantní, lze teplotní závislost rovnovážné konstanty reakce vyjádřit [2] pomocí obecné rov. (9). Rovnice vychází z van't Hoffovy reakční izotermie vyjadřující teplotní závislost standardní Gibbsovy energie (volné entalpie)  $\Delta G^\circ$ .

$$\ln K_{Ti, Si} = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} = \frac{-A}{T} + B, \quad (9)$$

kde A, B jsou konstanty,  $T$  je termodynamická teplota.

Odlogaritmováním rov. (9) lze získat exponenciální vztah dle rov. (10). Tento vztah je analogií Arrheniovy rovnice rychlosti chemické reakce v závislosti na teplotě. Obdobným vztahem lze vyjádřit i další fyzikální a chemické děje závislé na teplotě, jako jsou rovnice difuzivity či dynamické viskozity. Exponenciální tvar rovnic vychází ze statistické fyziky, která pro závislost různých veličin na teplotě vychází z tzv. Maxwell-Boltzmannova rozdělení.

$$K_{Ti, Si} = B_0 \cdot \exp\left(\frac{-A}{T}\right) \quad (10)$$

Z důvodu silně viskózních strusek s vysokými obsahy oxidů chrómu ve formě spinelu bývá k ředění strusky používán kazivec. Jeho použití má negativní vliv na environmentální podmínky výroby. V současnosti je často pozornost zaměřena na bazicitu strusky, která má vliv na množství pevných částic [3]. Při výrobě nerezavějících ocelí v EOP bývá doporučována bazicita v rozsahu hodnot cca 1,3 až 1,7 jako poměr oxidů (CaO + MgO)/SiO<sub>2</sub>.

Někteří autoři odkazují i na nižší hodnoty, které ale mohou mít značný korozivní vliv na zásaditou vyzdívku agregátu. Naopak vyšší hodnoty bazicity, které jsou optimální z hlediska laboratorních experimentů, narážejí na technologické a ekonomické hranice [1] v provozních podmínkách výroby tavenin s vysokým obsahem chrómu na EOP.

## 2. Metody analýzy experimentálních dat

Sběr dat z tavení vysokochromové taveniny na EOP probíhal ve třech fázích výroby:

- Odběr vzorků kovu a strusky po natavení (vzorek 1). U části taveb proběhlo stažení strusky.
- Odběr vzorků kovu po oxidaci plynným kyslíkem (vzorek 2).
- Odběr vzorků kovu a strusky po úpravě viskózních strusek pomocí malého množství Al krupice, ferrosilicia (FeSi) a koksu.

Podle potřeby bylo přidáno pálené vápno, kazivec (CaF<sub>2</sub>), respektive wollastonit (CaSiO<sub>3</sub>). Zároveň byla změřena teplota lázně a aktivita kyslíku. Získaná experimentální data byla zpracována ve statistickém softwaru Statgraphics Centurion XV a XVI (SGC).

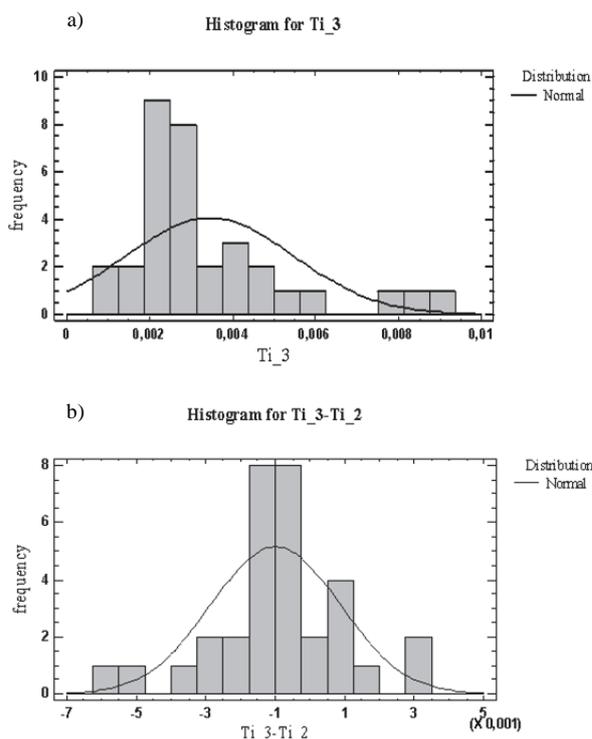
Jako první byly v rámci popisné statistiky vypracovány základní momentové a kvantilové charakteristiky získaných dat.

Na obr. 1a je formou histogramu znázorněno rozdělení proměnné Ti<sub>3</sub>, tj. obsah Ti v závěru tavby a rozdíl obsahu Ti po oxidaci a v závěru tavby (Ti<sub>3</sub>-Ti<sub>2</sub>). Proměnná Ti<sub>3</sub> vykazuje zešikmení křivky (posunutí maxima) doprava. Rozdíl obsahu Ti (Ti<sub>3</sub>-Ti<sub>2</sub>) mezi odběry po oxidaci a v závěru tavby má symetrické rozdělení. Vysoké hodnoty kolem středu grafu vypovídají o vyšší hodnotě špičatosti křivky proti normálnímu rozdělení.

V rámci regresní analýzy byly hledány ovlivňující kvantitativní proměnné (regresory) linearizované rov. (6). Tato rovnice je obecně funkcí:

- složení oceli,
- složení strusky,
- rovnovážné konstanty (funkce teploty).

Významnost regresních koeficientů byla posuzována pomocí testu nulové hypotézy, zda odhadovaný regresní parametr je roven nule (T-test). Významnost modelu jako celku pak byla posuzována pomocí F-testu [4]. Pro testování byla zvolena hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ . Vypovídací schopnost modelu byla posuzována pomocí procenta objasněné variability, tj. druhé mocniny indexu korelace, označovaného jako R<sup>2</sup>, tzv. regresní rabat nebo také index determinace. Pro vícenásobný model byly provedeny testy normality reziduí a test autokorelace pomocí Durbinova-Watsonova testu.



Obr. 1 Histogram obsahu Ti<sub>3</sub> (a) a jeho změny  $\Delta Ti = (Ti_3)-(Ti_2)$  (b)

Fig. 1 Frequency diagram for Ti<sub>3</sub> content (a) and its change  $\Delta Ti = (Ti_3)-(Ti_2)$  (b)

Pro posouzení vlivu kvalitativních (kategoriálních) proměnných byly použity testy středních hodnot pomocí jednofaktorové (1f) analýzy rozptylu ANOVA (Analysis of Variance), a to základní Fischerův test v případě splnění předpokladu normality dat. Dále byla použita 2f ANOVA pro dva faktory, a to pro stažení strusky (STAZENI\_1) a přidavek wollastonitu (WOLL). Jako neparametrické testy byly použity Kruskalův-Wallisův test (při splnění homoskedasticity) a Moodův mediánový test (při heteroskedasticitě). K testování předpokladu homogenity dat (shodě rozptylů) byl použit Levenův test. Pro testování byla opět zvolena hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  a informativně i hladina významnosti  $\alpha = 0,1$ . V takovém případě je hodnota uvedena v závorce.

## Regresní analýza

Jako první byla provedena párová regrese pro regresand (závislou proměnnou)  $\ln(\text{Ti}_3)$ , tedy obsah Ti v závěru tavby. Metodou nejmenších čtverců (MNC) byly hodnoceny vlivné regresory (vysvětlující proměnné). Výsledek párové regrese je uveden v tab. 1.

Tab. 1 Nejvlivnější regresory párové regrese pro regresand  $\ln(\text{Ti}_3)$   
Tab. 1 Results of statistical analysis for  $\ln(\text{Si}_3/\text{Ti}_3)$

Regresor	Vliv	R <sup>2</sup>	p	Poznámka
$\ln(\text{TiO}_2_3)$	(+)	36,7	<0,001	nejvýznamnější
$\ln(\text{aO}_3)$	(-)	9,8	0,081	vyšší hladina význ.
$\ln(\text{Al}_3)$	(+)	14,3	0,030	
$\text{Al}_2\text{O}_3_3$	(+)	23,2	0,005	normalita dat
$\ln(\text{Si}_3)$	Ne	1,9	0,446	nemá vliv
$\ln(\text{SiO}_2_3)$	Ne	5,4	0,201	nemá vliv

Z výsledku T-testu nelze zamítnout nulovou hypotézu regresních koeficientů na testované hladině významnosti u proměnných  $\ln(\text{aO})$ ,  $\ln(\text{Si}_3)$  a  $\ln(\text{SiO}_2)$ . Vlivné regresory ( $p = p\text{-hodnota} < 0,05$ ) byly použity pro vícenásobný model. Variabilita regresandu  $\ln(\text{Ti}_3)$  s danými regresory byla objasněna pouze z 51 %, přičemž jako významné byly na testované hladině významnosti nalezeny regresory  $\ln(\text{TiO}_2_3)$  a  $\ln(\text{Al}_3)$ .

V souladu s rov. (7) byl při dalším statistickém hodnocení dat z provozních taveb uvažován i regresand ve formě podílu obsahů Si/Ti v oceli. Nejvýznamnější vztahy párové regrese jsou pro regresand  $\ln(\text{Si}_3/\text{Ti}_3)$ . Z tab. 2 je zřejmé, že nejvyšší spolehlivosti testu dle p-hodnoty je dosaženo pro regresor  $\ln(\text{SiO}_2_3/\text{TiO}_2_3)$ .

Tab. 2 Nejvlivnější regresory párové regrese pro regresand  $\ln(\text{Si}_3/\text{Ti}_3)$

Tab. 2 Result of statistical analysis for  $\ln(\text{Si}_3/\text{Ti}_3)$

Regresor	Vliv	R <sup>2</sup>	p	Poznámka
$\ln(\text{Si}_1/\text{Ti}_1)$	(+)	17,7	0,017	
$\text{Al}_2\text{O}_3_3$	(-)	24,2	0,004	normalita dat
$\ln(\text{Al}_3)$	(-)	12,1	0,048	
$\ln(\text{SiO}_2_3/\text{TiO}_2_3)$	(+)	60,0	<0,001	nejvýznamn.
$1/(\text{T}_3+273)$	NE	3,12	0,334	rovnice (9)

Pro regresor vyjadřující vliv teploty podle rov. (9), jako funkce rovnovážné konstanty, nelze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnout nulovou hypotézu regresního koeficientu. Na základě nalezených vlivných regresorů byl vytvořen model vícenásobné regrese. Výsledky vícenásobné regresní analýzy prokázaly významnost regresandu  $\ln(\text{Si}_3/\text{Ti}_3)$ . Pro daný model dosáhla p-hodnota F-testu  $p < 0,0001$  a nejlepší hodnoty Durbinovy-Watsonovy statistiky (1,82).

U výsledného modelu je p-hodnota T-statistiky konstanty nevýznamná a lze ji z modelu vypustit. Pro oba modely byly provedeny testy na normalitu reziduí s výsledkem nezamítnutí nulové hypotézy o shodě

s normálním rozdělením se spolehlivosti větší než 95 %. Regresní závislost rovnováhy Si-Ti v závěru tavby pro nejvýznamnější model uvádí následující rov. (11), v níž byl časový popis proměnných pro jednotnost indexů vynechán:

$$\ln \frac{[\% \text{Si}]}{[\% \text{Ti}]} = 1,03 \cdot \ln \left( \frac{(\% \text{SiO}_2)}{(\% \text{TiO}_2)} \right) - 0,144 \cdot \ln[\% \text{Al}] \quad (11)$$

## Testy středních hodnot

Pro ověření předpokladu o vlivu použití wollastonitu k úpravě strusky byly stanoveny hypotézy:

- $H_0$ : použití wollastonitu nemá vliv na obsah Ti v kovu,
- $H_1$ : použití wollastonitu má vliv na obsah Ti v kovu.

Obdobně byly zvoleny hypotézy vlivu použití wollastonitu na další proměnné:

- obsah  $\text{TiO}_2$  ve strusce,
- obsah  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ve strusce,
- obsah  $\text{SiO}_2$  ve strusce,
- obsah  $\text{CaO}$  ve strusce,
- bazicitu strusky.

Pro ověření výše uvedeného předpokladu  $H_0$  a  $H_1$  byl použit Fisherův test pro jeden 2úrovňový faktor proměnné WOLL (A-Ano, N-Ne) aplikovaný na uvedené proměnné. Pomocí Fisherova testu se ověřuje hypotézu:

- $H_0$ : střední hodnoty jsou shodné,
- $H_1$ : alespoň jedna střední hodnota se liší.

Analyzován byl i vliv stažení strusky a použití wollastonitu pomocí 2f ANOVY na proměnnou  $\ln(\text{Ti}_3)$ . U jednotlivých tříd proměnné  $\ln(\text{Ti}_3)$ , rozdělených podle uvedených faktorů, byla potvrzena normalita dat. Výsledek testu 2f ANOVA je uveden v tab. 3.

V případě neparametrických pořadových testů je použit test shody mediánu. Pro zajištění normality dat nejsledovanější proměnné  $\text{Ti}_3$  byla provedena normalizace pomocí logaritmování. Výsledky testování pomocí 1f ANOVY jsou uvedeny v tab. 4. Uveden je i vliv faktoru na danou proměnnou (+ nebo -).

Tab. 3 Tabulka vícefaktorové analýzy ANOVA

Tab. 3 Table for Multifactor ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:WOLL	1,21	1	1,21	4,84	0,036
B:Stazeni_1	0,000179	1	0,0002	0,00	0,979
INTERACTIONS					
AB	0,00076	1	0,0008	0,00	0,957
RESIDUAL	7,28	29	0,251		
TOTAL (CORRECTED)	8,93	32			

Pro faktor „stažení strusky“ a vzájemný vliv faktorů „stažení strusky“ a „použití wollastonitu“ nelze zamítnout nulovou hypotézu o shodnosti středních hodnot na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Pouze pro faktor „použití wollastonitu“ (proměnná WOLL) lze zamítnout nulovou

hypotézu a přijmout alternativní hypotézu o rozdílu středních hodnot na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Porovnání mediánů proměnné Ti<sub>3</sub> a TiO<sub>2\_3</sub> v závislosti na použití wollastonitu pomocí krabicových grafů je uvedeno na obr. 2.

Tab. 4 Vyhodnocení použití wollastonitu u provozních taveb

Tab.4 Results of experiments with wollastonite in high chromium melts

Proměnná	Faktor	Normalita dat	Homoskedasticita (Levenův test)	Test shody středních hodnot			
				Vliv	Fisherův	Kruskalův-Wallisův	Moodeho
Ti <sub>3</sub>	WOLL	NE	ANO	(-)	(ANO)	ANO	ANO
ln(Ti <sub>3</sub> )	WOLL	ANO	ANO	(-)	ANO	ANO	ANO
TiO <sub>2_3</sub>	WOLL	ANO	ANO	(-)	ANO	ANO	ANO
Cr <sub>2O<sub>3_3</sub></sub>	WOLL	ANO	ANO	(-)	ANO	ANO	(0,095)
SiO <sub>2_3</sub>	WOLL	NE	ANO	(+)	(ANO)	ANO	ANO
CaO <sub>3</sub>	WOLL	NE	ANO	(+)	(ANO)	(0,087)	(0,095)
CaO <sub>3</sub> /SiO <sub>2_3</sub>	WOLL	NE	ANO		(NE)	NE	NE

### 3. Diskuse výsledku statistické analýzy

S ohledem na poměrně komplikované interakce v systémech Fe-Cr-Ti-O při redukci strusky pomocí Si byla pozornost věnována matematicko-statistickému posouzení analyzovaných dat experimentálních taveb. Celkem byly analyzovány údaje z 39 provedených provozních taveb. Obr. 1a zobrazuje histogram četností analyzovaných obsahů titanu v závěru tavby (Ti<sub>3</sub>) a obr. 1b pak histogram změn obsahů  $\Delta Ti = (Ti_3) - (Ti_2)$ . Z obr. 1b vyplývá, že v závěru sledovaných taveb došlo jak ke snížení, tak i zvýšení obsahu Ti v lázni v porovnání s obsahem Ti po oxidaci.

Na základě teoretického rozboru problematiky byly regresní analýzou testovány ovlivňující proměnné na obsah, respektive rovnováhu Ti v tavenině s vysokým obsahem chromu. Z párové regrese závislosti obsahu Ti v kovu se nejvýznamněji projevil vliv TiO<sub>2</sub> ve strusce, dále obsah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve strusce a obsah Al v kovu. Vliv Al a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lze vysvětlit vyšší redukční schopností hliníku i přes velmi nízké obsahy Al v kovu. Pokud bylo použito větší množství Al krupice k úpravě strusky, došlo i k částečné redukci Ti hliníkem.

V regresní analýze se mnohem významněji projevil podíl obsahu Si/Ti v závislosti na poměru oxidů SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>. Linearizace regresní rov. (11) ukazuje, že rovnováha složek vysokochromové taveniny v závěru tavby je ovlivňována:

- poměrem Si/Ti v tavenině,
- poměrem SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> ve strusce,
- obsahem Al v kovu.

Rov. (11) lze dále upravit pro vyjádření hmotnostního obsahu Ti ve vysokochromové tavenině:

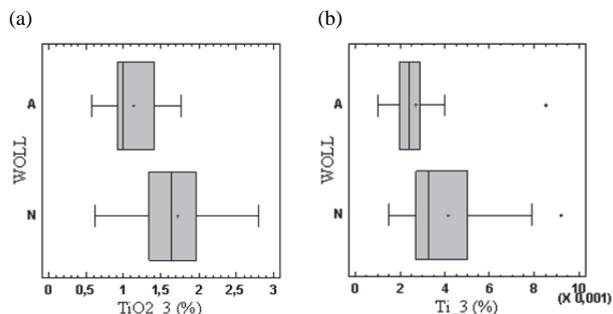
$$\ln[\%Ti] = \ln[\%Si] - 1,03 \cdot \ln\left(\frac{\%SiO_2}{\%TiO_2}\right) + 0,144 \cdot \ln[\%Al] \quad (12)$$

Protože podle rov. (12) lze nízkých obsahů Ti dosáhnout zvýšením poměrem SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>, jsou výhodnější vyšší obsahy SiO<sub>2</sub> ve strusce a nižší bazicitu strusky. Tato interpretace rov. (12) je v rozporu s obecným předpokladem, že aktivitu TiO<sub>2</sub> snižuje zásaditý oxid CaO. Zároveň lze tímto vysvětlit tvrzení některých autorů, že v silikátových struskách se TiO<sub>2</sub> chová jako zásaditý oxid [3]. Snížení obsahu Si na velmi nízké hodnoty není výhodné, protože se zvyšuje propal chromu.

Jak vyplývá z rov. (12), je obsah Ti v lázni určen nejen obsahem Si, ale i obsahy/poměry oxidů SiO<sub>2</sub> a TiO<sub>2</sub> ve strusce. Wollastonit tento poměr zvyšuje, a proto ovlivňuje rovnováhu Si-Ti a snižuje výsledný obsah Ti v lázni. Tuto skutečnost potvrzují testy středních hodnot, resp. mediánů uvedených v tab. 3, kde je statisticky prokázán pozitivní vliv wollastonitu na zvýšení obsahu SiO<sub>2</sub> a snížení obsahu TiO<sub>2</sub> ve strusce a zároveň snížení obsahu Ti v lázni pro dané podmínky výroby vysokochromové taveniny. Výsledky testu daných proměnných lze porovnat pomocí krabicových grafů na obr. 2. Stažení strusky se neprojevilo jako statisticky významné. Tato skutečnost může být dána nízkou aktivitou kyslíku po natavení. Tím nebyl zcela využit potenciál strusky. Průměrný poměr titanu ve strusce a v kovu byl po natavení TiO<sub>2</sub>/Ti = 109,5 a v závěru tavby TiO<sub>2</sub>/Ti = 417.

