

ROČNÍK/VOL. LXVI
ROK/YEAR 2013

4

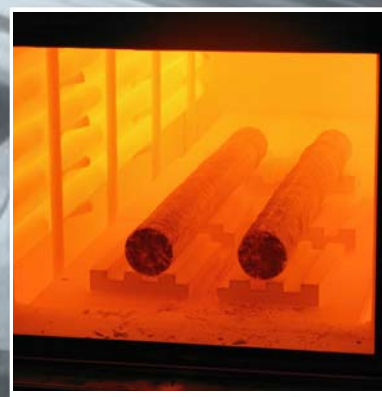
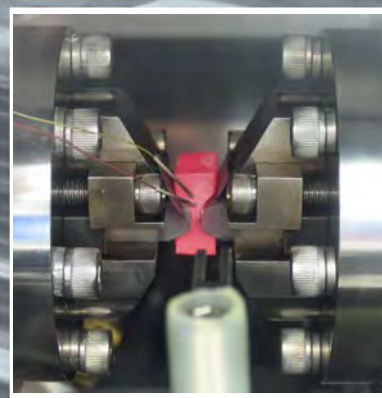
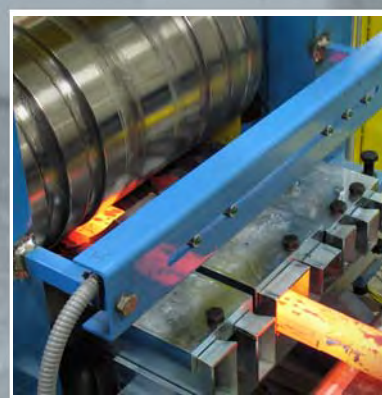
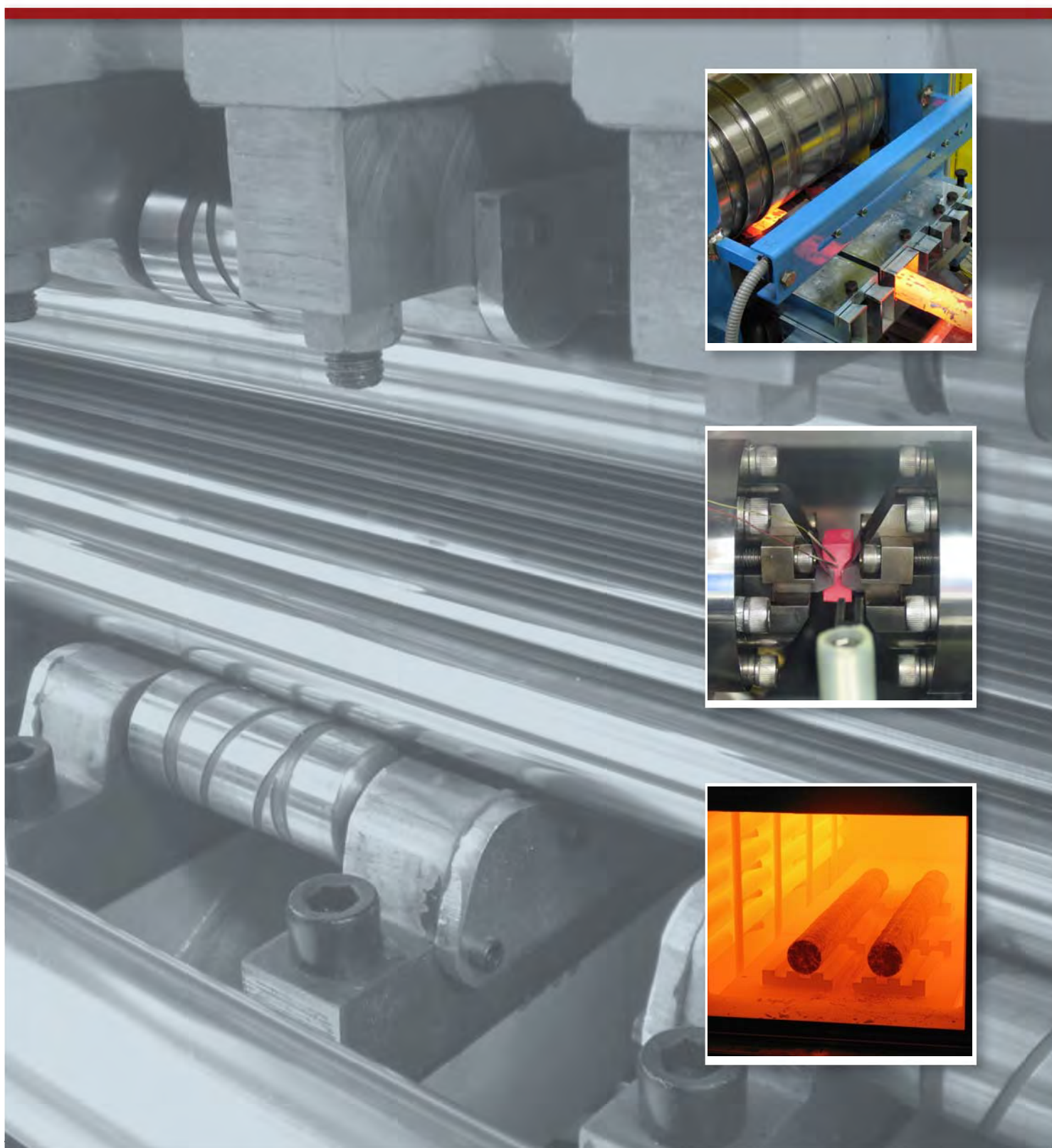


Hutnické listy

METALLURGICAL
JOURNAL

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ
ISSN 0018-8069



MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o.

Společnost MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. zabezpečuje výzkumnou a vývojovou činnost v oboru hutnictví železa. Specializuje se především na materiálové inženýrství, výzkum, vývoj a optimalizace výrobních technologií ocelí a tvářených polotovarů a výrobků, zkoušení materiálových vlastností ocelí a slitin v akreditovaných laboratořích, nové progresivní způsoby tváření a ekologické technologie. Realizuje výzkum a servisní činnost v oblasti chemických analytických metod, provádí autorizovaná měření emisí a imisí a dodává formou na klíč zařízení pro měření emisí a imisí.

Společnost má zavedený a udržovaný systém managementu kvality podle standardu ČSN EN ISO 9001.

Od svého založení před 63-ti lety prošel Výzkumný ústav Vítkovických železáren řadou organizačních změn, modernizací a transformací. V současné době je samostatnou výzkumně - vývojovou privátní organizací a 99 % vlastníkem společnosti jsou TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. je VÝZKUMNOU ORGANIZACÍ, tzn., že splňuje podmínky stanovení platnou českou legislativou a Rámcem Společenství pro státní podporu výzkumu, vývoje a inovací (2006/C 323/01).

Moderní a dynamická společnost s více než 60letou tradicí nabízí služby v těchto základních oblastech výzkumu a laboratořích, a to v níže uvedených oborech:

- ❖ výzkum výroby, odlévání a tváření ocelí, výzkum procesů v sekundární metalurgii oceli
- ❖ výzkum technologie elektrostruskového přetavování
- ❖ výzkum pokrokových tvářecích technologií a řízených procesů tváření, s využitím univerzálního plastometru SETARAM-VÍTKOVICE, fyzikálního i matematického modelování
- ❖ zkoušení mechanických vlastností, křehkolomových a únavových vlastností v akreditované laboratoři
- ❖ hodnocení konvenčních a nekonvenčních vlastností materiálů
- ❖ zjišťování odolnosti vůči koroznímu praskání
- ❖ ověřování creepových charakteristik ocelí a degradace materiálových vlastností
- ❖ chemické analýzy kovových a oxidických materiálů z produkce železa a jeho slitin v akreditované laboratoři



www.mmvyzkum.cz

Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava, Česká republika

kontakt: Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D, tel.: +420 595 956 029, fax.: + 420 595 956 168

e-mail : jaroslav.pindor@mmvyzkum.cz

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 Bařtinský, 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
Częstochowska
Prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc. Univerzita
obrány
Ing. Henryk Huczala, TRINECKÉ
ŽELEZÁRNY, a.s.
Prof. Ing. František Kavička, CSc., VUT
v Brně
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D., ŽDAS, a.s.
Prof. Ing. Karel Matocha, CSc.,
MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ
VÝZKUM s.r.o.
Ing. Radim Pachlopník, ArcelorMittal
Ostrava, a.s.
Prof. Ing. Ludovít Pališák, 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

Mezinárodní standardní číslo

ISSN 0018-8069

O b s a h

úvodní slovo <i>Ing. Jan Czudek, předseda představenstva a generální ředitel TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.</i>	3
paliva, koksárenství <i>Prof. dr. hab. Krystyna Kruszezwska, dr. Iwona Jelonek, Ing. Stanislav Czudek, Ing. Radek Hermann</i> Vzájemný vztah mezi petrografickými a koksotvornými vlastnostmi uhlí <i>Ing. Stanislav Czudek Ph.D., Ing. Radek Hermann, doc. Ing. Karel Ciahotný, CSc., Ing. Marcela Šafařová, Ph.D.</i> Praktické zkušenosti s použitím hnědého uhlí při výrobě vysokopecního koku	5 13
výroba oceli <i>Ing. Bohuslav Chmiel, Ing. Tomáš Huczala, Ing. Jan Morávka, Ph.D.</i> Současný stav, vývoj a možnosti výroby nových typů nástrojových ocelí v TŽ, a.s.	17
výroba trubek <i>Ing. Petr Unucka, Ph.D., Ing. Magdalena Šmátralová, Ph.D. Ing. Rostislav Turoň, Ing. Tomáš Huczala</i> Využití oceli 15NiCuMo5-6-4 při výrobě bezešvých trubek	22
materiálové inženýrství <i>Ing. Vít Michenka, Ing. Petr Podolinský</i> Hodnocení Bauschingerova jevu v kolejnicích jakosti IH, profilu 136RE	28
ekologie, recyklace, druhotné zpracování materiálů <i>Ing. Roman Gabor, Mgr. Ivan Koutník, Ph.D., prof. Ing. Jana Seidlerová, CSc., Ing. Silvie Vallová, Ph.D., Ing. Tomáš Tomšej</i> Využití pyrolyzní technologie k zpracování kovových kalů	35
zkušebnictví, měřictví, laboratorní metody <i>prof. Ing. Karel Matocha, CSc.</i> Zkušenosti s Evropskou sbírkou zásad pro penetrační tahové zkoušky a zkoušky lomového chování	42
tepelná technika, pece, žárovzdorný materiál <i>Ing. Tadeáš Franek, Ing. Petra Večerková, Ph.D., Ing. Milan Cieslar, Ing. Rudolf Rech</i> Současná situace ve spotřebě žárovzdorných materiálů v českém průmyslu výroby surového železa a oceli	47
slévárenství <i>Ing. Tomáš Válek, Ph.D., Ing. Lucie Střílková</i> Hodnocení mikrostruktury modifikované ICDP litiny určené pro pracovní vrstvy kompozitních odstředivě litých válců teplých válcovacích tratí	54
Řízení jakosti <i>Ing. Lukáš Pindor, Ph.D., Ing. Štěpán Hefner, Ph.D., prof. Ing. Lubomír Grmela, CSc., Ing. Pavel Tofel, Ph.D., Ing. Petr Sedlák, Ph.D., Ing. Jiří Majzner, Ph.D., Ing. Gabriel Cséfalvay, Ing. Jan Kufa</i> Analýza povrchu litých sochorů pomocí metody laserové triangulace	61
hutní výroba v ČR a SR	66
z hospodářské činnosti podniků	69
historie hutnictví	74
nová literatura	84
společenská kronika	87
hutnictví ve světě	91
redakční pokyny	97
obsah Hutnických listů 2012, roč. LXV	101

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., 2012
ISSN 0018-8069

Časopis zařazen Radou vlády ČR pro výzkum a vývoj do seznamu recenzovaných neimpektovaných 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.

Content

Fuels, Coke Making

- Kruszewska, K. - Jelonek, I. - Czudek, S. - Hermann, R. 5
Interrelation between Petrographic and Coking Properties of Coal
Czudek, S. - Hermann, R. - Ciahotný, K. - Šafářová, M. 13
Practical Experience with Brown Coal Usage at Production of Blast-furnace Coke

Steel Making

- Chmiel, B. - Huczala, T. - Morávka, J. 17
Present Situation, Development and Possibilities for Production of New Types of Tool Steels in TŽ, a.s.

Tube Production

- Unucka, P. - Šmátralová, M. - Turoň, R. - Huczala, T. 22
Using of 15NiCuMo5-6-4 Steel for Producing of Seamless tubes

Material Engineering

- Michenka, V. - Podolinský, P. 28
Evaluation of the Bauschinger Effect in Rail Steel IH, Profile 136RE

Environmental Protection, Recycling, Secondary Material Processing

- Gabor, R. - Koutník, I. - Seidlerová, J. - Vallová, S. - Tomšej, T. 35
Use of Pyrolysis Technology for Processing of Metal Sludge

Testing, Measurement, Laboratory Methods

- Matocha, K. 42
Experiences with the European Code of Practice for Small Punch Testing for Tensile and Fracture Behaviour

Thermal Engineering, Reheating Furnaces, Refractory Material

- Franek, T. - Večerková, P. - Cieslar, M. - Rech, R. 47
The Current Situation in Consumption of Refractory Materials within the Czech Iron and Steel Metallurgical Industry

Foundry Industry

- Válek, T. - Střílková, L. 54
Microstructural Evaluation of Modified ICDP Cast Iron Designated for Working Layers of Composite Centrifugally Cast Rolls for Hot Rolling Mills

Duality Management

- Pindor, L. - Hefner, Š. - Tofel, P. - Sedlák, P. - Majzner, J. - Cséfalvay, G. - Kuřa, J. 61
Surface Analysis of Continuously Cast Billets Using Laser Triangulation Method

Na výslovné přání zadavatele obsahu Hutnických listů č. 1/2013, roč. LXVI zařadila redakce do záhlaví hlavních článků fotoportréty autorů. Tím se forma záhlaví těchto článků odlišuje od redakčních pokynů pro psaní textů v tomto časopisu, který je obsažen v redakčním článku tohoto vydání na s. 97. V dalších číslech časopisu se redakce vrátí k psaní záhlaví v obvyklé formě, a budou tedy platit redakční pokyny v článku na uvedené straně nebo na www.hutnickelisty.cz.

Dodavatelé příspěvků ve všeobecné informační části:

• Hutnictví železa, a.s. • TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Tažírna oceli, Staré Město • VŠB-TU Ostrava, kat. tváření materiálu • Česká slévárenská společnost • Dopisovatelé • Redakce

Inzerenti a objednatelé reklamy:

• TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. • VÚHŽ, a.s. • MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. • REFRASIL s.r.o. • Vítkovické slévárny, spol. s r.o.

paliva, koksárenství

Vzájemný vztah mezi petrografickými a koksotvornými vlastnostmi uhlí

Interrelation between Petrographic and Coking Properties of Coal



Prof. dr. hab. Krystyna Kruszewska ¹



Ing. Stanislav Czudek ²



dr. Iwona Jelonek ¹



Ing. Radek Hermann ²

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział nauk o Ziemi, Katedra geochemii, mineralogii i petrografii, ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice, Polsko

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

Coal petrology from the beginning has been developing towards industrial applications. Its importance in various branches of coal related industries, such as coal exploration, mining, combustion, liquefaction and electrode production has raised over the past decades. As a result the modern national and international (ECE, 1995) coal classifications, based on petrographic parameters have been established. The introduction of coal petrology into solving of coal carbonisation problems has a long and fruitful tradition. At present there is no doubt that both rank and type of coal, the decisive factors of carbonisation processes, depend on the vitrinite reflectance and maceral proportions.

This paper presents a discussion on the influence of the above mentioned parameters on coal and in consequence on the coke quality. Also the significance of proximate and ultimate analyses, dilatation, Giseler, Roga Index and the Swelling Index, as well as maceral and microlithotype is pointed out. Vitrinite random reflectance and all maceral reflectance scan measurements and their influence on coke quality have been also taken into account. Finally, the relationship between the sum of reactive macerals in coal blends and the results of CRI/ CSR tests was established.

As a result the dependence between the coal chemical, rheological and microscopic properties of analysed coals and the coke quality have been established. The role of inert, semi-inert and reactive coal components in carbonization processes were defined.

Key words: hard coal, coal petrology, maceral and microlithotype constitution, coal classification, carbonisation process, coke quality

Uhlenná petrologie byla od začátku vyvíjena jako provozní aplikace. Její důležitost v různých odvětvích průmyslu spojených s uhlím (průzkum uhelných ložisek, těžba, spalování, zkapalňování a výroba elektrod), rostla během posledních desetiletí. Výsledkem národních a mezinárodních prací v oblasti petrologie je vytvoření klasifikace uhlí na základě petrografických parametrů. Zavedení uhelné petrologie do řešení oblasti karbonizačních procesů má dlouholetou a úspěšnou tradici. V současné době není pochyb o tom, že třída a typ uhlí, rozhodující faktory pro karbonizační proces, závisejí na odraznosti vitrinitu a macerálovém složení.

Tento článek prezentuje diskusi o vlivu výše uvedených parametrů uhlí na kvalitu koksu. V potaz jsou také brány i jiné důležité jakostní ukazatele uhlí, jako je základní analýza (obsah vody popela, prchavé hořlaviny), elementární složení, dialtace, plasticita podle Giseler, Rogův index, index puchnutí, macerátové a mikrolithotypové složení. Byl sledován také vliv náhodné odraznosti vitrinitu a skenovací měření odraznosti všech macerátů na kvalitu koksu. Výsledkem provedených prací bylo vytvoření matematických rovnic popisujících vztah mezi parametry koksu CSR/CRI a parametry uhelných směsí (suma reaktivních macerátů).

Byla také prokázána závislost mezi chemickými, rheologickými a mikroskopickými vlastnostmi uhlí a kvalitou koksu. Dále byla definována úloha inertních, poloinertních a reaktivních komponentů uhlí v procesu karbonizace.

Klíčová slova: černé uhlí, uhelná petrologie, macerátové a micolithotypové složení, klasifikace uhlí, karbonizační proces, kvalita koksu

The coal quality for carbonisation is determined by its type and rank. Chemical (proximate) analyses together with rheological tests, such as contraction, dilatation, Giseler values, Roga Index or Swelling Index, provide the basic information about coals used in carbonisation processes. Coal is a very heterogeneous organic rock, but these analyses are treating coal as homogeneous mass, though their results are the averaged outcome of

the diverse features of coal components. These methods *inform* about properties of the given coal or coal blend, but do not *explain* the reason of coal behaviour in the oven. This was the case that already several years ago led to creation of the modern coal classifications, such as UN Economic Commission of Europe Geological Classification of Coal (1995) (Tab.1).

Tab. 1 International classification of seam coals of the Economic Commission for Europe (ECE), United Nations. (Private communication from Professor Lemos de Sousa, 1995).

Tab. 1 Mezinárodní klasifikace slojových uhlí ekonomické komise pro Evropu (ECE), Spojené národy. (Soukromá komunikace profesora Lemos de Sousa, 1995)

Echelon de Qualité, 1975)									
Low-Rank Coal			Medium-Rank Coal				High-Rank Coal		
C	B	A	D	C	B	A	C	B	A

Lignite		Subbitu- minous	Bituminous				Anthracite		
Ortho	Meta		Para	Ortho	Meta	Par	Para	Ortho	Meta

15	20	24	0.6	1.0	1.4	2.0	3.0	4.0	
CV MJ/kg (m, af)*			Rr %						

*CV MJ/kg (m, af) means gross calorific value (CV) in MJ/kg of the moist (m), ash-free (af) coal. Moist refers to moisture holding capacity.

Nowadays most of the coking plants laboratories is equipped with coal petrographic units for the routine maceral group and vitrinite reflectance analyses. Maceral group content determines the type of coal, whereas vitrinite reflectance is the most accurate indicator of the coal rank. However, there are instances when results of the routine analyses are not satisfactory. In such cases more sophisticated methods may be used, such as microlithotype analyses, microscope fluorescence observations, vitrinite relative fluorescence intensity measurements, red/green fluorescence ratio of the liptinite macerals and/or coal molecular structure studies by SEM (scanning electron microscopy), TEM (Transmission electron microscopy), XRD (X-ray diffractometry), and last but not least the Raman Spectroscopy. The type and rank parameters of coal and their influence on coke formation are the subject of the discussion given below.

Coking coals characterisation

To characterise coal ability to proper carbonisation the rank and type of single coals and their coking blends have to be determined. According to (1) the testing of coals for carbonisation should have the following desirable characteristics:

- ▲ **reproducibility**
- ▲ **adequate precision**
- ▲ **objectivity**
- ▲ **reliability**
- ▲ **cheapness**
- ▲ **ability to be automated, making it less subjective and reducing the cost**
- ▲ **additivity (for blending coals)**

Rank of coal

Rank of coal is the most important value at determination of the coal composition. Coalification covers the progressive transformation of organic sediments from peat, throughout the geochemical stages of brown coal, sub-bituminous, bituminous up to anthracite coals. The bituminous prime coking coals are closely connected with the second coalification jump (2) that occurs between 29 - 20% VM and the 1.2-1.5% Rr. The crucial point is the value of 1.3% Rr that corresponds to the dead line of the "oil window". The "jump" is characterised by the relatively rapid lost of volatile matter and aliphatics, vanishing fluorescence intensity (3) and "vitrinisation" process of liptinite that above 1.4% Rr is (with rare exceptions) no longer recognizable under the microscope. Hirsch (4) in his

molecular model of coalification changes defines coals with 22% of volatile matter as the "open fluid structure" (Fig. 1). The vitrinite of prime coking coals that are connected with the jump, has a unique ability to

transform into the plastic stage at the temperature of 400 – 500 °C during carbonisation process. These coals are the core of the coke blends composition.

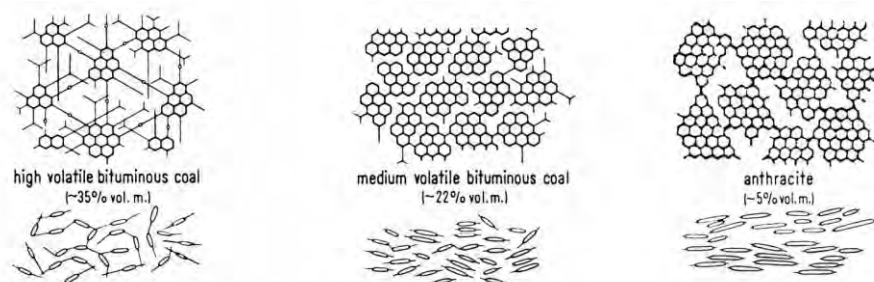


Fig. 1 Physical, chemical and molecular changes of vitrinite during the coalification of bituminous coals and anthracites (based on different authors (5))

Obr. 1 Fyzikální, chemické, a molekulární změny vitrinitu během procesu prouhelňování bituminních uhlí až po antracit

The lower rank, high volatile coals that are used as blend components are usually of the reflectance > 0.80%. Addition of coals above 1.5% Rr have a leaning effect on coke formation and prevents an excessive swelling of the coal charge during the coking process.

The methods being applied for evaluation of rank of the coal charge rank are the following: chemical, such as volatile matter content, as well as (up to the coking coal level) calorific value (proximate analysis), and carbon

content (by ultimate analysis). Sporadically the van Krevelen's (6) H/C and O/C ratios are used. For coals with high vitrinite content the volatile matter is still a good rank indicator. However, for coals enriched by other two groups of macerals or by mineral matter this rank parameter ceases to be valid. An example of two density fractions of the same coal sample, but of different volatile matter and maceral content, is given - see (Tab. 2).

Tab. 2 Sample of Waterberg coal (South Africa)

Tab. 2 Vzorek uhlí Waterberg (Jižní Afrika)

	Vdaf (w %)	Rr (%)	Vitrinite (%)	Liptinite (%)	Inertinite total (%)
Float ("coking") "coking"	35.8	0.64	88.0	1.9	10.1
Sink ("middling")	28.5	0.61	73.3	3.6	23.1

It is necessary to add that the "middling" sample is also enriched by the mineral matter. Without the knowledge of the origin of the "middling" sample, the volatile matter alone could indicate the coking coal.

At present the vitrinite reflectance is the most precise coal rank indicator. The Raman spectroscopy measurements also appear to be a precise coal rank indicator. However, for this method requires very sophisticated, expensive equipment and specially trained operator.

Type of coal

The type of coal in modern classifications based on the maceral group proportions in the given coal or coal blend chemical composition of macerals in each group differ significantly in the lower rank bituminous coals. Along with the raising rank the maceral's properties are changing (Tab. 3). Below the short characterization of macerals in coals and coking blends is presented.

Tab. 3 Changes of chemical (ultimate) composition of vitrinites and inertinites in coals of various ranks

Tab. 3 Změny chemického složení vitrinitu a inertinitu uhlí různých tříd

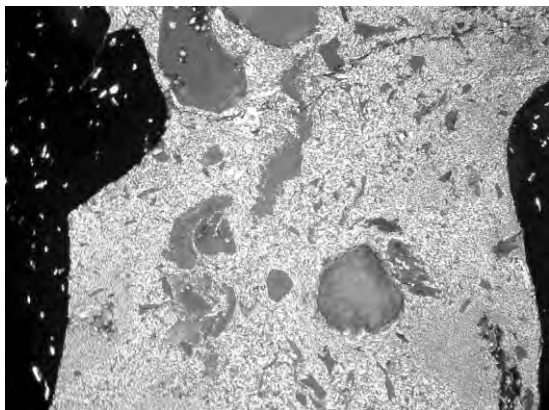
VITRINITE BAND D.A.F. BASIS					INERTINITE BAND D.A.F. BASIS			
Rov max.	C	H	C	Empirical comp.	C	H	C	Empirical comp.
0.6	74.8	5.0	17.3	C ₆ H ₅ O	77.4	3.4	17.0	C ₆ H ₃ O
0.8	84.7	5.8	6.6	C ₁₇ H ₁₄ O	79.8	3.7	14.3	C ₇ H ₄ O
1.0	88.2	5.6	3.3	C ₃₅ H ₂₇ O	82.9	4.1	10.8	C ₁₀ H ₆ O
1.4	89.6	4.8	2.7	C ₄₄ H ₂₈ O	85.3	3.9	8.6	C ₁₃ H ₇ O
1.8	90.3	4.4	2.4	C ₅₀ H ₂₉ O	86.7	3.6	7.5	C ₁₅ H ₈ O

Macerals behaviour in carbonisation

▲ *Coking coals.* **Vitrinite** is the main maceral that

contributes to the coke making. Its characteristic is as follows: Vitrinite reflectance varies between 1.0 - 1.5% Rr. Its fluorescence is

vanishing at the level of 1.3% Rr. Prime coking coals occur within the narrower zone of 1.2 -1.4% Rr. The optical properties are marked by the rise of the vitrinite anisotropy that is used for the maximum reflectance measurements by several coking coals analysts. This is a group of macerals (Tab. 4) that in coking coals possesses the ability to form the globules of mesophase, which during caking process forms coke matrix (Fig. 2).



Obr. 2 Střední mosaika
Fig. 2 Medium mosaic



Fig. 3 Anisotropic coke
Obr. 3 Anisotropický koks

Within the group, slight differences occur in carbonisation ability. The colodetrinite and telinite seems to be the most fusible macerals of the group followed by colotelinite. The latter one may be associated with pseudovitrinite that is distinguished by slightly higher reflectance and displays characteristic irregular slits. Its coking potential is lower (7).

The scarcely occurring corpocolinite and gelinite that derived from the pure gel are the least reactive macerals of the group, but still able to pass the mesophase stage.

- ⚡ *High volatile coal blends components. Vitrinites* of these coals do not melt into mesophase. They are simply highly devolatilized and form an isotropic "sponge" coke with thin walls and large, devolatilised pores (Fig. 3).

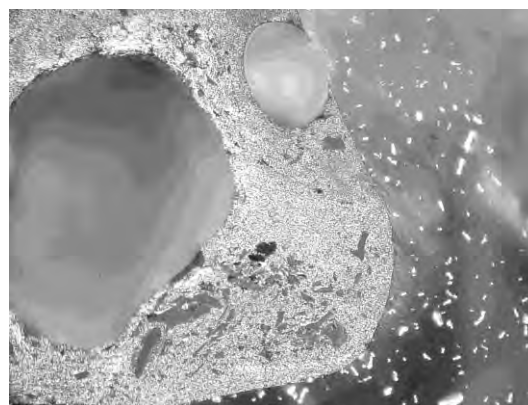


Fig. 4 Fine mosaic
Obr. 4 Jemná mosaika

- ⚡ Coals of the rank closer to the coking ones, have more massive walls and occasionally an incipient or fine mosaic coke matrix (Fig. 4). This type of coke is highly fragile and alone does fit neither Micum nor CRI/CSR tests, but in coking blends it is absorbed by the fused mass of coking type vitrinite in the carbonisation process.
- ⚡ *Lean coal vitrinites* are of highest reflectance among vitrinites in the blend, do not fuse and prevent the excessive fusion of the blend components (Tab. 4).
- ⚡ **Liptinite** is the reactive group of macerals that undergoes significant changes along with the raising rank of coal. It is characterised by the high content of volatile matter, which is decreasing along the increasing rank. The microscopic image of liptinite (mostly microsporinite) undergoes significant changes

with the increasing rank. Its colour as observed in the incident light becomes paler, it shrinks and finally disappears in the vitrinite matrix adsorbing its optical features at the reflectance level $> 1.5\%$ Rr. Liptinite analysed in the UV fluorescence light has an intense yellow colour (Fig. 5) in the *high volatile* coals to alter into orange (Fig. 6) in the largely taken coking coals, dark reddish within the *prime coking coals* and finally red-brownish at the level 1.40% Rr. At the level of 1.5% Rr the fluorescence ceases to appear and with some rare exceptions it is not visible any more. At the lean coal level the liptinite practically does not exist from the technological point of view. It adopts the chemical and optical properties of associated vitrinite. The only difference on the molecular level, lays in a shift in the optical orientation comparing to that of the surrounding vitrinite.

Liptinite due to its high volatile matter content, influences coke porosity. It has also the highest

calorific value of all groups of macerals (8).

Tab. 4 Macerals in hard coals (ICCP 1994)
Tab. 4 Macerály v černém uhlí (ICCP 1994)

MACERAL GROUP	SUBGROUP	MACERAL
vitrinite	telovitrinite	telinite
		colotelinite
	detrovitrinite	colodetrinite
		vitrodetrinite
liptinite	gelovitrinite	corpogelinite
		gelinite
		sporinite
		cutinite
		resinite
		alginate
		suberinite
inertinite		bituminite
		liptodetrinite
		fusinite
		semifusinite
		macrinite
		micrinite
		funginite
		secretinite
		inertodetrinite

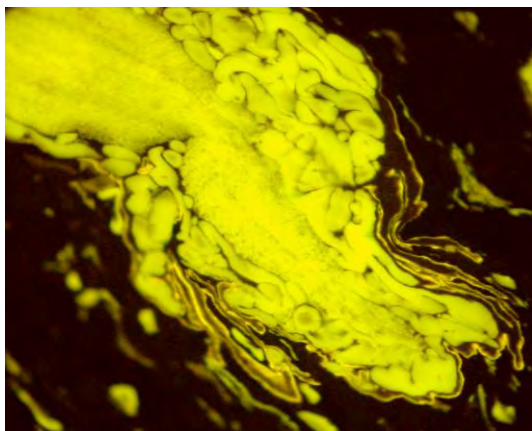


Fig. 5 Liptinite, magnification 500X, fluorescence mode.
Obr. 5 Liptinit, zvětšení 500X, fluorescenční režim

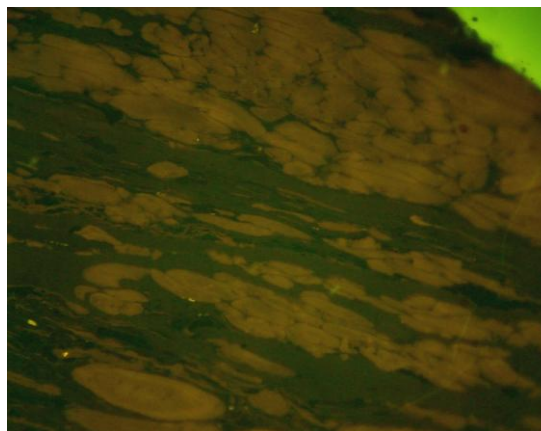


Fig. 6 Liptinite, magnification 500X, fluorescence mode
Obr. 6 Liptinit, zvětšení 500X, fluorescenční režim

^ **Inertinite** has a special position in carbonisation process. For a long time all macerals of this group were considered as completely inert and therefore "bad news" in coke prediction. At present it is a well known fact, that a part of inertinite is reactive or semi-reactive and its degree of reactivity (fluidity) depends on the reflectance intensity of individual particles, irrespectively of the maceral affiliation. In general, the mean reflectance of this group of macerals is raising along with the rise of the coal's rank. The characteristic features of the individual inertinite macerals are discussed below:

^ *fusinite*, a maceral of usually well preserved tissue structure and the highest reflectance of all macerals, was formed within the biochemical stage, either from the charcoaled plants during swamp fires (pyrofusinite, Fig. 7), or it was exposed to the extremely severe oxidation conditions above the swamp water level (oxy-, degrado-fusinite, Fig. 8). It is resistant to any technological treatment and remains intact during carbonisation in the coke oven. In bituminous coals it occurs regularly in amounts rarely exceeding 2%.

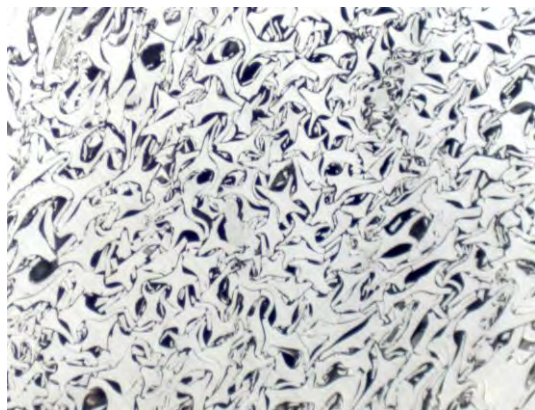


Fig. 7 Pyrofusinite magnification 500X, incident light
Obr. 7 Pyrofusinit, zvětšení 500X, bílé světlo



Fig. 8 Oxy-degrado-fusinite, magnification 500X, incident light
Obr. 8 Oxy-degrado-fusinit, zvětšení 500X, bílé světlo

- ⤴ *Semifusinite* is of the same derivation as fusinite but its reflectance is lower and is less severely oxidised than the former one. The pyro-semifusinite (Fig. 9) is still resistant to the coking processes, but the oxy-semifusinite's range of reflectance is wide, from intense, down to that approaching vitrinite's reflectance (Fig. 10), the latter indicating the reactive inertinite, which is a coking prone portion of the maceral (9). As semifusinite is usually after vitrinite the second abundant maceral of coals, this

information is important for the prediction of coking properties of coal.

- ⤴ *Funginite and secretinite's* range of reflectance is also wide, from very bright, down to greyish, the latter indicating higher reactivity. However both macerals usually occur in irrelevant portions.
- ⤴ *Macrinite* that occurs in the coal charge in various amounts, also varies in its reflectance from very high to low, close to that of vitrinite.

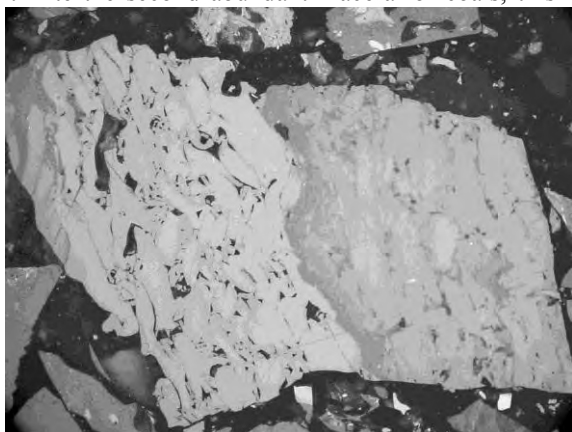


Fig. 9 Semifusinite, magnification 500X, incident light
Obr. 9 Semifusinit, zvětšení 500X, bílé světlo



Fig. 10 Semifusinite, magnification 500X, incident light
Obr. 10 Semifusinit, zvětšení 500X, bílé světlo



Fig. 11 Micrinite, magnification 500X, incident light
Obr. 11 Micrinit, zvětšení 500X, bílé světlo

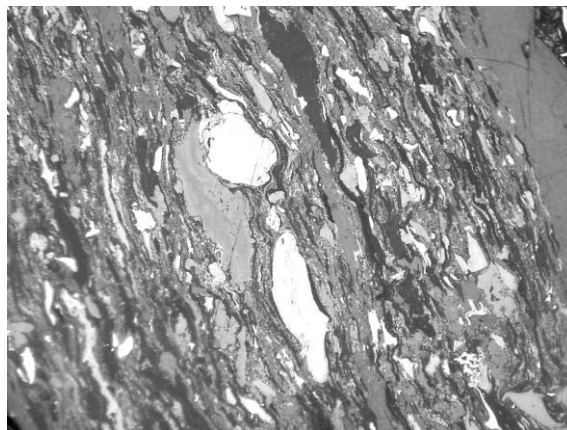


Fig. 12 Inertodetrinite, magnification 500X, incident light
Obr. 12 Inertodetrinit, zvětšení 500X, bílé světlo

- ⤴ *Micrinite* (Fig. 11) is the very specific maceral of the inertinite group. As a residuum after hydrocarbons expulsion from the bituminite (4), it is enriched by volatile matter in comparison with other inertinite macerals and (according to the Authors' experience) reacts during the coke formation.
- ⤴ Inertodetrinite (Fig. 12) of the particle size <15µm, that is embedded in the coke matrix, plays an important role in coke formation enhancing its strength.

