

ROČNÍK/VOL. LXVI  
ROK/YEAR 2013

3

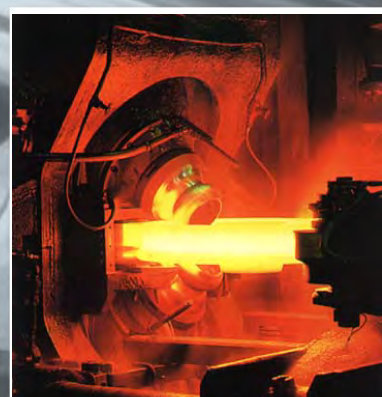


# Hutnické listy

METALLURGICAL  
JOURNAL

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ  
ISSN 0018-8069



#### Vydavatel

OCELOT s.r.o.  
Pohraniční 693/31  
706 02 Ostrava-Vítkovice  
IČO 49245848, DIČ CZ49245848  
Registrace v obchodním rejstříku  
Krajského  
soudu v Ostravě, oddíl C, vložka 30879

#### Redakce, kontaktní adresa

OCELOT s.r.o.  
Redakce časopisu Hutnické listy  
areál VŠB – TU Ostrava, A 534  
17. listopadu 15/2127  
708 33 Ostrava-Poruba  
www.hutnickelisty.cz  
www.metallurgicaljournal.eu

#### Vedoucí redaktor

Ing. Jan Počta, CSc.  
☎ 596995156  
e-mail: redakce@hutnickelisty.cz  
j.pocta@seznam.cz

#### Redaktorka

Jaroslava Pindorová  
e-mail: jaroslava.pindorova@seznam.cz

#### Redakční rada

##### Předseda:

Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc.,  
Dr.h.c., VŠB-TU Ostrava

##### Členové:

Ing. Michal Baštinský, EVRAZ  
VÍTKOVICE STEEL, a.s.  
Ing. Karol Hala, U.S. Steel Košice, s.r.o.  
Prof. dr. hab. inž. Leszek Blacha,  
Politechnika Śląska  
Prof. dr. hab. inž. Henryk Dyja,  
Politechnika Czeŝtochowska  
Prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc. Univerzita  
obransy  
Ing. Henryk Huczala, TRINECKÉ  
ŽELEZÁRNY, a.s.  
Prof. Ing. František Kavička, CSc., VUT  
v Brně  
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D., ŽĎAS, a.s.  
Prof. Ing. Karel Matocha, CSc.,  
MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ  
VÝZKUM s.r.o.  
Ing. Radim Pachlopník, ArcelorMittal  
Ostrava, a.s.  
Prof. Ing. Ludovít Parířák, CSc., ŽP VVC  
s.r.o.  
Ing. Jiří Petržela, Ph.D., VÍTKOVICE  
HEAVY MACHINERY, a.s.  
Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.,  
MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ  
VÝZKUM s.r.o.  
Ing. Vladimír Toman, Hutnictví železa,  
a.s.  
Prof. Ing. Karel Tomášek, CSc., TU  
v Košiciach

#### Grafika záhlaví a podkladu na titulní straně

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

#### Tisk

T-print s.r.o., Průmyslová 1003, 739 65  
Třinec

#### Registrační číslo

MK ČR E 18087

## O b s a h

### výroba oceli a feroslitin

*Ing. Miroslav Dostál, Ing. Zuzana Lorencová* **3**

### Technologické metody odfosfoření a obohacení manganových rud – Rafinace manganových rud vyšších a středních jakostí

*Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Jiří Bažan, CSc., Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Petr Stymal, Ing. Václav Pilka, Ing. Zbygněv Piegza, Ing. Jan Melecký, CSc.* **9**

### Vliv struskotvorných a dezoxidačních přísad na průběh mimopecního zpracování oceli v TRINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH, a.s.

*prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc., prof. Ing. František Kavička, CSc., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., prof. Ing. Věra Dobrovská, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc., doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.* **17**

### Analýza atypického průvalu při radiálním plynulém lítí bramy v pásmu rovnání

### II. Analýza příčin průvalu aplikací teorie fyzikální podobnosti

### řízení jakosti

*Dr. Ing. Petr Řeháček* **26**

### Projektové řízení a ISO 21500

*prof. Ing. Zora Jančíková, CSc., doc. Ing. Jiří David, Ph.D., Ing. Pavel Švec, Ph.D., Ing. Robert Frischer, Ph.D., Ing. Romana Garzinová, Ph.D.* **33**

### Pokročilé hodnocení povrchové kvality hutních polotovarů

*Ing. David Vykydal, Ph.D., Ing. Petr Novotný* **38**

### Návrh parametrů výroby ocelového tvářeného kola s využitím metody QFD

### ekonomika, organizace, řízení

*doc. Ing. Martin Straka, Ph.D., Ing. Zdenka Mikušová, doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D.* **44**

### Analýza a posouzení skladových zásob

*Ing. Pavel Wicher, doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D.* **49**

### Aplikace matematických metod v plánování výroby speciálních ocelových konstrukcí

**hutní výroba v ČR a SR** **53**

**z hospodářské činnosti podniků** **55**

**ze života škol** **60**

**nová literatura** **67**

**společenská kronika** **72**

**konference, výstavy, veletrhy** **74**

**hutnictví ve světě** **78**

**Mezinárodní standardní číslo**  
ISSN 0018-8069

Hlavní články v časopisu jsou uváděny v českém, slovenském nebo anglickém jazyce.

Časopis vychází 6x ročně. Cena jednotlivého čísla 200,- Kč. K ceně se připočítává DPH. Roční předplatné základní 1190,- Kč, studentské 20 % sleva proti potvrzení o studiu. Předplatné se zvyšuje o poštovné vycházející z dodávek každému odběrateli. Předplatné se automaticky prodlužuje na další období, pokud je odběratel jeden měsíc před uplynutím abonentního období písemně nezruší. Objednávky na předplatné přijímá redakce. Informace o podmínkách publikace, inzerce a reklamy podává redakce.

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

© OCELOT s.r.o., 2013  
ISSN 0018-8069

Časopis zařazen Radou vlády ČR pro výzkum a vývoj do seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Hlavní články jsou evidovány v mezinárodní databázi METADEX a ILLUSTRATA TECHNOLOGY, obě spravované firmou ProQuest, USA.

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

## C o n t e n t

### Steel and Ferro-alloys Making

- Dostál, M. - Lorencová, Z.* **3**  
**Technological Methods for the Dephosphorization and Enrichment of Manganese Ores – Refining of High and Medium Grade Manganese Ores**  
*Socha, L. - Bažan, J. - Gryc, K. - Styrmal, P. - Pilka, V. - Piegza, Z. - Melecký, J.* **9**  
**Influence of Slag and Deoxidation Additives on the Process of Secondary Metallurgy in TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.**  
*Stránský, K. - Kavička, F. - Dobrovská, J. - Dobrovská, V. - Sekanina, B. - Štětina, J.* **17**  
**Analysis of Atypical Breakout during Radial Continuous Casting of a Slab in the Straightening Zone II. Analysis of the Causes of the Breakout by Application of the Theory of Physical Similarity**

### Duality Management

- Řeháček, P.* **26**  
**Project Management and ISO 21500**  
*Jančíková, Z. - David, J. - Švec, P. - Frischer, R. - Garzinová, R.* **33**  
**Advanced Evaluation of Surface Quality of Metallurgical Semi-products**  
*Vykydal, D. - Novotný, P.* **38**  
**Design Parameters of The Production of Steel Wheel with Using QFD**

### Economy, Organization, Management

- Straka, M. - Mikušová, Z. - Lenort, R.* **44**  
**Analysis and Assessment of Warehouse Stock**  
*Wicher, P. - Lenort, R.* **49**  
**Application of Mathematical Methods in Production Planning of Special Steel Structures**

#### Dodavatelé příspěvků ve všeobecné části:

• Hutnictví železa, a.s. • TU v Košiciach, Hutnícka fakulta • VŠB-TU Ostrava, kat. ekonomiky a managementu v metalurgii • ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská • Dopisovatelé • Redakce

#### Inzerenti a objednatelé reklamy:

• Technische Universität Bergakademie Freiberg

# výroba oceli a feroslitin

## Technological Methods for the Dephosphorization and Enrichment of Manganese Ores – Refining of High and Medium Grade Manganese Ores

### Technologické metody odfosfoření a obohacení manganových rud – Rafinace manganových rud vyšších a středních jakostí

Ing. Miroslav Dostál<sup>1</sup>, Ing. Zuzana Lorencová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic

*Only a limited quantity of manganese ore is suitable for direct use in the production of manganese alloys for the steel industry. The main problem is its chemical composition. This concerns mainly the low level of manganese in the ore, and this is reflected in a poor ratio of manganese to iron (Mn/Fe), which is one of the decisive factors of the ore quality. The contents of iron, silicon, and phosphorus impurities in manganese ores are limiting factors in the beneficiation process, but phosphorus is especially important in this regard. The first step in the dephosphorization and refining of this ores consists of pyrometallurgical techniques. Several pyrometallurgical techniques serve only as a preliminary treatment of the charge material. The products from these operations must be further processed either by pyrometallurgical process to recover ferromanganese, or by suitable chemical recovery techniques to recover the manganese product.*

**Keywords:** manganese ores, dephosphorization, enrichment, refining, technological methods, raw materials

*Ne všechny rudy s vysokým obsahem manganu jsou vhodné pro produkci feromanganu, protože často obsahují nemalé množství škodlivých prvků, především fosforu a křemíku. Nejsou tedy vhodné pro produkci feroslitin, které mají být určeny převážně k výrobě oceli s vysokým obsahem manganu. V tomto případě musí být použito surovin s co nejnižším obsahem škodlivých prvků, než u běžně vyráběných jakostí. Všechny metody uvedené v této práci jsou velmi účinné pro odstranění fosforu z manganových rud, ale také pro zlepšení kvality těchto rud. Aplikace těchto metod je relevantní pro řešený problém, protože jejich aplikací můžeme snižovat obsah fosforu v rudě s vysokou účinností. Porovnání optimálních podmínek požadovaných pro efektivní odfosfoření manganových rud, pomocí zředěných roztoků kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné jako hlavních loužících medií naznačuje, že účinnost všech tří kyselin je v podstatě stejná. Rozhodujícími faktory pro výběr kyseliny je tedy především dobrá dostupnost a předpokládané náklady. Kyselina chlorovodíková je levným a snadno dostupným produktem, proto je velmi vhodná pro použití v těchto fázích procesu. Výroba kyseliny chlorovodíkové je často vedlejším produktem v chemickém průmyslu. Důležité faktory tohoto procesu jsou podmínky úpravy samotné (teplota pražení, doba loužení, koncentrace kyseliny). Tyto faktory mohou významně ovlivnit náklady na energii a materiál pro loužení. Základním předpokladem procesu je ovlivnit poměr Mn/Fe a zlepšit tedy výnos manganu. Toto je kritický faktor, kterým posuzujeme kvalitu rudy nebo koncentrátů.*

**Klíčová slova:** manganová ruda, odfosfoření, obohacování, rafinace, technologické metody, suroviny

Manganese is an important element in the iron and steel industries. It is added to the steel in the form of ferromanganese, silico-manganese metal, which is produced in a submerged arc furnace using carbon as reductant. Reserves of high-grade manganese ores are limited [1]. According to the publication by US Minerals Survey in 1999, the total reserve of manganese ore in the world is 0.66 billion tons (table 1) [10].

Moreover, not all high-grade manganese ores are suitable for ferromanganese production, because some of them have high content of phosphorus and silica [1]. They are not suitable for production of manganese ferroalloys, which are to be used in the production of high-Mn steels as these ferroalloys have to be very clean since their impurities will dilute in the steel in a much lower extent than in conventional steels. The

Tab. 1 World Manganese ore reserves [2]  
Tab. 1 Světové zásoby manganové rudy [2]

Countries	Reserves in 1999 (mill. tons)
South Africa	370
Ukradne	135
China	40
India	34
Australia	26
Gabon	20
Brazil	18
Mexico	4
Others	small
<b>Total</b>	<b>660</b>

problem of preparation of low-grade manganese ores for smelting does not exist in most foreign countries, since metallurgical plants in those countries tend to use high-quality ores imported mainly from Africa, South America, or Australia [3]. The contents of iron, silicon, and phosphorus impurities in manganese ores is the limiting factor in the beneficiation process, but phosphorus is especially important in this regard [3]. It is thus necessary to develop processes enabling use of the vast resources of low-grade-ores [1].

However, phosphorus occurs in a more complex state and dephosphorization of these ores requires more drastic chemical treatment, such as roasting with caustic soda or sodium carbonate at 800 °C followed by leaching in water to remove the soluble sodium phosphate. First, the alkali consumption is rather high because of the presence of alumino-silicate gangue minerals. Second, the leached product needs thorough washing to remove the adhering sodium to meet the strict specifications for iron- and steelmaking. Third, the recovery of excess alkali involves expensive processes of evaporation and crystallization of the leach liquor.

## 1. High-intensity Arc Decomposition of Manganese Silicate

Rhodonite, essentially manganese silicate ( $MnSiO_3$ ) with as much as 42 % percent of manganese, is found in great abundance in several parts of the United States and it is a constituent of other raw materials. Conventional chemical processes, however, cannot extract the manganese from rhodonite without pre-treatment because of its refractory and very stable nature at ordinary process temperature.

In brief, the raw material is milled, mixed with carbon, and extruded into ore-bearing electrodes, which serve as the anodes in a high – intensity arc furnace, which is capable of reaching the temperatures in the range from 7,000 to 10,000 °C . At these temperatures, atoms of manganese, silicon, and oxygen are vaporized from the anode. As the vapour moves into the cooler part of the arc tail flame, the elements recombine into their simple oxides and are swept out of the furnace and collected in suitable dust filters. The condensed vapour is

chemically leached to separate the silica and incidental impurities from the manganese oxide. The flow diagram is illustrated in Figure 1.

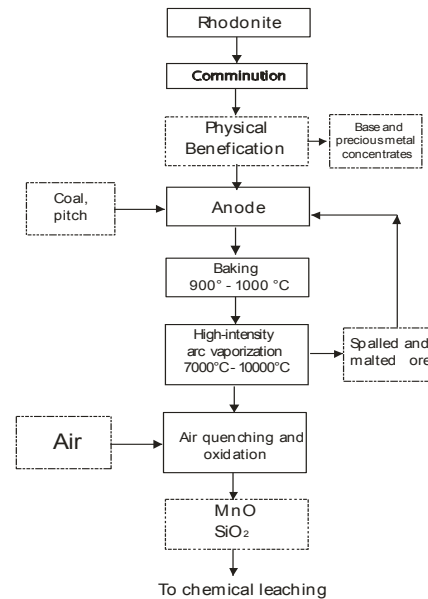


Fig. 1 High-intensity arc decomposition of manganese silicate  
Obr.1 Intenzivní rozklad manganových silikátů elektrickým obloukem

At full power, the temperature at the anode crater reached 7,000 to 10,000 °C in a very short time. At this intense heat, manganese, silicon, oxygen, and carbon were vaporized. When the vapour moved into the cooler part of the arc (2,000 °C) , the atoms and ions in the vapour rapidly condensed and combined with oxygen in the air to form their oxides ( $MnO$ ,  $SiO_2$ ,  $CO$ ). Air was swept through the system during the operation to provide excess oxygen for the oxidation of the vapour. This air also served as a convenient quenching medium for the vapour and transported oxide product was essentially a mixture of submicron-sized particles of  $MnO$  and  $SiO_2$  [4].

The manganous oxide accounted for approximately 80% of the manganese initially extruded into the ore-bearing electrodes. The major losses were due to spalling and melting of the electrode during vaporization. Recycling of the material lost in this manner to the preceding anode-fabrication step should increase manganese recoveries [4]. However, refinements in the operation designed to improve production rates should decrease the net power consumption. Nothing other than manganese solubility has been reported by the results of leaching the arc-decomposition product with acid. It seems that the possibility of the extremely finely divided silica dissolving or forming of the silica gel was not considered, nor the problems of solid liquid separation from the leached submicron particles.

## 2. Melting and quenching of siliceous manganese materials

The process is another operation designed to treat rhodonite and other siliceous manganese ores and slags,

which are not normally soluble in aqueous acid solution. In general, manganese silicate ores or slags are melted and rapidly quenched in a series of water sprays to form a finely divided, amorphous slag. The manganese in the quenched slag is bivalent and it is almost completely acid soluble in the leaching media, such as sulphuric acid [4].

The low-iron silicate ores, rhodonite, and/ore slag from the electric furnace production of ferromanganese, containing insoluble manganese silicates, are heated to the temperature exceeding 1100°C to form a molten slag in which manganese exists in the bivalent state. If the manganese in the charge is not already in the bivalent state, it is necessary to employ a reducing agent, such as carbon during melting to reduce it to manganous oxide. For high-iron ores slags, the carbon also reduces the iron to metal, thus creating a more favourable manganese to iron ratio in the slag. If the molten slag is cooled slowly, a crystalline structure containing insoluble manganese compounds is formed, whereas rapid cooling yields an amorphous product containing acid-soluble manganese. Quenching is accomplished by discharging the hot slag into a rapidly moving stream of water or by a series of water jets, which instantaneously cool the slag at contact and break it into relatively fine particles. The chilled product contains acid – soluble MnO in a physical form suitable for acid leaching recovery processes. The possibility of silica gel formation as a result of leaching was not mentioned. The flow diagram is shown in figure 2 [4].

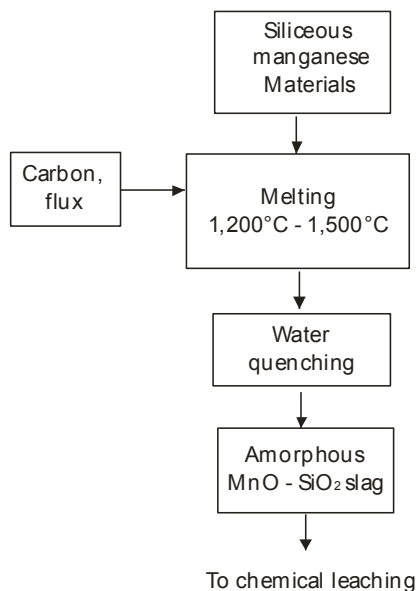


Fig. 2 Melting and quenching of siliceous manganese materials  
Obr. 2 Tavení a loužení manganových silikátů

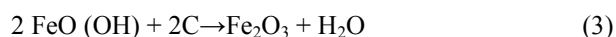
This method is very effective (reducing the phosphor content in the ore at lower costs of this removal process) for dephosphorization of high and medium grade manganese ores and it consists of: **reduction roasting** → **magnetic separation** → **leaching**.

### 3. Enrichment of the manganese to iron ratio of ferruginous low-grade manganese ore using solid reductant

The raw materials used in this study were analytical grade MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sandur manganese ore and charcoal. Chemical analysis of the ore provided the following results: Mn 32.1 %, Fe 22 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.60 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.11 %, CaO 0.14 % a BaO 0.12 % and the charcoal constituents were as follows: volatiles 13.80 %, ash 14.50 % and fixed carbon 71.7 % [1].

Thermo-gravimetric experiments using solid carbon reduction were carried out by suspending a quartz crucible, containing the charge mixture, in a vertical furnace. TGA experiments were carried out using 10g charges at a heating rate of 10 °C/min and with 20% excess stoichiometric carbon under nitrogen flow. The samples consisted of synthetic mixtures of MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and low- grade manganese ore. An excess of charcoal was used to ensure the reducing atmosphere. After each run, the reduced mass was quenched in water to avoid re-oxidation The quenched product was ground and then subjected to wet low-intensity magnetic separation to obtain a manganese enriched fraction [1].

The chemical reactions that occurred during the controlled reduction are assumed to be as follows:



It was observed that around 850°C, MnO<sub>2</sub> was reduced to MnO and iron to decreases. This may be due to progressive conversion of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> to FeO with time. Hence, there is an increase of iron in the non-magnetic fraction, which, in turn, brings down the Mn/Fe ratio [1].

From the TGA data for the synthetic mixture, which consisted of MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> in proportions similar to the ore used for the study, and the actual Sandur manganese ore, it was observed (Figs. 3 and 4) that the rate of reduction of the ore was lower than thermodynamic activities of the oxides and differences in the mineralogical composition of the natural ore.

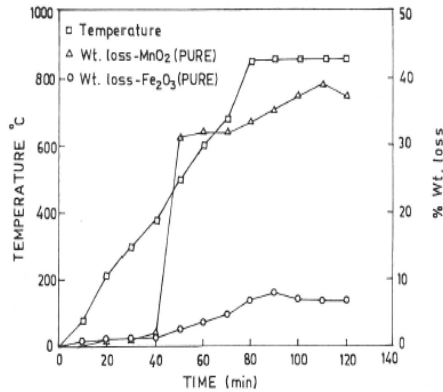


Fig. 3 TGA diagram for reduction of pure MnO<sub>2</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by carbon [1]

Obr. 3 TGA diagram redukce MnO<sub>2</sub> a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uhlíkem [1]

The effect of temperature on the reduction of manganese has a critical role in the reduction. Results show that manganese ore can be reduced selectively at 850°C and that a reduced fraction having a Mn/Fe ratio of more than 6 can be obtained. Further increases in the temperature had an adverse effect on the Mn/Fe ratio.

When the magnetic fraction was subjected to additional grinding and magnetic separation in the second stage, the overall recovery increased to the value of almost 69% with a decrease in Mn/Fe ratio to 5.8 [1].

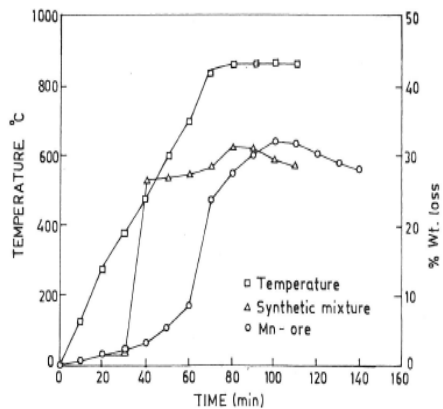


Fig. 4 TGA diagram for reduction of ore and synthetic mixture of carbon [1]

Obr. 4 TGA diagram redukce rudy a syntetické směsi uhlíkem [1]

Tab. 2 Results after the first – and the second stage of magnetic separation [1]

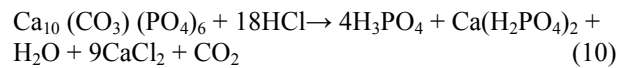
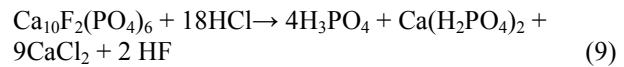
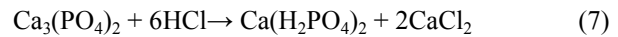
Tab. 2 Výsledky po první a druhé fázi magnetické separace [1]

Results after the first - and the second - stage of magnetic separation					
Fraction	Weight (%)	Fe (%)	Mn (%)	Mn/Fe ratio	Mn recovery (%)
<b>1<sup>st</sup> stage of magnetic separation (-150 μm):</b>					
Magnetic	55.20	35.60	28.64	1.24	49.30
Non-magnetic	44.80	5.80	36.25	6.20	50.20
<b>2<sup>nd</sup> stage of magnetic separation (1<sup>st</sup> stage magnetic fraction ground to -75 μm):</b>					
Magnetic	38.10	48.40	25.80	1.88	30.60
Non-magnetic	17.10	6.90	35.02	5.00	18.00

Final product after the 2 <sup>nd</sup> stage of magnetic separation:					
Magnetic	38.10	48.39	25.80	1.90	30.60
Non-magnetic	61.90	6.16	35.90	5.80	69.40
Charge	100.00	22.30	32.10	1.40	100.00

#### 4. Dephosphorization of phosphorus-rich manganese ores by selective leaching with dilute hydrochloric acid

The Indian manganese ores, especially those from the central provinces of Madhya Pradesh and Maharashtra, have high phosphorus content. Such high-phosphorus manganese ores cannot be used directly for metallurgical purposes unless they are blended with the low-phosphorus ores. The investigations continue using hydrochloric acid as a leaching agent. Mineralogical investigations of these ores reveal that phosphorus occurs mostly in the form of calcium phosphate minerals. (Sahoo et al., in prep.). Therefore, the probable reactions with hydrochloric acid may be written as follows:



The above reactions show that, unlike leaching with sulphuric acid, all the products are soluble in water and therefore the efficiency of leaching is expected to be greater when dilute hydrochloric acid is used as a leaching agent. The major advantage of hydrochloric acid as a leaching agent lies in its cost. It is also readily available in large quantity as a by-product of the caustic-chlorine industry [5].

#### Manganese ore samples

The laboratory-scale investigation was carried out using three (Nos. 1-3) high-phosphorus manganese ore samples from different localities of central India. In brief, all the samples are metamorphic ores consisting predominantly of braunite. For Ramtek and Goberwahi ores the matrix consists of silicate minerals that enclose and are also enclosed by manganese minerals. Other manganese minerals observed are bixbyite, pyrolusite and small amounts of psilomelane [5].

#### Laboratory-scale experiments

The three ore samples (Nos. 1-3) were crushed and ground in an iron mortar and pestle to -72 mesh (BSS) size. Different 361 sieve fractions were collected using

a Rotap sieve shaker for 20 min. The chemical analyses of the three ore samples are shown in table 3.

The measured volume of dilute hydrochloric acid was added to the known weight of the ground ore taken in a 250 ml tall-type beaker. The beaker was covered with a watch glass and placed into a thermostat bath (accuracy of 0.5 °C) and its contents was manually stirred from time to time. Leaching was done for a specified period of time, after which the suspensions were filtered and washed several times with water. The residue after drying (110 °C) was analysed for manganese, iron and phosphorus. The recovery of ore in all cases was not less than 95 %.

From the investigations of the various process parameters involved in the dephosphorization of high phosphorus manganese ores, the following conclusions were drawn: Leaching of high-phosphorus manganese ore samples from different localities of the central Indian manganese-ore belt in dilute hydrochloric acid reduces their phosphorus contents by 70-90 %. Depending on the nature of the ore, the concentration of acid required to reduce the phosphorus content below 0.10% varies from 0,5 to 0.25 M using the liquid/solid ratios between 2.5:1 and 4:1. For efficient dephosphorization, a temperature slightly above the ambient one and a period of leaching from 40 to 150 min. are required.

Comparison of the optimum conditions required for effective dephosphorization of the high-phosphorus manganese ores using dilute solutions of hydrochloric, sulphuric and nitric acids as leaching agents indicates that the efficiency of all the three acids is essentially the same. The availability and the relative cost are the deciding factors for the choice of a particular acid [6].

## 5. Dephosphorization of manganese alloys

Reductive dephosphorization occurs most rapidly at high temperature. Moreover, such dephosphorization is associated with the consumption or formation of very active compounds, such as phosphides of alkaline-earth metals. Conversely, oxidative dephosphorization occurs most vigorously at reduced temperatures and it is associated, as a rule, with the consumption of materials that are relatively inexpensive and readily available.

Dephosphorization on the basis of melts of readily fusible salts is of particular interest for metal used in critical applications. Dephosphorization using such melts that are easily available, may be not only effective but also economical. The following readily fusible reagents and mixtures are used for the dephosphorization of manganese alloys: industrial-grade calcium chloride  $\text{CaCl}_2$  (melting point 1045 K); sodium chloride (NaCl) (melting point 1073 K); calcium chloride and calcite ( $\text{CaCl}_2 : \text{CaCO}_3 = 7:03, 9:01$  a 2:1); calcium chloride and sodium chloride ( $\text{CaCl}_2 : \text{NaCl} = 1:1$ ); sodium chloride and sodium hydroxide (NaCl:

NaOH = 1:2); sodium chloride and sodium carbonate (NaCl:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2:1, 7:03, 6:4, 1:1$ ); sodium chloride and sodium nitrate (NaCl:  $\text{NaNO}_3 = 2:1, 7:03, 4:1$  a 9:1). The mixtures are prepared both by melting the components in a resistance furnace and simply by thorough mixing. After melting, the mixtures are ground to the 0.16–0.20 mm fraction. Briquets are prepared from the mixtures and from manganese alloys. The size of the metal powder is assumed to be 1 mm in all the experiments, except for those, in which the influence of the alloy size on dephosphorization is studied. The briquets are subjected to isothermal dwell at the temperatures of 973–1173 K for 120 min, in alundum crucibles, on air, in the muffle furnace. The temperatures chosen are above the melting point of the salt mixture, but below the melting point of the alloy being processed. Duration of dwell is varied in those experiments where its influence on the dephosphorization is studied [7].

The results of dephosphorization are better when using readily fusible salts with the addition of oxygen bearing components, such as NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ , and  $\text{CaCO}_3$ . The results of treating of the manganese alloys with melts of mixtures of NaOH and NaCl,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and NaCl,  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaCl}_2$ , and  $\text{NaNO}_3$  and NaCl, show that phosphorus is most effectively removed from manganese alloys at treatment by the NaOH–NaCl melt, but this process is environmentally problematic.

Therefore, experiments are conducted with a view to replace the sodium hydroxide in the mixture with a less environmentally hazardous material. By adjusting the quantity of mixture employed, the specified phosphorus content may be obtained. It is also found that the degree of dephosphorization increases with decrease in particle size of the alloy, which permits the dephosphorization of fines obtained in grinding the alloys; these may be then used at suspension casting or at re-melting of the manganese alloys with a high phosphorus content, which permits 0.10–0.15 % reduction in phosphorus content in the final alloy [6].

Solid-phase oxidative dephosphorization of carbon-bearing ferro-manganese reduces the carbon content; at the treatment of an alloy with 6.3–7.0 % carbon by the  $\text{CaCl}_2$ – $\text{CaCO}_3$  mixture, the final carbon content is 4.50–4.72 %; for NaCl– $\text{Na}_2\text{CO}_3$  treatment, the final content is 1.94–2.10%. At the same time, some samples of carbon-bearing ferro-manganese disintegrate at the treatment with NaCl– $\text{Na}_2\text{CO}_3$  melts; X-ray phase analysis indicates the presence of the phase  $\text{Mn}_5\text{C}_2$ . Solid-phase dephosphorization is of interest not only for the production of low-phosphorus manganese alloys, but also in terms of processing of the fines obtained by crushing and fractionation of the alloys.

One version of the proposed system for dephosphorization of the manganese alloys by NaCl– $\text{Na}_2\text{CO}_3$  melts is shown in Fig. 5 [7].

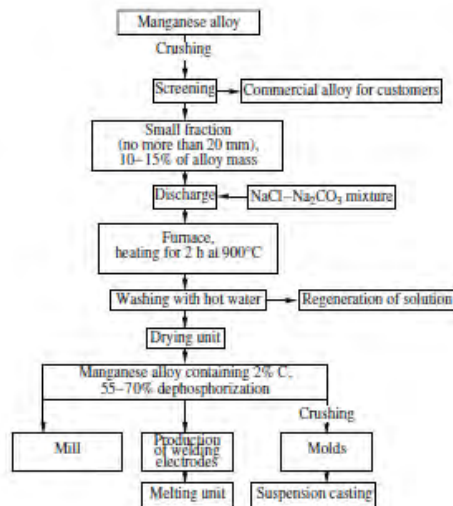


Fig. 5 System for dephosphorization of manganese alloys by melts of NaCl-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mixtures [7]

Obr. 5 Systém odfosfoření směsí pomocí směsí NaCl-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> [7]

The proposed enrichment of manganese ore yields concentrate with the phosphorus content of less than 0.009%. Melts of CaCl<sub>2</sub>-CaCO<sub>3</sub> and NaCl-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mixtures may be successfully used for the dephosphorization of manganese alloys; this is especially true for the NaCl-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mixtures. The degree of dephosphorization is 67–75 %; with simultaneous drop in the carbon content in the alloy to 2.1% [7].

## Conclusions

All the methods listed in the first part of this work are very effective for removing phosphorus from the ore or for improvement of quality of these ores. These methods are relevant for our problem because their application and use is highly efficient for the reduction of the phosphorus content.

Comparison of the optimum conditions required for effective dephosphorization of the high-phosphorus manganese ores using dilute solutions of hydrochloric, sulphuric and nitric acid as leaching agents indicates that the efficiency of all the three acids is essentially the same. The availability and the relative costs are the deciding factors for the choice of the particular acid.

HCl is cheap and it is readily available product, therefore it is very good for using in this process.

This production is a by-product of the chemical industry. Important factors for this process are conditions of the treatment (roasting temperature, leaching time, concentration of acid). This factors can significantly influence the costs of energy and material for leaching, which is the bottom line for selection of the good method. The magnetic separation is the process following the roasting of the manganese ores. This process and thus the costs of the whole process influence significantly the choice of the best process. It improves the yield of manganese, as well as the Mn/Fe ratio. This is the critical factor for the quality of the ore concentrates.

## Acknowledgements

*This work and results were obtained within the framework of the solution through the Erasmus exchange of students in the academic year 2010/2011 in cooperation with the TU-Clausthal, Institute of Metallurgy, Germany.*

## Literature

- [1] SWAMY Y.V., BHOI B., PRAKASH S, RAY H.S., *Enrichment of the manganese to iron ratio of ferruginous low-grade manganese ore using solid reductant*’, Minerals and Metallurgical processing, Vol.15, No. 3, 1998
- [2] TAO MIN, TANG XIAOZHANG, *„Review and Outlook of Chinese Manganese Mining Industry”*, International Manganese Institute Annual Conference, Shanghai, China, June 2002
- [3] SUTYRIN YU.E. *Resources and Ecology: The importance of the phosphorus content of manganese ores in the choice of beneficiation technology*, Metallurgist, Vol.47, Nos.7-8, 2003
- [4] NORMAN L.D, KIRBY R.C.: *„Review of Major Proposed Processes for Recovering Manganese from United States Resources”*, Bureau of Mines, 1962
- [5] KANUNGO S.B., SANT B.R. *„Dephosphorization of phosphorus-rich manganese ores by selective leaching with dilute hydrochloric acid, International of Mineral Processing ”*, pp. 359- 375, 1981
- [6] SAHOO P.K., K. SRINIVASA RAO, *„Sulphation-Roasting of Low- Grade Manganese Ores - Optimisation by Factorial Design”*, Regional Research Laboratory, Bhubaneswar (India), International Journal of Mineral Processing, 25 (1989), pp. 147-152
- [7] ROZHIKHINA D.I. *„Producing Manganese - Bearing Materials with a Reduced Phosphorus Content”*, Steel in Translation, Vol. 37, No. 6, pp. 486-489, 2007, ISSN 0967-0912

## Vliv struskotvorných a dezoxidačních přísad na průběh mimopecního zpracování oceli v TŘINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH, a.s.

### Influence of Slag and Deoxidation Additives on the Process of Secondary Metallurgy in TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.

Ing. Ladislav Socha, Ph.D.<sup>1</sup>, prof. Ing. Jiří Bažan, CSc.<sup>1</sup>, Ing. Karel Gryc, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Petr Styrnal<sup>2</sup>, Ing. Václav Pilka<sup>3</sup>, Ing. Zbygněv Piegza<sup>3</sup>, Ing. Jan Melecký, CSc.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>VŠB - Technická univerzita Ostrava, FMMI, Katedra metalurgie a slévárenství, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Česká republika

<sup>2</sup>JAP TRADING, s.r.o., Karpentná 146, 739 94 Třinec, Česká republika

<sup>3</sup>TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Průmyslová 1000, 739 94 Třinec, Česká republika

<sup>4</sup>1. máje 33, 743 01 Bílovec, Česká republika

*V práci jsou uvedeny provozní výsledky a zkušenosti s použitím struskotvorných přísad a způsobu dezoxidace oceli za různých technologických podmínek při mimopecním zpracování v ocelárně TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a.s. Cílem provozních experimentů bylo porovnání různých variant podílů struskotvorných přísad představujících vápno (CaO), karbid vápníku (CaC<sub>2</sub>), granulovaný hliník (Al<sub>granul</sub>), dva typy briketovaných ztekucovadel (A55C15BW, A65C11VS) na bázi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a dezoxidačních činidel se zaměřením na zhodnocení možností dosažení optimálního chemického složení strusky umožňující zlepšení kinetických podmínek v pánvové strusce v průběhu mimopecního zpracování oceli. Posouzení vlivu ztekucujících přísad a způsobu dezoxidace oceli bylo provedeno vyhodnocením průběhu změn chemického složení pánvových strusek pomocí ternárních diagramů CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. Dále bylo provedeno hodnocení pomocí dosažených stupňů odsíření (η<sub>s</sub>), aktivity kyslíku v oceli a základních parametrů strusek, mezi které patří: bazicita, obsah lehce redukovatelných oxidů, poměr CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a Mannesmannův index. Na základě dosažených výsledků bylo prokázáno, že úpravou chemického složení strusky odlišnými podíly struskotvorných přísad a dezoxidačních činidel dochází ke snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů a vytvoření dostatečně bazické, tekuté strusky s nízkou teplotou tavení, která přispívá k urychlení fyzikálně chemických dějů na rozhraní struska – kov, čímž pozitivně ovlivňuje účinnost metalurgických dějů.*

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

*This paper presents plant results and experience with the utilization of slag-making agents and method of steel deoxidation under different technological conditions during secondary metallurgy treatment in the steel-shop of TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.. Plant experiments were aimed at comparison of various variants of proportions of slag-making agents containing lime (CaO), calcium carbide (CaC<sub>2</sub>), granular aluminium (Al<sub>granul</sub>), two types of briquetted fluxing agents (A55C15BW, A65C11VS) based on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and deoxidising agents with focus on evaluation of achievement of optimum chemical composition of slag, enabling improvement of kinetic conditions of ladle slag during treatment in secondary metallurgy units. Assessment of influence of fluxing agents and the method of steel deoxidation was made by the evaluation of the evolution of changes in the chemical composition of ladle slags with use of ternary diagrams CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. Further evaluation by the help of achieved degrees of desulphurisation (η<sub>s</sub>) and basic parameters of slags was made. They comprised basicity, contents of easily reducible oxides, proportion of CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Mannesmann's index. It follows from ternary diagrams CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> that the variant C approached the optimum composition of slag according to the findings from literature, in which the following contents were achieved: 45 to 50 wt. % CaO, approx. 21 wt. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and approx. 15 wt. % SiO<sub>2</sub>. The lowest intervals of melting temperatures of ladle slags were achieved in the variant C, namely within the range from 1600 to 1800°C, while some heats varied at the boundary of melting temperature of 1500°C. It follows from the results of desulphurisation degree, that the variant C approached the best the creation of liquid refining slag, which would participate in desulphurisation during independent technological operations. On the basis of results of basicity B it is possible to classify the variants A and D into the group of slags with medium basicity, while the variants B and C belong to the group of strongly basic slags. Evaluation of desulphurisation only on the basis of basicity B1 proved to be insufficient – as presumed. Evaluation of contents of easily reducible oxides in individual variants has confirmed the positive influence of addition of calcium carbide (CaC<sub>2</sub>) on reduction of contents of easily reducible oxides. It follows from the results of calcium-aluminous proportion and from the Mannesmann's index that bigger contents of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in ladle slag, thanks to the increased quantity of fluxing agent (A55C15BW) added during tapping, has positive effect. Ensuring of deep desulphurisation of steel by aluminium (Al<sub>granular</sub>) at tapping, oxygen activity already in the homogenisation station was decreased and also the remelt loss of the alloying additions of FeSi and FeSiMn was decreased, which was manifested by lower contents of SiO<sub>2</sub> in the ladle slag. On the basis of the achieved results it was manifested that the modification of chemical*

*composition of slag by different proportions of slag-making and deoxidising agents caused the decrease of content of easily reducible oxides and creation of sufficiently basic liquid slag with the low melting temperature. It contributes to acceleration of physical chemical actions at the interface slag - metal whereby it positively influences the effectivity of metallurgical actions.*

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

Při mimopecním zpracování oceli jsou za účelem efektivní rafinace oceli používány struskotvorné přísady, jejichž základní úlohou je vytvoření aktivní strusky pro zlepšení kinetických podmínek a rafinačních procesů na rozhraní struska – kov, odsíření oceli a také pohlcování nekovových vměstků. Tvorba aktivní strusky nespočívá pouze v použití struskotvorných přísad, protože struska je tvořena nejen jimi, ale i produkty dezoxidace oceli ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ), zplodinami opotřebení vyzdívky a opravárenského materiálu a také určitým množstvím původní oxidační strusky ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) [1].

Jednu z možností, jak lze vytvořit aktivní strusku v rámci mimopecního zpracování oceli, představuje optimalizace struskového režimu v lici pánvi. Tato optimalizace spočívá v cílené úpravě chemického složení strusky dalšími přísadami struskotvorných přísad, ale také snížením obsahu lehce redukovatelných oxidů s cílem vytvoření dostatečně bazické, tekuté strusky s nízkou teplotou tavení, která přispívá k urychlení fyzikálně chemických dějů na rozhraní struska kov, čímž pozitivně ovlivňuje účinnost metalurgických dějů.

V současnosti jsou strusky v lici pánvi nejčastěji tvořeny struskotvornými přísadami představující vápno a ztekucující přísady, nebo-li ztekucovadla, na bázi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Tato ztekucovadla jsou vyráběna z přírodních surovin (např. bauxit, vápenec, dolomit atd.) nebo různých druhotných surovin (např. hliníkové stěry, strusky z výroby vanadu atd.) doplněné o přísady (např. vápno, vápenec atd.). Takto připravené směsi jsou dále zpracovány na ztekucovadla v různých formách (např. přetavené, peletizované, kusové nebo práškové směsi atd.). Všechny výše uvedené typy ztekucovadel jsou používány s určitými omezeními, která vyplývají z výběru použitých surovin a technologie výroby [2].

Složení strusky v lici pánvi je však ovlivněno také produkty dezoxidace oceli ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ). Proto je vhodné věnovat pozornost způsobu dezoxidace oceli s cílem optimalizovat množství jednotlivých dezoxidačních činidel ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{FeSiMn}$  atd.) a stanovit nejvhodnější technologii použití [1]. Z literárních podkladů [3, 4, 5] bylo zjištěno, že optimální struska pro ocel dezoxidovanou hliníkem určenou pro mimopecní zpracování oceli by měla obsahovat následující podíly oxidů: cca 60 %  $\text{CaO}$ , 30 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , méně než 6 %  $\text{SiO}_2$  a méně než 1 %  $\text{FeO}$ .

Príspevek navazuje na práce autorů [6, 7, 8, 9], které jsou zaměřeny na optimalizaci pánvové strusky pomocí briketovaných ztekucovadel (na bázi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) v provozních podmínkách podniku TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. (dále jen TŽ, a.s.). Cílem provozních experimentů bylo porovnání různých variant podílů struskotvorných přísad a dezoxidačních činidel se zaměřením na posouzení možností dosažení optimálního chemického složení strusky umožňující zlepšení kinetických podmínek v rafinační pánvové strusce v průběhu zpracování na zařízeních sekundární metalurgie.

## 1. Charakteristika provozních experimentů v podmínkách ocelárny TŽ, a.s.

Provozní experimenty s briketovanými ztekucovadly strusek byly realizovány při zpracování oceli na zařízeních sekundární metalurgie v podmínkách ocelárny TŽ, a.s. Hodnocení vlivu ztekucujících přísad a způsobu dezoxidace oceli na chemické složení a rafinační schopnosti strusek bylo provedeno při zpracování oceli na stanici homogenizace inertním plynem (SHIP) a pánvové peci (LF).

Vlastní výrobní proces probíhal následujícím způsobem: po zpracování oceli v kyslíkovém konvertoru byl proveden odpich do lici pánve. Po začátku odpichu byl nejprve přidán jeden ze dvou typů ztekucovadel (A55C15BW nebo A65C11VS) s cílem zajištění co nejnižších teplot likvidu u rafinačních strusek. Spolu se ztekucovadlem byl přidán i karbid vápníku ( $\text{CaC}_2$ ) pro snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů představujících přeteklou pecní strusku z kyslíkového konvertoru. Následně byl přidán hliník ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ) určený pro dezoxidaci oceli. V průběhu odpichu byly přidány legující přísady jako  $\text{FeSi}$ ,  $\text{FeSiMn}$  a nauhličovadlo. Na závěr odpichu byla přidána hlavní část struskotvorných přísad vápno ( $\text{CaO}$ ). Po odpichu byla lici pánve s ocelí a vytvořenou struskou převezena na homogenizační stanici, kde proběhla homogenizace oceli, a to horní tryskou ( $700 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) a spodní dmyšnou ( $400 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) pomocí argonu. Poté byla lici pánve převezena na pánvovou pec, kde došlo k úpravě strusky přísadkou vápna, ztekucovadla (A65C11VS) a hliníku ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ). Těmito přísadami struskotvorných přísad došlo k úpravě chemického složení strusky, po kterém proběhlo standardní zpracování na pánvové peci představující ohřev, odsíření, homogenizaci a rafinaci oceli. Po ukončení zpracování na pánvové peci následovalo liti na zařízení plynulého odlévání [10].

Tab. 1 Výrobní chemické složení oceli S355  
Tab. 1 Chemical composition of produced steel S355

Jakost	Rozsah	Chemické složení (hm. %)					
		C	Mn	Si	P	S	Al
S355	Min.	0,15	1,27	0,35	×××	×××	0,025
	Max.	0,17	1,45	0,45	0,020	0,020	0,040

Tab. 2 Charakteristika jednotlivých variant provozních experimentů  
Tab. 2 Characteristic of particular variants of plant experiments

Varianta experimentu	Přidávky hlavní části struskotvorných přísad (kg)				
	A55C15BW	A65C11VS	CaC <sub>2</sub>	Al <sub>granul</sub>	CaO
A	400	×××	×××	150	1200
B	×××	300	100	150	1200
C	400	×××	100	300	1200
D	×××	300	100	200	1500

Tab. 3 Základní parametry použitých ztekucovadel  
Tab. 3 Basic parameters of used fluxing agents

Typ ztekucovadla	Průměrné chemické složení (hm. %)					Použité pojivo	Pevnost (MPa)
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>		
A55C15BW	55,0	15,0	4,0	1,5	2,0	organické	8 – 15
A65C11VS	65,0	11,0	6,0	×××	3,5	vodní sklo	8 – 15

V provozních podmínkách bylo realizováno celkem 21 taveb, a to při výrobě nelegované konstrukční oceli S355 různých modifikací, jejíž základní chemické složení je uvedeno v tab. 1. Je vhodné uvést, že provozní experimenty proběhly při výrobě 3 modifikací oceli S355, přičemž byly požadovány rozdílné maximálně přípustné obsahy síry v oceli (0,015 a 0,020 hm. %).

V průběhu zpracování oceli na zařízeních sekundární metalurgie (stanici SHIP a pánvové peci LF) byly odebrány vzorky oceli a strusky na následujících technologických místech: v lici pánvi po odpichu z kyslíkového konvertoru a příjezdu na homogenizační stanici (vzorek SHIP<sub>příjezd</sub>), před odjezdem z homogenizační stanice na pánvovou pec (vzorek SHIP<sub>odjezd</sub>), na začátku zpracování na pánvové peci (vzorek LF<sub>příjezd</sub>) a na konci zpracování na pánvové peci (vzorek LF<sub>odjezd</sub>). V případě odběru vzorků oceli byla provedena analýza obsahu síry a u vzorků strusek byla provedena analýza zaměřená na základní typy oxidů a obsah síry.

## 2. Základní parametry jednotlivých variant experimentů

Pro vytvoření aktivní strusky v lici pánvi pro zpracování na zařízeních sekundární metalurgie byly navrženy různé varianty experimentů. Tyto varianty se mezi sebou lišily nejen použitými struskotvornými přísadami, ale i přidáním množstvím přísad do lici pánve. Celkem byly navrženy čtyři varianty, u kterých byly použity následující přísady: vápno (CaO), karbid vápníku (CaC<sub>2</sub>), granulovaný hliník (Al<sub>granul</sub>) a dva typy ztekucovadel (A55C15BW a A65C11VS) na bázi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vyvinuté firmou JAP TRADING, s.r.o. Základní charakteristika jednotlivých variant je uvedena v tab. 2.