Použití wollastonitu neovlivnilo bazicitu strusky danou poměrem oxidů CaO/SiO<sub>2</sub> v závěru tavby (vzorky 3) při zvýšení obsahu SiO<sub>2</sub>. Lze proto dojít k závěru, že přídavek wollastonitu příznivě ovlivnil i zvýšení obsahu CaO

ve strusce, a připustit významnost testované proměnné  $\text{CaO}_3$ , i když vliv této proměnné nebyl statisticky na testované hladině významnosti potvrzen. Průměrná hodnota bazicity strusky v experimentálních tavných pro vzorky 3 byla  $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2 = 1,57$ .



Obr. 2 Obsahy  $\text{TiO}_2$  (a) a Ti (b) v závěru tavby při použití syntetické strusky wollastonit

Fig. 2  $\text{TiO}_2$  (a) and Ti (b) contents in melts with synthetic wollastonite

## Závěr

V provozních podmínkách elektroocelárny TŽ byly provedeny experimentální tavby s použitím wollastonitu k úpravě složení strusky při výrobě vysokochromové taveniny. Tato tavenina slouží jako tekutá legující přísada při výrobě ložiskových ocelí v kyslíkových konvertorech. Jejím specifikem je požadavek dosažení nízkého obsahu Ti < 0,003 hm. % při obsahu C = 2,7 – 3,4 hm. % a Cr = 24 – 32 hm. %, a to podle vyráběné jakosti oceli na KKO.

Během výroby vysokochromové taveniny na EOP bylo u části taveb použito k asimilaci páleného vápna nebo k ředění strusky wollastonitu. Zároveň byly provedeny odběry vzorků kovu a strusek a měřena teplota lázně a aktivita kyslíku.

Získaný soubor dat z celkem 39 provozních taveb byl vyhodnocen pomocí matematicko-statistických metod, které prokázaly pozitivní vliv použití wollastonitu na snížení konečných obsahů Ti v kovu. Příznivý vliv wollastonitu lze vysvětlit nalezenou rovnováhou Ti-Si ve vysokochromové tavenině a  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  ve strusce. Jak vyplývá z regresní pro závislost rovnováhy Ti-Si (rov. (11)), je k dosažení nižších obsahů Ti v kovu potřeba vyššího obsahu  $\text{SiO}_2$  ve strusce. Proto je výhodnější použití kyselějších strusek. Zjištěné údaje byly použity k návrhu úpravy technologie výroby vysokochromové taveniny v EOP.

## Literatura

- [1] HILTY, D., C., KAVENEY, T., F. Stainless Steel Melting, Electric Furnace Steelmaking. *The Iron and Steel Society*, (1985), 143–160.
- [2] ADOLF, Z. *Teorie procesů při výrobě železa a oceli, Část II – Teorie ocelářských pochodů*. [Studijní opory VŠB-TU Ostrava], Ostrava, 2013, dostupný z: <http://www.fmmi.vsb.cz/modin/cs/studijni-opory/resitelsky-tym-2-metalurgie/index.html>.
- [3] KALETA, J. *Optimalizace výroby vysoko-chromových tavenin na EOP*. [Diplomová práce, 2014-05-27], Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie, 2014.
- [4] BUDIKOVA, M., KRÁLOVÁ, M., MAROŠ, B. *Průvodce základními statistickými metodami*, 1. vydání, Praha: GRADA, 2010, 272 s, ISBN 978-80-247-3243-5.

## Ocelářský průmysl požaduje další ochranná opatření

Stahl Aktuell

30.12.2015

Indická vláda pravděpodobně vyhlásí minimální cenu na importovanou ocel. Tím by měl být utlumen příliv importované oceli, jak sdělil vysoký představitel indického ocelářského koncernu Jindal Steel and Power. „Indický ocelářský průmysl nyní prožívá těžké období. Většina podniků v odvětví vykazuje ztrátu, protože ocel z Číny, Japonska a Jižní Koreje teče na náš trh za dumpingové ceny“. Pokládá se za jisté, že vláda přijme opatření na ochranu domácího ocelářského průmyslu. Antidumpingová cla byla uvalena již začátkem prosince na výrobky z ušlechtilé oceli z Číny, Evropské Unie a z USA, válcované za studena. Opatření by měla platit po dobu pěti let.

## Problémy při prodeji ocelárny Zelezara Smederevo

Stahl Aktuell

07.01.2016

Plánovaný prodej srbské ocelárny Smederevo čínskému koncernu Hebei Iron and Steel Co se měl původně uskutečnit již v listopadu 2015. Operace však zřejmě neprobíhá tak hladce, jak bylo zamýšleno. Na podzim 2015 oznámil srbský ministr hospodářství Zejko Seric, že probíhají intenzivní rozhovory s Číňany. Zřejmě z toho ale nic nebylo, protože nyní běží přípravy na nové kolo prodeje. Smederevo je největší srbskou ocelárnou, kterou v roce 2000 koupil US Steel za cenu 25 milionů USD. Následně byla zdvojnásobena výroba. Na začátku roku 2012 však byla ocelárna vrácena srbskému státu, který ji od té doby provozuje sám.

# Optimisation of the Number of Maintenance Workers Based on the Monte Carlo Algorithm

## Optimalizace počtu údržbářů založená na algoritmu Monte Carlo

Ing. Martin Lampa, Ph.D.<sup>1</sup>; Ing. Jun Li, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, Czech Republic

<sup>2</sup> Hubei University of Technology, Wuchang District, Wuhan, Hubei Province, China

*S rozvojem počítačů a softwarových produktů dochází i ke stále většímu uplatnění početních (numerických) metod v manažerském rozhodování i v průmyslových podnicích. Rozhodování je jednou z nejvýznamnějších manažerských aktivit, které manažeři každodenně využívají při výkonu své funkce. Význam pojmu manažerské rozhodování se nejvíce projevuje v tom, že kvalita a výsledky rozhodovacích procesů ovlivňují efektivnost, fungování a prosperitu průmyslových podniků. Informace hrají v rozhodovacích procesech klíčovou úlohu. Rozhodovací procesy se obvykle chápou jako procesy shromažďování a transformace vstupních dat do výstupních informací. Zásadní úlohu v procesech získávání dat, shromažďování dat a jejich přeměny v informace hraje manažer, jehož znalosti, zkušenosti a intuice jsou nebytné pro správné rozhodování. Obvykle časový tlak a omezenost jednotlivých zdrojů zabraňují pečlivému hledání všech dat, na jejichž základě manažer získá kvalitní informace pro rozhodování. Nekvalitní informace a tím i nekvalitní rozhodování mohou být jeden z důvodů podnikatelského neúspěchu. Jednou z velmi dobře uplatnitelného simulačního algoritmu řešení na počítači je metoda Monte Carlo. Aplikace algoritmu Monte Carlo spočívá v nalezení souvislosti mezi jednotlivými veličinami, které jsou řešením zkoumaného problému a charakteristikami náhodných procesů reprodukovatelných na počítačích. Cílem článku je ukázat použití simulačního algoritmu Monte Carlo na příkladu optimalizace počtu údržbářů dílny s 12 stroji stejného typu.*

**Klíčová slova:** vědecké řízení; optimalizace; simulace; algoritmus Monte Carlo

*With the development of computers and software products, there is now greater use of quantitative methods in industrial enterprises when making managerial decisions. [6] One of the most applicable solutions to computer simulation algorithms is the Monte Carlo method. Application of the Monte Carlo algorithm lies in finding a relation between the individual variables that are the solutions to the problem and that represent the characteristics of random processes reproducible on computers. The aim of this article is to show the application of the Monte Carlo algorithm through an example of optimising the number of maintenance workers in a workshop with 12 machines of the same type.*

**Key words:** management science; optimisation; simulation; Monte Carlo algorithm

Over the last two decades, there have been great advances in computer technology and these advances have also affected managerial decision-making. Mathematical methods with the use of computer technologies have been increasingly used in most problems of managerial decision-making. [5] One of the most applicable methods of computer implementation is the Monte Carlo method. It is a static, stochastic method that uses random (pseudo-random) numbers in the course of the calculation. Its application will be shown using an example of optimising the number of maintenance workers in a workshop with 12 machines of the same type.

### 1. The task

The optimal number of maintenance workers for a workshop with 12 machines of the same type has to be determined. Statistically, it was found that, on average,

over the course of one shift, two machines encounter one malfunction, 6 machines operate with 2 malfunctions and 4 machines with 3 malfunctions. The duration of each malfunction, as a random variable with normal probability distribution, lasts 30 minutes on average with a standard deviation of 10 minutes. 1 hour of downtime equals a loss of 600 CZK. The average hourly wage of a maintenance worker is 100 CZK. The optimal number of maintenance workers has to ensure minimal costs associated with repairing any defects (including wages, maintenance and losses from downtime).

### 2. Analysis of the solution

It is a simple task to determine the optimal dimension of the operating system (the number of maintenance workers) with two crucial variables that lead to its solution:

- Intensity of the requirements entering the operating system (malfunction rate of the machines during a shift), characterised by:
  - the number of failures during one shift  $P$ ,
  - malfunction duration  $x$ ,
  - the moment of the malfunction's occurrence  $M$ .
- Operational intensity (the number of maintenance workers that eliminate the malfunctions during a shift)  $U$ .

Extreme situations:

- Undersized (low) number of maintenance workers:
  - low wages of maintenance workers  $N_U$ ,
  - high losses from downtime  $N_P$ .
- Oversized (high) number of maintenance workers:
  - high wages of maintenance workers  $N_U$ ,
  - low loss from downtime  $N_P$ .

It is necessary to set a number of maintenance workers  $U$  so that the costs associated with eliminating malfunctions during one shift  $N$  ( $N = N_U + N_P$ ) are minimal  $= N_{\min}$ .

### 3. Algorithm of the solution

The decisive variables for solving the given task are random. They take different values depending on the random influences of a number of factors. From a retrospective statistical analysis, it was found that the variable of malfunction duration "x" can be considered random and subject to the law of normal probability distribution (a larger number of factors that are not of great significance and not connected to each other, affect the "fluctuations" of this variable – starting with the quality of the maintenance worker's performance, material availability, means of implementing the maintenance work and ending with the management system of the workshop). For each real number, the distribution function of (normal) probability distribution assigns a chance that the random variable "x" takes a value that is less than this number (Fig. 1).

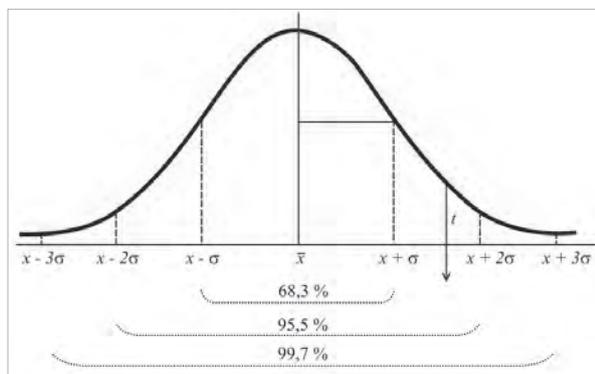


Fig. 1 Normal distribution of the function  $x = \bar{x} + t \cdot \sigma$   
Obr. 1 Normální rozdělení funkce  $x = \bar{x} + t \cdot \sigma$

- $x$  – (random) value of the variable of malfunction duration (minutes),
- $\bar{x}$  – mean value (average of values) of normal distribution (minutes),
- $\sigma$  – determinant deviation of normal distribution (minutes),
- $t$  – determinant variable;
- $\bar{x} = 30$  minutes
- $\sigma = 10$  minutes

The given stochastic task can be solved through an artificial experiment based on the task's logical-mathematical model (see the analysis of the solution). [1] It is an artificial imitation of probabilistic situations and their assessment – imitation of the chance in accordance with the law according to which – as we assume – the chance acts. This methodology is referred to as simulation. Its essence, the result of its application, is a statistical estimate of the probability of the variant's course of real processes, and therefore, the optimal variant [3].

The Monte Carlo algorithm plays a significant role in simulation procedures [2]. The statistical estimation of probability occurs through artificial selections, using certain random mechanisms – usually random (pseudorandom) numbers.

Random numbers – a series (set) of statistically independent numbers (any number of the series does not depend on any of the previous or following numbers) [4].

The procedure of solving the task using the Monte Carlo algorithm

Simulation (prediction of the possible) duration of malfunctions  $x$  for 12 machines in the workshop, where for every:

- 2 machines – 1 malfunction
  - 6 machines – 2 malfunctions
  - 4 machines – 3 malfunctions
- } statistically determined average during a shift

Through entering the random number generator - in this case the available table of random numbers, we generate five-digit numbers (for available five-digit values of the distribution function) that simulate the value of the distribution function and the corresponding value of the determinant variable  $t$  for the equation  $x = \bar{x} + t \cdot \sigma$ , where  $\bar{x} = 30$  minutes,  $\sigma = 10$  minutes.

- a) Simulation (prediction of the possible) moment of occurrence of malfunctions  $M$  – in this case, again through entering the available table of random numbers, we generate three-digit numbers that simulate the moment of malfunction occurrence during a shift that lasts 0 – 480 minutes (Tab. 1).
- b) Simulation of intervals of malfunction duration of individual machines during a shift is done based on the previous two steps (simulations). Their clear record can be found in the machine malfunction chart (Tab. 2).

$$x = 30 + t \cdot 10 \text{ (min)}$$

Tab. 1 Simulation of the number of malfunctions during a shift  
Tab. 1 Simulace počtu poruch během směny

The number of malfunctions during a shift	Machine no.	Simulation (prediction of the possible) duration of malfunction $x$			Simulation (prediction of the possible) interval of malfunction during a shift		Malfunction prior to the following shift
		Simulated value of the distribution function	t	Simulated durations of malfunction $x = \bar{x} + t*\sigma^*$	Simulation of moment of malfunction occurrence $M$	Simulation interval duration ( $M + x$ )	
1	1	0.86649	1.11	41	345	386	
	2	0.16864	-0.96	20	342	362	
2	3	0.85645	1.06	41	105	146	
		0.42190	-0.20	28	36	64	
	4	0.80733	0.86	39	473	480	0 - 32
		0.01427	-2,19	8	424	432	
	5	0.94168	1.57	46	86	132	
		0.43059	-0.17	28	435	463	
	6	0.93731	1.53	45	142	187	
		0.20554	-0.82	22	234	256	
	7	0.73917	0.64	36	28	64	
		0.62711	0.32	33	162	195	
8	0.72154	0.59	36	364	400		
	0.69191	0.50	35	145	180		
4	9	0.48653	-0.04	26	5	31	
		0.03872	-1.77	12	138	150	
		0.75660	0.70	37	169	206	
	10	0.73898	0.64	26	476	480	0 – 32
		0.42042	-0.20	28	345	373	
		0.11921	-1.18	18	213	231	
	11	0.17588	-0.93	21	236	257	
		0.51643	0.04	30	61	91	
		0.24635	-0.69	23	371	394	
	12	0.57576	0.19	32	241	273	
0.64616		0.40	34	383	417		
0.60538		0.27	33	457	480	0 - 10	
Σ of time losses (downtime) of machines during the shift (minutes)			788				

Determining (predicting the possible) the overall malfunction rate - losses from downtime - for all machines in the workshop based on simulating the intervals

of malfunction durations of the individual machines (from step 3) with the selected number of maintenance workers.

Minimum number of maintenance workers

$$U^{min} = \frac{\text{Σ of time losses (downtime) of machines during the shift (min)}}{\text{worker time fond (shift time)(min)}}$$

$$U^{min} = \frac{788}{480} = 1.64 \text{ implying at least 2 maintenance workers per shift}$$

Maximum number of maintenance workers  $U^{max}$  is given by the maximum of malfunctioning machines at the same

$U^{max}$  within the interval of 142 – 146 of the shift, there are 9 machines with a malfunction

$U^{max}$  is a maximum of 6 maintenance workers

Tab. 2 Losses from downtime with individual numbers of maintenance workers

Tab. 2 Ztráty z prostojů při jednotlivých počtech údržbářů

Shift interval from - to (minutes)	The number of machines with a malfunction	Losses from downtime (minutes) with the number of maintenance workers:							
		2	3	4	5	6	7	8	9
0-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-28	3	23	0	0	0	0	0	0	0
28-31	5	9	6	3	0	0	0	0	0
31-36	2	0	0	0	0	0	0	0	0
36-61	4	50	25	0	0	0	0	0	0
61-64	7	15	12	9	6	3	0	0	0
64-86	3	22	0	0	0	0	0	0	0
86-91	5	15	10	5	0	0	0	0	0
91-105	2	0	0	0	0	0	0	0	0
105-132	4	54	27	0	0	0	0	0	0
132-138	2	0	0	0	0	0	0	0	0
138-142	7	20	16	12	8	4	0	0	0
142-146	9	28	24	20	16	12	8	4	0
146-162	7	80	64	48	32	16	0	0	0
162-169	6	28	21	14	7	0	0	0	0
169-180	7	55	44	33	22	11	0	0	0
180-187	7	35	28	21	14	7	0	0	0
187-195	5	24	16	8	0	0	0	0	0
195-205	3	10	0	0	0	0	0	0	0
213-231	3	18	0	0	0	0	0	0	0
234-236	2	0	0	0	0	0	0	0	0
236-241	5	15	10	5	0	0	0	0	0
241-256	8	90	75	60	45	30	15	0	0
256-257	6	4	3	2	1	0	0	0	0
257-273	3	16	0	0	0	0	0	0	0
342-345	1	0	0	0	0	0	0	0	0
345-362	5	51	34	17	0	0	0	0	0
362-364	4	4	2	0	0	0	0	0	0
364-371	6	28	21	14	7	0	0	0	0
371-373	9	14	12	10	8	6	4	2	0
373-383	6	40	30	20	10	0	0	0	0
383-386	9	21	18	15	12	9	6	3	0
386-394	8	48	40	32	24	16	8	0	0
394-400	5	18	12	6	0	0	0	0	0
400-417	3	17	0	0	0	0	0	0	0
424-432	2	0	0	0	0	0	0	0	0
435-457	2	0	0	0	0	0	0	0	0
457-463	3	6	0	0	0	0	0	0	0
463-473	5	30	20	10	0	0	0	0	0
473-476	5	9	6	3	0	0	0	0	0
476-480	8	24	20	16	12	8	4	0	0
Σ		921	596	383	224	122	45	9	0

## 5. Evaluation of the simulation solution of the task

Determining the optimal number of maintenance workers  $U^{opt}$

$N$  = costs for wages of maintenance workers  $N_U$  (100 CZK/hour) + losses from downtime  $N_P$  (600 CZK/hour)

$$N = N_U + N_P \text{ (CZK)}$$

### 2 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 2 \times 8 = 1\,600 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 921 = 9\,210 \text{ CZK}$$

$$N = 1\,600 + 9\,210 = \mathbf{10\,810 \text{ CZK}}$$

### 3 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 3 \times 8 = 2\,400 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 596 = 5\,960 \text{ CZK}$$

$$N = 2\,400 + 5\,960 = \mathbf{8\,360 \text{ CZK}}$$

### 4 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 4 \times 8 = 3\,200 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 383 = 3\,830 \text{ CZK}$$

$$N = 3\,200 + 3\,830 = \mathbf{7\,030 \text{ CZK}}$$

### 5 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 5 \times 8 = 4\,000 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 224 = 2\,240 \text{ CZK}$$

$$N = 4\,000 + 2\,240 = \mathbf{6\,240 \text{ CZK}}$$

### 6 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 6 \times 8 = 4\,800 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 122 = 1\,220 \text{ CZK}$$

$$N = 4\,800 + 1\,220 = \mathbf{6\,020 \text{ CZK}} \rightarrow N_{min}$$

### 7 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 7 \times 8 = 5\,600 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 45 = 450 \text{ CZK}$$

$$N = 5\,600 + 450 = \mathbf{6\,050 \text{ CZK}}$$

### 8 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 8 \times 8 = 6\,400 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 9 = 90 \text{ CZK}$$

$$N = 6\,400 + 90 = \mathbf{6\,490 \text{ CZK}}$$

### 9 maintenance workers:

$$N_U = 100 \times 9 \times 8 = 7\,200 \text{ CZK}$$

$$N_P = 10 \times 0 = 0 \text{ CZK}$$

$$N = 7\,200 + 0 = \mathbf{7\,200 \text{ CZK}}$$

Fig. 2 shows results of the choice of optimal variant in the number of maintenance workers, resp. minimal costs.