Microlithotypes

As macerals do not always occur in coal as individuals but are forming associations in microlayers or lenses > 50 microns in width, called microlithotypes, that could be mono-, bi- and trimaceral. The way they mix together affects the coking properties of coal:

- ⤴ *Vitrite* has the same properties as colotelinite and it is a sought after component of any coal for coke production
- ⤴ *Liptite* is a very sparsely occurring lithotype of no technological importance.
- ⤴ *Inertite* occurs in coarse layers and lenses >50µm, that occur intact in coke causing tension on the boundaries with coke matrix and affecting coke strength. It usually occurs in amounts <20%.
- ⤴ *Clarite* composed of liptinite and vitrinite is of highest fusibility of coal components. It usually occurs in amounts <20%.
- ⤴ *Durite* composed of liptinite in macrinite/inertodetrinite matrix may occur in a form of spore poor durite that consists of scarcely distributed thin tenuisporos, or in a form of crassidurites with thick-walled, abundant crassisporos. The latter ones are characteristic for the European Upper Carboniferous coals (Saddle Beds in the Upper Silesian Basin). Due to abundance of spores the durite in coke reveals numerous small pores in the inertinite matrix. The rare form of durite is composed of the semifusinite with cells filled in by resinite
- ⤴ *Vitrinertodetrinite* consist either of micrinite or inertodetrinite in vitrinite layers. In both cases the combination is positive for carbonisation. Micrinite rich vitrinertodetrinite is positively responding to carbonisation, and inertodetrinite in the other type, enhances strength of the coke matrix.
- ⤴ *Trimacerite* consist of all three macerals in one layer in various proportions. In most cases it consists of spores and inertodetrinite embedded by vitrinite in a >50µm layer. Liptinite enhances fluidity, influences porosity and inertodetrinite improves the strength of coke. Trimacerite is the most common microlithotype in carboniferous Upper Silesian coals.
- ⤴ *Carbominerite* (Fig. 13) influence on coke quality depends on the type of its mineral ingredients.

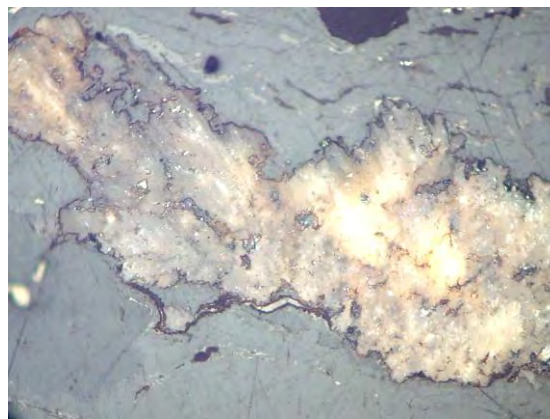


Fig. 13 Carbominerite, magnification 500X, incident light
Obr. 13 Carbominerit, zvětšení 500X, bílé světlo

Technological properties of coal

Plastometric properties, in other words an ability of coal to pass through the plastic stage at the temperature of 350 – 520 °C, is the crucial parameter that distinguishes coking coals from other types. According to Hoffman and Hoene in: Roga (8) the coals may be:

- ⤴ *euplastic* - vitrinite rich, displaying medium (orthoplastic), and small (metaplastic) dilatation and liptinite rich (paraplastic),
- ⤴ *subplastic* - inertinite rich, displaying only contraction. These coals are added to blends for a leaning effect.
- ⤴ *fluidoplastic* liptinite rich - they are characterised by the rapid drop of the dilatation curve after reaching the maximum.
- ⤴ *perplastic* that are a combination of euplastic and fluidoplastic types

The caking properties

The caking properties are of utter importance in carbonisation process both in coal carbonisation and gasification processes. The caking ability causes the phenomenon of sticking mesophase globules to each other and in an effect of mosaic coke matrix formation. Among others caking depends on the plastic property of given coal.

Methods of caking determination:

The Swelling Index provides an information concerning the behaviour of coal in the coking battery, it could be also used for the coal caking abilities determination.

Roga Index provides information about mechanical stability of laboratory coke sample that was obtained by carbonising 1g of the coal blended with 2g of anthracite at the temperature of 850 °C.

The combined rank and type properties are determined by the all maceral reflectance scan analysis. Using this method it is possible to determine simultaneously vitrinite reflectance, and the all macerals average reflectance that serves as a threshold subdividing a the reactive portion of coal macerals from

the semi reactive and inert ones (Fig. 14). This is a very important issue, because the determination of the reactive portion of the inertinite group of macerals may be subjective while applying routine maceral analysis. By using a the correlation-derived formula it is also possible to determine three maceral groups content (10).

Mean value: 1,3817
Std.-Dev.: 0,4018
Variance: 0,1615
Maximum: 2,9286
Minimum: 0,2383
Total N: 1000

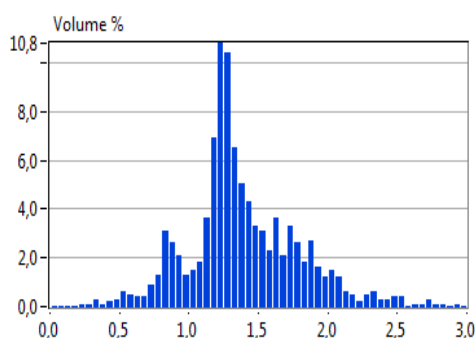


Fig. 14 An example of the all maceral reflectance scan
Obr. 14 Příklad celkové odraznosti macerálů

Of all discussed above coal properties, the all maceral reflectance scan method has been determined as the most suitable parameter for the prediction of metallurgical coke quality. The multidimensional linear regression revealed, that a strength of coke represented by the CSR value can be calculated by the formula based on the sum of reactives in the coal determined by the Reflectance Scan method (11). Similarly sum of reactives in a coal blend could be applied in the prediction of coke reactivity represented by the CRI value.

Plastometric and caking parameters of coking coals, such as contraction, dilatation, Roga Index and Swelling Index, correlated with petrographic data revealed that a close relationship exists between the sum of reactives calculated according to the above mentioned method and the dilatation values.

Conclusions

- ^ The above presented discussion indicates that alongside chemical and technological indices, coal petrology could be a useful tool in evaluation of coking coals and coking blends composition.

- ^ The relationship between all maceral scan and dilatation values could be used for the combined evaluation of coal coking abilities.
- ^ The recently carried works at the University of Silesia and the Trinecke Zelezarny revealed the possibility of the application the all maceral reflectance scan method in prediction of CRI/CSR coke properties.
- ^ The analysis on the molecular level such as application of Raman Spectroscopy has a potential to become in future a very precise tool for the coal rank and coke quality evaluation.

Acknowledgement

The research leading to these results has received funding from the Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel (Grant Agreement number RFCR-CT-2010-00008).

Literature

- [1] CARPENTER, A.M., Coal Classification, 1988, IEA Coal research, IEACR/12, London
- [2] TEICHMULLER, M., Stach's Textbook of Coal Petrology, third edition Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart UN Economic Commission for Europe, 1995, - Geological Classification of Coal
- [3] KRUSZEWSKA, K.J., Fluorescing macerals in South African coals, 2003, Int. Journal of Coal Geology, 54, pp.79 - 94
- [4] TAYLOR, G.H., TEICHMULLER, M., DAVIS, A., DIESSE I, C.F.K., LITKE, R., ROBERT, P., Organic Petrology, 1998, Gebrüder Borntraeger, Berlin Stuttgart
- [5] TEICHMÜLLER, M., TEICHMÜLLER, R., Stach's Textbook of Coal Petrology. IIIrd edition, 1982, Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart
- [6] VAN KREVELEN, D. W., Graphical-statistical method for the study of structure and reaction 261 processes of coal, 1950, Fuel, 269-284
- [7] KRUSZEWSKA, K.J., The reactivity of pseudovitrinite in some coals, 1998, Fuel, 77, 14. pp. 93 -98
- [8] ROGA, B., TOMKÓW, K., Chemiczna technologia węgla, 1971, WNT, Warszawa
- [9] KRUSZEWSKA, K.J., Reactive inertinite: definition and methods of determination, 1990, Int. Conf.: Coal Structure and Reactivity, Cambridge.UK
- [10] KRUSZEWSKA, K.J.(1989) - The use of reflectance to determine maceral composition and the reactive-inert ratio; Fuel No 68 pp.753 757
- [11] CZUDEK, S.,HERMANN,R., JELONEK, I., KRUSZEWSKA, K.,(2011) Research of Relationship between Petrographic Coal Constitution and Corresponding CSR/CRI Parameters of Coke, Hutnické listy, Vol. LXIV, No. 5, pp. 3-6, ISSN 0018-8069

Praktické zkušenosti s použitím hnědého uhlí při výrobě vysokopecního koksu

Practical Experience with Brown Coal Usage at Production of Blast-furnace Coke



Ing. Stanislav Czudek Ph.D.¹



doc. Ing. Karel Ciahotný, CSc.²



Ing. Radek Hermann¹



Ing. Marcela Šafářová, Ph.D.³

¹ TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec-Staré Město, Česká republika

² Vysoká škola chemicko-technologická Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice, Česká republika

³ Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a. s., tř. Budovatelů 2830/3, 43401 Most, Česká republika

Problematika použití hnědého uhlí při výrobě vysokopecního koksu byla řešena v rámci projektu MPO ČR - TIP FR TII/170 „Výzkum a ověření možnosti použití hnědého uhlí pro výrobu vysokopecního koksu“. Cílem projektu bylo ověření vhodnosti přídavku vybraných druhů hnědého uhlí při výrobě vysokopecního koksu z černého koksovatelného uhlí se záměrem náhrady určitého podílu výrazně cenově dražšího černého uhlí podílem levnějšího uhlí hnědého. Jsou známy postupy a výsledky při výrobě tzv. polokoksu z hnědého uhlí, který se historicky v 50. až 60. letech minulého století vyráběl v bývalých Stalinových závodech v Záluží (později Chemické závody Záluží u Litvínova). Výsledky z laboratorních zkoušek koksování uhelných směsí obsahujících určitý podíl hnědého uhlí byly natolik zajímavé, že se ukázalo jako žádoucí je verifikovat v pilotním a následně i v provozním měřítku.

Klíčová slova: hnědé uhlí, černé uhlí, modifikace uhelné vsázky, vysokopecní koks

The aim of the project consisted in verification of selected brown coal additions to the hard coal mixture for the blast furnace coke production as a substitution of the part of more expensive hard coal in the coal charge by cheaper brown coal. Brown coals are currently not used in the coal charge for the blast furnace production. However, processes of semi-coke production from brown coals are known, which were used 50 years ago in the former Stalin works (later Chemical works Záluží by Litvínov). The laboratory scale tests carried out using the selected brown coals from Czech localities show, that some kinds of brown coals have very good caking properties. The results of these experiments are so interesting, that it is necessary to verify these experiments in the pilot and industrial scale. The final data show us that it is possible to use addition of brown coal between 0 - 30%. For blast furnace coke production an optimal addition of brown coal is between 3-5% without impairing the coke quality.

Key words: brown coal, hard coal, coal charge modification, blast furnace coke

Článek je pokračováním již publikovaných výsledků výzkumu v roce 2010 (1). Po provedeném průzkumu surovinové základny různých typů hnědého uhlí a realizovaných testech v laboratorním měřítku bylo přistoupeno k testům v běžných provozních podmínkách výroby vysokopecního koksu. Jen pro shrnutí závěru z předchozího článku uvádíme, že byly ověřeny rozsahy podílů přídavku různých typů hnědého uhlí do vsázky pro výrobu vysokopecního koksu se současnou analýzou vzniklých kapalných produktů. Pro provozní ověřování byly následně vybrány případy, u kterých nedocházelo k významným změnám jakostních

parametrů koksu a současně nedocházelo ke statisticky významným změnám obsahu chemických látek v kapalných produktech karbonizace.

Provozní testy byly plánovány tak, aby potvrdily v provozním měřítku zkušenosti získané z laboratorních experimentů, doplnily je hlavně o zjištění mechanických vlastností koksu reprezentované testem Micum (M_{40}/M_{10}). Zároveň bylo v rámci těchto provozních testů provedeno komplexní technicko-ekonomické zhodnocení přídavku hnědého uhlí do vsázky pro výrobu vysokopecního koksu.

Organizace řešení projektu

V oblasti organizace řešení projektu nedošlo od doby zveřejnění prvního článku k této problematice v roce 2010 (1) k žádným změnám. Na řešení projektu po celou dobu (2009 – 2012) spolupracovaly tři subjekty z oblasti průmyslu, výzkumu a školství:

- 1) TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. (TŽ) – příjemce.
- 2) Vysoká škola chemicko-technologická (VŠCHT), Fakulta technologie ochrany prostředí (Ústav plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší) – spolupříjemce.
- 3) Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s. (VÚHU) Most– spolupříjemce.

Rozsah činnosti byl již popsán v předchozím zveřejněném článku (1).

Cíle projektu

Cíle programového projektu zůstávají nezměněny, a je možné je definovat v následujících bodech:

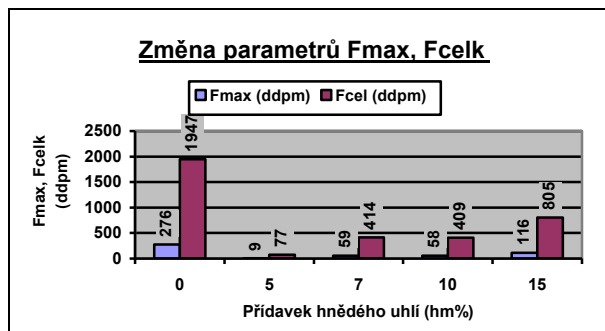
- a) zmapování ložisek hnědého uhlí vhodného pro výrobu vysokopecního koksu a odhad disponibilních těžitelných zásob těchto typů uhlí
- b) zjištění rozdílů v chování uhelné hmoty při vysokoteplotní karbonizaci hnědého a černého uhlí
- c) výběr vhodných typů hnědého uhlí pro výrobu vysokopecního koksu pomocí vysokoteplotní karbonizace uhelných směsí s různými přídávky hnědého uhlí v laboratorním měřítku
- d) ověření přídavek vybraných typů hnědého uhlí pro výrobu vysokopecního koksu v pilotním měřítku na zařízení karbotest
- e) provedení provozních koksovacích zkoušek uhelných směsí s přídávky hnědého uhlí v koksovacích komorách koksárenské baterie.

Zhodnocení dosažených výsledků

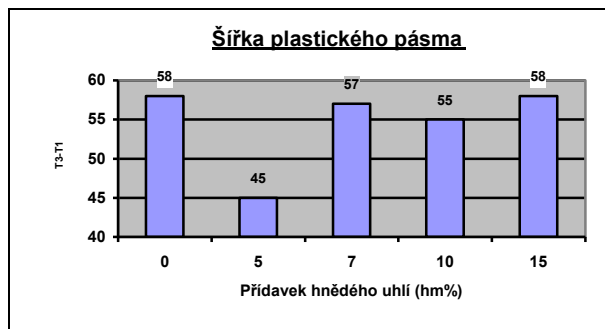
Zhodnocení přídávky hnědého uhlí na vybrané jakostní parametry uhelné směsi pro výrobu vysokopecního koksu

Přídavek hnědého uhlí do vsázky pro výrobu vysokopecního koksu způsobil změny jakostních parametrů uhelné směsi. Velmi významně byly ovlivněny plastické vlastnosti vsázky. Došlo k zúžení plastického pásma a snížení hodnot $F_{\max}/F_{\text{celk}}$ zejména při přídávce 5 hm% hnědého uhlí, viz obrázky 1 a 2.

Větší podíly přídávky způsobovaly růst parametrů $F_{\max}/F_{\text{celk}}$ tím, že v případě maxima dávkování nebylo dosaženo hodnot, které jsou běžné pro vsázku bez přídávky hnědého uhlí. V případě šířky plastického pásma větší podíly přídávky způsobovaly návrat k hodnotě změřené u vsázky bez přídávky hnědého uhlí, viz obr. 2.

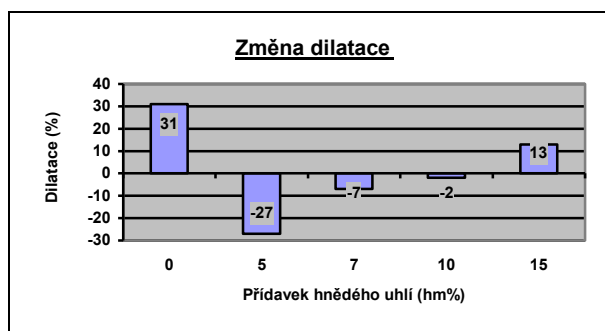


Obr. 1 Změna plastických vlastností uhelné vsázky
Fig. 1 Change of coal charge plastic properties



Obr. 2 Změna šířky plastického pásma uhelné vsázky
Fig. 2 Change of plastic zone width of coal charge

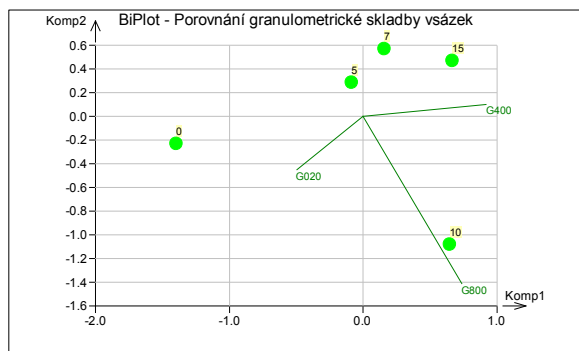
Podobné vlivy je možné konstatovat v případě hodnoty dilatace. Nejmenší přídavek způsobil významný pokles dilatace. Rostoucí přídávky pak tuto hodnotu zvyšovaly s tím, že při maximálním dávkování nebylo dosaženo hodnoty změřené u vsázky bez přídávky hnědého uhlí, viz obr. 3.



Obr. 3 Změna dilatace uhelné vsázky (Stanovení podle Audibert-Arnu)

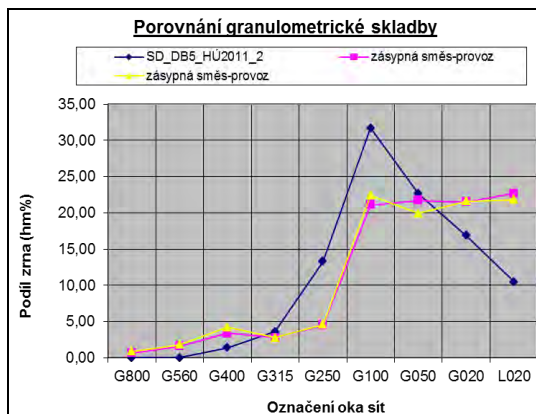
Fig. 3 Change of coal charge dilatation (according to the Audibert-Arnu determination)

Z hlediska granulometrické skladby lze zjistit zvětšení obsahu zrn uhlí o větším průměru vlivem přídávky hnědého uhlí. Provedené vícerozměrné porovnání granulometrických skladeb vsázek ukazuje, že „černouhelná“ vsázka (bod s indexem 0) je situována v jiné oblasti než vsázky s přídávky hnědého uhlí (body s indexy 5, 7, 10 a 15 – ukazující podíl hnědého uhlí), viz obrázek 4. Vsázky s přídávky hnědého uhlí mají větší obsah zrna nad 4 a 8 mm a současně menší obsah zrna nad 0,2 mm.



Obr. 4 Porovnání granulometrické skladby vsázek
Fig. 4 Comparison of coal charge granular size distribution

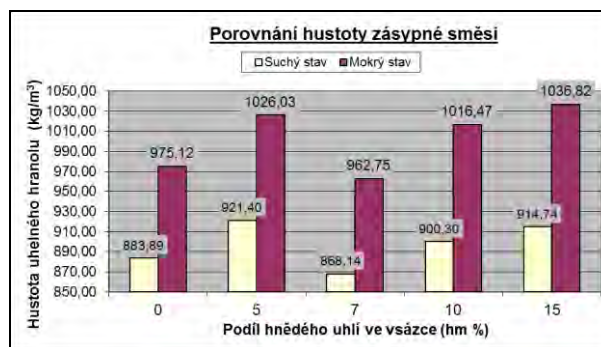
Dodatečně byly provedeny porovnávací analýzy granulometrické skladby vzorků zásypných směsí a hnědého uhlí. Porovnáním výsledků lze konstatovat, že hnědé uhlí má větší podíly zrna nad 1 a nad 2,5 mm a současně menší podíl zrna 0,2 a pod 0,2mm, viz obrázek 5.



Obr. 5 Porovnání granulometrické skladby provozních vsázek a hnědého uhlí
Fig. 5 Comparison of coal charge and brown coal granular size distribution

Pro srovnání hustoty upěchovaných uhelných hranolů byla provedena stanovení těchto hodnot u všech pýchování pokusných vsázek. S ohledem na složitost podmínek odběru vzorků je třeba výsledky hodnotit velmi opatrně. Příčinou změny hustoty upěchovaných uhelných hranolů jsou s největší pravděpodobností dříve popsané změny v granulometrické skladbě zásypných směsí. Na základě obr. 6 lze konstatovat, že ve většině případů došlo přidavkem hnědého uhlí do vsázky ke zvýšení hustoty upěchovaného hranolu.

Během provozních ověřování byly zjištěny problémy s manipulací u hnědého uhlí. Zvýšená prašnost způsobovala aktivaci závalových snímačů. Tyto problémy se týkaly manipulací s obsahem hnědého uhlí 7 hm% a více. Obdobně byly zjištěny také problémy během skládání tohoto uhlí.



Obr. 6 Porovnání hustoty zásypných směsí
Fig. 6 Comparison of density of coal charges

Zhodnocení vlivu přidavku hnědého uhlí na vybrané jakostní parametry vysokopecního koku

Provedené ověřování ukázalo, že koks vyrobený s přidavkem 5 hm% hnědého uhlí nezpůsobuje zhoršení parametrů M_{40} , CRI a A^d . Přidavek většího množství hnědého uhlí způsoboval zhoršení parametrů CSR, CRI a M_{10} , ale současně zlepšoval parametr M_{40} .

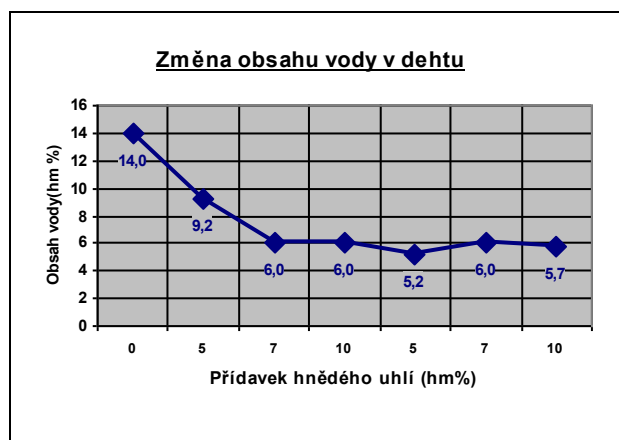
Zhodnocení vlivu přidavku hnědého uhlí na složení kapalných produktů

Analýzy vodných kondenzátů získaných při karbonizaci černouhelné vsázky a černouhelné vsázky s různými přidavky hnědého uhlí ukázaly, že tyto kondenzáty obsahují hlavně fenoly a jejich deriváty. Jejich koncentrace ve vodných kondenzátech s přidavkem hnědého uhlí ke koksované vsázce klesá. Naproti tomu koncentrace rozpuštěné elementární síry ve vodných kondenzátech s přidavkem hnědého uhlí stoupá, což je zřejmě dáno vyšším obsahem síry v hnědém uhlí.

Dále byly analyzovány také fenolčpavkové vody odebrané z místa před odháněčem (v tzv. korábu) a za odháněčem amoniaku. Jejich rozborom bylo zjištěno, že v odháněči dochází vlivem stripování vodní parou a vlivem alkalizace louhem sodným k rozkladu heterocyklických sloučenin obsahujících dusík a také k viditelné změně zbarvení fenolčpavkové vody. Ztmavnutí je způsobeno tvorbou rhodanidů, které barví vodu do červenohnědé barvy. Tvorba rhodanidů byla prokázána také úbytkem obsahu síry ve vodě za odháněčem ve srovnání s obsahem síry před odháněčem.

Vyhodnocením změn elementárního složení dehtu byl zjištěn statisticky významný nárůst obsahu uhlíku a současný pokles obsahů kyslíku a vodíku v dehtu vlivem přidavku hnědého uhlí do vsázky. Tato skutečnost je zároveň potvrzena obsahem vody v dehtu, viz obr. 7. Snížení obsahu vody v dehtu získaného při karbonizaci uhelné vsázky obsahující přídavek hnědého uhlí je patrně způsobeno tvorbou významného podílu alifatických uhlovodíků v těkavých produktech unikajících při zahřívání hnědého uhlí s nízkým stupněm aromaticity. Tyto alifatické uhlovodíky se pak navážou na polární organické látky černouhelného dehtu a zvýší povrchové napětí vůči molekulám vody, které se

tak z dehtu lépe oddělují do vodné vrstvy. Na podobném principu pracují i komerčně dostupné preparáty, které se používají ke snížení obsahu vody v černouhelném dehtu.



Obr. 7 Obsah vody v dehtu
Fig. 7 Contents of water in tar

Ekonomické zhodnocení přídavku hnědého uhlí

Provedená předběžná kalkulace výsledného vlivu přídavku hnědého uhlí do zásypné směsi na výrobu vysokopecního koksu ukazuje, že by mělo dojít ke zvýšení množství koksu cca o 0,6 hm%. Údaj je výsledkem dvou protichůdných jevů: snížení výroby 0,8 hm% vlivem vyššího obsahu prchavé hořlaviny ve vsázce a zároveň zvýšení výroby 1,4 hm% vlivem vyšší hustoty uhelného hranolu.

Kalkulované úplné vlastní náklady surového železa při použití vyrobených koksu během provozních testů by byly nejnižší při použití koksu vyrobeného z pokusné vsázky s maximálním přídavkem 5 hm% hnědého uhlí.

Závěr

Výsledky ověřování použití hnědého uhlí v provozní směsi potvrdily již dříve zjištěné skutečnosti v laboratorním měřítku, že přídavek 5 hm% tohoto uhlí nemá negativní vliv na kvalitu vyrobeného koksu a zároveň nedochází k podstatné změně jeho jakostních

parametrů. Vyšší přídavky hnědého uhlí zhoršují parametry CSR, CRI a M10 a naopak zlepšují parametr M₄₀.

Dále lze konstatovat, že nedochází ke snížení výroby koksu z titulu vyššího obsahu prchavých látek v hnědém uhlí v porovnání s tímto parametrem u zaměřovaného černého uhlí.

Vyšší hustota uhelného hranolu zvyšuje množství prosazené uhelné vsázky a tím dochází ke kompenzaci snížení výtěžků koksu.

Ekonomicky i technologicky se jeví nejvýhodnější varianta prosazení 5 hm% hnědého uhlí.

Některé výsledky získané při řešení projektu byly natolik významné, že jsou chráněny patenty a užitnými vzory (2–4).

Poděkování

Práce vznikla jako součást řešení projektu MPO TIP 2009 FR TII/170 „Výzkum a ověření možnosti použití hnědého uhlí pro výrobu vysokopecního koksu“. Autoři článku děkují MPO ČR za finanční podporu poskytnutou k řešení projektu.

Literatura

- [1] CZUDEK, S.; HERMANN, R.; CIAHOTNÝ, K.; ŠAFÁŘOVÁ, M. Výzkum a ověření možnosti použití hnědého uhlí pro výrobu vysokopecního koksu. *Hutnické listy*, 2010, roč. LXIII, č. 5, s. 4–7, ISSN 0018-8069
- [2] Způsob zvyšování kvality kapalných produktů vysokoteplotní karbonizace uhelné vsázky při výrobě koksu, český patent udělen 22. 8. 2012, č. 303381
- [3] Výroba vysokopecního koksu s přídavkem hnědého uhlí, patentová přihláška č. PV2011-389 podaná 29. 6. 2011, Mezinárodní přihláška PCT/CZ2012/000057 podaná 27. 6. 2012
- [4] CZUDEK S., HERMANN R., CIESLAR J., ŠKUTA Z., STONAWSKI J., KUBÍK L. Vsázka pro výrobu vysokopecního koksu, užitný vzor č. 24160, 2012

výroba oceli

Současný stav, vývoj a možnosti výroby nových typů nástrojových ocelí v TŽ, a.s.

Present Situation, Development and Possibilities for Production of New Types of Tool Steels in TŽ, a.s.



Ing. Bohuslav Chmiel¹



Ing. Jan Morávka, Ph.D.²



Ing. Tomáš Huczala¹

¹ TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Technologie a výzkum, Průmyslová 1000, 739 70 Třinec-Staré Město, Česká republika

² MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM, s.r.o., Ostrava, Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

Príspevek je venovaný informáci o vývoji a rozšírení sortimentu nástrojových ocelí v Třineckých železárnách a.s. Sortiment nástrojových ocelí tvoří dlouhé válcované výrobky nástrojových ocelí nelegovaných, uhlíkových a legovaných, s různým stupněm legování. S ohledem na požadavky zákazníků chceme do výrobního programu zařadit oceli subledeburitické s obsahem chromu 8 %, legované dalšími prvky, s nízkým obsahem síry a vysokou čistotou oceli. Podmínky v třinecké elektroocelárně jsou odlišné než v jiných ocelárnách, není zde pánvová pec, ale využívá se mimopecní zpracování VOD. Pozornost byla věnována vývoji technologie odsíření a současně byla mapována čistota oceli. Na vzorcích z vývalků bylo pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu provedeno hodnocení hustoty, velikosti a chemického složení oxidických vměstků u nástrojové oceli ČSN19569.

Klíčová slova: nástrojová ocel, chemický ohřev, vakuování, odsíření, analýza vměstků

The paper provides the information on the development and expansion of the portfolio of tool steels in Třinecké Železářny a.s. The tool steels are produced mainly in the electric steel plant with heat weight of 10 t. Since 1992, the electric steel plant uses the VOD equipment with a technology of chemical heating and vacuum for the production of ingot steels. The current range of products includes long rolled products of non-alloyed tool steels, carbon and alloyed steels, with varying degrees of alloying. With regard to the requirements of the customers we want to enrich the production program with sub-ledeburitic steels with chromium content of 8 %, alloyed by other elements, with low sulphur content and high purity of steel. The production program was previously complemented with steel ČSN 19569, which was verified in terms of the possibility of attainment of a low sulphur content. Furthermore, the level of inclusions was investigated using scanning electron microscope with a display in the ternary diagram. The issue of desulphurization is more complex in the conditions of an electric steel plant without a ladle furnace. The secondary processing at VOD facility generates oxidic phases in the slag during chemical heating (major share of Al_2O_3), which limit the possibility of deep desulphurization.

Therefore, the desulfurization is performed at electric arc furnace and slag off from ladle after tapping was gradually included. This procedure would increase the proportion of melts with sulphur content below 0.005%. This technology was studied in 130 heats in terms of density, frequency and chemical composition of the oxide inclusions

in the final rolled products. It was discovered that the purity of steel with this technology is of good standard. The highest number of inclusions had the size up to 2 μm .

Key words: tool steel, chemical heating, vacuum treatment, desulphurization, inclusions analysis

Výroba nástrojových ocelí v Třineckých železárnách prošla svým vývojem. Co se týče ocelářské výroby, jsou tyto oceli vyráběny převážně na elektroocelárně, kde je hmotnost tavby 10 t. Vzhledem k velkým objemům některých značek jsou tyto i z ekonomického hlediska v posledních letech vyráběny na konvertorech s následným mimopecním zpracováním. Zde je hmotnost tavby 180 t a jedná se o značky ocelí 90MnCrV8 dle EN ISO 4957 (W.Nr. 2842) a 31CrV2 (W.Nr. 1.2208).

Třinecká elektroocelárna byla v roce 1989 vybavena mimopecním zařízením VOD pro výrobu vysocelovaných nerezavějících ocelí. Již od roku 1992 se začalo zařízení využívat i pro vybrané oceli jako např. pro vojenský a ložiskový průmysl kde již v té době byly nároky na ocel nejvyšší. Počáteční technologie prostého vakuování byla postupně zdokonalena na komplexní technologii chemického ohřevu a vakuování, která se využívá dodnes. Postupně se tedy sortiment vakuované oceli rozšířil nejen o nástrojové oceli, ale o veškerou ingotovou ocel z této malé elektroocelárny.

1. Současný sortiment nástrojových ocelí v TŽ, a.s.

Technologie vakuování s sebou přinesla vyšší kvalitativní parametry, vyšší výroby a současně byl zaznamenán zvýšený zájem o nové (výšelegované) nástrojové oceli. Na elektroocelárně bylo již v této době možné vyrábět široký sortiment nástrojových ocelí včetně ocelí *ledeburitických*. Problém byl s ošetřením ingotů, protože nebyla možnost je řízeně vychlazovat tak, aby nevznikly napěťové trhliny.

Prvním krokem bylo vytvoření termoboxu pro vychlazování ingotů na elektroocelárně, následovalo vybudování termoboxů pro krátké sochory pro střední trať a pro dlouhé sochory pro kontijemnou a kontidráťovou trať. Termoboxem byla vybavena i univerzální trať v Bohumíně pro vychlazování široké ploché oceli. Sortiment nástrojových ocelí se tímto rozšířil o oceli s 5 % Cr typu ČSN 19569, ČSN 19552, nebo oceli s obsahem Cr a Mo 3 %, které je možno válcovat na všech třineckých finálních tratích. Přehled typických vyráběných značek nástrojových ocelí je uveden v tabulce 1.

Tab. 1 Přehled typických nástrojových ocelí vyráběných v Třineckých železárnách a.s.

Tab. 1 Overview of typical tool steels manufactured in Třinecké železářny, a.s.

Skupina ocelí			Typické značky			Směrné chemické složení v hm. %						
			~ ČSN	W.Nr.	Označení	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	jiné
Nástrojové oceli (ČSN EN ISO 4 957)	Pro práci za studena	Nelegované	-	1.1730	C45U až C120U	0,42 až 1,25	0,25	0,20				
		Uhlíkové	19312	-	80Mn2V	0,80	2,00	0,30				V
			19221	-	TP118	1,15	0,25	0,20				
		Legované	-	1.2842	90MnCrV8	0,90	2,00		0,30			V
			19614	1.2718	55Ni2CrV	0,55	0,55	0,30	0,75	1,65	0,45	V
			19452	-	T60V	0,58	0,80	1,70	0,85			
			19732 19733	1.2542	T45W, T55W	0,50	0,30	1,00	1,00			W
			-	1.2550	60WCrV7	0,60	0,30	0,60	1,05			W, V
			-	1.2419	105WCr6	1,05	1,00	0,25	1,00			W
			-	1.2510	100MnCrW4	1,00	1,10	0,25	0,60			W, V
			19422	-	T145CrV	0,43	0,55	0,30	1,65			V
	Pro práci za tepla	Legované	19552	1.2343	37Cr5MoV, X38CrMoV5-1	0,38	0,40	1,00	5,00		1,25	V
			19554	1.2344	X40CrMoV5-1	0,40	0,40	1,00	5,00		1,25	V
			19541	1.2365	32Cr3Mo3V	0,32	0,35	0,50	3,00		3,00	V
			19663	1.2714	55Cr1NiMoV	0,55	0,70	0,45	1,10	1,70	0,40	V
			19675	1.2740	29Ni2CrMoV	0,29	0,35	0,45	0,70	2,50	0,80	V
			19678	-	29CrNi4Mo	0,29	0,35	0,30	0,70	4,30	1,40	
			19569	1.2362	63Cr5MoV	0,63	0,40	0,90	5,00		1,00	V
	Pro výrobu forem	-	1.2311	40CrMnMo7	0,40	1,45	0,30	2,00		0,20		
		-	1.2312	40CrMnMoS8-6	0,40	1,50	0,40	1,90		0,20	S	

Tab. 2 Některé oceli subledeburitické
Tab. 2 Some sub-ledeburitic steels

Ocel	W.Nr.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	W	V
X63CrMoV5-1(ČSN19569)	1.2362	0,58-0,68	0,25-0,55	0,70-1,10	max. 0,030	max. 0,035	4,5-5,5	0,80-1,20	max. 0,60	0,20-0,40
X100CrMoV5	1.2363	0,95-1,05	0,40-0,80	0,10-0,40	max. 0,030	max. 0,030	4,80-5,50	0,90-1,20	-	0,15-0,35
X50CrMoW9-1-1	1.2631	0,45-0,55	0,40-0,60	0,80-1,00	max. 0,035	max. 0,035	8,00-9,00	1,10-1,30	1,10-1,30	-
X48CrMoV8-1-1	1.2360	0,45-0,50	0,35-0,45	0,70-0,90	max. 0,020	max. 0,005	7,30-7,80	1,30-1,50	-	1,30-1,50
TŽ-48Cr8MoV		0,48-0,55	0,30-0,55	0,80-1,10	max. 0,025	max. 0,015	7,60-8,40	1,30-1,70	-	0,30-0,55

2. Nové směry výroby v TŽ, a.s.

S ohledem na nové požadavky našich odběratelů a potencionálních zákazníků je našim cílem rozšíření stávajícího sortimentu nástrojových ocelí o tzv. subledeburitické oceli, určené zejména pro výrobu nožů pro zpracování dřeva.