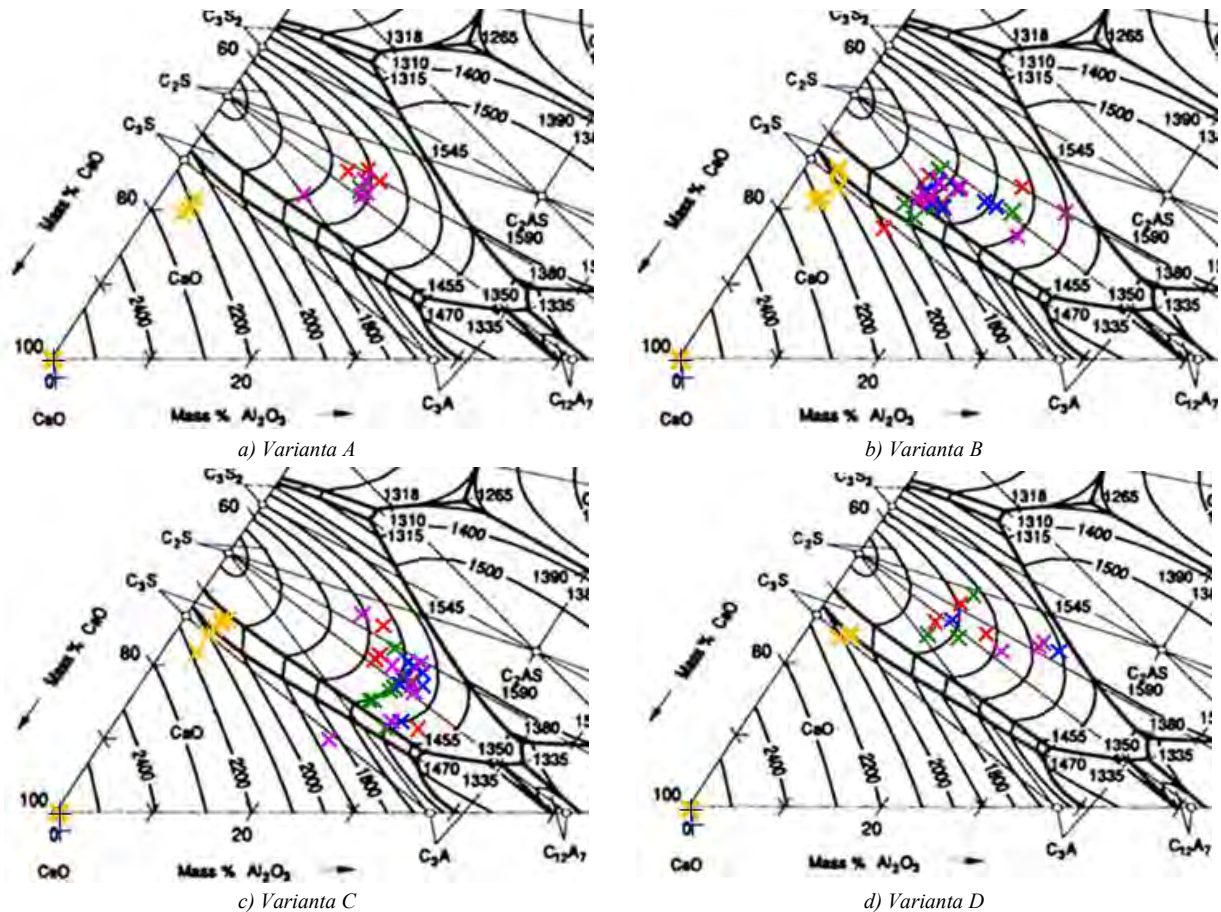
V případě varianty A byly sledovány čtyři tavy, u varianty B osm taveb, u varianty C sedm taveb a u varianty D tři tavy.

Z tab. 2 vyplývá, že u všech navržených variant byla pro provozní experimenty vybrána dvě ztekucovadla na bázi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Tato ztekucovadla obsahují stejné základní složky, ale mezi sebou se liší v obsahu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO a druhu použitého pojiva. Jejich základní chemické složení je uvedeno v tab. 3. Dále byl přidán karbid vápníku (CaC<sub>2</sub>) s cílem snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů v případě průniku pecní strusky z kyslíkového konvertoru. Pro zajištění hluboké dezoxidace byl použit granulovaný hliník (Al<sub>granul</sub>), přičemž uvedené dezoxidační činidlo bylo přidáno také s cílem snížení propalu legujících přísad a přechodu vzniklých oxidů do strusky v lici pánvi. Poslední složku představují dvě odlišné dávky vápna (CaO).

## 3. Hodnocení dosažených výsledků

Posouzení vlivu jednotlivých variant struskotvorných přísad a dezoxidačních činidel na ovlivnění chemického složení strusek bylo realizováno v několika částech. Nejprve bylo provedeno vyhodnocení průběhu změn chemického složení rafinačních strusek na základě analýzy vzorků odebraných během zpracování na dvou zařízeních sekundární metalurgie (stanici SHIP a pánvové peci LF). Dosažené výsledky změn chemického složení byly pro jednotlivé varianty zpracovány do výřezu ternárních diagramů uvedených na obr. 1a až obr. 1d [11].

Z ternárních diagramů CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> vyplývá, že v případě varianty A (obr. 1a) se teploty tavení strusek v pánvi pohybují v průběhu celého zpracování v oblasti nad 1800 °C.



Poznámka: žlutá barva – konvertorová struska, červená barva – struska homogenační stanice (vzorek SHIP<sub>příjezd</sub>), zelená barva – struska homogenační stanice (vzorek SHIP<sub>odjezd</sub>), modrá barva – struska pánvová pec (vzorek LF<sub>příjezd</sub>), fialová barva – struska pánvová pec (vzorek LF<sub>odjezd</sub>)

Obr. 1 Ternární diagram CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> složení pánvové strusky  
Fig. 1 Ternary diagram CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> of ladle slag composition

To lze vysvětlit nízkými obsahy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cca 15 hm. % ve strusce se současně zvýšenými obsahy SiO<sub>2</sub> v rozsahu 18 až 20 hm. % a obsahem CaO cca 49 hm. %. Na zvýšeném obsahu SiO<sub>2</sub> se podílí vyšší propal křemíku při přednostním dávkování FeSi nebo FeSiMn použitého při odpichu jako legující přísady. Z ternárního diagramu také vyplývá, že v průběhu mimopecního zpracování dochází k mírně změně chemického složení a teploty tavení rafinační strusky se přibližují k hraniční oblasti 1600 °C. Tento jev lze vysvětlit přidávkou hliníku (Al<sub>granul</sub>) na pánvové peci, kdy došlo ke snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů a zejména zlepšení poměru C/A.

U varianty B (obr. 1b) je patrný výraznější průběh změn chemického složení strusek, přičemž se jejich teplota tavení pohybuje v oblasti nad 1800 °C. Uvedenou změnu lze vysvětlit nízkými obsahy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve strusce cca 13 hm. %, přičemž obsahy SiO<sub>2</sub> byly nižší než v předchozí variantě (cca 17 hm. %) a obsah CaO se pohyboval v rozsahu 51 až 54 hm. %. V tomto případě lze konstatovat, že nižší přírůstek ztekucovadla A65C11VS se negativně projevil na množství Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve strusce, i když toto ztekucovadlo obsahuje vyšší obsahy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. V případě několika taveb je však dosažena oblast teploty tavení v rozsahu 1600 až

1800 °C, a to u odjezdových strusek z pánvové pece. Uvedený jev lze vysvětlit přidávkou vápna (CaO), ztekucovadla (A65C11VS) a hliníku (Al<sub>granul</sub>), což vedlo ke změně chemického složení strusky.

V případě varianty C (obr. 1c) lze konstatovat, že chemické složení strusek se od počátku zpracování pohybuje v oblasti teplot tavení 1600 až 1800 °C. U této varianty bylo dosaženo následujících obsahů základních oxidů: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cca 21 hm. %, SiO<sub>2</sub> cca 15 hm. % a rozsah CaO 45 až 50 hm. %. V tomto případě se zřejmě potvrdil pozitivní vliv vyšších přírůstků ztekucovadla A55C15BW a hlavně dvojnásobně vyššího množství hliníku (Al<sub>granul</sub>) použitého pro zajištění hluboké dezoxidace. Některé taveby se však pohybují v rozpětí teplot tavení 1500 až 1600 °C. To lze vysvětlit postupným rozpouštěním jednotlivých složek pánvové strusky, ale také přidávkou vápna (CaO), ztekucovadla (A65C11VS) a hliníku (Al<sub>granul</sub>) na pánvové peci s cílem úpravy chemického složení strusky a vytvoření rafinační strusky.

Poslední varianta D (obr. 1d) vykazuje největší změny chemického složení strusek v průběhu zpracování. Hlavní část jednotlivých strusek se však pohybuje v oblasti teplot tavení nad 1800 °C. To lze vysvětlit

nízkými obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (cca 13 hm. %) a současně zvýšenými obsahy  $\text{SiO}_2$  (cca 21 hm. %), přičemž CaO se pohybuje v rozsahu cca 46 až 52 hm. %. V tomto případě lze konstatovat, že nižší obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve strusce jsou způsobeny nižším přídatkem ztekucovadla A65C11VS přidaného během odpichu. Na zvýšeném obsahu  $\text{SiO}_2$  se podílí vyšší propal křemíku při přednostním dávkování FeSi nebo FeSiMn použitého při odpichu jako legující přísady a zejména nižší přídatky hliníku ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ) během odpichu. Z ternárního diagramu také vyplývá, že několik odjezdových strusek z pánvové pece dosahuje na spodní hranici teplot tavení v oblasti 1600 °C. Tento jev lze vysvětlit přídatky ztekucovadla (A65C11VS) a hliníku ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ) přidaných na pánvové peci s cílem zvýšení obsahu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve strusce a snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů.

Kromě hodnocení dle chemického složení strusek v ternárních diagramech bylo provedeno i hodnocení pomocí dosažených stupňů odsíření ( $\eta_s$ ), aktivity kyslíku v oceli a základních parametrů strusek. Pro vyhodnocení jednotlivých sledovaných parametrů byly použity vztahy a metodika uvedená v příspěvku [12] zaměřeném na vyhodnocení vlivu ztekucovadel na bázi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  při mimopecním zpracování oceli.

Výsledky sledovaných parametrů stupňů odsíření ( $\eta_s$ ) jsou uvedeny na obr. 2 a představují stupně odsíření pro jednotlivé technologické operace, které proběhly během zpracování oceli:

- $\eta_s \text{LD}$  – stupeň odsíření při odpichu oceli z LD konvertoru do lící pánve LP,
- $\eta_s \text{SHIP}$  – stupeň odsíření dosažený v průběhu zpracování oceli na homogenizační stanici SHIP,
- $\eta_s \text{LP}$  – stupeň odsíření dosažený v lící pánvi LP během převozu na pánvovou pec LF,
- $\eta_s \text{LF}$  – stupeň odsíření dosažený v průběhu zpracování oceli na pánvové peci LF,
- $\eta_s \Sigma$  – celkový stupeň odsíření dosažený v průběhu mimopecního zpracování oceli.

Z výsledků je patrné, že stupně odsíření ( $\eta_s$ ) dosahovaly pro jednotlivé varianty odlišných hodnot. Celkový stupeň odsíření ( $\eta_s \Sigma$ ) se pohyboval v rozmezí cca 49 až 57 % (obr. 2). To souvisí s nízkými počátečními obsahy síry v oceli v rozsahu cca 0,025 až 0,036 hm. % a také rozdílnými požadovanými obsahy síry v oceli v rozsahu do 0,015 hm. %, respektive do 0,020 hm. %. Je vhodné upozornit, že provozní experimenty probíhaly u taveb, které nebyly určeny pro zpracování na vakuovací stanici (RH) a jejich pracovní teploty se pohybovaly v rozmezí 1572 až 1582 °C.

Nejlépeších výsledků průběžného odsířování dosahuje varianta C (obr. 2). Lze předpokládat, že u této varianty dochází v průběhu jednotlivých technologických operací k rychlejšímu rozpouštění struskotvorných přísad za vzniku tekuté rafinační strusky, která se průběžně podílí na odsíření oceli (CaO 45 až 50 hm. %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cca 21 hm. % a  $\text{SiO}_2$  cca 15 hm. %). Tento trend potvrzují i výsledky z ternárního diagramu představující teploty tavení strusky na obr. 1c.

Kromě stupňů odsíření ( $\eta_s$ ) bylo provedeno i hodnocení vybraných parametrů strusek a aktivity kyslíku v oceli, jejichž výsledky jsou uvedeny na obr. 3 až obr. 7 a představují aktivitu kyslíku, bazicitu, obsah lehce redukovatelných oxidů, poměr  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  a Mannesmannův index. Vztahy a způsob výpočtu vybraných parametrů vychází z příspěvků [11, 12].

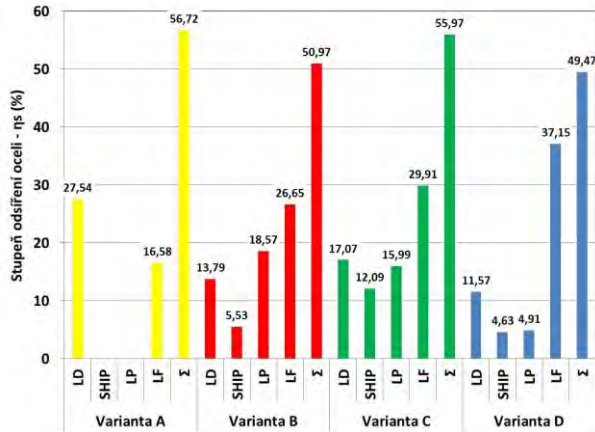
Z porovnání jednotlivých bazicit B1 (obr. 3) vyplývá, že varianty A a D lze zařadit do skupiny středně bazických a varianty B a C patří do skupiny silně zásaditých strusek. Dosažené hodnoty souvisejí s obsahy CaO a  $\text{SiO}_2$ . Výsledný stupeň odsíření ( $\eta_s \Sigma$ ) u jednotlivých variant však nelze zdůvodnit pouze na základě bazicity. Proto bylo přistoupeno k hodnocení dalších parametrů.

Dále byl sledován obsah lehce redukovatelných oxidů v pánvových struskách (obr. 4). V tomto případě byl zjištěn jejich výrazně vyšší obsah, a to u variant B, C a D. Tyto vyšší obsahy dokazují, že došlo k průnikům pecní strusky do lící pánve v závěru odpichu. Lze předpokládat, že určité množství lehce redukovatelných oxidů vzniká částečnou dezoxidací a legováním oceli. Přidání karbidu vápníku ( $\text{CaC}_2$ ) u variant B, C a D se projevilo postupným snižováním obsahu těchto oxidů při jeho rozpouštění. Tento proces byl podpořen na pánvové peci přídatky hliníku ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ).

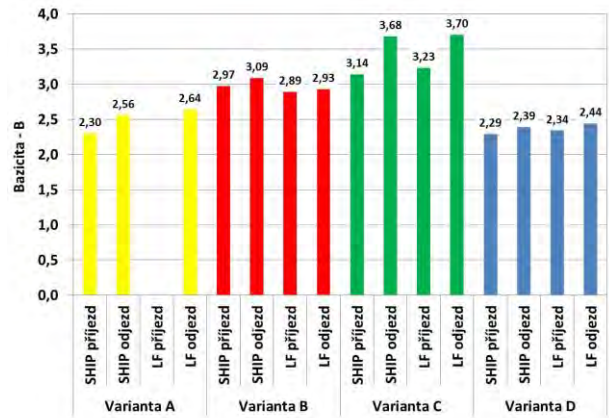
V případě vápenato-hlinitanového podílu (C/A) je patrné, že všechny varianty (obr. 5) dosahují hodnoty přesahující optimální hodnoty tohoto parametru (cca 2,0 až 2,5). Nejstabilnějších hodnot dosahuje varianta C, kdy se tento parametr pohybuje v rozmezí cca 2,1 až 2,5. V případě varianty A se tento podíl pohybuje v rozsahu cca 3,1 až 3,4, což je způsobeno nízkými obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve strusce (cca 15 hm. %).

V případě varianty B a D (obr. 5) na začátku experimentu dosahují hodnot  $> 4$ , což je opět způsobeno nízkými obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve strusce cca 12 hm. %. U těchto variant dochází následně během zpracování k poklesu hodnot, což je způsobeno postupným rozpouštěním ztekucovadel (A65C11VS) a přídatků hliníku ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ), přičemž k optimální hodnotě se přiblížila pouze varianta D.

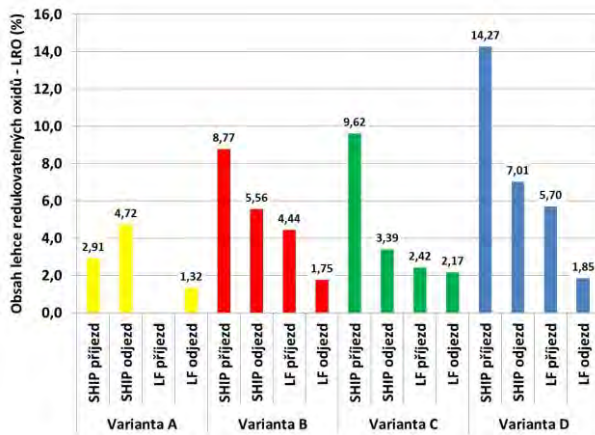
Další sledovaný parametr představuje Mannesmannův index (obr. 6), jehož optimální hodnota se pohybuje v rozmezí 0,15 až 0,30. Z výsledků vyplývá, že u varianty A a C dochází k jeho mírnému růstu, což je způsobeno postupným rozpouštěním ztekucovadla (A55C15BW) a přídatky hliníku ( $\text{Al}_{\text{granul}}$ ) pro redukcí lehce redukovatelných oxidů za vzniku  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve strusce. Dosažené hodnoty se pohybují v rozsahu cca 0,15 až 0,18 a odpovídají stupňům odsíření 57 a 56 %. U zbylých variant B a D však v průběhu zpracování dochází k poklesu hodnot, což souvisí s rostoucími obsahy



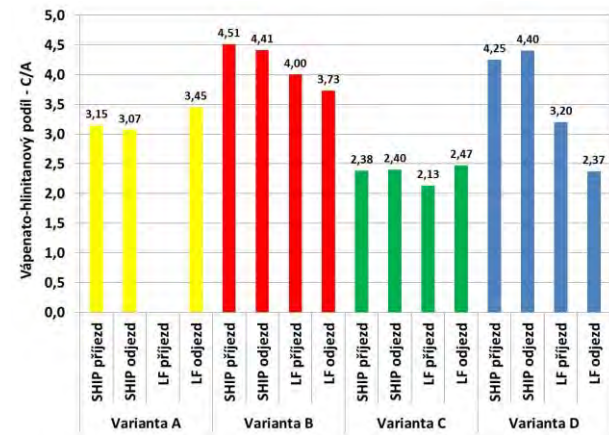
Obr. 2 Dosažené stupně odsíření oceli S355  
Fig. 2 Achieved degrees of desulphurisation of the steel grade S355



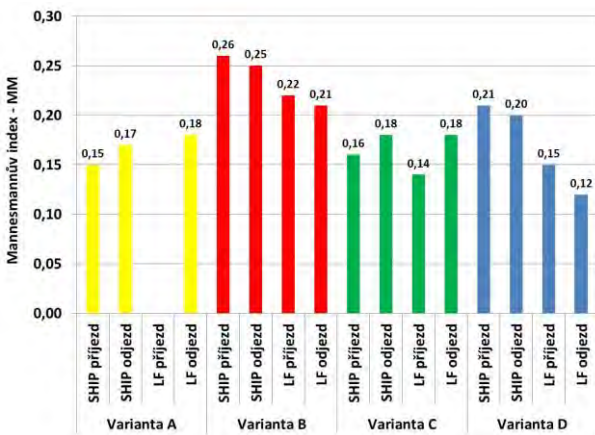
Obr. 3 Závislost bazicity – B na variantě experimentů  
Fig. 3 Dependence of basicity – B on the variant of experiments



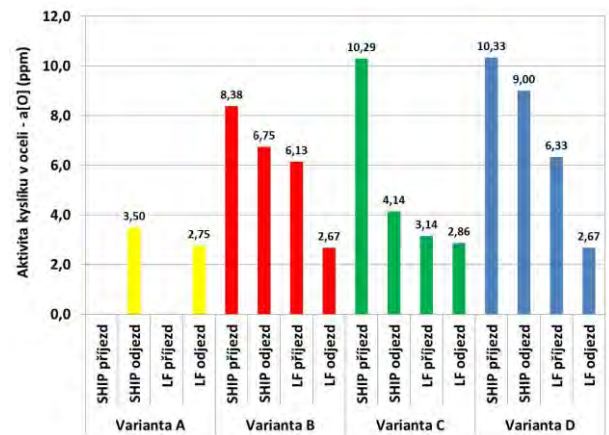
Obr. 4 Závislost obsahu lehce redukovatelných oxidů – LRO na variantě experimentů  
Fig. 4 Dependence of content of easily reducible oxides – ERO on the variant of experiments



Obr. 5 Závislost vápenato-hlinitanového podílu – C/A na variantě experimentů  
Fig. 5 Dependence of calcium-aluminium ratio – C/A on the variant of experiments



Obr. 6 Závislost Mannesmannova indexu – MM (sulfidický faktor) na variantě experimentů  
Fig. 6 Dependence of Mannesmann's index – MM (sulphide factor) on the variant of experiments



Obr. 7 Vývoj aktivity kyslíku v oceli – a<sub>[O]</sub> v průběhu mimopecního zpracování  
Fig. 7 Dependence of degree of desulphurisation on the oxygen activity in steel – a<sub>[O]</sub>

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve strusce. Tento nárůst je způsoben výraznými přísádkami ztekucovadla (A65C11VS) obsahujícího Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a hliník (Al<sub>granul</sub>) pro redukcí lehce redukovatelných oxidů. Tímto nárůstem dojde k poklesu hodnot MM indexu, což se projevilo na dosaženém stupni odsíření 51 a 49 %.

Poslední ze sledovaných parametrů je aktivita kyslíku v oceli a<sub>[O]</sub>, která představuje důležitý termodynamický parametr ovlivňující odsíření oceli. Bohužel v případě varianty A nebylo provedeno měření v průběhu sledovaných technologických operací. Z dosažených výsledků (obr. 7) je patrné, že po odpichu se

pohybovala aktivita kyslíku v rozmezí 8 až 10 ppm pro varianty B, C a D. Je vhodné však upozornit, že tyto varianty vykazují zvýšený průnik konvertorové strusky do lící pánve při odpichu, a to především varianta D.

Při následném mimopecním zpracování oceli je patrný výrazný pokles aktivity kyslíku (obr. 7), který se projevil především u varianty C, kdy aktivita kyslíku dosahovala při odjezdu z homogenizační stanice (SHIP) hodnotu cca 4 ppm. Právě u této varianty byl aplikován zvýšený přídavek hliníku ( $Al_{granul}$ ). Lze předpokládat, že došlo k hluboké dezoxidaci oceli a dezaktivaci strusky za vzniku tekuté rafinační strusky s obsahem  $Al_2O_3$  cca 21 hm. %. Lze také konstatovat, že při přednostním zajištění hluboké dezoxidace oceli u varianty C pomocí hliníku ( $Al_{granul}$ ) při odpichu byl snížen propal křemíku z legujících přísad FeSi a FeSiMn, což se projevilo nižšími obsahy  $SiO_2$  v pánvové strusce.

## Závěr

V provozních podmínkách TŽ, a. s. bylo provedeno porovnání vlivu odlišných množství struskotvorných přísad a dezoxidačních činidel na tvorbu rafinační pánvové strusky. Cílem těchto experimentů bylo získat relevantní informace nejen o chování ztekucujících přísad vyvinutých firmou JAP TRADING, s.r.o., ale také vlivu přísad karbidu vápníku ( $CaC_2$ ) a hliníku ( $Al_{granul}$ ) na chemické složení pánvových strusek. Z dosažených výsledků provozních experimentů lze definovat následující poznatky:

- z ternárních diagramů  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  vyplývá, že k optimálnímu složení strusky dle literárních poznatků se nejvíce přiblížila varianta C, u které bylo dosaženo následujících obsahů: 45 až 50 hm. %  $CaO$ , cca 21 hm. %  $Al_2O_3$  a cca 15 hm. %  $SiO_2$ ,
- nejnižší oblasti teplot tavení pánvových strusek bylo dosaženo u varianty C, a to v rozsahu 1600 až 1800 °C, přičemž některé tavby se pohybovaly na hranici teplot tavení 1500 až 1600 °C,
- z výsledků stupně odsíření ( $\eta_s$ ) vyplývá, že k vytvoření tekuté rafinační strusky, která by se podílela na odsíření v průběhu jednotlivých technologických operací, se přiblížila varianta C,
- na základě výsledků bazicit B1 lze varianty A a D zařadit do skupiny středně bazických strusek, přičemž varianty B a C patří do skupiny silně zásaditých strusek. Hodnocení odsíření pouze podle bazicity B1 se ukázalo v souladu s předpokladem jako nedostačující,
- vyhodnocením obsahu lehce redukovatelných oxidů jednotlivých variant byl potvrzen pozitivní vliv přísad karbidu vápníku ( $CaC_2$ ) na snížení obsahu lehce redukovatelných oxidů,
- z výsledků vápenato-hlinitanového podílu a Mannesmannova indexu vyplývá pozitivní vliv vyšších obsahů  $Al_2O_3$  v pánvové strusce díky

zvýšenému množství ztekucovadla (A55C15BW) přidávaného během odpichu,

- z vývoje aktivity kyslíku v oceli vyplývá pozitivní vliv zvýšeného množství přidávaného hliníku ( $Al_{granul}$ ) u varianty C, což se projevilo výrazným poklesem aktivity kyslíku již na homogenizační stanici,
- zajištěním hluboké dezoxidace oceli pomocí přednostního použití hliníku ( $Al_{granul}$ ) při odpichu byl snížen propal křemíku z legujících přísad FeSi a FeSiMn, což se projevilo nižšími obsahy  $SiO_2$  v pánvové strusce.

V další fázi výzkumu bude pozornost zaměřena na zlepšení tekutosti rafinačních strusek při provozní výrobě i u dalších značek ocelí, a to při použití zvýšeného množství vyvíjeného ztekucovadla pro dosažení vyšších obsahů  $Al_2O_3$  v pánvové strusce. Rovněž budou ověřovány různé varianty přísad hliníku ( $Al_{granul}$ ) pro zajištění hluboké dezoxidace oceli během odpichu. Lze také uvažovat o přidavcích karbidu vápníku ( $CaC_2$ ), pokud bude docházet u testovaných značek ocelí k výrazným průnikům konvertorové strusky.

## Poděkování

**Práce vznikla v rámci řešení programu MPO-TIP projektů reg. číslo FR-TI2/319 a FR-TI3/313.**

## Literatura

- [1] CHATTERJEE, A., GHOST, A. *Ironmaking and Steelmaking: Theory and Practice*. PHI Learning Private limited, 2008, 472 p. ISBN 978-81-203-3289-8.
- [2] SOCHA, L., BAŽAN, J., STYRNAL, P. Research and development concept of fluxing agents based on corundum raw materials for secondary metallurgy. In *Acta Metallurgica Slovaca – Conference*. 2010, s. 113-116. ISSN 1338-1660.
- [3] RÓŻAŃSKI, P.; KRZTOŃ, H.; WYROBEK, A. Opracowanie syntetycznych przetapianych żużli stalowniczych wraz z technologią ich wytwarzania i stosowania. *Prace Instytutu Metalurgii Żelaza*, 2000, vol. 52, no. 1, pp. 19-32.
- [4] KAWECKA-CEBULA, E. The Sulphide Capacity of a Slag as an Indicator of the Slag Ability to Desulphurise Metal Alloys I. *Metallurgy and Foundry Engineering*, 1996, vol. 22, no. 3, pp. 169-182.
- [5] KAWECKA-CEBULA, E.; KALICKA, Z.; IWANCIW, J. The Sulphide Capacity of a Slag as an Indicator of the Slag Ability to Desulphurise Metal Alloys. II. *Metallurgy and Foundry Engineering*, 1996, vol. 22, no. 4, pp. 267-280.
- [6] SOCHA, L.; BAŽAN, J.; GRYC, K. et al Assessment of briquetting fluxing agent influence on refining effects of slag during steel processing at the secondary metallurgy unit. In *20th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials: METAL 2011*. 2011, Brno, Czech Republic, pp. 163-169. ISBN 978-80-87294-24-6.
- [7] SOCHA, L.; BAŽAN, J.; GRYC, K.; et al. Modification of Slag in the Ladle by the Help of Briquetted Fluxing Agents. *Hutnik - Wiadomości Hutnicze*, 2011, no. 9, pp. 772-774. ISSN 1230-3534.
- [8] SOCHA, L.; BAŽAN, J.; GRYC, K.; MORÁVKA, J.; STYRNAL, P.; PILKA, Z.; PIEGZA, Z.; MICHALEK, K.; TKADLEČKOVÁ, M.: Evaluation of steel desulphurization in the ladle during the utilization of briquetting fluxing agents for slags. *Materiali in tehnologije = Materials and technologies*. 2012, vol. 46, no. 6, pp. 677-682. ISSN 1580-2949.

- [9] SOCHA, L.; BAŽAN, J.; STYRNAL, P.; PILKA, V.; PIEGZA, Z.; MELECKÝ, J.; MICHÁLEK, K.; TKADLEČKOVÁ, M. Evaluation of influence of fluxing agents for slags and way of desoxidation on efficiency of steel desulphurization. In *21th International Conference on Metallurgy and Materials: METAL 2012*. 2012, Brno, Czech Republic, p. 95-102, ISBN 978-80-87294-31-4.
- [10] *Firemní stránky TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.*, poslední revize 2. 5. 2013. Dostupný z WWW: <<http://www.trz.cz/>>
- [11] ALLIBERT, M.; et al. *Slag atlas*. 2<sup>nd</sup> edition, Düsseldorf: Verein Stahleisen GmbH, 1995, 616 p. ISBN 978-3-514-00457-3.
- [12] SOCHA, L., BAŽAN, J., MACHOVČÁK, P., OPLER, A., STYRNAL, P., MELECKÝ, J. Vliv briketovaných ztekucovadel na odsíření oceli při mimopecním zpracování. *Hutnické listy*, 2012, roč. LXV, č. 2, s. 8-13. ISSN 0018-8069.

---

## The 5<sup>th</sup> International Conference STEELSIM 2013

### International Conference on Modelling and Simulation of Metallurgical Processes in Steelmaking

Ostrava, Czech Republic, September, the 10<sup>th</sup> -12<sup>th</sup> 2013

#### Conference is organized by:

Czech Metallurgical Society  
MATERIAL & METALURGICAL RESEARCH Ltd., Ostrava, Czech Republic  
VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Czech Republic  
OCELOT Ltd., Ostrava, Czech Republic

#### Topics:

1. Thermo mechanical treatment
2. Heat transfer
3. Process modelling in BOF and AOD steelmaking
4. Continuous casting process
5. Ingot casting
6. Pulverized coal injection and COREX process
7. Cold rolling
8. Materials and material properties
9. Ironmaking
10. Hot rolling & Forming process models
11. Shell formation and solidification structures
12. Electromagnetic stirring in continuous casting
13. Furnaces and heat treatment
14. EAF process models
15. Physical simulation of casting
16. Data mining & Logistics
17. Fluid flow and multiphysical modelling
18. Ladle and vacuum treatment

Preliminary registration form and the abstract please send till January, the 31<sup>st</sup> 2013 on the contact address:  
MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice,  
Czech Republic, tel.: +420 595 956 029, fax: +420 595 956 168, e-mail: [jaroslav.pindor@mmvyzkum.cz](mailto:jaroslav.pindor@mmvyzkum.cz)  
On-line registration is available on:

**[www.mmvyzkum.cz/conference](http://www.mmvyzkum.cz/conference)**

## Analysis of Atypical Breakout during Radial Continuous Casting of a Slab in the Straightening Zone

### II. Analysis of the Causes of the Breakout by Application of the Theory of Physical Similarity

## Analýza atypického průvalu při radiálním plynulém lití bramy v pásmu rovnání

### II. Analýza příčin průvalu aplikací teorie fyzikální podobnosti

prof. Ing. Karel Stránský, Dr.Sc.<sup>1</sup>, prof. Ing. František Kavička, CSc.<sup>1</sup>, prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.<sup>2</sup>,  
prof. Ing. Věra Dobrovská, CSc.<sup>2</sup>, Ing. Bohumil Sekanina, CSc.<sup>1</sup>, doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Brno University of Technology, Faculty of Machinery Engineering, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>VŠB - Technical university of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Material Engineering, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava, Czech Republic

*The so called secondary cooling zone, which is divided into thirteen sections, is an important part of the CCM. In this zone, specifically in the area of the beginning of slabs straightening, a breakout may occur due to an increase of the local and temperature heterogeneity of steel, resulting from an increase of the stress caused by bending of the slab and by high local concentration of non-metallic slag inclusions. Changes of the chemical composition of the steel during continuous casting are particularly dangerous. In the event that two melts are cast one right after another, i.e. if the melt of steel with chemical composition A ends and it is immediately followed by the steel B, it may automatically stop the CCM and an atypical breakout may take place. It happened during continuous casting of the slab 250x1530 mm in the area of straightening, 20 minutes after flying change of tundish. With use of dimensional analysis altogether 8 criteria of similarity were derived according to the  $\pi$ -theorem. Table of 12 technological, geometrical and thermo-physical dimensional quantities was compiled for these criteria, which characterise both steel grades A and B and process of their continuous casting. Thermo-physical properties of both steels for the table were determined with use of commercial software IDS. Important data in temperature field of the slab, such as maximum and minimum length of iso-liquidus and iso-solidus, range of the so called mushy zone and zone of melt at the place of breakout, temperature of the slab surface, etc. were calculated by the original model. Five of these criteria are at the same time functions of thermo-physical parameters, but also of technological and geometrical parameters. Numerical values of eight criteria were determined for the steels A and B and then standard operations were made with the criteria, such as evaluation of partial shares of pairs of the same criteria for both steels. This application of the theory of physical similarity clearly proved markedly increased tendency of the steel B to breakouts in comparison with the steel A. In order to prevent repetition of this accident of CCM (caster) for another pair of steels cast immediately one after another, it is necessary to assess the derived individual criteria of similarity for both steels and other operations with these criteria. The way to reduce the risk of breakouts may be found mainly in the change of thermo-physical properties of both steels, consisting primarily of reduction of differences of chemical composition of both melts, so that partial shares of similarity criteria were close to the value of one.*

**Keywords:** concast slab, oscillation marks, chemical composition of steel, physical similarity, criteria,  $\pi$  theorem, breakout

*Důležitou částí zařízení pro plynulé odlévání oceli (ZPO) je t.zv. sekundární chladicí zóna, která je rozdělena do třinácti sekcí. V této zóně v místě začátku rovnání bramy může dojít k průvalu zvýšením lokální a teplotní heterogenity oceli, zvýšením napětí způsobeného ohybem bramy a vysokou lokální koncentrací nekovových struskových vměstků. Zvlášť nebezpečné jsou změny v chemickém složení oceli během plynulého lití. V případě že dvě tavby jsou odlity těsně po sobě, t.j. když tavba oceli o chemickém složení A končí a okamžitě následuje tavba oceli B, může dojít k automatickému zastavení ZPO a ke vzniku atypického průvalu. Došlo k němu při plynulém lití bramy 250x1530 mm v místě rovnání za 20 min. po letmé výměně mezipánve. Rozměrovou analýzou bylo podle  $\pi$  teorému odvozeno 8 kritérií podobnosti. Byla sestavena tabulka 12 technologických, geometrických a termofyzikálních veličin přiřazených těmto kritériím, které charakterizují obě kvality oceli A a B a průběh jejich plynulého lití. Termofyzikální vlastnosti obou ocelí sestavené do tabulky se stanovily komerčním softwarem IDS. Modelem byly vypočteny údaje o teplotním poli bramy, např. maximální a minimální délka izolikvidy a izosolidy, rozsah tzv. mushy zóny a zóny taveniny v místě průvalu, teplota povrchu bramy atd. Pět z kritérií je současně funkcí*

*termofyzikálních veličin, ale také technologických a geometrických parametrů. Byly stanoveny číselné hodnoty osmi kritérií pro ocel A i B a provedeny standardní operace s kritérii, např. vyhodnocení parciálních podílů dvojic těchto kritérií pro obě oceli. Tato aplikace teorie fyzikální podobnosti jednoznačně prokázala výrazně zvýšený sklon oceli B k průvalu ve srovnání s ocelí A. Aby se havárie na ZPO (caster) průvalem taveniny neopakovala u jiné dvojice ocelí odlévaných těsně po sobě, je třeba vyhodnotit jednotlivá odvozená kritéria podobnosti pro obě oceli a jejich chování, tj. velikost v průběhu sekundární chladicí zóny. Cestu ke snížení rizika průvalu lze hledat ve změně především termofyzikálních vlastností obou ocelí spočívající především v omezení rozdílů v chemickém složení obou taveb tak, aby parciální podíly kritérií podobnosti byly blízké hodnotě jedna.*

**Klíčová slova:** *Plynule litá brama, oscilační vrásky, chemické složení oceli, fyzikální podobnost, kritéria,  $\pi$  teorém, průval*

Oscillation marks are transverse grooves forming on the surface of the solidifying shell of continuously cast slab. The course of individual marks is rough, irregularly zigzagged and perpendicular to the direction of the movement of the slab. The formation of the marks is sometimes the result of bending of the solidifying shell during the oscillation of the mould [1]. The hooks are solidified microscopically thin surface layers of steel. Their microstructure is different from that of the base material of the solidifying shell. The shapes of the hooks follow the curvature of the meniscus of the solidifying steel inside the mould and they are covered with oxides and slag from casting powder. Formation of the oscillation marks and of the hooks is related. Formation of the oscillation marks is conditioned by the oscillation movement of the mould, especially by the frequency of its oscillation  $f$  (i.e. the oscillation cycle), the amplitude  $\Delta S$  and the casting speed  $w$ , which determines the speed of the movement of the slab. A significant role here is played by the negative strip time [2, 3]. Formation of the hooks is related to the rate of solidification of the melt and to the possibility of its flow – in the area of the meniscus – over the surface of the slab, which is roughened by the oscillation marks [4]. The depth of the oscillation marks and also the shape, size and the microstructure of the hooks vary irregularly. An increasing extent of these changes leads to a defect in the shape of a crack, which reduces the thickness of the solidified shell of the slab at its exit from the mould and causes a dangerous notch. In the zone of secondary cooling, where the slab is beginning to straighten – under especially unfavourable conditions – the breakout of the steel can occur at the points of increased local chemical and temperature heterogeneity of the steel, from the increased tension as a result of the bending of the slab and also due to high local concentration of non-metallic slag inclusions. The changes of the chemical composition of the steel during the actual casting process are particularly dangerous. The consequences of this operational immediate change of the chemical composition of the steel, which are not prevented by an anti-breakout system directly inside the mould, could lead to immediate interruption of the casting process and to a breakout at a greater distance from the mould than usual, thus leading to significant material loss and downtime.

## Occurrence of atypical breakout and stopping of the casting machine

This case was recorded during the process of continuous casting of steel slabs with dimensions 250×1530 mm of the grade A with a contents (in wt.%) of C=0.416, Cr=0.95, Ni=0.03, Mn=0.7, Mo=0.206, Si=0.28 (melts 1 to 3) and the grade B with contents of C=0.174, Cr=0.07, Ni=0.02, Mn=1.46, Mo=0.005, Si=0.23 (melt 4). Casting of the first two heats of the grade A took place without any significant problems, after casting of the third melt of the grade A the fourth melt of the grade B followed. The change of the chemical compositions of the steels of both qualities was realised very quickly by changing the tundish. Inside the mould, the steel grade B mixed with the steel grade A from the previous melt. The casting continued for another 20 minutes but then at the point of start of the slab straightening at the distance of 14.15 m away from the level of the melt inside the mould, a breakout occurred between the 7<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> segments and the caster stopped [5]. The difference in height between the level inside the mould and the point of breakout was 8.605 m. This tear in the shell occurred on the small radius of the caster. A plate with the thickness 250 mm was taken from the breakout area using a longitudinal axial cut (Fig. 1).

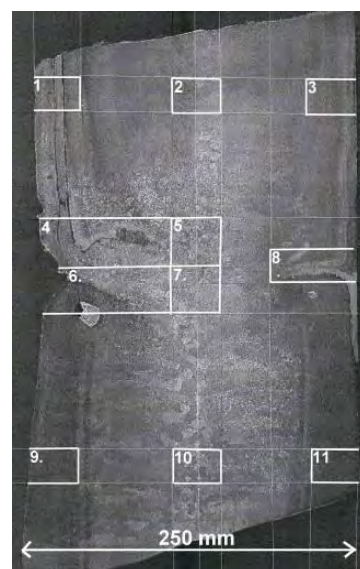


Fig. 1 Scheme of sample marking  
Obr. 1 Schema označení vzorků

The numbers 1 to 11 indicate the positions of the samples in the places around the breakout for the purposes of analysis. Simultaneously large 25 mm sulphide segregations were discovered (see Figure 1, position 6) – very heterogeneous areas created by the original base material of the slab (melt 3), the new material of the slab (melt 4) and between them and also by the areas of mixed composition. Beneath the surface of the slab, at the depth of 75 to 85 mm, cracks were present as well as a zone of columnar crystals oriented towards the surface of the slab on the small radius. This was identical to the orientation of the groove, which gradually developed into a crack (direction 4 – 6) and, on the opposite surface of the slab, the hook, which was covered by melt (position 8). The structure of this plate was analysed as well as distribution of sulphur determined by the Bauman print (Fig.2).

It detects also the slag inclusion, which interferes with the sample No. 6 in Fig. 1. From the figures 1 and 2, representing the plate taken from the point of breakout, it is possible to expect in advance that continuously cast steel slab will be affected by massive slag inclusions and that it will have along the cross-section a chemical composition different from the original composition of the grade A (melt 3) and also from the original composition of the steel grade B cast after the flying exchange of the tundish (melt 4). This was confirmed by analysis of chemical composition of the samples 1 to 11, the results of which are summarised in Tab. 1. The reason is that at the point of breakout a mixed composition of the grades A+B was present [6]. The detected differences of this mixed composition of

elements as compared with the original grades A and B are also commented in the work [5].



Fig. 2 Baumann print  
Obr. 2 Baumannův otisk

Tab. 1 Analysis of average chemical composition of the samples [wt.%] 1-11 (Fig.1) taken from the place of breakout of the mixed melt A+B  
Tab. 1 Analýza průměrného chemického složení vzorků [wt.%] 1-11 (Fig.1) odebraných z místa průvalu u směsné tavby A+B

Sample	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Fe
1	0.274	0.252	1.15	0.018	0.0090	0.364	0.037	0.069	0.045	97.700
2	0.197	0.24	1.23	0.014	0.0083	0.199	0.031	0.031	0.050	97.900
3	0.265	0.25	1.15	0.016	0.0087	0.373	0.033	0.069	0.044	97.700
4	0.229	0.248	1.19	0.015	0.0082	0.324	0.032	0.061	0.047	97.800
5	0.228	0.245	1.26	0.015	0.0079	0.278	0.035	0.052	0.052	97.700
6	0.232	0.25	1.35	0.017	0.0082	0.215	0.032	0.039	0.046	97.700
7	0.171	0.24	1.26	0.014	0.0077	0.195	0.033	0.035	0.048	97.900
8	0.326	0.268	0.96	0.015	0.0088	0.640	0.039	0.131	0.042	97.500
9	0.408	0.284	0.73	0.016	0.0091	0.930	0.039	0.190	0.043	97.200
10	0.201	0.241	1.23	0.015	0.0075	0.219	0.031	0.036	0.048	97.900
11	0.382	0.276	0.76	0.016	0.0094	0.870	0.040	0.177	0.042	97.300
$\bar{x}$	0.265	0.254	1.115	0.016	0.0084	0.419	0.035	0.081	0.046	97.664
$s_x$	0.073	0.014	0.198	0.001	0.0006	0.257	0.003	0.055	0.003	0.227

### Application of theory of physical similarity

The aim of this study is to clarify, which of the two steels A or B was more significantly involved in the described atypical breakout at the place of slab

straightening. The susceptibility of both steels to breakouts can be analysed in two ways:

a) firstly to check, whether it is possible in the first approximation to assess even only semi-quantitatively the nature of mixing of the steels A and B, or extent of such mixing;

b) to assess qualitatively, or at least semi-quantitatively, whether it is possible to obtain with use of dimensionless criteria of physical similarity a basic idea of the relations between dimensional quantities characterising the composition of both A and B steel grades and their susceptibility to breakouts; the condition is to have in accordance with the applicable theorems sufficient necessary, but also reasonably precise, physical-chemical measurements for calculation of the needed similarity criteria.

The first way was semi-quantitatively verified and detailed information about it was published in the works [7, 8]. The verification was made by already mentioned chemical analyses of the samples 1-11 (Table 1). Mass balance analysis showed that during these 20 minutes of

casting before stopping the machine the melt contained at the point of breakout approx. 25% of the steel A and 75% of the steel B with the standard deviation of 10%.

It is necessary to make a data table for the way b), containing technological, geometrical, physical and chemical dimensional quantities that characterise both steel grades A and B and process of their continuous casting (Table 2). The data in the lines 11 to 17 were determined by triple calculation of temperature field of one symmetric half of the slab with the chemical composition A, composition B, and mixed composition A + B [6]. Thermo-physical properties of the mixed composition of the steel were determined using the IDS software according to the average chemical composition of the steels A and B [9].

Tab. 2 The parameters characterising continuous casting of steel grades A and B  
Tab. 2 Parametry charakterizující kontinuální lité oceli složení A a B

Item	Parameter	Symbol	Units	Steel A	Steel B
1	Casting speed	$w$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	0.0130	0.0126
2	Kinematic viscosity	$\nu$	$[\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}]$	$8.706\cdot 10^{-4}$	$7.917\cdot 10^{-4}$
3	Density	$\rho$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	7560.7	7600.9
4	Specific latent heat of the phase change	$L$	$[\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}]$	$246\cdot 10^3$	$259\cdot 10^3$
4a	Latent heat of the phase change of one half of the slab with dimensions 0.25x0.765x14.15m	$L_{slab}$	$[\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}]$	$5.0335\cdot 10^9$	$5.3274\cdot 10^9$
5	Specific heat capacity	$c_p$	$[\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	632.6	611.0
6	Mould oscillation amplitude	$\Delta S$	[m]	$0.006\pm 0.003$	$0.006\pm 0.003$
7	Oscillation frequency	$f$	$[\text{s}^{-1}]$	1.533	1.533
8	Solidus temperature	$t_S$ $T_S$	$[\text{°C}]$ [K]	1427.0 1700.15	1480.6 1753.75
9	Liquidus temperature	$t_L$ $T_L$	$[\text{°C}]$ [K]	1493.9 1767.05	1512.3 1785.45
10	Difference between the liquidus and solidus temperatures	$t_L - t_S$	$[\text{°C}]$	66.9	31.7
11	Max. length of the iso-solidus curve from the level (breakout)	$h_S^{\max}$	m	21.07	19.72
12	Min. length of the iso-solidus curve from the level	$h_S^{\min}$	m	19.92	18.69
13	Max. length of the iso-liquidus curve from the level (breakout)	$h_L^{\max}$	m	14.50	16.20
14	Min. length of the iso-liquidus curve from the level (breakout)	$h_L^{\min}$	m	13.70	15.20
15	The area of the mushy zone on half of the cross-section of the breakout	$F_{mushy}$	$\text{m}^2$	0.05366	0.04100
16	The overall area on half of the cross-section	$F_{slab}$	$\text{m}^2$	0.19125	0.19125
17	The area of the melt (liquid) zone on half of the cross-section of the breakout	$F_{melt}$	$\text{m}^2$	$1.381\cdot 10^{-3}$	$13.720\cdot 10^{-3}$
18	The overheating above liquidus temperature	$\Delta T_{over}$	$[\text{°C}]$	30	27

Note: The mass of one half of the slab with dimensions 0.25x0.765x14.15m is  $2.04614\cdot 10^4$  kg (steel A) and  $2.0569\cdot 10^4$  kg (steel B).

Dimensional variables associated with continuous casting of steel slabs can be expressed in the first approximation in the required number together with

their basic dimensions – see Table 3. In accordance with the International System of Units (SI) the basic units meter-kilogram-second-Kelvin were used for expression

of the dimensional parameters. Table 3 contains twelve dimensional quantities, which on the basis of generally formulated theorems make it possible to express the interdependence of physical and chemical variables and parameters that enter into the technology of continuous casting. It is possible to formulate from the rows of the table 3, which contains also the basic dimensions m, kg, s and K (and which represents also the basic matrix) the equations for dimensional quantities (exponents), which must be met in each row for progressive determination

of dimensionless criteria. These basic theorems include: theorem of dimensional independence in the chosen system of basic units of measurement; theorem of dimensional homogeneity, which governs all the laws of physics, including the as yet unknown laws,  $\pi$  theorem, which ties the number of dimensional quantities with the number of mutually independent dimensions and with the number of dimensionless criteria.