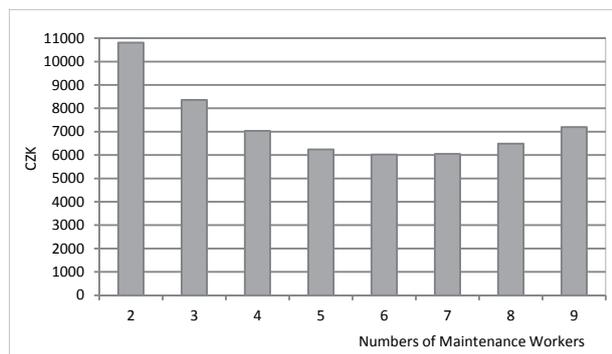


Fig. 2 The costs for various variants of numbers of maintenance workers

Obr. 2 Náklady pro různé varianty počtu údržbářů

## Conclusions

From the viewpoint of minimising the total costs associated with repairing machine malfunctions and for the specified predictions of the number of malfunctions during a shift, employing 6 maintenance workers is the most optimal option. Employing the Monte Carlo algorithm is especially useful for repeated, routine solutions of standard problems, among which optimising the number of maintenance workers belongs, and when it is

possible to incorporate the processed algorithm into a company's automated management system.

## Acknowledgements

The work was supported by the specific university research of Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic No. SP2015/90.

## Literature

- [1] BESTA, P., SAMOLEJOVÁ, A., LENORT, R., ZAPLETAL, F. Innovative Application of Mathematical Methods in Evaluation of Ore Raw Materials for Production of Iron. *METALURGIJA*, 53 (2014) 1, 93–96.
- [2] TURBAN, E., MEREDITH, J. R. *Fundamentals of management science*. USA: R. R. Donnelley & Sons, 1991, 1010 p.
- [3] LAMPA, M., SAMOLEJOVÁ, A., KRAUSOVÁ, E. Optimal cutting of input material of metallurgical operations as a linear programming problems. In *METAL 2012 : 21<sup>st</sup> Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials*. Ostrava: TANGER, 2012, pp. 1355–1360. ISBN 978-80-87294-24-6.
- [4] GROS I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. Praha: GRADA Publishing: 2003. 432 s.
- [5] LAMPA, M., SAMOLEJOVÁ, A., ROŽNOVSKÝ, L. Optimizing of Pallet Metallurgical Products Layout on Truck Loading Space. In *METAL 2011 : 20<sup>th</sup> Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials*, Ostrava: TANGER, 2011, pp. 1351-1361. ISBN 978-80-87294-24-6.
- [6] SAMOLEJOVÁ, A., FELIKS, J., LENORT, R., BESTA, P. A Hybrid Decision Support System for Iron ore Supply. *METALURGIJA*, 51 (2012) 1, 91–93.

## 2016 bude dalším obtížným rokem pro globální ocelářský průmysl

Stahl Aktuell

07.01.2016

Před globálním ocelářským průmyslem stojí další obtížný rok. „Není žádná maličkost, eliminovat přebytečné kapacity v rozsahu 600 milionů tun“ píšou analytici švýcarské banky UBS. A ačkoliv se v Asii konají seriózní pokusy o snížení přebytečných kapacit, jsou na jiných místech budovány nové kapacity. UBS ve světle těchto faktů počítá s krácením výroby v těch čínských ocelárnách, které se octly v obzvlášť hlubokých červených číslech. „Hodně bude záležet také na tom, jak silná budou mezinárodní antidumpingová opatření proti čínské oceli“. Pokud by v důsledku obchodních opatření klesly čínské exporty o 40 až 60 milionů tun, mohla by se situace na globálních trzích poněkud uvolnit a v důsledku toho by se mohly lehce zotavit i ceny. Analytici UBS počítají pro rok 2016 se vzestupem světové výroby oceli v rozsahu 2,1 %. Viditelná spotřeba by se měla vyvíjet v podobném směru. Vytížení výrobních kapacit ale zůstane i nadále nízké a bude se pohybovat kolem 70 %.

## Železná ruda vystoupila na nejvyšší úroveň za poslední více než měsíc

Stahl Aktuell

07.01.2016

Nejnovější zotavení čínských cen stavební oceli vedlo k tomu, že cena železné rudy dosáhla nejvyšší úrovně za více než jeden měsíc. Spotová cena stoupla na začátku týdne na 43,10 USD za tunu, Čínské zásoby stavební oceli klesly podle údajů šanghajského poradenského podniku Steel Home na 3,6 milionu tun, přičemž v březnu 2015 ležely ještě na úrovni kolem 8 milionů tun. Ve stejném časovém období stouply ceny futures stavební oceli, které platí jako měřítko pro ocel, stojící pod přímým dohledem, o zhruba 10 %.

# Zprávy z HŽ, a.s.

## Hutní výroba v ČR a SR

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2016 a 2015, vč. upřesnění r. 2015

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	prosinec	leden	leden-prosinec	prosinec		leden		leden-prosinec	
	2015	2016	2015	2014	2015/14	2015	2016/15	2014	2015/14
	tis.t		(upřesnění)		tis.t	%	tis.t	%	tis.t
<b>KOKS</b>									
CELKEM	230,04	241,35	3 336,89	295,73	77,79	299,19	80,67	3 418,30	97,62
z toho (HŽ) ČR	110,84	108,13	1 701,00	159,76	69,38	157,52	68,64	1 848,64	92,01
(HŽ) SR	119,20	133,22	1 635,89	135,97	87,66	141,67	94,04	1 569,66	104,22
<b>AGLOMERÁT</b>									
CELKEM	720,63	798,63	9 293,21	852,38	84,54	881,08	90,64	9 555,30	97,26
z toho ČR	438,03	492,53	5 552,94	499,78	87,64	549,18	89,69	5 764,40	96,33
SR	282,60	306,10	3 740,27	352,60	80,15	331,90	92,23	3 790,90	98,66
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
CELKEM	522,33	647,20	7 769,62	718,20	72,73	721,98	89,64	7 990,82	97,23
z toho ČR	314,09	331,76	4 031,13	361,97	86,77	370,20	89,62	4 152,35	97,08
SR	208,24	315,44	3 738,49	356,24	58,46	351,78	89,67	3 838,47	97,40
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
CELKEM	650,63	788,32	9 823,19	885,96	73,44	914,03	86,25	10 065,44	97,59
z toho ČR	391,78	412,93	5 261,59	461,43	84,91	487,50	84,70	5 360,04	98,16
SR	258,85	375,39	4 561,61	424,53	60,97	426,53	88,01	4 705,40	96,94
<b>KONTISLITKY</b>									
CELKEM	620,71	754,39	9 351,14	848,31	73,17	872,00	86,51	9 604,78	97,36
z toho ČR	362,76	379,75	4 800,33	424,72	85,41	446,36	85,08	4 910,54	97,76
SR	257,95	374,64	4 550,81	423,60	60,89	425,63	88,02	4 694,24	96,94
<b>BLOKOVNY</b>									
CELKEM	43,14	50,61	582,54	48,12	89,66	50,17	100,88	586,12	99,39
z toho ČR	43,14	50,61	582,54	48,12	89,66	50,17	100,88	586,12	99,39
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
CELKEM	537,31	711,84	8 990,17	696,59	77,13	781,15	91,13	9 008,75	99,79
z toho ČR	314,41	393,66	4 893,74	336,12	93,54	404,37	97,35	4 829,20	101,34
SR	222,91	318,18	4 096,43	360,47	61,84	376,79	84,45	4 179,55	98,01
<b>TRUBKY</b>									
CELKEM	38,02	56,97	715,20	49,97	76,09	66,29	85,93	770,55	92,82
z toho ČR	28,30	39,25	502,57	39,99	70,78	47,15	83,24	537,88	93,43
SR	9,72	17,72	212,63	9,98	97,38	19,14	92,55	232,66	91,39
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
CELKEM = (HŽ) ČR	13,45	22,19	203,31	13,23	101,65	19,45	114,08	190,93	106,48
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
CELKEM = (HŽ) ČR	0,54	1,16	14,04	0,84	63,77	1,60	72,64	28,81	48,75

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

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

# Historie hutnictví

## K historii těžby a zpracování stříbrnosných a zlatonosných rud v Jílovém u Prahy a v některých dalších vybraných lokalitách

## To History of the Mining and Treatment of the Silver and Gold Containing Ores in Jílové u Prahy and in some Next Chosen Localities

prof. Ing. Karel Stránský, DrSc.<sup>1</sup>; Ing. Drahomíra Janová<sup>2</sup>; prof. Ing. František Kavička, CSc.<sup>2</sup>; doc. Ing. Libor Pantělejev, Ph.D.<sup>2</sup>; RNDr. Karel Stránský, MBA<sup>2</sup>, jun.; Ing. Zdeněk Spatz<sup>3</sup>, Ph.D.; Ing. Lubomír Stránský, CSc.<sup>2</sup>; Ing. Bohumil Sekanina, CSc.<sup>2</sup>; Ing. Jan Počta, CSc.<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> ÚFM v.v.i., Akademie věd České republiky, Žižkova 22, 616 62 Brno, Česká republika

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

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

<sup>4</sup> CSM Ostrava, Česká republika

<sup>5</sup> OCELOT, s.r.o., Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice

*V Jílovém u Prahy bylo již ve středověku objeveno a využíváno významné naleziště rud bohatých na zlato. Snaha obnovit jejich zpracování proběhla ještě v padesátých a šedesátých letech minulého století, kdy bylo vyrobeno celkem jen 1 133 kg zlata. Pro nízkou výtěžnost však byla tato činnost definitivně ukončena. Autoři článku aktuálně odebrali vzorky blízko jedné štoly tohoto historického revíru, které stále vykazují kromě běžných prvků také oba drahé kovy, zlato a stříbro. Na vzorcích byl jednak proveden rozbor základního průměrného chemického složení v elektronovém rastrovacím mikroskopu a jednak zejména citlivější semikvantitativní poměrná analýza, která identifikovala přítomnost obou drahých kovů zcela jednoznačně. Je tak možno ukázat, že tento revír byl především na zlato daleko bohatší než dříve zkoumané lokality na Českomoravské vrchovině. Dokazují to dosud publikované výsledky obsahu zlata a stříbra zjištěné oběma zmíněnými metodami na vzorcích v revíru Utín-Hesov, Deblín, Švařec a Hory na Třebíčsku ve srovnání s těžebními parametry z Jílového.*

**Klíčová slova:** zlato; stříbro; polymetalické rudy; úprava rud; metalurgické zpracování rud; rentgenová spektrální mikroanalýza; těžební lokalita Jílové

*In Jílové near Prague significant deposit of ores rich in gold was discovered and exploited already in the middle ages. The effort to recover their processing was still in the fifties and sixties years of the last century, when it was produced only a total of 1 133 kg of gold. For the low weight yield, however, this activity was definitively terminated. The authors of the article currently removed samples close to one of the tunnel of this historic district, which still show in addition to the ordinary elements also both precious metals gold and silver. On the samples an analysis of the basic average of the chemical composition was carried out by means of the electron scanning microscope, and then, in particular, more sensitive semi-quantitative relative analysis, which identified the presence of both the precious metals clearly. This way it is possible to show that this territory was mainly on gold far richer previously explored locations on the Czech-Moravian highlands. It is shown by the previously published results of the content of gold and silver found by the two mentioned methods on the samples in the territory Utín-Hesov, Deblín, Švařec and Hory near Třebíč in comparison with mining parameters of Jílové.*

**Key words:** gold; silver; complex ores; preparation of ores; metallurgical processing of ores; X-ray spectral micro analysis; mining locality Jílové

Význačný český vzdělanec, historik, obránce českého jazyka a jezuitský kněz Bohuslav Balbín již v 17. století v latinsky psané publikaci Historické rozmanitosti Království českého vyzdvihl významné rudné bohatství

Čech a zlatonosné bohatství českých řek, objevené již kmenem Keltů, který v dávných dobách českou kotlinu osídlil. Latinský originál byl přeložen do češtiny až v r. 1986 pod názvem Krásy a bohatství České země [1].

Ve stati O nadbytku zlata u dávných Čechů autor uvádí, že nedostatek soli se v Čechách kompenzoval bohatstvím rud a cituje Karla IV., který údajně v r. 1370 prohlásil, že může hromadami surového i opracovaného zlata a stříbra pokrýt celou věž pražského hradu. Balbín zmiňuje starobylost dolů v Příbrami, v Jílovém u Prahy a v Kutné Hoře. V r. 1553 bylo v provozu 30 těžních jam: např. sv. Trojice, sv. Duch, Panna Marie, sv. Josef, sv. Michal, sv. Ann, sv. Barbora, sv. Jana, jáma Nebeských andělů atd. V Jílovém se tehdy nejvíce dolovalo v Kocourském pásmu v jámě sv. Josefa. Dnes je nutno dodat, že rozložení polymetalických rudnin poskytujících stříbro a zlato není v Čechách, na Moravě a ve Slezsku rovnoměrné. Zvláště co do rozsahu ložisek zlatonosných rudnin, především v Jílovém u Prahy, nemá Morava a Slezsko ekvivalentní zdroje.

V Jílovém u Prahy začalo na dole Pepř v roce 1952 pokusné zpracovávání zlatonosných rud, brzy však byla výroba zlata zastavena pro nedostatek těžitelných. Přesto však pokračovaly průzkumné práce až do roku 1955, kdy byl důl Pepř uzavřen. V roce 1962 byly vypracovány projekty na rozsáhlý hlubinný i povrchový průzkum, které se v následujících letech realizovaly v celkovém zhodnocení ložisek revíru. Za celé poválečné období se zde vytěžilo na 420 000 t rudy a vyrobilo 1 133 kg zlata. Avšak v roce 1969, souběžně s ukončením geologického průzkumu, financovaného ze státního rozpočtu, a to jak jeho vyhledávacích, tak předběžných etap (realizovaných v letech 1962 – 1968), byla v Jílovském revíru ukončena činnost. Změna ekonomických podmínek v té době byla hlavní příčinou průzkumných i exploatačních činností v revíru. Z uvážených technicko-ekonomických dat lze totiž vyčíst, že z 1 kg zlatonosné rudy se v období do r. 1968 získávalo průměrně 2,69762 g čistého zlata [2, 3].

Smyslem tohoto příspěvku je upozornit na Jílové u Prahy a na některé další lokality, ve kterých byla příměs zlata v rudnině průkazně analyzována a doložena. Např. v doposud prozkoumaných oblastech Českomoravské vrchoviny byl v polymetalických rudách vždy nalezen redukovatelný obsah stříbra, ale jen zřídka zlatonosná příměs.

## 1. Kocourské pásmo v Jílovém – oblast Dolní Studené (štola sv. Josefa)

Hluboce zaříznuté údolí Studenského potoka v části Dolní Studené šikmo protíná Kocourské žilné pásmo. Z této oblasti se dochovala řada důlních map, zakreslených převážně v 18. století, které znázorňují nejen rozsah důlních prací včetně písemných vysvětlivek, ale i povrchovou situaci. Zbytky starých prací jsou vidět na obr. 1. Odvaly jsou patrné na obou svazích tohoto údolí, ze kterého bylo raženo několik štol, např. Starokocourská, Mladokocourská, Josef, Antonín Paduánský aj. Nejvýznamnější z nich je Starokocourská štola o délce přes 1 900 m, která probíhala až na jižní okraj obce Jílového k dolu Jana Křtitele. Některé z těchto štol mají

doposud patrná nesesutá ústí. V programu regionálního muzea je zpřístupněno jedné z nich jako součást naučné stezky „Jílovské zlaté doly“. Geologicky je Kocourské žilné pásmo situované v bazických až intermediálních metavulkanitech Jílovského pásma. Tyto horniny lze studovat v četných výchozech po obou stranách údolí kolem potoka. Asi o 100 až 200 m dále směrem k Sázavě, v tektonickém nadloží Kocourského pásma, vystupuje čočkovité těleso gabra, jediné svého druhu v Jílovském revíru. Gabro [4] je bazická hornina, ve které je křemen vzácný a která je na  $\text{SiO}_2$  chudší než granity. Je složeno hlavně z vápenatého plagioklasu, pyroxenu, obvykle augitu, olivínu a magnetitu. Vznikalo ve větších hlubinných intruzích.



Obr. 1 Zbytky starých důlních děl v Kocourském pásmu v hluboce zařezané do údolí Studenského potoka, Jílové u Prahy (foto K. Stránský jun., 2015)

Fig. 1 The remains of the old mine workings at Kocourský zone, which is deeply cut into the valley of Studenský stream, Jílové near Prague (photo by K. Stránský jr., 2015)



Obr. 2 Štola sv. Josefa v údolí Dolní Studené (Jílové u Prahy, Kocourské pásmo), pod štolou protéká Studenský potok (foto K. Stránský, jun., 2015)

Fig. 2 St. Joseph drift in the valley of Dolní Studená (Jílové near Prague, Kocourský zone) the Studenský stream flows under the drift (photo K. Stránský, jr., 2015)

Pod štolou sv. Josefa (obr. 2) nad břehem Studenského potoka, který protéká vpravo od štoly, byl v roce 2005 v terénu vybrán k chemickému rozboru náhodně soubor sedmi pórovitých vzorků (tab. 1) o velikosti 25 – 30 mm.

Tab. 1 Difrakční rentgenová analýza křemenné rudniny v Kocourském pásmu pod štolou sv. Josefa (Z minerálů ve vzorcích byly rtg. difrakční analýzou identifikovány pouze křemen a sodný živec plagioklas albit.)

Tab. 1 X-ray diffraction analysis of quartz ore, in Kocourský zone under the St. Joseph drift (were X-ray. Only quartz and sodium feldspar plagioclase albite were identified by diffraction analysis from the minerals in the samples).