Jedná se o skupinu ocelí určenou pro práci za studena s vyššími obsahy chromu, legované dalšími prvky (Mo, V, W). Dle ČSN to dříve byly oceli ČSN19559, 19569 a 19571. V současné době jsou to oceli normované, nebo nenormované s vlastním značením jednotlivých výrobců s drobnými úpravami chemického složení pro dosažení vhodných užitných vlastností. Příklad některých značek je uveden v tabulce 2.

Výroba některých těchto ocelí již byla v minulosti ověřována, ale nebyla zavedena do běžné výroby. Hlavním důvodem byl vznik *napětových trhlin* předvalků po odvalcování z ingotů. Tyto oceli vyžadují velice pomalé vychlazování, které nebylo možno vždy dostatečně zajistit s pomocí stávajících vychlazovacích zařízení. Z tohoto důvodu byly zahájeny přípravné práce pro jejich rekonstrukci.

3. Vývoj a hodnocení technologie

Technologie výroby na elektroocelárně spočívá v tavení kovové vsázky na elektrické obloukové peci, následuje oxidační, redukční fáze a odpich. V redukční fázi probíhá i odsíření a dolegování chemického složení na požadované hodnoty. Jelikož elektroocelárna není vybavena pánvou pecí, je po odpichu tavba přemístěna na zařízení mimopecního zpracování VOD, kde je v první fázi proveden chemický ohřev a následuje vakuování a dohotovení tavby.

V oblasti technologie výroby oceli a lití došlo v posledních letech ke značnému posunu. Nejvýznamnější byl vývoj nových kokil [1,2], kde se potvrdily výborné kvalitativní parametry oceli ČSN19569 ve finálních vývalcích.

Jelikož subledeburitická ocel ČSN19569 se vyrábí ve větších objemech, stala se ideální ocelí pro ověření vlivu technologických parametrů výroby na kvalitativní

vlastnosti. Zkoumané parametry - mikročistota, velikost a složení vměstků, mechanické vlastnosti ve vztahu k technologickému postupu mají obecnou platnost a hlavně platnost pro příbuzné subledeburitické oceli, které chceme zavést do výrobního programu.

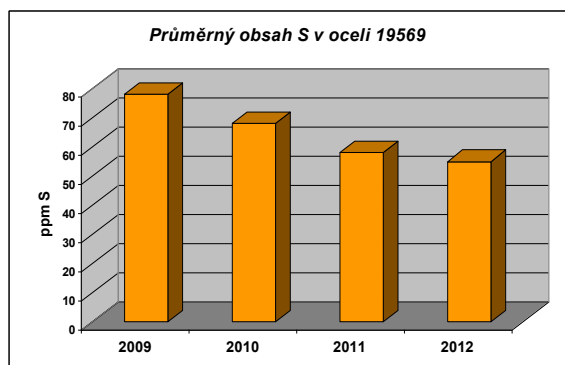
3.1 Problematika odsíření

V podmínkách třinecké elektroocelárny byly zjišťovány možnosti odsíření pod hodnoty 0,005 %, jak je tomu u renomovaných výrobců oceli. Ze strany odběratelů se tyto požadavky objevují a např. subledeburitická ocel 1.2360, X48CrMoV8-1-1 má již v normě obsah síry max. 0,005 %.

Na tavných nástrojové oceli ČSN19569 byla provedena analýza chování síry při výrobě tekuté oceli. Bylo zjištěno, že obsah síry (jestliže je vytvořena správná redukční struska) během odpichu z EOP klesne pod hodnoty 0,005 %, ale protože síra zůstává ve strusce, je při sekundárním zpracování na VOD zpětně redukována ze strusky do oceli.

Během sekundárního zpracování na VOD je několik důležitých fází, během kterých dochází ke změně chemického složení: ohřev, dezoxidace kovu, redukce strusky, vakuování, dohotovení. Během ohřevu dochází k reakci $2Al + 3/2O_2$ za vzniku Al_2O_3 , který přechází do strusky, který ve strusce tvoří většinový podíl a tvoří základ struskového režimu během celého zpracování. Dále vznikají oxidické fáze prvků s vysokou schopností reagovat s kyslíkem (Fe, Mn, Cr, Si). Vzniklé oxidy typu FeO, MnO a Cr_2O_3 jsou po ohřevu redukovány zpět na Fe, Mn, Cr. Tato fáze výroby je základním rozdílem oproti tavení na pánvou peci, kde je po celou dobu zpracování redukční struska.

Proto bylo přistoupeno ke *stahování pecní strusky* před VOD a k *úpravě chemického složení strusky*. Nevýhodou při stahování strusky je obnažení lázně, čímž dochází ke zvýšení tepelných ztrát během doby, než je pánve přepravena na VOD. Pro eliminaci tepelných ztrát se provádí *přísada syntetické strusky*. Tímto způsobem se podařilo zvýšit podíl taveb s obsahem síry pod 0,005 %. Trend dosažených průměrných obsahů síry dokumentuje obr. 1.

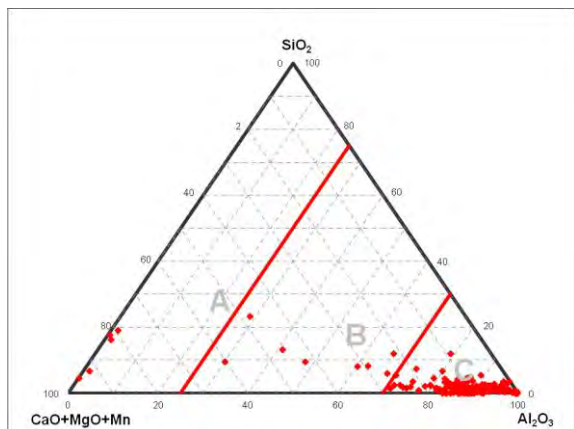


Obr. 1 Trend průměrného obsahu síry
Fig. 1 Trend in average sulphur content

3.2 Hodnocení čistoty oceli

Pro hodnocení mikročistoty oceli a dalších parametrů byly z vývalků – široké ploché oceli odebrány vzorky. Po zanalyzování 130 vzorků (taveb) na rastrovacím elektronovém mikroskopu jsme dostali informaci o úrovni znečištění oceli ČSN19569.

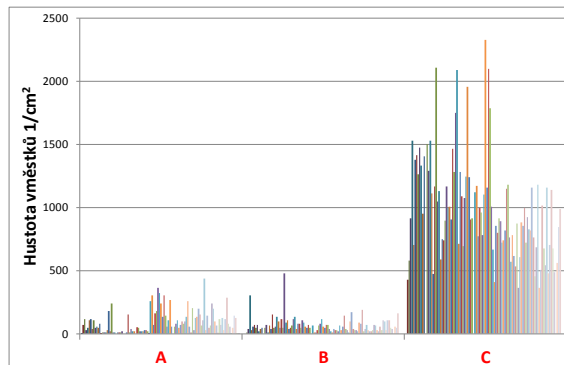
Byla hodnocena hustota, velikost a složení oxidických vměstků. Oxidické vměstky byly pro každý vzorek (tavbu) vyneseny do *ternárního diagramu*. Příklad ternárního diagramu je na obr. 2.



Obr. 2 Příklad zobrazení oxidických vměstků v ternárním diagramu
Fig. 2 Example of oxide inclusions in the ternary diagram

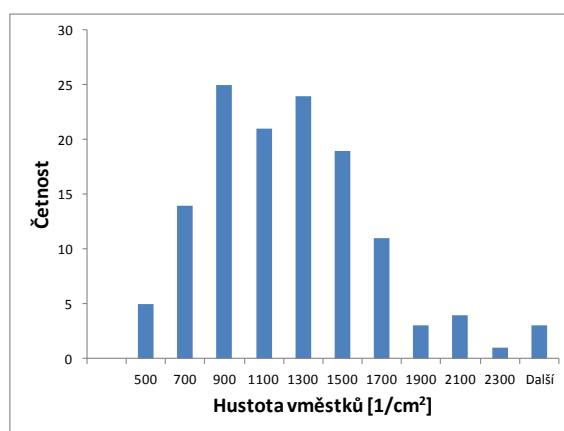
Ternární diagram poskytuje základní informaci o hustotě vměstků podle chemického složení. Diagram je navíc rozdělen dle chemického složení do tří skupin A, B, C.

Na obr. 3 je zobrazení hodnot hustoty vměstků v oblasti A, B, C ternárního diagramu. Průměrně se v oblasti A vyskytuje 8,5 % vměstků, v oblasti B 5,5 % a v oblasti C 86 % vměstků. Jedná se tedy vesměs o vměstky typu Al_2O_3 .



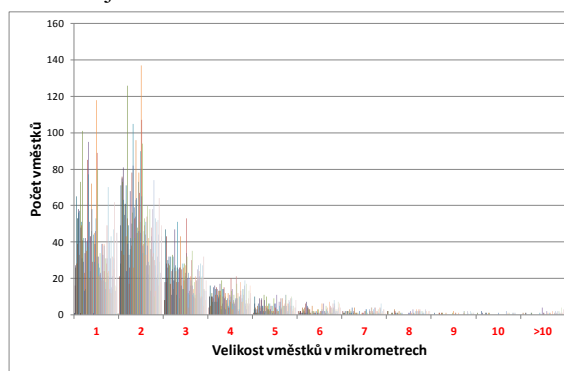
Obr. 3 Hustota vměstků v oblastech A, B, C ternárního diagramu
Fig. 3 Density of inclusions in the areas A, B, C, of the ternary diagram

Rozložení průměrné četnosti oxidických vměstků v tavbách je zobrazeno na obr. 4.



Obr. 4 Četnost hustoty oxidických vměstků
Fig. 4 Frequency of density of oxide inclusions

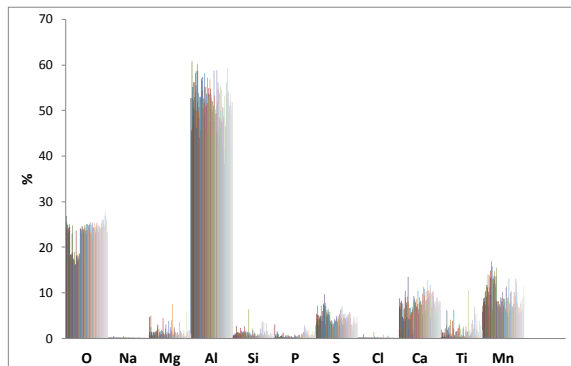
Dále byla podrobněji analyzována velikost vměstků. Nejčetnější byly malé vměstky o velikosti do 2 μm , naopak nejméně četné byly velké vměstky o velikosti 9 $\div$ 10 μm a nad 10 μm . Počet oxidických vměstků podle velikosti je uveden na obr. 5.



Obr. 5 Počet oxidických vměstků podle velikosti
Fig. 5 Number of oxide inclusions by size

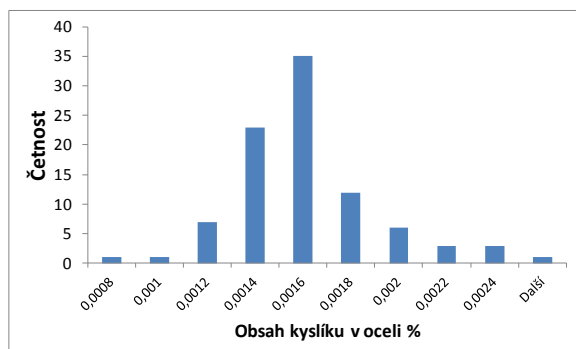
Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu bylo vyhodnoceno i *složení vměstků* vzorků z taveb – viz obr. 6. Vysoký obsah hliníku potvrzuje převahu Al_2O_3 jelikož je ocel dezoxidována hliníkem a rovněž chemický ohřev na zařízení VOD je na bázi hliníku. Obsah hliníku v této oceli je v průměru 0,025 %.

Lze konstatovat, že zjištěné vměstky mají v oceli velmi malou velikost a dle prvních výsledků *statistické analýzy* byl zjištěn i částečný vliv velikosti, hustoty a chemického složení na vrubovou houževnatost po různém tepelném zpracování vzorků jednotlivých taveb.



Obr. 6 Chemické složení vměstků
Fig. 6 Chemical composition of inclusions

Dále pro úplnost byl formou histogramu vyhodnocen *obsah kyslíku* v pevných vzorcích odválcované ploché oceli – obr. 7. Průměrná hodnota je 0,0016 %, což vzhledem k technologii výroby, která spočívá v chemickém ohřevu na bázi kyslíku, považujeme za hodnotu nízkou.



Obr. 7 Četnost výskytu kyslíku v oceli
Fig. 7 Oxygen occurrence frequency in steel

Závěr

Třinecké železářny, a.s. jsou jediným výrobcem dlouhých válcovaných výrobků z nástrojových ocelí v ČR. Vyráběný sortiment byl charakterizován v úvodu. S ohledem na požadavky našich zákazníků se postupně vytvářejí podmínky pro rozšiřování a zkvalitňování tohoto sortimentu.

Úpravami ocelářské technologie se i bez pánvové pece dosahuje u nástrojové oceli ČSN19569 obsahu síry pod 0,005 %, což dává předpoklad pro dosažení nízké síry i u ostatních *subledeburitických ocelí*, které chceme zařadit do výrobního programu.

Bylo zjištěno, že čistota oceli i bez pánvové pece je na dobré úrovni. Největší počet vměstků je o velikosti do 2 μm . Vměstky jsou vzhledem k použité technologii hlavně na bázi Al_2O_3 .

Zjištěné parametry jsou dále porovnávány s parametry procesu výroby oceli a s mechanickými vlastnostmi v konečném odválcovaném produktu, a budou sloužit pro další zkvalitňování výrobního procesu a k úsporám nákladů.

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu MPO FR-TI3/373.

Literatura

- [1] CHMIEL, B.; HUCZALA, T.; MORÁVKA, J.; KREJČÍK, J.; VRÁBEL, P. Výroba nástrojových ocelí v Třineckých železárnách, a.s. pro průmyslové nože na dřevo. Hutnické listy, 2010, roč. LXIII, č. 5, s. 27-31, ISSN 0018-8069
- [2] HUCZALA, T.; CHMIEL, B.; MICHALEK, K.; VRÁBEL, P. Využití software MAGMASoft pro návrh geometrie ocelářských kokil a optimalizaci procesu lití a tuhnutí. Hutnické listy, 2009, roč. LXII, č. 5, s. 87-93, ISSN 0018-8069

Investice v kovárně hliníku

<http://forgingmagazine.com/materialsmro/kobe-steel-operation-cast-aluminum-bars?NL=FORG-01>

Japonská společnost Kobe Steel Ltd. má dceřinou firmu Kobe Aluminum Automotive Products LLC (KAAP), která provozuje kovárnu hliníku v Bowling Green ve státě Kentucky. V tomto závodě byla zahájena montáž linky na odlévání hliníkových tyčí. Investiční náklady jsou plánovány ve výši 11 mil. USD. Linka by měla začít pracovat v srpnu 2013. Odlévané tyče budou výchozím materiálem pro kování součástí pro klimatizační jednotky v osobních automobilech. Podobnou linku již společnost Kobe Steel Ltd. v Japonsku v závodě Chofu Works v Shimonoseki provozuje. Odlité tyče rovněž slouží pro kování dílů kompresorů pro klimatizačních jednotkách.

Závod KAAP začal pracovat s jedním lisem 63 MN. Dnes zde pracují 4 lisy. Nová linka pro lití tyčí se bude na ploše 3 600 m^2 v blízkosti stávajících provozů. Bude obsahovat tavicí pec, udržovací pec, horizontální lící stroj, homogenizační pec, válečkovou rovnačku a loupací a kontrolní linku. Počáteční výrobnost bude 4000 t/r. Na lince bude pracovat 15 osob.

LJ

výroba trubek

Využití oceli 15NiCuMo5-6-4 při výrobě bezešvých trubek

Using of 15NiCuMo5-6-4 Steel for Producing of Seamless Tubes



Ing. Petr Unucka, Ph.D.¹



Ing. Rostislav Turoň²



Ing. Magdalena Šmátralová, Ph.D.¹



Ing. Tomáš Huczala²

¹ MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

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

Ocel typu 15NiCuMoNb5-6-4 (W. Nr. 1.6368) je nízkolegovaná žárupevná ocel původně německé provenience. Hlavní legury jsou měď, nikl, molybden a mikrolegura niob. Podle EN 10216/2: 2002 (Seamless steel tubes for pressure purposes. Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties) je označována 15NiCuMoNb5-6-4, podle německé normy DIN pak WB36. Tato ocel patří k nejrozšířenějším, celosvětově používaným konstrukčním materiálům v kategorii nízkolegovaných svařitelných ocelí pro plechy a trubky těles parních kotlů velkých výkonů. Konkrétně se využívá pro konstrukci vysokotlakých a teplovodních částí parních generátorů, tedy pro dlouhodobé exponování při provozních teplotách 300 až 340 °C. Znalost vztahů mezi deformačním chováním, mikrostrukturním složením a ostatními parametry procesu tváření oceli umožňuje lépe reagovat na odstranění případných výrobních problémů.

Klíčová slova: bezešvé trubky, deformační chování, nízkolegovaná žárupevná ocel.

Steel-type 15NiCuMoNb5 6-4 (W. Nr 1.6368) is low alloy creep resistant steel originally of German origin. Main alloys are copper, nickel, molybdenum and niobium. According to standard EN 10216/2: 2002 (Seamless steel tubes for pressure Purposes. Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties) is called 15NiCuMoNb5-6-4, according to the German standard than DIN WB36. This steel is one of the most widened, all over a world used construction materials in the category of low-alloy weldable steel for plates, pipes and radiators steam boilers high power. Specifically, the design uses high-pressure steam and hot water generators parts, i.e. for long-term exposure at temperatures of 300-340 °C. Knowledge of the relationship between the deformation behavior, microstructural composition and other parameters of the forming processes to better respond to the elimination of potential production problems. Determination of the basic deformation behavior of 15NiCuMo5-6-4 steel in the temperature range from 850 to 1250 °C for four strain rate (0.01 / 0.23 / 0.46 / 2.30 s⁻¹) was carried out under the project FR-TI3/374 MPO ČR. Furthermore, a mathematical model of dynamic recrystallization of the steel was generated. At the same time for several heats of 15NiCuMoNb5-6-4 steel were experimentally detected CCT diagrams. An analysis of the cooling process rolled tube during its heat treatment was carried out in the framework of numerical simulation in the FORGE software and the results were compared with experiments. The seamless tubes are producing by Mannesmann process in company TZ, a. s. in Ostrava. That process is composed of cross-roll piercing and after that pilgrim rolling process.

Key words: seamless tube, deformation behavior, low alloyed creep resistant steel.

Ocel typu 15NiCuMoNb5-6-4 (W. Nr. 1.6368) je nízkolegovaná žárupevná ocel původně německé provenience. Hlavní legury jsou měď, nikl, molybden a mikrolegura niob. Podle EN 10216/2: 2002 (Seamless steel tubes for pressure purposes. Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties) je označována 15NiCuMoNb5-6-4, podle německé normy DIN pak WB36. Tato ocel patří k nejrozšířenějším, celosvětově používaným konstrukčním materiálům v kategorii nízkolegovaných svařitelných ocelí pro plechy a trubky k výrobě těles parních kotlů velkých výkonů. Konkrétně se využívá pro konstrukci vysokotlakých a teplovodních částí parních generátorů, zahrnujících kotlové bubny a systémy pro napájení vody, komory, separátory a někdy také pláště vysokotlakých přehříváků. Rámcové chemické složení uvádí tab. 1 [1].

Tab. 1 Rámcové chemické složení oceli 15NiCuMoNb5-6-4
Tab. 1 General chemical composition of steel 15NiCuMoNb5-6-4

hm.%	C	Mn	Si	Cu	Ni	Mo
min.	-	0,80	0,25	0,50	1,00	0,25
max.	0,17	1,20	0,50	0,80	1,30	0,50
	Nb	P	S	Cr	Al	N
min.	0,015	-	-	-	-	-
max.	0,045	0,025	0,010	0,3	0,015	0,02

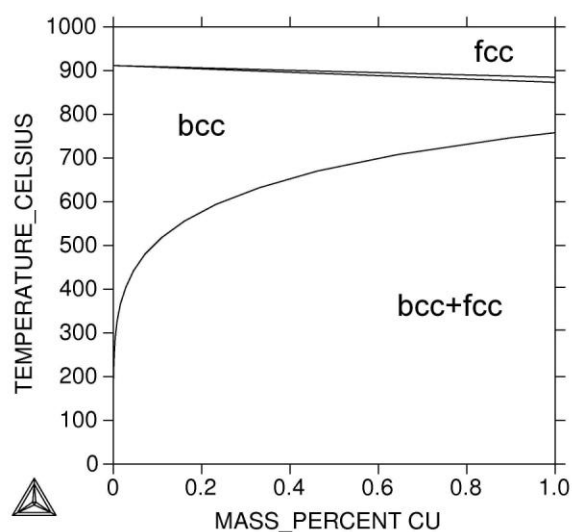
Norma EN 10216/2: 2002 pro tloušťku stěny do 60 mm určuje hodnoty meze pevnosti 610 – 780 MPa, meze kluzu pro tloušťky do 40 mm pak 460 MPa a pro tloušťky 40-60 mm 440 MPa. Hodnota nárazové práce pro -20 °C dosahuje hodnot 27 J, pro 0 °C 34 J a pro +20 °C 40 J, minimální tažnost 16 % [1].

Konvenční elektrárny používají tento materiál při provozních teplotách až 450 °C, zatímco jaderné elektrárny v Německu především pro potrubí při provozní teplotě pod 300 °C a v některých výjimečných případech tlakových nádob do 340 °C. Po dlouhodobém provozu v trvání 90 000 až 160 000 hod. bylo zjištěno poškození v potrubních systémech a v jednom případě u tlakové nádoby konvenčních elektráren. Ve všech případech se provozní teplota pohybuje mezi 320 a 350 °C. Právě u těchto poškození byl zaznamenán posun přechodové teploty k vyšším teplotám.

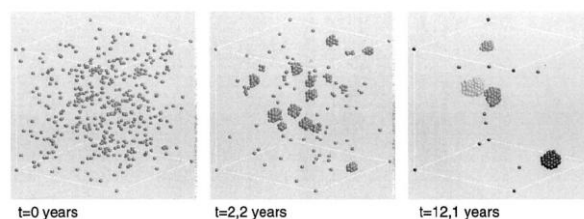
Podle binárního fázového diagramu Fe-Cu (obr. 1) je zřejmé, že ocel tepelně zpracovaná při teplotách 550 až 650 °C by neměla obsahovat žádnou rozpuštěnou měď. Podle [2] však tato ocel žíhána v tomto teplotním intervalu obsahuje detekovatelná množství mědi rozpuštěné v tuhém roztoku. Během provozu při teplotách nad 320 °C pak dochází k precipitaci částic mědi a může nastat nežádoucí zvýšení tvrdosti a snížení houževnatosti (obr. 2). Velikost částic mědi se pohybuje v rozmezí od 2 do 20 nm. Bylo prokázáno, že má tři různé krystalové struktury, a to podle velikosti částic: kubickou prostorově centrovanou mřížku (jako okolní matrice) pro částice do 6 nm, kubickou plošně centrovanou mřížku (jako čistá měď) nad 20 nm a v rozmezí 6 až 20 nm přechodovou strukturu. Částice v

rozmezí 6 až 20 nm tvoří asi 50 % všech částic a svým rozměrem narušují okolní matrici vyvolávají mikronapětí. Při průchodu dislokace těmito částicemi dochází k jejich brzdění, ale nedojde k úplnému zablokování pohybu dislokace a tyto částice tak výrazně přispívají ke zpevňování této oceli (precipitační zpevnění). Procesu precipitace Cu částic v těchto ocelích se zabývala řada autorů, kdy na základě experimentálních výsledků byl precipitační proces numericky simulován např. metodou Monte-Carlo, obr. 2 [3].

Obecně se předpokládá, že vysoký obsah mědi a přísadových prvků typu Sn, Sb a As má nepříznivý vliv na tvařitelnost a projevuje se náchylností oceli k trhlinám za tepla (900 až 1150 °C).



Obr. 1 Řez binárním rovnovážným diagramem Fe-Cu do 1 hm. % Cu
Fig. 1 Binary equilibrium diagram of Fe-Cu up to 1 wt. % Cu



Obr. 2 Výsledky simulace formování a růstu precipitátů mědi pro teplotu 350 °C (atomy železa nejsou znázorněny) v čase 0/2,2/12,1 let; částice mají v konečném čase velikost asi 2 nm [3].

Fig. 2 Results of a Monte Carlo simulation on formation and growth of copper precipitates (only the copper, not the iron atoms are shown) at time 0/2, 2/12, 1 years after the particles have a size of about 12 years of 2 nm [3].

Samotná výroba bezešvých trubek na dvou tratích tzv. „Velký Mannesmann“ a „Malý Mannesmann“ v provozu Válcovny trub v TRINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH, a. s. sestává ze dvou samostatných, ale technologicky na sebe navazujících tvářecích operací. První je děrování axiálním válcováním mezi dvěma válci a druhá operace je válcování na poutnické stolici. Každá z těchto operací je charakteristická jinými podmínkami tváření, a tedy vyžaduje i jiný přístup.

Deformační chování oceli 15NiCuMo5-6-4

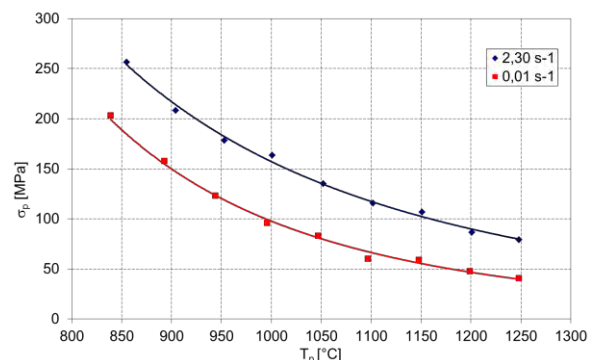
Pro samotnou výrobu bezešvých trubek je důležitá znalost deformačního chování při konkrétních deformačních parametrech.

V rámci výzkumu deformačního chování oceli 15NiCuMoNb6-5-4 při tváření za tepla byly provedeny zkoušky na univerzálním torzním plastometru SETARAM-VÍTKOVICE. Na tomto plastometru lze provádět zkoušení v tzv. klasickém programu, který představuje soubor nepřerušovaných zkoušek krutem. Tyto zkoušky jsou prováděny za účelem experimentální analýzy vlivu termomechanických a metalurgických činitelů, zejména teploty, velikosti a rychlosti deformace, na přirozené deformační odpory (PDO), resp. tvařitelnost zkoumaných materiálů a stanovení matematických popisů kinetiky dynamické rekrytalizace [4]. V tomto případě byla provedena analýza deformačního chování včetně ověření vlivu předehřevu na napěťově-deformační charakteristiky oceli.

Pro stanovení optimální tvářecí teploty byly provedeny nejprve krutové zkoušky bez předehřevu v oblasti teplot 1150 až 1350 °C při deformační rychlosti 2,3 s⁻¹. Zkušební tyče pro plastometr byly vyrobeny z ingotu, čili z materiálu s lící a nehomogenní strukturou.

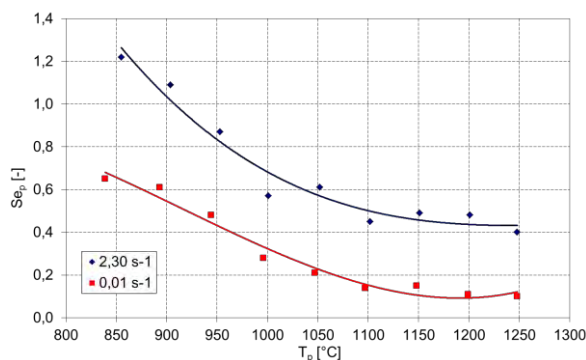
Pro studium deformačního chování a tvařitelnosti byla následně provedena série krutových zkoušek se zvolenou teplotou předehřevu 1250 °C za různých deformačních teplot v rozmezí 850 až 1250 °C. Za účelem sledování vlivu rychlosti deformace na deformační chování byly experimenty provedeny pro různé deformační rychlosti, a to 0,01/0,23/0,46/2,30 s⁻¹.

Z provedených krutových zkoušek bez předehřevu byla získána data identifikující parametry deformačního chování oceli za vysokých teplot, včetně matematického modelu pro popis počátku dynamické rekrytalizace. Obr. 3 až 5 představují základní závislosti deformačního chování oceli 15NiCuMoNb5-6-4 na teplotě, pro příklad jen pro dvě rychlosti deformace 0,01 a 2,3 s⁻¹ [5].

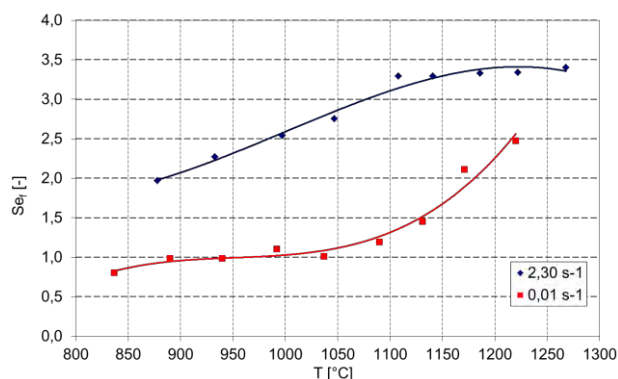


Obr. 3 Závislost maximálního napětí na teplotě pro dvě rychlosti deformace.

Fig. 3 Maximum stress dependence at temperature for two strain rate.



Obr. 4 Intenzita deformace na piku v závislosti na teplotě.
Fig. 4 Temperature relation of peak deformation.



Obr. 5 Teplotní závislost intenzity deformace do lomu.
Fig. 5 Temperature relation of strain to fracture.

Z experimentálních výsledků byla provedena matematická specifikace dynamické rekrytalizace, a to její začátek definovaný tzv. napěťovým píkem, který je charakterizován dosažením maxima na křivce napětí-deformace. Následně byly vygenerovány konstanty matematického modelu dynamické rekrytalizace oceli 15NiCuMoNb5-6-4 v programu ENERGY (bližší specifikace použitého modelu dle [4]). Pro stanovení aktivací energie dynamické rekrytalizace byl použit následující model:

$$\dot{\epsilon} = C \cdot \exp\left[-\frac{Q}{R \cdot T}\right] \cdot [\sinh(\alpha \cdot \sigma_{\max})]^n,$$

kde $\dot{\epsilon}$ je deformační rychlost [s⁻¹], C [s⁻¹], α [MPa] a n [-] jsou materiálové konstanty, R je molární plynová konstanta (8,314 J/mol K), T je teplota deformace [K] a $\sigma_{\max}$ [MPa] je maximální napětí (maximální deformační odpor) odpovídající pikové deformaci.

Znalost aktivací energie umožňuje stanovit tzv. Zener-Hollomonův parametr Z jako:

$$Z = \dot{\epsilon} \cdot \exp\left(\frac{Q}{R \cdot T}\right).$$

Velikost maximálního napětí $\sigma_{\max}$ a deformace odpovídající piku e_p je dána následujícími vztahy:

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{\alpha} \cdot \arg \sinh^n \sqrt{\frac{Z}{C}},$$

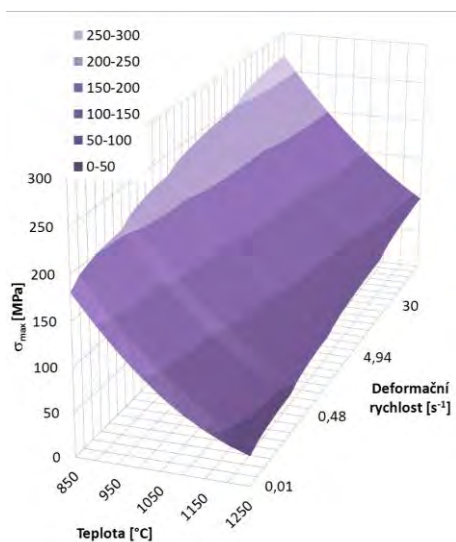
$$e_p = U \cdot Z^W,$$

kde U [-] a W [-] jsou materiálové konstanty. Hodnoty jednotlivých materiálových konstant pro ocel 15NiCuMoNb5-6-4 uvádí tab. 2.

Tab. 2 Materiálové konstanty pro ocel 15NiCuMoNb5-6-4
Tab. 2 Material constants of 15NiCuMoNb5-6-4 steel

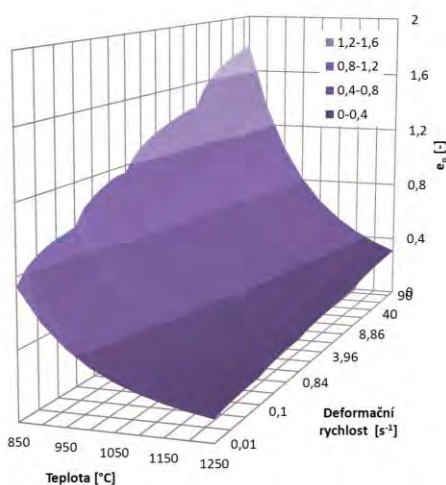
Q	657 000	[J/mol]
n	7	[-]
α	0,01464	[1/MPa]
C	4,35E+22	[1/s]
U	0,00144	[-]
W	0,095	[-]

Následně byly zkonstruovány 3D mapy znázorňující závislosti maximálního deformačního odporu a intenzity deformace v piku na teplotě a rychlosti deformace (obr. 6 a 7).



Obr. 6 Závislost maximálního deformačního odporu na teplotě a deformační rychlosti

Fig. 6 Dependence of the maximal flow stress on the temperature and on the strain rate



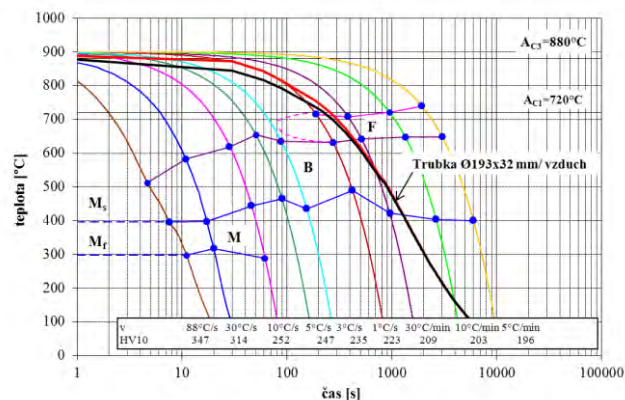
Obr. 7 Závislost intenzity deformace na piku na teplotě a deformační rychlosti

Fig. 7 Dependence of the peak strain on the temperature and on the strain rate

Z hlediska tvařitelnosti se jeví jako nejvhodnější oblast tváření v rozmezí teplot 1200 až 1250 °C. V této teplotní oblasti má ocel 15NiCuMoNb5-6-4 výbornou tvařitelnost, malé deformační odpory a vykazuje nejrychlejší nástup dynamické rekrystalizace (obr. 3 až 5). Pro ohřev pak lze doporučit horní mez z těchto teplot, tedy 1250 °C. Při vyšších teplotách, kolem 1300 °C, už může docházet ke hrubnutí zrna či natavování hranic zrn, ale především k tvorbě vrstvy CuO_2 pod vrstvou oxidů železa na povrchu předvalku, což může být příčinou vzniku podélných povrchových trhlin. Doporučuje se tedy snížit možnost oxidace povrchu při ohřevu této oceli použitím méně oxidační až neutrální pecní atmosféry a omezit dobu výdrže na teplotách 1150 až 1200 °C, popř. pro oceli s vyšším obsahem $\text{Cu}+\text{Sn}$ volit teploty ohřevu nižší (1100 až 1150 °C).

Fázové přeměny při ochlazování z oblasti austenitu

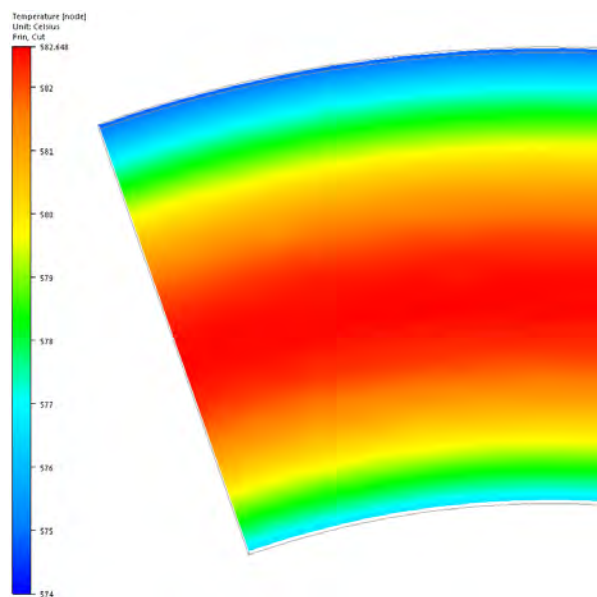
Stanovení teplot fázových přeměn bylo provedeno na kalicím dilatometru DIL805 absolutní metodou (přímé snímkování délkové roztažnosti vzorku v závislosti na teplotě). Zároveň byly stanoveny teploty přeměn A_{c1} a A_{c3} . Pro stanovení teplot přeměn byla použita rychlost ohřevu a ochlazování podle normy DIN 17014-3, a to 3 °C/min. z teploty austenitizace 1000 °C s výdrží 30 min. na teplotě. Na základě znalosti teploty A_{c3} byla zvolena teplota austenitizace vzorků 900 °C. Výsledný ARA diagram je uveden na obr. 8.