Tab. 3 Matrix of physical-chemical dimensions and parameters and quantities of the continuously cast melt (connected with the flying change of tundish, with the so called additional continuous casting and with breakout)

Tab. 3 Matice fyzikálně chemických rozměrů parametrů a veličin tavby plynulého lití (spojeno s letnou výměnou pánve, s tzv. dodatkovým plynulým litím a s průvalem)

Serial No.	1	2	3	4	5	6	7
Value	Casting speed	Kinematic viscosity	Density	Latent heat of the slab	Specific heat	Amplitude of the mould	Oscillation frequency of the mould
exponent	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7
symbol	$w$	$\nu$	$\rho$	$L_{slab}$	$c_P$	$\Delta S$	$f$
m	1	2	-3	2	2	1	0
kg	0	0	1	1	0	0	0
s	-1	-1	0	-2	-2	0	-1
K	0	0	0	0	-1	0	0

(Tab. 3 – continuation)

(Tab. 3 – pokračování)

Serial No.	8	9	10	11	12	13	
Value	Solidus temperature	Liquidus temperature	Mushy zone	Area of slab cross-section	Area of melt cross-section	Overheating above the liquidus temperature	Row
exponent	e8	e9	e10	e11	e12	e13	
symbol	$T_L$	$T_S$	$F_{mushy}$	$F_{slab}$	$F_{melt}$	$\Delta T_{over}$	
m	0	0	2	2	2	0	1
kg	0	0	0	0	0	0	2
s	0	0	0	0	0	0	3
K	1	1	0	0	0	1	4

In the case of breakout we do not know more detailed information about the internal relationship between dimensional quantities and the essence of the breakout, and we do not have either even partial mathematical and physical description of this phenomenon. That's why it is necessary to use at application of the theory of similarity the dimensional analysis for determination of the dimensionless criteria. In our case for  $n$  dimensional quantities ( $n = 12$ ) and for  $r$  mutually independent dimensions ( $r = 4$ ), as it follows from the rows of the matrix (Table 3), which according to the  $\pi$  theorem makes  $n - r = 12 - 4 = 8$  dimensionless criteria. Methods used for determination of dimensionless criteria based on the assumption of respecting the relevant theorems are described in the work [10], including the list of other recommended literature.

One possible way of determination of the necessary dimensionless criteria consists in formulation of mutually independent equations from Table 3 for individual rows 1 to 4 of basic independent dimensions (m, kg, s and K). Solution of this system of equations requires always for determination of each similarity criterion progressive selection of 8 variables, and this selection must be repeated altogether eight times. The equations formulated from the rows of the Table 3 used for determination of the eight dimensionless criteria (i.e. eight similarity numbers) are arranged in Table 4.

Tab. 4 Equations tying together the exponents of dimensional quantities with the basic dimensions

Tab. 4 Rovnice svazující exponenty rozměrových veličin se základními rozměry

Row	Equations for exponents	Number of quantities
Row 1 – m	$e1 + 2e2 - 3e3 + 2e4 + 2e5 + e6 + 2e10 + 2e11 + 2e12 = 0$	9
Row 2 – kg	$e3 + e4 = 0$	2
Row 3 – s	$-e1 - e2 - 2e4 - 2e5 - e7 = 0$	5
Row 4 – K	$-e5 + e8 + e9 + e13 = 0$	4

Note: We will make sure that the equations formulated from the rows of the matrix represent a mutually independent system of equations of exponents.

## Dimensionless similarity criteria and their characteristics

In accordance with the used theorems (Fourier, Buckingham, Langhaare) altogether eight necessary criteria  $\pi_1 - \pi_8$  of physical similarity were determined for the steel grades A and B, in which it will be presumed that their increasing numerical values will characterise the susceptibility to breakouts. In the next step we will test the partial susceptibility of the relevant steel A or B to breakouts with use of shares of individual pairs of criteria. Finally, it will be decided how to attribute greater or lesser risk of breakout to one steel on the basis of both the sum and the product of all eight partial criteria determined in this manner. Eight criteria are arranged in the following order:

$$\pi_1 = \frac{L_{slab} \cdot f}{c_p \cdot \rho \cdot \nu \cdot T_L \cdot \Delta S} \quad (1)$$

The first criterion is complex and it is a function of altogether seven parameters, out of which four are thermo-physical properties of steel ( $L$ ,  $c_p$ ,  $\rho$  and  $\nu$ ) and three are process parameters ( $f$ ,  $T_L$ ,  $\Delta S$ ). Susceptibility to breakouts is proportional to the latent heat and inversely proportional to the product of three thermo-physical properties.

$$\pi_2 = \frac{\Delta S \cdot f}{w} \quad (2)$$

The second criterion is known as Strouhal's criterion. Tendency to breakouts increases with the increasing amplitude of oscillation and oscillation frequency of the mould.

$$\pi_3 = \frac{\Delta S^2 \cdot f}{\nu} \quad (3)$$

This criterion contains in numerator geometrical data of the mould and it is inversely proportional to kinematic viscosity.

$$\pi_4 = \frac{F_{slab}}{F_{solid}} \quad (4)$$

The fourth criterion is a function of surfaces, namely half of the cross section area of the solidified slab (i.e.  $F_{slab} = 0.25 \times 0.765 \text{m}^2$ ), of the area  $F_{melt}$  occupying half of the cross section led through the melt breakout at the

temperature higher than the liquidus temperature, and the area  $F_{mushy}$  occupying half of the cross section led through the breakout solidifying melt at the temperature lying in the interval of solidification (mushy zone).

Denominator from equation (4)

$$F_{solid} = F_{slab} - (F_{melt} + F_{mushy}) \quad (5)$$

thus in fact reflects the current "bearing surface" of the cross section led through the breakout. Tendency to breakout increases with the decreasing denominator, i.e. with reduction of the "bearing surface".

$$\pi_5 = \frac{T_L - T_S}{T_L} \quad (6)$$

Simplex  $\pi_5$  is a dimensionless temperature interval of crystallisation. This simplex must be used very carefully in cases where it is not statistically proven by higher number of melts or steels. For example in this particular case it significantly differs for both steels A and B and the steel A has greater susceptibility to breakouts.

$$\pi_6 = \frac{\nu}{f \cdot F_{solid}} \quad (7)$$

Value of the complex criterion  $\pi_6$  is directly proportional to the value of the kinematic viscosity  $\nu$  of the melt or of the mushy zone and it is inversely proportional to the oscillation frequency of the mould  $f$  and the current "bearing surface" of the section led through the breakout (as in case of the fourth criterion).

$$\pi_7 = \frac{w^2}{c_p (T_L - T_S)} \quad (8)$$

The seventh complex criterion is a function of technological parameter contained in the numerator and of thermo-physical properties contained in the denominator. Its value and thus the susceptibility to breakouts increases with the square of the speed of casting and decreases with the value of the product of the specific heat capacity and the crystallisation interval.

$$\pi_8 = \frac{\Delta T_{over}}{T_L} \quad (9)$$

The simplex criterion  $\pi_8$  is a dimensionless temperature of overheating above the liquidus temperature.

### Numerical values of criteria and their discussion

Numerical values of individual eight criteria for the steels A and B are summarised in the first two rows of the Table 5.

Tab. 5 Assessment of influence of individual dimensionless criteria (similarity numbers)  
Tab. 5 Posouzení vlivu jednotlivých bezrozměrových kritérií (podobnostních čísel)

Criterion $\pi_i$	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$	$\pi_7$	$\pi_8$	
Steel A $\pi_i^A$	1.74784.10 <sup>5</sup>	0.7070	0.06339	1.4041	0.03786	4.17.10 <sup>-3</sup>	3.99.10 <sup>-9</sup>	1.0170	
Steel B $\pi_i^B$	2.07344.10 <sup>5</sup>	0.7300	0.06971	1.4008	0.01807	3.78.10 <sup>-3</sup>	8.20.10 <sup>-9</sup>	1.01512	
Partial share of criteria of the steels B/A: $P_i = \pi_i^B / \pi_i^A$	1.1824 $P_1$	1.0325 $P_2$	1.0997 $P_3$	0.9976 $P_4$	0.4772 $P_5$	0.9064 $P_6$	2.0551 $P_7$	0.99815 $P_8$	8.7780 $\sum_{i=1}^8 (P_i)$
Progressive product of shares of criteria of the melts B/A $\prod_{i=1}^i (P_i)$	1.1863 $\prod_{i=1}^1 (P_i)$	1.2208 $\prod_{i=1}^2 (P_i)$	1.3425 $\prod_{i=1}^3 (P_i)$	1.3393 $\prod_{i=1}^4 (P_i)$	0.6391 $\prod_{i=1}^5 (P_i)$	0.5793 $\prod_{i=1}^6 (P_i)$	1.1905 $\prod_{i=1}^7 (P_i)$	1.1922 $\prod_{i=1}^8 (P_i)$	8.6861 $\sum_{i=1}^8 (P_1 \dots P_i)$
Partial share of criteria of the steels 3B/A for triple steel B in the mixture at the point of breakout	3.5589 $P_{1mix}$	3.0976 $P_{2mix}$	3.2991 $P_{3mix}$	2.9929 $P_{4mix}$	1.4318 $P_{5mix}$	2.7194 $P_{6mix}$	6.1654 $P_{6mix}$	2.9945 $P_{8mix}$	26.2588 $\sum_{i=1}^8 (P_{imix})$

The 3<sup>rd</sup> row of the table contains the calculated partial shares of the pairs of identical criteria for the steels B and A, i.e.  $P_i = \pi_i^B / \pi_i^A$ . Their sum has a value

$$\sum_{i=1}^8 (P_i) = 8.7780$$

Average share of pairs of criteria is equal to one eighth of the sum  $P_{i,mean} = 8.7780/8 = 1.0972$

Product of the shares of all eight dimensionless criteria has the value

$$\prod_{i=1}^8 P_i = 1.1922$$

Their sum has a value

$$\sum_{i=1}^8 (P_1 \dots P_8) = 8.6861$$

Its average value is  $1.1922^{(1/8)} = 1.022$ . We can see that in both cases the average value of the shares, as well as the average value of the products is greater than 1. It means that the steel grade B has higher susceptibility to breakouts.

It follows from table 5 that partial shares  $P_2, P_3, P_4$  and  $P_6$  in Tab. 5 are alternating for both steels A and B around the number 1. The share  $P_1$  means that criterion  $\pi_1$  is in the steel B 1.18 times bigger than in the steel A, which manifests bigger susceptibility of the steel B to breakouts. Partial shares  $P_7$  and  $P_8$  show that criteria

$\pi_7$  and  $\pi_8$  are in the steel B more than twice higher than in the steel A. This manifests a distinct tendency of the steel B to initiate breakouts. On the other hand the share  $P_5$  indicates only half tendency of the steel B to breakout in comparison with the steel A.

According to the  $P_{imean} = 1.0972$  for the average share of criteria it may be stated that the steel B has at the average the susceptibility to breakouts higher by 9%.

This higher susceptibility of the steel B to breakouts is manifested also by the value of the product of individual shares and by the average value of the product 1.022 ensuing from it. The existing assumption attributed the same initiation effect to formation of breakout to all eight dimensionless similarity criteria provided that notch at the place of the casting mark or crimp or hook (see Figs. 1, 2) was not influenced by real mass share of each steel at the point of breakout, but by their thermo-physical and chemical properties.

It followed from the balance analysis [7] that as a result of mixing of melts of both steels the mass share of the steel A was at the place of breakout approx. 25% and that of the steel B was approx. 75%. So, we can express the susceptibility of the given steel to breakouts by the product of the relevant criterion and mass share of the steel. For example for the first criterion the product has the value

$$\pi_1^A \times 0.25 = 4.370.10^4$$

$$\text{and for the steel B } \pi_1^B \times 0.75 = 1.5335.10^5.$$

Partial share of the first criteria for the mixture A+B is determined as  $P_{mix} = 1.5551.10^5 / 4.370.10^4 = 3.5586$ . Risk of breakout of the steel B is 3.55 times higher than that of the steel A. It follows from the mass share of the steels A and B in the breakout (i.e.  $0.75/0.25 = 3$ ) that  $P_{mix} = 3.P_i$ , where  $P_i$  are the values from the 3<sup>rd</sup> row of the Table 5. We will now enter into the last row of the Table 5 partial shares of all criteria  $P_{mix}$ . The increased susceptibility of the steel B to breakouts in comparison with the steel A is according to these values of  $P_{mix}$  absolutely evident, even for the 5<sup>th</sup> criterion ( $P_{5mix} = 1.4318$ ), in which value the of simple partial share of criteria indicated even the opposite tendency ( $P_5 = 0.4772$ ). The sum  $\sum_{i=1}^8 (P_{mix})$  is 26.2588 and the average value of the share  $P_{mix}^{mean} = 3.2823$  is a triple of the value  $P_{i,mean}$ . However, these values can be considered only as preliminary ones until we know the mass share of both steels in the breakout more precisely. Progressive product of the shares  $P_{mix}$  was not calculated anymore.

## Conclusions

A typical breakout of the continuously cast slab 250x1530 mm at the place of straightening was analysed with use of the theory of physical similarity. The breakout took place 20 minutes after the flying exchange of tundish, from which the steel grade B was continuously cast right after the previous casting of several heats of the steel grade A and the casting machine was automatically stopped. Atypical nature consisted in the fact that the breakout did not occur right under the mould, which is normally prevented by standard anti-breakout system, but as far as 14.15 m from the level of the melt in the mould and in the depth of 8.605 m below it. With use of dimensional analysis based on the  $\pi$ -theorem altogether 8 similarity criteria were derived. A table was compiled containing 12 technological, geometrical and thermo-physical dimensional quantities that characterise both steel grades A and B and also process of their continuous casting. Several quantities in the table were determined by original calculation of the temperature field of the slabs with the chemical composition A and B, namely the maximum and minimum length of iso-liquidus and iso-solidus curves and surface occupied at the place of breakout by melt at the temperature higher than the temperature of the liquidus, and surface occupied by the solidifying melt at the temperature lying within the interval of solidification. Thermo-physical properties of both steels for the table were determined with use of commercial software IDS. Five out of the 8 criteria were at the same time functions of technological, geometric and thermo-physical parameters, and the first criterion represented a total of 7 variables. The second criterion does not contain any thermo-physical property, the

fourth criterion is only a function of the calculated geometric surfaces and the fifth criterion is a simplex. Numerical values of the eight criteria for the steels A and B were determined after entering the values from Table 2. Their number is determined by the  $\pi$ -theorem. Partial shares of all pairs of criteria  $P_i = \pi_i^B / \pi_i^A$  were determined, as well as their sum  $\sum_{i=1}^8 (P_{mix})$ , average value of the share  $P_{i,mean}$ , progressive product of these shares  $\prod_{i=1}^8 (P_i)$  and average value of the product. It was determined by the mass balance analysis that during the already mentioned 20 minutes of casting before stopping of the machine the melt contained at the place of breakout a mixture of approx. 25% of the steel A and 75% of the steel B. It means that the mass share of the steel B was three times bigger. That's why for this mixture triple partial shares of criteria  $P_{mix} = 3.P_i$  were calculated, as well as their sum and also triple average value of the share  $P_{mix}^{mean}$  ensuing from it.

An analysis performed with use of the similarity criteria clearly demonstrates objectively significantly increased susceptibility of the steel B to breakouts in comparison with the steel A. In order to prevent repetition of this industrial accident it is necessary to evaluate for both steels, which are to be cast consecutively, the derived criteria of similarity and other operations with them. It assumes also calculation of the temperature field of the slabs to be cast, in order to determine the quantities for Table 2. An increase of the numeric value of criteria of one steel in respect to another steel indicates possible formation of a breakout. If it is impossible to change the technological and geometrical quantities entering into the individual criteria, then it is necessary that remaining 12 quantities of both steels differ as little as possible, particularly thermo-physical properties, which vary with the chemical composition of the steel. From this perspective, the decisive criteria are the first ( $\pi_1$ ), seventh ( $\pi_7$ ) and eighth ( $\pi_8$ ), which are a function of altogether six thermo-physical properties, namely latent heat of phase transformation, specific heat capacity, density, kinematic viscosity, liquidus and solidus temperatures, or their difference. The seventh and eighth criteria are functions of casting speed, which means that their reduction would reduce the risk of breakout. When selecting two steels, which must be cast on the continuous casting machine consecutively one after another, the technologist should therefore follow the value of partial shares of the first, seventh and eighth criteria  $P_1$ ,  $P_7$  and  $P_8$ . He will not have at his disposal more conclusive shares  $P_{1mix}$ ,  $P_{7mix}$  and  $P_{8mix}$ , because he will not know the real mass shares of both steels at the place of potential breakout, nor position of the breakout, as was the case of the steels A and B discussed here.

### Acknowledgments

*This analysis was conducted within the framework of the Czech Scientific Foundation project No. P107/11/1566.*

### Literature

- [1] SCHWERDTFEGER K. and HONG SHA: Depth of Oscillation Marks Forming in Continuous Casting of Steel, Metallurgical and Materials Transactions B, Volume 31 B, August 2000, pp. 813-826
- [2] BADRI A., NATARAJAN T. T., SNYDER C. C., POWERS K. D., MANNION F. J., BYRNE M. and CRAMB A.W.: A Mold Simulator for Continuous Casting of Steel: Part II. The Formation of Oscillation Marks during the Continuous Casting of Low Carbon Steel. Metallurgical and Materials Transactions B, Volume 36 B, June 2005, pp.373-383
- [3] THOMAS, B. G., J. SENGUPTA, and C. OJEDA: Mechanism of Hook and Oscillation Mark Formation In Ultra-Low Carbon Steel, Second Baosteel Biennial Conference, (May 25-26, 2006, Shanghai, PRC), Vol. 1, 2006, pp. 112-117.
- [4] OJEDA C., SENGUPTA J., THOMAS B. G, BARCO J. and ARANA J.L.: Mathematical Modelling of Thermal-Fluid Flow in the Meniscus Region During An Oscillation Cycle. AISTech 2006 Proceedings - Volume 1, pp. 1017-1028
- [5] KAVIČKA, F., ŠTĚTINA, J., SEKANINA, B., STRÁNSKÝ, K., DOBROVSKÁ, J., MAUDER, T., MASARIK, M.: Analysis of atypical breakout during a radial continuous casting of a slab in the straightening zone. I. Numerical simulation of temperature field of a slab. *Hutnické listy 2012*, ISSN 0018-8069 (in Print)
- [6] KAVIČKA, F., STRÁNSKÝ, K., SEKANINA, B., ŠTĚTINA, J., MAUDER, T., MASARIK, M.: Comparison of the Temperature Field Continuously Cast steel Slabs of Different Chemical Composition. METAL 2012, paper A18, ISBN: 978-80-87294-29-1.
- [7] STRÁNSKÝ, K., KAVIČKA, F., DOBROVSKÁ, J., MASARIK, M., ŠTĚTINA, J., SEKANINA, B.: Heterogeneity of the Concast Steel Slab Tightly Before the Breakout. METAL 2012, paper A19, ISBN: 978-80-87294-29-1.
- [8] DOBROVSKÁ, J., FRANCOVÁ, H., DOBROVSKÁ, V., KAVIČKA, F., STRÁNSKÝ, K.: Investigation into Segregation of Selected Elements in the Breakout Area of the Continuously Cast steel slab. METAL 2012, paper A14, ISBN: 978-80-87294-29-1.
- [9] LOUHENKILPI, S., LAITINEN, E., NIEMINEN, R., Real-Time Simulation of Heat Transfer in Continuous Casting, *Metallurgical Transactions B*, 24B:4, 1993, pp. 685-693.
- [10] KUNEŠ, J., VAVROCH, O., FRANTA, V.: Základy modelování [Basics of modelling]. SNTL, Praha 1989, 264 pp. ISBN 80-03-00147-1.
- [11] ČARNOGURSKÁ, M., PŘÍHODA, M., Aplikácia dimenzionálnej analýzy pri modelovaní javov v oblasti energetiky [Application of dimensional analysis in modeling phenomena in the field of energy], Strojnícka fakulta TU v Košiciach, Košice 2011, 214 pp. ISBN 978-80-553-0699-5



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
BERGAKADEMIE FREIBERG  
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

At the Institute of Iron and Steel Technology, Faculty of Materials Science and Technology, a professor position as

## W3-Professorship of Iron and Steel Metallurgy

is to be filled. The expected beginning of the employment is the 1<sup>st</sup> October 2013.

The W3-Professorship of Iron and Steel Metallurgy includes the fundamentals of metallurgical thermodynamics and process techniques, industrial production of iron and steel, properties of different steel grades and quality management as fields of research and teaching. Within TU Bergakademie Freiberg, the closest cooperation is expected to be continued with the Institutes of the Faculty of Materials Science and Technology, with the Institutes of the Faculty of Mechanical, Process and Energy Engineering and with the Institutes of the Faculty of Business Administration for research and teaching.

The professor position includes the director position of the Institute of Iron and Steel Technology.

The professor (m/f) will be responsible for research and teaching in some of the following fields

- theory of metallurgical processes in the field of ironmaking and steelmaking
- production of iron and steel based on primary and secondary resources
- solidification technologies for steels
- properties of modern steels and ferrous materials

The professor (m/f) will also be responsible for the management of the technological laboratories at the Institute of Iron and Steel Technology.

The applicant must be able to give lectures and seminars both in German and in English. Furthermore, the applicants must satisfy the general prerequisites for an appointment to professor according to § 58 of the Saxony University Law (SächsHSFG).

TU Bergakademie Freiberg is committed to increase the ratio of women in professor positions. Therefore, qualified female candidates are especially encouraged to apply. TU Bergakademie Freiberg actively assists candidates in finding childcare facilities and adequate job offers for the candidate's spouse/partner in the Freiberg region. Applicants with disabilities will receive preferential consideration provided that they possess equal qualifications.

Further information may be requested from the Dean of the Faculty of Materials Science and Technology, Prof. Dr.-Ing. habil. H. Biermann (email: Dekan.Fak5@ww.tu-freiberg.de, phone: +49-3731-39 3577).

Please send your written application including the usual documents (CV, scientific career records, list of publications, certificates) by July 31<sup>st</sup>, 2013 to: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Dezernat für Personalangelegenheiten, Akademiestraße 6, 09599 Freiberg

# řízení jakosti

## Projektové řízení a ISO 21500

### Project Management and ISO 21500

Dr. Ing. Petr Řeháček<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ekonomická fakulta, Katedra systémového inženýrství, 17. listopadu 15/2127, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

*Standard ISO 21500:2012 poskytuje návod pro řízení projektu od 1.9.2012 a může být použit pro každý typ projektu, bez ohledu na složitost, velikost nebo dobu trvání.*

*Cílem tohoto článku je procesní srovnání tohoto mezinárodního standardu s PMBoK<sup>®</sup> Guide od PMI, který byl vybrán, protože využívá procesní pojetí projektu na rozdíl od standardu ICB od IPMA využívající hlavně zaměření na jednotlivé prvky projektu. Tento článek ukazuje rozdíly a srovnání jednotlivých fází, oblastí a procesů těchto dvou standardů, tzn. ISO 21500 a PMBoK<sup>®</sup> Guide.*

*Využití standardu ISO 21500 je v:*

- *zajištění obecných principů a procesů, které mohou být použity pro další vývoj projektového managementu,*
- *zjednodušení komunikace mezi projektovými týmy a organizacemi díky jednotné terminologii,*
- *koordinaci a optimalizaci řízení projektu prostřednictvím standardizovaných realizačních procesů,*
- *snížení bariér pro spolupráci na mezinárodních projektech, což umožní zvýšení mobility a flexibility projektových manažerů,*
- *zvýšení porovnatelnosti a transparentnosti projektů.*

**Klíčová slova:** *projekt, program, komunikace, nakupování, kvalita, rizika, náklady, termín, zdroje, rozsah, zúčastněné strany, integrace*

*Standard ISO 21500:2012 provides guidance on the management of the project since September 1, 2012 and can be used by any type of organization, including public, private or community organizations, and for any type of project, irrespective of complexity, size and duration.*

*The aim of this paper is to compare the process of international standard with PMBoK<sup>®</sup> Guide from PMI, which was deliberately chosen because it uses a procedural conception of the project as opposed to ICB standard from IPMA using mainly focus on individual elements of the project. This article shows the differences and comparisons between phases, areas and processes of these two standards, i.e. ISO 21500 and PMBoK<sup>®</sup> Guide.*

*ISO 21500 provides high-level description of concepts and processes that are considered to form good practice in project management. New project managers, as well as experienced managers, will be able to use the project management guidance in this standard to improve project success and achieve business results.*

*Additional benefits of ISO 21500 make it possible to:*

- *Encourage transfer of knowledge between projects and organizations for improved project delivery.*
- *Facilitate efficient tendering processes through the use of consistent project management terminology.*
- *Enable the flexibility of project management to employees and their ability to work on international projects.*
- *Provide universal project management principles and processes.*

*ISO 21500 is the first in a planned family of project management standards. It is designed to align with related International Standards, such as ISO 10006:2003, Quality management systems – Guidelines for quality management in projects, ISO 10007:2003, Quality management systems – Guidelines for configuration management, ISO 31000:2009, Risk management – Principles and guidelines, and some sector-specific standards in industries, such as aerospace and IT.*

**Keywords:** *project, program, communication, purchasing, quality, risks, costs, date, sources, scope, stakeholders, integration*

V současné době se v mezinárodním měřítku problematikou projektového řízení zabývá norma ISO 10006 *Quality management systems – Guidelines for Quality Management in Projects* (Systémy managementu kvality – Směrnice pro management kvality v projektech). Standard ISO 10006 byl původně publikován v roce 1997 a poté byl aktualizován v roce 2003. Nezískal však takovou popularitu jako jiné standardy kvality ISO řady 9000, ani popularitu jako standardy pro řízení projektů známé jako PMBoK® Guide, ICB-IPMA, Prince 2® a další.

Mezinárodní fórum pro řízení projektů jako *Global Project Management Forum*, mezinárodní pracovní skupina *Global Working Groups*, iniciativa operační úrovně řízení *Operational Level Coordination Initiative* a mezinárodní sdružení pro představení projektových standardů *Global Alliance for Project Performance Standards* se dohodlo, že je nezbytné mít jednu organizaci pro mezinárodní projektové standardy. Iniciativa byla vytvořena roku 2006 britským standardizačním institutem, členem mezinárodní organizace ISO. ISO souhlasilo s prací komise ISO/PC 236 pro přípravu ISO 21500 jako standard pro řízení projektů. Práce se účastnilo 31 zemí a dalších 5 zemí postup sledovalo. Výsledkem je vydání standardu ISO 21500 k 1.9.2012.

Cílem tohoto článku je procesní srovnání tohoto mezinárodního standardu s praxí prověřeným rámcem pro řízení projektů - PMBoK® Guide. Při tomto srovnávání autor využívá své více než 20-leté zkušenosti s projekty jak v oblasti teoretické, tak i praktické. V současné době se autor spolupodílí na českém překladu standardu ISO 21500 a je jeho odborným korektorem.

Při srovnávání byl záměrně vybrán standard PMBoK® Guide od PMI (Project management Institute) využívající procesní pojetí projektu na rozdíl od standardu ICB od International Project Management Association (IPMA) využívajícího hlavně zaměření na jednotlivé prvky projektu. Proto bylo využito vzájemné srovnávání jednotlivých fází, oblastí a procesů v pojetí těchto dvou standardů, tzn. ISO 21500 a PMBoK® Guide.

## 1. Definice projektu

Definici projektu lze najít v ISO 21500 jako specifický (jedinečný) soubor procesů skládající se z koordinovaných a řízených činností s počátečním a koncovým datem, které jsou prováděny pro dosažení výsledku. Tato definice je pokroková oproti PMBoK® Guide, podle které je projekt prováděn s cílem produkovat výstupy. V ISO 21500 není pojednáváno o produktech (výstupech), ale definice pracuje se slovem „unikátní“ ve vztahu k souboru jednotlivých projektových procesů.

Při zahájení projektu nebývá stanoven postup (sled) procesů. Podle ISO 21500 je postup procesů projektu definován jako výsledek procesu vypracování projektových plánů po zahájení projektu, protože v době zahájení projektu není známo, zda je tato sada procesů unikátní nebo má nějaké jiné vlastnosti. Pokud tedy striktně následuje takový postup, může být zahájeno něco, co není podle této definice projektem. Obzvláště v běžných oblastech (např. stavba domu pro zákazníka) je těžké dodržet při procesech jistou unikátnost.

Je potřeba si uvědomit, že podle analýzy definice není vždy vyžadováno, aby procesy byly jedinečné. Pouze sada (sled) procesů musí být jedinečná. Z jednoho pohledu požaduje ISO 21500 jedinečný sled procesů, ale zároveň z druhého definuje jejich standardní sled. V tomto případě porozumění pojmu projektu vyžaduje porozumění slovu „unikátní“ a může vést k mnoha problémům v interpretaci těchto pojmů.

## 2. Procesy projektového managementu

Při analýze ISO 21500 je velmi složité se oprostit od PMBoK® Guide, který dal hlavní myšlenky pro jeho vytvoření.

### 2.1 Skupiny procesů projektového managementu

ISO 21500 rozděluje procesy projektu do pěti skupin, jak ukazuje tab. 1.

Tab. 1 Skupiny procesů projektového managementu (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 1 Project management process groups (Source: our own comparison [3, 5])

Skupiny procesů projektového managementu	
ISO 21500	PMBoK® Guide
Zahájení	Zahájení
Plánování	Plánování
Implementace	Provedení
Kontrola	Monitoring a kontrola
Uzavření	Uzavření

Jediný rozdíl mezi dvěma modely v tab. 1 je změna názvů.

## 2.2 Skupiny subjektů

„Oblasti znalostí“ z PMBoK® Guide byly přejmenovány na „Subjekty“ (tab. 2).

Tab. 2 Skupiny subjektů ISO 21500 a PMBoK® Guide (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 2 Subject groups ISO 21500 and PmBoK® Guide (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500 - subjekty	PMBoK® Guide– oblasti znalostí
Integrace	Integrace
Zúčastněné strany	
Rozsah	Rozsah
Zdroje	Lidské zdroje
Termín	Termín
Náklady	Náklady
Riziko	Riziko
Kvalita	Kvalita
Nakupování	Nakupování
Komunikace	Komunikace

Z tab. 2 je vidět, že ISO 21500 přímo vychází z PMBoK® Guide a je na ní striktně založená. ISO 21500 přidává navíc „Zúčastněné strany“. „Lidské zdroje“ byly přejmenovány jen na „Zdroje“, které ve své podstatě zahrnují jak lidské zdroje, tak ostatní zdroje v projektu.

## 3. Struktura popisu procesů

Struktura popisu procesů je v ISO 21500 odlišná od PMBoK® Guide. Hlavní rozdíl je v tom, že ISO 21500 neposkytuje popis nástrojů a technik. Popis jednotlivých

procesů v ISO 21500 se skládá z obecného popisu a tabulky hlavních vstupů a výstupů. Popisy jsou v ISO 21500 podstatně kratší.

### 3.1 Integrace

Pro ISO 21500 bylo užitečným krokem přidání „Shromáždění užitečných poznatků“ zaměřené na znalostní management v projektu, jak ukazuje tab. 3. Tímto se jen potvrzuje, že znalosti jsou nejdůležitější a v oboru projektového managementu si zaslouží mít svoji vlastní skupinu.

Tab. 3 Oblasti procesů v oblasti Integrace (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 3 Process areas in the area Integration (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBoK® Guide
4.3.2 Sestavení základních znaků projektu	4.1 Sestavení základních znaků projektu
4.3.3 Sestavení plánů projektu	4.2 Sestavení plánu řízení projektu
4.3.4 Řízení prací na projektu	4.3 Řízení provádění projektu
4.3.5 Kontrola práce na projektu	4.4 Sledování a kontrola prací na projektu
4.3.6 Kontrola (řízení) změn	4.5 Provádění integrace řízení změn
4.3.7 Ukončení projektu (nebo jeho fáze)	4.6 Uzavření projektu (nebo jeho fáze)
4.3.8 Shromáždění užitečných poznatků	

ISO 21500 vyžaduje vývoj tří typů plánů. Plán projektu popisuje základní: co by mělo být v projektu dosaženo v různých ohledech jako termín, náklady a ostatní. Plán řízení projektu popisuje proces řízení projektu. Třetí typ plánů jsou vedlejší plány – jakékoliv části procesu řízení, které mohou být přiloženy zvláště v dokumentech. V PMBoK® Guide je jeden plán řízení projektu, který upravuje a sjednocuje všechny plány potřebné pro projekt.

### 3.2 Zainteresané strany

Jedná se o identifikaci a analýzu subjektů, které jsou buď do projektu aktivně zapojeny, nebo jejich zájmy jsou ovlivněny jeho realizací a často také mohou ovlivnit průběh nebo výsledky projektu. Cílem je posouzení tohoto ovlivnění a naplánovat, jak jednat s těmito zainteresanými stranami.

Tab. 4 Oblasti procesů v oblasti Zainteresované strany (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 4 Process areas in the area Stakeholders (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBok® Guide
4.3.9 Identifikace zainteresovaných stran	10.1 Identifikace zainteresovaných stran (převzato z oblasti komunikačních znalostí)
4.3.10 Řízení zainteresovaných stran	10.2 Řízení očekávání zainteresovaných stran (převzato z oblasti komunikačních znalostí)

Norma ISO 21500 přesunuje dva procesy, které jsou v PMBoK® Guide zahrnuty jako dílčí procesy v oblasti řízení komunikace do samostatné kapitoly. Tento přístup má sklon k pojetí problematiky dle standardu ICB od IPMA, který má samostatné kapitoly a sekce věnované řízení zainteresovaných stran.

### 3.3 Rozsah

Účelem procesů (tab. 5) je maximalizovat pozitivní a minimalizovat negativní dopady na projekt vyvolané změnami jeho rozsahu. Zabývají se ovlivňujícími faktory, které vyvolávají změny rozsahu, kontrolou a řízením dopadů těchto změn na cíle projektu.

Tab. 5 Oblasti procesů v oblasti Rozsah (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 5 Process areas in the area Scope (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBok® Guide
4.3.11 Určení rozsahu	5.1 Shromáždění požadavků
	5.2 Definice rozsahu
4.3.12 Vytvoření struktury rozpisu práce	5.3 Vytvoření WBS
4.3.13 Určení aktivit	6.1 Určení aktivit (vzato z oblasti komunikačních znalostí)
	5.4 Ověření rozsahu
4.3.14 Řízení rozsahu	5.5 Řízení rozsahu

V ISO 21500 v určení rozsahu je zahrnuto shromáždění požadavků – je to jeden z hlavních vstupů projektu. ISO 21500 neobsahuje žádný proces jako ověření rozsahu. Žádné z procesů ISO 21500 nevytvářejí výstupy jako „přijatá dodávky“, které jsou nejdůležitější při ověřování rozsahu podle PMBoK® Guide. Hlavní změnou pro ISO 21500 je přesun procesu určení aktivit z oblasti komunikačních znalostí do předmětu rozsahu.

### 3.4 Zdroje

Účelem procesů (tab. 6) je zajistit, aby zdroje požadované pro provádění prací na projektu byly dostupné a přiřazované způsobem, který je nutný pro plnění požadavků na projekt a jeho produkt.

Tab. 6 Oblasti procesů v oblasti Zdroje (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 6 Process areas in the area Resources (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBok® Guide
	9.1 Vypracovat plán lidských zdrojů
4.3.15 Založení projektového týmu	9.2 Získání projektového týmu
4.3.16 Předvídání(nastínění) zdrojů	6.3 Předvídání zdrojů aktivit (vzato z oblasti komunikačních znalostí)
4.3.17 Určení organizace projektu	
4.3.18 Sestavení projektového týmu	9.3 Sestavení projektového týmu
4.3.19 Řízení zdrojů	
4.3.20 Řízení projektového týmu	9.4 Řízení projektového týmu

Zdroje v ISO 21500 zahrnují všechny typy zdrojů jako lidské zdroje, materiálové, zařízení atd., což je více než v PMBoK® Guide. Proces definování organizace v ISO 21500 je prováděn až po vytvoření projektového týmu. Proces založení týmu pracuje s úzkou strukturou a to, že pouze charakterizuje jednotlivé role, které jsou potřeba

k získávání lidských zdrojů. Vztahy mezi nimi jsou definovány později v určení organizačního týmu projektu. To je odlišný přístup než v PMBoK® Guide – kde jsou nejprve definovány role a projektová organizace v sestavení projektového týmu. Proces předvídání zdrojů byl přesunut ke zdrojům.

V PMBoK<sup>®</sup> Guide není zvlášť proces, který by řídil zdroje. Účelem procesu řízení zdrojů v ISO 21500 je zajištění potřebných zdrojů pro projekt. Podobný proces, který vyžaduje řízení zdrojů, se nachází v ISO 10006 v sekci 6.1.3.

### 3.5 Termín

Účelem procesů (tab. 7) je, aby činnosti byly plánovány v časovém logickém sledu, který identifikuje doby trvání, milníky a vzájemné závislosti a taktéž monitorovat odchylky od harmonogramu a přijímat odpovídající opatření.

Tab. 7 Oblasti procesů v oblasti Termín (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 7 Process areas in the area Deadline (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBoK <sup>®</sup> Guide
Přesunuto do tabulky rozsahu	6.1 Určení aktivit
4.3.21 Posloupnost činností	6.2 Posloupnost aktivit
Přesunuto do tabulky zdrojů	6.3 Odhad zdrojů činností
4.3.22 Předvídaní trvání činností	6.4 Předvídaní trvání činností
4.3.23 Sestavení rozvrhu	6.5 Sestavení rozvrhu
4.3.24 Kontrola rozvrhu	6.6 Kontrola rozvrhu

Dva procesy z oblasti řízení termínu byly, jak ukazuje tab. 7, přesunuty.

### 3.6 Náklady

Účelem procesů (tab. 8) je propočítání nákladů potřebných

pro dokončení každé činnosti v projektu a pro projekt jako celek. Při zjišťování současného stavu nákladů na projekt se pro určení odchylek porovnávají náklady dle směrného plánu a implementují se preventivní nebo nápravná opatření s cílem vyloučit nebo minimalizovat negativní dopady.

Tab. 8 Oblasti procesů v oblasti Náklady (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab.8 Process areas in the area Costs (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBoK <sup>®</sup> Guide
4.3.25 Předpokládané náklady	7.1 Předpokládané náklady
4.3.26 Vypracování rozpočtu	7.2 Odhad rozpočtu
4.3.27 Řízení nákladů	7.3 Řízení nákladů

V oblasti nákladů mezi ISO 21500 a PMBoK<sup>®</sup> Guide nejsou podstatné rozdíly.

### 3.7 Rizika

Tab. 9 Oblasti procesů v oblasti Rizika (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 9 Process areas in the area Risks (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBoK <sup>®</sup> Guide
	11.1 Plán řízení rizik
4.3.28 Identifikace rizik	11.2 Identifikace rizik
4.3.29 Posouzení rizik	11.3 Provedení kvalitativní analýzy rizik
	11.4 Provedení kvantitativní analýzy rizik
4.3.30 Snižování rizik	11.5 Plán opatření, když riziko nastane
4.3.31 Řízení rizik	11.6 Sledování a řízení rizik

ISO 21500 nezahrnuje plán řízení rizik. V PMBoK<sup>®</sup> Guide je analýza rizik rozdělena, zatímco ISO 21500 je slučuje. Není ale úplně jasné, zda ISO 21500 vyžaduje kvantitativní řízení rizik. Snižování rizik v ISO je ekvivalentem k plánování opatření v PMBoK<sup>®</sup> Guide. ISO procesy následují a kopírují předešlý nedostatek z

PMBoK<sup>®</sup> Guide v tom, že mohou existovat negativní i pozitivní rizika, opatření jsou ale dostupná pouze pro negativní rizika – tj. zmírňování, deformace, krizové plány. Tento nedostatek byl vyřešen až v PMBoK<sup>®</sup> Guide:2004. Zde je předpoklad návaznosti ISO 21500 a ISO 31000.

### 3.8 Kvalita

Účelem procesů (tab. 10) je určit, zda jsou plněny požadavky na kvalitu projektu, popř. identifikovat

příčiny nevyhovujícího průběhu a věcného plnění a zajistit způsob, jak je odstranit. Je nutno však řídit současně kvalitu projektu a kvalitu produktu projektu.

Tab. 10 Oblasti procesů v oblasti Kvalita (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 10 Process areas in the area Quality (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBok® Guide
4.3.32 Plánování kvality	8.1 Plánování kvality
4.3.33 Zajišťování kvality	8.2 Zajišťování kvality
4.3.34 Řízení kvality	8.3 Řízení kvality

Zde mezi ISO 21500 a PMBoK® Guide nejsou podstatné rozdíly.

Procesy (tab. 11) se používají pro plánování a zajišťování dodávek, výběr dodavatelů a administrativní zajištění.

### 3.9 Nakupování

Tab. 11 Oblasti procesů v oblasti Nakupování (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 11 Process areas in the area Purchases (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBok® Guide
4.3.35 Plánování procesu nakupování	12.1 Plánování n procesu nakupování
4.3.36 Výběr dodavatelů	12.2 Realizace procesu nakupování
4.3.37 Správa smluv	12.3 Správa procesu nakupování
	12.4 Uzavření procesu nakupování

Proces nakupování u ISO 21500 je shodný s realizací procesu nakupování v PMBoK® Guide. ISO 21500 nemá vymezený žádný speciální postup pro uzavírání procesu nakupování, tento krok je v ISO 21500 zahrnutý ve správě smluv.

projektu a zajistit, aby komunikační potřeby zainteresovaných stran v projektu byly naplněny, popř. řešit komunikační problémy. Přestože je v projektech nutné sdělovat informace o projektu, potřeba informací a způsoby jejich poskytování se liší. Mezi faktory úspěšnosti projektu patří identifikace potřeb zainteresovaných stran z hlediska informací a jakékoli informační potřeby, např. správní nebo zákonné a stanovení vhodných prostředků pro plnění těchto potřeb.

### 3.10 Komunikace

Účelem procesů (tab. 12) je určit potřeby informací a komunikace zainteresovaných stran, zajistit dostupnost požadovaných informací pro zainteresované strany

Tab. 12 Oblasti procesů v oblasti Komunikace (Zdroj: vlastní srovnání [3, 5])  
Tab. 12 Process areas in the area Communication (Source: our own comparison [3, 5])

ISO 21500	PMBok® Guide
Přesunuto mezi zainteresované strany	10.1 Identifikace zainteresovaných stran
4.3.38 Plán komunikace	10.2 Plán komunikace
4.3.39 Šíření informací	10.3 Šíření informací
	10.5 Hlášení o výkonu
Přesunuto mezi zainteresované strany	10.4 Řízení očekávání zainteresovaných stran
4.3.40 Řízení komunikace	

V ISO 21500 byly nově dva procesy shodné s PMBoK® Guide přesunuty do kategorie zainteresovaných stran. Není zde proces, který by korespondoval s hlášením výkonu v PMBoK® Guide. Předpokládá se, že chybějící proces v ISO 21500 by mohl pokrýt proces šíření informací. V ISO 21500 se komunikační proces týká jak

zainteresovaných stran, tak členů projektového týmu. Cílem je řešení problémů v oblasti komunikace.

### Závěry a shrnutí

Z výše uvedeného srovnávání vyplynulo, že ze 42 procesů PMBoK® Guide [5], který obsahuje 467 stran a

z 39 procesů ISO 21500, který obsahuje 44 stran je 32 procesů shodných a mají společný ekvivalent.

Čtyři páry procesů z PMBoK® Guide:

- 5.1 Shromáždění požadavků a 5.2 Definice rozsahu
- 10.3 Šíření informací a 10.5 Hlášení o výkonu
- 11.3 Provedení kvalitativní analýzy rizik a 11.4 Provedení kvantitativní analýzy rizik
- 12.3 Správa procesu nakupování a 12.4 Uzavření procesu nakupování

byly sloučeny do 4 samostatných procesů v ISO 21500.

Ze srovnávání obou standardů je zřejmé, že v ISO 21500 některé procesy chybí. Ale spíše jen opticky, protože jsou součástí jiných procesů. Komise ISO/PC 236 zvolila posun přechodových míst mezi procesy a tímto došlo k přesunutí těchto procesů. Obdobná situace nastala i v případě PMBoK® Guide, pokud se srovnávají rozdily mezi prvním a současným již čtvrtým vydáním.

Přesto byly pro ISO 21500 nastaveny nové procesy:

- Sbíráni získaných zkušeností (4.3.8) – požadavek vyplývající z ISO 10006
- Určení organizace projektu (4.3.17) – požadavek vyplývající z kap. 2.4 v PMBoK® Guide
- Řízení zdrojů (4.3.19) – požadavek vyplývající z dalších standardů ISO 9001, ISO 31000 aj.
- Řízení komunikace (4.3.40) – požadavek vyplývající z požadavků praxe, tzn. potřeba a schopnost komunikovat v oblasti technické, finanční, kvalitativní, personální apod.

Ačkoli ještě v lednu 2010 nebyl ze strany organizace PMI zájem se podílet na vypracování tohoto standardu ISO 21500, tak nyní je v něm zcela převažující vliv PMBoK® Guide, což ještě více posílí dominantní postavení PMI v globálním měřítku. Předpokládá se, že 5. vydání PMBoK® Guide bude zcela harmonizováno s ISO 21500 jejíž struktura je následující:

1. Scope
2. Terms and definitions
3. Project management concepts
  - 3.1 General
  - 3.2 Project
  - 3.3 Project management
  - 3.4 Organizational strategy and projects
  - 3.5 Project environment
  - 3.6 Project governance
  - 3.7 Projects and operations
  - 3.8 Stakeholders and project organization
  - 3.9 Competencies of project personnel
  - 3.10 Project life cycle
  - 3.11 Project constraints
  - 3.12 Relationship between project management concepts and processes

4. Project management processes
  - 4.1 Project management process application
  - 4.2 Process groups and subject groups
  - 4.3 Processes

Annex - Process group processes mapped to subject groups

Využití standardu ISO 21500 bude hlavně v:

- zajištění obecných principů a procesů, které mohou být použity pro další vývoj projektového managementu,
- zjednodušení komunikace mezi dílčími projektovými týmy a organizacemi díky jednotné terminologii,
- koordinaci a optimalizaci řízení projektu prostřednictvím standardizovaných realizačních procesů,
- snížení bariér pro spolupráci na mezinárodních projektech, což umožní zvýšení mobility a flexibility projektových manažerů,
- zvýšení porovnatelnosti a transparentnosti projektů.

Z nového standardu ISO 21500 je zřejmé, že může být využíván při řízení projektů v organizacích, ale je třeba ho vhodně aplikovat do prostředí organizace, tzn. vybrat vhodné procesy, určit procesní tok, naplnit procesy činnostmi, stanovit kompetence atd. (Řeháček 2011). Nutné je také pamatovat, že projekty by měly být ve shodě se strategií organizace (Vlček 2009).

PMBoK® Guide je standardem, který stanovuje nejlepší postupy. Tzn. doporučuje, co se má při řízení projektu provádět a popisuje, jak se „to“ může provádět, což lze v různých organizacích provádět odlišným způsobem.