Minerál	Prostorová	(hm. %)	Zástupný chemický vzorec
křemen	P3221	91	SiO <sub>2</sub>
albit	P-1	9	Na <sub>1,96</sub> Ca <sub>0,04</sub> Si <sub>5,96</sub> Al <sub>2,04</sub> O <sub>16,00</sub>

K rozboru průměrného složení rudniny byla využita rentgenová spektrální mikroanalýza. Pórovité křemenné vzorky byly nejprve rozdrceny na elementy o velikosti 2 – 5 mm a poté rozemlety v achátovém vibračním mlýnku na prášek o zrnitosti cca 1– 50 µm. Rozbor základního průměrného chemického složení proběhl v elektronovém rastrovacím mikroskopu PHILIPS XL 30, který pracuje s rtg analyzátozem EDAX. Výsledky této analýzy jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Průměrné chemické složení křemenné rudniny v Kocourském pásmu pod štolou sv. Josefa (hm. %)

Tab. 2 Average chemical composition of the quartz ore in the Kocourský zone under the St. Joseph drift (wt. %)

Prvek	x	sx
O	48,90	0,58
Na	0,68	0,29
Mg	0,73	0,22
Al	1,27	0,15
Si	44,45	1,70
P	0,25	0,26
S	0,54	0,11
Pb	0,08	0,12
Ag	0,24	0,34
K	0,15	0,17
Ca	0,18	0,13
Ti	0,06	0,04
V	0,06	0,04
Cr	0,18	0,16
Mn	0,18	0,19
Fe	1,17	0,05
Cu	0,41	0,26
Zn	0,49	0,08
Celkem	100,00	0,01

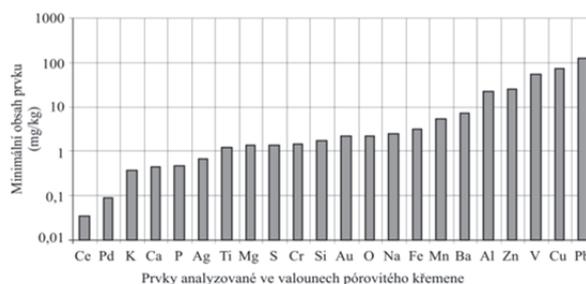
Cílem bylo experimentálně ověřit, zda je možno ještě dnes nalézt části hornin, tvořené např. pórovitým křemenem a očekávat, že budou obsahovat drahé kovy, tj. stříbro a zlato. Kromě toho byla ještě aplikována metoda semikvantitativní poměrné mikroanalýzy SPA, vypracovaná autorským týmem [5, 6], jejíž výsledky jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 Semikvantitativní poměrná mikroanalýza (SPA) rudniny v Kocourském pásmu pod štolou sv. Josefa

Tab. 3 Semi-quantitative proportionate microanalysis (SPA) of the ore in the Kocourský zone under the St. Joseph drift

Prvek	(mg/kg)	(hm. %)
Ce	0,0353	0,01068
Pd	0,0924	0,02795
K	0,382	0,11556
Ca	0,455	0,13765
P	0,481	0,14551
Ag	0,692	0,20934
Mg	1,20	0,36302
Cr	1,39	0,42050
Au	1,40	0,42353
Na	1,49	0,45075
Mn	1,70	0,51428
Al	2,19	0,66252
Zn	2,28	0,68974
V	2,55	0,77142
Cu	3,13	0,94688
Pb	5,54	1,67596
Ti	7,05	2,13276
S	21,9	6,62517
Si	25,4	7,68398
O	55,2	16,69905
Fe	74,0	22,38641
Ba	122	36,90732
Celkem	330,5577	100,00000

Touto citlivější analýzou byla ve valounech pórovitého křemene identifikována přítomnost zlata a stříbra naprosto jednoznačně. Z tab. 2 plyne, že ve valounech pórovitého křemene bylo metodou SPA identifikováno 22 prvků, jak je vidět i na obr. 3, ve kterém jsou tyto prvky uspořádány vzestupně podle jejich hmotnosti. Je sice nejspíše náhodné, přesto však pozoruhodné, že stříbra bylo co do hmotnosti nalezeno menší množství než zlata (0,692 mg Ag/kg < 1,40 mg Au/kg).



Obr. 3 Identifikace 22 prvků ve valounech pórovitého křemene vyzvednutých ze Studenského potoka metodikou semikvantitativní poměrné analýzy (prvky jsou uspořádány vzestupně podle jejich hmotnosti)

Fig. 3 Identification of 22 elements in porous rock boulders collected from the Studenský stream by methodology of semi-quantitative proportionate analysis (elements are arranged in ascending order according to their mass)

Z analýz plyne, že náhodný výběr vzorků rudnin z blízkého okolí stoly sv. Josefa splnil očekávání, neboť vzorky obsahují kromě běžných prvků také oba drahé kovy, stříbro i zlato, dále vzácně se vyskytující cer a paladium, hutnicky těžitelný zinek, měď, olovo, železo a baryum.

Metoda SPA poskytuje zároveň možnost stanovit korelace mezi vybranými dvojicemi prvků, a tím posoudit statistickou významnost jejich obsahů. Do korelačních vztahů vstupují kromě počtu měření jako hlavní parametry údaje krystalické soustavy vybraných dvojic prvků. V daném případě bylo pro Jílové vybráno sedm dvojic prvků k testu a ověření významnosti. Pro korelační koeficient o hodnotě  $k = 1$  je vztah nejsilnější, pro  $k = 0$  žádný vztah není. Pro prvky v tab. II. byly stanoveny tyto hodnoty korelačních koeficientů:

$$k_{\text{Ba-Ag}} = 0,9095; \quad k_{\text{Cu-Ag}} = 0,7309; \quad k_{\text{Zn-Ag}} = 0,6646;$$

$$k_{\text{Pb-Ag}} = 0,6064; \quad k_{\text{Cu-Fe}} = 0,5651; \quad k_{\text{Au-Pd}} = 0,4873;$$

$$k_{\text{Ba-Au}} = 0,3893.$$

Statistickou významnost korelačních koeficientů lze posoudit podle statistických tabulek [7]. Pro soubor 20 měřených prvků mají koeficienty tyto hladiny významnosti:  $h = 0,1 \%$ ,  $k = 0,6524$ ;  $h = 1 \%$ ,  $k = 0,5368$ ;  $h = 2 \%$ ,  $k = 0,4921$ ;  $h = 5 \%$ ,  $k = 0,4227$ ;  $h = 10 \%$ ,  $k = 0,3598$ .

Polymetalická ruda má sulfidickou povahu a stříbro v ní významně koreluje s baryem, mědí, zinkem a olovem. U zlata byla zaznamenána méně významná korelace s paladiem a s baryem.

## 2. Výběr lokalit výskytu zlatonosných rud na Českomoravské vrchovině

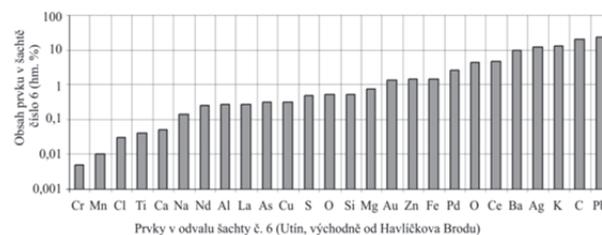
Ukázalo se, že na české straně Českomoravské vrchoviny byla větší pravděpodobnost výskytu zlatonosných rud než na straně moravsko-slezské. Na tento rozdíl bylo poukázáno porovnáním vybraných souborů chemických a hutních analýz z lokalit západně a východně od Jihlavy.

K porovnání s těžbou ve zlatonosné lokalitě v Jílovém u Prahy byly vybrány tyto čtyři lokality, ve kterých bylo spolu se stříbrem identifikováno rovněž zlato:

- těžba v revíru Utín-Hesov ve Stříbrných Horách západně od Havlíčkova Brodu,
- těžba u Deblína značená na Komenského mapě Moravy jako *Auri & Argenti fodine*,
- těžba u bývalé hornické vsi Švařeč v lokalitě *Za kaplí*, která ležela na Pernštejnském panství a počítá se k nejstarším hornicky těžným lokalitám,
- těžba zlatonosného křemene a rýžování zlata v Horském potoce u zaniklé vsi Velké Štítky na Třebíčsku a obnovené pod názvem Hory.

## 3. Stříbro a zlatonosná rudnina v revíru Utín-Hesov v lokalitě Stříbrné Hory

Stříbro a současně i zlato bylo nejprve nalezeno v rudnině utínského revíru, jak bylo doloženo v práci [8]. V odvalu největší šachty – jámy označené číslem 6 bylo průkazně identifikováno Au 82,85 hm. % > Ag 22,63 hm. %. Maximální hmotnostní obsahy zlata a stříbra doložené v [6] korespondují s obsahy hmotností stanovené metodou SPA uváděné v mg/kg. Je prokazatelný vyšší obsah zlata než stříbra: 2,87 mg Au/kg > 0,298 mg Ag/kg. Autoři práce [6] se do prozkoumávaného místa vrátili ještě v r. 2008, aby na vzorcích rudniny identifikovali metodou SPA stříbro, zlato i další prvky (obr. 4). Soubor 27 prvků je velmi četný a obsahuje dále prvky vzácných zemin – lanthanidů (lanthan, neodym, cer), dále měď, zinek, arzen, baryum, železo aj. [8].



Obr. 4 Identifikace 27 prvků ve vzorcích odebraných z odvalu šachty – jámy č. 6 v revíru Utín-Hesov provedená metodou semikvantitativní poměrné analýzy (prvky jsou uspořádány vzestupně podle jejich atomové hmotnosti)

Fig. 4 Identification of 27 elements in the samples taken from the mine dump – shaft No. 6 in the mining district Utín-Hesov performed by method of semi-quantitative proportionate analysis (elements are arranged in ascending order according to their atomic mass)

Zmíněná šachta č. 6 je nejrozměrnější šachtou tohoto revíru. Nachází se u silnice směřující od železniční zastávky ČD Přibyslav-Hesov do Havlíčkova Brodu. Silnice prochází osadou a jáma leží až na vrcholu kopce od silnice vlevo. Jáma je dnes postupně zavážena odpady a její jižní okraj, přecházející v náhorní plató, je zobrazen na obr. 5.



Obr. 5 Nejhlubší šachta – jáma č. 6 v revíru Utín-Hesov (východně od Havlíčkova Brodu) (foto K. Stránský sen., ~ 2008)

Fig. 5 The deepest mine – shaft No. 6 in the mining district Utín-Hesov (east from Havlíčkův Brod) (photo K. Stránský sr., ~ 2008)

#### 4. Stříbro a zlatonosná rudnina u Deblína a v revíru Švařec

Výčet nalezišť zlata, jeho těžby z rudnin či rýžování na středověké Moravě by nebyl úplný, pokud bychom opomínuli lokalitu v blízkém okolí Deblína, zakreslenou již na Komenského mapě Moravy v roce 1627 a také na jejím vydání z roku 1664, na které je na severozápad od městečka Deblín značka *Auri & Argenti fodine*. Datace napovídá, že ještě v druhé polovině 17. století byly v okolí Deblína známé doly na zlato a stříbro. Stříbro-nosné rudniny se v této lokalitě těžily již za prvních Pernštejnů.

Ještě po staletích, po dávno ukončené těžbě, zde bylo zlato identifikováno v zlatonosné rudnině žilného křemene vyvezené a vytřídění z původní štoly na haldu na vrchu Špilberku, který leží přibližně na severovýchod od Deblína. Po rozdrčení rudniny bylo zjištěno toto složení v hm. %: 29,93 O, 0,07 Mg, 4,68 Al, 37,02 Si, 0,52 P, 0,12 Ag, 0,09 K, 26,02 Au a 1,54 Pb. Aplikací metody SPA byl současně stanoven hmotnostní obsah v mg/kg 2,86 Au a 0,232 Ag, to znamená obsah zlata zhruba 12,33krát větší než obsah stříbra (tab. 4). Snímek ryzího zlata v rozdrčeném zrně křemene je uveden na obr. 6. Vzorek byl odebrán z haldy zobrazené na obr. 7. Dnes již štoly na vrchu Špilberk nelze nalézt, jsou zcela zasuté.

Tab. 4 Semikvantitativní poměrná mikroanalýza (SPA) rudniny z hald vyvezených ze štoly vrchu Špilberk v Deblíně

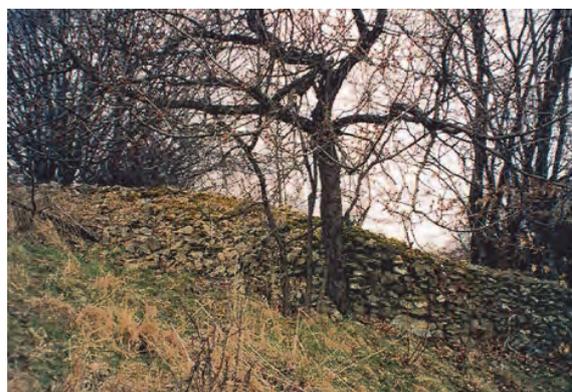
Tab. 4 Semi-quantitative proportionate micro-analysis (SPA) of the ore from heaps exported from drifts in the hill Špilberk in Deblín

Prvek	(mg/kg)	(hm. %)
Ca	0,105	0,0437
S	0,188	0,0782
Ag	0,232	0,0965
Mg	0,338	0,1406
K	0,569	0,2368
Na	0,640	0,2663
Co	1,55	0,6449
Ti	1,65	0,6866
P	2,47	1,0277
Au	2,86	1,1900
Pb	5,46	2,2719
Al	6,88	2,8627
Si	8,99	3,7407
Ba	16,9	7,0319
Fe	22,2	9,2372
Mn	80,8	33,6202
O	88,5	36,8241
Celkem	240,332	100,000



Obr. 6 Zlato v krystalu křemene ze zlatonosné rudniny vytřídění a vyvezené ze štoly na haldu (vrch Špilberk severovýchodně od Deblína)

Fig. 6 Gold in the quartz crystal from gold-bearing ore, sorted and exported from the gallery on the heap (Špilberk hill northeast from Deblín)



Obr. 7 Jedna z četných hald na svahu vrchu Špilberk (severovýchodně od Deblína) po vytěžení zlatonosné rudniny (foto K. Stránský sen.)

Fig. 7 One of the numerous heaps on slope of the hill Špilberk (northeast from Deblín) after extraction of the gold-bearing ore, (photo K. Stránský sr.)

Později autoři analyzovali stříbro a zlatonosné rudniny vyzvednuté z pěti opuštěných šachtic 1 až 5 (tzv. stařin) ve Švařci u Štěpánova nad Svratkou v lokalitě Za kaplí (obr. 8). V rudnině vyzvednuté ze šachtice č. 2 našli vyšší obsah zlata než stříbra. Ve vzorku z šachtice 1 až 5 analyzovali tyto maximální obsahy stříbra v mg Ag/kg: 1,32; 57,04; 0,00; 3,05; 0,00. To činí v průměru na jednu šachtici 12,282 Ag/kg [5]. Zlato bylo nalezeno pouze ve stařině č. 2, a to v maximálním množství 49,45 hm. %, které je významně vyšší (více než čtyřikrát) než obsah stříbra ve zbývajících pěti stařinách doložených v práci [8].

(Pokračování v příštím čísle)

# Společenská kronika

## K 70. výročí prof. Ing. Karla Tomáška, CSc.

V stručnosti vystihnúť a zhrnúť bohatú vedeckovýskumnú a pedagogickú prácu prof. Ing. Karla Tomáška, CSc. na Hutníckej fakulte Technickej univerzity v Košiciach je náročné. Jubilant celý svoj odborný profesionálny život venoval Hutníckej fakulte. Po ukončení strednej školy sa prihlásil na vysokoškolské štúdium na Hutníckej fakulte Vysokej školy technickej v Košiciach (HF VŠT v Košiciach). Nie že by to bolo jeho slobodné rozhodnutie, ale prejavila sa politická intolerancia moci. Cesty života sú kľukaté a mladý maturant zakotvil na inom konci republiky. Za Hutnícku fakultu môžeme povedať, že sme veľmi radi, že sem prišiel a ostal na fakulte aj po ukončení vysokoškolského štúdia. Pán profesor Karel Tomášek je človek, ktorý svojou odbornosťou, empatiou a ľudským prístupom pomáhal vyriešiť problémy, poradil a podporoval nás, jeho kolegov, po odbornej, emočnej aj duševnej stránke.

Prof. Ing. Karel Tomášek, CSc. sa narodil 20. januára 1946 v Moravskej Novej Vsi. Strednú školu (SVVŠ) absolvoval v Břeclavi. Ako čerstvý maturant v roku 1963 nastúpil na vysokoškolské štúdium na HF VŠT v Košiciach (v súčasnosti Technická univerzita v Košiciach). Patril medzi premiantov a talentovaných študentov, ktorí popri získavaní odborných vedomostí sa zaujímali aj o kultúrne vyžitie; jedným slovom bol univerzálny študent. Po ukončení vysokoškolského štúdia nastúpil na vedeckú aspirantúru (v súčasnosti doktorandské štúdium) na Katedre kovohutníctva HF VŠT v Košiciach, kde sa venoval štúdiu fyzikálnych vlastností fayalitických troskových sústav. Po obhájení kandidátskej dizertačnej práce „Studium povrchového napätia a hustoty kovohutníckych stuskových soustav Fe–O–SiO<sub>2</sub>–X“ získal v roku 1972 vedeckú hodnosť CSc. v odbore „hutníctvo neželezných kovov“. Po obhajobe ostal pracovať na Ústave metalurgie a materiálov HF VŠT v Košiciach (ÚMM), kde úspešne rozvíjal svoje odborné a riadiace schopnosti. V roku 1983 získal vedecký kvalifikačný stupeň II.a, ako aj kvalifikačné zariadenie samostatný vedecký pracovník na SAV Bratislava. Postupne zastával rôzne vedúce funkcie na Ústav materiálu a metalurgie: v rokoch 1974 – 1981 tajomník ústavu, v r. 1982 – 1990 zástupca vedúceho ústavu a v rokoch 1990 – 2003 vedúci ústavu. V rokoch 1994 – 1997 pôsobil ako vedúci oddelenia vedeckých činností na Rektoráte TU v Košiciach.



Odborný profil profesora Karla Tomáška môžeme stručne zhrnúť do štyroch hlavných oblastí: fyzikálne vlastnosti taveninových sústav, hutníctvo kovov, vlastnosti žiaruvzdorných materiálov, rafinácia a chemická úprava magnezitov. Získané výsledky a poznatky z experimentálnych prác a z priemyselnej praxe publikoval v rôznom odbornom a vedeckom tlače. Medzi najvýznamnejší výsledok výskumu je možné považovať technológiu výroby kovového horčíka z magnezitových surovín, poloproduktov a odpadov, ktorá bola riešená v spolupráci so SMZ Jelšava, USAID,

SIM Bolzano, patentovaná na Slovensku a overená v priemyselnom meradle v Societa Italiana per il Magnesio Bolzano.

Publikačná aktivita jubilanta je veľmi rozsiala. Je spoluautorom 3 monografií, 78 odborných článkov v zahraničných a domácich časopisoch, 97 príspevkov na konferenciách, autorom a spoluautorom 15 autorských osvedčení a patentov. Profesor Karel Tomášek bol zodpovedným riešiteľom a riešiteľom 23 úloh štátneho výskumu a výskumných projektov podporovaných MŠ SR. Významný je jeho prínos pri riešení výskumných prác na báze hospodárskej činnosti, kde bol spoluriešiteľom 57 domácich a 3 medzinárodných projektov. Ako príklad môžeme uviesť prednášky na konferenciách a seminároch na BA Freiberg (1984, 1999, 2000), Helsinky – Mat Tech (1991), Cambridge – Pyrometallurgy (1995), Montreal – Light Metals (1996), Brno – Thermodynamics and Phase Diagrams (2000), Überlingen – Leichtmetallausschuß (2004), Düsseldorf – EMC 2007 a Innsbruck EMC 2009.