Obr. 8 ARA diagram oceli jakosti 15NiCuMoNb5-6-4, austenitizace 900°C/30min.

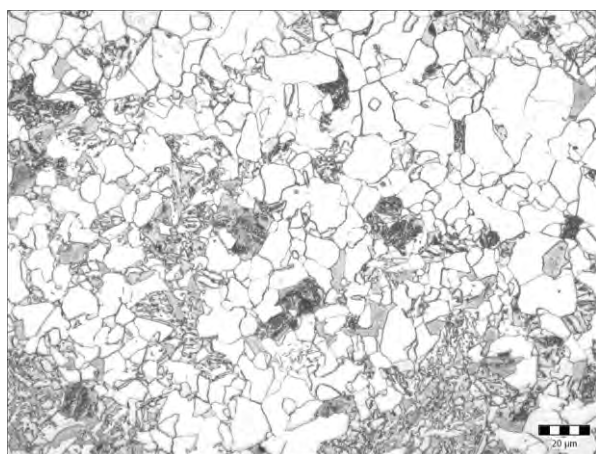
Fig. 8 CCT diagram of steel 15NiCuMoNb5-6-4, austenitization at 900°C/30 min.

Pro trubku o rozměrech Ø 193x32 mm byl v simulačním programu FORGE proveden výpočet ochlazovací křivky po průřezu pro případ chlazení z teploty 900 °C na klidném vzduchu. Teplotní pole po průřezu trubky v čase 600 [s] je uveden na obr. 9. Je zřejmé, že u trubky s tloušťkou stěny 32 mm je teplotní rozdíl mezi středovou oblastí a povrchem trubky velmi malý, zde do 10 °C.



Obr. 9 Teplotní pole po průřezu trubky Ø193/32 mm v čase 600 s.
Fig. 9 The temperature field over the cross section tube Ø193/32 mm at time 600 s.

Křivky odpovídající bodu na vnějším povrchu a ve středu stěny trubky jsou vyneseny do experimentálně stanoveného ARA diagramu na obr. 8. S jistou přibližností lze říci, že trubka chladne rychlostí přibližně 10 až 30 °C/min., přičemž rozdíl v rychlosti ochlazování mezi středem a oběma povrchy je minimální. Výsledná mikrostruktura pro rychlost ochlazování 10 °C/min. (obr. 10) se skládá z feritu, martenzitické složky, bainitu a „degenerovaného“ perlitu (ostrůvky feriticko-karbidické směsi, pravděpodobně jde o nelamelární, tedy degenerovaný perlit). Vzhledem k pomalé ochlazovací rychlosti převládá podíl feritu ve struktuře nad ostatními strukturními složkami. Naměřená tvrdost podle Vickerse dosahovala u těchto rychlostí ochlazování hodnot mírně nad 200 HV 30.

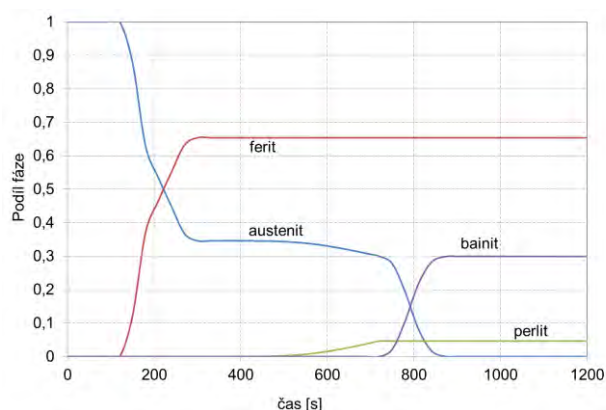


Obr. 10 Mikrostruktura oceli 15NiCuMoNb5-6-4 po ochlazení z teploty 900 °C rychlostí 10°C/min.
Fig. 10 Microstructure of steel 15NiCuMoNb5-6-4 after cooling from temperature of 900 °C with cooling rate 10°C/min.

Pro posouzení vlivu chemického složení na výslednou strukturu byla po ochlazení zvolenými rychlostmi vyhodnocena struktura taveb s odlišným chemickým složením. Změnou chemického složení oceli došlo

k nevýraznému posunu „feritického nosu“ v ARA diagramu směrem doprava. S ohledem na skutečnost, že přítomný ferit ve struktuře při stejné rychlosti ochlazování (3 °C/s) pro studované tavby oceli změnil výslednou tvrdost cca o 35 HV10, lze považovat odchylky v rámci směrného chemického složení a jejich dopad na odlišnosti struktury a s tím související tvrdost za málo významné [5].

Zároveň se simulací průběhu chladnutí trubky Ø 193/32 mm na vzduchu v programu FORGE byl proveden výpočet mikrostrukturního složení ve středu stěny trubky. Výsledek ukazuje obr. 11. Vypočtená hodnota tvrdosti se pohybovala kolem 173 HV [6].



Obr. 11 Průběh transformace austenitu na jednotlivé mikrostrukturní složky ve středu stěny trubky Ø193/32 mm.

Fig. 11 Process of austenite transformation to individual microstructural components in the middle of the pipe wall Ø193/32 mm.

Výsledek numerické simulace předpokládá mikrostrukturu po ochlazení trubky na vzduchu v celém průřezu ve složení ferit + bainit + perlit, což přibližně odpovídá experimentálně zjištěným strukturám.

Závěr

Provedeným experimentálním programem na torzním plastometru SETARAM-VÍTKOVICE byly získány podklady identifikující deformační chování za tepla s výstupem pro stanovení optimálních teplotních mezí pro tváření bezešvých trubek v podmínkách tratě „Velký Mannesmann“ v TŽ a.s. a doladění časového profilu propustnosti tratě.

Vliv Cu na tvařitelnost je také komplexně popsán např. v literatuře [7]. Podle autorů [7] měď podporuje za přítomnosti dalších prvků (především Sn) snížení tvařitelnosti jak v oblasti vysokých teplot (teplota tání mědi je 1083 °C), tak v oblasti středních teplot, tj. pod 900 °C následkem precipitačních procesů. Provozním doporučením by pak mělo být omezení obsahu Cu+Sn podle typu deformačního procesu při tváření, což u této oceli není přímo možné. Negativní vliv zvýšeného obsahu mědi na svařitelnost je možno eliminovat přísadou niklu, který spolu s mědí tvoří tuhé roztoky s neomezenou rozpustností a s teplotami tavení vyššími

než jsou tvářecí teploty. Pro samotné tváření je vhodné válcovat v příznivějších napěťových podmínkách, tj. s menšími úběry. Nepříznivý vliv obsahu mědi v oceli 15NiCuMoNb5-6-4 nebyl v rámci provedených plastometrických experimentů prokázán. Ocel pro vysokoteplotní oblast tváření vykazovala velmi dobrou tvařitelnost do teploty 1250 °C (obr. 5).

Z rozboru dosažených výsledků prací vyplynul důležitý poznatek, že nízkolegovaná žárupevná ocel jakosti 15NiCuMoNb5-6-4 v širokém rozmezí ochlazovacích rychlostí vykazuje přibližně stejnou úroveň tvrdosti, což bylo zjištěno opakovaně u hodnocených taveb. Tato vlastnost je z hlediska praktického použití velmi výhodná. Vyplývá z ní malá citlivost mechanických vlastností na změnu ochlazovacích rychlostí. To znamená, že výsledné vlastnosti oceli nebudou příliš závislé na tloušťce plechů nebo trubek, a to díky existenci převládající feriticko-bainitické mikrostruktury ve struktuře této oceli v širokém rozmezí rychlosti ochlazování z teploty normalizačního žhání.

Tato práce vznikla při řešení projektu č. MPO ČR TIP FR-TI3/374 „Výzkum a vývoj progresivních legovaných materiálů při výrobě bezešvých trub válcovaných za tepla pro oblast energetického strojírenství“.

Literatura

- [1] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=444
- [2] SUNDMAN, B., JANSSON, B., ANDERSSON, J. O.: The Thermo-Calc databank system. Calphad 9, 1985, p. 153–190.
- [3] ALTPETER, I. et al.: Copper precipitates in 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) steel material properties and microstructure, atomistic simulation, and micromagnetic NDE techniques. Nuclear Engineering and Design 206 (2001), 337–350.
- [4] HADASIK, E., SCHINDLER, I.: Plasticity of Metallic materials. Gliwice: 2004.
- [5] UNUCKA, P.: Výzkum a vývoj progresivních legovaných materiálů při výrobě bezešvých trub válcovaných za tepla pro oblast energetického strojírenství. Dílčí zpráva k projektu FR-TI3/374 za rok 2011, D-15/2011. MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Ostrava: 2011.
- [6] UNUCKA, P. a kol.: Výzkum a vývoj progresivních legovaných materiálů při výrobě bezešvých trub válcovaných za tepla pro oblast energetického strojírenství. Dílčí zpráva k projektu FR-TI3/374 za rok 2012, D-17/2012. MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Ostrava: 2012.
- [7] Židek, M.: Vliv doprovodných prvků na tvařitelnost oceli. Acta Metallurgica Slovaca, 3, 1997, p. 424–429.

2 THETA ASE, s.r.o. Český Těšín, CZ

Instytut Metalurgii Źelaza w Gliwicach, PL
Komisja Śladowej Analizy Nieorganicznej PAN, PL
VILLA LABECO, s.r.o. Spišská Nová Ves, SK

Vás srdečně zvou na 11. ročník
česko – polsko – slovenské konference

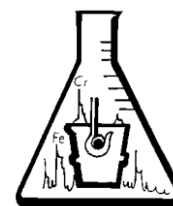
Hutní a průmyslová analytika 2013

22. - 25. 4. 2013

Valticko – Lednický kraj

Organizační zabezpečení :

2 THETA ASE, s.r.o. - Bc. Dagmar Krucinová, Ing. Václav Helán
P.S. 103, 737 01 Český Těšín
Tel/fax: +420 558 732 122, mobil + 420 602 240 553 www.2theta.cz
Instytut Metalurgii Źelaza, Dr. Grażyna Stankiewicz
VILLA LABECO, s.r.o., RNDr. Marian Kovaľ



materiálové inženýrství

Hodnocení Bauschingerova jevu v kolejnicích jakosti IH, profilu 136RE

Evaluation of the Bauschinger Effect in Rail Steel IH, Profile 136RE



Ing. Vít Michenka¹



Ing. Petr Podolínský²

¹ VÚHŽ a. s., Laboratoře a zkušebny – Laboratoř mechanických vlastností, 739 51 Dobrá 240, Česká republika

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

Bauschingerův jev je úkaz vyskytující se v kovových materiálech, a to jak v chemicky čistých, tak i slitinových, který byl potvrzen v monokrystalických i polykrystalických materiálech. Tímto jevem se obecně označuje snížení meze kluzu u materiálu, který byl dříve plasticky deformován ve směru opačném vůči orientaci zatížení, při kterém se sledovaná mez kluzu stanovuje. Je formulováno více teorií příčin tohoto jevu, jedna z nich je v předloženém článku rámcově popsána. Článek předkládá analýzu možné přítomnosti Bauschingerova jevu v kolejnicích jakosti IH, profilu 136RE. Hodnocení bylo provedeno zkouškami tahem za okolní teploty se zkušebními tělesy z kolejnic v rovném i nerovném stavu. Dále byl hodnocen vliv zkušebního tlakového předtížení na výsledky zkoušek tahem. Výsledky byly doplněny o měření průběhu tvrdosti podle Brinella v příčném řezu vybraných kolejnic.

Klíčová slova: Bauschingerův jev, kolejnice jakosti IH, kolejnicový profil 136RE

Bauschinger effect is a phenomenon observed in metallic materials, namely in chemically pure and in alloyed materials. It was previously confirmed also in monocrystalline and in polycrystalline materials. This phenomenon generally describes decrease of yield strength in material previously plastically deformed by force oriented opposite to the force used for determination of the yield strength. Several theoretical models exist describing a formation of the Bauschinger effect. One of them is generally described in this paper.

The paper deals with an analysis of possible presence of the Bauschinger effect in rails made of the steel grade IH, and rolled into the profile 136IH. The evaluation was performed on the basis of results of a tensile tests at ambient temperature performed with use of a test pieces taken from cold straightened and non-straightened rails as well. The evaluated rails were selected from production batch of more than 1000 pcs. According to the dataset from the roller straightener control measuring system the most straightened rails (highest straightening force used) were selected. These rails were used as an upper limit batch. The second testing batch was selected from a non-straightened rails production batch. By comparing the results it was observed that the process caused approx. 8.5% reduction of the yield strength. Next evaluation was performed with use of the test pieces, which were pre-loaded by pressure mode prior to the tensile test. Three testing batches were divided by different used pre-loading levels (110 % to 125 % of the expected yield strength). The results obtained by these tests were approximately the same as in the previous experiment –the previous opposite oriented pre-loading caused approx. 7 % to 8 % reduction of the yield strength. Additional Brinell hardness test was performed on the cross-section surface of the selected rails. No significant differences were observed in testing results (deviation) between the tested rails taken from the most cold straightened and the least cold straightened production batches.

Keywords: Bauschinger effect, rails IH grade, rails 136RE profile

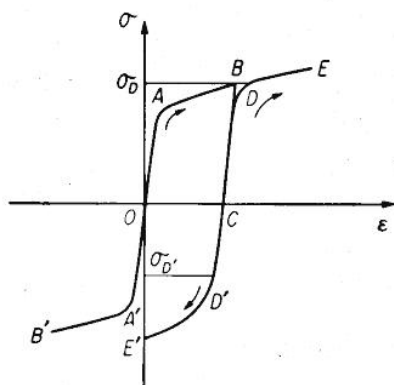
1. Bauschingerův jev

Bauschingerův jev je úkaz vyskytující se v kovových materiálech, a to jak chemicky čistých, tak i slitinových.

V předchozích studiích byl potvrzen v monokrystalických i polykrystalických materiálech [1].

Bauschingerovým jevem se obecně označuje pokles meze kluzu způsobený předchozím zatížením materiálu nad jeho mez kluzu, které bylo orientováno opačně vůči zkušební síle, při které se sledovaná mez kluzu stanovila.

Pro lepší představu projevu tohoto fenoménu lze využít popisu dílčích částí monocyklické zátěžové křivky uvedené na obr. 1 [1].

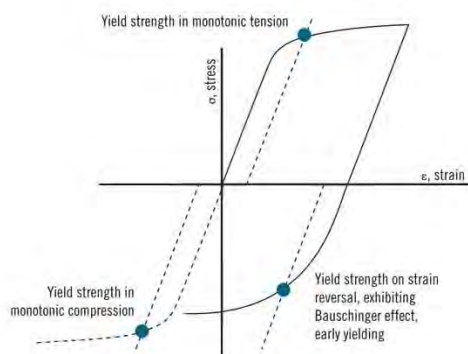


Obr. 1 Monocyklická zátěžová křivka tah/tlak
Fig. 1 Monocyclic strain tension/compression strain curve

Zatěžuje-li se materiál tahovým namáháním z bodu 0 do bodu B, lze stanovit smluvní mez kluzu σ_D . Uvolní-li se zkušební zatížení do nulové hodnoty, vyvolá zbytkovou deformaci odpovídající pozici bodu C. Následně tlakové zatížení až do bodu E' vyvolá odpovídající deformační odezvu, ze které lze stanovit smluvní mez kluzu v tlaku $\sigma_{D'}$. Při srovnání sledovaných mezí kluzu platí:

$$\sigma_D > \sigma_{D'}$$

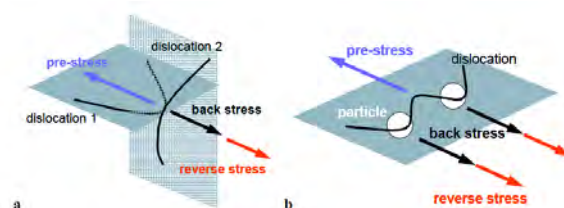
Uvedená jednoduchá nerovnost vyjadřuje působnost Bauschingerova jevu v hodnoceném materiálu. Tento fenomén nastává i v recipročním zkušebním uspořádání. Na obr. 2 je identický proces popsán graficky přehledněji [7]. V případě monotonního zatížení v tahu nebo tlaku (I. a III. kvadrant) jsou stanovené smluvní meze kluzu pro obě orientace zatížení přibližně srovnatelné. Dojde-li však k předchozí deformaci nad mez kluzu, která je orientována opačně vůči následnému působení zatížení (I. kvadrant) - tzv. reverzní cyklus - je pro tuto orientaci stanovena smluvní mez kluzu nižší (IV. kvadrant).



Obr. 2 Grafický popis Bauschingerova jevu
Fig. 2 Graphical description of the Bauschinger effect

V minulosti bylo formulováno více teoretických modelů příčiny vzniku tohoto jevu. Jedním z nich je tzv. Orowanova teorie, která se principiálně zakládá na popisu dislokačního pohybu při plastické deformaci.

Zjednodušeně lze tento přístup popsat následovně: při prvním zatížení nad mez kluzu ve směru A (viz obr. 1) dochází k pohybu dislokací, vzniku dislokačních čar; dislokace, resp. dislokační čára narazí na překážku (např. cizí atom, inkluze, jiná dislokace atd.); v okamžiku interakce dochází k tzv. pile-up efektu (hromadění dislokací), který v závislosti na orientaci a energii přítomných dislokací vytváří ve svém blízkém okolí napětové pole s různou mírou intenzity; toto napětové pole mj. aktivizuje zdroj dalších dislokací působících ve směru opačném vůči směru zatížení A. Začne-li následovně působit zatížení ve směru B, které je orientováno opačně vůči směru A, je vlivem předchozího pile-up efektu a částečné anihilace dislokací se vzájemně opačným znaménkem sníženo skluzné napětí; takto dochází k energeticky méně náročnému rozposybování atomů (resp. dislokací/dislokačních čar), které se projeví v podobě „změkčení“, resp. ve snížení sledované meze kluzu, stanovené ve směru zatížení B. Obrázkové znázornění tohoto modelu je uvedeno na obr. 3 [4].



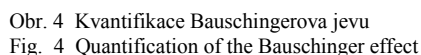
Obr. 3a Interakce dislokace vs. dislokace, 3b Interakce dislokace vs. částice

Fig. 3a Dislocation vs. dislocation interaction, 3b Dislocation vs. particle interaction

Míra – kvantifikace – Bauschingerova jevu

V literatuře se kvantifikace Bauschingerova jevu provádí porovnáním sledovaných deformačních, napětových nebo energetických veličin získaných z monocyklické reverzní křivky tah-tlak.

Na obr. 4 [5] je uvedena obecná reverzní monocyklická křivka tah-tlak s popisem relevantních veličin, používaných při hodnocení, resp. kvantifikaci Bauschingerova jevu. Pro lepší přehlednost je zpětná větev křivky (oblast tlakového namáhání – „Reverse flow curve“) zobrazena do jednoho kvadrantu, společně s křivkou primárního tahového namáhání („Forward flow curve“).

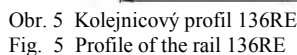


- smluvní mez kluzu v tahu vs. smluvní mez kluzu v reverzním tlaku (σ_f vs. σ_f),
- energie plastické deformace v tahu vs. energie plastické energie v reverzním tlaku (E_p vs. E_b),
- deformace ε_p vs. ε_b , resp. srovnání deformační odezvy materiálu pro smluvní napětí σ_f v obou směrech orientace zatížení,
- stanovený absolutní posuv průběhu deformačních křivek v tahu a tlaku ($\Delta\sigma_p$) – ozn. jako trvalé změkčení,
- příp. jiné vhodné vzájemné kombinace sledovaných veličin.

2. Experiment a hodnocený materiál

Profil 136RE spadá do kategorie Vingolových širokopatných kolejnic o délkové hmotnosti cca 67,6 kg/m. Tvar a rozměry profilu jsou uvedeny na obr. 5 [8].

Předmětný profil, vyrobený z oceli třídy IH, je tvořen ryze perlitickou mikrostrukturou. Jeho typické chemické složení (z tavební analýzy) je uvedeno v tab. 1a, mechanické hodnoty profilu ve stavu po rovnání za studena (tj. expedovaný stav) jsou uvedeny v tab. 1b.



Tab. 1a Chemické složení oceli jakosti IH
Tab. 1a IH grade chemical composition

Prvek	C	Mn	Si	Cr	Fe	zbytek
[hm.%]	0,80	1,05	0,62	0,66	96,75	0,12

Tab. 1b Typické mechanické hodnoty profilu 136RE, třída oceli IH, rovnaný stav

Tab. 1b Typical mechanical values of the profile 136RE, grade IH, as
straightened state

$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	Z [%]	HBW 10/3000
755	1150	11,0	15,5	335

Pozn.: uvedené hodnoty zkoušek tahem platí pro okolní teplotu; pro zkušební tělesa, která byla odebrána z hlavy profilu a byla před zkouškou žháná při teplotě 200 °C po dobu 6 hodin; hodnoty tvrdosti platí pro měření provedená na temeni profilu (pojezdová plocha).

3. Postup experimentálních prací

Pro veškeré experimentální práce byly použity profily (dále jen „kolejnice“) vyrobené v Třineckých železárnách, a. s. v průběhu prvního kvartálu r. 2012. Hodnocené kolejnice byly pseudonáhodně vybrány z více než 1000 vyrobených kusů.

Experiment byl rozdělen do třech dílčích částí:

- hodnocení vlivu rovnání za studena,
- hodnocení vlivu vstupního předtížení,
- hodnocení průběhu tvrdosti v příčném řezu vybraných profilů.

Hodnocení vlivu rovnání za studena

Pro tuto část experimentu byly vybrány dvě série kolejnic, kdy první série zahrnovala kolejnice v rovném a druhá série kolejnice v nerovném stavu. Samotný proces rovnání byl proveden v provozu Třineckých železáren, a. s. za běžných podmínek kontinuálního výrobního procesu. Každá jednotlivá série obsahovala 15 hodnocených taveb, resp. 15 zkušebních těles pro zkoušku tahem.

Cílem této etapy bylo zhodnocení vlivu expedičního rovnání kolejnic za studena na sledovanou mez kluzu. Z obou zkušebních sérií byla vyrobena standardizovaná zkušební tělesa pro zkoušku tahem kruhového průřezu o průměru $d_0 = 10$ mm a zkoušené délce $L_c = 110$ mm. Všechna zkušební tělesa byla jednotně odebrána z hlav kolejnic a byla oboustranně opatřena závitovými hlavami velikosti M16. Zkušební tělesa nebyla před zkouškou jakkoli tepelně zpracována.

Zkouška tahem za okolní teploty byla provedena v souladu s ČSN EN ISO 6892-1. Zkušební podmínky: napěťová rychlost 20 MPa/s (do meze kluzu), deformační rychlost $0,0024 \text{ s}^{-1}$ (do přetržení tělesa). Při zkoušce byl použit extenzometr vhodného rozměru. Výsledky zkoušek tahem jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2a Výsledky zkoušek tahem – nerovnaný stav
Tab. 2a Tensile test results – non-straightened state

Ozn.	$R_{p0,2}$ [MPa]
Nerovnaný stav	678
	697
	708
	710
	669
	713
	694
	698
	702
	727
	689
	694
	708
	703
	676

Tab. 2b Výsledky zkoušek tahem – rovnaný stav
Tab. 2b Tensile test results – as straightened state

Ozn.	$R_{p0,2}$ [MPa]
Rovnaný stav	626
	739
	641
	634
	630
	646
	623
	619
	611
	624
	635
	617
	639
	610
	686

Vzájemné srovnání výsledků zkoušek tahem obou hodnocených sérií je uvedeno v tab. 3.

Tab. 3 Srovnání výsledků
Tab. 3 Comparison of the results

Parametr $R_{p0,2}$	Nerovnaný stav	Rovnaný stav
Arit. průměr [MPa]	698	639
Sm. odchylka [MPa]	15	32
Medián [MPa]	698	630

Z výsledků plyne, že aritmetický průměr z technického hlediska dostatečně věrohodně reprezentuje jednotlivé hodnocené série. Vzájemným srovnáním aritmetických průměrů obou sérií bylo zjištěno, že za podmínek běžné výrobní produkce - resp. finálním rovnáním za studena pro expedici - lze v hodnoceném typu kolejnice vyvolat přítomnost Bauschingerova jevu, který způsobí cca 8,5% snížení smluvní meze kluzu v tahu za okolní teploty. Dále lze u série rovnaných kolejnic sledovat zvýšený rozptyl hodnot v porovnání se sérií kolejnic ve stavu nerovnaném.

Hodnocení vlivu vstupního předtížení

Pro další část experimentu byla vybrána série kolejnic v nerovnaném stavu, která zahrnovala 15 hodnocených taveb, resp. 15 zkušebních těles pro zkoušku tahem.

Cílem této etapy bylo zhodnocení vlivu míry vstupního tlakového předtížení za studena na sledovanou mez kluzu.

Zkušební tělesa byla z kolejnic odebrána a strojně opracována stejným způsobem jako v případě předchozího experimentu, vč. geometrie a uvedených rozměrů. Zkušební tělesa nebyla před dalším hodnocením jakkoli tepelně zpracována.

Hodnoty vstupního tlakového předtížení byly navrženy na základě orientační FEM analýzy simulace procesu rovnání za studena při zadaných podmínkách (rychlost, pracovní tlaky, konstrukce rovnačky), které byly získány z parametrů reálného provozu, resp. s ohledem na technické proposice zařízení Třineckých železáren, a. s. Touto analýzou bylo zjištěno, že proces rovnání za studena ve zpracovávané kolejnici vyvolává – s ohledem na aktuální podmínky – napětí 790 MPa až 950 MPa, což odpovídá cca 105 % až 130 % předpokládané meze kluzu hodnocených kolejnic.

Celkově bylo 15 zkušebních těles rozděleno do třech sérií po 5 kusech podle míry použitého předtížení:

- tlaková deformace odpovídající 110 % předpokládané meze kluzu – dále označení „A“,
- tlaková deformace odpovídající 115 % předpokládané meze kluzu – dále označení „B“,

- tlaková deformace odpovídající 125 % předpokládané meze kluzu – dále označení „C“.

Tlakové předtížení, předcházející samotné zkoušce tahem za okolní teploty, bylo provedeno přímo na finálních zkušebních tělesech prostřednictvím speciálně navrženého přípravku, s použitím universálního zkušebního tahového/tlakového stroje o max. zatížení 100 kN.

Zkouška tahem za okolní teploty byla provedena identickým způsobem jako v případě předchozího experimentu. Vzájemné srovnání výsledků hodnocených sérií je uvedeno v tab. 4.

Tab. 4 Srovnání výsledků
Tab. 4 Comparison of the results

Parametr $R_{p0,2}$	A	B	C
Arit. průměr [MPa]	649	652	642
Sm. odchylka [MPa]	29	25	20
Rozdíl abs.* [MPa]	-49	-45	-56
Rozdíl rel.** [%]	-7,0	-6,5	-8,0

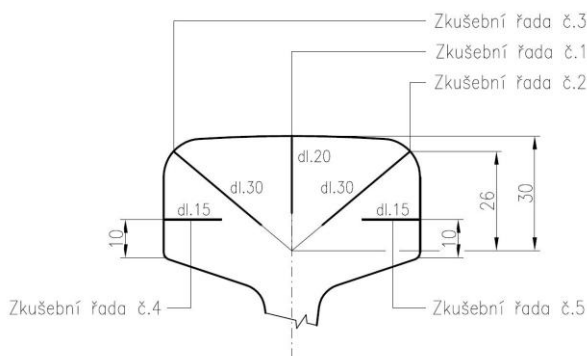
Pozn.: *odpovídá absolutnímu srovnání s hodnotou meze kluzu nerovnané kolejnice, tj. bez použití vstupního předtížení; **relativní rozdíl vztahený k hodnotě meze kluzu nerovnané kolejnice, tj. bez použití vstupního předtížení

Ze vzájemného srovnání výsledků plyne, že experimentální tlakové předtížení jednoznačně ovlivní následně stanovenou mez kluzu v tahu vlivem přítomnosti Bauschingerova jevu – viz kap. 4.

Hodnocení průběhu tvrdosti v příčném řezu kolejnice

Za poslední (doplňující) část experimentu bylo zvoleno stanovení průběhu tvrdosti podle Brinella v příčném řezu kolejnice. Pro tyto zkoušky byly vybrány dvě za studena rovnané kolejnice s nejvyšší a nejnižší použitou rovnací silou.

Kolejnice byly, stejně jako v předchozích případech, vybrány z více než 1000kusové výrobní série. Měření bylo provedeno podle schématu uvedeného na obr. 6.



Obr. 6 Schéma postupu měření tvrdosti
Fig. 6 Scheme of the performed hardness measurement procedure

Pozn.: uvedený tvar hlavy kolejnice je pouze obecný, neodpovídá plně hodnocené kolejnici profilu 136RE.

Pro zkoušku byly vyrobeny příčné řezy o tloušťce cca 20 mm, které byly strojně opracovány na maximální drsnost povrchu R_a 0,8 mikrometrů. Měření tvrdosti HBW 187,5/2,5 bylo provedeno v souladu s ČSN EN ISO 6506-1.

Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5a Srovnání výsledků tvrdosti – nejvyšší rovnací síla
Tab. 5a Comparison of the hardness results – the highest straightening force

Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 1	Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 2	Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 3
3	322	3	332	3	310
6	321	6	322	6	320
9	311	9	301	9	315
12	309	12	307	12	307
15	286	15	312	15	309
18	307	18	311	18	312
21	312	21	300	21	311
		24	310	24	309
		27	298	27	303
		30	296	30	302

Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 4	Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 5
3	321	3	320
6	315	6	309
9	304	9	310
12	307	12	297
15	304	15	296

Tab. 5b Srovnání výsledků tvrdosti – nejnižší rovnací síla
Tab. 5b Comparison of the hardness results – the lowest straightening force

Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 1	Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 2	Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 3
3	329	3	335	3	329
6	332	6	325	6	319
9	331	9	324	9	320
12	321	12	320	12	316
15	314	15	308	15	309
18	309	18	313	18	312
21	316	21	312	21	318
		24	309	24	316
		27	305	27	306
		30	315	30	308

Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 4	Pozice od povrchu [mm]	HBW 187,5/2,5 řada 5
3	329	3	318
6	316	6	312
9	322	9	305
12	313	12	306
15	319	15	301

Závěr

Cílem práce bylo praktické předvedení vlivu Bauschingerova jevu na výslednou mez kluzu v tahu

u natolik běžného hutního produktu jako je kolejnice. Uvedené informace mohou být užitečné zejména v oblasti praxe expediční kontroly, problematiky procesů rovnání za studena nebo na poli obchodním.

Na základě provedených analýz lze stanovit následující závěry:

- a) srovnáním výsledků zkoušek tahem získaných na vzorcích z kolejnic v rovnaném a nerovnaném stavu lze konstatovat, že vlivem přítomného Bauschingerova jevu je stanovená mez kluzu rovnaných kolejnic o cca 8,5 % nižší ve srovnání s nerovnanými.
- b) experimentální zkoušky tlakovým předtížením potvrdily přítomnost Bauschingerova jevu na přibližně srovnatelné úrovni – tj. rozdíl stanovených mezí kluzu je cca 7 % až 8 % v závislosti na použité hodnotě tlakového předtížení odpovídající cca 110 % až 125 % nominální hodnoty meze kluzu za okolní teploty; zjištěný mírný odklon výsledků série „B“ by s ohledem na relativně vysoký rozptyl hodnot mohl být vyvrácen dodatečnými zkouškami s odpovídajícím počtem vzorků (tyto zkoušky nebyly z důvodu omezeného množství experimentálního materiálu provedeny),
- c) doplňkové zkoušky průběhu tvrdosti podle Brinella v příčném řezu – při srovnání kolejnic s minimální a maximální použitou rovnací silou – potvrdily přibližně srovnatelné hodnoty

a rozptyl výsledků: 309 HBW vs. 316 HBW, směrodatná odchylka 8,9 HBW vs. 8,5 HBW; lze tedy očekávat spíše zanedbatelný vliv rovnací síly na výslednou tvrdost kolejnic.

Literatura

- [1] K. HAN, C. J. VAN TYNE, B. S. LEVY Effect of strain and strain rate on the Bauschinger effect response of three different steels, *Metallurgical and materials transactions*, Vol. 36A, September 2005, s. 2379-2384
- [2] M. CHOTEAU, P. QUAEGERER, S. DEGILLAI Bauschinger effect analysis in an AISI 316L stainless steel, *ICM8 Vol. I.3*, s. 170-174
- [3] M. BELASSE, J. L. LEBRUN J. P. BETTEMBOURG Effect of low cycle fatigue on residual stresses evolution in an eutectoid steel, study of the Bauschinger effect by X-ray diffraction, *Unimetal recherche* Bp. 140
- [4] L. M. BROWN Rowan's explanation of the Bauschinger effect, *Scrip. Met.*, Vol. 11, 1977, s. 127-131
- [5] J. YAN Study of Bauschinger in various spring steels, *Disertační práce*, Department of metallurgy and materials science, University of Toronto, 1999
- [6] A. KOSTRISHEV Bauschinger effect in Nb and V microalloyed pipe line steels, *Disertační práce*, The University of Birmingham, 2009
- [7] R. FREEMAN Research near deepwater intercontinental gas pipeline, *Oil and gas journal*, Tata steel UK, 2011
- [8] Výkresová dokumentace výrobního ortfolio Třineckých železáren, a. s. – Profil 136RE
- [9] V. MICHENKA Technická zpráva č. Z – 660.a/12, *Technická zpráva*, VÚHŽ a. s. Laboratoře a zkušebny, prosinec 2012

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

4. - 5. dubna 2013
Lázeňský dům Libuše, Karlova Studánka

Oceláři
Steelcon

TANGER

VŠB - Technická univerzita Ostrava

© 2012 - 2013 TANGER, spol. s r.o.

ekologie, recyklace, druhotné zpracování materiálu

Využití pyrolýzní technologie k zpracování kovových kalů

Use of Pyrolysis Technology for Processing of Metal Sludge



Ing. Roman Gabor¹



Ing. Silvie Vallová, PhD.²



Mgr. Ivan Koutník, PhD.²



Ing. Tomáš Tomšej⁴



prof. Ing. Jana Seidlerová, CSc.³

¹ VÚHŽ a.s., Dobrá, Česká republika

² Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, katedra chemie, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava - Poruba, Česká republika

³ Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Centrum nanotechnologií, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava - Poruba, Česká republika

⁴ Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava - Poruba, Česká republika

Při procesech jemného třískového obrábění dochází ke vzniku kovového kalu, který je hodnocen podle platné legislativy jako nebezpečný odpad. Strojní dokončovací operace vedoucí k získání požadovaného výrobku s vysokou jakostí povrchu patří mezi producenty nebezpečných odpadů, které představují potenciální materiálový zdroj železa, wolframu, niklu, chrómu, molybdenu, atd. Vysoký obsah řezných kapalin (až 50 %) v těchto odpadech ovlivňuje proces tvoření třísky svým chladicím a mazacím účinkem a zároveň znemožňuje jejich využití jako druhotné suroviny ve výrobě kovů. Uvedené kovové odpady s obsahem chladicích kapalin jsou v současné době bez dalšího využití termicky upravovány ve spalovnách nebezpečného odpadu a po úpravě ukládány v odděleném sektoru skládky odpadu. V článku je provedena celková charakterizace odpadu včetně stanovení obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků podle EPA. Ke zhodnocení termické stability oleje obsaženého v kovovém kalu a výpočtu kinetických parametrů byla využita termická analýza. V sestavené laboratorní pyrolýzní jednotce byl studován vliv navržených procesních podmínek na vývoj jednotlivých produktů pyrolýzy při různých rychlostech ohřevu. V pyrolýzním plynu byly v závislosti na teplotě a rychlosti ohřevu sledovány obsahy H_2 , CH_4 , C_3H_8 , C_3H_6 , C_2H_6 , C_2H_4 . Navržený pyrolýzní proces předpokládá využití pyrolýzního plynu jako chemické suroviny nebo jako topného plynu pro motory kogeneračních jednotek a recyklaci upraveného kovového kalu jako druhotné suroviny pro výrobu oceli.