#### Literatura

- [1] ICB-IPMA. *Competence Baseline (ICB)*. 3<sup>rd</sup> Edition. Netherlands: International Project Management Association, 2006. ISBN 0-9553213-0-1
- [2] ISO 10006. *Quality management systems – Guidelines for Quality Management in Projects*. Geneva: International Organization for Standardization, 2003. 46 s. ICS 03.120.10
- [3] ISO 21500. *Guidance on project management*. Geneva: International Organization for Standardization, 2012. 44 s. ICS 03.100.40
- [4] ISO 31000. *Principles and Guidelines on Implementation*. Geneva: International Organization for Standardization, 2009. 40 s. ICS 03.100.01
- [5] PMI. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok® Guide)*. 4th Edition. Newton Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2008. ISBN 978-1-933890-51-7
- [6] ŘEHÁČEK, P.: *Procesy a prvky projektového řízení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011. 139 s. ISBN 978-80-248-245-0
- [7] VLČEK, Pavel: *BPMN as a Process Analysis Methodology*. Strategic Management and its Support by Information Systems. J.Kaluža (ed.) (pp. 157-161). VŠB – TU Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2031-6

## Pokročilé hodnocení povrchové kvality hutních polotovarů

### Advanced Evaluation of Surface Quality of Metallurgical Semi-products

prof. Ing. Zora Jančíková, CSc.<sup>1</sup>, doc. Ing. Jiří David, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Pavel Švec, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Robert Frischer, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Romana Garzinová, Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 17. listopadu 15/2127, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

*Príspevek se zabývá problematikou predikce a diagnostiky povrchových vad hutních polotovarů na bázi metod analytické a technické diagnostiky s využitím metod umělé inteligence. Cílem současného řešení a výzkumu dané problematiky v laboratorních podmínkách Katedry automatizace a počítačové techniky v metalurgii na VŠB-TU Ostrava bylo vytvoření modelu predikce vzniku povrchových trhlin na základě technologických dat s využitím metod data miningu a znalostních systémů. Tato informace o predikci vady by měla sloužit pro podporu řízení na výběhu jednotlivých technologiích, kde by jednotlivým polotovarům měla být přiřazena informace, zda se na nich vyskytuje nebo nevyskytuje vada. Metoda na bázi technické diagnostiky by pak měla sloužit jako alternativní a potvrzující metoda. Výsledky by umožnily selekci vadných polotovarů před následným zpracováním na navazujících provozech.*

**Klíčová slova:** predikce, vady, metalurgický proces, neuronové sítě, řízení

*The paper is focused on problems of diagnostics and prediction of surface defects of metallurgical blanks based on technological and analytical diagnostics with use of artificial intelligence. The target of current solution and development in the department of Automation and computing in metallurgy at the VSB-TU Ostrava was creation of prediction model for surface crack origins with use of data mining methods. This information about defect prediction should be used as support for operation control, where the information about presence or absence of a crack should be assigned to single blanks. The main attention is focused on creation of a model on the analytical diagnostics basis. This method uses recent diagnosed system behavior data to make prediction model. This data are analyzed and consequently synthesized into results (predictions). Model creation is demonstrated on defect classification at continuous casting of blanks with primary focus on transverse corner cracks. The solution is based on artificial neural networks, which has been created in STATISTICA – Neural Networks program environment. This system makes it possible to make groups of different artificial neural networks and to choose the most suitable one with the best performance. The method of technical diagnostics basis should serve as an alternative and verification method. For operational purposes it was proposed to make a prototype of robotic device with the linear travel. This device is interconnect to the measuring computer, which records the measured data, makes their filtration and transforms them to the “visualization map” style for better visualization and consequent evaluation of material surface. The results would enable selection of defective blanks before subsequent processing. Operational system’s installation requires an analysis and consideration of possible risks and restrictions due to operational conditions.*

**Key words:** prediction, defects, metallurgical proces, neural networks, control

Metalurgické pochody jsou velice složité na modelování a simulaci, proto se v dnešní době začínají často používat pro podporu rozhodování a řízení metalurgických pochodů metody umělé inteligence, a to zejména umělé neuronové sítě. Metalurgický proces se vyznačuje různými typy vstupních dat a jejich velkým počtem [1]. Proto není prakticky možno metalurgický proces matematicko-fyzikálně namodelovat. Příspěvek se zabývá hodnocením povrchové kvality hutních polotovarů a prezentuje přístup s využitím analytické a technické diagnostiky. V rámci příspěvku jsou prezentovány výsledky výzkumu predikce a diagnostiky povrchových vad.

#### Model analytické diagnostiky

Tato metoda využívá k vytvoření predikčního modelu data o chování diagnostikované soustavy v minulosti, která jsou analyzována a následně systematizována do závěrů (predikce). Schopnosti učení a zobecňování z množiny i nestejnorodých dat, kterou mají neuronové sítě, se ukázaly jako vhodné pro dané řešení. Výzkum byl prováděn na klasifikaci vad [11] na plynule litých bramách s primárním zaměřením na predikci příčných rohových trhlin (měřitelných výskytem vad na okraji pásu válcovaného za tepla), ke kterému bylo využito neuronových sítí a na kterém bude demonstrován přístup k řešení dané problematiky modelem analytické diagnostiky. Jako vstupy do modelů na bázi

neuronových sítí byly technologické informace ze zařízení plynulého odlévání oceli (dále ZPO). Výstupem pak byly klasifikace vad z hlediska výskytu a typu vady [10]. Využití těchto modelů bylo několik, první model klasifikoval bramy s vadou a bramy bez vad a následně modely pak provádějí identifikaci vad z různých hledisek (poloha, druh apod.). Pro provozní začlenění těchto modelů do procesu plynulého lité je nejdůležitější identifikace polotovaru z hlediska, zda vadu obsahuje, či nikoliv. Toto je rozhodující. Podružné jsou pak možnosti následujících modelů, které rozpoznávají další podrobnosti o dané vadě. Je totiž mnohem důležitější, jestli model polotovar označí za bez vady, pokud tak ve skutečnosti je, než zda model určí vadu za bodovou místo čárové. Ovšem konkrétní zavedení do praxe bude vyžadovat posouzení také z hlediska ekonomického užitku.

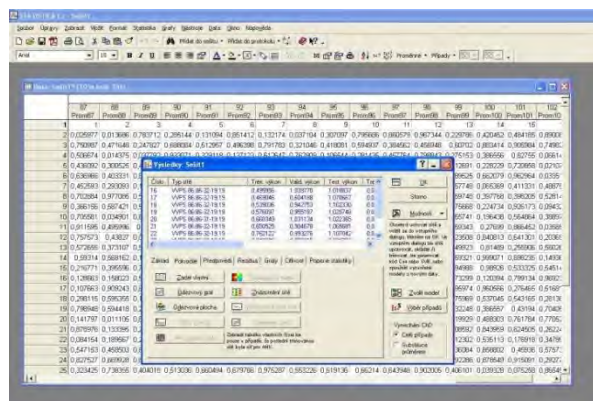
### Analýza a úprava vstupních dat do modelu predikce

Vstupní data měla různorodý charakter a obsahovala technologická data z procesu plynulého odlévání oceli. Vyskytovaly se zde např. teplotní údaje, časové údaje, chemické údaje, číslo tavby, délka dmýchání argonu, oscilační frekvence krystalizátoru atd. Celkem datový soubor obsahoval 156 sledovaných položek v 1072 případech taveb. Datový soubor byl zredukován na významné položky, které charakterizují vznik vad [3] [9]. Po filtraci se vstupní soubor zúžil na 76 položek, které charakterizují technologický proces ZPO. V dalším kroku jsme data rozčlenili na numerickou hodnotu a textovou hodnotou.

Po této úpravě jsme dále data rozdělili do dvou skupin. První skupina obsahovala data ve čtyřech množinách, a to časové, teplotní, chemická data s metrickými daty a zbylá data, která nešla zařadit do předchozích tří množin. V druhé skupině byla data rozdělena do těchto množin: chemické složky, data získaná před litím, data získaná při lití, metrická data a data, která nevyhovovala zařazením do předchozích množin. Dále byla data rozdělena na ta, která obsahují vadu, a na ta, která vadu neobsahují. Po této filtraci zbylo 68 taveb s vadou. K této skupině byla přiřazena ještě skupina 100 taveb, které vadu neobsahovaly. Tím vznikl soubor, který obsahoval 168 taveb, které byly použity k naučení umělé neuronové sítě.

### Tvorba umělých neuronových sítí a vytvoření modelu

Umělé neuronové sítě byly vytvořeny v programovém prostředí STATISTICA - NeuralNetworks (obr. 1.). Tento systém umožňuje mimo jiné vytvoření skupiny rozdílných umělých neuronových sítí a výběr nevhodnější sítě s nejlepším výkonem. Obsahuje také výkonné vyšetřovací a analytické techniky umožňující volbu vhodných vstupních proměnných pro analýzu vyšetřovaných dat (algoritmy pro výběr vlastností vstupů).

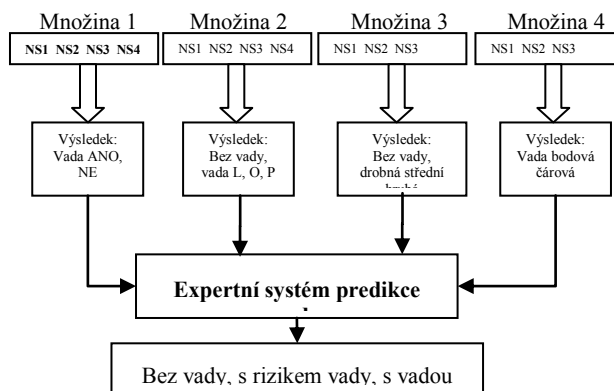


Obr. 1 Program STATISTICA - prezentace výsledků umělých neuronových sítí

Fig. 1 Program STATISTICA – presentation of results of artificial neural network

Dále umožňuje získat souhrnné popisné statistiky, provádět citlivostní analýzu a vytvářet odezvové grafy. Okno s parametry vytvořených umělých neuronových sítí v systému STATISTICA - NeuralNetworks je znázorněno na obr. 1. K učení umělých neuronových sítí bylo použito 168 taveb.

Celkem bylo navrženo 16 umělých neuronových sítí pro oba případy. Pro každý případ bylo vygenerováno 300 umělých neuronových sítí a k testování bylo vybráno 5 umělých neuronových sítí s nejlepšími parametry. Na obr. 2 je zobrazeno blokové schéma celého systému včetně propojení s expertním systémem. Každá umělá neuronová síť byla testována na 50 tavnách, které nebyly zahrnuty do procesu učení umělé neuronové sítě.



Obr. 2 Blokové schéma systému  
Fig. 2 Block diagram of the system

První množina umělých neuronových sítí predikovala, zda vada se vyskytne nebo nevyskytne. Druhá množina umělých neuronových sítí predikovala, zda je vada na pravé, levé nebo obou stranách kontistlitku a byla zde přidána ještě možnost, že vada není. Třetí množina umělých neuronových sítí charakterizovala vadu z hlediska její rozsáhlosti a to na drobnou, střední a hrubou. V této množině také byla přidána možnost, že vada nevznikne. Čtvrtá množina umělých neuronových sítí predikovala, zda je vada kruhová, čárová a že vada není.

Tab. 1 Výsledky predikce jednotlivých množin umělých neuronových sítí

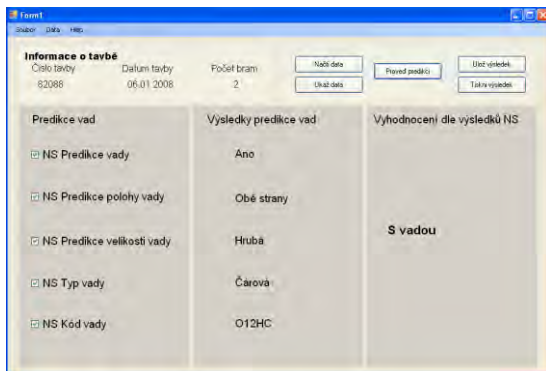
Tab. 1 Results of prediction of single neural networks set

Množina UNS	Skupina 1	Skupina 2
1	88 %	89 %
2	82 %	81 %
3	87 %	87 %
4	79 %	78 %

Pro jednotlivé umělé neuronové sítě jsou výsledky a jejich struktura uvedeny v tab. 1. Úspěšnost predikce byla hodnocena jako procento správně určených případů z testovací množiny. Z výsledků vyplývá, že jsme dosáhli uspokojivých výsledků ve všech sledovaných případech.

Naučené sítě byly vygenerovány do jazyka C++ a po následné úpravě byly začleněny do vytvořeného uživatelského rozhraní (obr. 3.). V uživatelském rozhraní je vytvořen expertní systém, který zpracovává výsledky z jednotlivých umělých neuronových sítí. Toto uživatelské rozhraní bylo vytvořeno v Microsoft Visual C++ 2008. Uživatelské rozhraní bylo prozatím vytvořeno jen pro vědecké účely a podle výsledku dalších prací se bude dále vyvíjet, aby mohlo být zařazeno do provozu.

Výsledek expertního systému se sestavoval ze čtyř výstupů množin umělých neuronových sítí najednou. Výstup z každé umělé neuronové sítě se přivede následně jako vstup do expertního systému. Princip celého algoritmu spočívá v tom, že načtená data z databáze plynulého liti procházejí postupně čtyřmi množinami neuronových sítí. Z každé množiny výstupů umělých neuronových sítí se určuje stav plynule litého polotovaru na základě určených podmínek. Expertní systém zařadí plynule litý polotovar do kategorie bez vady, s rizikem vady a s vadou. Tímto způsobem by měla být minimalizována možnost chybné predikce vady na polotovaru.



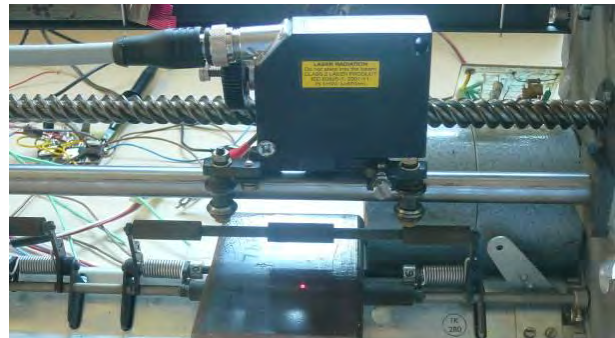
Obr. 3 Obrazovka systému [8]

Fig. 3 The system screen [8]

## Vývoj diagnostické metody ověření kvality povrchu

V rámci řešení výše uvedeného grantového projektu byla v laboratořích Katedry automatizace a počítačové

techniky v metalurgii, VŠB-TU Ostrava vyvíjena i metoda na bázi technické diagnostiky pro ověření kvality povrchu materiálu s využitím laserového snímače (vzdálenosti). Vytýčeným cílem řešení je návrh metody a provozního zařízení pro vizualizaci a hodnocení povrchu materiálu v provozních podmínkách a v reálném čase.

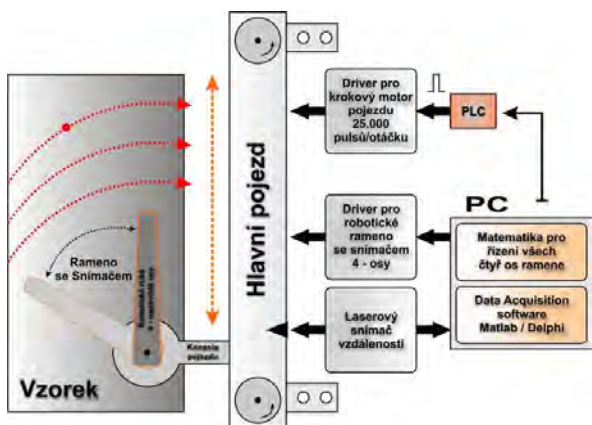


Obr. 4 Pohled na jednoduché mechanické zařízení pro snímání zkušební povrchu a laboratorní model s posunem laserového snímače

Fig. 4 View of simple mechanical device for surface scanning and the laboratory model with horizontal shift of the laser distance sensor.

Návrh metody probíhal v několika etapách. Základem řešení bylo ověření možností laserového snímače vzdálenosti a posouzení jeho vhodnosti k jeho využití pro snímání povrchu materiálu. Za tímto účelem bylo vytvořeno jednoduché mechanické zařízení pro snímání, které bylo ověřeno. Na jeho základě byl vytvořen nový laboratorní model, jenž automaticky řídil posun laserového snímače ve směru  $x$  a  $y$  – viz obr. 4. K zařízení byla současně vytvořena softwarová aplikace pro vizualizaci naměřených hodnot [3].

Pro provozní řešení byl navržen a vytvořen prototyp robotnického zařízení s lineárním pojezdem – viz obr. 5 a 6. Toto zařízení je napojeno na měřicí počítač, který zaznamenává naměřené hodnoty, provádí jejich filtraci a transformuje je na vhodný tvar pro vizualizaci a ohodnocení povrchu materiálu.[6].



Obr. 5 Prototyp zařízení pro hodnocení povrchu  
Fig. 5 Prototype of device for surface evaluation

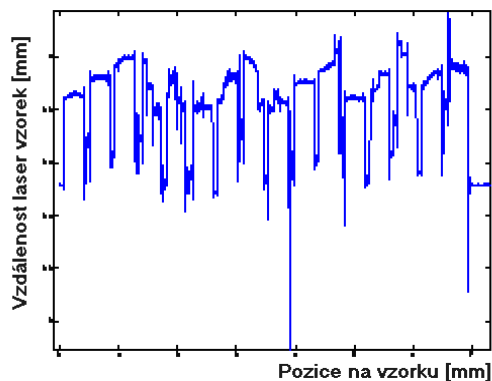
Na obr. 7 a 11 je znázorněna posloupnost transformací reálných měření povrchu krystalizátoru. Robotický systém s laserovým snímačem vzdálenosti měří vzdálenost povrchu vzorku k snímači (obr. 6). Tato informace je přenášena do vyhodnocovacího počítače, ve kterém probíhá filtrace dat a transformace na vizualizační mapu.. Na obrázcích 8 a 9 je ukázka nefiltrovaných a filtrovaných dat. Na obrázku 10 pak je ukázka detailu jednoho průjezdu snímače. Na obrázku 11 je ukázka výsledné vizualizační mapy povrchu vzorku.



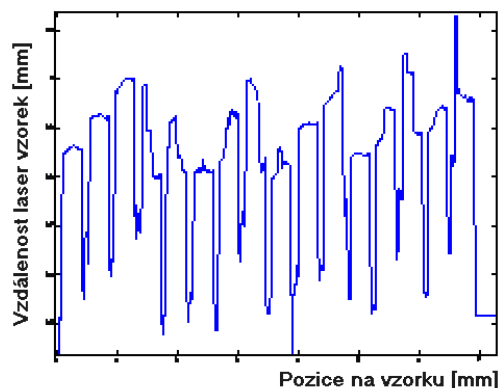
Obr. 6 Robotický systém s laserovým snímačem  
Fig. 6 Robotic system with laser sensor



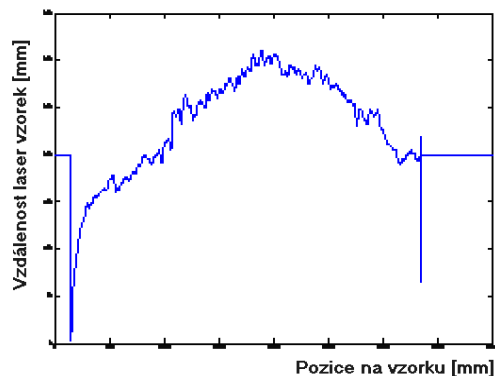
Obr. 7 Bod laserového snímače na povrchu zkušební vzorku  
Fig. 7 Dot of the laser sensor on tested blank's surface



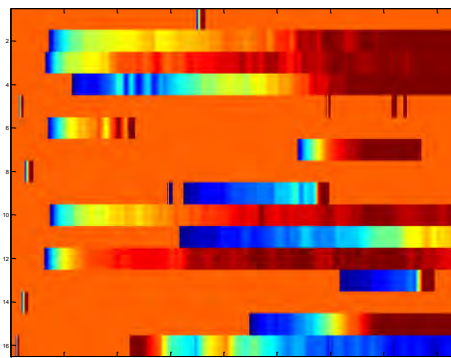
Obr. 8 Nefiltrovaná data z laserového snímače  
Fig. 8 Unfiltered data from the laser sensor



Obr. 9 Filtrovaná data z laserového snímače  
Fig. 9 Filtered data from the laser sensor



Obr. 10 Detail průchodu snímače tam a zpět  
Fig. 10 Detail of the sensor travel to both ends



Obr. 11 Testovací mapa s hloubkovým rozlišením  
Fig. 11 Testing map with depth resolution

## Závěr

Problematika vzniku vad na hutních polotovarech je velmi rozsáhlá, a to jak z hlediska druhů vad, tak i z hlediska možných příčin. V rámci příspěvku jsou prezentovány výsledky výzkumu predikce povrchových vad.

Cílem současného řešení dané problematiky bylo vytvoření modelu predikce vzniku povrchových trhlin na základě technologických dat s využitím metod data miningu a znalostních systémů. Tato informace o predikci vady by měla sloužit pro podpora řízení na výběhu technologií, kde by jednotlivým polotovarům měla být přiřazena informace, zda se na nich vyskytuje nebo nevyskytuje vada.

Výsledky by umožnily selekci vadných polotovarů před následným zpracováním na navazujících provozech [12]. Dosažené výsledky dovolují konstatovat, že pro výše formulovanou úlohu predikce vad s využitím analytické diagnostiky je možné řešení na principu data miningu s využitím metodiky CRIPS – DM. Provozní instalace systému na výše uvedeném principu technické diagnostiky vyžaduje analýzu a zvážení možných rizik a omezení vlivem provozních podmínek.

### Poděkování

**Článek vznikl díky finanční podpory Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky: řešení grantového projektu TIP ev. č. FR-TII/319 "Vývoj nových progresivních nástrojů a systémů podpory řízení spolehlivosti primárního chlazení na bramovém zařízení plynulého odlévání oceli pro zvyšování kvality náročných plochých výrobků" a projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR SP 2011/85 „Moderní přístupy a nástroje řízení průmyslových systémů“.**

### Literatura

- [1] FRUEHAN, R. J. The Making, Shaping and Treating of Steel. 11<sup>th</sup> Edition Steelmaking and Refining Volume. Pittsburgh: AISE Steel Foundation. 2003.
- [2] Refratechnik Holding, GmbH. Company Report and Chemical Analysis Test. 2009.
- [3] DAVID, J. a kol. Zvyšování kvality plynule litéch předlitků monitorováním a diagnostikovaním vad v závislosti na životnosti desek krystalizátoru. Zpráva projektu FR-TII/319, VŠB-TU Ostrava, 2011
- [4] MAZALOVÁ, H., ŠVEC, P., DAVID, J. Exploitation of Method Datamining for Prediction of Surface Defects on Flat Casting. METAL 2011, str. 136, Tanger, spol.sr.o. Ostrava, Ostrava, 2011. ISBN 978-80-87294-22-2
- [5] ŠMÍD J. Seznam vad předlitku a příčin jejich vzniku, Výzkumný a zkušební ústav Ostrava, 1999.
- [6] VÁLEK, L., KALUŽA J. Vybrané zkušenosti z monitoringu oscilace krystalizátoru bramového ZPO. In. Teorie a praxe výroby a zpracování oceli 2010, Rožnov pod Radhoštěm, 2010/04, p. 119 - 124. ISBN 978-80-87294-14-7. (2010)
- [7] VÁLEK, L. et al. Příspěvek k řešení problematiky kvality desek bramových krystalizátorů a jejich pokovení. In. Teorie a praxe výroby a zpracování oceli 27. ročník, Hotel Relax, Rožnov pod Radhoštěm, 04/2011, p. 102 - 108. ISBN 978-80-87294-21-5. (2011)
- [8] DAVID, J., HEGER, M., VROŽINA, M., VÁLEK L. Visualisation of Data Fields. Archives of Metallurgy and Materials, Volume 55, Issue 3, 795, ISSN 1733-3490. (2010)
- [9] SPASOV, A. et al. Metodika hodnocení vad desek krystalizátorů. ArcelorMittal Ostrava a.s., Výzkum, 12/2011, 32 s. (2011)
- [10] GÓRNY Z., KLUSKA-NAWARECKA S., WILK-KOŁODZIEJCZYK D., REGULSKI K. Diagnosis of Casting Defects Using Uncertain and Incomplete Knowledge Diagnostyka Wad Odlęwów Przy Zastosowaniu Wiedzy Niepewnej i Niepełnej. Archives of Metallurgy and Materials. Volume 55, Issue 3, 827, ISSN 1733-3490. (2010)
- [11] GÓRNY, Z., KLUSKA-NAWARECKA, S., WILK-KOŁODZIEJCZYK, D. Attribute-Based Knowledge Representation In The Process Of Defect Diagnosis Atrybutowa Reprezentacja Wiedzy W Procesie Diagnostyki Wad. Archives of Metallurgy and Materials. Volume 55, Issue 3, 819, ISSN 1733-3490. (2010)
- [12] DAVID, J. et al. Etapa 5 - Zvyšování kvality plynule litéch předlitků monitorováním a diagnostikovaním vad v závislosti na životnosti desek krystalizátoru. VŠB-TU Ostrava, 12/2011, 25 s. (2011)

## Statistika světové výroby oceli za duben

<http://americanmachinist.com/news/global-steel-output-down-april-ytd?page=2>

Ve většině zemí světa je výroba oceli od počátku letošního roku nižší, než ve stejném období minulého roku. Výjimkou je Čína, kde došlo za toto období k nárůstu o 8,4 %. Výroba oceli ve 27 zemích EU činila v dubnu 2013 celkem 14.066 Mt, což je o 3.63 % méně než v březnu 2013 a o 4.9 % méně než v dubnu 2012. V USA byla výroba oceli v dubnu 2013 prakticky stejná jako v březnu 2013, proti výrobě v dubnu 2012 však vykazuje pokles o 7,3 %. Světové ocelářské kapacity byly v dubnu 2013 využívány na 80,0 %, zatímco před rokem byla tato hodnota o 2 % vyšší. Recese tedy pokračuje.

L J

## Návrh parametrů výroby ocelového tvářeného kola s využitím metody QFD

### Design Parameters of The Production of Steel Wheel with Using QFD

Ing. David Vykydal<sup>1</sup>, Ph.D., Ing. Petr Novotný<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 17. listopadu 15/2127, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

*Znalost a schopnost plnit požadavky zákazníků a dalších zainteresovaných stran jsou nezbytným předpokladem pro dosažení takové kvality produktu, která zajistí jeho uplatnitelnost na trhu a následně i spokojenost zákazníků při jeho využívání. Jeden z možných nástrojů, který se orientuje na zákazníka a transformuje jeho požadavky do navrhovaného produktu a procesu jeho výroby, je metoda QFD (Quality Function Deployment). Právě tato metoda byla uplatněna při návrhu produktu a procesu výroby ocelového tvářeného kola dodávaného pro automobilový průmysl. Tento článek popisuje postupnou aplikaci metody QFD při identifikování důležitých požadavků na tvářené kolo a jejich postupnou transformaci až do parametrů procesu jeho výroby.*

**Klíčová slova:** metoda QFD, dům jakosti, parametry procesu, výroba ocelového kola

*Nowadays it is generally supposed that preliminary stages before manufacturing decide about the resulting quality of products and about the customers' satisfaction achieving at least eighty percent. Although these preliminary stages before manufacturing focus especially on the design and development of product and on the process of its realization. Exactly in these phases of the product life cycle, the customers' requirements are identified and transformed into the design of the product, which then the organization produces and supplies to its customers. Nevertheless, the market conditions and thereby the requirements are also changing all the time. It is therefore necessary to evaluate continually the customers' satisfaction, identify the changes in their requirements and exert the feedback in terms of continuous improvement of the processes and products. Use of the quality management methods and tools in the pre-manufacture periods could contribute to the optimal flow and required outputs of these periods. Quality Function Deployment (QFD) is one of these methods. The QFD is the teamwork method based on the matrix diagram principle and it is exploited especially during the product and process design and development. Use of this method makes it possible to transform the identified customers' requirements into the other stage of the design and development of the product and into the process its realization. One of the most applied approaches of QFD is that of the American Supplier Institute, the so-called four - matrix approach. Use of the QFD brings the whole number of indisputable advantages that include for example: better understanding and more accurate fulfilment of the consumers' requirements; moderate number of the problems at start of the production; lower costs for development and production of new products; better reallocation of resources, etc. This article describes the sequential application of the QFD method identification of important requirements for steel wheel and their gradual transformation to the parameters of the production process.*

**Key words:** method QFD, House of Quality, process parameters, steel wheel production

Úspěch a ekonomická prosperita jakékoliv organizace, poskytující hmotný produkt nebo službu v jakémkoliv průmyslovém odvětví, jsou závislé především na schopnosti organizace uspokojit své zákazníky prostřednictvím poskytování kvalitních produktů. Obecně platnou a jasnou definicí pojmu kvalita uvádějí normy ISO řady 9000, kde je kvalita definována jako „stupeň plnění požadavků, resp. potřeb nebo očekávání zákazníků a jiných zainteresovaných stran, souborem inherentních znaků“ [1]. Budeme-li vycházet z této univerzální definice, pak je možné konstatovat, že spokojenosti zákazníků dosáhneme prostřednictvím bezchybného naplnění jejich požadavků. To potvrzuje i definice pojmu spokojenost zákazníka, který je chápán jako „souhrn pocitů zákazníka odvozený od rozdílu mezi jeho potřebami a očekáváními a vnímanou realitou na trhu reprezentovanou poskytovaným produktem“ [2].

V současné době je všeobecně uznávanou skutečností, že o schopnosti organizace plnit požadavky zákazníků, a tím i o výsledné kvalitě produktů, se rozhoduje již v raných fázích životního cyklu produktu. Konkrétně v etapě návrhu a vývoje produktu, kdy by měli být identifikováni zákazníci organizace a jejich požadavky na produkt. Navrhovaný produkt by měl být v souladu s identifikovanými požadavky. Jedním z účinných nástrojů transformace požadavků zákazníků do dalších fází návrhu a vývoje produktu a procesu jejich realizace je metoda QFD (Quality Function Deployment). Tato metoda, i přes výhody plynoucí z jejího používání, není v organizacích střední velikosti působících v České republice dostatečně známou, resp. využívanou v dostatečné míře. Tento fakt potvrdil i provedený průzkum o používání metod a nástrojů managementu kvality [3]. Výsledky průzkumu naznačují, že tuto metodu využívá pouze 11 % organizací.

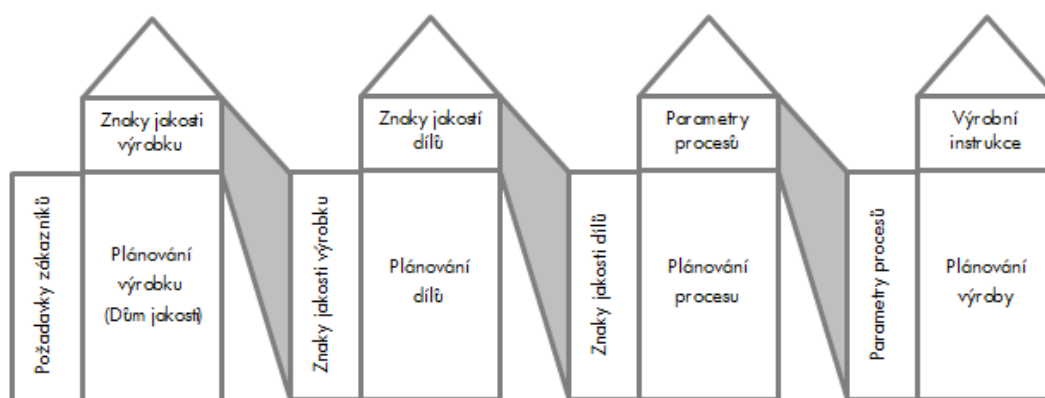
I přes tento fakt, nebo právě proto, se v organizaci zabývající se výrobou kol pro automobilový průmysl rozhodli aplikovat metodu QFD při návrhu nového typu ocelového tvářeného kola. Cílem aplikace metody QFD bylo hledání nových možností k dosažení lepších a efektivnějších výsledků z návrhu a vývoje nových produktů a porovnání výsledků se stávajícími postupy využívanými v organizaci. Postup praktické aplikace metody QFD při návrhu tvářeného kola a dosažené výsledky jsou náplní tohoto článku.

## Metoda QFD

Metoda QFD je metodou týmové práce založenou na principu maticového diagramu a je využívána zejména v

průběhu návrhu a vývoje produktu. Účelem této metody je transformace požadavků všech zainteresovaných stran, zejména zákazníků, do dalších fází návrhu a vývoje produktu a procesu jeho realizace. Existuje několik přístupů k aplikaci metody QFD, které se liší zejména v počtu maticových diagramů použitých k postupné transformaci požadavků na produkt. Jedním z nejčastěji uplatňovaných přístupů k metodě QFD je přístup Amerického institutu dodavatelů (American Supplier Institute), tzv. čtyřmaticový přístup [4]. Tento přístup využívá čtyři maticové diagramy (obr. 1) k postupné transformaci:

- požadavků zákazníka do znaků kvality produktu;
- znaků kvality produktu do znaků kvality dílů;
- znaků kvality dílů do parametrů procesu;
- a parametrů procesu do výrobních instrukcí.



Obr. 1 Čtyř maticový přístup metody QFD [18]  
Fig. 1 Four - matrix approach of QFD method [18]

Použití tohoto, ale i dalších přístupů k aplikaci metody QFD, přináší celou řadu nesporných výhod, ke kterým se například řadí:

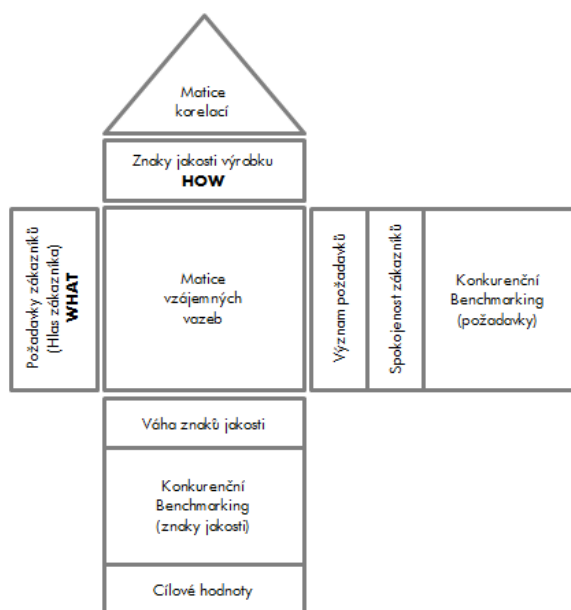
- lepší pochopení a přesnější plnění požadavků zákazníka, což vede k vyšší spokojenosti;
- menší počet problémů při rozběhu výroby;
- méně konstrukčních změn;
- zkrácení vývojového cyklu výrobku;
- nižší náklady na vývoj a výrobu nových produktů;
- lepší přerozdělení zdrojů, apod.

Nejčastěji se metoda QFD využívá při převodu požadavků zákazníků do základních technických parametrů produktu (znaků kvality). Výsledný maticový diagram je pak nazýván jako „Dům jakosti“, který v rámci čtyřmaticového přístupu představuje první maticový diagram. Zpracování probíhá v týmu složeném z pracovníků z různých odborných útvarů, zejména pracovníků marketingu, vývoje, konstrukce, výroby, popř. řízení kvality a dalších. Pro dosažení efektivních výsledků je vhodné do týmu zařadit i zástupce zákazníka.

Obr. 2 znázorňuje logický postup aplikace „Domu jakosti“. V prvním kroku jsou identifikovány požadavky na produkt – WHAT. Pro každý identifikovaný

požadavek zákazníka je identifikován nejméně jeden technický parametr (znak kvality) produktu – HOW. V další fázi jsou v rámci zákaznického hodnocení pro jednotlivé požadavky vyhodnocovány dílčí kritéria: význam požadavku, schopnost plnit požadavky stávajícím produktem, porovnání produktu s konkurenčními produkty, vliv na prodejnost a plánované zlepšení. Výsledkem této fáze je vyjádření relativní váhy jednotlivých požadavků, která představuje důležitost požadavků z hlediska vyhodnocení dosažené úrovně zmiňovaných kritérií. Střední část „Domu jakosti“ představuje matici vzájemných vztahů, kde se analyzuje vazba mezi technickými parametry (znaky kvality) a požadavky zákazníků. Ve středu matice se pak analyzují vzájemné vztahy mezi jednotlivými znaky kvality. Výsledkem aplikace je návrh měřitelných cílových hodnot jednotlivých technických parametrů (znaků kvality), včetně nastavení přípustných tolerancí, jejichž dosažení by mělo vést ke splnění požadavků zákazníků a jejich spokojenosti. Kromě těchto cílových hodnot jsou rovněž stanoveny relativní váhy jednotlivých parametrů, vyjadřující důležitost (relativní váhu) znaků kvality a míru jejich vlivu na schopnost splňovat jednotlivé požadavky.

Aplikace, resp. postupná transformace získaných technických parametrů (znaků kvality) produktu, v dalších maticových diagramech je založena na stejném principu jako u „Domu jakosti“.



Obr. 2 „Dům jakosti“ [14]  
Fig. 2 „House of Quality“ [14]

## Přehled dosavadních poznatků v oboru

Existuje celá řada publikací, které se věnují metodě QFD. První skupina publikací se zaměřuje zejména na teoretický rozbor metody QFD, resp. „Domu jakosti“, a na postup aplikace QFD v rámci jednotlivých přístupů. Základy metody QFD položil v Japonsku v roce 1966 Yoji Akao a je logické, že od tohoto japonského autora pocházejí i jedny z nejstarších ucelených publikací věnovaných této problematice [5, 6]. Kromě tohoto odborníka se metodě QFD ve svých publikacích podrobněji věnovali i další autoři. Např. Cohen popisuje čtyřmaticový přístup [7], stejně tak Revelle, Moran a Cox [4]. Další přístup, který rozpracovává až 30 maticových digramů, přístup nazývaný matice matic, je popsán v knize amerického autora Kinga [8].

Další skupinu tvoří publikace zaměřené na praktickou aplikaci metody QFD. Tato metoda byla a je využívána k návrhu rozmanité škály produktů a služeb, což ilustrují následující příklady praktických aplikací a případových studií. Její využití je možné vidět v publikacích Erikssona a McFaddena [9] při vývoji počítačového softwaru. Vinodh a Gopinath Rathod se snažili pomocí metody QFD zohlednit environmentální aspekty při návrhu elektrického vozu [10]. Poměrně široké uplatnění nachází metoda QFD v oblasti stavebního průmyslu, např. v článku Dikmena, Birgonula a Kiziltase, kteří tuto metodu aplikovali při výstavbě velkého bytového komplexu v turecké Ankaře s cílem zlepšení podmínek bydlení [11]. Hsiao a Liu popisují praktickou aplikaci metody při vývoji

kuchyňského robota [12]. Dále můžeme najít uplatnění v oblasti veřejných služeb, jako např. vzdělávání [13]. Toto je jen nepatrný výčet publikací zaměřených na praktickou aplikaci metody QFD, nicméně je z něj patrný široký rozsah jejího uplatnění nejen napříč různými průmyslovými obory, ale i ve službách a dalších oborech lidské působnosti.

Poslední skupina je tvořena publikacemi, které se snaží vědecky rozvíjet tradiční přístupy aplikace metody QFD. První část této skupiny publikací se zaměřuje především na její propojení s dalšími metodami, nástroji a postupy plánování a řízení kvality, plánování finančních a dalších zdrojů, řízení výroby, řízení projektů, analýzy rizik apod. Za účelem pružné reakce na změny v požadavcích zákazníků je možné spojení metody QFD s regulačními diagramy a řízením výroby na základě neustále aktualizovaných výstupů z aplikace těchto dvou nástrojů [14]. Poměrně často je aplikace metody QFD spojena s aplikací metody FMEA, dalšího nástroje návrhu nových produktů a procesů. Např. Hassan, Siadat, Dantan a Martin navrhuji metodiku „Conceptual Process Planning“, kde tyto dvě metody navíc kombinují s ABC – Activity Based Costing, kdy se snaží zohlednit i nákladovou stránku návrhu [15].

Druhá část vědecky zaměřených publikací je věnována možnostem odstranění nedostatků metody QFD, jako např. nejasný popis informací využívaných v průběhu aplikace metody QFD, jejich nekonzistentnost nebo neúplnost. Toho se snaží převážná část autorů dosáhnout využitím matematického aparátu, zejména využitím Fuzzy logiky [16]. Uvedený výčet publikací potvrzuje, že ve světě je problematika metody QFD značně rozšířená, což potvrzuje rozsáhlé možnosti při jejím využití. V České republice je však tomuto nástroji a zejména jeho praktické aplikaci věnována poměrně malá pozornost a publikace českých autorů jsou výjimkou

## Návrh parametrů procesu výroby tvářeného ocelového kola – případová studie

Jak již bylo výše uvedeno, metoda QFD byla uplatněna při návrhu nového typu tvářeného ocelového kola v organizaci vyrábějící ocelová kola pro automobilový průmysl. Při postupné aplikaci metody QFD, byly využity základní principy čtyřmaticového přístupu QFD, ale na místo čtyř maticových diagramů byly aplikovány pouze dva. První maticový diagram (dům jakosti) byl využit k transformaci požadavků zákazníků a dalších zainteresovaných stran na ocelové kolo do technických parametrů kola (znaků kvality). Pomocí druhého maticového diagramu se převedy identifikované technické parametry ocelového kola do parametrů procesu výroby jednoho ze dvou dílů kola, konkrétně disku. Výsledkem aplikace byly definované cílové hodnoty technických parametrů nového typu tvářeného ocelového kola a identifikované rozhodující parametry dílčích činností procesu výroby disku [17].

Ještě dříve, než začala vlastní aplikace QFD, byl sestaven řešitelský tým tak, aby v něm byli zástupci

všech oddělení, které se na výsledné kvalitě produktu nějak podílejí. V týmu byli zástupci oddělení vývoje, oddělení kvality, oddělení logistiky, oddělení vstupní kontroly a technolog materiálů a výroby. Hlas zákazníka v tomto týmu zastupoval zaměstnanec oddělení kvality.

### I. Identifikace požadavků zákazníka

Prvním krokem po sestavení řešitelského týmu byla identifikace požadavků na ocelové kolo. Pomocí brainstormingu byla postupně identifikována celá škála požadavků:

- zákazníka (automobilky, pro kterou se mělo kolo vyrábět);
- interních, stanovených výrobní organizací;
- legislativy.

Vzhledem k velkému počtu identifikovaných požadavků ze strany automobilky a legislativy bylo rozhodnuto, že pro transformaci požadavků do parametrů kola pomocí metody QFD budou vybrány jen ty nejvýznamnější. Po diskusi uvnitř týmu byla definována skupina 12 požadavků, které dle odborníků zastoupených v týmu nejlépe reprezentují výslednou kvalitu ocelového kola. Vybrané požadavky zákazníků na ocelové kolo jsou uvedeny v tab. 1, kde je rovněž uvedeno bodové hodnocení významu jednotlivých požadavků, přičemž bodové hodnocení 5 získaly ty požadavky, na které klade zákazník silný důraz nebo jejich nesplnění je zvláště závažné, a nejnižší bodové hodnocení 1 znamená, že jejich nesplnění zákazník nejspíš ani neznamená.

Tab. 1 Požadavky zákazníků na ocelové kolo  
Tab. 1 Customers' requirements to steel wheel

Požadavek	Význam požadavku	Relativní váha [%]
Vzduchotěsnost ráfku	5	14,30
Dodržení rozměrů kola dle výkresu	5	11,44
Cena kola	5	11,44
Vyhovující životnostní zkoušky	5	9,15
Pevnost kalot upevňovacích otvorů	4	9,15
Správné značení kola	4	9,15
Spolehlivost dodávek	4	9,15
Značení 1. harmonizované radiální házivosti – fosforová tečka	4	7,32
Specifikace materiálu	4	6,10
Povrchová ochrana	3	5,49
Vizuální kvality	2	3,66
Správné balení	2	3,66

Následně byly tyto požadavky v „Domu jakosti“ transformovány do technických parametrů (znaků kvality) kola.

### II. Dům jakosti

V této fázi byly nejprve ke každému požadavku identifikovány odpovídající znaky kvality (technické parametry) ocelového kola, přičemž ke každému požadavku byl přidělen minimálně jeden znak kvality.

Poté byly postupně realizovány všechny etapy aplikace „Domu jakosti“, tzn. stanovení významu požadavků (tab. 1), bylo provedeno vyhodnocení schopnosti stávajícího produktu plnit požadavky a byl proveden benchmarking, tzn. porovnání inovovaného (navrhovaného) kola s produktem od jednoho z nejvýznamnějších konkurentů. Výsledkem této části bylo vyhodnocení relativní váhy jednotlivých požadavků (viz. tab. 1). Poté byla vyhodnocena míra vlivu jednotlivých znaků kvality na schopnost naplňovat každý z požadavků a byly identifikovány vazby mezi jednotlivými znaky. Výstupem byly stanovené relativní váhy parametrů (znaků jakosti) ocelového kola a především cílové hodnoty těchto parametrů, včetně tolerancí. Aplikací „Domu jakosti“ se zjistilo, že mezi nejdůležitější parametry ocelového kola, z hlediska schopnosti plnit jednotlivé požadavky, patří tyto parametry:

- vstupní tloušťka materiálu disku,
- vstupní tloušťka materiálu ráfku,
- jakost materiálu disku,
- jakost materiálu ráfku,
- rovinnost dosedací plochy,
- provedení svaru ráfku atd.

Důležitost jednotlivých parametrů byla vyhodnocena zejména z hlediska jejich míry vlivu na plnění požadavků. Např. vstupní tloušťka materiálu disku silně ovlivňuje schopnost plnit tyto požadavky: dodržení rozměrů kola dle výkresu, vyhovující zkoušky životnosti, specifikace materiálu a pevnost kalot upevňovacích otvorů.

### III. Plánování dílů

Tato fáze měla spočívat v transformaci znaků kvality (parametrů) ocelového kola do znaků kvality jeho jednotlivých dílů. Vzhledem k tomu, že plánovaný produkt se skládá ze dvou dílů – z disku a ráfku, a znaky jednotlivých dílů ocelového kola jsou snadno oddělitelné z „Domu jakosti“, nebylo nutné realizovat tuto fázi a mohlo se přikročit přímo k třetímu maticovému diagramu a transformovat znaky kvality dílů do parametrů procesu.

### IV. Plánování procesu

Tato fáze projektu se zaměřila na transformaci znaků jakosti jednoho z dílů – ocelový disk, do parametrů procesu výroby disku ocelového tvářeného kola. Nejdříve bylo potřeba identifikovat a popsat jednotlivé činnosti procesu výroby disku:

#### 1. Manipulace se svitkem:

Nasazení a ustavení svitku jeřábem do výchozího prostoru, jeho posun do odvíjecího prostoru a zavedení začátku svitku do odvíjecího a rovnacího zařízení.

2. *Odvijení a rovnání:*  
Postupné odvíjení, rovnání a podávání pruhu ze svitku do střížného nástroje.
3. *Bezodpadový nástřih:*  
Stříhání podávaného pásu ze svitku a přemístění přístřihů ke stohování pro vstupní zařízení lisu.
4. *Stohování a posun:*  
Stohování přístřihů do sloupců a transport krokovým dopravníkem ke vstupní mechanizaci lisu.
5. *Ustavení a dávkování:*  
Ustavení stohů přístřihů k dávkovacímu zařízení lisu a přemístění přístřihů k 1. lisovací operaci.
6. *Vytažení tvaru lisu:*  
Provedení 1. lisovací operace v postupovém lisu – předlisování klobouku disku.
7. *Předlisování tvaru disku:*  
Další postupné předlisování klobouku disku a vystřížení středícího otvoru.
8. *Předstřížení středového otvoru:*  
Postupné lisování v dalších pozicích, kdy dochází k předstřížení středového otvoru disku na správný průměr.
9. *Lisování tvaru a lemování:*  
Předlisování kalot a výztuh, dosedacích ploch a předpětí. Lemování vnějšího obvodového lemu.
10. *Předstřížení větracích a upevňovacích otvorů:*  
Střih větracích a upevňovacích otvorů na správný průměr.
11. *Kalibrace tvaru disku a středového otvoru:*  
Provádí se kalibrování středového otvoru tak, aby nedocházelo k zadírání nebo praskání jeho lemu.
12. *Odjehlení a značení:*  
Rovnoměrné odjehlení všech větracích otvorů z vnitřní strany a označení disku.
13. *Kalibrace rozměrů disku, prostrižení upevňovacích otvorů a lisování zahlobení:*  
Poslední operace v postupovém lisu a následně kalibrování vnějšího obvodového lemu a průměru středového otvoru, dosedacích ploch a předpětí
14. *Kontrola, třídění a ukládání:*  
Provedení 100% vizuální kontroly nepřípustných vad dle etalonů.

K jednotlivým činnostem byly definovány stěžejní parametry procesu a další postupnou aplikací maticového diagramu byla vyhodnocena míra vlivu jednotlivých parametrů na znaky kvality (technické parametry) disku ocelového tvářeného kola, resp. požadavků zákazníků na toto kolo. Dále byly identifikovány stěžejní dílčí činnosti procesu výroby disku a s nimi související parametry procesu. Celkem bylo identifikováno 52 parametrů procesu výroby ocelového kola, které by měly být v průběhu výroby sledovány a podle nichž by se měla výroba řídit, přičemž některé z nich mají pro naplnění požadavků zákazníků stěžejní význam. V tab. 2 jsou uvedeny pouze nejzávažnější parametry tří nejdůležitějších činností procesu výroby. Poslední fází v rámci čtyřmaticového přístupu aplikace metody QFD je transformace získaných parametrů procesu do

výrobních instrukcí, což už není předmětem tohoto článku.