O odborných kvalitách a akceptácii profesora Karla Tomáška v odbornej komunite svedčí viac ako 40 citácií v odborných zahraničných a domácich časopisoch, ako aj jeho členstvá a odborné poverenia: napríklad člen SIPTH Krakow, zástupca Slovenska vo Vedeckom výbore stredoeurópskych krajín pre fázové diagramy a termodynamiku, člen vedeckých rád HF a TU v Košiciach, FMMI VŠB-TU Ostrava, ÚMV SAV Košice. Hutnícku fakultu zastupoval v rôznych stavovských a profesijných organizáciách, napríklad ako člen Dozornej rady Zväzu hutníctva, ťažobného priemyslu a geológie SR, ako predseda, resp. člen Spoločnej odborovej komisie vo vednom odbore „Hutníctvo kovov“, resp. „Anorganické technológie“, člen komisie pre DrSc. dizertácie v odbore „Hut-

níctvo“ a „Chemická metalurgia“, člen Akreditačnej subkomisie a atestačnej komisie ÚMV SAV Košice a mnoho ďalších.

Do pedagogického procesu sa profesor Karel Tomášek aktívne zapojil po svojej habilitácii v roku 1992, resp. ako profesor v odbore „hutníctvo kovov“ na Hutníckej fakulte TU v Košiciach po úspešnej inaugurácii a menovaní prezidentom SR v roku 1996. Svoju odbornú profesionalitu prezentoval na študijných a prednáškových pobytoch v zahraničí, napr. v BA Freiberg, AGH Krakow, Imperial College London, University of Leeds, Gincvetmet Moskva, BUGH Wuppertal, SP Katowice, University of Toronto, MU Leoben a v iných.

Jubilant je autorom 3 učebných textov a skript; garantoval inžinierske a doktorandské štúdium v študijných programoch „Žiaruvzdorná keramika“ a „Priemyselná keramika“. Zabezpečoval prednášky a školenia doktorandov a ako školiteľ úspešne viedol 3 doktorandov. V pedagogickom procese aplikoval do svojich prednášok bohaté praktické skúsenosti z experimentálnych vedeckovýskumných prác ako aj realizácie výskumu v praxi.

Významným uznaním a ocenením odborných aj ľudských kvalít profesora Karla Tomáška bolo jeho zvolenie do funkcie dekana Hutníckej fakulty TU v Košiciach v rokoch 2003 – 2011. Pri príležitosti 65. výročia založenia Politechniky Šlaskkej v Gliwiciach mu bol udelený titul *Profesor honoris causa* ako významnému profesorovi v hutníctve.

Profesor Karel Tomášek nie je výhradne zameraný len na oblasť hutníctva. Vo voľnom čase sa venuje kultúrnym aktivitám a poznávacím cestám po Európe. Významnú časť svojich aktivít doteraz zameriava na štúdium histórie hutníctva na území dnešného Slovenska a Českých zemí,

pričom najväčšiu pozornosť venuje vplyvu sociálnych a civilizačných aspektov na vývoj hutníckej výroby. Inicioval a riadil projekt prvého slovenského prekladu diela Georgiusa Agricoly „Dvanásť kníh o baníctve a hutníctve“ (2006), bol editorom a hlavným autorom „Pamätnej knihy“ HF TU v Košiciach za obdobie 1952 – 2012. V súčasnej dobe je v Hutníckych listoch publikovaná jeho séria historicko-odborných článkov „Zaniknuté hutníckej technológie na Slovensku“. Náš jubilant má vrelý vzťah k histórii a počiatkom Hutníckej fakulty, ktorá patrí medzi zakladajúce fakulty VŠT v Košiciach a ktorej základy vychádzajú z technického a duchovného odkazu Banskej Akadémie v Banskej Štiavnici.

Prof. Ing. K. Tomášek, CSc. je odborník s komplexnými znalosťami a praktickými skúsenosťami v odbore hutníctva neželených kovov, je znalý historických súvislostí, empatický a ľudský, s vyspelým umeleckým čítaním. Takýchto odborníkov a osobností nie je veľa.

Milý Kajo, ďakujeme za to, že si súčasťou nášho života. Prijmi od nás, ako aj od širokej odbornej verejnosti, srdečné poďakovanie za Tvoju celoživotnú prácu pre Hutnícku fakultu a slovenské hutníctvo. Veríme, že k tejto gratulácii sa pripájajú aj ostatní kolegovia a spolupracovníci Hutníckej fakulty a Technickej univerzity v Košiciach. Prajeme Ti pevné zdravie, veľa šťastia a pohodu do ďalších rokov života.

S úprimným pozdravom a blahoželaním

**doc. Ing. Iveta Vasková, PhD.**, dekanka Hutníckej fakulty TU v Košiciach, Slovenská republika

**doc. Ing. Pavol Vadász, CSc.**, Ústav metalurgie Hutníckej fakulty TU v Košiciach, Slovenská republika

---

## Zpracovatelé oceli mají výhryady k vyšším dovozním clům na ocel

*Stahl Aktuell*

05.01.2016

Brazilský kovoobráběcí průmysl má silné námitky proti možnému zvýšení dovozních cel na ocel. V aktuální studii švýcarské banky UBS se píše, že to povede k vyšší inflaci a způsobí hospodářské oslabení, což by již stejně oslabené konkurenceschopnosti zpracovatelského průmyslu zasadilo fatální ránu. Podle zpravodajského magazínu The Economist je aktuální inflace v Brazílii 10,5 %. V uplynulých 24 měsících bylo propuštěno celkem 750.000 zaměstnanců zpracovatelského průmyslu na rozdíl od pouhých 10.000 pracovníků v ocelárnách.

## Italská vláda očekává nabídky na ocelárnu Ilva

*Stahl Aktuell*

06.01.2016

Italský stát chce prodat jeden z nejméně životní prostředí poškozujících průmyslových areálů Evropy. Vláda v úterý zveřejnila v různých novinách v Itálii i v zahraničí výzvu k podávání nabídek. Zájemci se musí hlásit v období od 10. ledna do 10. února 2016. Podle italských médií projeví zájem italské podniky Marcegaglia a Arvedi, jakož i Duferco ze Švýcarska. Kromě toho se po ocelárně Ilva poohlídí i největší výrobce oceli na světě, ArcelorMittal. Ocelárna, ve které pracuje asi 14.000 lidí, je od roku 2013 pod státní správou.

# Výstavy, veletrhy, konference

## Mezinárodní výstava technických novinek, patentů a vynálezů INVENT ARENA

Na polovinu června 2016 se připravuje první ročník mezinárodní výstavy INVENT ARENA, která představí technické novinky, vynálezy, patenty a nové technologie z mnoha oborů. Nejlepší exponáty získají medaili. Hostitelem bude třinecká multifunkční hala Werk Arena, jedna z nejmodernějších arén v Evropě, nacházející se v srdci Moravskoslezských Beskyd.

Veletrhy vynálezů a inovací se ve světě těší vysokému zájmu veřejnosti i vystavovatelů. U nás se podobná akce konala naposledy v roce 2013, kdy výsledky technologického vývoje, současné trendy v patentových strategiích a úspěšné investiční počiny představil veletrh vynálezů a inovací INVENTO 2013. Snahou výstavy INVENT ARENA je na tento projekt navázat.

Inovace a technologický pokrok jsou dnes, stejně jako i v minulosti, tématy, o nichž se v technické praxi živě diskutuje. V souvislosti s nimi se hovoří i o věcech ochrany průmyslového vlastnictví. Právě účinná ochrana průmyslového vlastnictví a optimální využití technických informací obsažených v patentech je klíčem k prosperitě firem i státních ekonomik. Předseda Úřadu průmyslového vlastnictví Josef Kratochvíl k tomu poznamenává: „Pro konkurenceschopnost českých firem v zahraničí je nezbytné, aby dokázaly využít jedinečné inovativní myšlenky zveřejněné v patentech a následně, po úspěšném výzkumu a vývoji, chránit svůj produkt; především však, aby byly schopny své patentované řešení náležitě zpeněžit.“

Jedním z hlavních smyslů výstava INVENT ARENA je propagace tvůrčích myšlenek a techniky mezi mládeží. Další cíle přibližuje jeden z organizátorů akce, předseda České hutnické společnosti, z.s., Jan Kobiélus: „Chceme ukázat všem zájemcům o vědu, techniku a inovace nejnovější domácí a světové trendy. Naším cílem je poukázat na důležitost tvůrčí práce a zdůraznit význam průmyslové právní ochrany pro uplatnění nových řešení na trhu. Současně chceme umožnit, českým hlavám“

uplatnit své nápady a řešení na široké mezinárodní platformě a seznámit se s aktuálními technickými novinkami jiných zemí zúčastněných na výstavě.“

Vynálezy a patenty budou prezentovány v několika kategoriích: Ekologie a ochrana životního prostředí; Hutnictví, energetika, strojírenství, doprava a stavebnictví; Chemie, zemědělství, zdravotnictví a biotechnologie; Výpočetní technika, telekomunikace, automatizace a informatika; Mladí inovátoři a Ostatní obory. Nejlepší exponáty budou oceněny zlatou, stříbrnou a bronzovou medailí. Absolutní vítěz získá hlavní cenu Grand Prix.

Součástí programu budou semináře, které povedou odborníci z Úřadu průmyslového vlastnictví a Akademie věd ČR. V rámci akce proběhne čtvrtý ročník mezinárodních řemeslnických her učňů základních a středních škol. Studenti z České republiky, Slovenska, Polska, Maďarska, Německa a Rakouska budou soutěžit například v oborech elektrotechnik, hutník a mechanik.

INVENT ARENA získala záštitu místopředsedy vlády ČR pro výzkum, vědu a inovace, ministryně školství, mládeže a tělovýchovy ČR, ministra průmyslu a obchodu ČR, prezidenta Hospodářské komory ČR, předsedy Akademie věd ČR a starostky města Třince.

Organizátorem výstavy jsou TRINECKÉ ŽELEZÁRNĚ, a. s., podnik s téměř 180letou tradicí, a Česká hutnická společnost, z.s. Odbornou garanci poskytly: International Federation of Inventors Associations (IFIA), Český svaz vynálezců a zlepšovatelů, Český svaz vědeckotechnických společností a Úřad průmyslového vlastnictví.

*JP (podle zdroje: Kristýna Hlíňáková, Hill+ Knowlton Strategies, Václavské nám. 8, 110 00 Praha 1, [www.hkstrategies.com](http://www.hkstrategies.com), 16.12.2015)*

## Nucor Steel uvede výrobní zařízení na DRI v Louisianě znovu do provozu

*Stahl Aktuell*

08.01.2016

Nucor Corporation, jeden z největších výrobců oceli ve Spojených Státech, chce do konce ledna uvést výrobní zařízení na železnou houbu (DRI) v Louisianě znovu do provozu. Železná houba se zpravidla před dalším zpracováním briketuje a brikety pak tvoří surovinu pro výrobu oceli v elektrických obloukových pecích. Zařízení bylo koncem minulého roku přechodně uvedeno mimo provoz kvůli plánované údržbě.

# Redakční článek

## Hlavní zásady pro publikování v Hutnických listech

Hutnické listy jsou strukturovány do dvou částí: recenzované hlavní články a vedlejší, všeobecně informační články.

### 1. Hlavní recenzované články

Hlavní recenzované články jsou původní práce s tematickým zaměřením zejména na teorii a technologii hutnických pochodů, materiálové inženýrství a příbuzné nebo navazující obory, dále na vývojové směry ve výrobě a koncepci zařízení včetně ekologických aspektů, z hospodářování a řízení výroby, zvyšování kvality hutních materiálů a výrobků.

Hlavní články mají vědeckou, vědecko-výzkumnou nebo aplikační výzkumně-technickou povahu, přinášejí nové myšlenky nebo doplňují a rozvíjejí dosavadní platné oborové názory. Mohou vycházet z laboratorního výzkumu, provozního sledování či z teoretického studia.

Články určené pro Hutnické listy nesmějí být předem uveřejněné v doslovném znění v jiném časopisu nebo sborníku, pokud si to redakce sama u autora a prvního vydavatele nevyžádá.

Hlavní články jsou posuzovány anonymně dvěma nezávislými recenzenty a podléhají jazykové korektuře v češtině, slovenštině a angličtině.

Hlavní recenzované články jsou zařazovány do dvou oddílů:

- původní vědecké články
- výzkumné články

Do oddílu **původních vědeckých článků** redakce zařazuje publikace s obecnou věcnou platností, s dostatečnou literární rešerší, přičemž dává přednost publikacím v anglickém jazyce. Do oddílu **výzkumných článků** redakce zařazuje publikace zaměřené na praktické průmyslové, laboratorní, příp. edukační aplikace.

O případném nezařazení hlavních článků do Hutnických listů rozhoduje redakce na základě negativního posouzení recenzentů, dále v případě, že se téma článku neshoduje se zaměřením časopisu, že mají články nízkou odbornou úroveň nebo jsou neopravitelně napsány nebo u nich nebyly provedeny autorské opravy na základě recenzních posudků nebo redakčních pokynů.

#### 1.1 Koncepce článku

Text hlavních recenzovaných článků musí být napsán v anglickém jazyce v souladu s Pokyny pro autory

uvedenými na webových stránkách časopisu ([www.hutnickelisty.cz](http://www.hutnickelisty.cz)). Redakční rada si vyhrazuje právo ve výjimečných a zdůvodněných případech přijmout hlavní článek napsaný v českém nebo slovenském jazyce.

Hlavní recenzované články by měly obsahovat tyto části: Úvod (záměr práce a současný stav problematiky shrnutý z literární rešerše), Experiment (použité metody, technologie a materiály), Výsledky a jejich diskuse, Závěr (stručný a výstižný souhrn dosažených nových poznatků), Poděkování (většinou poskytovateli dotace na výzkumný projekt, při jehož řešení publikace vznikla), Literatura (použité literární zdroje).

Text článku by měl být doplněn rozumným počtem tabulek, grafů či obrázků, které vhodně doplňují text.

Rozsah hlavních recenzovaných článků v časopiseckém dvousloupcovém uspořádání je zhruba 5 až 6 stran včetně obrázků a tabulek. Pro usnadnění práce autorů redakce přijímá články formátované do jednoho sloupce. Redakce si vymíní po dohodě s autory upravit počet stran. V případě, že příspěvek obsahuje více stran, než je doporučeno, redakce se dohodne s autorem individuálně.

#### 1.2 Struktura a úprava textu

Veškeré textové části se píšou v textovém editoru MS WORD, písmo Times New Roman, velikost 12 bodů. Obrázky a tabulky mohou být uvedeny až za textem článku, přičemž místa jejich přibližného umístění v tištěné podobě textu autoři vyznačí barevně (např. podbarvením označení obrázku a tabulky).

Obecná struktura zasílaného článku:

- Název článku
- Autorský kolektiv včetně uvedení pracoviště
- Abstrakt
- Klíčová slova
- Vlastní text článku
- Obrázky a tabulky včetně jejich popisu
- Poděkování
- Literatura

Celkový rozsah zasílaného textu (včetně tabulek a obrázků) by neměl překročit 7 stran formátu A4, jednoduché řádkování, všechny okraje 2,5 cm.

**Název článku** má být srozumitelný a stručný, nemá obsahovat všeobecně neznámé zkratky. Je psán dvojjazyčně – jako první je psána jazyková verze shodná

s jazykem textu článku. V anglickém názvu článku se první písmena slov píší velká, kromě členů, předložek a spojek.

Za názvem článku jsou uvedeni **autoři**, u kterých se uvádějí plná jména a všechny tituly, plná adresa organizace, kterou autor v Hutnických listech svou publikací reprezentuje, případně vnitřní útvar této organizace. Článek by měl obsahovat e-mailové adresy autorů v závorce, přičemž na první místo se zařazuje nebo jiným způsobem zvýrazňuje autor, který je určen ke komunikaci s redakcí v etapě přípravy článku pro tisk, případně pro diskusi s externími zájemci z okruhu čtenářů.

**Abstrakt** je psán dvojjazyčně. V případě anglického textu článku má český nebo slovenský abstrakt minimálně 18 řádků, a to tak, aby obsahoval i hlavní závěry článku, a anglický abstrakt má minimálně 8 řádků. V případě českého nebo slovenského textu článku má český nebo slovenský abstrakt minimálně 8 řádků a anglický abstrakt má minimálně 18 řádků, a to tak, aby obsahoval i hlavní závěry článku. Oba abstrakty tedy nejsou vůči sobě překlady. Abstrakty mají mít svou vlastní vypovídací schopnost, relativně nezávislou na textu článků. Proto se v nich neuvádějí odvolávky na obrázky, tabulky, rovnice, ani číslované literární zdroje, jakož i údaje o grantové podpoře.

**Klíčová slova** v maximálním počtu 5, oddělená středníkem, jsou uvedena příslušným abstraktem v jazyce abstraktu.

Vlastní **textová část** článku by měla být strukturována do logicky navazujících částí a měla by zahrnovat již zmíněné oblasti: Úvod, Experiment, Výsledky a diskuse, Závěr, Poděkování, Literatura. Názvy a číselné označení těchto dílčích kapitol nebo nadpisy bez číslování ponechává redakce na uvážení autorů dle složitosti článku. V případě číslování dílčích kapitol je nutné používat arabské číslice a desetinné třídění.

**Literární citace** musí být uvedeny v dostatečném počtu (doporučuje se minimálně 10 literárních citací), aby literární rešerše z nich vycházející a uvedená většinou na začátku článku v dostatečné míře charakterizovala současný stav poznání v daném oboru.

Číselné odkazy na literaturu v textu se provádějí v hranatých závorkách [ ]. Literární prameny jsou uváděny v pořadí, v jakém jsou v textu zmiňovány. Maximálně 20 % citací mohou být autocitace. Literární odkazy je nutno důsledně uvádět v souladu s normou ČSN ISO 690:1987, resp. ČSN ISO 690-2:2000. U citace časopiseckých zdrojů redakce dává přednost tzv. zkrácené verzi, u níž se udává jen v číselné podobě ročník, rok v závorce, číslo, strany (příklad: 68 (2015) 6, 20-25). U sborníků z konferencí redakce dává také přednost zkrácené formě s uvedením „In“ a názvu konference. Redakce vyžaduje uvádění správného pořadí údajů v bibliografických citacích, správné psaní textových částí citací velkým a malým písmem, stejně tak stojatým písmem a kurzívou, a správné používání

interpunkčních znamének mezi jednotlivými textovými částmi citací.

**Obrázky a tabulky** je vhodné koncipovat přednostně v černobílém provedení, pokud to nesníží jejich vypovídací schopnost. Obrázky a tabulky jsou popisovány dvojjazyčně (anglicky a česky nebo slovensky). Označování obrázků se provádí pod obrázky, a to ve struktuře:

Obr. 1 Český název obrázku

Fig. 1 Anglický název obrázku

Mezi zkratkou Obr. a číslem obrázku se dává pevná mezera, mezi číslem obrázku a prvním slovem názvu obrázku se dává mezera mezerníkem. Obrázky se v textu článku uvádějí s malým počátečním písmenem (obr. 1), pokud toto označení nestojí na začátku věty. Stejná pravidla platí pro označování tabulek, avšak s tím, název tabulky se umísťuje nad tabulkou. Obrázky i tabulky se popisují arabskými číslicemi. Za názvy obrázků a tabulek se nepíší tečky. U obrázků a tabulek přejatých z literatury je nutno v názvu uvést jejich původ (literární zdroj). Na všechny obrázky a tabulky musí být v textu uveden odkaz a musí být dostatečně vysvětleny a komentovány.

Text musí být z metrologického hlediska korektní, doporučuje se používat výlučně **SI metrický systém**. Odlišování označení fyzikálních veličin a technických parametrů od ostatního textu se provádí šikmým písmem – *kurzívou*.