Klíčová slova: pyrolýza, kinetika, analýza, pyrolýzní produkty, kovové kaly, odpad

Machine-building industry is one of the major producers of hazardous waste not only in the Czech Republic but also abroad. During chip machining processes metal sludge is generated, which is classified according to the valid legislation as hazardous waste. Final machining operations leading to obtaining of the desired product with high surface quality belong to the most important producers of hazardous waste material, which is a potential source of iron, tungsten, nickel, chromium, molybdenum, etc. High concentration of cutting lubricants (up to 50%) in this waste affect the process of creation of chips by their cooling and lubricating effect, and it prevents their use as secondary raw material in the production of metals. The metal wastes containing coolants are currently not further exploited as they are thermally processed in hazardous waste incinerators and stored after this treatment in a separate sector of waste disposal. The article gives an overall characterization of wastes including determination of polycyclic aromatic hydrocarbons according to the EPA. Thermal analysis was used for evaluation of the thermal stability of the oil contained in a metal sludge and for calculation of kinetic parameters. Special laboratory pyrolysis unit was used for study of the influence of the proposed process conditions on the development of pyrolysis products at different heating rates. Concentrations of H_2 , CH_4 , C_3H_8 , C_3H_6 , C_2H_6 and C_2H_4 were monitored. In the pyrolysis gas depending on the temperature and heating rate. The designed pyrolysis process supposes the use of pyrolysis gas as a chemical agent or as a fuel gas for drives of cogeneration units. The modified metal sludge can be used as a secondary raw material for steelmaking after removal of the liquid fraction (oil content of < 1 wt. %) and after fulfilment of specified conditions. On the basis of the achieved results the optimal heating rate was chosen to be 20°C/min, at which the oil content (C10-C40) in the processed metal sludge was 0.5 wt %. Processing of gas was also the greatest at this heating rate with hydrogen concentration greater than 50 vol. % at the temperature higher than 500°C.

Key words: pyrolysis, kinetics, analysis, pyrolysis products, metal sludge, waste

V důsledku produkce významného množství nebezpečných odpadů patří průmyslová výroba zaměřená na výrobu a zpracování kovů k největším znečišťovatelům životního prostředí. Technologie jemného třískového obrábění se podílí v oblasti strojírenského průmyslu na vzniku nebezpečných odpadů, které jsou především představovány kovovými kaly (brusný kal, honovací kal a kal z lapování) obsahujícími olej. V katalogu odpadů vyhlášky č. 381/2001 Sb. jsou kovové kaly obsahující olej zařazeny pod šestimístním kódem 120118. Vývoj produkce kovových kalů obsahujících olej s uvedeným kódem se v ČR podle informačního systému odpadového hospodářství (ISOH) pohyboval v letech 2002-2009 v rozmezí od 4 395 tun do 7 298 tun.

Kovový kal je směsí malých kovových částic, oleje, aditiv a drobných částic, které jsou uvolňovány z obráběcích nástrojů. V závislosti na řezném a brousícím procesu opracovaného druhu oceli může kal obsahovat až 50 % oleje, 45-80 % kovů a 1-5 % dalších materiálů [1]. Platný zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. stanovuje základní pravidla pro předcházení vzniku odpadů a stanovení priorit způsobu nakládání s odpady při dodržení ochrany životního prostředí a zdraví lidí.

Kovové kaly s obsahem chladicích kapalin jsou v současné době bez dalšího využití termicky upravovány ve spalovnách nebezpečného odpadu a po úpravě ukládány v odděleném sektoru skládky odpadu. V minulosti byla aplikována řada postupů ve snaze využít kovový kal ve výrobě oceli [2] [3]. V uvedených pracích byly studovány postupy založené na odstranění kapalné fáze pomocí aplikace povrchově aktivních látek a superkritického oxidu uhličitého. Aplikací postupů termické úpravy ve spalovnách nebezpečného odpadu dochází k oxidaci kovových kalů a jejich následnému ukládání na skládky odpadů. Tento postup neumožňuje

potenciální využití těchto odpadů a vede tak ke ztrátě kovové složky odpadů. Vzhledem ke snaze využít materiálový a energetický potenciál kovových kalů představuje použití pyrolýzní technologie perspektivní postup jejich termického zpracování.

K pyrolýze organických látek dochází při teplotách větších než 300-350 °C za nepřístupu oxidačního média. Pyrolýza je komplexní proces a zahrnuje celou řadu chemických reakcí za vzniku pyrolýzních produktů, kterými jsou tuhý zbytek, zkondenzovaná olejová frakce a plynná frakce obsahující nezkondenzované látky, H_2 , CO , CO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 a další. Výsledek pyrolýzního procesu je určen volbou vstupních surovin, včetně jejich vstupní velikosti a pyrolýzních podmínek, jako jsou teplota, tlak, rychlost ohřevu, doba zdržení plynné fáze, přítomnost katalyzátoru. Obecně je pyrolýzní proces jako celek považován za endotermní děj, který zahrnuje jak endotermní, tak exotermní chemické reakce. Endotermní proces je přisuzován primárním krakovacím reakcím, kde dochází vlivem krakovacího procesu ke vzniku nízkomolekulárních látek. Exotermní proces je způsoben sekundárními reakcemi mezi plynnou a tuhou fází [4][5]. Vliv na distribuci jednotlivých produktů má podle [6][7] nejen teplota a zvolená rychlost ohřevu, ale také konstrukční provedení pyrolýzní jednotky.

K popisu termické stability odpadních materiálů v pyrolýzních podmínkách a stanovení kinetických parametrů se využívá termogravimetrická analýza. Současné techniky výpočtu kinetických parametrů z termogravimetrických dat mohou vycházet z jedné TG křivky nebo z více naměřených křivek při různých podmínkách. V minulých letech byla pro výpočet kinetických parametrů vycházejících z odvozené rovnice (1) vyvinuta řada metod. Metody, které umožňují jejich výpočet, se obecně dělí na integrační a

diferenciální v závislosti na tom, zda je rovnice (1) ve tvaru integrálním nebo diferenciálním [8][9].

$$\frac{d\alpha}{dT} = \left(\frac{A}{\beta} \right) \cdot \exp \left(- \frac{E_a}{R.T} \right) (1-\alpha)^n \quad (1)$$

Při aplikaci integrální metody podle [9][10] pro výpočet kinetických parametrů získáme integrovanou formu rovnice (1):

$$g(\alpha) = \int d\alpha / f(\alpha) = A / \beta \int (-E_a / R.T) dT \quad (2)$$

Po dosazení a integraci rovnice (2) získáme její konečný tvar:

$$\ln \left(-\ln(1-\alpha) / T^2 \right) = \ln \frac{A.R}{\beta.E_a} - \frac{E_a}{R.T} \quad (3)$$

Za předpokladu, že řád reakce $n=1$, lze pro jednotlivé probíhající děje z rovnice (3) v určeném rozmezí teplot vypočítat hodnoty frekvenčního faktoru a aktivační energie.

Metody a materiály

Opakovaně byl odebrán Vzorek kovových kalů byl z odpadní jímky dokončovacích operací strojírenského podniku, který patří k největším výrobcům ozubených kol. Ve škále nabízených materiálů pro výrobu ozubených kol jsou legované oceli a ocel martenzitická (elektroocel) 16MnCr5, 20MnCr5, 18CrNiMo7-6, 15 142. Při vzorkování těchto odpadních materiálů se vycházelo z obecných požadavků stanovených v ČSN 015111 [11].

Laboratorní studium pyrolýzní technologie pro úpravu kovových kalů bylo provedeno při rychlostech ohřevu 10 a 20 °C/min při 30 min. výdrži na teplotě 550 °C. Pyrolýzní plyn byl odebírán do jedno litrových tedlarových vaků ve zvolených teplotních intervalech. Ve směsi odebraného plynu byly chromatograficky stanovovány jeho složky zastoupené vodíkem, methanem, propanem, propenem, ethanem, ethenem. Navážka vzorku kovového kalu byla 80 g. Laboratorní pyrolýzní jednotka byla před pyrolýzním zpracováním kovových kalů proplachovaná dusíkem (4 litry). Za stejných podmínek byl každý experiment opakován 2 – 3 krát.

Elementární analýza C, H, S, N a stanovení spalného tepla a výhřevnosti

Metoda je založena na úplné oxidaci vzorku. Výsledné produkty hoření jsou vedeny do redukční pece a jsou převedeny pomocí nosného plynu (He) do chromatografické kolony, kde jsou odděleny a kvantitativně stanoveny. K stanovení C, H, S, N byl použit analyzátor vario Macro cube vybavený tepelně vodivostním detektorem (TCD). S využitím kalorimetru

IKA C 2000 basic bylo stanoveno spalné teplo, výhřevnost byla stanovena výpočtem.

Metody chemické analýzy

K semikvantitativní analýze materiálu byla využita metoda atomové fluorescenční spektroskopie. Analýza byla provedena na přístroji SPECTRO-X-LAB, firmy SPECTRO. Přesné chemické složení bylo stanoveno metodou atomové emisní spektroskopie v roztoku získaném totálním rozkladem vzorku ve směsi kyselin (fluorovodíkové, dusičné a chlorovodíkové o čistotě pa., resp. pp.) na přístroji CIROS VISION firmy SPECTO.

Ke stanovení koncentrací vybraných analytů v roztoku po totálním rozkladu byl použit atomový absorpční spektrometr UNICAM 969 s plamenovou atomizací. Přístroj je dvoupaprskový jednonábový absorpční spektrometr vybavený mikroprocesorem. Atomový absorpční spektrometr UNICAM 989 QZ s elektrotermickou atomizací, použitý např. pro stanovení As, Se, Sn, je dvoupaprskový jednonábový absorpční spektrometrem s deuteriovou i Zeemanovou korekcí pozadí. Oba spektrometry jsou od firmy Chromspec.

Stanovení forem železa

Obsah kovového železa byl stanoven volumetricky [12]. Stanovení obsahu železa v oxidačním stupni II bylo provedeno titračně v atmosféře CO₂ po rozkladu vzorku ve směsi kyselin [13]. Obsah železa v oxidačním stupni III byla vypočtena z bilance forem železa a jeho celkového obsahu.

Příprava a analýza vodného výluhu a jeho analýza

Úprava vzorku a příprava vodného výluhu byla provedena podle [14]. Tak to připravené výluhy se analyzovaly doporučenými metodami pro analýzu vody dle vyhlášky 294/2005 Sb. [15]. Koncentrace fluoridů, chloridů, síranů byly stanoveny iontovou chromatografií na přístroji fy WATERS s vodivostním detektorem Waters 431. Ke stanovení koncentrace rtuti ve vodném výluhu byl využíván atomový absorpční spektrometr AMA 254, který využívá techniky generování par kovové rtuti s následným zachycením a nabohacením na zlatém amalgamu. Stanovení Ba, Cr, Cu a Zn bylo provedeno pomocí AES s indukčně vázaným plazmatem na přístroji SPECTRO VISION EOP. Stanovení Cd, Ni, Pb bylo provedeno pomocí AAS UNICAM 969 s plamenovou atomizací. Koncentrace As, Mo, Se, Sb byla stanovena AAS s elektrotermickou atomizací, UNICAM 989 QZ. Stanovení rozpuštěného organického uhlíku (DOC) bylo provedeno na analyzátoru MULTI N/C 3100 firmy Chromspec.

Stanovení PAUs a C₁₀-C₄₀

Stanovení PAUs, bylo provedeno metodou kapalinové chromatografie na přístroji firmy WATERS s detektory UV VIS Waters 486, fluorescenčním Waters 470, DAD Waters 996 a elektrochemickým Waters 464. Přístroj je

vybaven autosampler Waters 717, injektorem Waters U6K a obsahuje kvarternární gradientové pumpy Waters 600E a izokratickou pumpu Waters 510. Kolony jsou temperovány. Celý proces analýzy je řízen a vyhodnocován jednotkou Millenium 32.

Obsah C_{10} - C_{40} byl stanoven metodou plynové chromatografie na přístroji Agilent Technologies 6890N. Uvedený chromatogram je vybaven plamenoionizačním (FID) a teplotně vodivostním (TCD) detektorem, k dávkování slouží dávkovací plynová smyčka "Split/Splitless".

Termogravimetrická analýza

Termogravimetrická analýza je termická analýza, která kvantitativně sleduje změnu hmotnosti vzorku jako funkci teploty, času a atmosféry. Měření proběhlo na přístroji NETZSCH STA 409 EP. Vzorek (100 mg) byl zahříván do 1000 °C rychlostí ohřevu 10 °C min⁻¹ v kelímecích z α - Al_2O_3 v dynamické atmosféře argonu s průtokem 100 cm³ min⁻¹.

Morfologická analýza

Pro detailní rozbor morfologie částic a jejich chemického složení byl využit rastrovací elektronový mikroskop (REM) Quanta 450 FEG s autoemisním zdrojem, který umožňuje generovat a snímat dostupné informace z povrchů vodivých a nevodivých materiálů. Zobrazení vzorků kovových kalů v REM bylo provedeno vzhledem k požadované kvalitě zobrazení při zvětšení 2000 krát ve vysoko vakuovém režimu. Z důvodu takto navržených podmínek byly vzorky kalů před pozorováním v REM extrahovány hexanem a vysušeny.

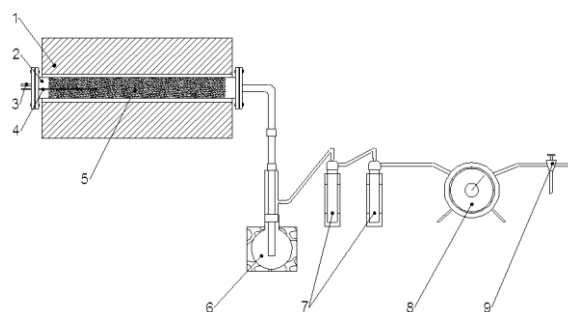
Analýza plynů

K analýzám plynů byl použit plynový chromatograf YL 6100 (Young Lin Instrument, Korea), vybavený tepelně vodivostním a plamenovým ionizačním detektorem, které byly zapojeny v sérii. Separace byla prováděna na kapilárních kolonách HP-PLOT Q (30 m x 0,53 mm, 40 µm film; Agilent Technologies, USA) a GsBP-PLOT MLSVE 5A (30 m x 0,53 mm, 50 µm film; GS-Tek, USA), zapojených v sérii přes 6-cestný přepínací ventil, nástřík 0,5 ml (split 1:5). Sběr a zpracování dat byl proveden v prostředí Clarity Chromatography Station ver. 3.0.7, směsi kalibračních plynů dodal SIAD.

Laboratorní pyrolýzní jednotka

Pro navržené procesní podmínky vedoucí ke zpracování kovových kalů s obsahem oleje byla navržena pyrolýzní laboratorní jednotka (viz obr. 1). Z materiálu 11 453 byla zkonstruována laboratorní retorta o objemu

110 cm³. Retorta je horizontálně umístěná v elektrické peci s programovatelnou regulací teploty. Aktuální teplota ohřívání vzorku v retortě je měřena pomocí termočlánu typu „K“. Plyn je z retorty odváděn potrubím, na kterém je připojena chlazená jímka kondenzátu doplněná o větev odvádějící nezkondenzovaný plyn přes promývačky naplněné acetonem (z důvodu odstranění dehtových látek). Plyn následně prochází přes plynoměr a trojcestný ventil, kde je s využitím tedlarových vaků odebírán pro chromatografickou analýzu.



Obr. 1 Schéma laboratorní pyrolýzní jednotky

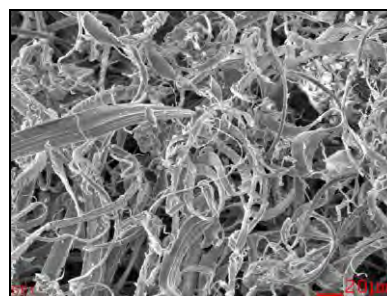
1-elektrická pec, 2-pyrolýzní reaktor, 3-vstup média (dusíku), 4-termočlánek, 5-vzorek, 6-chlazená jímka kondenzátu, 7-promývačky obsahující aceton, 8-bubnový plynoměr, 9-trojcestný ventil

Fig. 1 Scheme of the laboratory pyrolysis unit

1-electric furnace, 2-pyrolysis reactor, 3-inlet of medium (nitrogen), 4-thermocouple, 5-sample, 6-cooled condensate receiver, 7-washers containing acetone, 8-drum gas meter, 9-three way valve

Výsledky a diskuse

Výsledky z mikroskopického pozorování tuhé fáze kovových kalů po extrakci hexanem (viz obr. 2) ukazují, že kovový kal je odpadním materiálem skládajícím se především z třísek v širokém velikostním zastoupení. Toto zastoupení závisí na parametrech dokončovacího jemného třískového obrábění, především na rychlosti posuvu a materiálu nástroje.



Obr. 2 Snímek vzorku kalu

Fig. 2 Image of the sludge sample

Ve studovaném vzorku kalu bylo stanoveno 45,4 hm. % oleje. Zbýlá část vzorku je tvořena především prvky z obráběného kovu, jak uvádí tab. 1. V materiálu je obsažen také významný podíl hliníku, který pochází z brusného materiálu používaného při obrábění.

Tab. 1 Chemické složení kalu

Tab. 1 Chemical analysis of sludge

Analyt	Jednotky	Kal
Al	%	6,4
Cr (celkový)	%	0,84
Fe (celkové)	%	89
Fe (kovové)	%	88,3
Fe (oxidické)	%	0,7
Mn	%	0,80
V	%	<0,050
W	%	<0,005
Mo	%	0,18
Ni	%	1,20
Ca	mg/kg	310
Cd	mg/kg	<10
Mg	mg/kg	40
Na	mg/kg	670
K	mg/kg	220
Pb	mg/kg	<10
Ti	mg/kg	300
Co	mg/kg	115
Zn	mg/kg	110

Tab. 2 Stanovené koncentrace PAU_s podle EPA

Tab. 2 Determination of concentrations of PAH_s

Sledované PAU [mg.kg ⁻¹]	Kal
Naphthalene	2,33
Acenaphthylene	<0,5
Acenaphthene	4,15
Fluorene	1,02
Phenanthrene	45,19
Anthracene	2,09
Fluoranthene	<0,5
Pyrene	2,19
Benzo[a]anthracene	1,33
Chrysene	35,0
Benzo[b]fluoranthene	0,93
Benzo[k]fluoranthene	<0,05
Benzo(a)pyrene	0,85
Dibenzo[a,h]anthracene	0,49
Benzo[g,h,i]perylene	0,38
Ideno[1,2,3-cd]pyrene	0,07
suma	97,07

Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU_s) shrnuje tab. 2 jako 16 kongenerů dle EPA. U studovaného vzorku bylo stanoveno podle platné legislativy ČR v sumě 12 kongenerů (90,91 mg.kg⁻¹), jejichž hodnota překračuje limitní koncentraci PAU_s dle vyhlášky 294/2005 Sb. [15]. Stanovené hodnoty

sledovaných parametrů ve vodném výluhu dle vyhlášky 294/2005 Sb. shrnuje tab. 3.

Z uvedených hodnot sledovaných parametrů (viz tab. 3) vyplývá, že vzorek kovového kalu nelze zařadit do třídy vyluhovatelnosti III, protože jsou překročeny limitní koncentrace rozpuštěného organického uhlíku. Kaly proto vyžadují úpravu některým ze způsobů stabilizace, které jsou uvedené v příloze 6 vyhlášky 294/2005 Sb.

V tab. 4 jsou uvedeny výsledky stanovení elementárního složení, spalného tepla a výhřevnosti oleje extrahovaného ze vzorku kovového kalu hexanem.

Tab. 3 Analýza vodného výluhu

Tab. 3 Analysis of the aqueous leach

Sledované ukazatele [mg.l ⁻¹]	Kal
DOC	143
pH	8,08
Chloridy	1,11
Fluoridy	<0,02
Sírany	1,19
RL	66
Fenolový index	<0,1
As	<0,01
Ba	<0,04
Cd	<0,004
Cr (celkový)	<0,04
Cu	<0,04
Hg	<0,001
Ni	<0,04
Pb	<0,04
Se	<0,01
Sb	<0,006
Zn	<0,01
Mo	<0,04

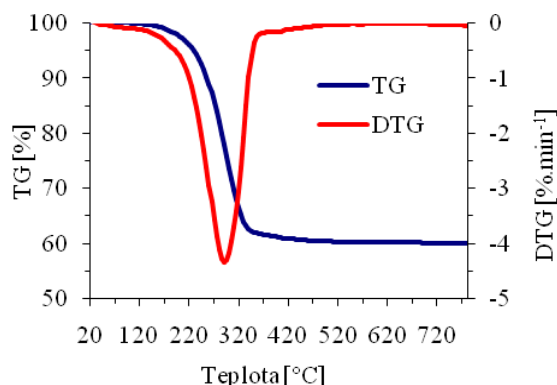
Tab. 4 Elementární analýza, spalné teplo, výhřevnost oleje

Tab. 4 Elementary analysis, gross calorific value, calorific value of oil

Parametr	Jednotky	Kal
C	hm. %	85,2
H	hm. %	16,38
N	hm. %	2,34
S	hm. %	0,12
H/C	at. %/at. %	2,30
Spalné teplo	MJ.kg ⁻¹	46,42
Výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	42,75

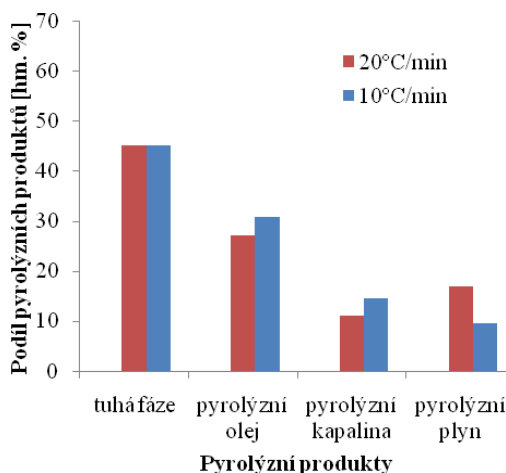
Z termogravimetrické křivky uvedené na obr. 3. vyplývá, že v průběhu ohřevu vzorku kalu dochází k jeho termickému rozkladu v teplotním rozsahu 180-370 °C s hmotnostním úbytkem 39 %. Z vypočtené hodnoty aktivací energie E_a (63 kJ.mol⁻¹) lze usuzovat, že v identifikované fázi tepelného

rozkladu dochází pravděpodobně výrazněji k odpařování než k uvažovaným chemickým reakcím. Na stanovení hodnot kinetických parametrů mají vliv navržené podmínky termoanalytických experimentů, výběr integrální, případně diferenciální výpočtové metody a chemické a fyzikální složení studovaných vzorků.

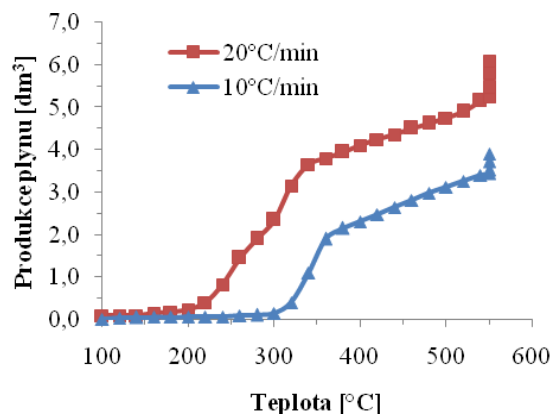


Obr. 3 TG, DTG křivky kalu
Fig. 3 TG, DTG curves of sludge

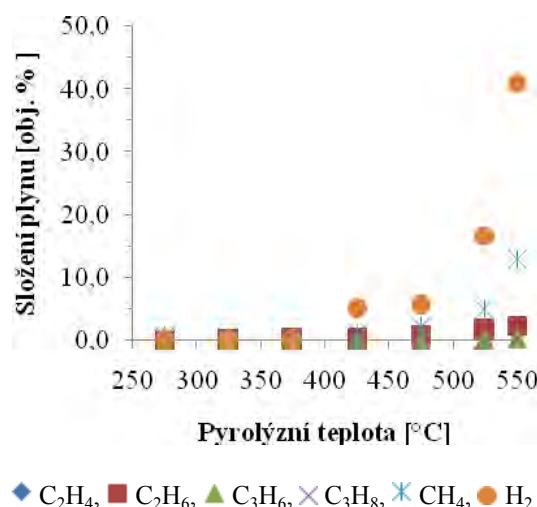
Podíl finálních produktů pyrolýzy při rychlosti ohřevu 10 a 20 °C/min s 30minutovou výdrží na teplotě 550 °C je uveden na obr. 4. Zastoupení tuhé fáze je při obou rychlostech ohřevu shodné. Stanovení obsahu C_{10} - C_{40} ve zpracovaných vzorcích ukázalo, že zatímco při rychlosti ohřevu 20 °C/min byl obsah uhlovodíků C_{10} - C_{40} 0,5 hm. %, tak v případě rychlosti ohřevu 10 °C/min byl obsah těchto uhlovodíků 2,6 hm. %. Stanovené obsahy kovového železa v tuhé fázi potvrdily, že v průběhu procesu pyrolýzy nedošlo ke vzniku jeho oxidických forem. Podíl kapalně fáze je v souvislosti s hodnocením vlivu rychlosti ohřevu na kvantitativní zastoupení pyrolýzních produktů nižší u rychlosti ohřevu 20 °C/min. Naopak celkový objem vznikajícího pyrolýzního plynu (viz obr. 5) je větší u rychlosti ohřevu 20 °C/min. Z uvedeného obr. 5 vyplývá, že u obou rychlostí ohřevu dochází k rychlému vývoji plynu od teploty 200 °C do cca 350 °C, což může ve shodě s provedenou termogravimetrickou analýzou odpovídat ději spojenému s fyzikálním odpařováním oleje.



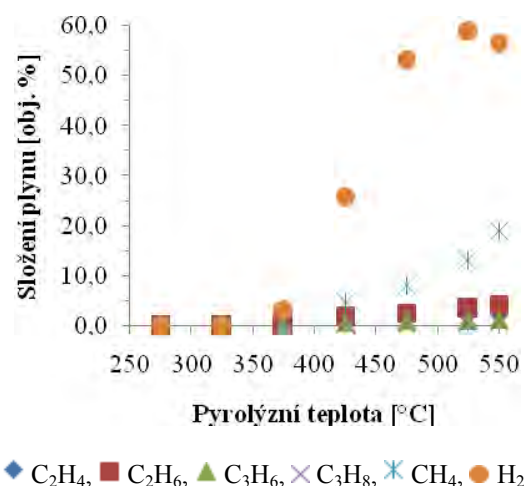
Obr. 4 Podíl pyrolýzních produktů při různých rychlostech ohřevu
Fig. 4 Proportion of pyrolysis products at different heating rates



Obr. 5 Teplotní závislost vývoje pyrolýzního plynu při různých rychlostech ohřevu
Fig. 5 Temperature dependence of pyrolysis gas evolution at different heating rates



Obr. 6 Chemické složení plynu při rychlosti ohřevu 10 °C/min
Fig. 6 Chemical composition of the gas at the heating rate of 10 °C/min



Obr. 7 Chemické složení plynu při rychlosti ohřevu 20 °C/min
Fig. 7 Chemical composition of the gas at the heating rate of 20 °C/min

Z obr. 6, 7, je patrné, že k vývoji pyrolýzního plynu obsahujícího sledovaný H_2 , CH_4 , C_3H_8 , C_3H_6 , C_2H_6 ,

C₂H₄ dochází s rostoucí teplotou od 400 °C. Jako nejvýznamněji zastoupené plynné složky pyrolýzního plynu byly stanoveny H₂, CH₄, C₂H₄ a C₂H₆. Při rychlosti ohřevu 20 °C/min byl obsah H₂ a CH₄ v sledovaných teplotních intervalech nejvýznamnější. Předpokládá se, že s rostoucí teplotou probíhají krakovací reakce uhlovodíků nacházejících se v plynné fázi, což může mít následně vliv na složení výsledného pyrolýzního plynu.

Závěr

Aplikace pyrolýzní technologie pro odstranění odpadních olejů z kovových kalů umožňuje získat pevnou fázi s požadovaným zastoupením forem přítomných kovů a obsahu uhlovodíků C₁₀-C₄₀. Podmínky pyrolýzního procesu je nutné optimalizovat vzhledem k požadavkům na tuhý zbytek, kapalnou a plynnou fázi. Z porovnání výsledků experimentů získaných při dvou různých rychlostech ohřevu a vždy s následnou 30 min výdrží na zvolené teplotě 550 °C vyplývá, že k požadovanému odstranění olejů z kovových kalů dochází výrazněji při rychlosti ohřevu 20 °C/min. ve srovnání s rychlosti ohřevu 10 °C/min. Při stejné rychlosti ohřevu dochází také k vývoji pyrolýzního plynu s nejvýznamněji zastoupenými obsahy H₂, CH₄, C₂H₄ a C₂H₆. Při obou rychlostech ohřevu obsah vodíku výrazněji roste až od teploty 400 °C, pravděpodobně z důvodu probíhajících krakovacích reakcí. Vzhledem k stanoveným obsahům sledovaných složek pyrolýzního plynu je možné předpokládat jeho potenciální využití, například jako chemické suroviny nebo jako energetického plynu.

Poděkování

Práce byla řešena v rámci projektu TA01020427 s názvem "Pyrolýzní a kopyrolýzní zpracování odpadů a jejich využití ve výrobě oceli" podpořeného z programu ALFA.

Literatura

- [1] CHANG, I. J.; LIN, J. J.; HUANG, J. S.; CHANG, Y. M. Recycling oil and steel from grinding swarf. *Resources, Conservation and Recycling*, 2006, vol. 49, no 2, p. 191-201. ISSN 0921-3449.
- [2] FU, H.; MATTHEWS, A. M.; WARNER, L. S. Recycling steel from grinding swarf. *Waste Management*, 1998, vol. 18, no. 5, p. 321-329. ISSN 0956-053X.
- [3] RUFFIN, B.; ZANETTI, C.M. Recycling of steel from grinding scraps: Reclamation plant design and cost analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008, vol. 52, no. 11, p. 1315-1321. ISSN 0921-3449.
- [4] MOLDOVEANU, S. C. Pyrolysis of organic molecules with applications to health and environment, 1st Edition, Elsevier Science, 2010, vol. 28, 744 s., ISBN 978-0-444-53113-1.
- [5] LAM, K. L.; OYEDUN, O. A.; CHEUNG, K. Y.; LEE, L. K.; HUI, CH. W. Modelling pyrolysis with dynamic heating. *Chemical engineering science*, 2011, vol. 66, no. 24, p. 6505-6514. ISSN 0009-2509.
- [6] WANG, Z.; GUO, Q.; LIU, X.; CAO, CH. Low temperature pyrolysis characteristics of oil sludge under various heating conditions. *Energy and Fuels*, 2007, vol. 21, no. 2, p. 957-962. ISSN 0887-0624.
- [7] WILLIAMS, P. T.; BESLER, S. The influence of temperature and heating rate on the slow pyrolysis of biomass. *Renewable energy*, 1996, vol. 7, no. 3, p. 233-250. ISSN 0960-1481.
- [8] SORUM, L.; GRONLI, M. G.; HUSTAD, J. E. Pyrolysis characteristics and kinetics of municipal solid wastes. *Fuel*, 2001, vol. 80, no 9, p.1217-1227. ISSN: 0016-2361.
- [9] AGRAWAL, R. K. Analysis of non-isothermal reaction kinetics. Part 1. Simple reactions. *Thermochimica Acta*, 1992, vol. 203, p. 93-110. ISSN 0040-6031.
- [10] JIANG, G.; NOWAKOWSKI, D. J.; BRIDGWATER A. A systematic study kinetics of lignit pyrolysis. *Thermochimica Acta*, 2010, vol. 498, no. 1-2, p. 61-66. ISSN 0040-6031.
- [11] ČSN 015111: Vzorkování sypkých a zrnitých materiálů. Praha, 1974.
- [12] ČSN 72 2041-9 (722041), Chemický rozbor ocelářské strusky. Část 9: Stanovení kovového železa, červen 1992.
- [13] ČSN 72 2041-12 (722041), Chemický rozbor ocelářské strusky. Část 12: Stanovení oxidu železnatého, červenec 1992
- [14] ČSN EN 12457-4 (838005): Charakterizace odpadů-vyluhování-ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů-Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalně a pevně fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním), Český normalizační institut, červenec 2003.
- [15] Vyhláška č. 294/2005 Sb ze dne 11. července 2005, o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Sbírka zákonů České republiky, 2009, částka 105, s. 5411-5444

zkušebnictví, měřictví, laboratorní metody

Experiences with the European Code of Practice for Small Punch Testing for Tensile and Fracture Behaviour

Zkušenosti s Evropským doporučením pro provádění penetračních testů ke stanovení pevnostních a lomových charakteristik



prof. Ing. Karel Matocha, CSc.¹

¹MATERIAL & METALLURGICAL RESEARCH Ltd., Ostrava, Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice, Czech Republic

The present paper summarizes the procedures described in CWA 15627 „Small Punch Tests Method for Metallic Materials“ Part B for determination of tensile and fracture characteristics of metallic materials from the results of Small Punch tests together with the corrections of this document proposed in the frame of its prospective conversion to European standard. The corrections were proposed on the base of the experiences obtained in the period 2007 – 2012 in MATERIAL & METALLURGICAL RESEARCH, Ltd.

Key words: Penetration test, hemispherical puncher, disc deflection, FATT yield strength

Předložený článek shrnuje postupy popsané v CWA 15627 “Small Punch Tests Method for Metallic Materials” Part B pro stanovení pevnostních a lomových charakteristik kovových materiálů z výsledků penetračních testů spolu s úpravami tohoto dokumentu navrženými v rámci jeho případné transformace na evropskou normu. Úpravy byly navrženy na základě zkušeností získaných v letech 2007 – 2012 ve společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o

Klíčová slova: Penetrační test, hemisférický razník, průhyb disku, FATT, mez kluzu

The industrial need for optimisation of operating procedures and inspection intervals, residual lifetime assessment and the need for the lifetime extension assessment of critical components of industrial plants require knowledge of:

1. Mechanical properties of materials prior to operation, respecting all technological operations realized throughout the manufacturing of the component,
 2. Mechanical properties after actual time of operation (actual mechanical properties), because the material properties can be reduced throughout the service life
1. It can be applied as a virtually non-destructive tool to monitor in service components in structural plants.

by ageing, service loading and temper, hydrogen and/or radiation embrittlement.

The need for evaluating the actual mechanical properties of structural components by direct testing method has led to development of innovative techniques based on miniaturized specimens. Among these, a technique called the Small Punch (SP) test has emerged as a promising candidate [1]. It can be used to obtain tensile, fracture and creep data from very small quantities of experimental material. Major benefits of this method are:

2. It enables determination of the tensile, fracture and creep characteristics of materials at critical locations of the components.

3. Test itself is rather simple to perform and inexpensive.
4. It gives the possibility to study locations such as interfaces, coatings, welded joints (BM, HAZ, WM) and exotic materials e.g. anisotropic.

The use of this method was accelerated by the development of scoop cutter sampling technology and/or electro-discharge machining technology for obtaining and retrieving a sample of material for analysis in virtually non-destructive manner not requiring post sampling repair. MATERIAL & METALLURGICAL RESEARCH, Ltd. carries out sampling by two SSamTM-2 scoop sampling machines [2].

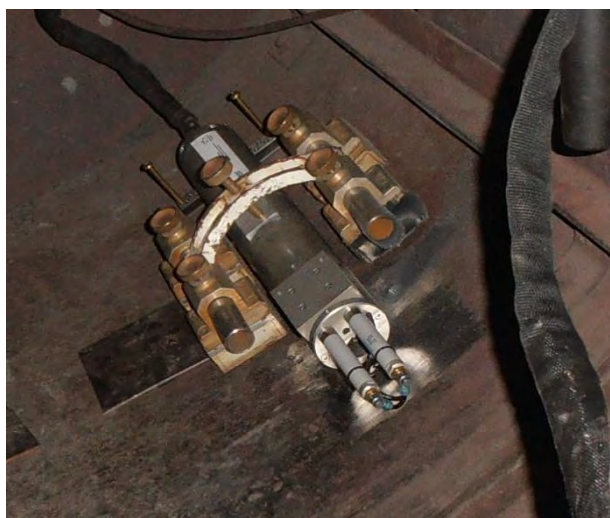


Fig. 1 SSamTM-2 scoop sampling machine
Obr. 1 Zařízení SSamTM-2 pro odběr zkušebního materiálu

It removes a small button shape of material that is, typically, 25 mm in diameter and 4 mm in thickness.

1. The Code of Practice for Small Punch Testing

The industrial use of the Small Punch Test technique has been limited in Europe due to lack of standard codes for SP testing and sampling. European Committee for Standardisation (CEN) provides two standardisation products – a formal standard and a Workshop Agreement [3]. Given the state of knowledge of the SP test and the need to quickly develop a set of guidelines to encourage uniformity in testing, the Workshop Agreement path was chosen. In September 2004 CEN Workshop 21 on “Small Punch Test Method for Metallic Materials” has been established by CEN. On the base of technical consensus of 32 participated organizations (without geographic restriction) CWA 15627 “Small Punch Test Method for Metallic Materials” was issued in December 2007 [4]. It comprises two parts, Part A: A Code of Practice for Small Punch Creep Testing, and Part B: A Code of Practice for Small Punch Testing for Tensile and Fracture Behaviour. ANNEX B1: “Derivation of tensile

and Fracture material properties” describes the methods for estimation of yield and tensile strength, DBTT and fracture toughness of the metallic materials from SP test records. ANNEX B2 “Guidance on Relevant Technological Issues: specimens sampling from components” describes potential applications of the SP test.