Tab. 2 Rozhodující parametry procesu výroby disku kola  
Tab. 2 The decisive parameters of the manufacturing process of the wheel

Dílčí procesy	Parametry procesu	Relativní váha [%]
<i>Kalibrace rozměrů disku, prostrižení upevňovacích otvorů a lisování zahlobení</i>	Správné seřízení výšky trnu středového otvoru	6,1
	Výška lisovnicí upevňovacích otvorů	10,8
	Výška horního lisovníku	10,8
	Výška spodního lisovníku	11,5
	Celkový zális	20,7
<i>Lisování tvaru a lemování</i>	Výška horního lisovníku	4,9
	Výška spodního lisovníku	1,3
	Výška tvaru disku	0
<i>Odjehlení a značení</i>	Správná razidla pro značení disku	5,3
	Rovnoměrné seřízení výšek razidel	5,3
	Dodržení sevřené výšky	2,6

## Závěr

Aplikace metody QFD, resp. vybraných maticových diagramů ze čtyřmaticového přístupu potvrdila možnost efektivní aplikace této metody v hutním podniku, konkrétně při návrhu ocelového kola pro automobilový průmysl. Praktická aplikace pak přinesla organizaci celou řadu nových poznatků a informací, zejména z hlediska důslednějšího pochopení požadavků zákazníků a schopnosti plnit tyto požadavky poskytovaným produktem. Nicméně je možné konstatovat, že dosažené výsledky jsou v souladu s dříve získanými výsledky a je na organizaci, zda využije nesporné výhody metody QFD, zejména s ohledem na nově získané poznatky o požadavcích zákazníků, a zda ji bude využívat při návrhu nových a inovovaných produktů.

***Tento článek byl zpracován v rámci řešení interního grantového projektu FMMI, VŠB-TU Ostrava - SP2011/57.***

## Literatura

- [1] ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu kvality – Požadavky. Praha: ÚNMZ, 2010, 55 s.
- [2] Model excellence EFQM. Brussels, EFQM, 2013, 29 s.
- [3] VYKYDAL, D.: *Vývoj metod plánování jakosti a jejich aplikace*. Disertační práce, Ostrava 2006, 124 s.
- [4] RE VELLE, J. B.; MORAN, J. W.; COX, J. A.: *The QFD Handbook*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998, 410 s., ISBN 978-0471173816
- [5] AKAO, J.: *QFD: Quality Function Deployment - Integrating Customer Requirements into Product Design*. New York: Productivity Press, 2004, 392 s., ISBN 978-1563273131
- [6] MIZUNO, S.; AKAO, J.: *QFD: Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1994, 365 s., ISBN 978-9283311225

- [7] COHEN, L.: *Quality Function Deployment: How To Make QFD Work For You*. Reading, Massachusetts: 1995, 368 s. ISBN 978-0201633306
- [8] KONG, B.: *Better Designs in Half the Time: Implementing Qfd Quality Function Deployment in America*. Methuen: GOAL/QPC, 1989, 315 s., ISBN 978-1879364011
- [9] ERIKSSON, I.; McFADDEN, F.: *Quality Function Deployment: A Tool to Improve Software Quality*. Information and Software Technology, Vol. 35, 1993, s 491- 498, ISSN 0950-5849
- [10] VINODH, S.; GOPINATH RATHOD: *Application Of ECQFD For Eeabling Environmentally Conscious Design and Sustainable Development in an Electric Vehicle*. Clean Technologies and Environmental Policy, Vol. 13, 2011, s 381-396, ISSN 1618-954X
- [11] DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S.: *Strategic Use of Quality Function Deployment (QFD) in the Construction Industry*. Building and Environment, Vol. 40, 2005, s. 245-255, ISSN 0360-1323
- [12] HSIAO, S. W.; LIU, E.: *A Structural Component-based Approach for Designing Product Family*. Computers in Industry, Vol. 56, 2005, s. 13-28, ISSN 0166-3615
- [13] KÖKSAL, G.; EGITMAN, A.: *Planning and Design of Industrial Engineering Education Quality*. Computers & Industrial Engineering, Vol. 35, 1998, s. 639-642, ISSN 0360-8352
- [14] KELBLEROVÁ, M., VYKYDAL, D.: *Application of QFD and SPC Methods in the Processes of Design and Products Manufacturing*. In: Proceedings of the 2011 12th International Carpathian Control Conference, (ICCC). Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011, s. 181-186. ISBN 978-1-61284-360-5
- [15] HASSAN, A.; SIADAT, A.; DANTAN, J. Y.; MARTIN, P.: *Conceptual Process Planning – an Improvement Approach Using QFD, FMEA, and ABC Methods*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 26, 2010, s. 392-401, ISSN 0736-5845
- [16] WU, Q.: *Fuzzy Measurable House of Quality and Quality Function Deployment for Fuzzy Regression Estimation Problem*. Expert Systems with Applications, Vol. 38, 2011, s. 14398-14406, ISSN 0957-4174
- [17] NOVOTNÝ, P.: *Využití metody QFD v Hayes Lemmerz Autokola, a.s.*. Diplomová práce, Ostrava 2009, 52 s.
- [18] ADIANO, C.; ROTH, V.: *Beyond the House of Quality: Dynamic QFD*. Benchmarking for Quality Management & Technology, Vol. 1 No. 1, 1994, s. 25-37.

## Materiály v tepelném zpracování

26. - 27.listopadu 2013

Hotel Gustav Mahler  
Jihlava, Česká republika



# ekonomika, organizace, řízení

## Analysis and Assessment of Warehouse Stock

### Analýza a posúdenie skladových zásob

doc. Ing. Martin Straka, PhD.<sup>1</sup>, Ing. Zdenka Mikušová<sup>1</sup>, doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technical University of Košice, Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnology, Logistics Institute of Industry and Transport, Park Komenského 14, 040 01 Košice, Slovakia

<sup>2</sup>VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Department of Economics and Management in Metallurgy, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic

*The area, in which the largest amount of company's funds is blocked, is its stock. Enterprises accumulate large amounts of stock, which is not used, and thus occupies space and blocks funds; or stock, which is stored at places where it is not needed at all, thus creating problems in distribution or production processes. Therefore stock needs to be reduced to the maximum extent, i.e. it has to be managed in a suitable way to reduce the volume of stock to minimum or to remove it completely. The aim of this article is to propose an algorithm for assessing warehouse stock in metallurgical and mechanical engineering companies.*

**Keywords:** inventory analysis, inventory assessment, ABC and XYZ analysis

*Oblasťou, ktorá v podniku viaže najväčší podiel finančných prostriedkov je oblasť zásob. V podnikoch je množstvo zásob, ktoré sa nepoužívajú, a tým zaberajú miesto a viažu financie, alebo zásoby, ktoré sa udržiavajú tam, kde nie sú vôbec potrebné čím, spôsobujú problémy v odbyte alebo výrobnom procese. Preto je potrebné zásoby čo najviac redukovať, čiže vhodným spôsobom ich riadiť, aby dochádzalo len k minimálnym zásobám, prípadne k ich celkovému odstráneniu. Cieľom článku je navrhnúť algoritmus pre analýzu a posúdenie skladových zásob metalurgických a strojárskych spoločností. Navrhnutý algoritmus je v článku aplikovaný na analýzu skladových zásob konkrétnej spoločnosti. Ako východisko je použitá ABC analýza, ktorú dopĺňa XYZ analýza. Z analýz jednoznačne vyplývajú skladové položky, ktoré je potrebné udržiavať na bezpečnostných hladinách a položky, ktoré je vhodnejšie zabezpečovať systémom JIT a to kvôli viazaným nákladom, množstvu, resp. občasnosti použitia vo výrobe. Aplikácia metód ABC a XYZ umožnila roztriediť položky skladu z hľadiska veľkosti zásob a hospodárenia podniku. Ďalej sa určil charakter spotreby položiek podniku, ktorý ovplyvňuje redukciiu a spôsob riadenia zásob a zistila sa nezhoda medzi skutočnou a vhodnou úrovňou zásob.*

**Klíčová slova:** analýza zásob, ohodnocení zásob, ABC a XYZ analýza

The current global crisis has affected many metallurgical and mechanical engineering companies, and it has a major impact on their activities and existence. Therefore it is necessary for these companies to maintain and ensure maximum flexibility in the market despite a significant impact of surrounding changes.

Metallurgical and mechanical engineering industries involve large corporate systems with very numerous and diverse stock portfolio. A comprehensive view of the assessing warehouse stock in metallurgical and mechanical engineering companies. However, the

stock with the possibility of differentiated approach to the individual item groups can therefore be a very effective method in these sectors, leading to evaluation and continuous improvement of the inventory state and structure [1].

The present article deals with the possibilities of analysing and assessing the supply and storage of input materials, and offers possible measures to implement improvements in purchase, storage and supply activities. The aim of this article is to propose an algorithm for proposed algorithm is generally applicable also in other manufacturing companies.

### Algorithm of assessing the warehouse stock

The algorithm presents a sequence of individual activities for the assessment of warehouse stock from downloading the files required for the application of the ABC and XYZ methods to defining an inventory management model and specifying quantity to be ordered [2]. If the purchase is carried out by the given algorithm (Figure 1), the stock is managed in an optimal way. Each stock will have a defined amount of safety stock and a management model responding to the current market situation, it means, models and the quantity of stock are modified and adjusted when a change occurs [3].

Description of the given algorithm:

1. For identification of the current state of stock, the list of the warehouse stock is downloaded from the "Warehouse stock" file.
2. On the basis of the order database containing the clients' requirements the order list needed for the manufacturing process is downloaded.

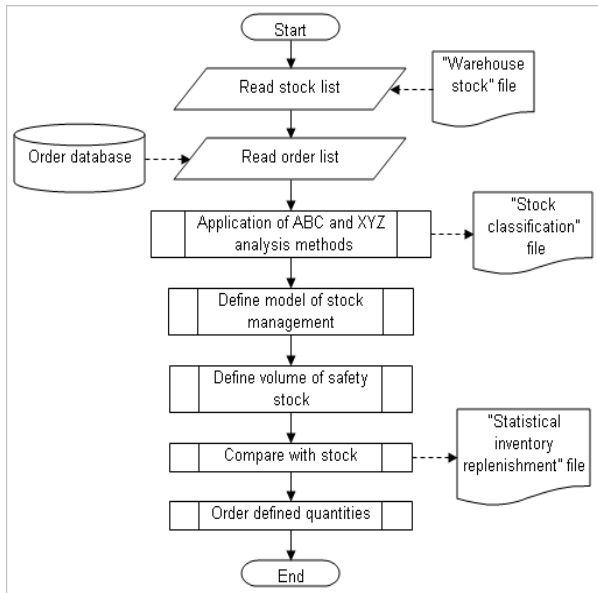


Fig. 1 Algorithm of assessing the warehouse stock [2]  
Obr. 1 Algoritmus posúdenia skladových zásob [2]

3. The application of the ABC and XYZ methods results in the "Stock classification" file, which contains data on the division of warehouse stock into individual groups.
4. On the basis of the analyses results models of warehouse stock management are specified.
5. Calculation of the safety stock for dynamic models of the warehouse stock management.
6. Comparison of the ordered quantities with the warehouse stock, which result in the "Statistical inventory replenishment" file, i.e. types of goods and quantities to be ordered.
7. Ordering of quantities necessary to perform the considered order.

### Application of the ABC and XYZ methods

Warehouse stock can be assessed using various methods. In this case we apply two cumulative analyses, which divide material items into several groups called A, B and C in accordance with their percentage share of the total value of the selected parameter and number of items – the ABC analysis; and in accordance with the character of their consumption – the XYZ analysis [4 - 8].

When applying the ABC method, data provided by the manufacturing company were used. They contain the following information: data on total consumption of individual materials in 2008, and data on price of given materials adjusted by a coefficient provided by the company. The evaluation criterion was the value of the annual turnover in € for individual items [2, 9]. The procedure of applying the ABC analysis is as follows [4, 8, 10]:

- Calculation of the annual turnover value  $w_i$  in € for  $i$ -th item is made according to the relation:  
 $w_i = \text{annual consumption} \times \text{price adjusted by the coefficient}$ .

For example Material 21: annual consumption 66 213 kg, price 0.22684 €, annual turnover value: 15019.55 €.

- Calculation of the total annual turnover value according to the relation  $W = \sum_{i=1}^m w_i$ , i.e. summing up turnover values of  $m$  items for last year.

- Calculation of annual turnover in percents from the total value for  $i$ -th item according to the relation

$$r_i = \frac{w_i}{W} \cdot 100.$$

For example Material 21: annual turnover value 15019.55 €, total turnover value 1 802 639.39 €, annual turnover: 0.833 %.

- Sorting of the annual turnover in percents for individual items in descending order.
- Calculation of the cumulative percentage share (i.e. always the sum of all percents from the first to the last item, so when reaching the last item the result must be 100%). This process is illustrated in Table 1.

Tab. 1 Illustration of the part of the cumulative share of items  
Tab. 1 Ukážka časti kumulatívneho podielu položiek

Annual turnover in %	Cumulative turnover
5.612%	5.612%
1.978%	7.590%
1.904%	9.495%
1.883%	11.378%
1.849%	13.227%
1.519%	14.746%
1.339%	16.085%
1.253%	17.337%
1.202%	18.539%

– Creation of the Lorenz curve graph (see Figure 2) in coordinates; number of items and percentage share within the total turnover. The Lorenz curve presents a graphical view of the ABC analysis results, which defines division lines between individual groups of A, B and C components [4, 11].

– Distribution of items into A, B and C groups.

On the basis of the Lorenz curve and information on the distribution of items in accordance with the ABC method the following distribution was suggested:

– **A type items** – create 70% of share in the total parameter value and 17.8% share in the total number of components, which represents 110 items,

– **B type items** – 18% of share in the total parameter value and 17.9% share in the total number of components, which represents 111 items,

– **C type items** – 12% of share in the total parameter value and 64.18% share in the total number of components, which represents 396 items.

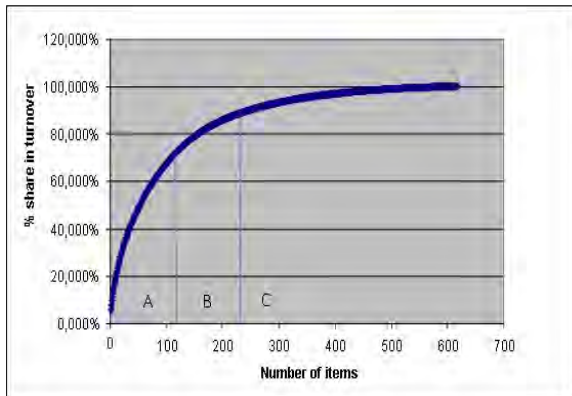


Fig. 2 The Lorenz curve of ABC analysis in the investigated company  
Obr. 2 Lorenzova krivka ABC analýzy skúmanej spoločnosti

Another applied method was the XYZ analysis, for which the data provided by manufacturing company were used [2, 9]. They contain information on the consumption of individual materials in the company in 2008. The procedure of applying the XYZ analysis is as follows:

– The processing of data on monthly consumption of all material items ( $W_{ij}$ ), while the monitored period is 1 year, i.e. 12 months.

– The definition of the total consumption of  $i$ -th material item in  $j$ -th month according to the

relation  $w_i = \sum_{j=1}^n W_{ij}$ , where  $n$  – number of months.

For example Material 5 (see Table 2): The total consumption is 133 273 kg.

Tab. 2 Expression of the material consumption for 12 months in kg  
Tab. 2 Vyjadrenie spotreby materiálu za 12 mesiacov v kg

1	2	3	4	5	6
14 112	2 444	9 526	5 283	11 037	11 988
7	8	9	10	11	12
10 609	18 606	23 023	19 588	2 711	4 346

– The calculation of the average value  $\bar{w}_i$  of consumption of  $i$ -th material item in  $j$ -th month

according to the relation  $\bar{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij}}{n}$ , where  $n$  – number of months.

For example Material 5: total consumption 133 273 kg, number of months 12,  $\bar{w}_i = 11 106.08$  kg.

– Calculation of scatter and standard deviation  $s_i$  for  $i$ -th material item according to the relation  $s_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (w_{ij} - \bar{w}_i)^2}$  [12].

– Determination of the variation coefficient  $V_i$  for  $i$ -th item according to the relation  $V_i = \frac{s_i}{\bar{w}_i} \cdot 100$ .

For example Material 5: standard deviation 6 505.65 kg, average consumption 11 106.08 kg,  $V_i = 58.57\%$

– Individual material items are classified into groups stated in Table 3 according to the variation coefficient value.

By considering the items according to the variation coefficient value the following distribution was made: 12 items belong to the X group, 62 items to the Y group and 718 items to the Z group.

Tab. 3 Limits of the distribution of items into X, Y and Z groups  
Tab. 3 Hranice rozdelenia položiek do skupin X, Y, Z

Group	Variation coefficient $V_i$
X	Up to 50%
Y	From 50 to 90%
Z	More than 90%

From the Figure 3 it results that only 2% of all material items have regular consumption (items of the X group). On the contrary, items with sporadic consumption represent the majority of all materials [13]. The highest percentage share is created by the items belonging to the Z group, which means that in the company the irregular consumption of materials prevails over the regular consumption.

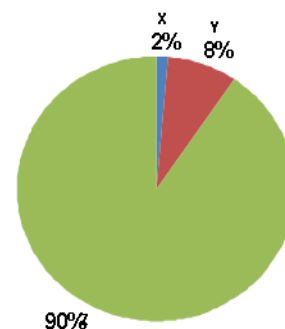


Fig. 3 Distribution of stock items in the researched company  
Obr. 3 Rozdelenie skladových položiek skúmanej spoločnosti

### Combination of the methods ABC and XYZ

Both analyses create the basis for specification of the inventory management method. If only the ABC method is used, it reveals the effect of the individual items on the company turnover. If only the XYZ method is used, it reveals the regularity of items consumption for a certain time period, which eliminates the possibility to manage the items. Therefore it is reasonable to use a combination of both methods [2, 14, 15]. The merging of these two methods creates items of the following types: AX, AY, AZ, BX, BY, BZ and CZ (see Table 4). The AX group consists of 10 items, the AY group of 38 items, the AZ group of 33 items, the BX group of 2 items, the BY group of 15 items, the BZ group of 67 items and the CZ group of 288 items.

Totally there are 453 items, for which a purchase management method can be specified. The combination of the ABC and XYZ analyses can bring certain advantages, for example from the viewpoint of using certain logistic technologies. The recommendations for the material item purchase management in individual groups are shown in Table 4.

Tab. 4 Purchase management methods [15].  
Tab. 4 Spôsoby riadenia nákupu [15]

Material class	A	B	C
X	Just in time	Just in time	Stock
Y	Individual purchases	Stock	
Z	Individual purchases	Individual purchases	Stock

### Graphical assessment of receipt and issue

Another component of assessing the warehouse stock is the creation of several graphs to identify good or bad practices of purchasers. A purchaser purchases according to his/her own evaluations, statistics and data, which does not necessarily reflect what is good for the company. Material is always ordered with a certain reserve. If identical material items are required for several orders, they are cumulated. The following section provides several graphs, which reveal activities of purchasers from investigated company and corresponding evaluation results [2, 16]. Figures 4 – 6 show the example of purchaser’s activities.

From Figure 4 it results that the company issued material in the amounts identical with the receipt, with only a small deviation in April and May, which cannot be identified. The purchaser purchased only required quantities of material, which represents an ideal supply system. In February, November and December neither receipt nor issue of material were recorded.

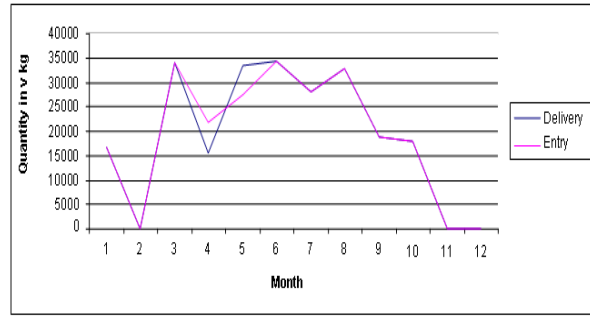


Fig. 4 Graph of Material 3 receipt and issue, quantity of material in individual months

Obr. 4 Graf príjmu a výdaja Materiálu 3, množství materiálu v jednotlivých měsících

inventory management represents the “Just in Time” system, i.e. material goes directly to the production process, and on-site inventory is eliminated [2, 8, 10, 17].

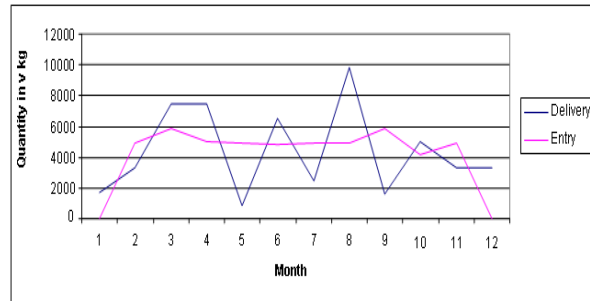


Fig. 5 Graph of receipt and issue of the Material 78, quantity of material in individual months

Obr. 5 Graf príjmu a výdaja Materiálu 78, množství materiálu v jednotlivých měsících

From Figure 5 it results that the material was supplied to maintain the constant amount of inventory (in this particular case it was approx. 5 000 kg). This process can be compared to the inventory management based on the S, s model, i.e. when the inventory order point is reached or exceeded, an order is placed, and the inventory is replenished to reach the planned level.

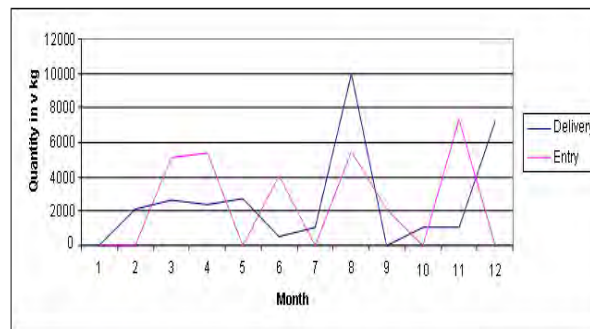


Fig. 6 Graph of receipt and issue of the Material 96

Obr. 6 Graf príjmu a výdaja Materiálu 96

From Figure 6 it results that items were purchased in much higher amounts than those required by the actual consumption, and they were kept on-site approximately

for one month. The reason of why the purchaser acted that way, was not identified.

## Conclusions

The material flow and the method of purchasing material and raw materials in the manufacturing company was analysed using a system analysis. In addition, the ABC method of analysing warehouse stock was used, which identified the impact of individual items on the total turnover of the company. The economic results of the company are mostly affected by the A type items, and therefore special attention has to be paid to their management. These items represent the greatest potential for the possible stock reduction. Another method used was the XYZ method, by means of which regularity or character of individual materials consumption were identified. Only a very small amount of the total quantity shows regular consumption, which indicates the variability of materials. Based on the application of these methods the following conclusions were drawn:

- The items were sorted in accordance with their importance in relation to inventory amount and the company's management.
- The character of item consumption in the company, which affects the inventory reduction and management methods, was determined.
- The disparity between the actual and possible levels of inventory was revealed.

As both the ABC and XYZ methods create the basic framework for identification of the inventory management method, final conclusions were reached by their mutual combination, and seven material groups were identified along with the relevant purchase management methods. Having assessed all created graphs, the overall activities of purchasers can be considered as good practice except for few cases, when large amounts of material were purchased resulting in long term stock-keeping and unreasonable binding of funds.

### Acknowledgements

*This paper was created within the VEGA grant project No. 1/0036/12 "Methods development and new approaches to design of input, interoperable and output warehouses and their location in mining, metallurgy and building industries" and by the specific university research of Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic No. SP2012/42 "Application of advanced managerial decision making methods in industrial companies".*

## Literature

- [1] KLEPEK, R., LENORT, R.: Multi-Criteria Inventory Analysis and Classification in Metallurgical and Mechanical Engineering Industries, *Hutnické listy*, 64 (6), 2011, pp. 131-134
- [2] STRAKA, M., SPIŠÁKOVÁ, I., MIKUŠOVÁ, Z.: Dynamické modely zásobovania pre Alfa, a.s. [Dynamic supply models for the company Alfa, a.s.], project No. P-101-008507, TU Košice, 2010, p. 45
- [3] WITKOWSKI, K., SANIUK, S.: Aspekt logistyczny zarządzania infrastrukturą komunalną miasta [Logistic aspects of ensuring city infrastructure], *Logistyka* 41 (2), 2011, pp. 589-600
- [4] ROŠOVÁ, A., BALOG, M.: Aplikace metody ABC, In: *Logistika v praxi. část 15.4.4.6.* [Application of the ABC method in practice, part 15.4.4.6.], Praha: Verlag DASHÖFER, August 2007, p. 6
- [5] SUMANTH, D. J.: *Total Productivity Management*. 1st ed. Florida: St Lucie Press, 1998
- [6] ČAMBÁL, M., CIBULKA, V.: *Logistika, logistika výrobného podniku* [Logistics, manufacturing company logistics], 1<sup>st</sup> ed. Bratislava: STU, 2008
- [7] FEDORKO, G., BINDZÁR, P., MOLNÁR, V.: Vplyv dopravy materiálu na životné prostredie [Influence of material transport on environment], *AT&P Journal*, 5 (11), 2002, pp. 68-69
- [8] ROŠOVÁ, A.: *Logistika zásobovania firmy s aplikáciou alfa-omega matice* [Logistics of supplies for the company with application of alpha-omega matrix], *Strojárstvo*, 11 (3), 2007, pp. 83-85
- [9] STRAKA, M.: *Systém distribučnej logistiky firmy Alfa, a.s.* [System of distribution logistics of the company Alfa, a.s.], *Acta Montanistica Slovaca*, 15 (1), 2010, pp. 34-43
- [10] FLORES, B. E., WHYBARK, D. C.: Multiple Criteria ABC Analysis, *International Journal of Operations & Production Management*, 6 (3), 1993, pp. 38-46
- [11] SANIUK, S., SANIUK, A., BANASZAK, Z.: Rapid prototyping of virtual production networks in SMEs, *Applied Computer Science* 5(2), 2009, pp. 58-67
- [12] KAČMÁRY, P., MALINDŽÁK, D.: Prognózovanie obchodu a výroby v čase hospodárskej krízy [Forecasting of business and production in times of economic crisis], *Doprava a logistika*, 7 (6), 2009, pp. 100-106
- [13] DORČÁK, D.: The Criterion of Scheduling and Specification of Sequence for Creation of the Heuristic Model of Scheduling of the Production for Pressroom in Company SLOVMAG a.s. *Lubenik, Logistika a doprava*, 3 (3), 2004, pp. 49-56
- [14] GOLAK, S., BURCHART-KOROL, D., CZAPLICKA-KOLARZ, K., WIECZOREK, T.: Application of Neural Network for the Prediction of Eco-efficiency, *Lecture Notes in Computer Science LNCS 6677*, 2011, pp. 380-387
- [15] TAKALA, J., MALINDŽÁK, D., STRAKA, M.: *Manufacturing Strategy – Applying the Logistics Models*, 1st ed. Vaasa: Vaasan Yliopisto, 2007, p. 206
- [16] CAGÁNOVÁ, D., RUSKOVÁ, D.: How to make ESP more effective and interesting with focus on project and computer. In: *CO-MAT-TECH 2001*, 9<sup>th</sup> International scientific conference: Part 2. Bratislava: STU, 2001, pp. 473-476
- [17] VIDOVÁ, H.: *Logistický controlling* [Logistic controlling], Trnava: MTF STU, 2009, p. 200

## Aplikace matematických metod v plánování výroby speciálních ocelových konstrukcí

### Application of Mathematical Methods in Production Planning of Special Steel Structures

Ing. Pavel Wicher<sup>1</sup>, doc. Ing Radim Lenort, Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, katedra ekonomiky a managementu v metalurgii, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Česká republika

*Článek prezentuje možnosti využití matematických metod v plánování výroby speciálních ocelových konstrukcí. Zkoumá možnosti propojení vybraných metod a nástrojů z této oblasti za účelem tvorby komplexního systému, který slouží k návrhu výrobního programu a současně počítá materiálové požadavky na stanovený výrobní program. Cílem článku je vytvoření popisovaného systému, stanovení jeho vstupů, výstupů a vnitřních vazeb. Verifikace systému v podmínkách reálné praxe umožnila vymezit hlavní výhody, nevýhody a možná omezení systému. Mezi základní metody, které jsou v systému využity, patří Gozinto grafy, strukturální analýza a alokační úlohy lineárního programování.*

**Klíčová slova:** výrobní plánování, Gozinto grafy, strukturální analýza, lineární programování

*This article presents the possibility of utilization of mathematical methods in production planning of special steel structures. It examines the possibility of linking selected methods and tools from this area in order to create a complex system used to design a production program and, simultaneously, to count the material requirements for the determined production program. The objective of this article is to create the described system, to determine its inputs, outputs and internal links. The verification of the system in conditions of real practice allowed us to identify the main advantages, disadvantages and possible limitations of the system. The basic methods that are used in this system include Gozin to graphs, input-output analysis and allocation tasks of linear programming. Bills of materials represent the basic input information for the designed model. A set of bills of materials is processed using the method of Gozin to graphs, which provide the basic input for the application of input-output analysis. Selected input-output analysis outputs are later used as inputs for the application of allocation tasks of linear programming, which optimize the production program on the basis of various criteria or their combinations. The set of input-output analysis outcomes and the allocation tasks of linear programming can be used to create a production program and also to determine the material requirements of this program. The methodology designed for production planning of special steel structures was verified on the assortment of corkscrew stairs and their parts. The basic optimization criteria included the number of produced pieces, the produced weight, the capacity utilization, the profit, the capacity of warehouses, the customer requirements and their combinations. A production plan for six-month planning horizon with a period of one month represents the outcome.*

**Keywords:** production planning, Gozin to graphs, input-output analysis, linear programming

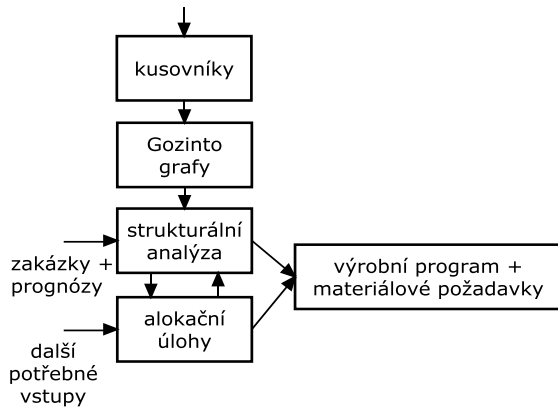
Plánování výroby je jedna ze základních úloh managementu výrobního podniku. Konkurenční tlak moderní ekonomiky zapříčinil rozvoj i v této oblasti řízení. Požadavky na efektivní využití dostupných zdrojů a plánování jejich spotřeby jsou vysoké. Proto v dnešní době existuje široká škála metod a nástrojů, jež je možné k plánování výroby využívat. Mezi nejznámější patří systémy MRP/ERP, APS, nástroje Štíhlé výroby nebo Teorie omezení.

Současně však lze konstatovat, že neexistuje univerzální řešení, které by zajistilo optimální systém plánování pro libovolný výrobní proces. Důvodem je zejména jedinečnost vnitřní struktury podniku a specifické podmínky okolí, ve kterém se výrobní systém nachází.

Cílem článku je navrhnout komplexní systém plánování a optimalizace výroby speciálních ocelových konstrukcí prostřednictvím propojení vybraných matematických metod z oblasti plánování výroby a následná verifikace tohoto systému v podmínkách reálné praxe. Metody využití v navrhovaném systému jsou Gozinto grafy, strukturální analýza a alokační úlohy lineárního programování.

#### 1. Návrh systému

Struktura navrženého systému je znázorněna na obr. 1, kde jsou uvedeny vstupy, výstupy a vztahy mezi jednotlivými aplikovanými metodami.

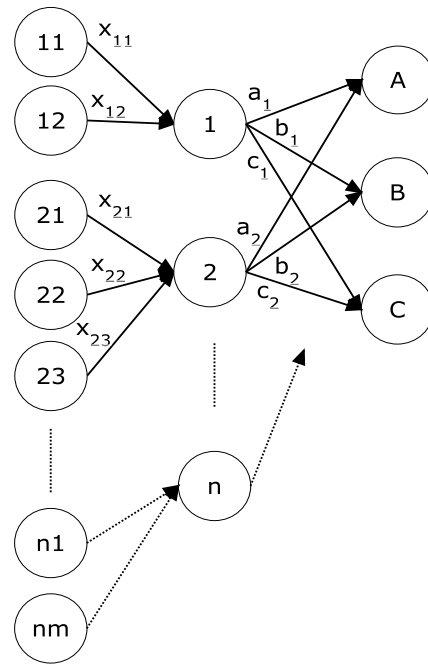


Obr. 1 Struktura navrženého systému  
Fig. 1 Structure of the proposed system

Základní vstupní informací jsou kusovníky, které jsou charakterizované jako dokumenty obsahující soupis veškerých dílčích komponent, nutných pro výrobu daného výrobku [1]. Soubor kusovníků je následně zpracován metodou Gozinto grafů, která poskytuje základní vstup pro aplikaci strukturální analýzy. Vybrané výstupy strukturální analýzy poté slouží jako vstupy pro aplikaci alokačních úloh lineárního programování (LP), které optimalizují výrobní program na základě různých kritérií či jejich kombinací. Soubor výsledků ze strukturální analýzy a alokačních úloh LP lze poté využít k tvorbě výrobního programu a současně ke stanovení materiálových požadavků na tento program.

**Gozinto grafy** – metoda navržená Vazsonyiem [2]. Hlavním účelem je kompaktní zachycení sítě, která popisuje hierarchické výrobní struktury. Princip vychází z propojení jednotlivých kusovníků do jednoho orientovaného grafu, který přesně vymezuje materiálové požadavky na montáž všech dílčích podsestav a finálních výrobků [3]. Systém navíc umožňuje vedle základních kusovníkových vztahů zahrnout rovněž údaje o primární, sekundární a dodatečné spotřebě [1]. Hlavní výhodou je zachycení všech vazeb mezi jednotlivými položkami a jejich kumulativní kalkulaci. Příklad Gozinto grafu je uveden na obr. 2, kde je zobrazena zobecněná část celkového Gozinto grafu z experimentální části.

**Strukturální analýza** – základy metody vytvořil Leontieff [4]. Hlavní myšlenkou je popis struktury obecného ekonomického systému, který je složen z určitých prvků, mezi nimiž existují vazby ve formě dodavatelsko-odběratelských vztahů. I když původní modely strukturální analýzy byly určeny pro analýzu a charakteristiku makroekonomických systémů, našla strukturální analýza uplatnění i v oblasti ekonomiky podniku [5]. Mezi základní úlohy, které lze v této oblasti řešit, patří plánovací úlohy, kde [6]:



Obr. 2 Gozinto graf  
Fig. 2 Gozinto graph

- podnik zná své možnosti výroby celkové produkce u jednotlivých výrobků a chce určit, jaký konečný odbyt jednotlivých výrobků je potřeba uplatnit na trhu nebo
- podnik zná požadavky odběratelů (konečný odbyt) a chce pro tyto požadavky zjistit potřebu celkové produkce jednotlivých výrobků.

V rámci navrženého systému je využit druhý typ úlohy, pro jejíž řešení lze využít soubor následujících maticových rovnic [7]:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{Y}$$

$$\mathbf{B} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \quad (1)$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{Y}$$

kde je:  $\mathbf{X}$  - matice celkové produkce  
 $\mathbf{E}$  - jednotková matice  
 $\mathbf{A}$  - matice technických koeficientů  
 $\mathbf{Y}$  - matice konečného odbytu  
 $\mathbf{B}$  - matice koeficientů komplexní spotřeby

**Alokační úlohy lineárního programování** – LP je soubor logicko-matematických metod a principů, které dovolují řešit optimalizační úlohy. Mezi základní typy úloh lineárního programování patří [8]:

- dopravní,
- přiřazovací,
- alokační,
- směšovací,
- dělicí.

Alokační úlohu, která je součástí navrženého systému, lze řešit z několika hledisek, jež budou v experimentální

části analyzovány. Společnou charakteristikou je využití univerzálního algoritmu řešení, který je znám pod názvem simplexová metoda. Je to deterministická iterační metoda, která vždy vede k nalezení optimálního řešení, pokud ho daná úloha má [9].

## 2. Experimentální část

Metodika, navržená pro plánování výroby speciálních ocelových konstrukcí byla verifikována na sortimentu spirálových schodišť a jejich částí. Plánování výroby je rozloženo do fází dle obr. 1.

V první fázi jsou sestaveny kusovníky jednotlivých typů schodišť, které obsahují informace o počtech a vztazích mezi jednotlivými nakupovanými materiály, díli schodiště a konečnou sestavou. Zde lze nalézt informace o názvu, typu a charakteristice využívaných materiálů a jejich rozměry. Plán je vytvářen pro tři typy unifikovaných schodišť: A, B a C. Navrhnout je nutné také kusovník spojovacích materiálů, který má jiné parametry a nižší plánovací prioritu, avšak pro komplexní pohled je rovněž důležitý.

Ve druhé fázi je z těchto kusovníků vytvořen komplexní Gozinto graf, který obsahuje agregované vazby mezi jednotlivými složkami celého výrobního programu. Gozinto graf standardizovaného sortimentu obsahuje 71 složek a 156 vazeb.

V další fázi je z Gozinto grafu vytvořena matice technických koeficientů  $A$  o rozměrech  $A(71;71)$ , která se dle rov. (1) transformuje na matici koeficientů komplexní spotřeby  $B(71;71)$ . Násobením matice koeficientů komplexní spotřeby a matice konečného odbytu  $Y(71;6)$ , která reprezentuje součet zakázek a prognóz pro jednotlivá plánovací období z navrženého plánovacího rozvrhu, je získána matice celkové produkce  $X(71;6)$ . Pro daný výrobní program byl navržen plán na šest měsíců s obdobími po jednom měsíci. Zde pokračovat v opravě

Pro fázi alokačních optimalizačních úloh LP je nutné kromě vstupů ze strukturální analýzy získat další informace o výrobním programu, které slouží pro tvorbu:

- levých i pravých stran omezujících podmínek,
- dodatečných omezujících podmínek,
- účelové funkce.

Požadovaný rozsah těchto informací je závislý na množství prováděných optimalizačních úloh. Jejich kvalita zásadně ovlivňuje správnost a použitelnost výsledků. Základem pro optimalizaci výrobního programu bylo vytvoření časových nároků výroby a kapacitních omezení jednotlivých závodů, které se podílejí na výrobě spirálových schodišť. Zkoumaná část výroby je rozdělena na 4 výrobní závody (s označením V, X, Y, Z) a konečnou montáž, která kompletuje

výsledné výrobky přímo na místě určeném zákazníkem. Časová náročnost výroby byla stanovena expertně na základě pohovorů s manažerem výroby. Kapacity jednotlivých závodů byly stanoveny propočtem časových fondů jejich zaměstnanců. Agregované časy výroby a kapacity jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Časová náročnost výroby a kapacity  
Tab. 1 Duration of production and capacities

Typ schodiště	Časová náročnost (hod)	Závody	Kapacita závodů (hod)
A	8160,4	V	10000
B	8485,1	X	310000
C	8719,4	Y	10000
		Z	120000
		Montáž	50000

Další požadované vstupy pro jednotlivé alokační optimalizační úlohy jsou znázorněny v tabulce 2.

Tab. 2 Další vstupy pro jednotlivé typy alokačních optimalizačních úloh

Tab. 2 Next inputs for single type of allocation optimization tasks

Typ alokační optimalizační úlohy	Požadované vstupy
Maximalizace vyrobených kusů	Požadavky na další vstupy nejsou žádné
Maximalizace vyrobené hmotnosti	Hmotnosti materiálů získané z informací v kusovnících
Maximalizace využití kapacit	Požadavky na další vstupy nejsou žádné; nutná speciální úprava modelu
Maximalizace zisku	Náklady na výrobu dílčích podsestav a konečné montáže (uvažovány jsou přímé náklady na materiál a zaměstnance a poměrná část nákladů na správní a odbytovou režii) a tržní ceny výrobků
Multikriteriální rozhodování	Požadavky na další vstupy nejsou žádné; nutná speciální úprava modelu
Jakýkoli výše uvedený typ s respektováním kapacit skladů	Kapacity skladů
Jakýkoli výše uvedený typ s respektováním požadavků zákazníků	Kumulativní součet zakázek za zkoumané období

Pro samostatný výpočet alokačních optimalizačních úloh byl využit software Microsoft Excel, který umožňuje k tomuto účelu využít nástroj Řešitel. Výsledky dílčích optimalizačních úloh jsou shrnuty v tabulce 3.

Tab. 3 Výsledky alokačních optimalizačních úloh  
Tab. 3 Results of allocation optimization tasks

Typ alokační optimalizační úlohy	Výsledky
Maximalizace vyrobených kusů	3 600,66 ks
Maximalizace vyrobené hmotnosti	83 052,98 kg
Maximalizace využití kapacit	100 %
Maximalizace zisku	2 165 208,21 Kč
Multikriteriální rozhodování Maximalizace zisku a počtu vyrobených kusů	3 458,51 ks 2 079 731 Kč
Maximalizace zisku s respektováním kapacit skladů	797 614,97 Kč
Dílčí maximalizace kusů a zisku s respektováním požadavků zákazníků	158,06 ks 814 932,74 Kč

## Závěr

Mezi základní výstupy plánovacího systému patří návrh skladby výrobního programu a určení materiálových požadavků na takto nastavený výrobní program. Hlavní výhodou je propojení dílčích plánovacích metod a nástrojů, které umožňují plánování a optimalizaci s ohledem na různá kritéria a jejich kombinace. Při využití v reálných podmínkách však musí být zohledněno několik omezení navrženého systému:

- Jednoznačné rozdělení výrobního podniku na dílčí závody a určení jejich kapacit nemusí být vždy v souladu s praxí. Pokud bude toto zjednodušení příliš rozsáhlé, nebudou výsledky odrážet realitu.

- Dílčí výsledky optimalizačních úloh mnohdy neodpovídají požadavkům trhu, a proto mohou být ve vybraných případech využity pouze zčásti, či jako podklady pro marketingové oddělení.
- Systém neposkytuje výrobní rozvrh jednotlivých závodů či konkrétních strojů.
- Systém implicitně nezahrnuje možnost plánování v nestandardních podmínkách.
- Výpočetní náročnost příkladu neumožnila využití celočíselného programování. Výsledky optimalizace jsou počítány na množině reálných čísel.

### Poděkování

*Práce vznikla za podpory projektu specifického výzkumu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky č. SP2012/42.*

### Literatura

- [1] TOMEK, G.; VÁVROVÁ V. Řízení výroby. Praha: Grada Publishing, 2003.
- [2] VAZSONYI, A. The Use of Mathematics in Production and Inventory Control – II, Management Science, 1955, Vol. 1, No. 3, pp. 207-223.
- [3] KRAWCZYK, A. Metody ilościowe w logistyce. Warszawa: C.H. Beck, 2001.
- [4] LEONTIEF, W. Input-output economics. New York: Oxford University Press, 1986.
- [5] JANOVSÁ, K.; VOŽŇÁKOVÁ, I.; ŠVAJDOVÁ, L. The Verification of Applicability of Economical-Mathematics Methods of Structural Analyses as a Tool for Optimising Economic Proceedings of Metallurgical Enterprise. In METAL 2010: 19th International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2010, pp. 121-124.
- [6] PELZBAUEROVÁ, V. Základy strukturální analýzy. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1996.
- [7] MILLER, R. E.; BLAIR P. D. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- [8] LAGOVÁ, M. Lineární modely v příkladech. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2002.
- [9] LAGOVÁ, M.; JABLONSKÝ, J. Lineární modely. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999.

# hutní výroba v ČR a SR

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013									
	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	únor	březen	leden-březen	únor		březen		leden-březen	
	2013	2013	2013	2012	2013/12	2012	2013/12	2012	2013/12
	tis.t			tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
<b>KOKS</b>									
CELKEM	259,18	284,72	829,66	268,00	96,71	292,33	97,40	853,30	97,23
z toho (HŽ) ČR	140,08	153,47	448,84	145,22	96,46	154,74	99,18	456,98	98,22
(HŽ) SR	119,10	131,24	380,82	122,78	97,00	137,58	95,39	396,32	96,09
<b>AGLOMERÁT</b>									
CELKEM	655,98	690,47	2 042,17	565,08	116,09	688,04	100,35	1 942,11	105,15
z toho ČR	424,38	459,97	1 312,17	365,98	115,96	450,44	102,12	1 266,11	103,64
SR	231,60	230,50	730,00	199,10	116,32	237,60	97,01	676,00	107,99
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
CELKEM	625,49	687,48	1 962,13	624,87	100,10	705,01	97,51	1 932,86	101,51
z toho ČR	319,50	353,37	1 013,88	314,00	101,75	351,42	100,55	1 009,80	100,40
SR	306,00	334,11	948,25	310,86	98,43	353,59	94,49	923,06	102,73
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
CELKEM	791,54	883,30	2 503,06	799,13	99,05	918,39	96,18	2 504,28	99,95
z toho ČR	416,30	457,65	1 313,77	424,67	98,03	476,86	95,97	1 358,81	96,69
SR	375,25	425,65	1 189,30	374,46	100,21	441,53	96,40	1 145,47	103,83
<b>KONTISLITKY</b>									
CELKEM	753,92	842,55	2 390,71	756,43	99,67	869,92	96,85	2 374,63	100,68
z toho ČR	379,65	417,88	1 204,33	382,97	99,13	429,38	97,32	1 232,17	97,74
SR	374,28	424,68	1 186,39	373,46	100,22	440,53	96,40	1 142,47	103,84
<b>BLOKOVNY</b>									
CELKEM	43,49	52,85	146,09	47,61	91,34	53,51	98,77	150,81	96,87
z toho ČR	43,49	52,85	146,09	47,61	91,34	53,51	98,77	150,81	96,87
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
CELKEM	710,46	749,10	2 242,06	748,58	94,91	813,47	92,09	2 304,12	97,31
z toho ČR	377,48	402,56	1 214,12	412,87	91,43	428,43	93,96	1 286,91	94,34
SR	332,98	346,55	1 027,93	335,72	99,18	385,04	90,00	1 017,21	101,05
<b>TRUBKY</b>									
CELKEM	62,05	71,66	186,78	68,09	91,13	71,27	100,55	204,86	91,18
z toho ČR	42,28	49,98	125,39	46,75	90,43	48,83	102,37	140,01	89,56
SR	19,77	21,68	61,39	21,34	92,66	22,44	96,59	64,84	94,68
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
CELKEM=(HŽ)Č	14,71	17,58	47,90	14,28	103,05	15,34	114,61	45,47	105,35
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
CELKEM=(HŽ)Č	2,34	2,51	7,29	2,49	93,94	2,91	86,30	8,07	90,33

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné

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

<b>Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013</b>									
	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	březen	duben	leden-duben	březen		duben		leden-duben	
	2013	2013	2013	2012	2013/12	2012	2013/12	2012	2013/12
	tis.t			tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
<b>KOKS</b>									
<b>CELKEM</b>	284,72	276,00	1 105,66	292,33	97,40	282,19	97,81	1 135,49	97,37
<b>z toho (HŽ) ČR</b>	153,47	151,23	600,07	154,74	99,18	150,55	100,45	607,53	98,77
<b>(HŽ) SR</b>	131,24	124,77	505,59	137,58	95,39	131,64	94,78	527,96	95,76
<b>AGLOMERÁT</b>									
<b>CELKEM</b>	690,47	690,82	2 732,99	688,04	100,35	696,59	99,17	2 638,70	103,57
<b>z toho ČR</b>	459,97	447,12	1 759,29	450,44	102,12	417,19	107,17	1 683,30	104,51
<b>SR</b>	230,50	243,70	973,70	237,60	97,01	279,40	87,22	955,40	101,92
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
<b>CELKEM</b>	687,48	631,75	2 593,89	705,01	97,51	668,75	94,47	2 601,60	99,70
<b>z toho ČR</b>	353,37	324,99	1 338,88	351,42	100,55	343,31	94,66	1 353,11	98,95
<b>SR</b>	334,11	306,76	1 255,01	353,59	94,49	325,44	94,26	1 248,50	100,52
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
<b>CELKEM</b>	883,30	789,31	3 292,37	918,39	96,18	874,13	90,30	3 378,41	97,45
<b>z toho ČR</b>	457,65	401,73	1 715,50	476,86	95,97	467,42	85,95	1 826,23	93,94
<b>SR</b>	425,65	387,58	1 576,88	441,53	96,40	406,71	95,30	1 552,18	101,59
<b>KONTISLITKY</b>									
<b>CELKEM</b>	842,55	749,86	3 140,58	869,92	96,85	830,30	90,31	3 204,94	97,99
<b>z toho ČR</b>	417,88	363,25	1 567,58	429,38	97,32	424,59	85,55	1 656,76	94,62
<b>SR</b>	424,68	386,61	1 573,00	440,53	96,40	405,71	95,29	1 548,18	101,60
<b>BLOKOVNY</b>									
<b>CELKEM</b>	52,85	41,91	188,00	53,51	98,77	31,82	131,73	182,62	102,94
<b>z toho ČR</b>	52,85	41,91	188,00	53,51	98,77	31,82	131,73	182,62	102,94
<b>SR</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
<b>CELKEM</b>	753,61	759,31	3 015,58	813,47	92,64	737,16	103,00	3 041,28	99,15
<b>z toho ČR</b>	407,06	408,30	1 636,64	428,43	95,01	400,84	101,86	1 687,75	96,97
<b>SR</b>	346,55	351,00	1 378,94	385,04	90,00	336,32	104,37	1 353,53	101,88
<b>TRUBKY</b>									
<b>CELKEM</b>	71,66	67,64	254,42	71,27	100,55	66,14	102,27	271,00	93,88
<b>z toho ČR</b>	49,98	47,06	172,44	48,83	102,37	44,42	105,93	184,43	93,50
<b>SR</b>	21,68	20,58	81,98	22,44	96,59	21,72	94,78	86,56	94,70
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
<b>CELKEM=(HŽ)Č</b>	17,58	16,00	63,85	15,34	114,61	14,64	109,29	60,11	106,22
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
<b>CELKEM=(HŽ)Č</b>	2,51	2,68	9,96	2,91	86,30	2,53	105,69	10,60	94,00
POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné									
Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala									

# z hospodářské činnosti podniků

## Vývoj hutnictví železa v zemích Evropské unie

Ing. Ladislav Jílek, Ostrava, Ing. Jan Počta, CSc., CSM Ostrava

### Vybrané statistické údaje

Podle statistických údajů analyzovaných v [1], které se zabývají tekutou fází procesu ve výrobě oceli, vyrobilo 27 států Evropské unie (EU) v r. 2011 celkem 177 mil. t surové oceli. Z toho bylo 56,7 % vyrobeno v kyslíkových konvertorech a 42,9 % v elektrických obloukových pecích. Podíl elektrooceli je však v jednotlivých zemích značně rozdílný. Nejvíce oceli v elektrických pecích se vyrábí v Lucembursku (téměř

100 %), Portugalsku (90 %), Španělsku (75,2 %) a Itálii (66,2 %). Naproti tomu v Rakousku, Nizozemí, České republice a na Slovensku se podíl konvertorové oceli pohybuje okolo 2%.