**Matematické rovnice** se do textu píší s využitím funkce editor rovnic. Čísly se píšou základními číslovkami, psanými arabskými číslicemi v kulatých závorkách, na stejném řádku zcela vpravo. Odkazy na rovnice v textu lze v českém nebo slovenském jazyce psát zkratkou podle vzoru: rov. (1), příp. v anglickém jazyce eq. (1).

Doporučuje se psát text článku ve 3. osobě trpného rodu (např. bylo změřeno, bylo sledováno, bylo zjištěno). Redakce nepřijímá články psané v 1. osobě jednotného čísla.

Je nutno rozlišovat psaní číslovek v anglickém a českém nebo slovenském textu. V českém nebo slovenském textu mají číslovky desetinné čárky, v anglickém textu desetinné tečky. Řády  $10^3$  redakce doporučuje v českém, slovenském i anglickém textu vyznačit v číslech jednotně jen mezerníkem, nikoliv použitím teček či čárek (např. 10 000).

## 2. Vedlejší, všeobecně informační články

Druhá, všeobecně informační část Hutnických listů obsahuje články zařazované do těchto oddílů:

- informace HŽ, a.s.,
- zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť,
- informace z odborných společností, konferencí a veletrhů,

- zprávy z vysokých škol, výchovy technického dorostu a celoživotního vzdělávání,
- historie hutnictví,
- nová literatura,
- společenská kronika,
- připravované konference, veletrhy a výstavy,
- aktuality z hutnictví ve světě.

Povaha článků z této všeobecně informační části nutně nevyžaduje recenzování, pokud si to autor sám nevyžádá, a to např. z toho důvodu, že jeho článek je výsledkem řešení výzkumného projektu hrazeného kontrolovanými finančními zdroji. V případě, že se recenze neprovádí, podléhají články jen případné redakční jazykové či věcné korektuře. Články jsou zpravidla kratší než hlavní recenzované články. Nemusí mít abstrakty ani klíčová slova a nemusí být ani strukturovány tak, jak uvádí bod 1.2. Pokud je však vedlejší článek napsán jako výsledek řešení výzkumného projektu, pak redakce doporučuje, aby měly vedlejší články všechny parametry hlavních článků. V případě, že je vedlejší článek recenzovaný, redakce doporučuje publikovat jeho

dvojazyčnou modifikaci stejně, jako je tomu u hlavních článků.

### 3. Evidence článků

Recenzované hlavní články a články z některých oddílů druhé, všeobecně informační části jsou v každém čísle Hutnických listů uvedeny v obsahu.

Celoroční obsah ročníku je uváděn vždy v prvním čísle časopisu následujícího roku. Celoroční obsah má oborové členění.

Redakce posílá recenzní posudky za účelem provedení případných autorských změn vždy prvnímu autorovi hlavních článků anebo jinému autorovi určenému ke komunikaci. Dále mu posílá tzv. autorský separát článku v elektronické podobě, tj. konečnou verzi článku připravenou pro tisk, která slouží k potřebě celého autorského kolektivu. Je pak věcí autorů, jak si mezi sebou poskytnou tento doklad k vlastní potřebě a k evidenci publikační činnosti, jakožto výsledku v řešení výzkumných a vývojových projektů.

## Zásady pro recenzování hlavních článků v Hutnických listech

Před publikací v Hutnických listech se odborná úroveň hlavních článků hodnotí dvěma nezávislými recenzními posudky. Recenzovány mohou být případně též vedlejší články zásadního významu ve druhé, všeobecně informační části časopisu, a to v tom případě, že ony vedlejší články jsou výsledkem řešení výzkumného projektu financovaného kontrolovanými finančními zdroji. Korepondenci mezi recenzenty a autory zprostředkovává redakce. Recenzní posudky mají důvěrnou povahu. Jsou archivovány v elektronické nebo listinné podobě v redakci, a to podle toho, jak je recenzenti do redakce dodávají.

Recenzní posudky uvádějí název článku, autory článku a dále vyjádření recenzenta podle této osnovy:

1. Vyjádření k původnosti článku, zda jsou jednoznačně odděleny autorské poznatky od poznatků z literárních zdrojů.
2. Vyjádření k vědecko-výzkumné, aplikační výzkumně-technické, edukační nebo jiné odborné úrovni článku.
3. Vyjádření k věcné správnosti článku. Zde recenzenti posoudí, zda a jak byly uvedeny počáteční podmínky autorských úvah a experimentů, správnost terminologie a označování technických parametrů a fyzikálních veličin. Dále posoudí vhodnost textů z hlediska jejich délky a nevyhnutelnosti nebo neopakování, avšak při zachování srozumitelnosti, a zda článek přináší nové poznatky.

4. Vyjádření k možnosti využití poznatků z článku v technické praxi (provozní, laboratorní), v následném teoretickém nebo experimentálním bádání, ve vyučovacím procesu či v jiné oblasti.
5. Vyjádření k jazykové a stylizační úrovni, je-li publikační jazyk recenzentovi blízký; dále k úrovni obrázků, tabulek a fotografií, jejich vhodnosti pro tisk, přiměřenosti jejich počtu a odkazů na jejich původ, správnosti literárních odkazů a způsobu jejich uvádění, příp. k dalším formálním stránkám článku.
6. Doporučení k:
  - publikování
  - nepublikování
  - publikování po úpravách
7. V třetím výše uvedeném doporučení v bodě 6 recenzenti do svého posudku napíší doporučované úpravy vyžadující zásah autora, jako např. dopracování závěru nebo abstraktu, věcných údajů v textu, odkazy na literaturu v textu, vysvětlení nejasných částí, požadované zkrácení textových pasáží či posílení jiných důležitých pasáží. V případě drobných úprav formálního nebo jazykového rázu mohou recenzenti přímo v textu článku odlišnou barvou vyznačit své doporučované úpravy, přičemž ponechají původní – nahrazovaný text v přeškrtnuté podobě. Recenzní úpravy nesmějí změnit původní smysl a záměr autorského příspěvku. Takto ozna-

čený a upravený text pošlou recenzenti redakci jako přílohu recenzního posudku. V textu obdržéném z redakce přitom ponechají již případně vyznačené redakční poznámky a barevné značky, se kterými se v redakci souběžně pracuje při přípravě článku pro tisk.

8. Případné další důležité posouzení recenzovaného článku či recenzentovo vyjádření.

Vhodnost publikace s ohledem na oborové zaměření

časopisu Hutnické listy posuzuje redakční rada a redakce.

Na závěr posudku uvedou recenzenti den vypracování posudku, své plné jméno se všemi tituly a kontakt zahrnující korespondenční adresu, e-mailovou adresu, příp. tel. číslo.

Recenzování článků v Hutnických listech je anonymní.

*red.*

---

## Průmysl odrazuje, klima není chráněno

*Wirtschaftswoche*

08.01.2016

Plány na zpřísnění obchodu s emisními právy ohrožují ocelářský průmysl – a škodí životnímu prostředí. Heinrich Hiesinger si dělá starosti o svůj ocelářský obchod. „Budou-li dosavadní plány EU na nové uspořádání obchodu s emisními právy prosazeny, stane se evropská ocel nekonkurenceschopnou,“ žaluje předseda představenstva Thyssenkrupp v novinách Welt am Sonntag. Situace odvětví je ale skutečně vážná. Většina výrobců oceli v Evropě je už pod vodou, další zátěže by mohly znamenat konec. Evropská unie tak má své vlastní cíle: Komise přece chtěla původně posílit v Evropě tvorbu hodnot. Se svým vyháněním ocelářského průmyslu však prosazuje de facto deindustrializaci. Evropské ocelárny přitom představují ty nejefektivnější na světě. Vypouštějí v průměru 1 065 kg CO<sub>2</sub> na tunu surové oceli, čínští výrobci však téměř 1 610 kg, jak vypočítal ocelářský institut VDEh. V Číně ale oceláři nemusí za emise CO<sub>2</sub> nic platit.

## Masivně stoupající ceny válcované oceli na široké frontě jsou nepravděpodobné

*Stahl Aktuell*

07.01.2016

Evropský ocelářský sektor má za sebou velmi neuspokojivý rok 2015, který byl charakteristický přebytečnými kapacitami, přílivem importů a propadem cen. Rozhodující otázka zní: Jak dlouho bude trvat tento všeobecný pokles? Heinz Jürgen Büchner z IKB Deutsche Industriebank nevidí v roce 2016 žádný výrazný obrat k lepšímu. „V ročním průměru je možno počítat jen s malým zvýšením cen oceli, který bude ale zaviněn v první polovině roku spíše znehodnocením eura“ prognostikuje Büchner v rozhovoru se Stahl Monitorem. Kromě toho by mělo začátkem roku dojít k lehkému navýšení skladových zásob, které by mělo trochu zmírnit aktuální poklesovou spirálu. Masivní zvýšení cen válcované oceli ale nelze očekávat. Výrazné zotavení cen bude možné až tehdy, budou-li splněny dvě podmínky: na prvním místě musí dojít k dalšímu odbourání kapacit v Evropě, zejména v Itálii. Kromě toho by musela výrazně stoupnout poptávka po oceli, aby mohlo dojít ke změně trendu. Přes různá antidumpingová opatření Evropské komise není vidět žádný konec ocelové záplavy z Číny, k čemuž nutno připočíst i stále se zvyšující export ruské oceli. Propad rublu přitom zlevňuje ruské válcované výrobky na mezinárodních trzích.

## Německý trh s jemným plechem – je už dosaženo dna?

*Stahl Aktuell*

05.01.2016

Že ceny jemného plechu půjdou v roce 2015 takovým způsobem dolů, to zřejmě těžko napadlo začátkem roku 2015 kohokoliv z nákupčích. Ke konci roku 2015 se mnoho nákupčích táže, zda již bylo dosaženo cenového dna. „Nedokážu si představit, že by v prvních týdnech nového roku mohly jít ceny na spotovém trhu ještě jednou výrazně dolů“ říká v zastoupení mnoha kolegů jeden z vedoucích nákupu. Kdo již pro první čtvrtletí podepsal smlouvu, mluví o menších slevách. Z hlediska mnoha nákupčích to vypadá tak, že by mělo být v roce 2016 na evropském ocelářském trhu dosaženo jisté stabilizace. Slabší euro by mělo vést k tomu, že levné importy by měly směřovat spíše do jiných regionů. Kromě toho jsou na celosvětovém postupu antidumpingová cla. Na trhu vládne vysoká nejistota. Cenové prognózy jsou téma, které je pro mnoho nákupčích spojeno s příliš mnoha otázkami.

# Obsah Hutnických listů 2015

## Hlavní recenzované články / Main Reviewed Articles

Název článku	Autoři	HL	strana
<b>Výroba oceli a feroslitin / Steel and Ferro-alloys Making</b>			
Calculation of Surface Tension of Real Steel Grades at 1550 °C Výpočet povrchového napětí reálných jakostí ocelí při teplotě 1550 °C	<i>Mgr. Aleš Kalup; doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D.; Ing. Simona Zlá, Ph.D.; Ing. Monika Kawuloková, Ph.D.; prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.; doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.</i>	6	10-16
Physical Modelling of Slag Entrainment in Tundish Fyzikální modelování strhávání strusky v mezipánvi	<i>doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D.; prof. Ing. Karel Michalek, CSc.; Ing. Ladislav Socha, Ph.D.; doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.; dr hab. inž. Mariola Saternus; dr hab. inž. J. Pieprzyca; dr inž. T. Merder; Ing. Lukáš Pindor, Ph.D.</i>	6	20-25
Hodnocení průběhu redukce Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ze strusky při výrobě legovaných ocelí Evaluation of the Course of Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Reduction from Slag at Production of Alloyed Steels	<i>Ing. Ladislav Socha, Ph.D.; prof. Ing. Jiří Bažan, CSc.; prof. Ing. Zdeněk Adolf, CSc.; Ing. Petr Jonšta, Ph.D.</i>	6	31-35
Vliv velikosti teplosměnné plochy mezi odlévaným ingotem a kokilou na vnitřní jakost materiálu ověřený numerickou simulací Effect of Size of the Heat Exchange Surface between the Cast Ingot and the Ingot Mould on the Material Inner Quality, Verified Numerical by Simulation	<i>Ing. Vladislav Kurka, Ph.D.; Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.</i>	6	36-41
Výstupy aplikovaného výzkumu „Laboratoře modelování procesů v tekuté a tuhé fázi“ projektu RMTVC Outputs from the Applied Research of „Laboratory for Modelling of Processes in the Liquid and Solid Phases“ of the RMSTC Project	<i>prof. Ing. Karel Michalek, CSc.; prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.; doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D.; doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.; doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.; Ing. Ladislav Socha, Ph.D.; doc. Ing. Rostislav Dudek, Ph.D.; Ing. Monika Kawuloková, Ph.D.; Ing. Michaela Strouhalová; Ing. Silvie Rosypalová, Ph.D.; Ing. Simona Zlá, Ph.D.; doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D.</i>	6	1-9
Studium reologických a povrchových vlastností tavenin v kontextu jejich vnitřní struktury Study of the Rheological and Surface Properties of Melts in Context with their Internal Structure	<i>doc. Ing. Rostislav Dudek, Ph.D.; doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D.; Ing. Silvie Rosypalová, Ph.D.; prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.</i>	6	10-14
<b>Tváření, tepelné zpracování / Forming, Heat Treatment</b>			
Vliv teploty a koncentrace polymerních roztoků na intenzitu chlazení při tepelném zpracování Influence of Temperature and Concentration of Polymer Quenchants on Cooling Intensity at Heat Treatment	<i>Bc. Veronika Hřibová; Ing. Jan Komínek; prof. Ing. Miroslav Raudenský, CSc.</i>	1	11-16
Výpočet neutrálního uhla vo valcovacej mezere Calculation of Neutral Angle in the Rolling Gap	<i>doc. Ing. Rudolf Pernis, CSc.; Ing. Jozef Kasala, PhD.</i>	2	2-7
In-line tepelné zpracování ocelových profilů a trubek In-line Heat Treatment of Profiles and Tubes	<i>Ing. Martin Chabičovský; prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc.; Ing. Milan Hnízdil, Ph.D.; Ing. Marek Stránský</i>	2	14-18
Kování nástrojových ocelí na radiálních kovacíh strojích Forging Tool Steels on Radial Forging Machines	<i>doc. Ing. Miroslav Greger, CSc.; Ing. Jiří Petržela, Ph.D.; Ing. Vladimír László, PhD.; Ing. Michal Sušovský; Ing. Václav Mašek</i>	3	20-26
Experimentální stanovení teplotních a silových poměrů ve válcovací mezeře Experimental Determination of Thermal Flux and Contact Stresses in the Rolling Gap	<i>Ing. Tomáš Luks; prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc.; Erik Bartuli</i>	4	9-14

Název článku	Autoři	HL	strana
Metalografické hodnotenie procesu tvárnenia mosadzných nábojníc Metallographic Evaluation of the Forming Process in the Production of Brass Cartridge Cases	<i>doc. RNDr. Ján Bezečný, CSc.; Ing. Andrej Dubec</i>	5	13-16
Vliv předchozí deformace na fázovou transformaci v průběhu ochlazování válcovaných tyčí z nízkouhlíkové oceli Effect of the Previous Deformation on the Phase Transformation in the Course of Cooling of the Rolled Bars from Mild Steel	<i>prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.; Ing. Stanislav Ruzs, Ph.D.; Ing. Petr Kawulok, Ph.D.; Ing. Rostislav Kawulok; Ing. Petr Opěla; Ing. Zdeněk Solowski</i>	6	46-51
Nový model pro predikci deformačních odporů oceli C45 za tepla New Model for Predicting the Hot Flow Stresses of the Steel C45	<i>Ing. Petr Opěla; prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.; Ing. Petr Kawulok, Ph.D.; Ing. Rostislav Kawulok; Ing. Stanislav Ruzs, Ph.D.</i>	6	52-58
Stanovení numerických charakteristik skutečné mezilamelární vzdálenosti perlite po tažení za studena drátu z eutektoidní oceli Determination of Numerical Characteristics of True Interlamellar Spacing in Pearlite after Cold Wire Drawing from Eutectoid Steel	<i>doc. Ing. Richard Fabík, Ph.D.; Ing. Mgr. Petra Halfarová, Ph.D.; Ing. Petra Váňová, Ph.D.</i>	6	66-72
<b>Výroba trubek / Tube Production</b>			
Fyzikální simulace teplotně řízeného válcování bezešvých trubek z mikrolegované oceli Physical Simulation of the Temperature Controlled Rolling of Seamless Tubes from Microalloyed Steel	<i>prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.; Bc. Radek Jurča; Ing. Stanislav Ruzs, Ph.D.; Ing. Rostislav Turoň; Ing. Petr Kawulok, Ph.D.; Ing. Rostislav Kawulok; Ing. Petr Opěla</i>	6	59-65
<b>Materiálové inženýrství / Material Engineering</b>			
Vplyv podielu spevňujúcej fázy na vybrané vlastnosti časticového kompozitu Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> + SiC Influence of the Toughening Phase Volume on Selected Properties of the particulate Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> + SiC Composite	<i>Ing. Zuzana Gábrišová, PhD.; Ing. Alena Brusilová, PhD.</i>	1	17-22
Únavové charakteristiky indukčně kalených náprav železničních dvojkolí Fatigue Characteristics of Induction Hardened Railway Axles	<i>Ing. Rostislav Fajkoš, Ph.D.; Ing. Radim Zima, Ph.D.; prof. Ing. Bohumír Strnadel, DrSc.</i>	1	2-10
Perspektivy rozvoje materiálového inženýrství	<i>prof. Ing. Zdeněk Jonšta, CSc.</i>	3	2-9
Mechanické vlastnosti oceli AISI 4135 po třech různých experimentálních procedurách tepelného zpracování pro výrobu vysokotlakých lahví Mechanical Properties of Steel AISI 4135 after Three Different Experimental Heat Treatment Procedures for Production of High Pressure Cylinders	<i>Ing. Pavel Kučera; prof. Ing. Eva Mazancová, CSc.</i>	3	10-14
Vliv výchozího stavu ložiskové oceli 100CrMnSi6-4 na teplotu a dobu austenitizace při indukčním kalení Effect of Initial State of 100CrMnSi6-4 Bearing Steel on Austenitisation Temperature and Time during Induction Quenching	<i>Ing. Daniela Hauserová, Ph.D.; Ing. Jaromír Dlouhý; Dr. Ing. Zbyšek Nový</i>	3	15-19
Vliv mikročistoty na únavovou životnost válcovaných drátů z vysokouhlíkové a kordové oceli Influence of Microcleanness on Fatigue Endurance of Wire Rod of High-carbon and Cord steel	<i>Ing. Jan Kufa; Ing. Ladislav Kander, Ph.D.; Ing. Gabriela Rožnovská</i>	3	27-32
Srovnání vybraných kvalitativních znaků kolejnic profilu 136 RE v závislosti na úrovni aktuální tvrdosti Comparison of Specific Qualitative Characteristics of Rails 136 RE in Relation to the Current Level of Hardness	<i>Ing. Vít Michenka; Ing. Petr Podolinský</i>	4	31-37