2. The Code of Practice for Small Punch Testing for Tensile and Fracture Behaviour

The main elements of the Code cover the apparatus, the test specimen preparation, the test temperature considerations, the test procedure, the post- test examination and the approaches to the derivation of yield strength (YS), ultimate tensile strength (UTS), FATT and fracture toughness from SP tests results. The Code takes into consideration both the Small Punch Bulge (disc clamped peripherally between two dies) and the Small Punch Drawing test (disc simply supported). Disc shape test specimens with $d = 8$ mm in diameter and initial thickness of $h_0 = 0.5$ mm are recommended for both the SP Bulge and SP Drawing tests. Specimen thickness of 0.5 mm assures the number of grains through the thickness is adequate to permit bulk properties to be obtained.

The objective of the test is to produce a load-punch displacement and/or load- specimen deflection record under cross head control, which contains information about the elastic-plastic deformation and strength properties of the material. A displacement rate of the punch in the range between 0.2 to 2 mm/min. is recommended [4].

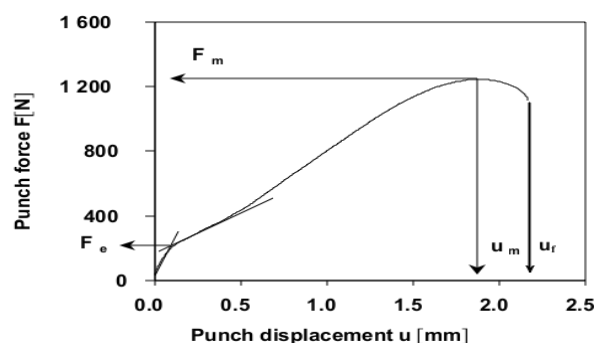


Fig. 2 Load – punch displacement curve recorded during a small punch test of a ductile material

Obr. 2 Závislost síla – posunutí razníku zaznamenaná v průběhu penetračního testu houževnatého materiálu.

The following SP related parameters are used for determination of YS, UTS, FATT and J_{IC} from such a load/punch displacement curve.

- F_m [N] - maximum load recorded during SP test,
 F_e [N] - load characterising the transition from linearity to the stage associated with the spread of the yield zone through the specimen thickness,

u_m [mm] - displacement corresponding to the maximum load F_m
 u_f [mm] - displacement corresponding to load $F_f = 0.8 \cdot F_m$
 E_{SP} [J] - SP fracture energy obtained from the area under the load punch displacement curve up to fracture

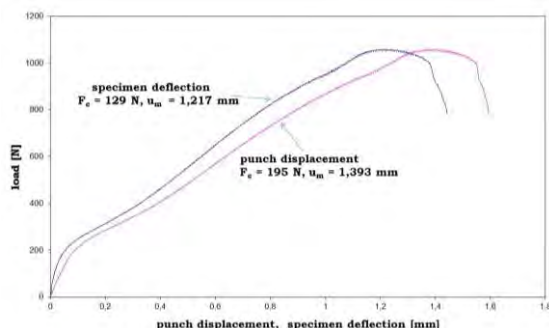


Fig. 3 Load – punch displacement, load-specimen deflection record
 Obr. 3 Porovnání závislosti síla – posunutí razníku a síla – deflexe zkušebního disku

Fig. 3 shows the comparison of load – displacement and load – deflection curves produced simultaneously during SP test. However load F_e and displacement u_m obtained from these curves are significantly different.

The load punch displacement curves obtained can be analysed either in terms of elastic-plastic finite element method or can be utilised to derive empirical correlations between SP and standardised test results. Both of the above mentioned approaches are used at the present time for determination of YS, UTS and J_{IC} . However ductile brittle transition temperature (DBTT) measured by FATT and/or 41J absorbed energy TT is determined only using empirical correlations.

3. Determination of actual yield strength, tensile strength and FATT on the basis of empirical correlations

Fig. 4 shows the effect of disc specimen thickness on the dependence of load F_e on yield strength, determined according to the Code. The effect of the disc specimen thickness can be eliminated by normalising F_e as F_e/h_0^2 , where h_0 is the initial thickness of the disc (see Fig. 5).

Fig. 6 shows the effect of disc specimen thickness on dependence of load F_m on tensile strength. The effect of disc specimen thickness can be eliminated in this case by normalising F_m as $F_m/(u_m \cdot h_0)$ (see Fig. 7). However the empirical correlations for determination of tensile strength mostly show significantly lower scatter band in comparison with correlations for yield strength determination (see Fig 5, Fig. 7) [5]. The use of the offset method (offset displacement of 0.1 mm) for determination of F_e , instead of the procedure described

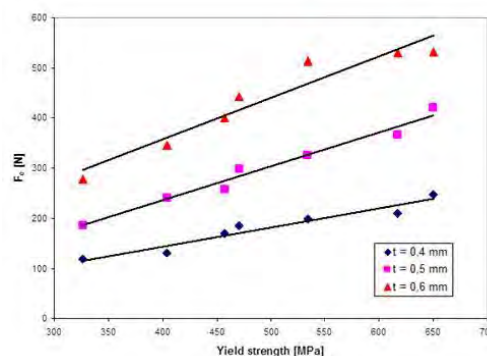


Fig. 4 The effect of disc specimen thickness on empirical correlation F_e vs. yield strength

Obr. 4 Vliv tloušťky penetračního disku na empirickou korelaci F_e vs. mez kluzu

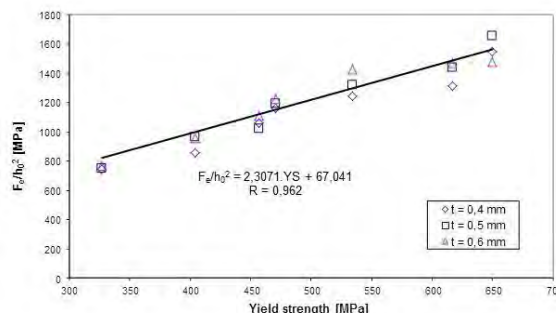


Fig. 5 Dependence of F_e / h_0^2 vs. Yield strength independent on disc thickness

Obr. 5 Závislost F_e/h_0^2 na mezi kluzu nezávislá na tloušťce penetračního disku.

in the Code, resulted in significant lowering of scatter band of the empirical correlation (see Fig 8, Fig. 9). In this case F_e represents the point in the load – punch displacement curve where fully plastic behaviour takes over from mixed elastic plastic behaviour (see Fig. 10). However further study is needed to verify the sensitivity of empirical correlations in detecting and evaluating degradation corresponding to various degradation modes.

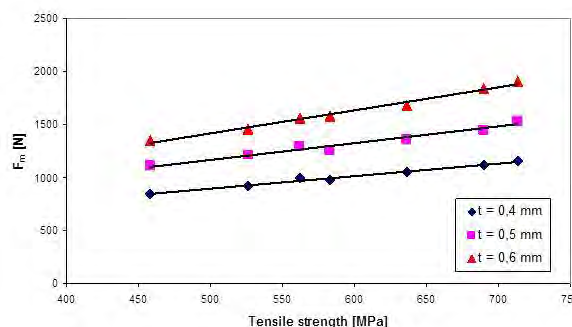


Fig. 6 The effect of disc specimen thickness on empirical correlation F_m vs. tensile strength

Obr. 6 Vliv tloušťky penetračního disku na empirickou korelaci F_m vs. pevnost v tahu

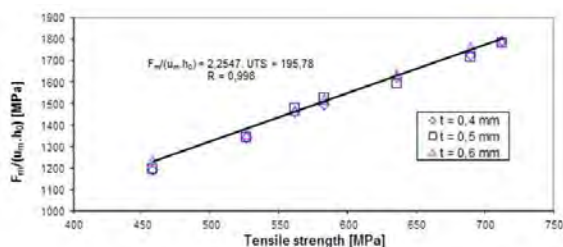


Fig. 7 Dependence of $F_m/(u_m \cdot h_0)$ vs. tensile strength independent on disc thickness

Obr. 7 Závislost $F_m/(u_m \cdot h_0)$ na mezi pevnosti nezávislá na tloušťce penetračního disku

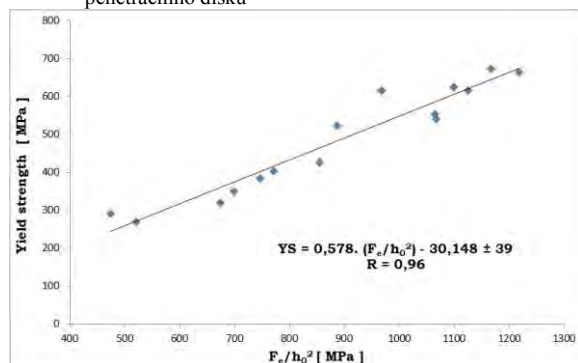


Fig. 8 Empirical correlation YS vs. F_e/h_0^2 in accord to CWA

Obr. 8 Empirická korelace pro stanovení meze kluzu dle CWA

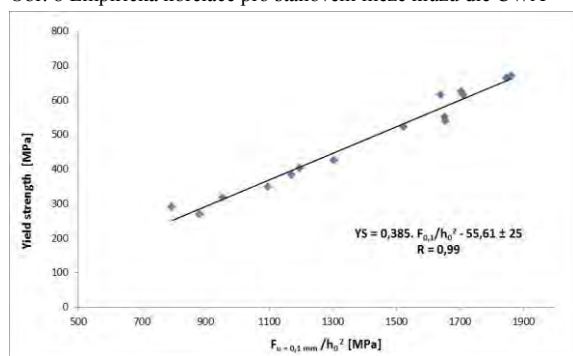


Fig. 9 Empirical correlation YS vs. F_e/h_0^2 for $F_e = F_u = 0.1$ mm

Obr. 9 Empirická korelace pro stanovení meze kluzu pro $F_e = F_u = 0.1$ mm

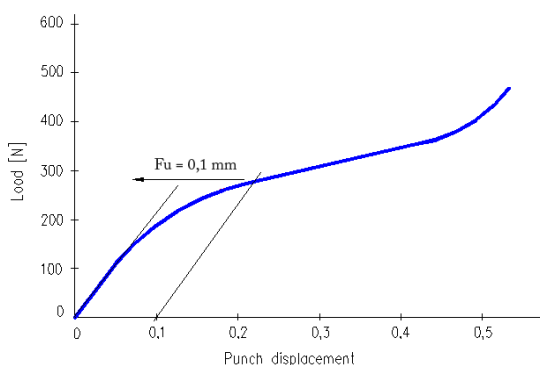


Fig. 10 Procedure for determination of F_e by offset method (offset displacement of 0.1 mm).

Obr. 10 Postup pro stanovení F_e ze smluvního plastického posunutí $u = 0.1$ mm.

Empirical correlations for FATT estimation are based on the fact that steels exhibiting standard Charpy impact ductile to brittle transition behaviour also show this behaviour in a small punch test, but usually shifted to a lower temperature. Transition temperature T_{SP}

determined according to the Code is correlated with the FATT determined from a series of Charpy V impact tests. However SP test technique used by the Code does not use notched specimens. In order to address the criticism directed towards the Charpy V and SP geometries a new notched specimen geometry to determine fracture properties by small punch testing was introduced to create loading conditions which are closer to those of the conventional CVN test. Disc test specimens 8 mm in diameter and 0.5 mm in thickness with U shape 0.2 mm deep notch in the axis of the disc plane were used for determination of transition temperature T_{SP} .

Fig. 11 shows the shift in transition temperature T_{SP} due to the use of notch disc test specimens. The empirical correlations between T_{SP} and FATT can be then affected by alloy type, punch velocity, disc specimen orientation and use of notched disc specimens.

According to CWA 15627 the SP fracture energy is defined by the area under the load punch displacement curve up to the displacement at onset of fracture/failure u_f , which is defined as the punch displacement at 20% load drop after maximum load $F_f = 0.8 \cdot F_m$. Multiple

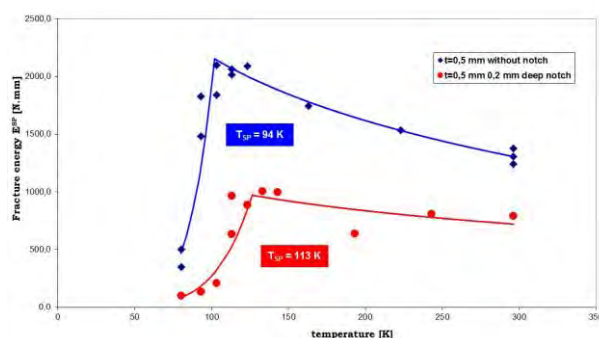


Fig. 11 The effect of U shape 0.2 mm deep notch on temperature dependence of fracture energy (14MoV6-3 steel in as received state).

Obr. 11 Vliv vrubu tvaru U o hloubce 0,2 mm na teplotní závislost energie lomu (ocel 14MoV6-3 v dodaném stavu)

load drops are observed from time to time at load-punch displacement curve at the SP test carried out at lower temperatures [3, 6, 7]. By monitoring the bulged surface of the disc during the SP test with a camera, it has been shown, that the occurrence of the first load drop consequence of the initiation of the first circumferential crack with the following load drop associated with the propagation of further radial cracks (see Fig. 12).

In such cases the small punch energy should be calculated as the area under the load-punch displacement curve up to first load drop. Fig. 13 shows the comparison of small punch transition temperature T_{SP} determined in accordance with CWA 15627 and from the energy for the initiation of the first crack.

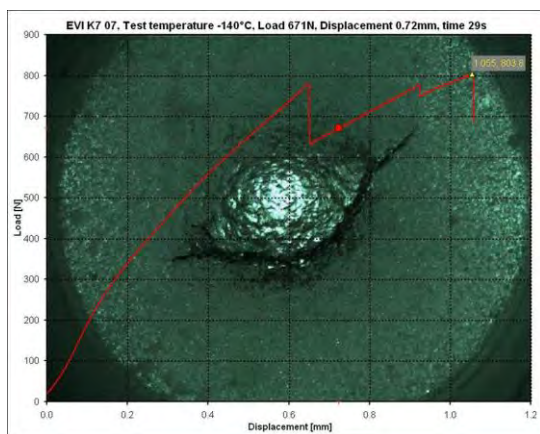


Fig. 12 Load drop associated with the initiation of the first circumferential crack. SP test at -140°C . 14MoV6-3 steel after 256000 hours at 540°C .

Obr. 12 Pokles zatížení související se vznikem první obvodové trhliny. Test SP při -140°C . Ocel 14MoV6-3 po 256000 hodinách při 540°C .

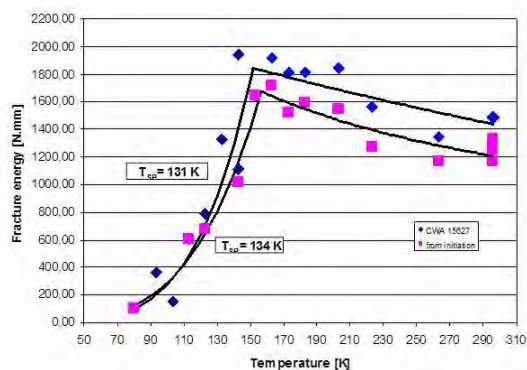


Fig. 13 The comparison of small punch transition temperature T_{SP} determined in accordance with CWA 15627 and from the energy for the initiation of the first crack.

Obr. 13 Porovnání tranzitní teploty T_{SP} stanovené v souladu s CWA 15627 a z energie pro iniciaci první trhliny.

4. Conclusions

- The empirical correlation for determination of material yield strength from the results of SP tests was expressed as a dependence of yield strength on $F_e/(h_0)^2$.
- The empirical correlation for estimation of material tensile strength from the results of SP tests was expressed as a dependence of tensile strength on $F_m/(u_m \cdot h_0)$.
- The use of the offset method (offset displacement of 0.1 mm) for determination of F_e , instead of the procedure described in the Code, resulted in significant lowering of scatter band of the empirical correlation
- The significant shift in transition temperature T_{SP} was observed due to use of U shape 0.2 mm deep notch in the axis of the disc plane.

- If multiple load drops are observed on load-punch displacement curve, the fracture energy should be calculated as the area under the load-punch displacement curve up to first load drop.
- Further study is needed to verify the sensitivity of empirical correlations in detecting and evaluating degradation corresponding to various material degradation modes.

Acknowledgement

This paper was created in the project No. CZ.1.05/2.1.00/01.0040 "Regional Materials Science and Technology Centre" within the frame of the operation programme "Research and Development for Innovations" financed by the Structural Funds and from the state budget of the Czech Republic.

Literature

- [1] HURST, R.; MATOCHA, K.: The European Code of Practice for Small Punch Testing-where do we go from here? In: *1st International Conference "Determination of Mechanical Properties of Materials by Small Punch and other Miniature Testing Techniques"*. Ostrava, Czech Republic, August 31 to September 2, 2010, pp.5-11, ISBN 978-80-254-7994-0
- [2] MATOCHA, K.: *The evaluation of mechanical properties of structural steels by penetration tests* (in Czech). Monograph: Technical University Ostrava & MATERIAL AND METALLURGICAL RESEARCH Ltd., Ostrava, 2010, ISBN 978-80-248-2223-5
- [3] MATOCHA, K.: Determination of Actual Tensile and Fracture Characteristics of Critical Components of Industrial Plants under Long term Operation by SPT. In: *The ASME 2012 Pressure & Piping Division Conference PVP 2012*, July 15-19, 2012, Toronto, Ontario, Canada (CD-ROMM)
- [4] *CEN WORKSHOP AGREEMENT "Small Punch Test method for Metallic Materials"* CWA 15627:2007 D/E/F, December 2007
- [5] HURST, R.; MATOCHA, K.: Where are we now with the European Code of Practice for Small Punch Testing? In: *2nd International Conference "Determination of Mechanical Properties of Materials by Small Punch and other Miniature Testing Techniques"*. Ostrava, Czech Republic, October 2 to 4, 2012, pp.4-18, ISBN 978-80-260-0079-2
- [6] TURBA, K.; HURST, R.C.; HÄHNER, P.: Small Punch Fracture Testing Applied to the NESC-I Spinning Cylinder Material. In: *2nd International Conference "Determination of Mechanical Properties of Materials by Small Punch and other Miniature Testing Techniques"*. Ostrava, Czech Republic, October 2 to 4, 2012, pp.196 - 202, ISBN 978-80-260-0079-2
- [7] MATOCHA, K.: Determination of actual tensile and fracture characteristics of critical components of industrial plants under long term operations-experiences and way forward. In: *Two Day Pre-SMiRT Seminar on "Miniature Specimens for Evaluation of Mechanical Properties of Structural Materials"* (MEMP 2011), November 04-05, 2011, Mumbai, India

tepelná technika, pece, žárovzdorný materiál

Současná situace ve spotřebě žárovzdorných materiálů v českém průmyslu výroby surového železa a oceli

The Current Situation in Consumption of Refractory Materials within the Czech Iron and Steel Metallurgical Industry



Ing. Tadeáš Franek¹



Ing. Milan Cieslar³



Ing. Petra Večerková, Ph.D.²



Ing. Rudolf Rech⁴

¹ Refrasil, s.r.o., Průmyslová 720, Třinec-Konská, Česká republika

² ArcelorMittal Ostrava, a.s., Vratimovská 689, 707 02 Ostrava-Kunčice, Česká republika

³ Třinecké železářny, a.s. Průmyslová 1000, 739 70 Třinec-Staré Město, Česká republika

⁴ Evraz Vítkovice Steel, a.s., Štramberská 2871/47, Hulváky, 709 00 Ostrava 3, Česká republika

Politicko-ekonomické změny, které proběhly v naší zemi v 90. letech minulého století, vedly k razantnímu snížení výroby surového železa a oceli. Privatizace hutních podniků vedla k technologickým změnám při výrobě oceli a k intenzifikaci hutních pochodů. V souvislosti s těmito změnami změnily se i požadavky na použití žárovzdorných materiálů v hutním průmyslu, změnila se i tvář českého průmyslu žáromateriálů. Výrazně klesla spotřeba klasických žárovzdorných materiálů, které byly nahrazeny vysocejakostní keramikou s vyššími užitnými vlastnostmi. To vedlo ke zvýšení životnosti hutních agregátů, snížení jejich specifické spotřeby a zlepšení ekonomického efektu v metalurgickém průmyslu.

Klíčová slova: Surové železo, ocel, žárovzdorné materiály, vysocehlinité žáromateriály, bazické žáromateriály

Political and economic transformations, which our country saw in the 1990s, resulted in steep decrease in ironmaking and steelmaking outputs. Privatized metallurgical companies made changes in steelmaking technologies and intensified metallurgical processes. Thus, application requirements to the refractory materials to be used in metallurgy have altered. So has the overall picture of the Czech refractory industry. Consumption of standard fireclay materials has dropped significantly as it was replaced by high-quality ceramics with improved utility properties. Therefore lifetime of metallurgical production facilities has been prolonged, their specific consumption decreased and economic effect in metallurgy improved. Unshaped materials have been gaining importance with technology of their production and application being less cumbersome and with energy consumption being lower. For these reasons, shaped materials output has been going down year by year while the volume of mixes and castables has had a rising tendency. Strategies in refractory materials production are focused on research and development of new types of unshaped refractory materials, improving technological processes going on in linings production and repairs, using new kinds of raw materials, development of composite materials destined for the most challenging conditions of application, development of the latest technologies for manufacturing refractory monoliths and innovation of production processes applied at manufacture of fireclay and high alumina bricks.

Key words: Pig iron, steel, refractories, high alumina refractories, basic refractories

Konec minulého století je charakterizován výraznými změnami v metalurgickém průmyslu, který nadále zůstává rozhodujícím odběratelem žárovzdorných materiálů. Zavedení kyslíkových konvertorů a kontilit oceli mělo dopad na významné jakostní změny žárovzdorných materiálů a podstatné snížení jejich spotřeby. Proces, kterým prošly vyspělé západoevropské státy v 70. a 80. letech, dorazil do východní Evropy v průběhu 90. let po realizaci rozsáhlých politicko-ekonomických změn v postkomunistických zemích.

V roce 1990 bylo vyrobeno v ČR 10,1 mil. t oceli, z toho 37 % v tandemových pecích, 27 % v kyslíkových konvertorech, 18 % v SM pecích a dalších 18 % v elektrických obloukových pecích. Podíl plynule odlévané oceli činil v uvedeném roce 5 %. Po 20 letech bylo v roce 2010 vyrobeno v ČR jen 5,2 mil. t oceli, z toho 55 % v kyslíkových konvertorech, 37 % v tandemových pecích a 8 % v elektrických obloukových pecích. Podíl plynule odlévané oceli stoupl v roce 2010 na 90 %.

Uvedené technologické změny při výrobě oceli a uvolnění dovozu žárovzdorných materiálů do ČR výrazným způsobem změnila situaci ve spotřebě žáromateriálů v českém průmyslu výroby surového železa a oceli a zároveň změnila i tvář českého průmyslu žáromateriálů.

1. Ocelářský průmysl v České republice

I když koncem minulého století se prosazovaly výroky, že konvenční cesta přes koksové baterie, vysoké pece a kyslíkové konvertory ztrácí svou dominantní pozici a stále více získává na významu výroba oceli v elektrických obloukových pecích (ze šrotu a produktů DR procesů), nadále v českém ocelářském průmyslu je uplatňován klasický model dvoustupňového procesu od výroby surového železa ve vysokých pecích po výrobu oceli v kyslíkových konvertorech, tandemových pecích, případně elektrických obloukových pecích.

1.1 Výroba surového železa

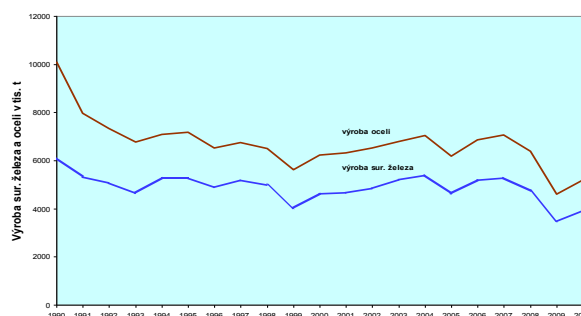
V současné době je surové železo vyráběno v ČR ve 4 vysokých pecích, a to 2 vysokých pecích společnosti ArcelorMittal Ostrava, která zajišťuje dodávky surového železa i do společnosti Evraz Vítkovice Steel a 2 vysokých pecích společnosti Třinecké železářny v Třinci.

V roce 1996 došlo k dohodě společností Vítkovice, Nová huť a Fondu národního majetku o zastavení provozu vysokých pecí ve Vítkovických železárnách blízko centra Ostravy s tím, že vysoké pece v majetku Nové huti budou vyčleněny do samostatné společnosti

Vysoké pece Ostrava (VPO), která zajistí dodávky surového železa do obou zmiňovaných společností. V roce 2006 se 100 % vlastníkem firmy VPO stala společnost Mittal Steel Ostrava, která ji ve stejném roce připojila k sobě a zařadila mezi vlastní výrobní závody. Do listopadu 2008 byly zde v provozu 3 vysoké pece, v souvislosti s celosvětovou ekonomickou krizí došlo k zastavení chodu 1 vysoké pece a od této doby jsou v provozu pouze 2 vysoké pece.

V Třineckých železárnách, které vyrábějí surové železo především pro svoji vlastní potřebu, byly do října 1991 v provozu 3 vysoké pece. S ohledem na pokles výroby oceli v ČR jsou od této doby v provozu pouze 2 vysoké pece.

Výroba surového železa úzce koresponduje s výrobou oceli. V roce 2010 bylo v ČR vyrobeno celkem 3,924 mil. t surového železa. Na obr. 1 je znázorněn vývoj výroby surového železa a oceli v ČR od roku 1990, tzn. po období významných politicko-ekonomických změn v naší zemi.



Obr. 1 Výroba surového železa a oceli v ČR od roku 1990

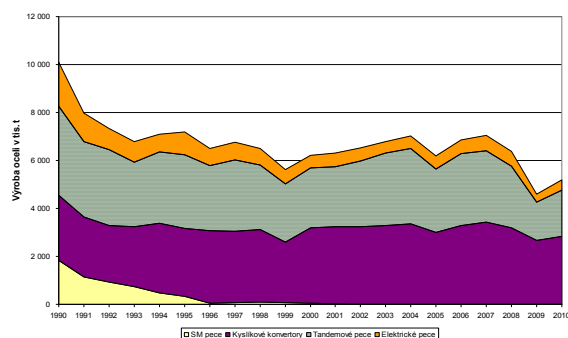
Fig. 1 Pig iron and steel production in the Czech Republic since 1990

1.2 Výroba oceli

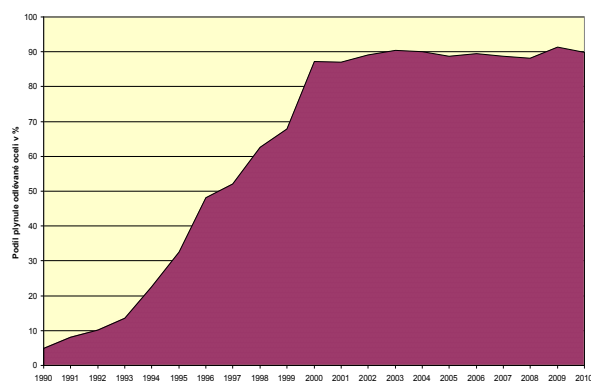
V roce 2010 bylo vyrobeno v ČR 5,180 mil. t tekuté oceli, z čehož 4,946 mil. t (95 %) bylo vyrobeno ve 3 společnostech – Třineckých železárnách (2 kyslíkové konvertory a 3 malé EOP), Arcelor Mittalu Ostrava (2 kyslíkové pece) a Evrazu Vítkovicích Steel (2 kyslíkové konvertory). Zbytek oceli byl vytaven v elektrických obloukových pecích takových společností jako Vítkovice Heavy Machinery, Železářny Hrádek, Pilsen Steel, ŽDB Group, ŽĐAS, Poldi Hütte.

55 % výroby oceli činila výroba v kyslíkových konvertorech, 37 % výroba v tandemových pecích a 8 % výroba v elektrických obloukových pecích. Podíl plynule odlévané oceli dosáhl v roce 2010 v ČR hodnoty 90 %.

Na obr. 2 je představen vývoj výroby oceli v ČR podle technologie výroby a na obr. 3 vývoj podílu plynule odlévané oceli od roku 1990.



Obr. 2 Výroba oceli v ČR podle technologie výroby
Fig. 2 Steel production in the Czech Republic in terms of production technology



Obr. 3 Podíl plynule odlévané oceli v ČR
Fig. 3 Percentage of continuously cast steel in the Czech Republic

2. Žárovzdorné materiály v českém ocelářském průmyslu

Nadále platí, že největším spotřebitelem žárovzdorných materiálů je ocelářský průmysl. Celosvětově se spotřebuje při výrobě surového železa a oceli 65-70 % celkové výroby žáromateriálů, v zemích EU cca 60 %. V České republice bylo v roce 2010 vyrobeno 160 kt žárovzdorných materiálů, z čehož jen 37 kt (23 %) bylo využito v českém průmyslu výroby surového železa a oceli. Je to dáno tím, že český průmysl žáromateriálů je orientován především na výrobu šamotových materiálů, jejichž význam v metalurgických pochodech značně klesl. Celková spotřeba žáromateriálů v českém ocelářském průmyslu činila v roce 2010 cca 92 kt, tzn. že 55 kt žáromateriálů (60 % celkové spotřeby) bylo k nám dovezeno ze zahraničí.

V souvislosti se změnami technologie a intenzifikací vysokopecních a ocelářských procesů se prosazuje použití vysokojeakostních žáromateriálů o vysoké užitné hodnotě. Prodlužují se tak životnosti hutních agregátů a klesá specifická spotřeba žáromateriálů v hutním průmyslu. Nejprogresivnější společnosti vykazují specifické spotřeby pod 10 kg na 1 t vyrobené oceli. V tabulce 1 je uveden historický vývoj specifické spotřeby žáromateriálů při výrobě oceli.

Tab. 1 Specifická spotřeba žárovzdorných materiálů při výrobě oceli
Tab. 1 Specific consumption of refractory materials at steel production

Rok	Specifická spotřeba kg/t
1950	50
1970	30
1990	20
2010	10

Průměrná specifická spotřeba žárovzdorných materiálů při výrobě oceli v ČR činila v roce 2010 cca 18 kg/t oceli. Je nutno podotknout, že jsou značné rozdíly ve specifické spotřebě žáromateriálů v jednotlivých hutních podnicích (od 9 – 30 kg/t oceli), které ovlivňuje především druh tavícího agregátu.

Následující tabulka ukazuje strukturu specifické spotřeby žárovzdorných materiálů podle hutních agregátů. Specifická spotřeba závisí především od technologie výroby, technologického zařízení, jeho velikosti a také od druhu použitých žáromateriálů.

Tab. 2 Specifické spotřeby žárovzdorných materiálů při výrobě surového železa a oceli

Tab. 2 Specific consumption of refractory materials at iron and steel production

Proces	Agregát	Spec. spotř. ŽM kg/t oceli	Podíl z celk. spotřeby %
Výroba sur. železa	VP - vyzdívka	0,1 - 0,2	2
	VP - ucpávací hmota	0,3 - 0,5	5
	VP - žlabové hmoty	0,4 - 0,6	6
	ohřívač větru	0,3 - 0,4	4
Transport sur. železa	pojízdné mísiče	0,4 - 0,6	6
	nalévací pánve	0,2 - 0,3	3
Tavení oceli	kyslíkové konvertory (elektr. obl. pece)	1,0 - 1,5 (4,5 - 6,0)	14 0
	(tandemové pece)	(12,0 - 16,0)	0
Odlévání oceli	licí pánve	2,0 - 4,0	33
	vakuovací zařízení	0,7 - 1,0	9
	mezipánve	1,2 - 2,0	18

2.1 Žárovzdorné materiály pro výrobu surového železa

2.1.1 Vyzdívky vysokých pecí

Vysokopecní proces se neustále intenzifikuje. Zvyšuje se teplota dmýchaného větru při současném obohacování kyslíkem, dochází k injektáži paliv (olej, zemní plyn, uhlí) a zvyšuje se tlak pod sazebnou. Vlivem těchto změn vzrůstají značně požadavky na žárovzdornou vyzdívku, která má umožnit patnáctiletý až dvacetiletý provoz vysoké pece.

Pro horní část šachty, která je namáhána především otěrem, se používají u nás hutné šamotové výrobky. Ve střední části šachty působí na vyzdívku plyny uvolňující se ze vsázky, a to především páry alkálií a CO. Zde se používají šamotové nebo andaluzitové tvárnice s nízkým obsahem oxidů železa. Nejvíce je tepelně a

chemicky namáhaná vyzdívka spodní části šachty, zarážky a nístěje. Pro spodní část šachty a zarážku se nejlépe osvědčily nízkocementové žárobetonové prefabrikáty na bázi elektrotaveného korundu. Nístěj je doménou uhlíkatých materiálů – grafitových a uhlíkových bloků s velmi nízkou pórovitostí.

Při středních opravách vysokých pecí se často přistupuje k dílčím opravám vyzdívky šachty, a to torkretováním nebo shotcretováním. K torkretování se používají vysocehlinité žárobetony na bázi mullitu nebo vysocehlinitých ostriv s přísadami SiC a C.

2.1.2 Vysokopeční ucpávací hmoty

Ucpávací (ucpávkové) hmoty slouží ke spolehlivému uzavření odpichového otvoru po odpichu z vysoké pece, musí chránit vnitřní stěnu vyzdívky v okolí odpichového otvoru a musí zajistit rovnoměrný proud taveniny do soustavy žlabů. Používané hmoty musí být odolné proti působení roztavené strusky a železa, musí rychle tvrdnout a nesmějí znečišťovat ovzduší.

V současné době se používají v naší republice především bezdehtové ucpávací hmoty s pryskyřičnou vazbou na bázi bauxitu s přísadami SiC a C.

2.1.3 Žlabové hmoty

Od vyzdivek žlabů vysokých pecí se vyžaduje vysoká odolnost proti erozi a korozi proudícím kovem a struskou a také vysoká odolnost proti náhlým změnám teplot. Kromě toho se většinou požaduje rychlá instalace a uvedení do provozu.

Tyto podmínky splňují nejlépe nízkocementové žárobetony na bázi bauxitu a korundu s přísadami SiC a C.

2.1.4 Vyzdívky ohřivačů větru

Vyzdívka ohřivačů větru je při dlouhodobém provozu namáhána tepelně, mechanicky a částečně také i chemicky. Intenzifikace vysokopečního procesu je spojena i se zvyšováním teploty dmýchaného větru, která způsobuje větší tepelnou zátěž horní části spalovací šachty, kopule a teplojemné výplně.

V ohřivačích větru se používají různé druhy žárovzdorných materiálů, které se volí podle tepelného a mechanického namáhání agregátu. V horní části teplojemné výplně a pracovní vrstvě kopule, kde se požaduje vysoká únosnost v žáru, se používá dinas. Střední vrstvy teplojemné výplně tvoří většinou andaluzit a ve spodních vrstvách, kde je nejnižší teplota, se používají šamotové materiály. Nepracovní vrstvy jsou tvořeny izolačními výrobky – lehčeným dinasem, lehčeným šamotem a na plášti vláknitými materiály.

2.2 Žárovzdorné materiály pro transport surového železa

2.2.1 Vyzdívky pojízdných misičů

Surové železo se přepravuje od vysokých pecí na ocelárny v pojízdných misičích, které přestaly být pouze přepravní nádobou, ale obvykle se využívají i na odsíření, odfosfoření a případně i odkřemičnění surového železa. Zavedením těchto předzkujňovacích procesů se mění struskový režim v misiči a zvyšuje se opotřebování žárovzdorné vyzdívky.

Vyzdívka pojízdných misičů je většinou trojvrstvá. Na ocelovém plášti jsou izolační vláknité desky, následuje trvalá šamotová vyzdívka a pracovní vyzdívka. V pracovní vyzdívce se nejlépe osvědčily bauxitové tvárnice, případně bauxitové tvárnice s přísadou Cr_2O_3 (strusková zóna).

K významnému prodloužení životnosti pojízdných misičů a zlepšení jejich ekonomiky provozu přispěla technologie shotcretingu. K shotcretování se používají většinou hmoty na bázi andaluzitu.

2.2.2 Vyzdívky nalévacích pánví

Agregátem, který zajišťuje transport surového železa z pojízdného misiče do tavicí ocelářské pece, je nalévací pánve.

Pokud se neprovádí odsíření surového železa v nalévací pánvi, pracovní i nepracovní vyzdívka pánve je tvořena ze šamotových tvárnic. Zavedením odsíření a dalších předzkujňovacích procesů, klesla však významně životnost vyzdivek nalévacích pánví a bylo nutno hledat nová řešení. Pro pracovní vyzdívku se nejlépe osvědčily ASC – materiály s pryskyřičnou vazbou ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{C}$), případně kombinace ASC – materiálů s vysocehlinitými tvárnicemi na bázi andaluzitu a bauxitu.

2.3 Žárovzdorné materiály pro tavení oceli

2.3.1 Vyzdívky kyslíkových konvertorů

Jak už bylo zmíněno, 55 % výroby oceli v ČR je vyráběno v kyslíkových konvertorech. Pro nepracovní ochrannou vyzdívku se používají pálené magnezitové tvárnice a celá pracovní vyzdívka je zhotovena z MgO-C staviv. Za účelem zrovnoměnění opotřebení vyzdívky, a tím zvýšení její životnosti jako celku, se zavedly pásmové vyzdívky z různých druhů MgO-C tvárnic, které zohledňují způsob a intenzitu namáhání jednotlivých pásem. Nejrozšířenějším druhem MgO-C staviv, které se v současnosti v konvertorech používají, jsou tvárnice s pryskyřičnou vazbou a obsahem uhlíku od 10-15 %.