V krizovém roce 2009 výroba oceli poklesla o 40 %, v r. 2010 vzrostla o 24 % a v r. 2011 o další 3 %. Města, v nichž se vyrábí větší množství oceli, ukazuje tab. 1.

Tab. 1 Města v Evropské unii s výrobou oceli minimálně 3 mil. t v r. 2011

Město	Země	Výroba mil t/rok
Duisburg	Německo	19,5
Taranto	Itálie	11,5
IJmuiden	Nizozemí	7,2
Dunkirk	Francie	6,8
Linz	Rakousko	6,0
Dillingen/Völklingen	Německo	5,5
Gijon/Aviles	Španělsko	5,2
Dąbrowa Gornicz	Polsko	5,0
Fos sur mer	Francie	5,0
Gent	Belgie	5,0
Salzgitter	Německo	5,0
Port Talbot	Velká Británie	4,7
Košice	Slovensko	4,5
Scunthorpe	Velká Británie	4,5
Galati	Rumunsko	3,7
Ostrava	ČR	3,7
Bremen	Německo	3,7
Esch, Differdange	Lucembursko	3,5
Bilbao	Španělsko	3,1

### Trendy ve vysokých pecích

Významným ukazatelem stavu vysokopecního procesu je spotřeba redukovadel ve vysokopecním procesu. Na počátku 50. let minulého století byla při výrobě surového železa měrná spotřeba koksu 1100 kg/1 t. Koncem 50. let se začalo s obohacováním rud a ukazatel začal klesat. Začátkem 60. let se začaly do zemí nynější Evropské unie dovážet ze zámoří rudy s vysokým obsahem železa a na tunu surového železa bylo zapotřebí okolo 800 kg koksu. Od poloviny 60. let se

začalo s dmýcháním ropných produktů do výfúčen vysoké pece. Na počátku 70. let se začala teplota předehřátého vzduchu zvyšovat na 1200 °C a navíc se vzduch začal obohacovat kyslíkem. Měrná spotřeba koksu tak klesla na hodnotu okolo 600 kg/t. Od poloviny 70. let se začalo s dmýcháním prachového uhlí do nístěje. Dnes je v hutích v Evropské unie struktura měrné spotřeby na tunu surového železa následující: 348 kg koku, 10,8 kg ropných produktů a 137,8 kg prachového uhlí. Přitom v poslední době se plně přechází od dmýchání ropných produktů ke

vhánění prachového uhlí. Celkové množství použitých redukovadel však již více než 20 let neklesá. Vysokopecní proces se dostal k hranici teoreticky nutné spotřeby. Další snižování redukčních činitelů již nelze očekávat. V úvahu přichází jedině náhrada jednoho redukovala druhým.

Hlavním cílem výroby surového železa je snížení výrobních nákladů. K tomu přispívá i přímá redukce rud. Tato technologie pracuje s energetickým uhlím a obchází celý cyklus přípravy vysokopecní vsázky sestávající z koksování uhlí a spékání rudy s přísadami, příp. z výroby rudných pelet. Materiálová i energetická náročnost takového procesu je patrná ze schématického srovnání vysokopecního procesu a technologie Corex [2] v tab. 2.

Tab. 2 Struktura nákladu ve výrobě surového železa

Nákladové komponenty	% nákladů	
	Vysoká pec	Corex
Ruda a přísady	40	35,5
Koks, uhlí	30	23,7
Energie	10	21,5
Fixní náklady	20	19,3

Vyplývá z něj 2x větší podíl energie u Corexu oproti vysoké peci. Celkově však Corex dosahuje pouze 93 % nákladů oproti vysokopecní technologii. Corex spotřebuje zhruba dvojnásobné množství uhlí na 1 t surového železa než vysoká pec spotřebuje vysokopecní koks. Při přepočtu množství vysokopecního koksu na celokoks a dále na koksárenské uhlí se již tento poměr

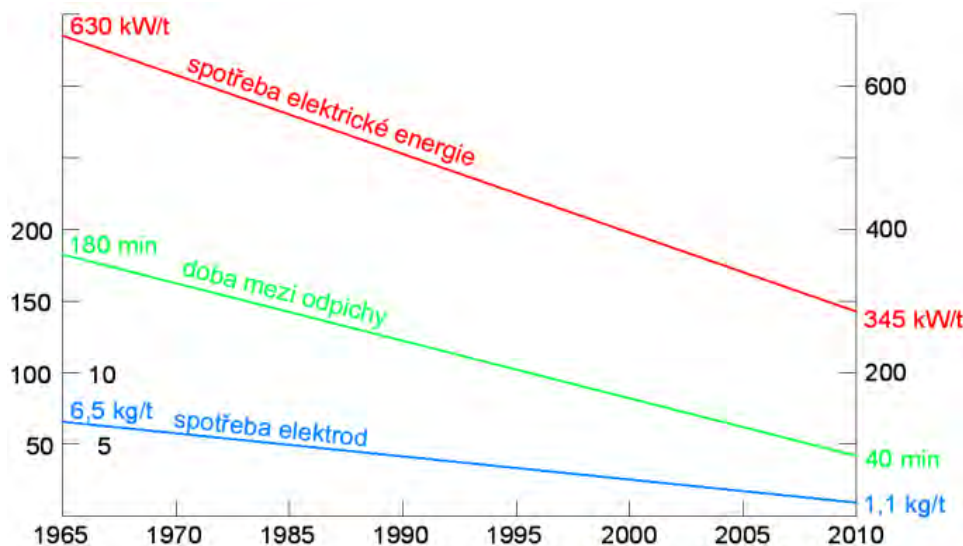
snižuje na 1,4násobek. Při přepočtu na materiálové náklady přes ceny energetického a koksárenského uhlí se tento poměr mění průměrně na 1,2násobek. Ve výpočtech [3] však nebyla nalezena cesta k absolutnímu podkročení nákladů na uhlí u Corexu vůči nákladům na koks u vysokých pecí. U přímé redukce se pouze změnila struktura nákladů, tj. nákladové podíly.

Uvedené poměrové hodnoty jsou průměrné. U vysokých pecí bez výrazné intenzifikace a s klasickou zrnitostí koksu 40-90 mm se náklady na vsázku založenou na uhelné bázi prakticky shodují s týmiž náklady u Corexu. U intenzifikovaných vysokých pecí, které navíc přecházejí na maximální využití zrnitostního rozsahu koksu i pod 40 mm, klesá uvedený poměr pouze na 1,3.

Z toho vyplývá, že klasická cesta výroby oceli přes vysokopecní surové železo ještě zdaleka nevyčerpala své možnosti technicko-ekonomického rozvoje. EU sleduje moderní trendy z posledních desetiletí, ale dostatečné kapacity pro klasickou vysokopecní výrobu surového železa, vysoké investiční náklady zavádění nových technologií a současně působící pokles obchodního uplatnění železa a oceli z EU nedávají zde prozatím možnost k aplikaci technologie přímé redukce.

## Trendy v elektrických obloukových pecích

Situaci v technicko-ekonomických ukazatelích elektrických obloukových pecí (EOP) charakterizuje graf na obr. 1



Obr. 1 Vývoj technicko-ekonomických ukazatelů elektrických obloukových pecí

Z obr. 1 je vidět, že za období 1965 až 2010 klesla spotřeba elektrické energie na tunu oceli o 45 %, doba mezi dvěma odpichy se zkrátila o 78 % a spotřeba elektrod poklesla dokonce o 83 %. V tomto období byla totiž realizována celá řada technických opatření počínaje dmýcháním kyslíku, přes zavedení pánvové metalurgie, používání vodou chlazených stěn, počítačové monitorování procesu, zpěňování strusky,

předehřev šrotu, míchání lázně až po řadu dalších technických opatření, která ve svém souhrnu intenzifikují a racionalizují práci EOP.

V Evropě narůstá podíl oceli vyráběné v EOP. V roce 1980 se tak vyrobilo 24 % oceli, v r. 2010 podíl vzrostl na 42 %. Další růst je limitován nedostatkem šrotu. Proto se vyvíjí postup, při kterém se do EOP vsazují

teplé housky surového železa. V Německu pracuje 28 EOP, z toho jsou tři stejnosměrné. Konkrétně jsou to pece v Unterwellenborn, Peine a Georgsmarienhütte. Jejich předností je nižší hlučnost, menší spotřeba elektrod, menší nároky na údržbu a menší negativní vliv na rozvodnou elektrickou síť. Největší EOP na střídavý proud pracuje v Colagolu Metalurji A. S. v Turecku s objemem 305t, největší stejnosměrná pec je u firmy Tokyo Steel v Thara v Japonku s objemem 300 t Prvá z nich má roční výrobu 2,85 a druhá 2,6 mil. t, což se vyrovná střední konvertorové ocelárně.

I přes zvýšení potřeb energetického uhlí, které se projeví ve výrobě elektrické energie, znamená přechod na elektrické tavicí procesy komplexně snížení energetické náročnosti ocelářské výroby. V uhlenné základně se totiž ušetří asi 2x větší množství koksárenského uhlí, které by v klasické technologii stálo na počátku materiálového toku při výrobě koksu a surového železa. Ušetří se však i energie celkem. Studie [4] uvádí spotřebu energie u klasické integrované výroby oceli 14,9 GJ/t, zatímco u EOP pouze 5,6 GJ/t. Nižší energetickou náročnost EOP z 90 let minulého století potvrzují údaje uvedené v tab. 3.

Tab. 3 Materiálová a energetická náročnost oceláren ve vybraných státech EU

		Německo	Velká Británie		Lucembursko		Španělsko
		1991	1991	1992	1991	1992	1992
Výroba oceli celkem	kt/r	38,78	16,47	16,21	3,38	3,07	12,16
Výroba elektrooceli	kt/r	7,1	3,93	4,5	0	0	7,16
	%	18,3	23,9	27,8	0	0	58,9
Spotřeba energií	GJ/t	19,11	20,18	20,08	19,08	22,06	15,12

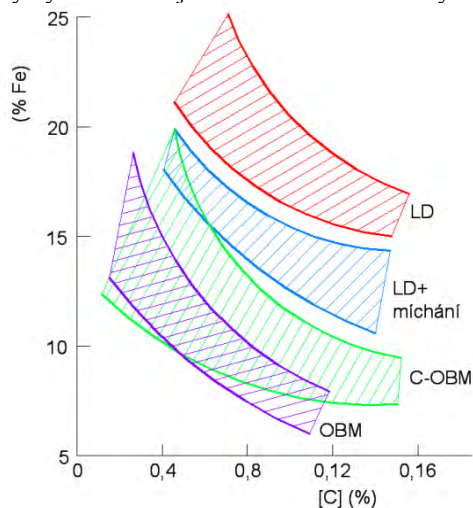
Z uvedených údajů vyplývá, že se v ocelárnách s menším podílem výroby elektrooceli než 27,8 % dosahuje energetické spotřeby kolem 20 GJ, zatímco ve Španělsku s nadpolovičním podílem elektrooceli klesla energetická náročnost na 15,12 GJ/t [3].

Jako důležitý ekologický ukazatel se bere množství CO<sub>2</sub> vypouštěného do ovzduší. Je vidět, že hutní podniky významně přispívají ke zlepšování tohoto ukazatele jednak tím, že minimalizují spotřebu redukovačů a jednak tím, že výrazně snižují spotřebu elektrické energie. Je zde však i další přínos: Nově vyvinuté oceli umožňují zvýšit účinnost zařízení pro výrobu elektrické energie, jiné oceli umožňují snížit hmotnost automobilů a dalších výrobků a tím snížit jejich spotřebu paliva či provozní náklady. Propočty ukazují, že úspory v množství vypouštěného CO<sub>2</sub>, které dosáhly hutě v Německu díky novým ocelím, jsou vyšší než množství CO<sub>2</sub>, které zde vzniklo při samotné výrobě oceli.

### Trendy v kyslíkových konvertorech

Kyslíkové konvertorové ocelárny (KKO) vyrábějí především ocel na pásy a na dlouhé vývalky. Kromě LD konvertorů, u nichž se kyslík dmýchá horem, se používají i konvertory OBM s dmýcháním dnem a kombinované konvertory C-OBM, kde se dmýchá dnem i horem. Při dmýchání kyslíku dnem je možné zpracovávat více šrotu. Na LD konvertorech se vyrábí asi 90 % světové produkce konvertorové oceli.

Konvertorový proces se soustavně vylepšuje. Charakterizuje to obr. 1, z něhož je zřejmé, že vylepšené procesy výrazně snižují ztrátu železa do strusky.



Obr. 2 Závislost obsahu železa ve strusce na obsahu uhlíku v lázni a na typu konvertorového procesu

### Trendy v sekundární metalurgii

Sekundární metalurgie dnes představuje nutnou součást elektroocelárny i konvertorové ocelárny. Je k dispozici řada zařízení a volba vhodného z nich závisí na tom, jakou ocel zpracováváme a jaké jsou na ni kladeny požadavky. Orientačně se lze řídit přehledem v tab. 4.

Tab. 4 Obsah legujícího prvku a vhodné zařízení sekundární metalurgie pro jeho dosažení

Prvek	Obsah (hm. %)	Vhodné zařízení sekundární metalurgii
C	0,0010-2,50	VOD/VD, RH, RH-OB, míchací stanice
Si	0,01-3,70	RH, LTS
Mn	0,08-20,0	LF
Cr	0,03-25,0	VD, RH, LF
Mo	0,01-4,50	LF nebo pouze EOP
Ni	0,08-800,0	LF nebo pouze EOP
Cu	0,03-3,50	LF nebo pouze EOP
N	0,0020-0,5000	VD, RH, LF, míchací stanice
Al	0,0020-5,50	VD, RH, míchací stanice
W	0,020-6,50	LF nebo pouze EOP
Co	0,03-10,0	LF nebo pouze EOP
V	0,01-1,50	VD, RH, LF, míchací stanice
Ti	0,01-1,50	VD, RH, míchací stanice
B, Se, Te, Ca, Pb, S	0,001-0,300	míchací stanice, LF

Sekundární metalurgie se začala zavádět v padesátých letech minulého století a od té doby udělala značný pokrok. Například součet obsahů C, S, N, O a H se za tu dobu podařilo snížit z 600 na 70 ppm. V současné době se nejvíce jako reálné další snižování obsahu těchto prvků.

Důležitá jsou zařízení pro odplynění, a to buďto v proudu (RH stanice) nebo v pánvi. Volba mezi nimi závisí na požadovaném dosažitelném obsahu uhlíku a síry. Na RH stanici lze dosáhnout nižší obsah uhlíku, vakuování v pánvi zase umožňuje získat menší obsah síry. Častěji je kladen požadavek na nižší obsah síry. Proto od roku 1990 bylo ve světě postaveno 174 zařízení pro vakuování v pánvi a 106 RH stanic.

Pánvové pece LF jsou nutné především v elektroocelárnách zaměřených na ušlechtilé a vysoce legované oceli.

Nedílnou součástí zvyšování úrovně oceláren je vytváření modelů a automatizovaného řízení technologických procesů v režimu on-line. Stále více se při tom uplatňují optické metody a kamerové systémy.

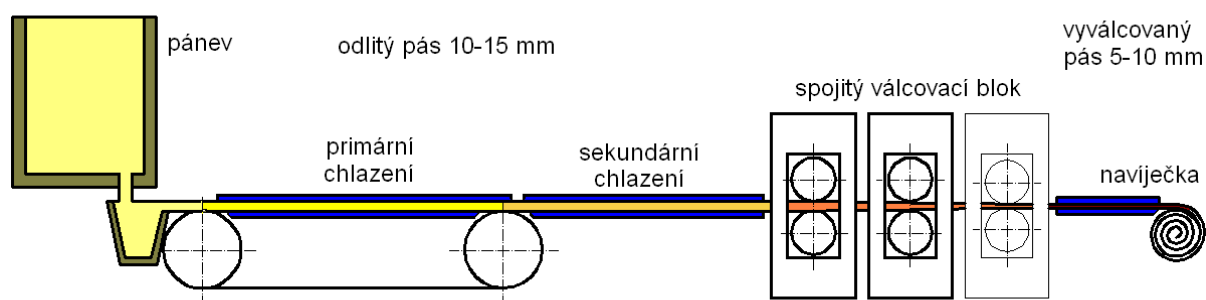
### Trendy v plynulém odlévání

Většina vyrobené oceli se dnes již odlévá plynule, menší část do ingotů. Plynulé lití oceli samo o sobě snižuje předváhu, a to orientačně až o 20 % ve srovnání s ingotovou cestou. Dovoluje vynechat jeden cyklus válcování těžkých předválek včetně ohřevu ingotů. Plynulým odléváním se z 95 % odlévají bloky, sochory a bramy, jen malá část se odlévá jako tenké bramy, která představuje rychle se rozrůstající technologii, nebo jiné polotovary tvarově blízké konečným válcovaným produktům. V takovém případě se vynechávají i předválcovací pořadí a materiál se válcuje už jen v hotovném pořadí, ovšem za předpokladu dokonalého protváření vnitřní struktury. Většinou jde o zařízení označované jako CSP (Compact Strip Production) nebo

FTSC (Flexible Thin Strip Casting), výjimečně o jiné typy. První zařízení instalovala americká společnost Nucor v r. 1989 a dnes pracuje nebo je ve výstavbě již 61 těchto jednotek. Jejich souhrnná výrobnost je 81,5 mil. t/r. Hlavním důvodem je úspora energie. Na vyválnování pásu z klasické bramy je zapotřebí dvojnásobek elektrické energie než v případě, že pás vychází z tenké bramy. VEU nyní pracuje sedm zařízení pro odlévání tenkých bram.

Zvláštním případem je odlévání pásu pomocí kokily tvořené dvěma rotujícími válci. Takto se získávají pásy o tloušťce 1 až 5 mm, což přináší několik výhod. Doba tuhnutí je nejméně o dva řády kratší než při odlévání konvenčních bram. V odlitém pásu nevznikají makrosegregace ani mikrosegregace a v oceli lze tolerovat větší množství příměsí. Celková délka odlévacího zařízení je podstatně kratší, což vede k významným úsporám investic. Spotřeba elektrické energie je při následném válcování pásu o 90 % nižší. Postup je vhodný i pro odlévání moderních ocelí se zvýšeným obsahem manganu a hliníku. V současné době ve světě bylo postaveno pět takovýchto zařízení: v Japonsku u firmy Nippon v Hikari, v Německu u firmy TKN v Krefeldu, v Jižní Koreji u firmy Posco v Pohang a dvě provozuje v USA firma Nucor, jedno je v Crawfordsville ve státě Indiana a druhé v Blytheville v Arizoně. Odlévají se na nich pásy až do šířky 1680 mm, některá zařízení mají šířku pásu nastavitelnou. Výkon jednotlivých zařízení se pohybuje od 400 do 670 tis. t/rok. Japonské zařízení bylo postaveno v r. 1998 a již bylo odstaveno. Na zařízení pro odlévání mezi dvěma rotujícími válci se vyrábí široký sortiment ocelí, od uhlíkových po nerezavějící.

Odlévání však není bez problémů. Především se objevují povrchové vady. Dále vznikají problémy s bočním těsněním, s tvarováním hran a rentabilitou procesu. Firma Salzgitter AG uvádí do provozu lití na pás označované jako BCT (Belt Casting Technology). Pokusně bylo toto zařízení vyzkoušeno na Univerzitě Clausthal. Princip zařízení je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3. Princip zařízení pro lité oceli na běžící pás

Ocel se lije na pás chlazený stříkáním vody ze spodu. Ocel tuhne v ochranné atmosféře. Povrch odlitého pásu je lepší než při lité mezi dva rotující válce.

s velkými investicemi, které si všechny podniky nemohou dovolit.

### Závěr

Rychlý růst výroby oceli vyvolává řadu problémů: projevuje se napětí na trhu se surovinami a roste jejich cena. Dále roste cena elektrické energie a plynu. Nemalý tlak také představují přísné ekologické požadavky. Ve všech oblastech hutnictví se proto hledají technologie, které racionalizují výrobu, snižují spotřebu energií a zlepšují životní prostředí. Prakticky ve všech oblastech hutnictví došlo během posledních několika desetiletí k výraznému pokroku. Na druhé straně zavádění těchto změn je zpravidla spojeno

### Literatura

- [1] FANDRICH, R.: Steelmaking in Europe. *Stahl und Eisen*, 2013, č. 10, s 26-38
- [2] VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau, Prospekt Corex
- [3] POČTA, J.: Vliv hutnictví na spotřebu energií v ČR. *Energie*, 1999, roč. IV, č. ½, s. 128-129
- [4] Restructuring, Development and Energy Demands of the Metallurgical Industry in the Ostrava Region to 2010. Studie WS Atkins, Praha 1994

## Finská firma Ruukki výrazně snížila nepříznivý vliv hutě Raahe na životní prostředí

Finnish Ruukki has drastically reduced environmental impact at the Raahe works. MPT International 2013, č. 2, s. 44 a 46

Huť v Rahe provedla změny technologie a vyměnila některá zařízení. Díky tomu snížila emise o 80 % ve srovnání s rokem 2011. Ke snížení emisí byly realizovány následující akce:

- místo aglomerátu se začaly využívat pelety
- odstavila se aglomerace
- vyměnilo se odprašovací zařízení u vysokých pecí

Kromě toho byl systém chlazení při granulaci strusky upraven na uzavřený, čímž se snížilo množství kalu odnášeného do moře. Prach z aglomerace obsahoval i částice těžkých kovů, které se takto podařilo odstranit. Emise oxidu siřičitého klesly po těchto opatřeních na jednu čtvrtinu. Emise sirovodíku klesly prakticky na nulu, emise oxidu uhličitého se snížily asi o 10 %. Nyní se pracuje na snížení prašnosti ocelárny.

Firma Ruukki Metals iniciovala spolupráci s ruskou společností PJSC Karelskij Okatiš, která patří do Seversta Group. Cílem bylo vyvinout nový druh pelet, které se vyzkoušely v laboratořích firmy Ruukki a na univerzitě v Oulu. Nyní tyto pelety nahrazují pelety dovážené ze Švédska. Rovněž koks se začal dovážet z Ruska.

L J

# ze života škol

## Aplikace faktorové analýzy na reálnou strukturu kovových materiálů

### Application of Factor Analysis on the Real Structure of Metallic Materials

Mgr. Aly Hawa Camara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1, Česká republika

*V této práci byly na základě souboru změřených difraktogramů 23 vzorků různých ocelí vypočítány pro jednotlivé vzorky poměry intenzit čtyř pozorovaných difrakčních linií feritu  $\frac{I(200)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(211)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(220)}{I(110)}$  a na jejich základě*

*stanoveny 90% intervaly spolehlivosti středních hodnot uvedených poměrů. Získané údaje posloužily pro nalezení vah jednotlivých difrakčních linií, které by snížily vliv reálné struktury, obzvláště přednostní orientace na povrchu, na případnou kvantitativní analýzu. Relativní nejistota tohoto přístupu je na úrovni 21 – 34 %. Pomocí faktorové analýzy naměřených dat bylo zjištěno, že 94,5 % celkového rozptylu dat lze vysvětlit třemi faktory, kterým byly přiřazeny tři původní proměnné. Došlo tedy k redukci dimenze pole proměnných.*

**Klíčová slova:** rtg difrakce; fázová analýza; krystalická fáze; difraktogram; faktorová analýza

*In this work, 23 different samples of steel were analyzed by x-ray diffraction and the intensity ratios of the four observed ferrite diffraction lines were evaluated, namely  $\frac{I(200)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(211)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(220)}{I(110)}$ . The 90% confidence intervals*

*of these ratios were calculated and served as a basis for weighted intensity analysis of those diffraction lines. The proposed calculation method should lessen the influence of real structure, especially preferential orientation on the surface, on the quantitative phase analysis. Relative uncertainties of this calculation method are in the order of 21 – 34 %. Factor analysis of the measured data was also used to lower the amount of variables; it was found that 94.5 % of the overall variance in the measured data can be attributed to three factors. Three original variables were assigned to these factors, lowering the number of required variables. In the statistical treatment of measured data, factor analysis is often necessary. The methods involved can be used individually to emphasize the basic common factors in the group of variables; the factors produced can be then utilized as input data for other data analysis methods. The number of variables required to describe the system may be lowered, because the original variables may be correlated and, possibly, there is a smaller set of linearly independent variables. Thus, factor analysis is among the possible methods for the data analysis, when dealing with quantitative analytical measurements.*

**Key words:** X-ray diffraction, phase analysis, crystalline phase; diffraction pattern, factor analysis

Kvantitativní fázová rtg analýza představuje jednu z nejdůležitějších aplikací rentgenových difrakčních metod. K určování fázového složení látek (kvalitativní analýze) pomocí rtg difrakce se využívá skutečnosti, že při průchodu svazku rentgenových paprsků krystalickou látkou dochází k jejich difrakci a že způsob, jakým je záření difraktováno, závisí na struktuře látky, kterou rentgenové záření prochází. Každá krystalická látka Diffraction File). Ve směsi látek vytváří každá složka svůj difrakční obrazec nezávisle na složkách ostatních, takže difraktogram směsi je superpozicí difraktogramů, jež by se získaly expozicí každé ze složek směsi samostatně. Tento vztah zároveň platí kvantitativně, tj. intenzity difrakčních čar přímo úměrně závisí na obsahu

vytváří difrakční obrazec: rentgenový difraktogram je pro identitu krystalických látek charakteristický stejně jako otisk palce pro člověka. Určování fázového složení lze tedy provádět na základě porovnání difraktogramu analyzované látky s referenčním souborem difraktogramů látek známých, které jsou shromažďovány v databázích, jako např. ICDD PDF (International Centre for Diffraction Data, Powder dané složky ve směsi, takže metodu lze užít také pro kvantitativní analýzu směsi po identifikaci všech přítomných látek [1]. Při identifikaci struktury z práškového difraktogramu je nutné brát v potaz chyby způsobené měřením integrálních intenzit.

Metoda rtg difrakční analýzy stanovuje přímo jednotlivé polymorfni modifikace téže látky. Velkou předností metody je kromě nedestruktivnosti této analýzy i ta okolnost, že vyžaduje jen velmi malé množství látky. Naopak nevýhodou je, že detekuje jen krystalické látky a dosažitelná přesnost i mez detekce jsou řádově horší než u prvkové analýzy [2].

Pro kvantitativní analýzu je nejvýhodnější použití metody *RIR* (reference intensity ratio), která pracuje s výpočtem založeném na sumaci všech fází v celku, a vyžaduje tedy znalost kvalitativního obsahu všech krystalických fází. Při obsahu amorfních fází jsou výsledky značně zkreslené. *RIR* (neboli korundové číslo  $I/I_c$ ) je číslo definované jako poměr intenzity nejvyššího píku zkoumané fáze k nejvyššímu píku korundu (113) v jejich směsi s hmotnostním zlomkem korundu  $w_c$  i zkoumané fáze  $w_j$  rovným 0,5 (tj. 50 %). Tento poměr je rovný poměru kalibračních konstant  $K_{sj}$  a  $K_{hc}$  a je pro většinu látek tabelován:

$$\frac{I_{sj} = K_{sj} \cdot w_j}{I_{hc} = K_{hc} \cdot w_c} \Rightarrow (RIR)_j = \left( \frac{I_{sj}}{I_{hc}} \right)_{w_j=w_c} = \frac{K_{sj}}{K_{hc}} \quad (1)$$

kde  $I$  značí intenzity naměřené za stejných podmínek měření, index  $c$  označuje korund a indexy  $s$  a  $h$  označují nejvyšší píky fáze  $j$  a korundu. Pokud se analyzovaný vzorek skládá ze dvou fází  $j$  a  $k$ , mohou být čísla  $(RIR)_j$  a  $(RIR)_k$  použita ke stanovení poměru jejich hmotnostních zlomků  $w_j$  a  $w_k$  i bez přídavku korundu, tzn. bezstandardovou metodou:

$$\frac{I_{sj} = K_{sj} \cdot w_j}{I_{tk} = K_{tk} \cdot w_k} \Rightarrow \frac{w_j}{w_k} = \frac{I_{sj} \cdot K_{tk} \cdot K_{hc}}{I_{tk} \cdot K_{sj} \cdot K_{hc}} = \frac{I_{sj} \cdot (RIR)_{tk}}{I_{tk} \cdot (RIR)_{sj}} \quad (2)$$

kde  $t$  označuje nejsilnější pik fáze  $k$ . Absolutní hmotnostní zlomek obou fází se pak získá z předpokladu, že obě fáze tvoří celý vzorek ( $w_j + w_k = 1$ ). Pro aplikaci v průmyslové analýze metalurgických materiálů z různých zdrojů, často neznámého složení a s možným výskytem amorfních fází, je daná metoda zatížená vysokou chybou stanovení. Velkým problémem intenzit difrakčních linií je to, že tyto hodnoty nejsou obecně vzato správné. Jsou totiž uváděny jako relativní čísla a vyjadřují poměr intenzity dané difrakční linie příslušné látky k intenzitě její nejsilnější difrakční linie, čímž mohou vznikat při identifikaci směsi systematické chyby [3].

Hlavním cílem této studie bylo ověřit na velkém souboru vzorků, jak může reálná struktura (např. textura neboli přednostní orientace zrn) ovlivnit výsledky rtg kvantitativní fázové analýzy. Reálná struktura ovlivňuje použitelnost difrakce ke kvantitativnímu stanovení fázového složení tak, že porušuje jednoznačnost vztahu mezi fázovým složením směsi a poměrem intenzit difrakcí jejích jednotlivých složek. Důležitou oblastí, na kterou jsme se v naší práci zaměřili, je rozbor citlivosti intenzity jednotlivých difrakčních linií a jejich poměrů na reálnou strukturu. Na základě výsledků tohoto rozboru došlo k odvození váhového schématu, které by snížilo vliv reálné struktury na přesnost

krystalické fáze. Rozlišuje tedy také jednotlivé rentgenografického stanovení obsahu feritu ( $\alpha$ -Fe) v ocelích a dalších slitinách železa. Pomocí faktorové analýzy byla naměřená data redukována a z nich pak byly extrahovány hlavní lineárně nezávislé faktory, charakterizující skryté závislosti mezi pozorovatelnými veličinami.

## 1. Experimentální část

V této studii bylo analyzováno celkem 300 vzorků oceli získaných z různých podniků (Vítkovice, Böhler, Poldi Kladno), zabývajících se výrobou oceli. Všechny vzorky měly stejné rozměry: 20 mm × 20 mm ( $\pm 2$  mm), tloušťka 4 mm ( $\pm 1$  mm).

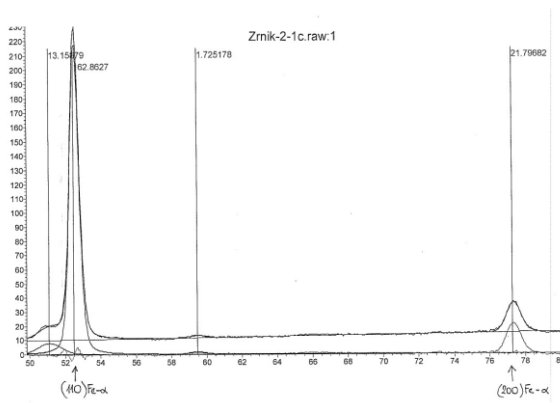
K analýze vzorků byl použit difraktometr Bruker D8 s kobaltovou rentgenkou ( $\text{Co-K}\alpha$ ,  $\lambda = 1,78897 \text{ \AA}$ ), nacházející se ve Výzkumném centru nové technologie na Západočeské universitě v Plzni, s velkoplošným proporcionalním detektorem, který je základem GADDS systému. Uvedený detektor má 8192 obrazových elementů (pixelů) na ploše 314 cm<sup>2</sup>. Při standardní 1 kW rentgence se expozice pohybuje v desítkách sekund, což odpovídá vysoké citlivosti této sestavy. U připravených vzorků byla určovaná integrální intenzita reflexí feritu. Veškerá měření byla provedena na jediném přístroji při konstantním nastavení v průběhu co možná nejkratší doby, aby byla maximálně omezena nežádoucí možnost proměnlivosti parametrů, za kterých se měření prováděla.

Vzhledem k velkému počtu naměřených dat je nedílnou součástí této práce jejich statistická analýza a následná grafická prezentace výsledků.

## 2. Výsledky a diskuse

Z připravených 300 vzorků různých ocelí bylo získáno 30 difraktogramů, ze kterých byl z důvodu nedostatečných informací pro srovnání s referenční databází použit pro stanovení vlivu přednostní orientace soubor obsahujících pouze 23 difraktogramů (příklad na obr. 1). Pro jednotlivé vzorky byly u fáze  $\alpha$ -Fe (ferit, prostorová grupa  $\text{Im}\bar{3}m$ , tab. 1)) spočteny vzájemné poměry intenzit 4 pozorovaných difrakčních linií  $\frac{I(200)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(211)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(220)}{I(110)}$  a na jejich základě byly zkonstruovány 90% intervaly spolehlivosti těchto poměrů. Na obr. 2 jsou vyobrazeny hodnoty poměrů  $\frac{I(hkl)}{I(110)}$  v závislosti na pořadovém čísle vzorku.

Značná proměnlivost těchto poměrů, které by pro ideální, např. práškový materiál, měly být konstantní, dokládá silný vliv reálné struktury vzorků oceli.



Obr. 1 Difraktogram oceli o neznámém složení  
Fig. 1 Diffraction pattern of the steel sample with unknown composition

Intervaly spolehlivosti těchto poměrů byly spočítány podle následujícího vztahu:

$$\bar{x} - t_p \frac{s}{\sqrt{n-1}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_p \frac{s}{\sqrt{n-1}}, \quad (3)$$

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{23} \sum_{i=1}^{23} (6,7-9)^2 + (8,1-9)^2 + \dots + (5,1-9)^2} = 3,573$$

$$s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{1}{23} \sum_{i=1}^{23} (11,7-19,9)^2 + (18,5-19,9)^2 + \dots + (12,2-19,9)^2} = 5,717$$

$$s_z = \sqrt{\frac{1}{23} \sum_{i=1}^{23} (2,5-7,4)^2 + (7,3-7,4)^2 + \dots + (4,1-7,4)^2} = 2,516$$

$$1) \quad 9 - 1,717 \frac{3,573}{\sqrt{23-1}} \leq \mu \leq 9 + 1,717 \frac{3,573}{\sqrt{23-1}}$$

$$7,692 \leq \mu \leq 10,308$$

$$\Delta\mu = 2,616 \div 2,6$$

$$2) \quad 19,9 - 1,717 \frac{5,717}{\sqrt{23-1}} \leq \mu \leq 19,9 + 1,717 \frac{5,717}{\sqrt{23-1}}$$

$$17,807 \leq \mu \leq 21,993$$

$$\Delta\mu = 4,186 \div 4,2$$

$$3) \quad 7,4 - 1,717 \frac{2,516}{\sqrt{23-1}} \leq \mu \leq 7,4 + 1,717 \frac{2,516}{\sqrt{23-1}}$$

$$6,479 \leq \mu \leq 8,321$$

$$\Delta\mu = 1,842 \div 1,8$$

kde  $s$  je výběrová směrodatná odchylka [4, 5]. Hodnoty  $t_p$  se nazývají kritické hodnoty Studentova rozdělení na hladině významnosti  $p$  a jsou tabelovány.

Tab. 1 Hodnoty intenzit difrakčních linií a jejich poměrů pro měření vzorky

Tab. 1 The values of the diffraction lines intensities and their ratios for the measured samples

Číslo vzorku	$I(110)$	$\frac{I(200)}{I(110)}$	$\frac{I(211)}{I(110)}$	$\frac{I(220)}{I(110)}$
1	120	0,067	0,117	0,025
2	124	0,081	0,185	0,073
3	50	0,080	0,080	0,060
4	77	0,065	0,182	0,052
5	190	0,079	0,147	0,047
6	70	0,229	0,143	0,114
7	142	0,113	0,232	0,092
8	101	0,089	0,267	0,079
9	76	0,079	0,171	0,079
10	51	0,059	0,196	0,078
11	60	0,067	0,217	0,050
12	70	0,071	0,286	0,100
13	44	0,091	0,273	0,068
14	103	0,068	0,126	0,019
15	147	0,061	0,163	0,068
16	98	0,092	0,235	0,082
17	63	0,095	0,190	0,111
18	79	0,089	0,228	0,101
19	183	0,126	0,251	0,087
20	175	0,097	0,257	0,086
21	114	0,105	0,228	0,096
22	140	0,129	0,279	0,093
23	98	0,051	0,122	0,041

a pro počet stupňů volnosti  $\nu = n - 1 = 23 - 1$ , byla nalezena hodnota  $t_p = 1,717$ . Dosazením naměřených hodnot do vztahu (3) byly vypočítány 90% intervaly spolehlivosti pro poměry intenzit dotýčných difrakčních linií vůči nejsilnější čáře (110) (tab. 2).

Tab. 2 Statistické zpracování naměřených dat  
Tab. 2 Statistical processing of the measured data

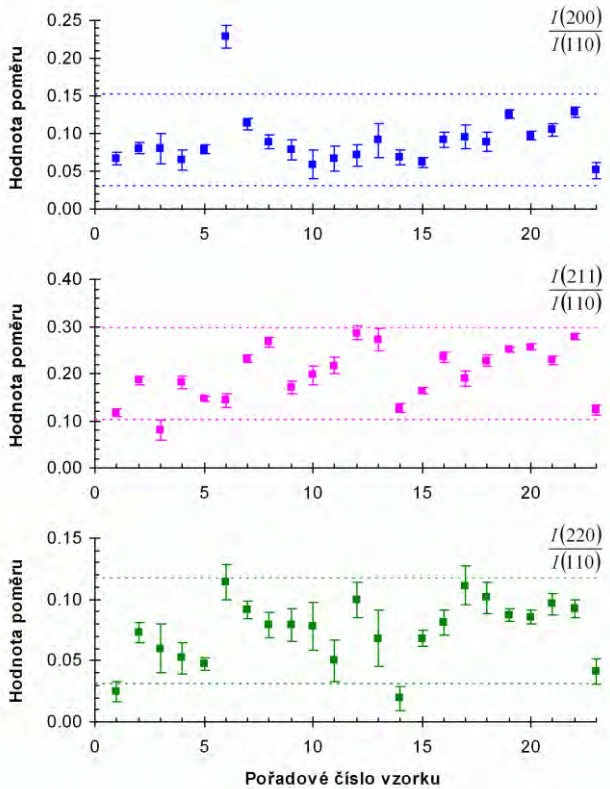
	Střední hodnota $\mu$	$s_{n-1}$	Interval spolehlivosti	$\Delta \bar{W}_{ij}$
$\frac{I(200)}{I(110)}$	0,0905 (9,05 %)	0,0356	0,0294 ÷ 0,1515	0,0611
$\frac{I(211)}{I(110)}$	0,1990 (19,9 %)	0,0571	0,1009 ÷ 0,2970	0,0980
$\frac{I(220)}{I(110)}$	0,0740 (7,40 %)	0,0252	0,0308 ÷ 0,1172	0,0432

$$\bar{W}_{ij} = \frac{1}{x} \cdot \sum_{r=1}^x \frac{I_{ij}^{(r)}}{I_{sj}^{(r)}} \Rightarrow I_{sj}^{\text{korig.}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{I_{ij}}{\bar{W}_{ij}} \quad (4)$$

$$\Rightarrow \frac{w_j}{w_k} = \frac{I_{sj}^{\text{korig.}} \cdot (RIR)_k}{I_{sk} \cdot (RIR)_j}$$

kde  $I_{ij}^{(r)}$  je intenzita  $i$ -té linie fáze  $j$  (feritu) změřená pro  $r$ -tý vzorek ze sady  $x$  referenčních vzorků a  $I_{sj}^{\text{korig.}}$  je korigovaná střední intenzita difrakce fáze  $j$  ve zkoumaném vzorku, vážená přes  $n$  difrakčních čar a jejich střední relativní intenzity  $\bar{W}_{ij}$ . Uvedený postup je

možné zobecnit i na další fáze vyskytující se v kompaktních vzorcích (např. austenit), kde i  $I_{tk}$  se nahradí korigovanou intenzitou.



Obr. 2 Závislost poměrů intenzit difrakčních linií na pořadovém čísle vzorku

Fig. 2 The variability of the diffraction lines intensity ratios with the sample number

Nejistotu  $u$  hodnoty  $I_{sj}^{korig.}$ , získané touto metodou vážení intenzit difrakčních intenzit, je za předpokladu minimální nejistoty hodnot naměřených intenzit, dosažitelné při dostatečných expozicích, možné vyjádřit vztahem:

$$\frac{\partial I_{sj}^{korig.}}{\partial \bar{W}_{ij}} = \frac{-I_{ij}}{n \cdot \bar{W}_{ij}^2}, \quad u(\bar{W}_{ij}) \approx \Delta \bar{W}_{ij} \tag{5}$$

$$\Rightarrow u^2(I_{sj}^{korig.}) = \sum_{i=1}^n \frac{I_{ij}^2 \cdot (\Delta \bar{W}_{ij})^2}{n^2 \cdot \bar{W}_{ij}^4}$$

Dosazením hodnot naměřených pro referenční vzorky do vztahu (5) činila relativní nejistota  $\delta(I_{sj}^{korig.}) = u(I_{sj}^{korig.}) / I_{sj}^{korig.}$  21 až 34 %, což je hodnota nepřijatelně vysoká pro kvantitativní stanovení metodou RIR (uznávána je chyba do cca 10 %). Při kvantitativním stanovení obsahu korundu ve vzorku pomocí jediné linie (např. nejsilnější) bude ale výpočet zatížen vlivem reálné struktury ještě vyšší chybou.

Z tohoto důvodu byla následně provedena faktorová analýza naměřených dat, pomocí níž je možné nalézt závislosti mezi analyzovanými proměnnými jednotlivých vzorků, což dovoluje zredukovat počet proměnných a případně identifikovat, jaká část rozptylu naměřených dat je vysvětlitelná jednotlivými faktory.

Faktorové analýze byla podrobena data zahrnující naměřené poměry intenzit difrakčních linií (proměnné 5 – 7, kde  $5 = I_{200}/I_{110}$ ,  $6 = I_{211}/I_{110}$ ,  $7 = I_{220}/I_{110}$ ) a pro úplnost zahrnující i intenzity jednotlivých linií (proměnné 1 – 4). Faktory byly během analýzy srovnány dle velikosti vlastního čísla a tudíž přiřazeny k původním proměnným na základě korelační matice. Celkový počet proměnných pro každý z 23 vzorků je tedy 7. V této práci byla použita tzv. Q-technika [4, 6], což se dá vysvětlit jako korelace mezi řádky matice dat neboli zjišťování vztahů mezi jednotlivými měřeními. Touto technikou se získají vztahy mezi objekty a informace o počtu faktorů, tzn. o počtu význačných skupin objektů majících podobné naměřené vlastnosti. Dále byl použit tzv. scree-test, vycházející z grafického zobrazení všech vlastních čísel korelační matice sestupně podle jejich velikosti. Je-li korelační matice tvořená nezávislými náhodnými veličinami, pak její vlastní čísla leží přibližně na klesající přímce. Příspěvek každého faktoru k celkovému rozptylu proměnných je roven odpovídajícímu vlastnímu číslu [4, 6]. Dle obr. 3 lze tedy prvním faktorem vysvětlit  $(4,144 / 7) = 59,2 \%$  celkového rozptylu dat, dvěma faktory 80,1 % a třemi faktory celkem 94,5 %. Čtvrtý faktor přispívá jen velmi málo k vysvětlení naměřených dat (4,5 %) a zbylé faktory lze zanedbat (celkem 1 %).

Tab. 3 Vlastní čísla korelační matice

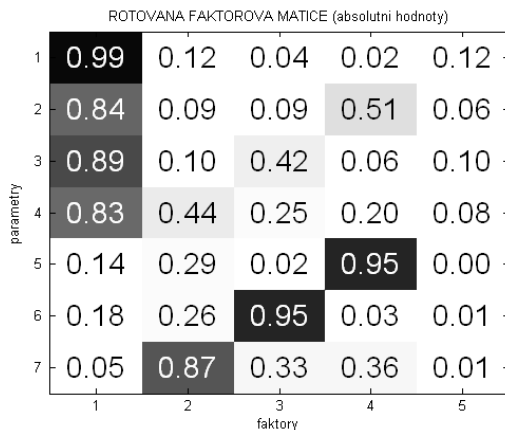
Tab. 3 Eigenvalues of the correlation matrix

Vlastní číslo	Podíl rozptylu
4,14418	0,59203
1,46609	0,20944
1,00651	0,14379
0,31304	0,04472
0,03664	0,00523
0,01759	0,00251
0,01595	0,00228

Každý z 5 prvních faktorů, které byly extrahovány na základě scree-testu (Tab. 3), je charakterizován jedním sloupcem a každá proměnná jedním řádkem v šikmé rotované faktorové matici, zanesené na obr. 3. Pátý faktor byl extrahován jen jako měřítko šumu. Čím větší je absolutní hodnota faktorové saturace (hodnoty uvedené na obr. 4), tím těsnější je souvislost příslušné proměnné a odpovídajícího faktoru. Šedou barvou jsou označeny vzájemné silné závislosti proměnných a faktorů v rotované faktorové matici. Na základě obr. 3 a 4 lze tedy usoudit, že naměřené intenzity a jejich poměry lze nahradit třemi ortogonálními faktory {1, 2, 3}, které odpovídají postupně: intenzitě linie (110), poměru  $\frac{I(211)}{I(110)}$  a poměru  $\frac{I(220)}{I(110)}$ . Jinou možností

pro redukcí dimenze dat faktorovou analýzou je výpočet zcela nových parametrů nazývaných se faktorové skóre. Tento postup je z hlediska zachování informace o vzájemných vztazích korektnější. V praxi se však dobře osvědčil i triviální výběr původních parametrů, které reprezentují extrahované faktory. V této práci byl použit

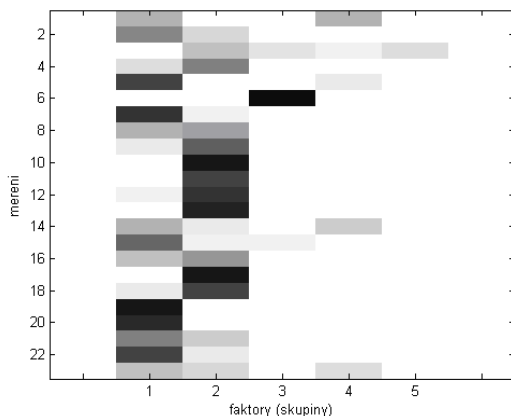
tento postup pro triviální přiřazení faktorů k původním proměnným na základě vysokých korelačních faktorů (viz výše).