Název článku	Autoři	HL	strana
Biologicky významné materiály na báze koordinačných zlúčenín s iónmi kovových prvkov a ich fyzikálne vlastnosti Biologically Important Materials Based on Coordination Compounds with Metal Ions of Elements and their Physical Properties	<i>prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc.; Ing. Veronika Janíková; Ing. Zuzana Harmatová; Ing. Miroslava Puchoňová; doc. Ing. Dušan Valigura, CSc.; prof. Ing. Pavol Lizák, PhD.</i>	5	6-8
Termická a spektrálna analýza prírodného klinoptilolitu a Co <sup>2+</sup> formy klinoptilolitu Thermal and Spectral Analysis of Natural and Co <sup>2+</sup> -exchanged Clinoptilolite	<i>Ing. Lenka Buňová; prof. Ing. Darina Ondrušová; PhD.; Ing. Slavomíra Domčeková; Ing. Lukáš Raník; Ing. Mário Vančo</i>	5	44-47
Komparácia numerickej analýzy mikroštruktúry pre liatinu s vermikulárnym tvarom grafitu a globulárnym tvarom grafitu Comparison of Numerical Analysis of Microstructure of Cast Iron with Vermicular Graphite Shape and Globular Graphite Shape	<i>Ing. Radka Bezdedová; Ing. Petra Kováčiková, PhD.; doc. Ing. Ján Vavro, PhD.; prof. Ing. Ján Vavro, PhD.</i>	5	48-51
Numerická analýza mikroštruktúry pre liatinu s vermikulárnym tvarom grafitu Numerical Analysis of Cast Iron Microstructure with Vermicular Type of Graphite	<i>Ing. Petra Kováčiková, PhD.; Ing. Radka Bezdedová; doc. Ing. Ján Vavro, PhD.; prof. Ing. Ján Vavro, PhD.</i>	5	52-54
Vplyv tepelného zaťažovania na lomové správanie vybraných materiálov Influence of the Thermal Loading on the Fracture Behaviour of the Selected Materials	<i>Ing. Mariana Janeková; Ing. Michaela Ďurovcová; Ing. Daniela Košťaliková; prof. Ing. Františka Pešlová, PhD.</i>	5	60-63
Fyzikálne a mechanické vlastnosti kaučukových zmesí s nano-ZnO Physical and Mechanical Properties of Rubber Blends with Nano-ZnO	<i>Ing. Marián Božek; Ing. Jiří Švrček, PhD.; doc. Ing. Petra Skalková, PhD.</i>	5	84-87
Aktivačný účinok nanoforiem ZnO na vulkanizáciu elastomérených zmesí The Activation Effect of ZnO Nanoforns on Vulcanization of Elastomer Blends	<i>Ing. Marián Božek; Ing. Jiří Švrček, PhD.; doc. Ing. Petra Skalková, PhD.</i>	5	88-91
AFM analýza gumárenských zmesí plnených uhlíkovými nanorúrkami AFM Analysis of Rubber Compounds filled by Carbon Nanotubes	<i>Ing. Dana Bakošová, PhD.</i>	5	92-95
Dynamicko-mechanická analýza gumárenských zmesí obsahujúcich uhlíkové nanorúrky Dynamic-mechanical Analysis of Rubber Compounds Containing Carbon Nanotubes	<i>Ing. Dana Bakošová, PhD.</i>	5	96-99
Vplyv priečného profilu vlákien na transportné vlastnosti pletenín Impact of Cross Section Fibers on Knitwear Transport Properties	<i>prof. Ing. Pavol Lizák, PhD.</i>	5	138-141
Termické vlastnosti modifikovaných PP vlákien Thermal Properties of Modified PP Fibers	<i>Ing. Vladimíra Krmelová, PhD.; Ing. Katarína Moricová, PhD.</i>	5	142-145
Study and Characteristics of Nanostructured Composite Materials Using Electron Microscopy Studium a charakteristika nanoštrukturovaných kompozitných materiálov pomocou elektronickej mikroskopie	<i>Mgr. Kateřina Dědková, Ph.D.; Ing. Anastasia Volodarskaja; prof. Ing. Vlastimil Vodárek, CSc.; doc. Mgr. Jana Kukutschová, Ph.D.</i>	6	26-30
Hodnocení creepového poškození ocelí dlouhodobě provozovaných za zvýšené teploty	<i>Dr. Ing. Zdeněk Kuboň; Ing. Lenka Pekařov; Ing. Gabriela Rožnovská; Ing. Jana Kosňovská</i>	6	73-78
Frekvenční závislost magnetických ztrát orientovaných transformátorových plechů ArcelorMittal Frequency Dependence of Lamination Core Magnetic Loss in High Quality Steels Produced by ArcelorMittal Company	<i>Ing. Petr Široký, CSc.; Ing. František Rosypal</i>	6	79-83

Název článku	Autoři	HL	strana
Pozorování magnetických domén s využitím magnetooptické Kerrovy mikroskopie Observation of Magnetic Domains Using the Magneto-optical Kerr Microscopy	Ing. Kamila Hrabovská, Ph.D.; doc. Ing. Ondřej Životský, Ph.D.; RNDr. Ing. Aleš Hendrych, Ph.D.	6	93-99

### Neželezné kovy a slitiny / Non-ferrous Metals and Alloys

Vplyv primárnej technológie výroby implantátov na vznik degradácie Influence of the Primary Production Technology on the Degradation Occurrence	Ing. Daniela Košťaliková; prof. Ing. Františka Pešlová, PhD.; Ing. Mariana Janeková	5	55-59
Příprava a mikrostruktura předslitiny Ta-Al vhodné pro tavení a odlévání intermetalických sloučenin na bázi $\gamma$ -TiAl legovaných tantalem Preparation and Microstructure of Master Alloy Ta-Al Suitable for Melting and Casting of Intermetallics Compounds Based on $\gamma$ -TiAl Alloyed by Tantal	Ing. Jan Juřica; Ing. Tomáš Čegan Ph.D.; Ing. Daniel Petlák	6	42-45

### Zkušebnictví, měřičtí, laboratorní metody / Testing, Measurement, Laboratory Methods

Analýza dispersních křivek Lambovy vlny Analysis of Dispersion Curves of Lamb's Wave	Ing. Jiří Dvořák	3	33-36
Faktory ovlivňující výsledky časově nezávislých penetračních testů Factors Influencing the Outcome of the Time Independent Small Punch Tests	Ing. Ondřej Dorazil; Ing. Miroslav Filip; prof. Ing. Karel Matocha, CSc.	4	2-8
Algoritmus kvantitativnej obrazovej analýzy metalografických štruktúr Algorithm for Quantitative Image Analysis of Metallographic Structures	doc. Mgr. Ivan Kopal, PhD.; doc. RNDr. Ján Bezečný, CSc.; Ing. Andrej Dubec	5	9-12
Experimentálne meranie šírenia sa trhliny v autoplášti osobného motorového vozidla pri dynamickom zaťažení Experimental Measurement of the Crack Propagation in the Passenger Car Tyre Casing at Dynamic Loading	prof. Ing. Ján Vavro, PhD.; doc. Ing. Ján Vavro, PhD.; Ing. Petra Kováčiková, PhD.; Ing. Radka Bezdedová	5	109-111
Zhodnocení dat ze statických a dynamických zkoušek pneumatik pro osobní automobily The Data Evaluation from Static and Dynamic Experiments of Tires for Passenger Cars	doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D.; Ing. Vladimíra Krmelová, PhD.	5	112-116

### Ekologie, recyklace, druhotné zpracování materiálu / Environmental Protection, Recycling, Secondary Material Processing

Spracovanie PVC odpadov z káblov pomocou mikrovlnného žiarenia Processing of PVC Waste from Cables by Microwave Radiation	Ing. Andrea Feriancová, PhD.; prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD.; Ing. Lenka Buňová; Bc. Peter Novotný	5	68-71
Využitie zelených katalyzátorov pri spracovaní odpadu z PET fliaš pomocou mikrovlnného žiarenia Utilisation of the Green Catalysts in the Processing of PET Bottles Waste by Microwave Irradiation	Ing. Andrea Feriancová, PhD.; prof. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD.; Ing. Katarína Holcová, PhD.; Bc. Eva Psotná	5	72-75
Štúdium gumárenských zmesí s plnivami na báze polypropylénu a odpadu z textilných vlákien Study of the Rubber Compounds with Fillers Based on Polypropylene and Waste of Textile Fibers	Ing. Katarína Holcová, PhD.; prof. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD.; Ing. Zuzana Mičicová, PhD.; Ing. Andrea Feriancová, PhD.; Ing. Lenka Buňová; Ing. Róbert Janík, PhD.; Ing. Mariana Janeková	5	100-104
Possibilities of Determination of Heavy Metals in Soils Možnosti stanovení těžkých kovů v půdách	Ing. Jitka Malcharcziková, Ph.D.; prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc.	6	100-103

Název článku	Autoři	HL	strana
<b>Koroze / Corrosion</b>			
Hodnocení korozních vlastností vybraných typů kovových biomateriálů Evaluation of Corrosion Properties of Selected Metalloid Biomaterials	Ing. Josef Hlinka; doc. Ing. Stanislav Lasek, Ph.D.; prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc.	2	8-13
Vplyv korózie anorganicko-organických vrstiev na povrchové vlastnosti Corrosion Effect of Inorganic-organic Layers on the Surface Properties	Ing. Iveta Papučová, PhD.; Ing. Jana Pagáčová, PhD.; Mgr. Jana Šulcová, PhD.	5	22-25
Degradácia superzliatiny MAR M 247 s aluminidným povlakom a bez v koróznom vysokoteplotnom prostredí Degradation of Superalloy MAR M 247 with and without Aluminide Coating in the Corrosive High Temperature Environment	doc. Ing. Marta Kianicová, PhD.; Ing. Ján Kafřík	5	31-35
Štúdium odolnosti ochranných povlakov na Ni-superzliatinách za podmienok cyklickej oxidácie Study of Resistance of Protective Coatings Deposited on Ni-Superalloys under Cyclic Oxidation Conditions	doc. Ing. Marta Kianicová, PhD.; Ing. Jaroslav Trnák	5	36-39
<b>Povrchová úprava / Surface Treatment</b>			
Vplyv starnutia sólu a tepelného spracovania na vlastnosti TiO <sub>2</sub> vrstiev The Influence of Sol Aging and Thermal Treatment on TiO <sub>2</sub> Film Properties	Ing. Jana Pagáčová, PhD.; Ing. Petra Balážová; Ing. Iveta Papučová, PhD.; Mgr. Ing. Eleonóra Benčíková, PhD., MPH, MHA	5	17-21
Vplyv tepelného spracovania funkcionalizovaných SiO <sub>2</sub> vrstiev na ich povrchové vlastnosti Influence of the Thermal Treatment Temperature on the Surface Properties of Functionalized SiO <sub>2</sub> Film	Mgr. Jana Šulcová, PhD.; Ing. Jana Pagáčová, PhD.; Ing. Iveta Papučová, PhD.; doc. Ing. Alfons Plško, CSc.	5	26-30
Možnosti povlakovania prírodných textílií funkčnými povlakmi Possibilities of the Natural Fabric Coating with Functional Coats	Ing. Mário Vančo; doc. Ing. Jan Krmel, Ph.D.; prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D.	5	134-137
Výzkum a vývoj přípravy a hodnocení anodické vrstvy na titanové slitině Ti6Al4V Research and Development of Preparation and Evaluation of Anodic Layer on Titanium Alloy Ti6Al4V	Ing. Roman Gabor, Ph.D.; Ing. Irena Vlčková, Ph.D.; Ing. Karel Malaník, CSc.; Ing. Vít Michenka; Ing. Jaroslav Marvan; Bc. Martina Doubková; RNDr. Martin Pařízek, Ph.D.; doc. MuDr. Lucie Bačáková, CSc.	6	84-92
<b>Tepelná technika, pece, žárovzdorný materiál / Thermal Engineering, Reheating Furnaces, Refractory Material</b>			
Stanovení tepelného odporu v kontaktu na základě nestacionárního teplotního měření Determination of the Thermal Contact Resistance from Unsteady Temperature Measurements	Ing. Jiří Kvapil; prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc.; Ing. Michal Pohanka, Ph.D.	4	15-19
Stanovení intenzity chlazení během semikontinuálního odlévání hliníkových slitin Determination of Cooling Intensity During the Semi-continuous Casting Process of Aluminum Alloys	Ing. Michal Guzej; prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc.	4	20-25
Metodika vyhodnocování intenzity chlazení vodního paprsku dopadajícího na svislý povrch Methodology of Evaluation of Intensity of Cooling of Water Jet Impinging on the Vertical Surface	Ing. Jan Komínek; Ing. Michal Guzej; prof. Ing. Jaroslav Horský, CSc.	4	26-30
<b>Užití materiálů v praktických průmyslových aplikacích / Utilization of Materials in Practical Industrial Applications</b>			
Využitie celulóзовých vlákn pri náplave na sviečkovom filtri Utilization of Cellulose Fibers at Alluvia on Candle Filter	doc. Ing. Petra Skalková, PhD.; Ing. Katarína Kostelanská, PhD.; Bc. Silvia Luhová	5	121-124

Název článku	Autoři	HL	strana
Filtračné celulóзовé materiály pre vinársku oblasť Cellulosic Filter Aids for Wine Area	Ing. Vladimíra Krmelová, PhD.; Ing. Katarína Kostelanská, PhD.; Ing. Mária Maľaková	5	125-129
Filtračné charakteristiky celulóзовých vlákien študované na doskovom filtri Filtration Characteristics of Cellulose Fibers studied on Filter Plate	doc. Ing. Petra Skalková, PhD.; Ing. Katarína Kostelanská, PhD.; Bc. Eva Masárová	5	130-133
Termofyziologický komfort pánskeho saka Thermophysiological Comfort of Men's Suit	Ing. Jela Legerská, PhD.; Ing. Jaroslav Ligas, PhD.	5	146-149
Štúdium spektrálnych a termických vlastností DMCC katalyzátora pre výrobu polyéter polyolov Study of the Spectral and Thermal Properties DMCC Catalyst for the Production of the Polyether Polyols	prof. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD.; Ing. Veronika Šutinská, PhD.; Ing. Zuzana Mičicová, PhD.; doc. Ing. Petra Skalková, PhD.; prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc.; prof. RNDr. Tatiana Liptáková, PhD.	5	40-43
Návrh materiálu pre odporový snímač teploty média Proposal for Selection of Material for Temperature Sensor	doc. Ing. Ján Vavro, PhD.; prof. Ing. Ján Vavro, PhD.; Ing. Petra Kováčiková, PhD.; Ing. Radka Bezdedová	5	64-67
Vplyv bielych plnín na vlastnosti EPDM zmesí pre automobilový priemysel Effect of White Fillers on the Properties of EPDM Blends for the Automotive Industry	Ing. Vladimíra Krmelová, PhD.; Ing. Lenka Fusíková; Ing. Petr Křivák; Peter Alexy	5	76-79
Využitie spracovateľských prostriedkov v EPDM zmesiach Utilization of Processing Resources in EPDM Blends	Ing. Vladimíra Krmelová, PhD.; Ing. Lenka Fusíková; Ing. Petr Křivák; Peter Alexy	5	80-83
Príprava plnín na báze organoíl a ich vplyv na fyzikálno-mechanické vlastnosti polymérnych materiálov The Preparation of Fillers Based on Organoclays and their Influence on the Physical-Mechanical Properties of Polymeric Materials	Ing. Zuzana Mičicová, PhD.; prof. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD.; Ing. Jana Paliesková; prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD.; Ing. Lukáš Raník	5	117-120

### Počítačová simulace, výpočetní metody / Computer Simulation, Computing Methods

Náhrada ocelokordového nárazníku pláště pneumatiky pro výpočtové modelování The Replacement of Steel-Cord Belt of Tire Casing for Computational Modeling	doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D.; Ing. Vladimíra Krmelová, PhD.	5	105-108
---	--	---	---------

## Informační články / Information articles

### Informace HŽ, a.s. / Information of HŽ, a.s.

Seminář Predikce vývoje ocelářského průmyslu do roku 2020	Ing. Vladimír Toman	3	39-40
Nový program podpory výzkumu a vývoje TRIO	Ing. Jaroslav Březina	5	152

### Zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť / Information of Companies, Institutions and Research Workplaces

Ekonomické prostředí ovlivňuje rozvoj metalurgie	doc. Ing. Václav Kafka, CSc.	1	25-28
Oceláři z ArcelorMittel ostrava odlévají unikátní formát kruhových sochorů o průměru 130 mm pro výrobu trubek	red.	1	28-29
Nový tkaninový filtr pro aglomeraci v ArcelorMittel	red.	2	20
Diskuse k článku „Plastické vlastnosti nástrojové oceli 48Cr8MoV za vysokých teplot“ autorů Opěla, P. aj. v Hutnických listech, roč. LXVII, 2014, č. 6, s. 46-50	Ing. Jan Počta, CSc.	3	41-47
Rekonstrukce hasicí věže v kunčické koksovně	red.	3	47-48
Rekonstrukce odsávání na odlévárnách vysoké pece č. 4 a 6 v Třineckých železárnách, a.s.	Radek Potěšil; Ing. Jan Lipowski	4	41-42

Název článku	Autoři	HL	strana
Predikce vývoje ocelářského průmyslu ČR v letech 2015 – 2020, s výhledem do r. 2030 (1. část)	<i>red.</i>	4	42-45
Predikce vývoje ocelářského průmyslu ČR v letech 2015 – 2020, s výhledem do r. 2030 (2. část)	<i>red.</i>	5	153-156
Predikce vývoje ocelářského průmyslu ČR v letech 2015 – 2020, s výhledem do r. 2030 (3. část)	<i>red.</i>	6	105-107
Transformace CWA 15627 Small Punch Test Method for Metallic Materials na normu EU Transformation of the CWA 15627 Small Punch Tset Method for Metallic Materials to the EU Standard	<i>prof. Ing. Karel Matocha, CSc.</i>	6	108-111
K otázce selhávání numerické simulace tažení drátu Issue of the Failures of Numerical Simulation of Wire Drawing	<i>Ing. Tomáš Perna</i>	6	112-104
Ocenění putovalo do společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o.	<i>red.</i>	6	115
Hodnocení vysokých škol	<i>red.</i>	6	116-117

### Ze spolkového života a odborných akcí / Information on Associations and Professional Events

Slévači již čtvrtým rokem úspěšně organizují SLÉVÁRENSKÉ DNY novou formou	<i>doc. Ing. Václav Kafka, CSc.</i>	1	30
Mezinárodní konference IRON AND STEELMAKING 2014	<i>doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.</i>	1	30-31
Zkušenosti se zvyšováním ekonomické efektivity výroby odlitků	<i>doc. Ing. Václav Kafka, CSc.</i>	2	21-24
31. celostátní konference „Teorie a praxe výroby a zpracování oceli“	<i>organizační výbor konference</i>	3	49
Organizační změny v České hutnické společnosti	<i>Ing. Jan Kobielsuz</i>	3	50
17. ročník Hutnických pivních slavností	<i>Ing. Luboš Kubík</i>	3	50
Oceláři v pérovně	<i>Ing. Jiří Cupek</i>	6	118
Aluminium a neželezné kovy 2015	<i>prof. Ing. Ivan Lukáč, PhD.</i>	6	119

### Ze života škol / Information on Activities of Universities

Zevní fixátory v traumatologii a ortopedii – příklad úspěšné mezioborové spolupráce	<i>doc. Ing. Karel Frydryšek, Ph.D., ING-PAEDIGIP</i>	2	25
---	---	---	----