Velký posun v životnosti vyzdivek konvertorů se dosáhl úpravou struskového režimu s cílem snížení její agresivity k vyzdívce, zavedením technologie „slag splashingu“ a intenzivním používáním opravářských hmot. Vyzdívky se udržují systematickými opravami pomocí magnezitových torkretovacích hmot, které se stříkají na horkou vyzdívku. Nejkritičtějšími místem je

oblast čepů, kde se nevytváří stálá vrstva strusky chránící pracovní vyzdívku. Torkretování je v této části jediným účinným způsobem, jak prodloužit životnost vyzdívky. Kromě torkretovací techniky je při opravách využívána i technika shotcretingu.

2.3.2 Vyzdívky elektrických obloukových pecí

Neustálá intenzifikace elektrických obloukových pecí (EOP) se vyznačuje zvyšováním výkonů, zkracováním taveb předeheřem vsázky, použitím kyslíku, využíváním technologie napěňování strusky, zvyšováním příkonu elektrické energie a zvětšováním objemu pecí. S tím souvisí i vývoj vyzdívky, zejména po zavedení chladnic, který je charakteristický ústupem pálených magnezitových a magnezitochromových staviv a jejich náhradou MgO-C tvárnici.

Ochrannou vyzdívku pecí tvoří většinou pálené magnezitové tvárnice. Pracovní vyzdívka stěn a dna je obvykle pásmová, používají se pro její zhotovení jak klasické pálené MgO a MgO-Cr₂O₃ tvárnice, tak pryskyřici vázané MgO-C tvárnice s obsahem uhlíku až do 30 %. Vyzdívka vík EOP je zděná, monolitická nebo je kombinací obou zmíněných způsobů. Pro zděnou vyzdívku se používají většinou andaluzitové nebo bauxitové tvárnice, pro monolitickou vyzdívku nízkocementové žárobetonové prefabrikáty na bázi andaluzitu nebo bauxitu.

2.3.3 Vyzdívky tandemových pecí

Vývojem prošly i vyzdívky tandemových pecí, u kterých proces tavení byl intenzifikován použitím kyslíkové trysky. Obdobně jako u vyzdívky kyslíkových konvertorů a EOP ochrannou vrstvu vyzdívky tvoří pálené MgO tvárnice. Pracovní vyzdívka je pásmová a používají se k její zhotovení jak pálené MgO a MgO-Cr₂O₃ tvárnice, tak pryskyřici vázané MgO-C staviva.

2.4 Žárovzdorné materiály pro odlévání oceli

2.4.1 Vyzdívky licích pánví

Ocelářské pánve nejsou ve většině případů jen transportní nádoby, ale účastní se procesů tzv. sekundární metalurgie (LF, VD, VAD, VOD apod.). Důsledkem toho je prodloužení setrvání oceli v pánvi, zvýšení teplot oceli a zvýšení agresivity prostředí, kterému jsou žáromateriály v pánvi vystaveny. Výběr optimální skladby vyzdívky pánve závisí od druhu vyráběné oceli a metalurgických procesů, které se v pánvi uskutečňují.

Vývoj vyzdívky ocelářských pánví prošel v posledním období v českém hutnictví celou řadou změn – od šamotových přes vysocehlinité až po dolomitové. Zkoušely se jak tvarové materiály, tak i monolitické vyzdívky vyrobené většinou z nízkocementových žárobetonů na bázi tabulárního korundu a spinelu.

V současné době pro ochrannou nepracovní vyzdívku pánve se používají šamotové tvárnice, pro pracovní vyzdívku dna a stěn nepálené dolomitové tvárnice s pryskyřičnou vazbou (někteří výrobci používají tzv. AMC – materiály, tzn. pryskyřici vázané Al₂O₃-MgO-C tvárnice, případně pálené vysocehlinité materiály na bázi syntetického mullitu nebo dalších vysocehlinitých ostriv). Pro pracovní vyzdívku ve struskové zóně se nejlépe osvědčily MgO-C staviva.

2.4.2 Žárovzdorné materiály pro vakuovací zařízení

K nejvíce používaným agregátům sekundární metalurgie patří RH a DH vakuovací zařízení a VOD, AOD nádoby. Žárovzdorné materiály používané k jejich vyzdívání jsou obdobné.

Vyzdívka vakuovacích zařízení je vystavena extrémně vysokým teplotám, eroznímu a koroznímu účinku kapalných a plyných medií, a také velkým teplotním šokům. Obdobně jako u konvertorů se jedná o pásmovou vyzdívku, pro kterou se nejlépe osvědčily MgO a MgO-Cr₂O₃ staviva vyráběné jak ze sintovaných, tak i elektrotavených slínek. Násosky jsou zhotoveny z MgO-Cr₂O₃ tvárnice, na jejichž povrch se nanáší vrstva vysocehlinitého nebo korundového žárobetonu, případně speciálního bazického žárobetonu na bázi MgO nebo MgO-Cr₂O₃.

2.4.3 Žárovzdorné materiály pro mezipánve

V současné době 90% výroby oceli v ČR je odléváno na zařízeních pro plynulé odlévání oceli (kontiliti). Žárovzdorné materiály pro kontiliti můžeme rozdělit do 2 základních skupin – na materiály pro vyzdívku mezipánví a materiály pro ochranu proudu oceli během odlévání.

Trvalá vyzdívka mezipánví se skládá z izolačního materiálu na plášti a vysocehlinitého žárobetonu na bázi andaluzitu nebo bauxitu. Pracovní vrstva se zhotovuje z izolační magnezitové nebo olivínové nástřikové hmoty, která se nanáší na základní vyzdívku a obnovuje se po každé sekvenci odlévání.

Materiály pro ochranu proudu oceli – stínící trubice, ponorné výlevky a monoblokové zátky jsou obvykle vyrobeny izostatickým lisováním z grafitokorundových materiálů. Ke snížení koroze struskou jsou někdy ponorné výlevky pokryty z vnější strany vrstvou ZrO₂-C materiálu.

Závěr

Intenzifikací technologických procesů při výrobě surového železa a oceli se změnila požadavky na použití žárovzdorných materiálů. Neustále klesá použití ménějakostních žáromateriálů (šamot, dinas, magnezit s vyšším obsahem Fe₂O₃...) na úkor vysocejakostní keramiky, která dosahuje vyšších užitných hodnot a přispívá ke zlepšení ekonomiky provozu jednotlivých hutních agregátů. Na významu stále více získávají

netvarové materiály, jejichž technologie výroby a použití jsou méně pracné a jsou energeticky výhodnější. Objevují se nové techniky pro zhotovení vyzdívky (shotcreting, shotgunning), které významným způsobem prodlužují její životnost. Všechny tyto změny vedou k neustálému snižování specifické spotřeby žárovzdorných materiálů při výrobě oceli a zlepšování ekonomického efektu výroby v metalurgickém průmyslu.

Literatura

- [1] FRANEK, T.: Žárovzdorné materiály pro výrobu oceli na prahu 21. století. In. *Hutní keramika*, Rožnov pod Radhoštěm, 2001
- [2] FRANEK, T.: Czech and Slovak refractories industry in the period of economic crisis. In. *Žárovzdorné materiály*, Praha, 2011
- [3] TOMŠŮ, F., PALČO, Š.: Použití žárovzdorných materiálů v různých průmyslových odvětvích – současný stav a vývojové trendy. In. *Žárovzdorné materiály*, Praha, 2009.

International Conference
WASTE
SECONDARY RAW MATERIALS 5

Vážení kolegovia,

dovoľujeme si Vás pozvať na 5. Medzinárodnú konferenciu **Odpady – Druhotné suroviny 5**, ktorá sa uskutoční v dňoch 4. – 7. júna 2013 v Liptovskom Jáne, Slovensko.

Rokovací jazyk: slovenčina, čeština, angličtina - simultánny preklad je zabezpečený.

Všetky ďalšie potrebné informácie a dôležité termíny nájdete na
www.tuke.sk/waste.

Tešíme sa na Vašu účasť na konferencii.

Organizačný výbor

Dear colleagues,

It is our great honour and pleasure to invite you to attend the 5th International Conference **Waste – Secondary Raw Materials 5**, which will take place since the 4th to 7th June 2013 in Liptovský Ján, Slovakia.

Conference language: Slovak, Czech, English - simultaneous translation is prepared.

All next information and milestones are available on
www.tuke.sk/waste.

We look forward to your participation at the conference.

Organizing committee

slévárnictví

Microstructural Evaluation of Modified ICDP Cast Iron Designated for Working Layers of Composite Centrifugally Cast Rolls for Hot Rolling Mills

Hodnocení mikrostruktury modifikované ICDP litiny určené pro pracovní vrstvy kompozitních odstředivě litych válců teplých válcovacích tratí



Ing. Tomáš Válek, Ph.D.¹



Ing. Lucie Strálská²

¹Vítkovické slévárny, spol.s.r.o., Halasova 2904/1, 706 02 Ostrava - Vítkovice, Czech Republic

²MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava, Czech Republic

Centrifugally cast rolls with a working layer from ICDP (Indefinite Child Double Pour) cast iron have found their application in finishing stands of hot rolling mills. The term "indefinite" is associated with the fact that part of total carbon content creates eutectic carbides and a small amount is present in the form of graphite (1-5%). ICDP cast iron provides high mechanical and thermal stability of working layer, good surface quality and it simultaneously eliminates sticking of rolled material. This paper summarizes the results of experimental studies of new grades of ICDP cast irons inoculated by aluminium. In several cases, the cerium addition was applied in order to partially neutralize the aluminium effects and to improve graphite nodularity. Experimental studies revealed that number of graphite particles significantly increased with the increasing Al content. The results also showed that inoculation of ICDP cast iron by "higher" cerium addition per se was unsuitable.

Keywords: centrifugal casting, ICDP cast iron, inoculation

Odstředivě lité válce s pracovní vrstvou (pláštěm) z ICDP litiny našly své uplatnění v posledních dokončovacích pořadích teplých válcovacích tratí. Pojem „indefinitní“ je u této jakosti spojen se skutečností, že určitý podíl uhlíku se vyloučí ve formě eutektických karbidů a část v podobě grafitu (1–5%). ICDP litina poskytuje vysokou mechanickou a teplotní stabilitu pláště, dobrou povrchovou jakost s minimalizací potenciálu nalepování provalku na pracovní plochu válce. Přítomnost grafitu v mikrostruktuře výrazně zlepšuje odolnost válců vůči tepelným šokům. Grafit zároveň snižuje tření mezi válcem a provalkem a tím i potenciál pro „nalepování“ materiálu provalku na válec. Spojité síťové eutektických karbidů zabezpečuje vysokou otěruvzdornost a tuhost. Matrice ICDP litiny, která může být tvořena perlitem, sferoidizovaným perlitem, bainitem nebo martenzitem, zajišťuje rovnováhu mezi otěruvzdorností a tvrdostí. Objemový podíl, tvar částic grafitu a typ matrice pracovní vrstvy jsou voleny v závislosti na požadovaných vlastnostech válců. Tvar grafitických částic může v závislosti na chemickém složení a rychlosti solidifikace odpovídat lupinkům nebo kuličkám. Mezi prvky, které jsou schopny významně ovlivnit tvorbu grafitu i jeho výslednou morfologii, lze zařadit křemík, hliník, hořčík, cer, vápník a některé další. V předloženém příspěvku jsou shrnuty výsledky experimentálního studia nových jakostí ICDP litin očkovaných hliníkem v rozsahu 0,017 až 0,11%. Ve vybraných případech byl vedle hliníku (do 0,5%) použit také přídatek ceru (do 0,05%), který je částečně schopen neutralizovat účinky hliníku a zlepšit nodularitu grafitu. Výsledky studia prokázaly významný nárůst plošného podílu grafitu se zvyšujícím se obsahem hliníku. Přídatek ceru grafitizaci výrazně potlačil a zároveň podpořil vylučování eutektických karbidů. Výsledky rozborů zkušebních taveb tedy nasvědčují tomu, že „vyšší“ přídatek ceru k hliníku se ukazuje při modifikování grafitu u ICDPlitiny jako nevhodný.

Klíčová slova: odstředivé lití, ICDP litina, očkování

Centrifugally cast cylinders with an ICDP working layer are commonly used in finishing stands of hot rolling mills. The core of the composite ICDP rolls consists of a “softer” spheroidal graphite cast iron or grey iron with lamellar graphite. The shape and distribution of graphite particles in the metal matrix are function of chemical composition, melting technology, inoculation methods and solidification rate. Many publications describe the effect of elements, such as Si, Al, Mg, Ce and Ca which can significantly affect the formation of graphite [1]. The elements generally present in the alloy can be also divided into strong or weak graphite stabilizers and neutral elements.

+ Al, C, Si, Ti, Ni, Cu, P, Co, Zr, Nb, W, Mn, Mo, S, Cr, V, Te, Mg, Ce, B -
← promoting graphitisation delaying graphitisation →

Si and Al are the elements supporting graphitisation. On the contrary, Mg and Ce promote globular graphite morphology. The elements delaying graphitisation very often facilitate segregation of carbides [2]. Aluminium is added to inoculants with intention to ensure a partial replacement of silicon. Detrimental effects of higher aluminium contents on quality of the casting can be neutralized by cerium addition. Furthermore, the cerium, as well as manganese, increases graphite nodularity, stabilizes carbides and promotes their segregation. Cerium can partially replace magnesium in the production of high quality ductile iron by modification. For example, the gray cast iron modified by 0.015 to 0.020 % Mg mixed with 0.02% Ce results in full structure with nodular graphite [2]. Small amount of rare earth metals added to the modifier causes attenuation of the tendency to carbide precipitation and it promotes the number of graphite nuclei in cast iron. This paper deals with an assessment of modifier effects based on aluminium and cerium with regards to changes on microstructure of the ICDP cast iron. Experimental studies were realised within the framework of development of new grades of ICDP cast irons designed for working layers of centrifugally cast rolls.

Tab. 1 Y-block dimensions (ISO standard 1564-1997)

Tab. 1 Parametry Y-bloků (ISO standard 1564-1997)

Dimensions	[mm]	
U	75	
V	125	
X	65	
Y	175	
Z	200	

Tab. 3 Al and Ce concentrations in the test samples, wt. %.

Tab. 3 Obsahy Al a Ce ve zkušebních vzorcích, hm. %.

Specimen Code	I	II	III	1	2	3	1/1	1/2	1/3	1/4
	Y-Blocks ISO standard 1564-1997						Circular cross section bars			
Al	0.017	0.083	0.110	0.035	0.100	0.140	0.050	>0.500	0.351	0.161
Ce	-	-	-	0.010	0.055	0.007	0.0035	0.0033	0.0029	0.0037

Tab. 2 Nominal chemical composition of ICDP cast iron, wt. %.

Tab. 2 Směrné chemické složení ICDP litiny, hm. %.

C	Si	Mn	Smax	Pmax	Ni	Cr
3 – 3.5	0.8 – 1.5	0.6 – 1.5	0.05	0.08	4 – 5	1.2 – 2.0

1. Experimental materials

Experimental work was performed in cooperation with the MM VÝZKUM s.r.o.. Specimens were prepared from the test Y-block castings of the modified ICDP cast iron (see Table 1, ISO standard 1564-1997). Cross-section metallographic samples for microstructural analysis were prepared from the bottom part of the castings (area marked by red box in the following picture). The experimental results were completed by testing of cast bars with circular cross section of diameter Ø30mm. The same cooling conditions were applied for all investigated castings. The influence of the aluminium and cerium additions on graphite morphology and microstructure was observed using the optical microscopy. The nominal chemical composition of the ICDP cast iron is shown in Table 2. The testing material was then modified by either Al or Al+Ce addition as it is shown in Table 3.

2. ICDP cast iron modified by aluminium

Typical graphite shape and distribution in ICDP alloys modified by Al addition in the range from 0.017 to 0.11% is shown in Figs. 1(a)-(c). The graphite particles were distributed in inter-dendritic area and had flake morphology. The highest graphite content was observed in the case of the sample III with 0.11 % Al, Fig. 1(c). According to the paper [3] a higher amount of Al causes a reduction of the graphite particles diameter and increases its dispersion in the metallic matrix, but no such significant effect on the graphite size particles was observed in our analyses. Thus the main effect of aluminium addition up to 0.11 % in the ICDP alloy was manifested by promoted graphitisation without any significant influence on the graphite shape morphology.

Microstructure consisted of eutectic carbides, martensite and retained austenite, see Figs. 2(a)-(c). The highest amount of retained austenite was observed in the sample that had been modified by the lowest aluminium content, Fig. 2(a). The results of experimental studies of the modified ICDP cast iron show only small differences in amount of segregated eutectic carbides (Table 4). Several investigations reported the positive effect of aluminium on the graphitization that can be explained as follows.

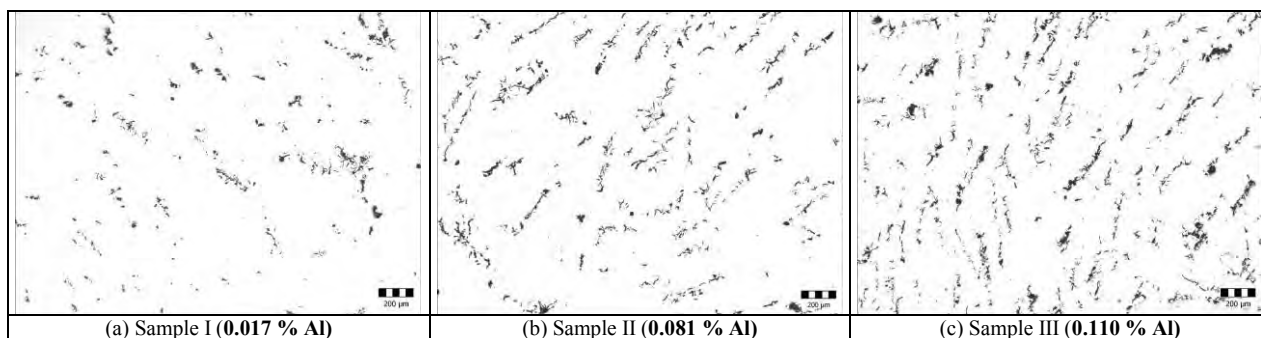


Fig. 1 (a)-(c) - Graphite morphology in the ICDP cast iron modified by Al
Obr. 1 (a)-(c) - Morfologie grafitu v ICDP litině modifikované hliníkem

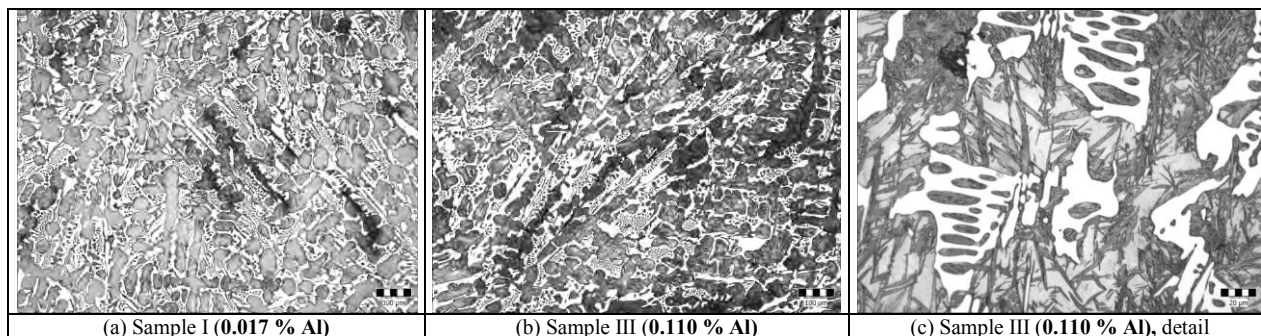


Fig. 2 (a)-(c) Microstructure of the ICDP cast irons modified by aluminium
Obr. 2 (a)-(c) Mikrostruktura ICDP odlitků modifikovaných hliníkem

Tab. 4 Microstructural analysis and hardness HV50 of the ICDP cast iron modified with Al
Tab. 4 Mikrostruktura a tvrdost HV50 ICDP litiny modifikované Al

Sample code	% G	% EC	% $\gamma_{\text{ret.}}$	HV 50	% Al	% Ce
I	1.86	27.61	47.1	637	0.017	-
II	3.91	28.65	34.1	731	0.083	-
III	4.93	24.74	19.4	732	0.110	-

where: G – graphite, EC – eutectic carbides and $\gamma_{\text{ret.}}$ – retained austenite

The addition of aluminium to cast iron causes a boost in the temperature of eutectic transformation and the distance between the stable and unstable solidification lines. This fact promotes formation of graphite and retards formation of eutectic carbides. An increase in the eutectic transformation temperature increases the rate of carbon diffusion in the melt, which in turn causes formation of bigger graphite particles [4]. Aluminium in the range 0-0.1 % also acts as inoculant, which increases the number of graphite nuclei. The similar positive effect was observed in the studied ICDP cast iron modified by aluminium in the range from 0.017 to 0.11 wt. %. As it is evident from Table 4, the lower hardness of the ICDP iron with 0.017 % Al was probably associated with a higher amount of retained austenite in the microstructure. This might have also been associated with higher amount of carbon, which remained dissolved in the matrix and thus stabilized austenite.

3. ICDP cast iron modified by aluminium and cerium

Investigated ICDP cast iron was modified by combination of Al addition (up to 0.5%) which acted as

the inoculant and Ce (up to 0.05%) to modify graphite morphology. It was reported that the elements including Mg, Ce and rare earth metals can adsorb on the interface graphite/melt and promote spheroidal growth of graphite [1]. The optimum content of cerium and rare metals varied according to several studies. For instance, Onsoinen in 1997 reported that the optimum amount of Ce in low sulphur ductile iron was 0.035 % [5].

The effect of both inoculants, cerium and aluminium, on microstructure of ICDP cast iron was experimentally verified and the results are stated in this paper, as well. Figs. 3(a)-(e) show graphite morphology and distribution in the metal matrix of the studied castings. In most cases, the graphite presented in the interdendritic areas was of the flake type. Fig. 3(b) demonstrates the negligible occurrence of graphite in the sample with 0.100 % Al-0.55 % Ce, which had special granular morphology. Interaction of aluminium and cerium is most evident when comparing the ICDP cast iron with the 0.140 % Al -0.007 % Ce and 0.1 % Al-0.055 % Ce, see Figs. 3(b) and 3(c). Addition of 0.055 % Ce to the iron containing 0.10 % Al almost completely suppressed graphitisation.

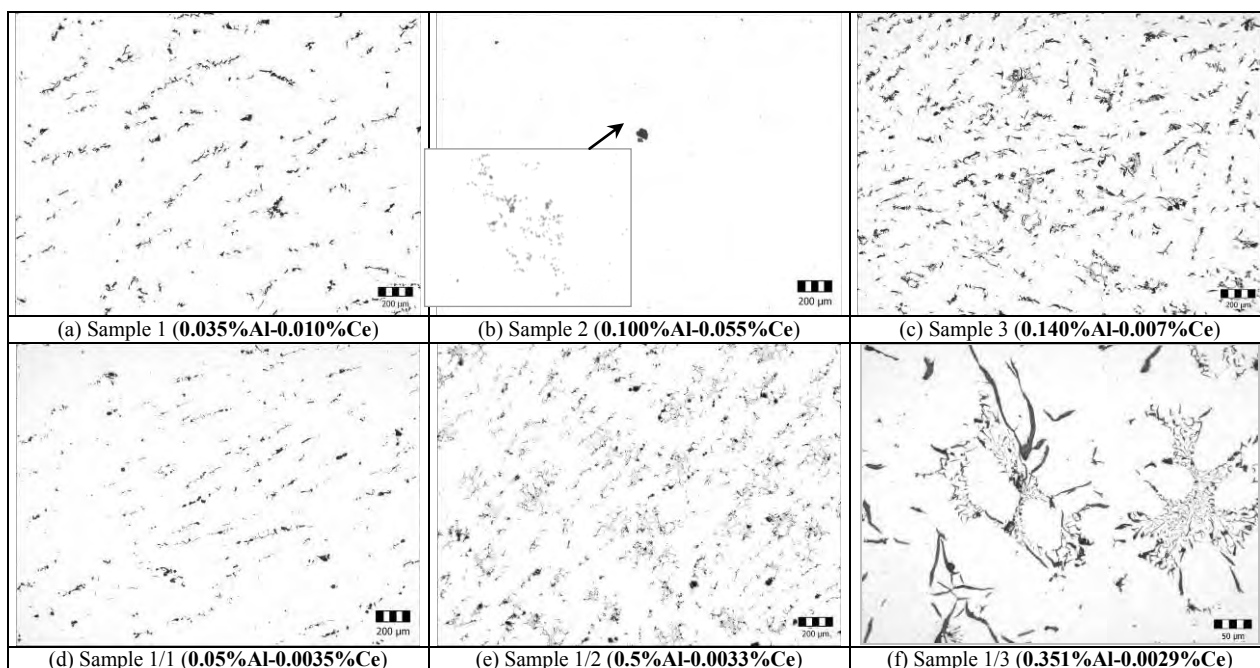


Fig. 3(a)-(f) Graphite morphology in the ICDP iron modified by Al+Ce addition
Obr. 3(a)-(f) Morfologie grafitu v ICDP odlitku modifikovaném Al+Ce

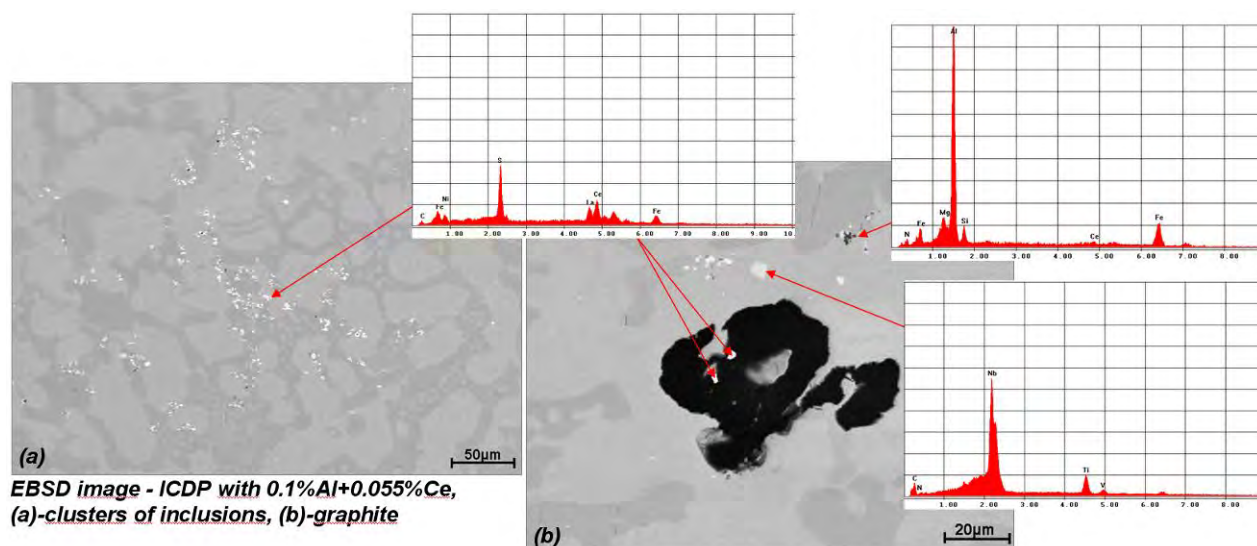


Fig. 4 Microstructure in EBSD image (Electron Backscatter Diffraction), (a) - clusters of non-metallic inclusion, (b) - inclusions surrounded by graphite particles

Obr. 4 Mikrostruktura zobrazená v EBSD (difrakce odražených elektronů), (a) - shluky nekovových inkluzí, (b) - inkluze v okolí grafitických částic

In the studied sample 2 clusters of non-metallic particles were locally observed, see the detail in Fig. 3(b). EDX microanalysis proved that certain amount of the cerium content in the ICDP cast iron with 0.10%Al and 0.055%Ce formed sulphides or complex oxides, which often precipitated as the clusters, see the EBSD image in Fig. 4(a). Apart from those inclusions small amount of aluminium nitrides was revealed. Clusters of non-metallic inclusions can cause local decline of mechanical properties and therefore also their presence is generally undesirable. Microanalytical investigations of the ICDP cast iron inoculated by 0.100 % Al-0.055 % Ce confirmed that Ce-rich inclusions were present inside some graphite globules, see arrows in Fig. 4(b). It

is commonly agreed that particles of oxides, sulphides and nitrides can act as graphite In the study [1] it was published that complexes of inclusion $\text{Ce}_2\text{O}_3\text{S}$ were formed after addition of cerium to the cast iron. It is also assumed that heterogeneous nucleation of graphite is associated with parts of these inclusions. Fig. 5(a)-(f) show typical microstructure of studied castings; it is a mixture of eutectic carbides and martensitic matrix with variable amount of retained austenite. As it can be seen from Figs. 5(a) and 5(b), the cerium significantly promotes the segregation of eutectic cementite.

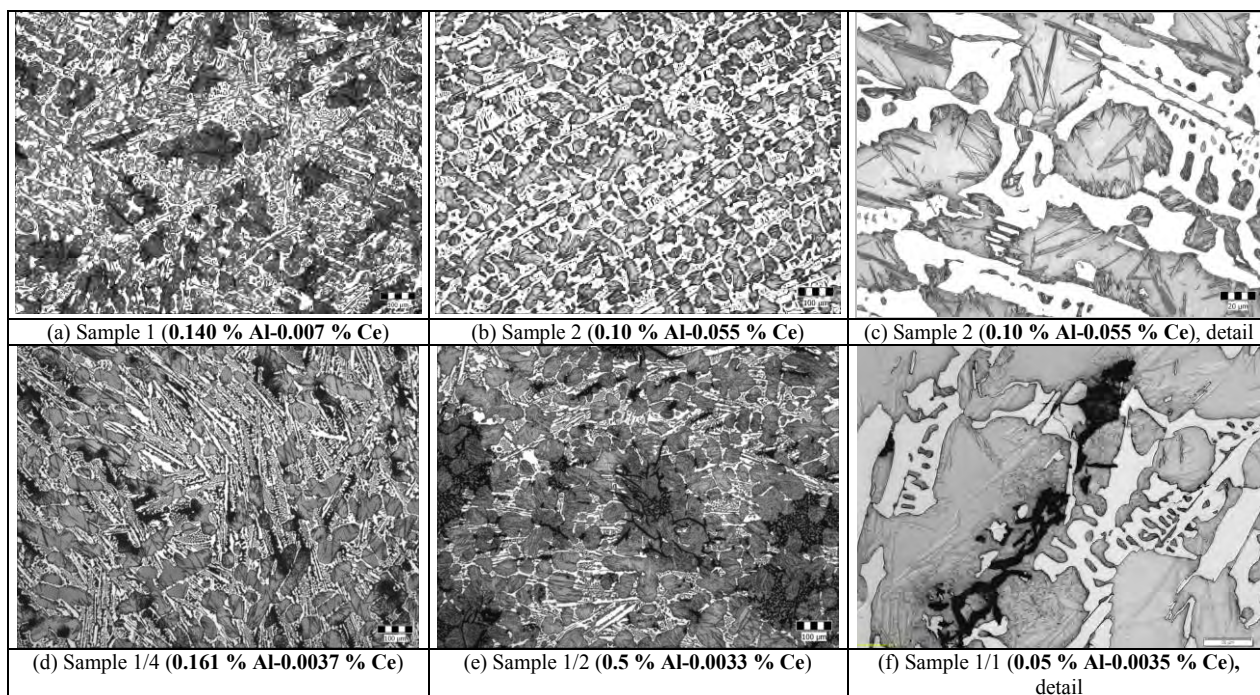


Fig. 5(a)-(f) Microstructure of the modified ICDP cast irons (Al+Ce)

Obr. 5(a)-(f) Mikrostruktura modifikované ICDP litiny (Al+Ce)

Tab. 5 Microstructural analysis and hardness HV50 of the ICDP cast iron modified with Al and Ce

Tab. 5 Mikrostrukturní rozbor a tvrdost HV50 ICDP litiny modifikované Al a Ce

Sample code	% G	% EC	% $\gamma_{ret.}$	HV50	% Al	% Ce
1	2.26	26.52	24.1	539	0.035	0.010
3	7.59	19.32	19.4	581	0.140	0.007
2	0.01	35.33	16.1	624	0.100	0.055
1/1	2.03	29.62	51.5	600	0.050	0.0035
1/4	2.09	24.62	41.3	630	0.161	0.0037
1/3	7.34	17.37	37.37	573	0.351	0.0029
1/2	7.64	16.62	35.4	595	0.5	0.0033

where: G – graphite, EC - eutectic carbides and $\gamma_{ret.}$ - retained austenite

Table 5 summarizes the results of microstructural analysis and hardness HV50 of the studied ICDP castings. Twice as high amount of retained austenite was revealed in cast bars compared to the Y-blocks. It can be attributed to different size of the test pieces and therefore also different cooling rates. This is supported by the observation of real centrifugally cast rolls with the ICDP working layer. Nevertheless, as far as available results are concerned the direct association with modifiers was not so obvious. As it is evident from the HV50 measurements, the highest hardness from the series of Y-test samples was found in the ICDP cast iron with 0.100%Al - 0.055%Ce, which probably corresponds to the negligible occurrence of graphite and lower retained austenite content in the matrix. The hardness is also higher due to the presence of eutectic carbides.

Conclusions

This experimental work was focused on the study of relationship between addition of the Al-based modifier and microstructure of the ICDP alloy. The results showed that number of graphite particles increased significantly with the increasing Al content. Furthermore, the effect of inoculation of the ICDP cast iron with combination of aluminium and cerium additions was investigated. Influence of cerium, which had been added to modify graphite morphology, was not exactly proven. Higher content of cerium completely suppressed graphitisation, which promoted segregation of eutectic carbides. The results showed that inoculation of the ICDP cast iron by “higher” cerium addition per se was unsuitable. Experimental studies were realised within the framework of development of new grades of the ICDP irons designed for working layers of centrifugally cast rolls.

Acknowledgement

This paper was created with the financial support from the state budget through the Ministry of Industry and Trade within the project No. FR – TI2/188.

Literature

- [1] KIANI RASHID, A. R., EDMONDS, D. V.: Graphite Phase Formation in Al-Alloyed Ductile Iron. Transactions B: Applications, Vol. 15, no. 3, 2002, pp. 261-272.
- [2] OTÁHAL, V.: Tvárná litina, Litina s kuličkovým grafitem. Brno, 2006, p. 562.
- [3] SHAYESTEH-ZERAATI, A., NASER-ZOSHKI, H., KIANI-RASHID, A. R., YOUSEF-SANI, M. R.: The effect of aluminium content on morphology, size, volume fraction, and number of graphite nodules in ductile cast iron. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part L: Journal of Materials: Design and Applications, Volume 224, Issue 3, 2010, pp. 117-122.
- [4] SMICKLEY, R. J., RUNDMAN, K. B.: The effect of aluminum on the structure and properties of grey cast iron. AFS Transactions, 89, 1981, pp. 205-214.
- [5] SKALAND, T. : Nucleation mechanisms in ductile iron. Proceedings of the AFS Cast Iron Inoculation Conference, September 29-30, 2005, Schaumburg, Illinois, pp.13-30.

Defétismus francouzské vlády ve sporu s Mittalem

e-republika.cz

7.12.2012

Tisk jednoznačně oceňuje roli ministra Montebourga, který chtěl po lžích Mittalu ocelárnu znárodnit a pak prodat novému zájemci. Ale vláda jako celek kapitulovala.

Sledovali jsme obchodní spor mezi francouzskou vládou a nadnárodní společností ArcerolMittal. Spor je charakteristický pro určitou podobu globalizace. Nadnárodní společnosti využívají sociálního či ekologického dumpingu, kterým jeden národní stát ze strachu ničí druhý. Snižování hodnoty nabídek pak vede k tomu, že tyto koncerny skoro nikde neplatí daně a přitom vykořisťují pracující nízkými mzdami, nelidskými pracovními podmínkami, včetně bezpečnosti a navíc ničí životní prostředí. Nezdaněné zisky pak perou přes daňové ráje. Viz systém "matrjoška" u off-shore společností, kam směřují i vytunelované peníze z ČR.

Francouzský list po první pozitivní reakci na vládní prohlášení o zachování hutí ve Florange začal klást vládě zásadní otázky o skutečně podepsané smlouvě. Zdejší tisk totiž hraje roli hlídače demokracie a z principu ověřuje všechna vládní prohlášení. Ukazuje se, že uvnitř vlády došlo k zajímavému zlomu. Tisk jednoznačně oceňuje roli ministra "tvrdáka" Montebourga, který chtěl po lžích Mittalu ocelárnu znárodnit a pak prodat novému zájemci, který již projevil zájem. Zato Ayraultova vláda se lekla a udržela ocelárnu v chodu za cenu pravděpodobně mnohem horšího ústupku. Zdá se, že v prozatím tajné dohodě vláda rezignovala na strategický rozvoj zdejšího high-tech ocelářského centra známého pod zkratkou Ucos. Mittal měl ve smlouvě závazek, že toto centrum vybuduje. Kapitulaci vlády odsoudily prakticky všechny francouzské deníky zprava i zleva. Zdá se, že jásání nad vítězstvím vlády v případě nyní již zcela neoblíbeného koncernu Mittal bylo předčasné. Vláda svým defétismem spadla z bláta do louže.