Obr. 3 Faktorové schéma – hodnoty faktorové saturace  
Fig. 3 Factor scheme – values of factor saturation

Výskyt jednotlivých faktorů v měřených referenčních vzorcích je zobrazen na obr. 4 různými odstíny šedi – čím je průsečík řádku (pořadové číslo vzorku) a sloupce (faktor) tmavší, tím má dotyčný faktor významnější vliv u tohoto vzorku. Z obr. 4 vyplývá, že faktory 1 a 2 se významně vyskytují u všech studovaných vzorků, faktor 3 se v podstatě velice intenzivně vyskytuje jen ojedinele u jednoho ze vzorků a ve zbytku spíše představuje šum jako zbylé faktory 4 a 5.

Na základě faktorové analýzy naměřených dat na vzorcích ocelí lze tedy říci, že intenzity difrakčních linií feritu lze charakterizovat 3 faktory, které pak lze použít místo hodnot  $\bar{W}_{ij}$  a  $I_{ij}$  při kvantitativní analýze vzorků ocelí.



Obr. 4 Q-Faktorová matice (absolutní hodnoty)  
Fig. 4 Q-Factor matrix (absolute values)

## Závěr

Na základě měření difraktogramů 23 referenčních vzorků ocelí byly určeny 90% intervaly spolehlivosti poměrů jednotlivých difrakčních linií feritu ( $\alpha$ -Fe), konkrétně  $\frac{I(200)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(211)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(220)}{I(110)}$ . Pro čáru (200)

je tento poměr 2,94 až 15,15 %, pro čáru (211) je to 10,09 až 29,70 % a pro (220) 3,08 až 11,72 %. Velký rozsah jednotlivých hodnot těchto poměrů pro 23 zkoumaných vzorků může být způsoben tím, že pro měření byly použity vzorky ocelí získaných od různých výrobců různými technologiemi, s různým chemickým i fázovým složením a zpracované různými metodami, ovlivňujícími preferovanou orientaci na povrchu vzorků.

Dále byl navržen postup pro výpočet vážené intenzity difrakce feritu, který zohledňuje naměřené intenzity všech čtyř uvedených difrakčních čar. Váhami jednotlivých difrakcí v tomto průměru jsou střední hodnoty poměrů  $\frac{I(200)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(211)}{I(110)}$ ,  $\frac{I(220)}{I(110)}$ , naměřené

na sadě referenčních vzorků. Uvedená vážená intenzita pak nahrazuje intenzitu difrakce čáry (110) v případě kvantitativního stanovení obsahu feritu metodou *RIR* (relative intensity ratio). Tento postup lze brát jako originální příspěvek k optimalizaci metodiky kvantitativní analýzy fázového složení ocelí. Příspěvek tohoto přístupu k relativní nejistotě stanovení obsahu oceli nabývá velikosti 21 až 34 %, což je hodnota mnohem vyšší, než se obecně pokládá za přípustné u kvantitativní analýzy. Vzhledem k tomu, že výpočet obsahu feritu z intenzity jediné difrakční linie může být postižen mnohem vyšší chybou kvůli preferované orientaci, je tento postup o něco výhodnější.

Naměřená data byla podrobena faktorové analýze, s jejíž pomocí bylo zjištěno, že pro vysvětlení korelační struktury 94,5 % pozorovaných dat postačuje pouze trojice faktorů, které byly pomocí rotované faktorové matice přiřazeny k jednotlivým proměnným. Čtvrtý faktor přispívá jen minimálně a zbylé faktory představují zbývající šum. Lineárně nezávislou informaci, která téměř úplně charakterizuje naměřená data, jsou tedy intenzita nejsilnější čáry feritu (110) a poměry intenzit (211) a (220) k této nejintenzivnější čáře. Při hledání vzájemných vztahů mezi jednotlivými faktory nebyla nalezena nijak významná souvislost mezi nimi. Původní proměnné se tedy zdají být vzájemně poměrně nezávislé.

## Literatura

- [1] FIALA, J.: *Kvalitativní a kvantitativní fázová analýza*. R & D Print, Bratislava, 1994. ISBN 80-85488-01-9
- [2] KOCHANOVSKÁ, A.: *Principy fázové kvantitativní analýzy*. In. *Stanovení  $\alpha$  a  $\gamma$  fáze v ocelích a slitinách*, SVÚMT, Praha, 1965
- [3] ZEVIN, L. S., KIMMEL, G.: *Quantitative X-ray Diffractometry*. Springer-Verlag, New York, 1955
- [4] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: *Statistická analýza experimentálních dat*. Academia, Praha, 2004. ISBN 80-200-1254-0
- [5] REISENAUER, R.: *Metody matematické statistiky*. Polytechnická knižnice, 46. svazek, řada II, Praha, 1970
- [6] CHLADA, M.: *Zpracování signálů akustické emise pomocí umělých neuronových sítí*. [Disertační práce], ČVUT FJFI, Katedra matematiky, Praha, 2008

## Tvorba profesních kvalifikací v gesci Sektorové rady pro hutnictví, slévárenství a kovárenství

Ing. Kamila Janovská, Ph.D.,<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba

**Národní soustava kvalifikace (NSK)** je nový prvek dalšího vzdělávání vycházející ze zákon č. 179/2006 Sb., o ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání a jeho dodatku z 4/2012. Tento zákon upravuje systém ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání.

**Úplná kvalifikace (ÚK)** je definována jako „odborná způsobilost fyzické osoby vykonávat řádně všechny pracovní činnosti v určitém povolání“. **Profesní kvalifikace (PK)** je definována jako „odborná způsobilost fyzické osoby vykonávat řádně určitou pracovní činnost nebo soubor pracovních činností v určitém povolání“. Tyto soubory činností mají užší rozsah než povolání a podstatné pro ně je, že ve svém celku umožňují určité profesní uplatnění v praxi. Profesní kvalifikaci získá každý, kdo úspěšně složí zkoušku podle hodnotícího standardu příslušné profesní kvalifikace.

**Profesní kvalifikaci tvoří:**

- **Kvalifikační standard** určuje, co je třeba pro získání příslušné kvalifikace umět (*kompetence*).
- **Hodnotící standard** navazuje na kvalifikační standard:

- v části A určuje, jakými kritérii a postupy se zjistí, zda žadatel požadované znalosti a dovednosti má,

- v části B specifikuje metodické a organizační pokyny pro zkoušku z PK.

**Postup tvorby PK:**

- Navrhovatel zpracuje tzv. „rodný list“, který obsahuje argumentaci, proč vytvářet navrhovanou profesní kvalifikaci. (Hodnotí se především uplatnitelnost profesní kvalifikace v praxi).
- Tvorba NSK musí navazovat na Národní soustavu povolání.
- Sektorová rada posuzuje a doporučuje návrh „rodného listu“ na příslušný autorizující orgán, kterým je MPO.
- Vlastní tvorbu profesní kvalifikace zajišťuje „pracovní skupina“ složená z odborníků z příslušné odborné oblasti.
- Návrh profesní kvalifikace posuzují tzv. stvrzovatelé, další významní odborníci z praxe, kteří prověřují obsahovou náplň a uplatnění kvalifikace v praxi.
- Konečný návrh projednává a doporučuje sektorová rada, připomínkuje Národní ústav pro vzdělávání (NÚV), autorizujícím orgánem je MPO. NÚV je zástupce ČR v institucích EU v oblasti tvorby nových strategií v systému vzdělávání.
- V závěrečné fázi profesní kvalifikaci schvaluje MŠMT.

Na tvorbě profesních kvalifikací se podílí Sektorová rada pro hutnictví, slévárenství a kovárenství. Tato rada dosud vytvořila následující profesní kvalifikace:

Název profesní kvalifikace	Stav profesní kvalifikace PK	Kvalifikační úroveň KÚ
Hutní technik dispečer	PK	4
Hutní technik mistr	PK	4
Hutní technik operátor	PK	4
Hutní technik technolog	PK	4
<b>Hutník</b>	<b>ÚK</b>	3
Hutník tavič neželezných kovů *	PK	3
Hutník tavič ocelí *	PK	3
Hutník vysokopecář *	PK	3
Hutník přípravář vsázky aglomerace *	PK	3
Hutník v recyklaci neželezných kovů *	PK	3
Hutník tažič kovů	<b>PK</b>	3
Hutník valcír kovů	<b>PK</b>	3
<b>Koksař</b>	<b>ÚK</b>	3
Koksař obsluha chemické části koksovný *	PK	3

Koksař obsluha baterií *	PK	3
Slévárenský technik mistr	PK	4
Slévárenský technik modelář	PK	4
Slévárenský technik technolog	PK	4
<b>Slévač</b>	<b>ÚK</b>	3
Formíř - jádrař *	PK	3
Tavič *	PK	3
<b>Modelář ve slévárenství</b>	<b>PK</b>	3
<b>Kovář</b>	<b>ÚK</b>	3
Kovář ruční *	PK	3
Kovář strojní *	PK	3
<b>Lisař</b>	<b>ÚK</b>	3
Lisař - seřizovač na automatizovaných linkách *	PK	3
Lisař na strojích s manuální obsluhou *	PK	3
Lisař na protlačovacích lisech *	PK	3

\* U profesí takto označených platí, že nositel, pokud dosáhl jen profesní kvalifikaci PK, je způsobilý vykonávat jen funkci ve svém vyznačeném oboru. Pokud však nositel dosáhl úplnou kvalifikaci ÚP, může vykonávat funkci ve svém vyznačeném oboru i v oborech určených pro celý rozsah PK.

Každá dílčí kvalifikace má určenou svou kvalifikační úroveň. K tomuto účelu se využívá osm kvalifikačních úrovní. Pro stanovení kvalifikační úrovně jednotlivých odborných kompetencí je určující soustava centrálně stanovených národních deskriptorů. Existuje vztah mezi deskriptory pro jednotlivé úrovně NSK s úrovněmi Evropského rámce kvalifikací (EQF) a se stupni vzdělání podle školského zákona.

Kvalifikační úroveň KÚ znamená kategorii vzdělání, např.: 1- základní vzdělání, 2 - střední vzdělání s výučním listem (2 leté) , 3 – střední vzdělání s výučním listem (3leté), 4 – střední vzdělání s maturitou, 5 - vyšší odborné vzdělání, 6 - vysokoškolské bakalářské vzdělání, 7 - vysokoškolské magisterské vzdělání, 8 - vysokoškolské doktorandské vzdělání. Ve výše uvedené tabulce je tedy pro dané profese předepsán KÚ jako střední vzdělání s výučním listem (3leté), nebo středoškolské vzdělání s maturitou.

### Záměr tvorby profesních kvalifikací v roce 2013:

#### Red. pozn.:

Výše uvedený článek „Tvorba profesních kvalifikací v gesci Sektorové rady pro hutnictví, slévárenství a kovárenství“ autorky Janovská, K. navazuje na informaci uveřejněnou v Hutnických listech, 2012, roč. LXV, č. 3, s. 60-61 od stejné autorky.

- Expedient metalurgických výrobků
- Mistr kovářny
- Technolog kování

Sektorová rada pro hutnictví, slévárenství a kovárenství v současné době analyzuje potřebu:

- profesních kvalifikací v kvalifikační úrovni 6 (vysokoškolské vzdělání – bakalářský studijní obor),
- profesních kvalifikací pro robotizovaná pracoviště v metalurgii.

Vláda ČR na svém zasedání 27.2.2013 schválila usnesení č. 135 k návrhu na podporu využití Národní soustavy kvalifikací a zákona č. 179/2006 Sb., o ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání. Bohužel dosud není systém ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání běžně využívaným systémem, o kterém by věděla většina obyvatel, a který by využívala většina zaměstnavatelů, např. při formulaci kvalifikačních požadavků v rámci nábory nových zaměstnanců. Je však nepochybné, že ke změně dosavadního mnohaletého přístupu pomalu dochází. Lepší přehlednost a provázanost legislativy upravující kvalifikace však může významně přispět ke skutečnosti, kdy získávání a vyžadování kvalifikací dosažených v dalším vzdělávání bude běžně využívaným systémem sloužícím jak pro zaměstnance, tak pro zaměstnavatele.

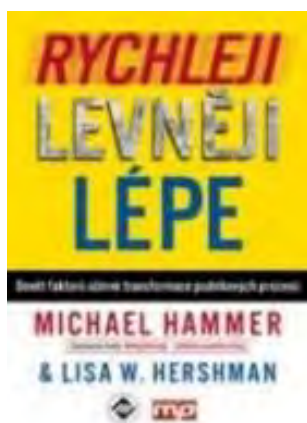
# nová literatura

*Michael Hammer, Lisa W. Hershman*

## Rychleji, levněji, lépe/Devět faktorů účinné transformace podnikových procesů

*(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)*

Procesní a organizační faktory nezbytné pro úspěšnou transformaci podniku. "Jeden klasický židovský text obsahuje chvalozpěv na duchovní hodnotu práce: 'Vzácná je práce, protože ze všech bytostí, které Bůh na světě stvořil, jen člověku dal pracovat.' Text nám říká, že největšího naplnění může člověk, jeho duše a inteligence dojít skrze práci. Práce je tím, co nás odlišuje jako lidské bytosti. Tato prorocká slova zachycují podstatu procesně orientované práce." (Z nezveřejněného rukopisu Michaela Hammera.)



Rychleji, levněji, lépe. Věčné dilema při podnikání. Cíle, které jsou tolik žádoucí a přitom tak obtížně dosažitelné. Když budeme rychlejší a levnější, nemůžeme být lepší. Když budeme levnější a lepší, nedokážeme být rychlejší. A když budeme lepší a rychlejší, nemůžeme být levnější. Pokaždé se zdá, že

narážíme na překážky znemožňující dosažení všech tří cílů najednou.

Ale s tím je konec. Alespoň to tvrdí ve své knize "Rychleji, levněji, lépe/Devět faktorů účinné transformace podnikových procesů" (Management Press, Praha 2013, 34. sv. edice Knihovna světového managementu, 1. vyd., 260 s., překl. Hana Škapová, ISBN 978-80-7261-253-6) Michael Hammer a Lisa W. Hershman (ředitelka přední globální poradenské společnosti Hamer & Co zaměřené na vzdělávání a zavádění procesní organizace podnikových činností). Pokud vezmete za své jejich jednoduchou myšlenku, že způsob, jakým organizujete práci, může vše zásadně změnit, pak je zde již osvědčená alternativa k atomizovaným pracovním postupům, které jsou pozůstatkem z časů průmyslové revoluce. Není to snadné a změna se neprojeví za noc, ale všichni, kdo si takový přístup dokážou osvojit, dosahují překvapivých výsledků. Lidé se již nezaměřují výhradně na svůj pracovní úkol, aniž by měli sebemenší představu, jak jejich práce ovlivňuje práci jejich kolegů nebo jaký dopad má na zákazníky. Přemýšlejí o celku, nikoli o jednotlivých částech, o výstupech namísto činnosti, o týmovém spíše než individuálním pojetí.

Jeden z nejvlivnějších a mimořádně nadaných myslitelů v oblasti podnikového managementu a tvůrce odvážných, revolučních myšlenkových koncepcí (časopis Time jej zařadil do svého prvního seznamu dvaceti pěti nejvlivnějších osobností Spojených států) Dr. Hammer poprvé představil koncepci uceleného kontinuálního procesu před dvaceti lety v roce 1993 v knize "Reengineering - radikální proměna firmy" (Management Press, Praha 1995, 1996, 2000), která se stala nejdůležitější manažerskou příručkou 90. let minulého století. V letech, která následovala po vydání této publikace se její autor dál věnoval promýšlení možností, jak změnit základní podnikatelské postupy. Studoval úspěšné i neúspěšné podniky - co udělaly a co neudělaly - a snažil se odhalit, kde sešly z cesty nebo co vedlo k úspěšnému završení jejich úsilí. Některé podniky studoval po dlouhá léta. V celé řadě případů šlo o více než deset let. Jejich příběhy jsou také podrobně v knize popsány (švédský výrobce obalových materiálů Tetra Pak, mexický výrobce sušenek a jiných sladkostí Gamera, společnost Four Aces Manufacturing, metalurgická společnost Hattaway Inc.). Na základě těchto pozorování vypracoval metodický model PEAM (Process and Enterprise Maturity Model), definující čtyři úrovně vspěllosti podniku z hlediska devíti faktorů, které jsou pro úspěšné zavedení procesní organizace práce nezbytné.

Tyto faktory se dělí do dvou skupin. První skupinu tvoří takzvané procesní faktory a jde o oblasti, jimž podnik musí věnovat pozornost, aby mohl prostřednictvím kontinuálních procesů dosahovat mimořádné výkonnosti. Těmito faktory jsou podoba procesu, odpovídající měřítko výkonnosti, vykonavatelé činnosti v rámci procesu, vlastní proces a účinná infrastruktura. Zaměřením na těchto pět zásadních faktorů získává podnik návod, který mu umožní transformovat procesy a dosáhnout nevídané výkonnosti. Nicméně přestože je návod nezbytný, sám o sobě nestačí. Některé podniky totiž navzdory nejlepším úmyslům nedokázaly v daných oblastech dosáhnout

výraznějších zlepšení. Zdálo se, že vědí, co je potřeba udělat, ale jednoduše se jim nedařilo dosahovat výsledků. Autor knihy si uvědomil, že podniky, které podle jeho návodu byly schopny postupovat dále, se lišily tím, že si dobře počínaly i v dalších čtyřech oblastech, kterým říká organizační faktory - zastřešující prvky, které podnikům umožňují provést zásadní změny. Jde o vůdcovství, firemní kulturu, řídicí mechanismy a odbornost. Bez tohoto zázemí podniky zjevně nemají potřebné zdroje a nedokážou provést změny, které by je dovedly k cíli. Základní problém dlouhodobě špatné výkonnosti nespočívá v otázce, kdo je komu podřízený, nýbrž v tom, jak konkrétně jsou organizovány a vykonávány pracovní činnosti.

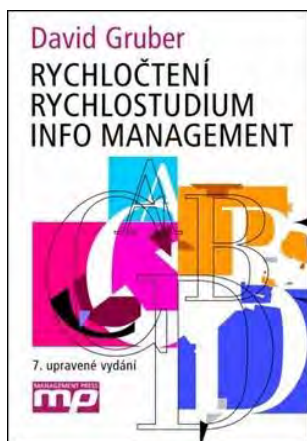
Přestavba procesů a procesní organizace práce již dnes

nejsou chápány jen jako rychlá pomoc v krizové situaci; staly se nedílnou součástí řízení podniků a organizací v řadě různých odvětví, od spotřebního průmyslu po strojírenství, elektrotechnické, potravinářské či chemické výroby, ale také ve zdravotnictví, ve státní správě i v neziskové sféře. Všechny tyto sektory využívají procesy pro organizaci nejrůznějších činností, od vyřizování objednávek po řízení lidských zdrojů. Zavedení procesní organizace není nic snadného. Záměrem knihy, jejíž autor nás bohužel ve svém věku 60 let v roce 2008 opustil, je alespoň z části usnadnit a zpřístupnit zavedení tohoto nového způsobu organizování práce každému subjektu, který se chce zapojit do soutěžení v globální ekonomice a chce v ní dosahovat úspěchů, vyšších zisků i zajištění vysoké konkurenceschopnosti.

*David Gruber*

## Rychločtení - rychlostudium - info management

*(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)*



Evropy. U nás s obvyklým zpožděním za světem zájem o čtecí techniky mezi širokou veřejností stoupl v polovině 80. let, kdy se začal touto problematikou soustavně zabývat středoškolský a vysokoškolský učitel a lektor Ing. David Gruber. Stal se naším prvním člověkem, který se celou svou odbornou kapacitou věnoval uplatnění a dalšímu rozvoji metod rychločtení a racionálního čtení. K tomu mu byla v roce 1996 Úřadem průmyslového vlastnictví udělena ochranná známka. Postupně, zejména po roce 1990, rozšířil paletu své působnosti na další racionální techniky duševní práce (komunikační dovednosti, vyjednávání, time management aj.), zvládnutí technik efektivní práce s informacemi, výkonné studium a rozvoj studijních dovedností. Je autorem více než pěti desítek samostatných rozsáhlejších publikací (knih, brožur, delších časopiseckých serií), tří televizních vzdělávacích seriálů a stovek článků v denním tisku a odborných či vědeckopopulárních časopisech, dalších vzdělávacích materiálů včetně audiokazet a vzdělávacího softwaru.

Vydání nového, upraveného a rozšířeného Gruberova úspěšného bestselleru "Rychločtení - rychlostudium - info management" se znovu ujalo nakladatelství Management Press (Praha 2013, brož., 328 s.). Obsah publikace se člení do 11 částí: 1. Pár faktů a střípků (pro ty, co ještě nevědí) a trochu připomenutí (pro ty, co dávno vědí), 2. Kurz racionálního čtení, 3. Úvodní texty, 4. Osvojování si zbraní školeného čtenáře (nejobsáhlejší, cca 90 stran), 5. Praktické způsoby čtení (orientační, kurzorické, rekreační, rychlostudium), 6. Závěr kurzu rychlého čtení (čím se Gruberova česká škola a české metody liší od zahraničních), 7. Návod ke cvičením, 8. Vlastní cvičení, 9. Závěrečné testy, 10. Další testy pro zájemce a 11. Odpovědi a bodování testů. Jádro knihy tvoří kurz racionálního čtení podle autorovy originální metody - osvojení tří desítek "zbraní" pro rychločtení, rychlostudium a rychlovhledávání, které se člení na "mozkové", tj. zaměřené na myšlenkové zpracování textu, "očně technické", zaměřené na techniku čtení, a "smíšené". V popisu každé "zbraně" autor nejdříve definuje skutečnosti, které může čtenář pociťovat jako rušivé při vnímání čteného textu, v dalším pak popisuje "zbraň", kterou lze danému problému čelit. Popis obsahuje jak teoretické vysvětlení problému a praktický návod a jak ho řešit, tak řadu příkladů ze života i z historie (činí text čtivějším a srozumitelnějším). Ze všech předcházejících autorových publikací obsahuje toto dílo, kromě návodu na ovládnutí techniky rychločtení, nejpodrobnější pasáže o koncentraci a paměti - základech jakékoliv úspěšné duševní práce. Nové vydání je rozšířeno o rychlostudium. Obsahuje více testů (mnohé i v angličtině), přičemž přináší tři různé způsoby jejich vyhodnocování, a další novinky.

V současném prostředí tzv. informačního věku se uvádí, že celková suma informací se zdvojnásobuje každého 2,5 roku a přesto lidé nejsou učeni základním dovednostem pro přežití v tomto stále složitějším světě. Mnoho manažerů a ostatních duševně pracujících osob se podstatnou část své pracovní doby zabývá čtením průměrnou rychlostí pohybující se mezi 125 až 225 slovy za minutu při čtení nenáročných textů. Čím dále tím více lidí ale dokáže číst až 1000 a více slov za minutu a přesto hlouběji pochopit a lépe si zapamatovat důležité informace. Osvojili si totiž díky dovednosti "rychločtení" rozlišovat důležité a nedůležité části textu a číst a zapamatovávat si to podstatné. V porovnání se standardním čtením, které zatěžuje oči, narušuje soustředění a nerespektuje pravidla fungování lidského mozku, rychločtení využívá při čtení oči a mozek tak, aby získávání informací čtením probíhalo průměrně třikrát rychleji s lepším zapamatováním informací oproti standardnímu čtení. Význam rychločtení je dnes o to větší, že dle autora 85 % všech informací, kterých využíváme při práci, přijímáme prostřednictvím zraku. Nejde ovšem jen o rychlost, ale především o schopnost zajistit si ty správné informace, dokázat se v nich orientovat, vyhodnocovat je a optimálním způsobem na ně reagovat tak, abychom dokázali využít příležitosti a

vyhnout se hrozbám, jež mohou signalizovat. Proto dnes hovoříme o "info managementu". V tomto smyslu lze rychločtení a jiné typy racionálního čtení skutečně považovat za obrovskou konkurenční výhodu, která může mít rozhodující význam pro úspěšné přežití v odborné profesi či v podnikání.

Nové vydání Gruberovy praktické učebnice metod rychločtení a racionálního čtení je určeno všem, kdo chtějí rychle studovat a číst, a šetřit tak vlastním časem. Vychází také vstříc potřebám manažerů a dalších zájemců, kteří si z rozličných důvodů k předchozím rozebraným vydáním knihy dosud nenašli cestu, kteří si dnes již dobře uvědomují význam racionálních technik duševní práce a chtějí si je proto osvojit a integrovat je do vlastních činností, aby zvýšili efektivnost své práce a dovednosti orientovat se v záplavě informací. O tom, že problematika, kterou se autor v této své publikaci (ostatně i v řadě dalších) zabývá, je uživatelsky zajímavá a žádoucí, svědčí i skutečnost, že jde o dotisk 7. vydání (šest předchozích je zřejmě rozebráno), což je jev v naší současné knižní produkci téměř neskutečný. K takovému úspěchu lze autorovi i nakladatelskému domu upřímně blahopřát.

*Rastislav Zachar*

## **Spoluprací k úspěchu/... aneb praktická inspirace pro manažery a zaměstnance**

*(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)*

Praktický zdroj rychlé inspirace pro všechny lidi v pracovním procesu - v roli šéfů i zaměstnanců. "Nejdůležitější přísadou receptů na úspěch je umění vycházet s lidmi." (cit. Theodore Roosevelt)



snižování vlastních nákladů organizace. Splnit tyto požadavky mohou manažeri pouze tehdy, dokáží-li přesvědčit všechny své spolupracovníky, aby plnili pracovní úkoly nejenom účelně a vysoce efektivně, ale také rádi. Musí působit na podřízené tak, aby sami ze svého rozhodnutí dělali to, co se na nich požaduje, usilovat o dosažení co největšího souladu mezi

požadavky na výkon při pracovních činnostech (zájmy organizace) a schopnostmi vykonávajícího pracovníka (zájmy jednotlivce). Manažer by proto měl být nejen dobrým odborníkem a znát obor působení organizace, ale také dobrým psychologem, znát působení sociálních aspektů na chování pracovního kolektivu a především mít vůdcovské schopnosti: vizionářství, osobní charisma, schopnost vyjednávat i obchodní duch. Při ovlivňování chování svých podřízených mohou manažeri uplatnit v podstatě dvě stránky: buď působí na racionalitu jejich pracovních postojů vhodnou volbou vize budoucích úspěchů a z ní odvozených strategických cílů, kam patří zvýšení konkurenční schopnosti organizace, dodržování nákladových limitů, dosažení vysoké kvality produktů, činnosti apod., nebo působí emočně na jejich interní potřeby a motivují je, aby se osobně ztotožnili s cíli jim uložených úkolů. Nejlepším způsobem vedení podřízených pracovníků je ovšem působení na chování spolupracovníků vlastním příkladem.

Ing. Rastislav Zachar (1969), patřící mezi špičkové slovensko-české odborníky v oblasti vedení, uspořádání a celkového fungování společností, zaměřený v současné době svými aktivitami zejména na zlepšování chodu firem po stránce organizační, obchodní či personální, je autorem nové prospěšné publikace "Spoluprací k úspěchu/... aneb praktická inspirace pro manažery a zaměstnance" (Mladá fronta, Praha 2012, 1. vyd., 184 s., ISBN 978-80-204-2845-5), obsahující 165 jednoduchých, funkčních a inspirativních návodů pro lidi v každé pozici. Knihu v sympatickém kapesním vydání lze otevřít na libovolné stránce, na které pak najdete myšlenku, odpozorovanou jednoduchou pravdu (jako produkt téměř dvou desítek let přednášení, konzultací a práce s lidmi), impulz k uvolnění vlastní tvůrčí energie či nastavené zrcadlo pro zamyšlení nad vlastní každodenní prací, naším okolím a hlavně nad sebou samým. Kromě chuti autora podělit se o své poznatky, zkušenosti a přesvědčení má tato kniha ještě jeden velmi důležitý rozměr. Dnes existuje mnoho děl (nedávno jsem četl, že by se jimi s nadsázkou dala přehradit Vltava), která nám radí, jak se chovat jako manažeri a vůdčové, ale málo knižních titulů, které radí, jak se chovat v roli zaměstnance. Jedním z cílů knihy je inspirovat současně obě strany pracovního procesu tak,

aby si byly vzájemně větším přínosem. Nemá učit manažery manipulovat, nemá učit pracovníky kličkovat. Naopak, otevřenou komunikací o roli a touhách obou stran má přinést ještě více vzájemného porozumění a přirozenější kooperaci managementu a členů kolektivu. Zhruba dvě třetiny textu jsou určeny manažerům, kteří budování a vedení týmů berou jako své poslání, které je vnitřně naplňuje, a těm, kteří chtějí, aby práce přinášela lidem nejenom plat, ale také uspokojení, radost a možnost se v životě realizovat. Zaujmou však i ty pracovníky, kteří navzdory tomu, že momentálně lidi nevedou, přesto se o život svých šéfů zajímají, chtějí s nimi aktivně spolupracovat a jak se říká být s nimi "na jedné lodi". Stručnější druhá část publikace je určena zaměstnancům, kteří práci berou jako přirozenou součást svého života (nechtějí žít "až po práci") a chtějí mít svou pracovní budoucnost pevně ve vlastních rukou; těm, kteří nehledají laciné triky, jak šéfa oklamat, jak získat větší plat nebo být díky nějakou nečestnou cestou povýšeni. Tato pasáž je v případě manažerů určena těm z nich, kteří se o své lidi upřímně zajímají, chtějí je moudře vést a chtějí jim skutečně rozumět, i když jsou v hierarchii řízení postaveni nad nimi. Jako celek nemá publikace čtenáře ohromit a ani neobsahuje kouzelné nebo zaručené recepty na úspěch.

## Hana Mohelská, Zbyněk Pitra

### Manažerské metody

(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)

Užitečná pomůcka nejen pro studenty, ale také pro manažery z praxe. "Manažerský svět je velmi komplexní a matoucí. Aby si člověk o něm udělal představu, vyžaduje to nikoliv zjednodušení, ale syntézu náhledů z různých mentálních pohledů, která vedou k všezahrnujícímu celku." (cit. J. Gosling, H. Minzberg, Harvard Business Review, 2003.)



Loňský rok nebyl, až na výjimky, pro většinu českých firem nikterak jednoduchý. Obecně jej charakterizoval tvrdý boj o zakázky, razantní snižování nákladů, opožděné platby faktur a řada jiných neduhů provázejících současné podnikání. Ve výhodě byli ti, kdo prozíravě vytvářeli nové aktivity, odbytové možnosti, inovovali svoje výrobky, hledali možnosti dalšího zkvalitňování služeb a pokud to bylo jen to trochu možné, podporovali výzkum a vývoj a spolu s tím vším posilovali konkurenční schopnost a proces udržitelného rozvoje.

Účelnost a aktivita působení manažerů na další růst organizací je podmíněna tím, jak dokáží při řešení problémových jevů vhodně využívat metody a techniky, vycházející z teorie managementu organizací a prověřené praxí manažerských procesů. Výkladu o konceptech, principech a pravidlech aplikace manažerských metod, tedy způsobům výkonu některých významných pracovních činností (plánování, organizování, vedení, kontrole a řízení činnosti lidí a jimi využívaných zdrojů vedoucích k plnění společenského poslání organizace) zabezpečovaných manažery organizací podnikatelského i nepodnikatelského typu, je věnována nová publikace "Manažerské metody", vydaná nakladatelstvím Kamil Mařík - PROFESIONAL PUBLISHING (Praha 2012, 1. vyd., 343 s., ISBN 978-80-7431-092-8). Její autoři, doc. Ing. Hana Mohelská, Ph.D. a prof. Ing. Zbyněk Pitra, DrSc., zhodnotili v tomto díle svoje dlouholeté zkušenosti, získané při výkonu manažerských funkcí v

organizací mimo akademickou sféru a při nynějším pedagogickém působení a řešení některých vědecko-výzkumných programů na Fakultě informatiky a managementu Univerzity v Hradci Králové. Celý text společně koncipovali nejen jako užitečnou pomůcku pro vysokoškolské studenty, ale také pro manažery z praxe tak, aby další rozvoj jimi vedených organizací byl založen na uplatnění nejnovějších poznatků a světových zkušeností z oblasti moderního managementu počátku druhé dekády 21. století.

V úvodní kapitole jsou prezentována východiska, ze kterých je odvozována koncepce různých manažerských metod, popisovaných podrobněji v dalších partiích. Tato východiska představuje především aplikace zásad podnikatelského myšlení, vnímání organizace jako otevřeného sociálně-ekonomického celku a adekvátní reflexe vývoje v okolí organizace. Cíle aplikace každé manažerské metody lze charakterizovat dvěma požadavky: zajistit: účelnost v organizaci prováděných činností, což lze vyjádřit slovy "dělat správné věci", a jejich efektivnost, charakterizovanou výrokem "dělat správné věci správným způsobem".

Druhá a třetí kapitola jsou věnovány výkladu o metodách, na kterých jsou založeny v podstatě všechny profesní kompetence dnešních manažerů. Jedná se o metody manažerského rozhodování (druhá kapitola) a o metody managementu rizika. Pozornost je věnována zejména principům, ze kterých vychází koncepce jednotlivých metod, a podmínkám jejich účelné aplikace. Mnozí manažeři, kteří se valnou měrou považují za zkušené praktiky, se po získání dovedností v aplikaci určitých manažerských technik omezují jen na jejich pragmatické uplatňování, aniž by uvážili jejich vhodnost pro konkrétní rozhodovací situaci nebo pro eliminaci určitého rizika. Nekoncepční rutinérství, bez jakýchkoliv myšlenkových experimentů, je příčinou chybných rozhodnutí, jejichž důsledky narušují

fungování organizace a někdy dokonce ohrožují i její existenci.

Čtvrtá až sedmá kapitola jsou věnovány aplikaci metod manažerského rozhodování a metod managementu rizika při využívání metod, kterými jsou uváděny do života organizace jednotlivé složky procesů jejího managementu: plánování, organizování, vedení pracovníků i kontroly a řízení podnikatelských aktivit organizace. Závěrečná osmá kapitola se zabývá metodami komplexního hodnocení výkonnosti organizace. Jejich využití se neomezuje jen na pouhé hodnocení aktuálních výsledků hospodaření organizace, ale napomáhá vnímat ji jako složku společnosti, přispívající nejenom k ekonomické prosperitě společnosti, ale také ke zvyšování kvality jejího každodenního života.

Každý čtenář má možnost prověřit si sám, do jaké míry pochopil obsah jednotlivých kapitol prostřednictvím vlastních odpovědí na kontrolní otázky, uvedených na konci každé kapitoly. Zároveň jsou zde uvedeny texty, označené jako podnět k zamyšlení, které uvádějí doplňkový pohled na metody, popisované v dané kapitole, či odlišný pohled, než je pohled prezentovaný autory. Zařazeny jsou rovněž případové studie, zaměřené na praktickou aplikaci některých metod v dnešních organizacích, prezentovaných v předcházejícím textu.

Přáním autorů tohoto obsáhlého díla je vyvolat, vedle potřeb výuky, zájem čtenářů o další rozvoj svých profesních znalostí a dovedností, inspirovat je k hlubšímu zamyšlení nad významem a úlohou manažerských metod při ovlivňování dalšího osudu organizací, vystavených nárokům soutěže v konkurenčním prostředí v dnešním globálním a rychle se měnícím světě. My k tomu dodáváme, že každý manažer musí prostě pracovat vždy o něco víc a mít svoje vize o něco dlouhodobější, než je standard.

---

## Rozšíření jemné tratě v Abinsku

Abinsk Electric Steel Works to abgrade rebar mill. MPT International 2013, č. 2, s. 18 a 19

Ruská firma Abinsk Electric Steel Works provozuje vysokorychlostní jemnou trať, na níž se válcují pruty do betonu. Vychází se ze sochorů 130 x 130 mm. Výstupní rychlost z poslední stolice je 40 m/s. Trať má výkon 47 000 t za měsíc. Byla uvedena do provozu v roce 2011. Nyní se na vstupní straně instalují dvě další stolice a jako výchozí polotovary se budou používat sochory 150 x 150 mm.

L J

# spoločenská kronika

## Za profesorom Miroslavom Brzobohatým

\* 5.4.1913 † 23.3.2013

Posledný z prvej zakladateľskej generácie profesorov Hutnickej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, prof. Ing. Miroslav Brzobohatý, CSc., zomrel vo veku nedožitých 100 rokov, 13 dní pred svojimi stými narodeninami. „Jak tiše žil, tak tiše zemrel“ hovorí motto jeho smútočného oznámenia, vystihujúce tak podstatu jeho dlhého plodného života.



Narodil sa v roku 1913 v Přerove v rodine strojníka námornej paroplavebnej spoločnosti Lloyd. V roku 1923 rodina presídlila do Vrútok, kde otec pracoval u čsl. dráhy. Profesor Brzobohatý absolvoval Reálne gymnázium v Žiline v roku 1932. V rokoch 1932 až 1937 vyštudoval strojnícke inžinierstvo na Vysokom učení technickom v Brne. Po vojenskej prezenčnej službe nedokončenej pre mníchovské udalosti a následné obsadenie polovice Československa wehrmachtom, krátko pracoval u firmy Heinika-dědicové a spol. – Strojírna a slévárna. V roku 1939 nastúpil do Zbrojovky Brno závod Považská Bystrica vtedy už v samostatnej prvej Slovenskej republike. Začínala 2. svetová vojna a považskobystrická zbrojovka sa stala súčasťou Hermann Göring Werke, avšak technicko-inžinierské vedenie podniku bolo aj naďalej v rukách českých inžinierov viazaných na brnenskú zbrojovku.

V Zbrojovke Považská Bystrica pracoval inžinier Brzobohatý ako vedúci výskumného laboratória orientovaného na vývoj nových materiálov na báze hliníkových a medených zliatin špecifických vlastností určených na zbrojné účely. Ako prvý v Európe vyvinul a zaviedol dodnes používanú technológiu poloplynulého odlievania ingotov z materiálu Dural 16 určených pre konštrukciu bojových lietadiel. Pred 2. svetovou vojnou sa podobná technológia používala iba v Kanade. Ďalšie inovácie inžiniera Brzobohatého boli orientované do oblasti mosadzných a bronzových materiálov napríklad pre delostrelecké nábojnice extrémnych rozmerov (ráž 300 mm) pre lodné a ďalekonosné delá. Svoje pracovné poslanie v tej dobe videl v zavádzaní najnovšej techniky tak, aby bol po vojne podnik v tomto smere dobre vybavený. V Považskej Bystrici zaviedol spektrálnu vzťah k ich rovinnosti. Tvorivá činnosť výskumníka a pedagóga vyústila do mnohých prác publikovaných

analýzu, vybudoval makrorentgenové laboratórium, Heyrovského polarografiu, mikrorentgenové hodnotenie štruktúry kovov, termickú analýzu kovov a zliatin pre správne parametre tepelného spracovania.

Po vojne, v rokoch 1945 – 1946, pracoval v ústredí Zbrojovky Praha ako technológ neželezných kovov. V období 1946 – 1950 pôsobil vo funkcii výskumníka pre technológie tvárnenia ľahkých zliatin vo Výskumnom ústave kovov v Panenských Břežanoch. V rokoch 1950 – 1954 pracoval ako hlavný inžinier v Kovohutách Břidličná. V rokoch 1954 – 1958 pôsobil na Ministerstve hüt a rudných baní v Prahe ako

technológ hlavnej správy pre neželezné kovy. V období 1958 – 1962 pracoval v Spojených kovohutách Praha ako hlavný technológ. V tomto období sa stal autorom väčšiny dodnes platných československých noriem pre neželezné kovy a zliatiny, predovšetkým na báze hliníka a medi, a to ako po stránke chemického zloženia, tak aj mechanických vlastností.

Svoje dlhoročné prevádzkové a výskumné skúsenosti sa rozhodol v roku 1962 odovzdávať študentom Hutnickej fakulty VŠT v Košiciach na Katedre kovohutníctva, kde bol menovaný za zastupujúceho profesora. V roku 1964 obhájil verejnou rozpravou kandidátsku dizertačnú prácu a v roku 1965 bol menovaný za riadneho profesora pre odbory hutníctvo ľahkých kovov a tvárnenie neželezných kovov. V rokoch 1964 – 1971 pôsobil vo funkcii prvého zakladajúceho vedúceho Katedry tvárnenia kovov Hutnickej fakulty.

Odborná profilácia prof. Brzobohatého ovplyvnila aj vedecko-výskumné smerovanie katedry, ktoré bolo v počiatkoch zamerané na termomechanické spracovanie hliníkových bronzov a vplyv metód tvárnenia vybraných disperzne spevnených sústav vo vzťahu k ich vlastnostiam. Neskôr sa prof. Brzobohatý odborne orientuje aj na oceľové materiály a spoločne s prof. Červeným kladú základy pre rozvoj metodík sledovania deformačných odporov v procesoch valcovania. Rozvoj výroby plochých vývalkov vo VSŽ, n. p. Košice stavia pred Katedru tvárnenia kovov nové otázky súvisiace s geometrickou kvalitou valcovaných oceľových pásov. Prof. Brzobohatý kladie základy v poznaní priečného profilu valcovaných pásov vo odborných časopisoch a zborníkoch z vedeckých konferencií, ako aj autorských osvedčení čsl. patentov.

Vyhľadávanými publikáciami v oblasti neželezných kovov boli predovšetkým diela:

Brzobohatý M., Chvojka M.: Zpracování a použití hliníku a jeho slitin, SNTL, Praha, 1961, a skriptá Hutnictví lehkých kovů, Tváření neželezných kovů a Teória tvárnenia, ktoré boli vydané na VŠT v Košiciach v rokoch 1965 až 1972. Väčšina z nich boli po desaťročia každodennými pomôckami mnohých inžinierov v praxi. Prof. Brzobohatý položil základy odboru tvárnenia kovov vo vedeckej, pedagogickej a realizačnej oblasti. Vychoval inžinierov a kandidátov technických vied v odbore tvárnenie kovov, ktorí aj dnes s úctou spomínajú na jeho neúnavnú vôľu objaviť nové horizonty poznania v odbore.

Prof. Brzobohatý v roku 1978 končí svoju tvorivú aktívnu kariéru a odchádza do dôchodku. Na pracovisku po ňom zostávajú trvalé spomienky v podobe jeho odborných prác, množstva zhromaždenej literatúry, ako aj odborných rád, ktoré poskytoval mladším učiteľom katedry, pracovníkom z priemyslu a študentom Hutníckej fakulty. Svoj život dožil v kruhu najbližších v Prahe.

V profesorovi Brzobohatom odišiel vedec a vysokoškolský pedagóg. Život prežil v peripetiách a zmenách takmer celého dramatického 20. storočia. Jeho osud bol zviazaný s rozporuplným sociálno-národnostným vývojom bývalého Československa. Predovšetkým však bol autentickým československým inžinierom trvale udržiavajúcim vysoký štandard svojej profesionálnej činnosti v oblasti metalurgie a tvárnenia neželezných kovov.

Miloval Moravu odkiaľ pochádzal, Slovensko obdivoval aj ako vášnivý vodák, lyžiar a turista. Slovensko mu veľa dalo, Slovensku veľa odovzdal ...

Čeť jeho pamiatke.

V mene vďačných žiakov

*prof. Ing. Karel Tomášek, CSc.*

*prof. Ing. Tibor Kvačkaj, CSc.*

*profesori Hutníckej fakulty TU v Košiciach*

## Nové zařízení sekundární metalurgie v Saarstahl

New secondary metallurgy complex goes into operation at Saarstahl. MPT International 2013, č. 2, s. 66

Německá firma Saarstahl Group ve Völklingenu se specializuje na výrobu drátu, tyčí a výkovků, vše ve špičkové kvalitě. Nyní uvedla do provozu nové zařízení pro sekundární metalurgii. Plánování a výstavba trvaly dva a půl roku. Zařízení je umístěno v hale vedle ocelářské haly. Zařízení obsahuje následující jednotky:

- dvě dvojité pánvové pece
- zařízení pro vakuové odplynění
- jednotka pro injektáž
- centrální sklad legur se 34 zásobníky
- vodní hospodářství
- odprašování

Při stavbě se dbalo na to, aby nepoškozovala životní prostředí. Kromě odprašení je řešeno odhlučnění tak, že hala má dvojité pláště, ve kterém je izolace o tloušťce 15 cm. Střešní otvory, chladicí věže a komín je opatřen absorberem hluku. Vodní pára vyrobená u konvertorů z odpadního tepla se využívá ve vakuových odplynovacích filtrech. Zpětná voda z chladicích věží pohání turbogenerátor.

Celkové investiční náklady činily 150 mil. Euro.

L J

# konference, výstavy, veletrhy



## HANNOVER MESSE 2013

Veletrh HANNOVER MESSE 2013, který se konal ve dnech 8.-12.4.2013 v Hannoveru, je spojením jedenácti předních veletrhů na jednom místě: Industrial Automation, Motion, Drive & Automation, Energy, Wind, MobiliTec, Digital Factory, ComVac, Industrial Supply, SurfaceTechnology, IndustrialGreenTec a Research & Technology. Hlavními tématy veletrhu HANNOVER MESSE 2013 byla průmyslová automatizace a IT, energetické technologie a technologie pro životní prostředí, technika pohonu a fluidní technika, průmyslové subdodávky, výrobní technologie a služby, výzkum a vývoj. Partnerskou zemí veletrhu HANNOVER MESSE 2013 bylo tentokrát Rusko.

### Automatizace a robotika

Robotizace je klíčovou technologií v rámci automatizace. Mezinárodní svaz robotizace (Der internationale Robotikverband IFR) odhaduje, že celosvětový odbyt průmyslových robotů bude v příštích třech letech stoupat každý rok asi o 5 % a v roce 2015 překročí jejich počet 200 000. Také servisní roboty jsou stále oblíbenější. Podle odhadů IFR jich bude mezi léty 2012 a 2015 prodáno asi 93 800 v celkové hodnotě 16,3 mld. USD.

Tomu odpovídalo i široké zastoupení robotů na vedoucím veletrhu Industrial Automation. Přední výrobci robotů a softwarové firmy jako KUKA, Stäubli, Epson, Kawasaki, Comau, Grenzebach, KEBA, IBG, SAMPAS a Schunk představily své nejnovější technologie.

GÜDEL Group AG jako přední výrobce průmyslové automatizace předvedl portfolio výrobní a automatizační techniky celé skupiny, mezi jiným integrovaná řešení robotizace pro automatizované procesy. I pro společnost KUKA se veletrh HANNOVER MESSE stává významnou přehlídkou. Wilfried Eberhardt, Executive Vice President Marketing & Associations společnosti KUKA Roboter GmbH, slibuje velké zastoupení koncernu, které má demonstrovat výkonnost všech oblastí podniku.

Představení ručně vedených robotů a inovační technologie a inovační technologie chapadel jsou témata, na která se soustřeďuje IBG Automation. Sem patří také využití 3D-kamerových technologií ve spojení s robotickými systémy. Také podnik Schunk, přední zástupce trhu s automatizací s těžišťem v chapadlové a upínací technice, se představil svými systémy.

Vedle výstavy výrobců robotizační a automatizačních systémů na demonstrační ploše Application Park, proběhlo fórum expertů „Forum Robotics, Automation & Vision“ s přednáškami o inovačních řešeních robotizace a doprovodnými „návštěvními hodinami pro roboty“, během kterých odborník ze společnosti Volkswagen Coaching konzultoval se zájemci problematiku automatizace s pomocí robotů různých výrobců.

### Bezobslužné dopravní systémy

V rámci výstavní oblasti „Mobile Roboter & Autonome Systeme“ byly představeny dopravní systémy bez řidiče (FTS). Využívají se všude tam, kde jsou lidé přetěžováni a ohroženi, například prachem, jedy, nebezpečným zářením nebo horkem. Na demonstrační ploše byly předvedeny mobilní robotizované dopravní systémy dodavatelů, jako např. KUKA, Bluebotics, Götting, Metralabs, Egemin und E & K. Mezi nimi Adept Technology představil nové mobilní platformy robotů Lynx, inteligentní dopravní systém bez řidiče s užitečnou nosností do 60 kg s možností využití v nemocnicích, farmaceutickém a automobilovém průmyslu a v logistice.

Společnost Götting KG představila novou bezpečnostní koncepci, která umožňuje jezdit vyššími rychlostmi při současné větší eliminaci nehod. Mimo to předvedla plně automatický tahač s návěsem, který operuje ve zpětném chodu s přesností  $\pm 1$  cm. Návštěvníci měli sami možnost dálkově ovládat jeden z největších traktorů a nakladačů na světě značky Liebherr s nosností 24 tun.

## Navazující obory

Veletrh **Motion, Drive & Automation** (MDA) představil pohony a fluidní techniku. S veletrhem Industrial Automation tvořil synergický celek. Produkty techniky pohonů a fluidní techniky jsou hlavními stavebními kameny výkonu moderních strojů a zařízení.