### Historie hutnictví / History of Metallurgy

Zlato a stříbro na Slovensku	<i>prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.</i>	1	52-53
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	<i>prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc.; Ing. Drahomíra Janová; prof. Ing. František Kavička, CSc.; doc. Ing. Libor Pantělejev, Ph.D.; Ing. Bohumil Sekanina, CSc.; Ing. Zdeněk Spotz, Ph.D.; Ing. Lubomír Stránský, CSc.</i>	2	27-34
Historie a současnost báňského školství	<i>prof. Ing. Vojtěch Dirner, CSc.; Ing. Jan Počta, CSc.</i>	2	34-39
Výroba olova na Slovensku	<i>prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.</i>	2	46-47
Hutnictví zinku na Slovensku	<i>prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.</i>	3	58-59
Historie, průzkum a analýza rudnin z opuštěného důlního díla na Cumberku History, Research and Analysis of Ores from an Abandoned Mining Works on the Cumberk	<i>prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc.; Ing. Drahomíra Janová; doc. Ing. Libor Pantělejev, Ph.D.; prof. Ing. František Kavička, CSc.; Ing. Zdeněk Spotz, Ph.D.; Ing. Lubomír Stránský, CSc.; Ing. Bohumil Sekanina, CSc.</i>	4	46-51
Slovenská metalurgia ortuti	<i>prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.</i>	4	58-59
Hutnictví antimónu na Slovensku	<i>prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.</i>	5	163-164
Konec výroby oceli v ocelárně Vítkovice Steel, a.s., Ostrava	<i>Ing. František Hromek</i>	6	12-122

Název článku	Autoři	HL	strana
Výroba niklu a kobaltu na Slovensku	prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.	6	124-125

### Nová literatura / New Literature

Efektivní spalování paliv (autor František Jirouš)	Ing. RNDr. Bohumil Tesařík	1	32-33
Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři (autor Ivan Pelant, Jan Valenta)	Ing. RNDr. Bohumil Tesařík	1	33-34
Digitální demence (autor Manfred Spitzer)	Ing. RNDr. Bohumil Tesařík	3	51-52
Spojovat či rozdělovat? Organizování, koordinování a sdílení informací (autor T. Bujna, D. Müller, J. Bloudek, S. Kubátová)	Ing. RNDr. Bohumil Tesařík	3	52-53
Společensky odpovědné chování se firmám vyplácí (autor David Jones)	Ing. RNDr. Bohumil Tesařík	3	53-54
Deník mého otce, aneb jak se stát zodpovědným občanem společnosti - zrcadlo doby (autor Jan Počta)	prof. Ing. Emilie Krausová, CSc.; doc. Ing. Václav Kafka, CSc.	4	52-53

### Společenská kronika / Social Chronicle

Odešel prof. Ing. Lumír Kuchař, DrSc., Dr.h.c.	kolektiv autorů FMFI, VŠB-TU Ostrava	1	35
Ing. Jan Počta, CSc. se dožívá 70 let	prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.; doc. Ing. Václav Kafka, CSc.; Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.	5	157-158
Za profesorem Miroslavem Kaločem	Ing. Vladislav Machek; Ing. Jindřich Křištof	6	123

### Konference, veletrhy, výstavy / Conferences, Trade Fairs, Exhibitions

HANNOVER MESSE 2015	red.	1	36-38
Brigit World of Metals v Düsseldorfu na startovních blocích	red.	1	38-39
Brigit World of Metals v Düsseldorfu na startovních blocích	red.	2	40-41

### Úvodníky / Leading Articles

Zameranie a rozvoj Fakulty priemyselných technológií v Púchove	prof. Ing. Ján Vavro, PhD.	5	5
--	----------------------------	---	---

## Oligopol na širém moři

Handelsblatt

07.01.2016

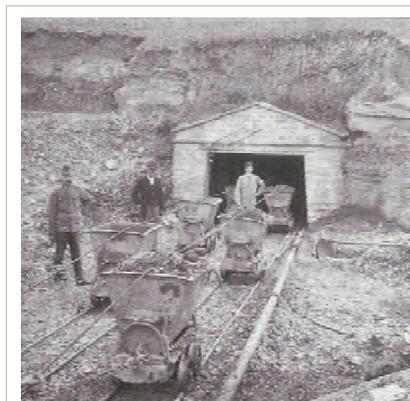
Po pomalém startu se dostává výstavba offshore větrných parků v Evropě konečně do tempa. V roce 2015 bylo jen v Německu připojeno do sítě 13 mořských větrných parků. V Severním a Baltském moři se momentálně otáčí více jak 780 kol s kapacitou 3.300 MW. Jedním z největších prospěchářů tohoto vývoje je jednatel firmy EEW Karl Klös-Hein. Problémem ovšem je, že jeho úspěch ohrožuje celý zbytek offshore průmyslu. Středostavovský podnik vyrábí odjakživa železná potrubí, do roku 2008 především pro ropný a plynářský průmysl. Tehdy ovšem vzniklo nové odvětví průmyslu a od té doby EEW nejen ukotvuje vrtací plošiny na mořské dně, ale vyrábí také platformy pro větrné elektrárny. Přitom jsou do mořského dna vráženy až 80 m dlouhé ocelové sloupy, přičemž shora nejsou základy téměř k rozeznání. Viditelné jsou ovšem věže, gondoly a rotorové lopatky offshore větrných elektráren, které vyčnívají nad mořskou hladinu výše než je výška kolínského dómu (157 m). EEW má v současnosti roční obrát 270 milionů € jen v oboru offshore fundamentů. Jen v Rostocku zaměstnává EEW 530 zaměstnanců, kteří dříve pracovali v krachujících loděnicích. Trh výrobců fundamentů se v poslední době zkoncentroval jen na tři výrobce. Více jak 80 % trhu si urvaly EEW, dánský koncern Bladt Industries a holandská Sif-Group. Většinu provozovatelů větrných parků ale začíná přílišná koncentrace vadit. Ocítají se v situaci prosebníků, kteří musí žebrot o to, aby jim oligopol vůbec něco dodal. Oficiálně to ale nikdo nepotvrdí, protože se nechce dostat s někým ze jmenované trojice do sporu. Menší výrobci jsou stále více ohroženi, protože plány výstavby dalších parků jsou redukovány, což se velkých hráčů ovšem příliš nedotýká.

# Historický seriál

## Metalurgia mangánu na Slovensku

(Zaniknuté hutnícke technológie na Slovensku – 9. časť)

Mangán patrí k ťažkým neželezným kovom a má na Slovensku relatívne krátku históriu výroby, týkajúcu sa predovšetkým druhej polovice 20. storočia. Mangán bol objavený C. W. Scheeleom a izolovaný J. Gahnom v roku 1774. Jeho názov je odvodený z gréckeho slova „manganizien“, čo znamená čistiť, keďže burel sa používal na čistenie skla už po stáročia pred objavením a izolovaním mangánu. V prírode je stálym sprievodným prvkom železa a v ložiskách mangánových rúd sa vyskytuje v oxidickej podobe ako pyroluzit – burel ( $MnO_2$ ), alebo rodochrozit – dialogit ( $MnCO_3$ ). Najväčšie ložiská sú v Južnej Afrike, Rusku, Austrálii, Indii, Gabone, Brazílii a USA. Perspektívnym zdrojom sú aj hlbokomorské mangánové konkrécie na dne Tichého oceánu, s obsahom Mn, Ni, Co, Cu a platinových kovov, ktoré môžu byť pre Slovensko dostupné v rámci spoločnosti Interocean Metals Štetín, cez ktorú má Slovensko pridelenú budúcu ťažobnú oblasť. V súčasnosti sa na svete vyrába cca 100 000 t mangánu s prevažujúcou spotrebou vo forme ferozliatin pri výrobe ocelí (najmä ušľachtilých, špeciálnych a vysokopecných). Významné sú feromagnetické (Heuslerove) zliatiny ako aj zliatiny s meďou a niklom s vysokým súčiniteľom rozťažnosti, resp. s vysokým tlmením. Permanentné mangánové magnety (zliatiny Mn s Ti, Zn, Cu, Ni a Al) majú vysokú koerzitívnu silu a vysokú teplotu Curieho bodu. Tradičná je aj spotreba mangánu pri výrobe suchých batérií, v sklárstve (burel –  $MnO_2$ ) a v chemickom priemysle.



Obr. 1 Hlavná ťažobná štôlna Kišovce, 1918

Na Slovensku sa ťažila mangánová ruda počas prvej svetovej vojny v Lednických Rovniach. Významnejšie bolo ložisko Kišovce-Švábovce pri Poprade, ktoré sa ťažilo od začiatku 20. storočia (obr.1). Mangánová ruda sa spracovávala ako prísada do vysokých pecí vo Vítkovických železiarniach, ale väčšinou sa exportovala. Po dobudovaní vysokých pecí vo VSŽ Košice (1965) sa Kišovcecko-Švábovecká ruda používala v Košiciach ako súčasť vysokopecnej vsádzky, neskôr aj pre výrobu metalického mangánu v Kropáčoch. Rozsiahle vyhľadávacie práce mangánovej rudy vykonávala bývalá Zbrojovka Brno v Hriňovej a v Jablonovom v období prvej Československej republiky. Ťažba mangánovej rudy v Kišovciach-Švábovciach bola pozastavená v roku 1971, keď bola jej spotreba vo VSŽ nahradená dovozom bohatšej rudy zo ZSSR. Od toho roku sa pri výrobe metalického mangánu v Kropáčoch začala používať kvalitnejšia mangánová ruda z Bulharska.

Hlavným motívom zavedenia výroby kovového mangánu

v Československu po 2. svetovej vojne bol nedostatok embargovaného niklu v čase studenej vojny medzi západnými krajinami a krajinami sovietského bloku. Rátalo sa s tým, že vysokokvalitný elektrolytický mangán môže do istej miery nahradiť nikel v oceliach ako aj v zliatinách neželezných kovov, a tak zmierniť nedostatok niklu. Koncom 50. rokov minulého storočia bolo rozhodnuté zaviesť výrobu elektrolytického mangánu v priestoroch bývalého medeného hámra v Banskej Bystrici, kde bola v roku 1958 ukončená výroba medi. V tom čase bola bývalá medená huta v Banskej Bystrici priradená do koncernu Závod SNP Žiar nad Hronom v rámci VHJ Kovohutě Praha, ako centrum rozvoja metalurgie ťažkých neželezných kovov na Slovensku. Vo Výskumnom ústave kovov v Panenských Břežanech (VUK) pod vedením Ing. I. Habětina prebiehali vývojové práce na technológii výroby elektrolytického mangánu, ktorá bola založená na síranovej hydrometalurgii chudobných mangánových rúd z lokality Chvaletice pri Pardubicích a zo slovenskej aktívne pracujúcej bane Kišovce-Švábovce. Poloprevádzka z VÚK Panenské Břežany bola premiestnená do Banskej Bystrice, pričom sa využili tamajšie elektrolytické zariadenia zo zrušenej výroby medi. V roku 1959 bola pod vedením Ing. Milana Viesta uvedená náročná hydrometalurgická technológia do realizácie. Počiatočná ročná produkcia bola 48 t

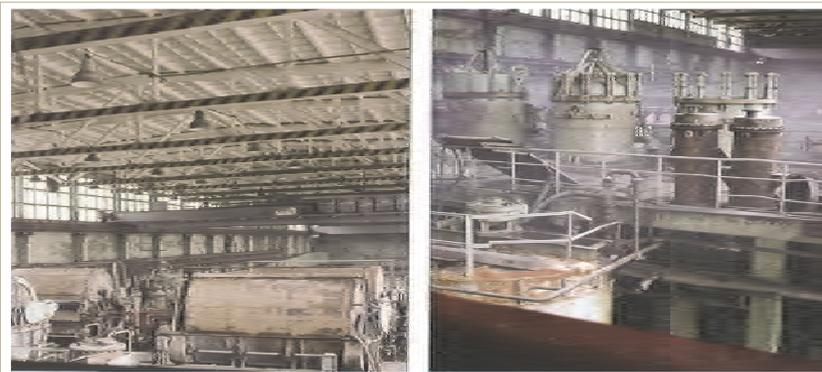


Obr. 2 Výstavba výrobné haly elektrolyzy mangánu v Kropáčoch, 1963

a najvyššia, dosiahnutá v roku 1966, bola 298 t mangánu. Technológia mala viacero stupňov: lúhovanie mletej Mn rudy (Kišovce-Švábovce) v zriedenej kyseline sírovej, neutralizácia rmutu, filtrácia, viacstupňová rafinácia výluhu, vlastná elektrolyza rafinovaného výluhu v plastovom elektrolyzéri s diafragmami oddelujúcimi katódový a anódový priestor. Počas realizácie bol vyvinutý dovtedy najväčší 8kA elektrolyzér mangánu na svete. V roku 1967 bola výroba mangánu v Banskej Bystrici zastavená z dôvodov nemožnosti rozširovania výroby z priestorových a environmentálnych príčin. Prevádzka v priestoroch bývalého medeneho hámra ovplyvňovala blízkosť obytnej zóny Banskej Bystrice a aj príslušný malý vodný tok. Paralelne s ukončovaním výroby mangánu v Banskej Bystrici prebiehala projekcia a výstavba nového závodu na výrobu mangánu v národnom podniku Kovohuty Krompachy s kapacitou 1500 t Mn ročne (obr. 2). Realizovala sa hydrometalurgická síranová technológia s mnohými originálnymi prvkami. Základom výťažnosti bolo dovtedy neobvyklé mokré mletie Mn rudy s prídavkom anolytu, čo je vratný kyslý elektrolyt z elektrolyzy mangánu. Po vákuovej filtrácii rmutu sa filtrát trojstupňovo rafinoval najmä precipitačnými metódami. Elektrolyza prebiehala v technologicky pokročilých elektrolyzéroch vyvinutých ešte v Banskej Bystrici. Autorom rafinačných postupov elektrolytu ako aj vlastného elektrolytického procesu v Krompachoch bol Ing. Luboš Weigner, CSc., vtedy vedúci technického rozvoja, neskôr technický riaditeľ Kovohút Krompachy (obr. 3). Celá technológia predstavovala sofistikovane previazaný hydrometalurgický proces (obr. 4).



Obr. 3 Spúšťanie elektrolyzy mangánu v Kovohutách Krompachy, 1966. V strede v bielej košeli Ing. Luboš Weigner, CSc., autor realizovaných inovácií rafinácie elektrolytu a technológie elektrolyzy.



Obr. 4 Filtrácia mangánovej rudy po lúhovaní (vľavo) a rafinácia elektrolytu (vpravo), Krompachy, 1975

Do roku 1971 sa spracovávala mangánová ruda z lokality Kišovce-Švábovce s obsahom 15 – 16 % Mn. Skúšobná vsádzka mangánovej rudy z náleziska Chvaletice (max. 11 % Mn) nebola pre túto intenzívnu technológiu vhodná. Od roku 1971 po uzavretí bane Kišovce-Švábovce bola vstupom pre výrobu mangánová ruda z bulharskej bane Kremikovce s obsahom 28 – 30 % Mn, čo sa priaznivo prejavilo na priebehu celého technologického procesu. Vtedy sa aj produkcia ustálila na kapacite 750 – 800 t

ročne, čo zodpovedalo vtedajšiemu dopytu. Ako každá hydrometalurgická technológia bola výroba mangánu v Krompachoch vysoko náročná na ochranu čistoty spodných vôd. Tomu slúžil nákladný, ale efektívny systém čo najväčšej recyklácie odpadných vôd. Rovnako vysoko intenzifikovaná elektrolyza bola výrazne energeticky náročná. Za týchto ekonomicky neobvykle ťažkých podmienok Kovohuty Krompachy produkovali ročne cca 800 t mangánu vysokej kvality o čistote 99,85 % Mn, prevažne pre potreby Železiarní Třinec, SONP Kladno a Kovohút Velvary. Produkcia bola ekonomicky stratová a udržiavaná štátnymi dotáciami v rámci politiky Moskvou ovládanéj Rady vzájomnej hospodárskej pomoci (RVHP). Po rozpade RVHP a uvoľnení trhu s cenovo dostupnými strategickými kovmi bolo nevyhnutné výrobu mangánu v Krompachoch v roku 1992 zastaviť.

Výroba mangánu v Krompachoch rovnako ako aj výroba niklu a kobaltu v Seredi boli obrovské technologické dobrodružstvo, zasluhujúce si našu pozornosť. Bez prístupu k primeraným surovinovým zdrojom, špičkovým západným technológiám, zariadeniam a materiálom dokázali československí metalurgovia na Slovensku vyvinúť, realizovať a po desaťročia prevádzkovať celkom pôvodné náročné technológie výroby spomenutých troch kovov.

#### Literatúra

- [1] KAFKA, R., WEIGNER, L. *Dejiny hutníctva na Slovensku*, kap. Mangán, ZHŤPG Bratislava, Banská agentúra Košice, 2006
- [2] WEIGNER, L. *Vplyv niektorých nečistôt na elektrolyzu mangánu*, [Kandidátska dizertačná práca], Hutnícka fakulta VŠT Košice, 1968
- [3] ŠTOFKO, M., ŠTOFKOVÁ, M. *Neželezné kovy*. Košice: TU Košice, Hutnícka fakulta, vyd. Emilena, 2000

prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.

# POŘÁDÁ 9. MEZINÁRODNÍ KONFERENCI **OCELOVÉ PÁSY 2016**

**4. – 6. 10. 2016**

**hotel Galant - Mikulov**  
Česká Republika

Nad konferencí převzal záštitu předseda představenstva Ing. Aleš Koňářík

## ***BKB Metal, a.s.***

### **CÍL:**

Cílem 9. mezinárodní konference OCELOVÉ PÁSY 2016 je vytvoření fóra pro prezentování teoretických, technologických a průmyslových výsledků v oblasti válcování a finalizace ocelových pásů za tepla a za studena. Konference má umožnit výměnu zkušeností vědeckým pracovníkům a inženýrům o současném stavu v oblasti výzkumu a aplikovaných technologií. Hlavní důraz bude zaměřen na vývoj a zpracování moderních ocelí typu TRIP, TWIP, duplexních a triplexních ocelí a další. Konference tak navazuje na předchozí konference z let 1976, 1981, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006 a 2011.

### **ORGANIZÁTOR:**

Společnost OCELOVÉ PÁSY  
Hlubinská 20, 702 00 Moravská Ostrava  
Email: [info@ocelovepasy.cz](mailto:info@ocelovepasy.cz)  
Tel.: +420 597 488 138  
[www.ocelovepasy.cz](http://www.ocelovepasy.cz)

### **SEKCE:**

1. Fyzikální a matematické modelování a simulace procesů válcování pásů moderních ocelí
2. Mechanické a metalurgické technologie procesů válcování pásů za tepla
3. Mechanické a metalurgické technologie procesů válcování pásů za studena
4. Měřicí a řídicí systémy procesů válcování pásů

### **JEDNACÍ JAZYKY:**

Čeština, slovenština, angličtina  
(simultánní překlad)

### **PŘEDSTAVENÍ FIREM:**

V průběhu konference OCELOVÉ PÁSY 2016 pořadatel umožní představení podniků a firem odborné veřejnosti. Dle individuálních požadavků budou zajištěny další technické a společenské služby.

### **UBYTOVÁNÍ:**

Hotel Galant nabízí dosud nevídanou kombinaci komfortního ubytování v centru Mikulova, kvalitní gastronomie a kongresových služeb a unikátní lokality se Svatým kopečkem za zády a historickým centrem města.

### **REKLAMA VE SBORNÍKU ABSTRAKTŮ:**

Nabízíme firmám možnost reklamy ve sborníku abstraktů konference OCELOVÉ PÁSY 2016. Sborník obdrží všichni účastníci konference a podle zájmu bude distribuován v ČR a v zahraničí. Přednost prezentace svých podniků mají sponzoři a dále podniky, instituce a ústavy, které jsou členy Společnosti OCELOVÉ PÁSY. Bližší podmínky pro uveřejnění reklamy ve sborníku Vám zašleme na vyžádání.