Rovněž souběžně probíhající veletrh **Wind** navazoval jak na MDA, tak na Industrial Automation. Zde se představily přední zástupci trhu celé oblasti větrné energie, pro které převody odebírají od výrobců pohonů. Komponenty pohonu pro výrobní techniku větrné energie patří ke špičkovým technologiím branže. Podle údajů svazu VDMA představuje pohon s převody a ložisky, generátory a transformátory, spojkami a brzdami, řídicí technikou a senzory celkem polovinu tvorby hodnot zařízení na výrobu větrné energie. Před více než rokem Veletržní správa Deutsche Messe AG a společnost Husumer Wirtschaftsgesellschaft mbH & Co. KG jako provozovatelé veletrhu Husum založily sdružení **Windallianz**, kterým chtěly vytvořit odvětvovou síť s mezinárodním dosahem. Partnery sdružení Windallianz jsou Spolkový svaz větrné energie (Bundesverband WindEnergie BWE), Fraunhoferův institut větrné energie a energetické systémové techniky (Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik) a společnost Offshore Wind Messe- und Veranstaltungen GmbH se sídlem v Brémách.

Technika pohonu a fluidní technika patří k nejdůležitějším dodavatelským odvětvím světového průmyslu investičních celků. Obě odvětví jsou velmi inovativní a dodávají inovační komponenty a systémy téměř všem oblastem průmyslových řetězců. Jak se tyto obory budou vyvíjet v roce 2013, závisí na vývoji u nejdůležitějších odběratelů, jako je Japonsko, Čína, USA a Itálie. Obecně se však předpokládá, že se rámcové podmínky od poloviny roku 2012 budou zlepšovat.

Energetická účinnost, udržitelnost a šetření zdrojů jsou v centru pozornosti výrobců a odrážejí se v jejich produktech a řešeních. Těmito tématy se zabývaly přednášky fóra MDA. Odborníci se zde ve svých referátech věnovali technice pohonů pro větrné elektrárny, těsnicí technice a systémům Condition-Monitoring (CMS) pro komponenty, systémy a tekutiny pro tlaková zařízení. Dalšími tématy byly lehké konstrukce ve fluidní technice a pohonech nebo konstrukce s využitím recyklace.

## Elektromobilita MobiliTec

Další synergie představuje blízkost k mezinárodnímu veletrhu hybridních a elektrických pohonů, mobilních zásobníků energie a alternativních technologií mobility **MobiliTec**. Pro zavedené výrobce průmyslových

elektrických pohonů se díky elektromobilitě otevírá slibné pole působnosti, s kterou je do příštích let spojený značný potenciál v každodenní mobilitě.

Stánek E-MOTIVE informoval o aktivitách společného výzkumu, který se věnuje elektrifikaci pohonů ve vozidlech. Fórum E-MOTIVE je meziodvětvová platforma technologií a znalostí o mobilitě, kterou zaštiťuje svaz VDMA. Sdružení pro výzkum techniky pohonu FVA (Forschungsvereinigung Antriebsstechnik) a spalovacích motorů FVV (Verbrennungskraftmaschinen) zastřešuje svaz VDMA. E-MOTIVE je proto přední iniciativou pro spolupráci podniků z automobilového průmyslu a výroby energie, strojírenství, výzkumných ústavů a vysokých škol.

Společnost Sensor-Technik Wiedemann se soustřeďuje na elektrifikaci mobilních pracovních strojů. Společně s několika partnery vyvinula systém powerMELA pro dieselelektrické hybridní pohony. Dieselový motor stroje pohání generátor napájený napětím 750 V. Zde lze napojit elektromotory, které přímo nebo přes redukční převodovku pohánějí kola. Toto řešení bylo už realizováno u sněžové rolby a u traktoru. Podnik na veletrhu MobiliTec představil v rámci řízení baterií také řešení pro kontrolu lithiovo-iontových akumulátorových článků.

Společnost Baumüller je rovněž partnerem projektu powerMELA a využívá know-how, které získala v průmyslové technice pohonu pro vývoj nových elektropohonů pro mobilní aplikace. Na veletrhu předvedl motor s kotoučovým rotorem, který může být díky své kompaktní stavbě umístěn přímo na náboji kola. Pohon se vyznačuje vysokým výkonem a hodí se mimo jiné také pro motorky, čluny a pracovní stroje s elektrickým pohonem.

150 PS a 256 km/h maximální rychlost – to jsou výkonové hodnoty motorky s elektrickým pohonem firmy Münch, která je vybavena pohonem společnosti Wittenstein AG. K technologiím, které k tomu vytvářejí předpoklady, patří extrémně účinná tepelná izolace pohonů, které dosahují v provozu teploty téměř 200 °C. Je třeba počítat s vysokou dynamikou a maximálním krouticím momentem, protože jinak by motorky s elektrickým pohonem týmu Münch Racing Team s pohony firmy Wittenstein nevyhrály při různých mezinárodních závodech.

Firma Ziehl-Abegg přenesla na silnice vynález zakladatele firmy Emila Ziehla z roku 1897 – motor s vnějším rotorem – jako hybridní pohon náboje kola „ZAwheel“ pro užitkové vozy. V Rotterdamu už jezdí autobusy, které využívají tento pohon a provozovatelé jsou zcela přesvědčeni o nové koncepci, která je kombinací pohonu náboje kola s malým spalovacím motorem jako „Range Extender“. Autobusy již absolvovaly více než 2 000 linkových jízd a jejich spotřeba ve srovnání s konvenčním dieselem pohonným pohonem znamená o 50 % nižší spotřebu pohonných

hmot. Důvodem je optimalizovaná rekuperace: až 25 % energie, kterou potřebuje autobus k pohonu, se získává jako zpětné napájení z průběhu brzdění.

Na techniku měničů mobilních pohonů se soustřeďuje společnost REFU Elektronik GmbH. Předvedla mimo jiné měniče, které byly vyvinuté speciálně pro diesellové pohony, ale i řídicí systémy baterií pro vozidla s elektrickým pohonem.

Společnost Kienle & Spiess GmbH vyvinula tlakového lití měděných roztoků na výrobu měděných rotorů pro elektrické pohony. Tato technologie je sice nákladná ve výrobě ale zajišťuje výrazně vyšší účinnost a to je vzhledem k omezenému výkonu baterií u mobilních elektropohonů konkurenční výhodou.

Další společnost z oboru elektromobility – Ziehl-Abegg vystavila svůj vývoj komponentů a systémů pro elektrické pohony

## Research & Technology 2013

Lesklé tapety a flexibilní obrazovky, alternativní fotovoltaika a novodobé baterie, tištěné spoje a senzory, inteligentní etikety nebo vstupenky – za těmito rozmanitými a inovativními aplikacemi se skrývá společný jmenovatel: **organická elektronika**. Životaschopnost tohoto ještě mladého oboru vychází z elektronických spojů s využitím polymerů a malých organických molekul založených na uhlíkových molekulách. Na veletrhu Research & Technology ukázaly vystavující podniky, výzkumné ústavy a ústavy vysokých škol na tematickém stánku Organic Electronics produkty určené pro trh a nové přístupy k uživatelským řešením. Široká škála témat zahrnovala Printed Electronics, světelné prvky (organické světelné diody – OLED), Micro-Oled-Displays, lesklé etikety/RFID, výrobu a ukládání energie, organickou fotovoltaiku.

Oproti anorganické elektronice na bázi křemíku jsou u organické elektroniky v popředí vodivé plasty. Mohou jednak absorbovat světlo a přeměňovat ho v elektrickou energii, takže jsou vhodné jako solární články. Na druhé straně za určitých podmínek rovněž vyzařují světlo, což umožňuje využití organických světelných diod. Potenciál elektroniky z umělé hmoty je obrovský. Odborníci odhadují, že obrat bude za 15 let dosahovat okolo 330 mld. USD.

Společnost Organic Electronics Saxony (OES) zorganizovala na téma organické elektroniky svůj tematický stánek. Organickou elektroniku lze instalovat téměř na všechno, tudíž na plastové i kovové fólie, na oblečení, náplasti i papír. Jedním z vedoucích pracovišť v organické elektronice je Institut für Angewandte Photophysik der Technischen Universität Dresden. Oblast Drážďan je považována za výspu organické elektroniky. V tomto oboru zde pracuje přes 1 000 inženýrů a vědců ve více než 40 podnicích a 17

vědeckých institucích. O významu oblasti Drážďan svědčí to, že už v r. 2008 zde byl založen klastr OES, který zastupuje zájmy předních evropských firem a výzkumných zařízení.

Oblast vyvolává tak velký zájem, protože přináší oproti anorganickým variantám řadu výhod. Mnoho organických sloučenin se vyznačuje intenzivní barevností obzvláště ve vzájemném působení se světlem. Proto se velmi dobře hodí pro světelné diody a solární články. Kromě toho se tyto materiály vyrábějí z ropy nebo rostlin a jsou prakticky téměř neomezeně k dispozici. Jejich výroba má nízké náklady, potřeba materiálu i energií při výrobě je u nich nízká. Protože je zapotřebí pouze malá tloušťka vrstvy o velikosti menší než 1  $\mu\text{m}$ , jsou součástí pružné a ohebné, podobně jako plastové fólie. Lze z nich mimo jiné vyrábět navíjené solární články. Organická elektronika však musí být zakrytá, aby byla chráněna před okolními vlivy, jako je vlhkost. To je realizovatelné například zatavením mezi dvě plastové fólie nebo zalitím ve sruženém skle.

## Surface Technology

Není podstatné, jestli procesy úpravy a zušlechťování povrchů probíhají automaticky nebo jsou prováděny manuálně. Stejně tak, jako hrají stále větší úlohu postupy šetrící energii a materiál, jsou stále ve větší míře kladeny náročné požadavky na kvalitu, hospodárnost a šetrnost k životnímu prostředí. Těmto poznatkům se věnoval **Praktický park** – Kompetenční centrum pro povrchovou techniku. Praktický park byl místem, kde bylo možno sledovat v oboru povrchové úpravy od materiálů na úpravu povrchů až po obrobky se završenou povrchovou úpravou. Prezentovány byly příklady z oblasti plánování a realizace, aplikace a čištění odpadního vzduchu, předúpravy a odstraňování laku, tryskací techniky a vysoušení.

Firma Keller Lufttechnik představila v rámci úspory zdrojů obnovitelný systém separace za sucha Reclaim, který zaručuje spolehlivou separaci lakovaných povrchů s efektivním vynaložením nákladů a využíváním energie. Postup separace je vhodný jak pro laky na bázi ředidla, tak pro laky na bázi vody, jakož i pro lepkavé aerosoly. Filtrační prvky se regenerují on-line během provozu. Proces je tak výkonný, že až 95 % vyčištěného vzduchu může být přiváděno zpět do lakovací kabiny. K vázání barevných částic na povrchu filtru se používá běžná vápencová moučka, která je obsažená v nejrůznějších pojivech. Postup Reclaim nabízí v porovnání s dosud běžnými separacemi za mokra značné výhody: Náklady na vytápění jsou až o 80 % nižší, spotřeba elektrického proudu je nižší až o 50 %.

Firma Afotek představila plně automatizované zařízení na práškové lakování ve velikosti pokoje, které je vybaveno novým shuttle-systémem (ASS). Vyvinula

inovační dopravní koncepci pro logistiku nosičů zboží, která nabízí hned z několika hledisek maximální flexibilitu. Díky mod ulární a kompaktní konstrukci lze systém ASS přizpůsobit prakticky všem prostorovým podmínkám a kdykoliv podle potřeby rozšířit nebo upravit. V provozu systém Shuttle poskytuje zcela nové možnosti logistiky nosičů zboží: Dosud běžný nekonečný je v systému ASS rozdělen na individuálně řízené dopravní uzly, které se mohou pohybovat požadovaným směrem, a to na sobě nezávisle, s přesností pozic a různou rychlostí. Systém ASS pracuje čistě a bezúdržbově, čímž mohou být sníženy provozní náklady.

Firma Hellmann-Hygrex, která vyrábí inovační **vysoušecí zařízení** pro různé využití, jako například vysoušení lakovaných povrchů, vystavovala liskovou sušárnu HWT 5000. Sušárna je vybavena pětikanálovým bodovým tryskovým systémem, který je

vhodný pro velké délky vrhu s vysokou rychlostí proudění vzduchu s intenzivní plošnou aerací. Lisková sušárna je vybavena speciální řídicí jednotkou a dotykovou obrazovkou. Má celkem je 6 možností naprogramování. Po uvedení do provozu systém provádí 3 naprogramované kroky: Nejprve se provádí vysoušení s odvlhčeným vzduchem podle nastavitelné teploty, vlhkosti vzduchu, rychlosti trysek a času. Potom navazuje dodatečné ohřívání s nastavitelnou teplotou do 80 °C, nastavení rychlosti trysek a času. V posledním kroku se ochlazuje cirkulující vzduch. Oproti konvenčním sušárnám mají tyto systémy až 85% energetickou účinnost.

*red.*

*(podle zdroje: Eva Václavíková, tisk. zpráva, zastoupení Deutsche Messe v ČR, Myslbekova 7, 169 00 Praha)*

## Mezinárodní odborné akce v roce 2013 a 2014

Termín	Místo	Název	Bližší informace
4. - 5. 7. 2013	Marseille, Francie	Traitement des Materiaoux et des Surfaces	www.a3ts-congres.fr
24.- 27. 8. 2013	Shanghai	Metalform China	www.china-metalform.com
4. - 6. 9. 2013	NanNing Guangxi, Čína	Coking technology and coke market congress	www.coce-china.com
16.-20. 10. 2013	Paříž, Francie	EQUIP AUTO	www.equipauto.com
6. - 8. 11. 2013	Incheon, Jižní Korea	Thermo-Process Expo a Metal+Metallurgy Expo	www.thermoprocess.com
6. - 9. 11. 2013	Fatigue Design, Francie	Senlis	www.cetim.fr
12. - 15. 11. 2013	Jönköping, Švédsko	ELMIA SUBCONTRACTOR	www.elmia.se
22. 11.-1.12.2013	Tokyo, Japonsko	43 <sup>rd</sup> Tokyo Motor Show 2013	www.tokyo-motorshow.com
29. 6. - 4. 7. 2014	Berlín, Německo	21 <sup>st</sup> International Forging Congress	www.ifc2014.org
29. 9.-3. 10. 2014	Japonsko	19 <sup>th</sup> International Forgemasters Meeting	www.ifm2014.com

# hutnictví ve světě



Evropská agentura pro  
bezpečnost a ochranu  
zdraví při práci



## Deset evropských společností oceněno za své inovativní přínosy v oblasti prevence rizik na pracovišti

Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (EU-OSHA) uspořádala 11. ročník soutěže Ceny za správnou praxi, kterého se zúčastnilo několik stovek společností všech velikostí z 29 zemí v EU i mimo EU. V letošním roce agentura EU-OSHA ocenila nejlepší příklady spolupráce manažerů a zaměstnanců při prevenci rizik.

Agentura EU-OSHA oznámila deset vítězů během evropské konference „Malé podniky a bezpečnost a ochrana zdraví na pracovišti: výzva a příležitost“, kterou jen jeden den po Světovém dni bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (28.4.2013) uspořádalo v Dublinu irské předsednictví Evropské unie. Tentokrát agentura EU-OSHA poprvé udělila společná ocenění manažerům i zaměstnancům. Tento přístup je v souladu s probíhající kampaní Zdravé pracoviště na téma „Partnerství při prevenci rizik“.

Od vítězů tohoto ročníku se očekávalo, že budou prokazovat silné vedení na úrovni managementu a zároveň aktivní účast pracovníků v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví. Vítězné organizace zastupují nejrůznější odvětví. Slavnostní udílení cen bylo pro vítěze příležitostí vyměnit si správné postupy. Měli možnost dozvědět se víc například o metodách snižování počtu úrazů při výrobě automobilů v Turecku, způsobech zlepšení pohody zaměstnanců v technologické společnosti ve Finsku nebo o metodách, jakými irští pracovníci v mlékárenství identifikovali rizika ve svém odvětví a jak tyto rizika vyřešili.

Během akce agentura EU-OSHA udělila ocenění také dalším deseti společnostem. Nová brožura publikovaná k této příležitosti ukazuje všechny iniciativy správné praxe, které vítězné a oceněné společnosti zavedly.

### Vítězné společnosti a organizace:

**VOESTALPINE Rotec Group (Rakousko)** za stanovení normy v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví v různých zemích; **Atlantica Leisure Group Ltd (Kypr)** za minimalizaci úrazů v odvětví hotelových služeb; **Rigshospitalet (Dánsko)** za zlepšování pracovního prostředí ve velké nemocnici; **Oy SKF Ab, Muurame factory (Finsko)** za zlepšování pohody zaměstnanců v technologické společnosti; **ArbeitsschutzPartnerschaft Hamburg (Německo)** za nalezení řešení v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví pro společnosti v Hamburku; **West Offaly Dairy Discussion Group (Irsko)** za snižování rizik na mléčných farmách; **Wehkamp.nl/Gezond Transport/EVO (Nizozemsko)** za zvyšování povědomí o bezpečnosti mezi řidiči vysokozdvíhových vozíků; **SONAE (Portugalsko)** za zapojení zaměstnanců a manažerů do prevence rizik v maloobchodní skupině; **PROTÓN ELECTRÓNICA SLU (Španělsko)** za vypracování modelu prevence rizik pro malé společnosti; **Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş (Turecko)** za snižování počtu úrazů ve výrobě automobilů.

### Oceněné společnosti a organizace:

**MAHLE Filtersysteme Austria GmbH (Rakousko)** za povzbuzování pracovníků k oznamování problémů v oblasti bezpečnosti; **Lujatalo Oy (Finsko)** za snižování fyzického stresu ve stavebnictví; **Armor SA (Francie)** za začleňování problematiky bezpečnosti a ochrany zdraví do podnikové strategie; **Hellenic Petroleum SA (Řecko)** za vytvoření kultury bezpečnosti v ropných rafineriích; **Construction Safety Partnership (Irsko)** za zlepšení bezpečnostních standardů na staveništích; **GE Healthcare Norway AS (Norsko)** za zajištění toho, aby bezpečnost a ochrana zdraví byly pro zaměstnance a vedoucí pracovníky prioritou; **CEMEX Polska (Polsko)** za vůdčí řídicí schopnosti pro dosažení prevence úrazů; **U.S. Steel Košice, s.r.o. (Slovensko)** za efektivní hlášení bezpečnostních problémů v ocelárně; **Ascom d.o.o. (Slovinsko)** za snižování muskuloskeletálních problémů ve zpracovatelském průmyslu; **Step Change in Safety (Velká Británie)** za zlepšování účasti pracovních sil v příbřežní těžbě ropy a zemního plynu.

## Siemens dodává trať na profily a kolejnice do Kazachstánu

<http://www.steel-grips.com/index.php/en/articles/46-pr/85-supply-rail-and-section-mill-to-kazakhstan.html>

Firma Siemens Metals Technologies obdržela od firmy Aktobe Rail and Section Works LLP v Kazachstanu objednávku na dodávku válcovací tratě na profily a kolejnice s roční výrobou 430 000 t. Z toho bude asi 200 000 t kolejnic v délkách až 120 m a 230 000 t úhelníků, U profilů a I profilů. Výstavbu podporuje Kazašská železniční společnost Temir Žoly JSC. Půjde o první válcovnu kolejnic v Kazachstánu. Počítá se i s dodávkami kolejnic do dalších postsovětských republik. V zájmu dosažení vysoké přípustné kontaktní únavy a dobré odolnosti proti opotřebení bude trať vybavena systémem Injector Dual-phase Rail Hardening (Idrha). Trať by měla začít válcovat v druhé polovině roku 2014.

Výchozí materiál se bude ohřívat v krokové peci o výkonu 80 t/hod. Pro předválcování bude sloužit vratná blokovna s průměrem válců 1050 mm, za ní bude následovat vratné pořadí se třemi univerzálními stolicemi. Dále následuje chladicí lože dlouhé 120 m, horizontální a vertikální rovnačka a svazkový zařazení. Součástí tratě je i zařízení pro zkoušení ultrazvukem a vířivými proudy. Trať bude vybavena automatizací na současné úrovni. K vybavení závodu bude patřit i zkušební laboratoř a soustružna válců.

L J

## Modernizace tratí firmy BHG na dlouhé vývalky v Německu a Polsku

<http://www.steel-grips.com/index.php/en/articles/46-pr/78-siemens-modernizes-bgh-long-rolling-mills-in-germany-and-poland.html>

Firma BGH Edelstahlwerke GmbH vybavila své dvě válcovny dlouhých vývalků novými pohony a automatizací. Jedná se o drátovnu BGH Edelstahl Freital GmbH a válcovnu ploché oceli v Katovicích. Nové zařízení dodala firma Siemens Metals Technologies. Realizace každého projektu trvala 12 měsíců, odstávka tratě však v každém z obou případů činila pouze 3 týdny.

Firma BGH Edelstahlwerke GmbH má ocelárnu střední velikosti ve Freitalu v Sasku. Sdružuje sedm závodů v Německu a Polsku.

Elektroocelárna ve Freitalu vyrábí kontisličky a ingoty. Je zde i blokovna a již zmíněná drátovna vybavená chlazením svítku v rozvolněných smyčkách.

Trať BGH v Katovicích je tvořena dvěma vratnými stolicemi duo, 5stolicovým pořadím a 16stolicovým spojitým blokem. Má i úsek tepelného zpracování a úpravny. Válcují se zde vývalky čtvercového průřezu i ploché vývalky. Válcovací rozsah je od 15 x 15 mm do

250 x 70 mm. Tuto trať dodala firma VOEST Alpine v r. 1998.

L J

## Spotřeba vanadu roste

<http://www.steel-grips.com/index.php/en/articles/46-pr/77-future-vanadium-consumption-dependent-on-chinese-high-strength-construction-steel.html>

Spotřeba vanadu dosáhla v roce 2012 vrcholu, a to 78 000 t, a v budoucnu se počítá s dalším růstem. Více jak 90 % vyrobeného vanadu odebírají hutě ve formě ferovanadu a používají ho k legování konstrukčních ocelí. Hlavním spotřebitelem vanadu je Čína. V r. 2006 spotřebovala 20 % vyrobeného vanadu, v r. 2012 to bylo již 34 %. V Číně se přitom přechází na pevnější oceli s vyšším obsahem vanadu, proto se počítá s dalším růstem jeho spotřeby.

Čína je ovšem i hlavním výrobcem vanadu. Jsou zde i dva hlavní světoví výrobci vanadu a to firma Pangang Group Steel Vanadium and Titanium v provincii Sichuan a firma Chengde XinXin Vanadium & Titanium Co v provincii Hebei. Vznikají i další výrobci. Firma Atlantic Ltd, která těží surovinu v lokalitě Windimurra v Australii, zahájila výrobu v roce 2012 a letos má najet na plný provoz. V roce 2014 zahajuje firma Largo Resources Ltd. těžbu ložiska Maracás v Brazílii. Zdá se, že i v budoucnu bude zajištěno potřebné množství vanadu. Nemělo by tedy docházet k tak výraznému kolísání cen, jako tomu bylo v minulých letech. Někteří pozorovatelé však optimismus nesdílejí a obávají se dalšího kolísání cen.

L J

## Úpravna svařovaných trubek

*TenarisConfab orders tube processing equipment. MPT International 2013, č. 2, s. 10*

Brazílská firma Confab S. A. objednala pro závod na výrobu svařovaných trubek v Pindamonhangaba nedaleko Sao Pula mechanické rozšiřovací zařízení s nově vyvinutou rovnačkou, které dodá německá firma SMS Meer. Zařízení označované jako AGT (Advanced Geometry Technology) umožňuje přesnou kalibraci a rovnání podélně svařovaných trubek s velkou tloušťkou stěny na jednom stroji. Takovéto trubky se používají pro těžbu roby z mořského dna. Zařízení by mělo být uvedeno do provozu v první polovině roku 2013.

L J

## Objednávka svařovny trub

*CSI orders tube welding line. MPT International 2013, č. 2, s. 11 a 12*

Americká firma California Steel Industry (CSI) objednala u německé firmy SMS Meer dodávku vysokofrekvenční svařovny trubek o průměru 24" (609,6 mm) a délce 24 m. Budou se na ní svařovat trubky rychlostí 35 m/min. Linka bude vybavena středofrekvenčním zařízením pro žhání svaru. Svar se žhává ihned po svaření. Linka bude uvedena do provozu v r. 2014.

L J

## Automatizace tratě pro válcování za studena

*Cold mill to be equipped with thickness control system. MPT International 2013, č. 2, s. 12*

Čínská společnost Nonferrous Metals Processing Technology (NMPT) objednala u firmy Fata Hunter pro svoji válcovnu za studena budovanou ve Venezuele automatický systém regulace tloušťky a rovinnosti pásu. Systém bude tvořit automatická regulace tloušťky (Automatic Gauge Control – AGC), automatická regulace rovinnosti (Automatic Flatness Control – AFC), kompenzace excentricity válců (Roll Eccentricity Compensation – REC), systém měření rovinnosti se 34 zónami a blok chladicích trysek. Celému systému je nadřazena vyšší úroveň, na níž se bude vypočítávat plán úběrů, provádět sběr dat o chodu tratě a o průběhu procesu válcování.

L J

## Nová oblouková pec pro Egypt

*El Marakby Steel to build its first EAF. MPT International 2013, č. 2, s. 12*

Egyptská společnost El Marakby Steel objednala u firmy SMS Concast dodávku elektrické obloukové pece pro závod v Gize. Bude to první elektrická pec, kterou bude tato firma provozovat. Pec bude mít výrobnost oceli 350 000 t/r a budou se odlévat kontisličky 130 x 130 mm pro válcovnu betonářské oceli. Válcovací trať bude mít výrobnost 240 000 t/r. Zbylá ocel se bude dodávat na trh. Šrot používaný jako výchozí surovina se bude dovážet z Evropy a z USA. Pec by měla začít vyrábět koncem r. 2013.

L J

## Nová válcovna nerez oceli v Číně

*FuJian WuHang to build new stainless rolling mill. MPT International 2013, č. 2, s. 12 a 13*

Čínská firma Fujian WuHang objednala u německé firmy SMS Meer trať pro válcování nerezavějící oceli. Bude se na ní válcovat drát a ocel kruhového průřezu ve svitcích. Hlavním výrobním zařízením bude tříválcový blok PSM

(Precision Sizing Mill) s hydraulickým stavěním válců do tlaku. Na něm se budou v jedné žíle válcovat provalky o průměru 13 – 38 mm. Dále následuje blok pro válcování drátu, který využívá technologii MEERdrive. Hlavním znakem je, že každá stolice má individuální pohon. Na tomto pořadí se válcuje drát o průměru 5 – 20 mm. Součástí dodávky je i zařízení pro transport svitků, které má několik cest, jednu pro supermartenzitické oceli, druhou pro feritické a austenitické oceli. Trať by měla být uvedena do provozu ve druhém kvartále 2013.

L J

## Rozšíření hutě v Indonésii

*Gunun places cokemaking, sinter plant and BF equipment order. MPT International 2013, č. 2, s. 14*

Indonéská huť PT Gunung Raja Paksi patří koncernu Gunung Steel Group rozšiřuje svoje výrobní kapacity, aby se stala nejvýznamnějším výrobcem oceli v Indonésii. V rámci těchto aktivit objednala u německé firmy Paul Wurth koksovnu, aglomeraci a vysokou pec. Zařízení bude instalováno v městě Cibitung v oblasti Cikarang Barat na západní Javě.

Nová vysoká pec bude mít objem 2 251 m<sup>3</sup> a výrobnost 2 mil. t surového železa za rok. Součástí dodávky je i mokrá čistírna a granulace strusky systémem INBA a systém automatizace. Pec by měla začít pracovat v dubnu 2015. Ve stejné době by měla začít pracovat i aglomerace, která bude mít výrobnost 2 400 000 t/r. Koksárenská baterie bude mít 66 komor vysokých 5,5 m. Její výrobnost bude 755 000 t koku za rok. Součástí dodávky je i uhelná služba a chemie. Koksovna by měla jít do provozu koncem r. 2015.

L J

## Výstavba pece na feronikl v Jižní Koreji

*Posco SNNC to built new SAF. MPT International 2013, č. 2, s. 17*

Výrobce feroniklu Posco SNNC objednal u firmy SMS Siemag dodávku obloukové pece s šesti elektrodami. Pec bude postavena v Gwangyang, kde má zvýšit roční výrobu z 30 000 na 54 000 t niklu. Posco SNNC (Société du Nickel de Nouvelle-Calédonie et Corée Pty. Ltd.) je společný podnik Posco a těžařské společnosti SMSP (Société Minière du Sud Pacifique S. A.), která sídlí v Nové Kaledonii. Odtud se bude vozit niklová ruda do Gwangyang, kde se z ní vyrobí feronikl. Příkon pece bude 140 MVA při nominálním výkonu 100 MW. Pec bude mít obdélníkový půdorys 40 x 15 m. Držáky elektrod vyvinula SMS Siemag speciálně pro obdélníkovou pec FeNi. Pec by měla začít pracovat koncem roku 2014.

L J

## Odprášení aglomerace v Holandsku

*Tata Steel brings forward bag filter installation. MPT International 2013, č. 2, s. 18*

Firma Tata Steel dokončuje odprášení aglomerace v IJmuden. Zařízení má dvě části. Jedna zachycuje prach pomocí pytlových filtrů o ploše 45 000 m<sup>2</sup>, druhá zachycuje plyny. Očekává se, že sníží úlet jemných částí, těžkých kovů a oxidu uhličitého nejméně o 75 %. Mělo by jít do provozu koncem roku 2013.

L J

## Výstavba válcovny hliníku v Polsku

*Eurometal to build aluminium rolling mill. MPT International 2013, č. 2, s. 18*

Firma Eurometal SA, Stalowa Wola staví válcovnu hliníkových pásů za studena. Buduje se na zelené louce v blízkosti Kleszczowa. Délka těla válců nové válcovny bude 2 m. Kromě válcovací stolice se nainstaluje i napínací zařízení a leštička povrchu, která používá minimální množství chemikálií. Bude se zde válcovat široký sortiment od folií až po plechy na obaly.

L J

## Odprášení výroby pelet ve Švédsku

*LKAB to install new gas cleaning system on pelet plant. MPT International 2013, č. 2, s. 19*

Švédská firma LKAB objednala u firmy Outotec dodávku zařízení pro odprášení výroby pelet v Malmbergetu, která byla postavena v r. 2006. V čistírně se bude odstraňovat oxid siřičitý, fluoridy, chloridy a prach tak, aby se jejich obsah snížil na úroveň, která bude odpovídat zpřísněným normám Evropské unie, které vstoupí v platnost v r. 2016. Zařízení bude dáno do provozu v r. 2014.

L J

## Prodej rumunských hutí

*Mechel disposes its Romanian steel assets. MPT International 2013, č. 2, s. 19 a 20*

Firma Mechel podepsala řadu smluv, kterými převádí své rumunské hutě Ductil Steel Mechel, Campia Turzil S. A., Mechel Targoviste S. A., Mechel East Europe Metallurgical Division SRL a Laminorul S. A. soukromé rumunské firmě Romania's Invest Nikarom SRL. Výroba v těchto hutích byla zastavena koncem roku 2012. Býly však zakonzervovány tak, aby se výroba mohla opět rozběhnout.

L J

## ArcelorMittal Liege pokračuje v uzavírání výrobních kapacit

*ArcelorMittal Liege to permanently close further assets. MPT International 2013, č. 2, s. 20*

V říjnu 2011 společnost ArcelorMittal Liege oznámila svůj záměr postupně omezovat aktivity v tekuté fázi, poněvadž v severní Evropě jsou tyto úseky předimenzované. Bylo zřejmé, že společnost se chce soustředit na provoz svých pěti hlavních výrobních linek a sedmi pružných linek. Jelikož se ekonomický výhled dále zhoršuje a za prvních devět měsíců loňského roku byl zisk před zdaněním záporný v absolutní hodnotě přesahující 200 mil. Euro a ani do budoucnosti se neukazovalo významné zlepšení, společnost se rozhodla uzavřít šest pružných linek. Jde o teplou širokopásovou trať v Chartal, jednu ze dvou válcoven za studena v Tileur, dvě linky žárového pokovení ve Flémale a dvě linky pro galvanické pokovení v Marchin. Linka na organické povlaky č. 2 v Combiline bude sloužit pouze jako rezerva. Rovněž se rozhodlo, že dočasné odstavení koksovny se přemění na trvalé.

L J

## Tata Steel obnovil provoz vysoké pece v Port Talbot

*Tata Steel restarts Port Talbot blast Furnace. MPT International 2013, č. 2, s. 48*

Firma Tata Steel má hlavní výrobní závody v Británii a v Nizozemí a představuje druhého největšího výrobce oceli v Evropě. Vysoká pec č. 4 v Port Talbot ve Walesu byla v červenci 2012 odstavena a byla zahájena přestavba, jejímž cílem je zavedení nejmodernějších technologií, snížení spotřeby energie, zvýšení účinnosti, zmenšení škodlivých účinků na životní prostředí, zlepšení bezpečnosti a zvýšení výrobnosti. Pec již byla opět zapálena a dodává kvalitní surové železo do ocelárny. Náklady na rekonstrukci činily 185 mil. Lb.

V ocelárně Port Talbot bylo nedávno dokončeno zařízení, které zužitkovává odpadní teplo pro výrobu elektrické energie. Zařízení má výkon 10 MW. Rozběhnutí nové pece umožnilo spustit i druhou širokopásovou trať v jižním Walesu.

L J

## Nano-hutě jsou nízkonákladovým řešením zásobování ocelí

*KLEIN, T., WILHEIM, U.: Nano mill technology – an extra-low capex solution for local steel supply. MPT International 2013, č. 2, s. 68 – 71*

Na světě je mnoho oblastí, kde je poptávka po tyčové oceli a zároveň jejich investiční možnosti, zdroje elektrického proudu nebo jiné zdroje jsou velmi omezené. Z těchto důvodů připravila firma Danieli koncepci nanohutě. Vychází se ze šrotu nebo z místní železné rudy, které se zpracovávají vysoce efektivním postupem s minimální přepravou. Jsou vypracována řešení nanohutí

různé velikosti s roční výrobou 100 až 300 kt ve formě sochorů nebo vývalků. Pro každou vybranou velikost je možné volit jednu ze čtyř možných technologií, které využívají následující zařízení:

- elektrická oblouková pec zpracovávající šrot, za níž následuje pánvová pec, plynulé lití sochorů a válcovna
- indukční pec zpracovávající šrot, za níž následuje míchací stanice s dmýcháním kyslíku spodem, stahování strusky, pánvová pec, plynulé lití sochorů a válcovna
- miniaturní vysoká pec zpracovávající rudu a dřevěné uhlí, aktivní mísič, kyslíkový konvertor, pánvová pec, plynulé odlévání sochorů a válcovna
- miniaturní vysoká pec zpracovávající rudu a dřevěné uhlí, aktivní mísič, elektrická oblouková pec, pánvová pec, plynulé odlévání sochorů a válcovna

Používané zařízení plynulého odlévání pracuje s jedním nebo se dvěma proudy v závislosti na požadované výrobě. Pokud se použije varianta s malou dřevuhelnou vysokou pecí, je možné část surového železa odebírat například pro slévárnu. Každá z variant využívá zařízení pro čištění plynů. Nedílnou součástí je i vodní hospodářství a další zařízení. Pokud se použije technologie s obloukovou pecí, jsou k dispozici pece různých velikostí od 5 do 35 t. Všechny mohou být v provedení na střídavý nebo stejnosměrný proud. Indukční pec přichází v úvahu v oblastech s nedostatkem elektrické energie, kde se budou vyrábět pruty do betonu. Tyto pece lze postavit i v oblastech, kde není k dispozici elektrická energie. V tomto případě se instaluje diesel generátor, který bude napájet celou nanohut.

Vysoká pec typu mini je velmi pružné a konkurenceschopné zařízení vhodné pro výrobu 65 až 300 kt surového železa za rok. Umožňuje zpracovávat 100 % kusové rudy i různé směsi rudy, aglomerátu a pelet. Jako redukční prostředek může využívat ekologicky výhodné dřevěné uhlí nebo koks.

Zařízení plynulého odlévání je jednoproudé nebo dvouproudé. Odlévají se sochorů o průřezu 100 x 100 až 160 x 160 mm. Licí proud je zakřivený s poloměrem 7 m.

Pro nanohutě je k dispozici několik řešení válcovacích tratí v závislosti na výkonu. Pro menší výkony se počítá s vratnými stolicemi, pro větší se spojitým pořadím. V každém případě bude možné

válcovat drát a tyče o průměru 8 až 40 mm, jakož i vývalky jiných průřezů.

Počítá se s tím, že nanohutě budou zpracovávat šrot posbíraný v okruhu 300 km a ve stejném okruhu budou zásobovat stavebnictví a případně i další odvětví využívající ocel. Užitečnost konceptu nanohutí potvrzuje skutečnost, že firma Danieli již obdržela první objednávky z Afriky, Asie a Středního východu.

L J

#### Modernizace chlazení konvertorových plynů

*TKS Europe to modernize converter cooling stacks. MPT International 2013, č. 2, s. 17*

Německá firma ThyssenKrupp Steel Europe objednala u firmy Oschatz modernizaci chlazení konvertorových plynů u konvertoru č. 1 v ocelárně Duisburg-Brukhhausen. Plyny o teplotě 1650 °C odcházející z konvertoru se ochlazují v odparném výměníku na teplotu 500 až 600 °C. Přitom vzniká až 240 t páry za hodinu, která se může využít v technologickém procesu nebo k vytápění. Rekonstrukce již byla zahájena. Výměník se vyrábí v Turecku.

L J

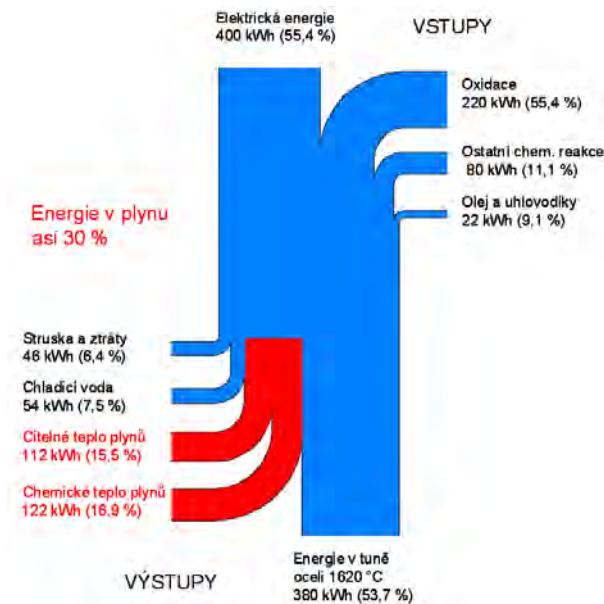
#### Možnosti a obtíže využívání odpadního tepla v elektroocelárnách

*BORN, C., GRANDERATH, R.: Potential and difficulties of heat recovery in steel plants. MPT International 2013, č. 2, s. 50 – 60*

Pokud se mluví o využití odpadního tepla u elektrických obloukových pecí, pak jde o teplo odcházejících plynů, jak vyplývá z obr. 1. Ještě by bylo možné uvažovat o využívání tepla v chladicí vodě.

V případě výroby nerezavějící oceli v obloukové peci o objemu 150 t vstoupí do oceli 722 kWh na tunu tekuté oceli a to z 55,4 % jako elektrická energie a zbytek je teplo uvolněné při oxidaci a jiných chemických reakcích. Stejně množství energie z procesu vystupuje a to z 53,7 % ve formě tepla v tekuté oceli a zbytek představuje z velké části energii v unikajícím plynu.

U pecí typu Consteel, které pracují s předeřhřátým šrotem, odchází v plynu asi o 45 % méně energie. Naproti tomu při zpracování železa vyrobeného přímou redukcí odchází v plynu asi o 20 % energie více. Bilance závisí také na velikosti pece. U menších pecí jsou ztráty poněkud větší.



Obr. 1 Diagram energetické bilance elektrické obloukové pece při tavení nerezavějící oceli v peci o objemu 150 t

Prvým významným počinem v oblasti využívání odpadního tepla u obloukových pecí byla instalace

v německé huti Georgsmarienhütte v roce 2009. Šlo o systém označený iRecovery, který dodala firma Tenova. Používá výměník, který má dvě části. Prvá je radiční, v níž se plyn ochladí přibližně na 600 °C. Druhá část je trubkový výměník, v něm se plyn ochlazuje na 180 – 250 °C. Vyrábí se zde pára, která se využívá k technologickým účelům.

Běžně se odcházející plyny z obloukové pece zřehdují vzduchem, čímž se ochlazují a mohou pak vstoupit do filtrů. Při užití systému iRecovery se množství přisávaného vzduchu reguluje a kontroluje se obsah kyslíku ve směsi.

Nedostatkem je, že množství produkované páry v ocelárně s jednou obloukovou pecí kolísá ve značném rozmezí. Následkem toho není možné vyrobenou páru využívat k výrobě elektrické energie, což by bylo jinak velmi vhodné. Pokud bychom přesto chtěli vyrábět elektrickou energii, museli bychom mít k dispozici hořáky, které by zajišťovaly výrobu páry v časových úsecích, kdy z pece odchází malé množství plynu, případně by bylo nutné hledat jiné řešení.

U elektrické obloukové pece lze počítat s tím, že odcházející plyny mají energii 180 až 220 kWh na tunu tekuté oceli. Z této energie lze využít 50 až 85 %. Další nevýhodou je cyklický provoz, který má za následek periodický průběh odcházejícího množství plynu.

L J

## Oblouková pec typu Conarc s využitím odpadního tepla pro Čínu

*First Conarc EAF with heat recovery system for China. MPT International 2013, č. 2, s. 62 a 63*

Čínská skupina Tailyuan Iron & Steel postaví prvou elektrickou obloukovou pec typu Conarc v Číně. Objednala u firmy SMS Siemag zařízení CONARC o objemu 80 t se dvěma nádobami a dvoustupňovým řídicím systémem, držáky elektrod, hořák SIS a injektorovým systémem a hlavními díly kyslíkové trysky. Dále budou dodány dvě pánvové pece, každá se dvěma nádobami a tříproudé zařízení plynulého odlévání typu jumbo pro kruhové slítky o průměru 390 až 800 mm.

Bude vybaveno elektromagnetickým mícháním v kokile i v proudu, ohřevem licího proudu a systémem jemné dynamické redukce pro dosažení špičkové kvality slítku. Vyrobené slítky se budou mimo jiné používat pro výrobu kol pro rychlovlaky.

Zařízení Conarc bylo vyvinuto firmou SMS Siemag a kombinuje přednosti obloukové pece a konvertoru. Provádí se na jednom zařízení se dvěma stejnými nádobami. V každé z těchto nádob se střídavě používá kyslíková tryska a elektrody. To umožňuje zpracovávat šrot, surové železo a železo vyrobené přímou redukcí případně směs těchto komponent v různém poměru. Tak je možné pružně reagovat na okamžité ceny vstupních materiálů. Díky možnosti přechodu ze zkujňování proudem kyslíku na ohřev elektrodami se významně ušetří elektrická energie. Pece jsou vybaveny i injektáží uhlíku a stanicí pro čištění plynu.

Plyn odcházející z obloukové pece je veden přes výměník. Zde se ochladí a zároveň se vyrábí pára, která se využívá v huti. Bude se generovat 60 t páry za hodinu, což významně přispěje ke zlepšení energetické bilance huti.

Nové zařízení by mělo být uvedeno do provozu v březnu 2014. Bude to znamenat především vyšší jakost vyráběné oceli, dosáhne se však i vyššího využití materiálu a sníží se zpracovací náklady.

L J

## Statistika výroby oceli v uplynulých čtyřech letech

[http://www.jisf.or.jp/en/statistics/MainCountries/documents/WorldCrudeSteelProduction\\_s\\_1302.xls](http://www.jisf.or.jp/en/statistics/MainCountries/documents/WorldCrudeSteelProduction_s_1302.xls)

Výroba oceli je jedním z významných statistických ukazatelů situace v průmyslu. Jelikož již byly zveřejněny statistické výsledky roku 2012, podívejme se, jak pokračuje vývoj. Tab. 1 udává celkovou výrobu ve světě.

Tab. 1 Světová výroba oceli v posledních letech

rok	výroba oceli (kt)
2009	1 235 827
2010	1 431 661
2011	1 536 225
2012	1 547 702

Tab. 2 Výroba oceli u hlavních světových výrobců

rok	Čína	Japonsko	USA	Rusko	Indie	Korea	Turecko	Brazílie	Ukrajina
2009	573 567	87 534	59 384	60 011	63 527	48 526	25 304	26 506	29 855
2010	627 506	109 599	80 495	66 942	68 976	58 363	29 143	32 948	33 432
2011	694 812	107 601	86 397	68 852	73 471	68 519	34 107	35 220	35 332
2012	716 542	107 232	88 695	70 426	77 561	69 073	35 885	34 682	32 975

Tab. 3 Výroba oceli v hlavních zemích EU

rok	Německo	Itálie	Francie	Španělsko	V. Britanie	Polsko	Rakousko	Belgie	Nizozemí	ČR	EU 27
2009	32 670	19 848	12 840	14 358	10 079	7 128	5 662	5 635	5 194	4 594	139 336
2010	43 830	25 750	15 414	16 343	9 709	7 993	7 206	7 973	6 651	5 180	172 777
2011	44 284	28 735	15 780	15 504	9 478	8 801	7 474	8 026	6 937	5 583	177 652
2012	42 661	27 228	15 609	13 639	9 579	8 366	7 421	7 301	6 879	5 072	168 977

I nadále zaznamenává největší růst Čína, Indie, Turecko a Brazílie. Podíl Evropských zemí na světové výrobě oceli stále klesá.

L J



Na kopci Mědník nad městem **Měděnc** se těžily kovanosné rudy již od 10. stol. Těžba železných rud je přisuzovaná 14. stol. Avšak nejstarší písemné doklady o těžbě a zpracování měděných rud s využitelným obsahem stříbra pocházejí z r. 1449. Od pol. 16. stol. se začal dobývat pyrit a chalkopyrit pro výrobu kyseliny sírové a skalice, zpracovávané v nedaleké huti v Horní Halži. R. 1588 se Měděnc stal pro lokalitu velmi významným, protože povýšil na tzv. horní město, s čímž bylo spojeno udělení privilegií v obchodě, řemeslech a průmyslovém podnikání. Na vrchu Mědník nad městem bylo v provozu několik štol a povrchových rýh, mezi nimi hlavní štoly Pany Marie Pomocné a Božího těla. K všeobecnému úpadku, vč. dolování došlo za 30leté války, ale za vladaření jednoho z nejvýznamnějších majitelů panství hraběte Šlika se zde montanistika opět pozvedla. Šlik dostal v r. 1646 od císaře Ferdinanda III.

horní a mincovní právo, což svědčí o uceleném technologickém zpracování rud: těžba, úpravnictví, hutní zpracování a ražba mincí (tváření). Ve 2. pol. 17. stol. zde dobývání kyzových rud, potřebných pro chemickou výrobu, upadlo a těžily se zde už pouze železné rudy, především magnetit. V 17. stol. vlivem intenzivní a neregulované těžby dřeva nastal nedostatek této nezbytné součásti vstupního komponentu do hutní výroby. Důsledkem byl úpadek šachet i hamrů. V 60. letech 19. stol. dolování ustalo úplně.

Štola Pany Marie Pomocné byla v r. 1944 zpřístupněna jako turistický cíl a posléze od r. 2007 znovu otevřena pro průmyslové účely. V r. 1967 se v Měděnci obnovila těžba a úprava magnetitu, a to v novém závodě Václava Řezáče, který byl součástí podniku Železorudné doly a hrudkovny Ejpovice, později Rudné doly Příbram, a který jako už jediný v ČR těžil a zpracovával železnou rudu. Areál má dvě jámy: Stará jáma s ocelovou těžní věží a Nová jáma s betonovou těžní věží. Pomocná jáma v Kovářské nebyla nikdy zprovozněna. Závod byl v provozu až do vyčerpání ložiska v r. 1992. Od r. 1994 proběhly i pokusy s těžbou muskovitu a granátů. Po dvou letech však byl pro nedostatek odbytu provoz zcela uzavřen a dnes jsou těžní prostory zaplaveny důlní vodou. Objekty, které dnes patří soukromému majiteli, čekají na nové využití.

První fotografie ukazuje pohled z r. 2010 na betonovou těžní věž Nové jámy. Druhá fotografie z téhož roku ukazuje pohled na ocelovou těžní věž Staré jámy, stojící jen několik desítek metrů od Nové jámy.



VM a red.