Efekty globalizace sledujeme trvale, viz články ohledně vraždění odborářů v Bangladéši, kde nakonec zahynulo nejméně 115 dělníků při požáru přímo v továrně. Stejně se ovšem postupuje i v USA, viz článek Jak Walmart vykořisťuje své zaměstnance.

Pilný neoliberál Jaromír Drábek chtěl zavést ekonomické otrokářství v podobné formě jako fungovaly pracovní tábory ve 30. letech v době největší hospodářské krize. Aspoň je vidět, kam nás zdejší mocipáni dostali. Naštěstí zasáhl Ústavní soud a otročinu zrušil s poukazem na dosud platná lidská práva, což předem avizovala občanská hnutí jako ProAlt.

SB

řízení jakosti

Analýza povrchu litých sochorů pomocí metody laserové triangulace

Surface Analysis of Continuously Cast Billets Using Laser Triangulation Method



Ing. Lukáš Pindor, Ph.D.¹



Ing. Štěpán Hefner, Ph.D.¹



prof. Ing. Lubomír Grmela, CSc.²



Ing. Pavel Tofel, Ph.D.²



Ing. Petr Sedlák, Ph.D.²



Ing. Jiří Majzner, Ph.D.²



Ing. Gabriel Cséfalvay²



Ing. Jan Kufa³

¹ TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, 73970 Staré Město-Třinec, Česká republika

² Vysoké učení v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Technická 2848/8, Žabovřesky, 61600, Brno, Česká republika

³ MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

V současné době probíhá v Třineckých železárnách, a.s. výzkum zaměřený na detekci nehomogenit vyskytujících se na povrchu litých sochorů. V této souvislosti je ve spolupráci s Fakultou elektrotechniky a komunikačních technologií VUT Brno ověřována metoda laserové triangulace. V tomto článku je popsán vznik a vývoj této detekční metody, která je založena na snímání povrchu pomocí optického profiloměru, přičemž naměřená data jsou dále zpracovávána softwarem vyvinutým v prostředí MATLAB. Pro verifikaci metody laserové triangulace v provozních podmínkách byl proveden experiment, při kterém došlo ke snímání povrchu několika sochorů. Naměřená a vyhodnocená data se pak porovnávala s výsledky z defektoskopie příslušných vývalků. Pro transparentnost výsledků korelace se také provedla statistická analýza zpracovaných dat.

Klíčové slova: lité sochory, optický profiloměr, metoda laserové triangulace, povrchová kvalita

At present a research focused on the detection of inhomogeneities occurring on the surface of cast billets is running in Třinecké železářny, a.s. In this context, the laser triangulation method is verified in cooperation with the Faculty of Electrical Engineering and Communication - VUT in Brno. This article describes creation and development of this detection method, which is based on the surface scanning using an optical profilometer. The measured data are

further processed by software developed in MATLAB. To verify the laser triangulation method in operating conditions an experiment was performed, in which we scanned the surface of several billets. The measured and evaluated data were then compared with the results from the non-destructive testing of the rolled bars. Transparency correlations have also been carried out by statistical analysis of the processed data.

It can be said that most of the defects found in bars was, after conversion (conversion of location of bar / billet), quite reliably identified on the surface scans of the billet and these anomalies were deeper than the oscillating marks.

The statistical analysis showed that most of these anomalies occurred in the corners of the billet and their most frequent angle was 0° and 90° , it means that they were mainly longitudinal and transverse inhomogeneities.

The results of this comparison highlighted the mutual coherence of anomalies billet / bar, which can be excellent for further research in this area. However, the actual processing of the data is very difficult due to an amount of information and other so sensitive factors that we will need to perform additional experiments for the overall evaluation of the laser triangulation method.

Keywords: cast billets, optical profilometer, laser triangulation method, surface quality

Požadavky zákazníků týkající se povrchové kvality tyčí a drátů jsou v hutním průmyslu stále striktnější. Vzniká tak hybná síla, která nutí výrobce oceli hledat příčiny vzniku povrchových anomálií v technologickém toku materiálu. Hlavním styčným bodem, kterým lze předvídat budoucí kvalitu vývalku, se v této souvislosti ukazuje být kontrola povrchu litých sochorů, tedy vstupního materiálu pro následnou výrobu tyčí a drátů.

V současné době existuje pro mapování povrchů sochorů několik metod, jako např. metoda magnetických vířivých proudů, indukční ohřev s termografií, magnetická prášková aj., které využívají změny fyzikálních vlastností oceli v případě výskytu povrchových anomálií. Rozhodující roli při aplikaci dané techniky však hraje charakter pozorovaného povrchu. Z tohoto důvodu jsou tyto metody vhodnější pro kontrolu „hladkých“ povrchů např. válcovaných sochorů, neboť u litých kontislitků složitost povrchu správnou detekci ztěžuje.

Pro komplikovanějších povrchy se jeví použitelnější optický systém detekce, který je založen na snímání povrchu materiálů pomocí citlivé optiky. Přístroje jsou pro tyto účely většinou vybaveny laserovým profiloměrem a sofistikovanou soustavou pro zpracování odraženého záření. Nejdůležitější fází u této metody je však vlastní zpracování naměřených dat.

A právě na identifikaci nehomogenit na litých sochorech prostřednictvím optického detekce je zaměřen i výzkum v Třineckých železárnách, a.s.. Ve spolupráci s VUT Brno probíhá vývoj nového automatického systému, který k bezkontaktnímu měření povrchu používá princip optické triangulace [1]. Nedílnou součástí experimentálního systému je algoritmus vyvinutý v prostředí MATLAB, který zpracovává zaznamenané data a vyhodnocuje je v závislosti na vstupních parametrech pro odpovídající materiál monitorovaného sochoru.

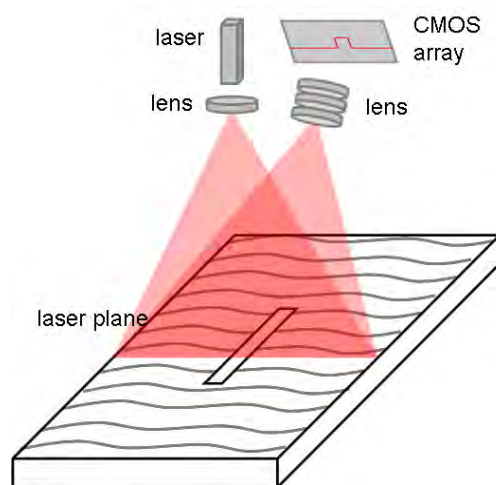
Pro posouzení účinnosti tohoto systému detekce byly experimentálně snímány lité sochory o průřezu 150 x

150 mm a byla hledána korelace mezi nehomogenitami nalezenými na povrchu kontislitku s anomáliemi nalezenými defektoskopií tyčí odválcovaných z daných sochorů.

Metoda laserové triangulace

Snímání povrchu bylo prováděno s využitím laserového profiloměru ScanControl 2750-100 od firmy MICRO-EPSILON, jehož princip činnosti, použití a způsob měření je patrný z blokového schématu uvedeného na obr. 1.

Použitý laserový skener označovaný jako laserový profiloměr využívá principu triangulace pro dvourozměrnou detekci profilů na měřených plochách. Pomocí speciálních čoček se čoprováný laserový paprsek rozšíří na statický liniový laserový paprsek, který dopadá na zkoumaný profil. Difúzně odražené záření z nerovností povrchu je zaznamenáno snímací CMOS-maticí přes kvalitní optický systém. Výstupní signál závisí na frekvenci spouštění laseru a pomocí vnitřního synchronního detektoru je demodulován.



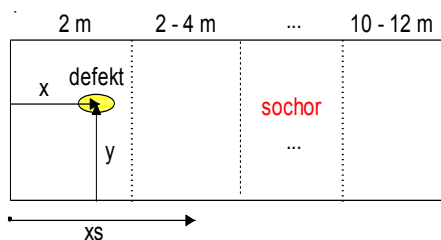
Obr. 1 Princip činnosti laserového profiloměru firmy MICRO-EPSILON

Fig. 1 Principle of operation of the optical surface scanner MICRO-EPSILON

Kromě informace o vzdálenosti (osa Z) jsou využity parametry z citlivé snímací matice pro určení pozice v ose X. Tyto naměřené hodnoty tvoří výstupní data ve dvoudimenzionálním systému souřadnic, který je stanoven s ohledem na polohu měřeného profilu vůči senzoru [2, 3]. V případě pohybu objektu (měřeného vzorku) nebo posuvem senzoru je proto možné získat 3D obraz naměřených hodnot. Profiloměr disponuje kompenzací podle druhu měnicího se povrchu, a to v reálném čase. To umožňuje měřit kvalitu povrchu nejrůznějších materiálů, např. lesklých kovů, černých gum nebo leštěných povrchů.

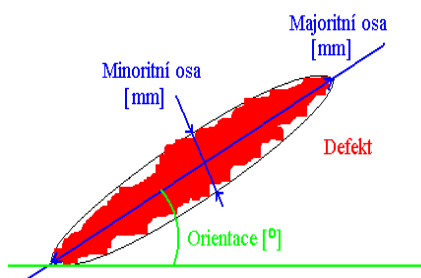
Neméně důležitou operací tohoto detekčního systému je zpracování těchto výstupních dat. V tomto směru byl na VUT Brno vytvořen algoritmus v prostředí MATLAB, který v první řadě odstraní filtrační parazitní efekty vzniklé v průběhu skenování povrchu sochoru, zvýrazní povrchovou strukturu sochoru pomocí metody STA/LTA (short-term average/long-term average) a dále pak podle zadaného prahu odděluje defekty od oscilačních vrásek. Hodnota prahování je založena na úvaze, že defekty se nalézají ve větší hloubce než oscilační vrásky. Metoda STA/LTA se běžně používá pro odhad příchozího času zemětřesení v seismologii [4] a událostí v akustické emisi [5, 6].

V konečném důsledku je tak každý defekt označen a jsou vypsány jeho souřadnice od začátku sochoru (obr. 2).



Obr. 2 Sochor – úseky a defekty
Fig. 2 Billet – sections and defects

Dále je zaznamenána jeho hloubka a velikost, tvar a orientace (obr. 3). Konečné výsledky jsou pak k dispozici jak v grafické, tak i v číselné podobě a lze s nimi dále jednoduše pracovat.



Obr. 3 Popis defektu
Fig. 3 Description of the defect

Experiment

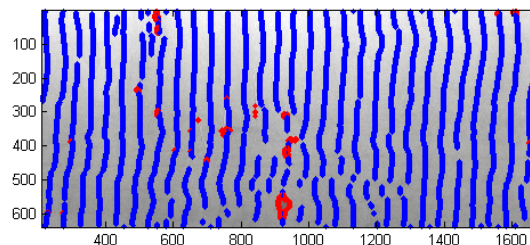
V úplných počátcích vývoje metody laserové triangulace byla na pracovišti Ústavu fyziky, FEKT,

VUT v Brně vytvořena aparatura s pojezdem vzorků sochorů o rychlosti 5 cm/s, laserovým profilometrem a také softwarem pro zpracování dat z laserového profiloměru. V těchto laboratorních podmínkách byly nasnímány vzorky sochorů, na kterých byly patrné charakteristické anomálie (obr. 4).



Obr. 4 Laboratorní aparatura na VUT Brno
Fig. 4 Laboratory apparatus at VUT Brno

Grafický výstup z této analýzy je patrný na obr. 5, kde jsou zaznačeny oscilační vrásky (modrou barvou) a dále pak místa, která jsou hlubší než tyto oscilační vrásky (červeně).



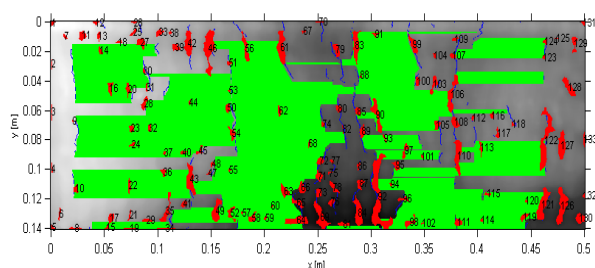
Obr. 5 Grafický výstup z laboratorního měření
Fig. 5 Graphical output from the laboratory measurements

Vzhledem ke skutečnosti, že byly spolehlivě detekovány všechny anomálie vyskytující se na daných vzorcích sochorů, pokračoval experiment již přímo v provozu Třineckých železáren, a.s.. V rámci měření byly skenovány vybrané kusy sochorů ze všech čtyř stran, přičemž průměrná zkušební rychlost pohybu sochoru byla 0,36 m/s (obr. 6).

Získané informace byly následně vyhodnoceny již sofistikovanějším algoritmem, který našel oscilační vrásky (značeny modrou barvou), dále místa, která byla hlubší než oscilační vrásky (značeny červenou barvou) a oblasti bez oscilačních vrásek na povrchu sochoru (značeny zelenou barvou), jak ukazuje obr. 7.



Obr. 6 Snímání povrchu sochoru laserovým profiloměrem
Fig. 6 Surface scan of the billet



Obr. 7 Nalezené anomálie, oscilační vrásky a oblasti bez vrásek na sochoru pomocí algoritmu vyvinutého v prostředí MATLAB
Fig. 7 Anomalies, oscillation marks and areas without oscillation marks found on the billet surface with algorithm developed in MATLAB

Pro každou anomálii byly zároveň vypsány její souřadnice od začátku sochoru, její hloubka a velikost jak je zobrazuje v tab. 1.

Tab. 1 Ukázka výpisu jednotlivých anomálií na sochoru a jejich popis.

Tab. 1 Sample record of anomalies on the billet and their description.

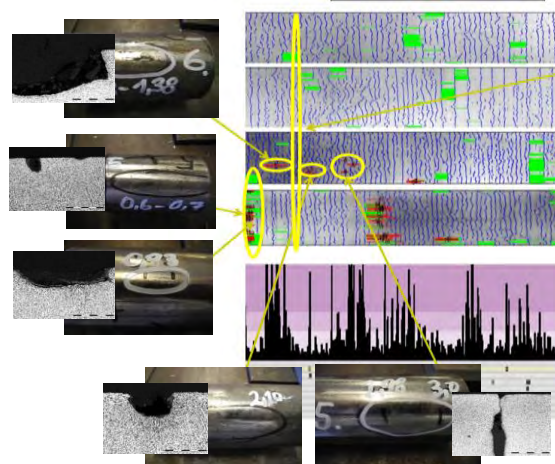
č.	hloubka [mm]	major osa [mm]	minor osa [mm]	orient. [°]	pozice X [m]	pozice Y [m]
1	0,585	4,3	0,9	45	0,0016	0,0011
2	0,026	11,2	0,3	90	0,0007	0,0287
3	0,069	18,3	0,3	90	0,0007	0,0612
4	0,060	10,6	0,6	-87	0,0009	0,0994
5	0,755	4,3	0,9	-45	0,0016	0,1394
6	0,069	13,8	0,7	83	0,0081	0,1301

Výsledky a diskuze

Skenované sochory byly v další fázi experimentu válcovány do tyčí pr. 70 mm. Tyče byly nedestruktivně testovány na lince Cirkoflux na hloubku vady 0,52 mm

a nalezené defekty na tyčích byly po přepočtu porovnávány s anomáliemi nalezenými na sochorech.

Na obr. 8 je patrný příklad srovnání výsledků povrchových anomálií zjištěných defektoskopickým zařízením Circoflux na tyčích Ø 70 mm (spodní záznam), doloženými fotografiemi a fotkami mikrostruktury příslušných podélných trhlin, s grafickým výstupem zpracovaných dat z laserového profiloměru příslušného sochoru.



Obr. 8 Korelace výsledků defektoskopie tyčí se skeny povrchu sochoru

Fig. 8 Correlation of results of bars defectoscopy with scans of billet surface

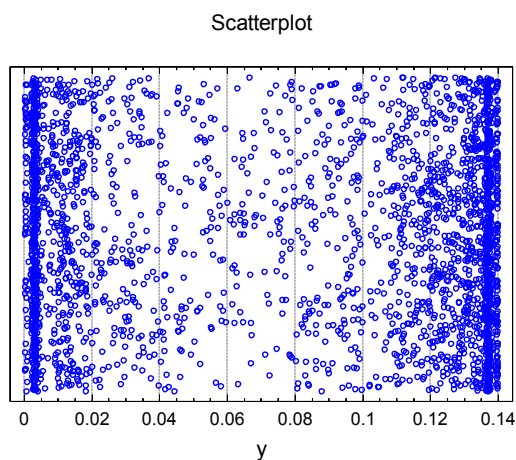
Lze říci, že většina nalezených vad na tyčích byla po přepočtu (přepočet místa výskytu tyčí / sochor) celkem spolehlivě identifikována i na skenech povrchu sochoru, přičemž se jednalo hlavně o místa, která byla hlubší než oscilační vrásky (místa na skenech označená červeně). Zároveň se však objevily na tyčích podélné vady, které neodpovídaly „červeným“ místům na skenech sochoru. Tyto vady korespondovaly s oblastmi, kde se vyskytovaly nepravidelné oscilační vrásky nebo oscilační vrásky chyběly (oblasti označené zeleně).

Na druhou stranu však výsledky ukázaly, že laserové triangulační metoda je natolik citlivá, že je schopna zachytit i ty nejmenší anomálie vyskytující se na povrchu sochoru, kterých bylo na jednotlivých stranách sochoru značné množství, avšak nemusely být zákonitě příčinou vzniku vad na tyčích.

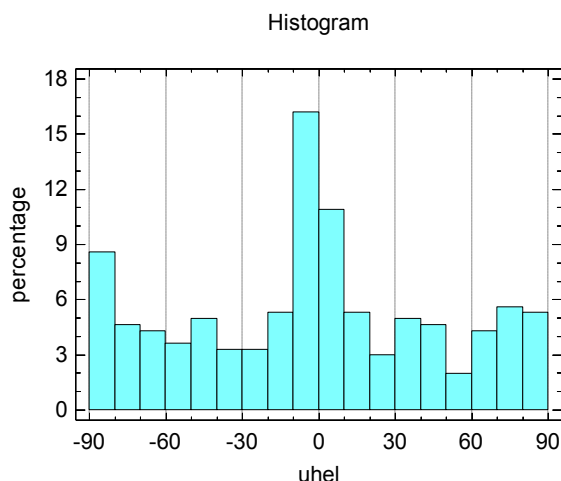
Nicméně pro relevantnost našeho zpracování bylo nutné s nimi pracovat, a proto byla provedena statistická analýza [7], která se zaměřila na zjištění základních odlišností parametrů defektů a anomálií mezi stěnami sochoru a po ploše jeho jednotlivých stěn. Prakticky šlo o ověření závislosti mezi defekty a anomáliemi, detekci případné periodicity výskytu, shluků defektů a indikaci odlišnosti výskytu defektů a anomálií na sochoru.

Z analýzy vyplynulo, že nejvíce defektů a anomálií se vyskytovalo v blízkosti hran sochorů (obr. 9) a jejich nejčtetnější úhel natočení byl 0° a 90° (obr. 10), tedy, že

se jednalo hlavně o nehomogenity podélné a příčné. Výsledky také naznačily, které stěny sochoru mohou být náchylnější na výskyt defektů a anomálií.



Obr. 9 Místa výskytu anomálií na sochorech
Fig. 9 Occurrence of defects on the billets



Obr. 10 Orientace anomálií na sochorech
Fig. 10 Orientation of defects on the billets

Závěr

V souvislosti s rostoucími požadavky zákazníků v oblasti povrchové kvality je v Třineckých železárnách,

a.s. zkoušena laserová triangulační metoda detekce povrchových nehomogenit litých sochorů. V rámci experimentu došlo ke skenování povrchu několika sochorů přímo v provozu, přičemž naměřená data byla porovnávána s výsledky z defektoskopie odválcovaných tyčí průměru 70 mm.

Výsledky tohoto srovnání poukázaly na vzájemnou spojitost anomálií sochor/tyč, což může být výborné pro další výzkum v této oblasti.

Z provedené statistické analýzy korelovaných dat vyplynulo, že nejvíce anomálií, které byly přirovnány k vadám na tyčích, se vyskytovalo v blízkosti hran sochorů, přičemž se jednalo hlavně o nehomogenity podélné a příčné.

Samotné zpracovávání dat je však vzhledem k celkovému objemu informací a dalším vlivům natolik citlivé, že pro celkové zhodnocení použitelnosti laserové triangulační metody v provozních podmínkách Třineckých železáren, a.s. bude potřeba provést další experimenty.

Poděkování

Příspěvek vznikl za přispění projektu FR-TI2/536, v rámci programu TIP 2010- MPO ČR.

Literatura

- [1] KALOVÁ, I., HORÁK, K. Optické metody měření 3D objektů, *Elektrorevue*, 2005, č. 23
- [2] Riftek. Laser scanners RF620 series manual guide, 2009.
- [3] MicroEpsilon, manual guide ScanControl 2700/2710, 2008.
- [4] BAER, M., KRADOLFER, U. An automatic phase picker for local and teleseismic events *Bulletin of the Seismology Society of America*, 1987, č. 77, s. 1437-1445.
- [5] LOKAJICEK, T., KLIMA, K. A. First arrival identification system of acoustic emission signals by means of a high-order statistics approach, *Meas. Sci. Technol.*, 2006, č. 17, s. 2461-2466.
- [6] SEDLAK, P., HIROSE, Y., KHAN, S. A., ENOKI, M., SIKULA, J. New automatic localization technique of acoustic emission signals in thin metal plates, *Ultrasonic*, 2009, č. 49, s. 254-262.
- [7] MORÁVKA, J. Analýza povrchových vad tyčí průměru 70 mm odválcovaných ze sochorů odlitých na LP 8 v tavbě 18 175 z oceli značky S355S-STVK. *Případová studie*, Třinec, červenec 2011.

hutní výroba v ČR a SR

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	říjen	listopad	leden-listopad	říjen		listopad		leden-listopad	
	2012	2012	2012	2011	2012/11	2011	2012/11	2011	2012/11
	tis.t	tis.t	tis.t	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	271,62	261,78	3 080,34	283,65	95,76	278,96	93,84	3 142,30	98,03
z toho (HŽ) ČR	142,44	138,19	1 640,18	146,70	97,10	144,47	95,66	1 661,95	98,69
(HŽ) SR	129,18	123,59	1 440,17	136,95	94,32	134,50	91,89	1 480,35	97,29
AGLOMERÁT									
CELKEM	662,01	683,97	7 488,17	672,04	98,51	644,22	106,17	7 273,94	102,95
z toho ČR	377,11	431,17	4 653,52	414,19	91,05	412,02	104,65	4 693,25	99,15
SR	284,90	252,80	2 834,65	257,85	110,49	232,20	108,87	2 580,69	109,84
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	563,56	524,21	6 874,51	541,25	104,12	599,60	87,43	6 904,89	99,56
z toho ČR	285,99	286,04	3 605,70	273,90	104,41	340,48	84,01	3 789,07	95,16
SR	277,56	238,18	3 268,81	267,35	103,82	259,12	91,92	3 115,81	104,91
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	712,03	659,37	8 777,07	737,09	96,60	796,09	82,83	9 081,23	96,65
z toho ČR	359,87	349,95	4 675,59	373,62	96,32	461,84	75,77	5 124,07	91,25
SR	352,16	309,42	4 101,48	363,47	96,89	334,25	92,57	3 957,16	103,65
KONTISLITKY									
CELKEM	674,19	626,77	8 342,26	696,81	96,75	754,00	83,13	8 551,03	97,56
z toho ČR	323,03	318,35	4 251,79	334,39	96,60	420,80	75,65	4 605,42	92,32
SR	351,16	308,42	4 090,48	362,42	96,89	333,20	92,56	3 945,61	103,67
BLOKOVNY									
CELKEM	44,68	44,21	521,54	39,96	111,80	49,18	89,91	542,07	96,21
z toho ČR	44,68	44,21	521,54	39,96	111,80	49,18	89,91	542,07	96,21
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	689,75	670,04	7 978,02	735,02	93,84	697,53	96,06	8 083,03	98,70
z toho ČR	389,87	383,20	4 357,98	399,57	97,57	415,53	92,22	4 651,66	93,69
SR	299,88	286,83	3 620,04	335,44	89,40	282,00	101,71	3 431,36	105,50
TRUBKY									
CELKEM	73,69	66,43	743,39	66,63	110,59	63,05	105,36	722,88	102,84
z toho ČR	50,79	45,94	502,43	44,25	114,77	41,11	111,75	494,87	101,53
SR	22,90	20,49	240,96	22,38	102,33	21,94	93,38	228,02	105,68
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	10,72	11,36	151,17	11,87	90,34	10,10	112,44	137,31	110,09
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	2,35	2,20	26,71	2,60	90,67	2,50	87,81	31,89	83,76

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné

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

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	listopad	prosinec	eden-prosinec	listopad		prosinec		eden-prosin.(předběž	
	2012	2012	2012	2011	2012/11	2011	2012/11	2011	2012/11
	tis.t	tis.t	tis.t	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	261,78	279,68	3 360,02	278,96	93,84	292,95	95,47	3 435,25	97,81
z toho (HŽ) ČR	138,19	146,46	1 786,64	144,47	95,66	153,71	95,28	1 815,66	98,40
(HŽ) SR	123,59	133,22	1 573,38	134,50	91,89	139,24	95,68	1 619,59	97,15
AGLOMERÁT									
CELKEM	683,97	696,44	8 184,61	644,22	106,17	684,27	101,78	7 958,20	102,84
z toho ČR	431,17	435,04	5 088,56	412,02	104,65	454,57	95,70	5 147,82	98,85
SR	252,80	261,40	3 096,05	232,20	108,87	229,70	113,80	2 810,39	110,16
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	524,21	580,45	7 454,96	599,60	87,43	578,47	100,34	7 483,35	99,62
z toho ČR	286,04	329,50	3 935,21	340,48	84,01	347,87	94,72	4 136,94	95,12
SR	238,18	250,95	3 519,76	259,12	91,92	230,60	108,82	3 346,41	105,18
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	659,37	698,46	9 475,53	796,09	82,83	738,19	94,62	9 819,42	96,50
z toho ČR	349,95	396,49	5 072,08	461,84	75,77	459,12	86,36	5 583,19	90,85
SR	309,42	301,97	4 403,45	334,25	92,57	279,07	108,21	4 236,23	103,95
KONTISLITKY									
CELKEM	626,77	532,23	8 874,49	754,00	83,13	704,48	75,55	9 255,50	95,88
z toho ČR	318,35	231,26	4 483,05	420,80	75,65	426,46	54,23	5 031,87	89,09
SR	308,42	300,97	4 391,45	333,20	92,56	278,02	108,25	4 223,63	103,97
BLOKOVNY									
CELKEM	44,21	44,43	565,97	49,18	89,91	45,27	98,14	587,34	96,36
z toho ČR	44,21	44,43	565,97	49,18	89,91	45,27	98,14	587,34	96,36
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	670,04	604,65	8 582,66	697,53	96,06	612,43	98,73	8 695,46	98,70
z toho ČR	383,20	324,37	4 682,35	415,53	92,22	357,72	90,68	5 009,38	93,47
SR	286,83	280,28	3 900,32	282,00	101,71	254,71	110,04	3 686,08	105,81
TRUBKY									
CELKEM	66,43	34,14	777,53	63,05	105,36	41,17	82,92	764,05	101,76
z toho ČR	45,94	22,27	524,70	41,11	111,75	30,02	74,19	524,88	99,97
SR	20,49	11,87	252,83	21,94	93,38	11,15	106,39	239,17	105,71
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	11,36	8,26	159,43	10,10	112,44	8,33	99,12	145,64	109,47
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	2,20	1,41	28,12	2,50	87,81	1,96	71,86	33,85	83,07
POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné									
Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala									

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2012 a 2013, vč. upřesnění r. 2012									
	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	prosinec	leden	leden-prosinec	prosinec		leden		leden-prosinec	
	2012	2013	2012	2011	2012/11	2012	2013/12	2011	2012/11
	tis.t	tis.t	(upřesněn)	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
KOKS									
CELKEM	279,68	285,76	3 360,02	292,95	95,47	292,98	97,54	3 435,25	97,81
z toho (HŽ) ČR	146,46	155,29	1 786,64	153,71	95,28	157,02	98,90	1 815,66	98,40
(HŽ) SR	133,22	130,48	1 573,38	139,24	95,68	135,96	95,97	1 619,59	97,15
AGLOMERÁT									
CELKEM	696,44	695,72	8 184,61	684,27	101,78	689,00	100,98	7 958,20	102,84
z toho ČR	435,04	427,82	5 088,56	454,57	95,70	449,70	95,13	5 147,82	98,85
SR	261,40	267,90	3 096,05	229,70	113,80	239,30	111,95	2 810,39	110,16
SUROVÉ ŽELEZO									
CELKEM	580,45	649,16	7 454,96	578,47	100,34	602,99	107,66	7 483,35	99,62
z toho ČR	329,50	341,02	3 935,21	347,87	94,72	344,38	99,02	4 136,94	95,12
SR	250,95	308,14	3 519,76	230,60	108,82	258,60	119,16	3 346,41	105,18
SUROVÁ OCEL									
CELKEM	698,46	828,23	9 475,53	738,24	94,61	786,75	105,27	9 822,57	96,47
z toho ČR	396,49	439,82	5 072,08	459,17	86,35	457,28	96,18	5 586,34	90,79
SR	301,97	388,41	4 403,45	279,07	108,21	329,47	117,89	4 236,23	103,95
KONTISLITKY									
CELKEM	668,23	794,24	9 010,49	704,48	94,85	748,29	106,14	9 255,50	97,35
z toho ČR	367,26	406,80	4 619,05	426,46	86,12	419,82	96,90	5 031,87	91,80
SR	300,97	387,44	4 391,45	278,02	108,25	328,47	117,95	4 223,63	103,97
BLOKOVNY									
CELKEM	44,43	49,75	565,97	45,27	98,14	49,69	100,12	587,34	96,36
z toho ČR	44,43	49,75	565,97	45,27	98,14	49,69	100,12	587,34	96,36
SR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
CELKEM	610,97	762,75	8 588,98	612,43	99,76	742,07	102,79	8 774,94	97,88
z toho ČR	330,69	414,34	4 688,66	357,72	92,44	445,61	92,98	5 088,87	92,14
SR	280,28	348,41	3 900,32	254,71	110,04	296,45	117,53	3 686,08	105,81
TRUBKY									
CELKEM	37,00	53,70	855,89	41,17	89,87	65,50	81,99	834,35	102,58
z toho ČR	25,13	33,75	603,06	30,02	83,73	44,43	75,96	595,18	101,32
SR	11,87	19,94	252,83	11,15	106,39	21,06	94,69	239,17	105,71
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
CELKEM= (HŽ)Č	8,25	15,61	178,62	8,33	99,05	15,86	98,45	164,14	108,82
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
CELKEM= (HŽ)Č	1,41	2,44	65,12	1,96	71,91	2,67	91,35	76,35	85,29
POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné									
Zpracoval: Hutnictví železa, a.s. - ing. Vala									

z hospodářské činnosti podniků



Instalace kombinovaného tažného stroje KTS 0 na provozu VF-Tažírna oceli

Installation of the Combined Drawing Machine CDM 0 in the VF-Steel drawing shop

Ing. Jan Chaloupecký, Jaroslav Máčal¹

¹TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Tažírna oceli, Staré Město, Česká republika

Od září roku 2012 probíhá na třineckém provozu VF-Tažírna oceli ve Starém Městě u Uherského Hradiště instalace kombinovaného tažného stroje KTS 0. Cílem instalace zařízení je rozvoj výroby tažené tyčové oceli ve skupině TŽ-MS v lokalitě Tažírny oceli ve Starém Městě.

Hlavním cílem projektu je zejména:

- posílení výrobní kapacity ve spodním rozsahu rozměrů (průměr 5 - 15 mm)
- splnění přísných kvalitativních požadavků zákazníků

- zvýšení produktivity
- udržení a posílení pozice na trhu tažené oceli

Kombinovaný tažný stroj umožňuje kontinuální tažení ze svitků do tyčí v rozměrech od 5 - 15 mm. V rámci linky jsou integrovány zařízení na odvíjení svitků, tryskání, tažení, dělení, rovnání, frézování konců a srážení hran, nedestruktivní kontrola, dále zařízení na kontrolu průměru, ovality, délky, přímosti a případné záměny materiálu magnatest.

Parametry stroje:

Machine parameters:

Tažená ocel Drawn steel	Vstupní materiál Input material
Kruhový profil Ø 5 – 15 mm Circular section	Ø 5.5 -17 mm
Šestihran 5 – 14 mm Hexagon	5.5 -17 mm
Čtvercový profil 5 – 14 mm Square section	5.5 -17 mm
Konstantní síla tahu do 120 m·min. ⁻¹ Constant tractive force up to do 120 m·min. ⁻¹	80 kN
Tažná rychlost Drawing velocity	plynule regulovatelná od 0 do 120 m·min. ⁻¹ continuously regulated from 0 do 120 m·min. ⁻¹
Tolerance rozměrů Tolerance of dimensions	Ø - h9; 4HR a 6HR - h11
Pevnost vstupního materiálu Strength of input material	max. 880 MPa
Pevnost před rovnáním Strength before straightening	max. 1100 MPa
Hmotnost vstupního svitku Weight of the input coil	max. 3000 kg
Rozměry svitku vnitřní/vnější/výška Coil dimensions: inner/outer/height	800/1300/1800 mm
Délka výrobku Product lengths	2,5 – 6,5 m
Tolerance délek Tolerance of lengths	+5 mm; - 0 mm materiál rovnaný leštěný straightened polished material

Úchylka přímosti Deviation of straightness	max. 0,5 mm/m měřeno 100 mm od obou konců tyče max. 0.5 mm/m measured at 100 mm from both ends of the bar
Drsnost Toughness	max. Ra 1,2 μ m
Nedestruktivní kontrola Non-destructive inspection	kontrola povrchových vad podélných a příčných inspection of longitudinal and transversal surface defects
Hloubka povrchových vad Depth of surface defects	0,1 – 0,5 mm
Frézování konců tyčí Milling of bar ends	45° v délce max. 3 mm, 30° v délce max. 3 mm 45° in the length of max. 3 mm, 30° in the length of max. 3 mm
Zarovnání čela konců tyčí Alignment of faces of bar ends	max. 3 mm

Maximální výrobní kapacita zařízení činí při nepřetržitém provozu a výše uvedeném sortimentu 14 kt/rok.

Přínosem pořízení kombinovaného tažného stroje KTS 0 je zvýšení kapacity výroby o 14 kt/rok v sortimentu

malých rozměrů a splnění požadavků zákazníků především z oblasti dodavatelů pro automobilový průmysl, a to jak v objemu, tak v parametrech výrobků.

Termín ukončení garančních zkoušek na zařízení a předání linky do trvalého provozu je do 15.1.2013.



Obr. 1 Tažný stroj – pohled ve směru tahu
Fig. 1 Drawing mill – view in the drawing direction



Obr. 2 Tažný stroj – pohled proti směru tahu
Fig. 2 Drawing mill – view against the drawing direction



Obr. 3 Tažný stroj – tažné vozíky
Fig. 3 Drawing mill – pulling cart.



Obr. 4 Rovnač a leštící stroj
Fig. 4 Leveling and polishing machine



Obr. 5 Frézovací stroj s příčným řetězovým posuvem
Fig. 5 Milling machine with transverse chain shift

Slovenská minihut' se úspěšně rozběhla

Ing. Ladislav Jílek, CSc., Ostrava

V roce 2007 byla založena společnost SLOVAKIA STEEL MILLS, a. s. (SSM, a.s.) s cílem projekčně připravit, postavit a uvést do provozu ocelárnu a válcovnu ve Stražském na východním Slovensku. Minihut' byla postavena na ploše 36,7 ha a je tvořena elektroocelárnou a válcovnou. Výrobní náplní je žebírková betonářská ocel v tyčích o průměru 8 až 36 mm a ve svitcích a drát průměru 5,5 až 12 mm ve svitcích. Válcují se i hladké tyče. V minihuti bude pracovat 480 osob. Zkušební provoz ve válcovně začal v březnu 2011, zkušební provoz v ocelárně byl zahájen v červnu 2011 [1]. SSM, a.s. je dceřiná společnost

holandské firmy Steel Assets Management B.V., kde je hlavním akcionářem slovenský podnikatel Braňo Prieložný [2].

Investiční náklady činily 220 milionů eur a hlavním dodavatelem byla česká společnost 1. Projektová [3]. Technologii pro minihut' dodala firma SMS Meer. Hlavním zařízením v ocelárně je elektrická oblouková pec s kapacitou 60 t. Pec je má trafo 60 MVA, průměr pece je 5,3 m. Používá se u ní technologie CONSO. Dále je zde pánvová pec a kontilití, které má 3 lící proudy a rádius ohybu 8 m. Odlévají se sochory 130 x 130 mm.



Obr. 1 Elektrická oblouková pec [1]

Na elektroocelárnu navazuje válcovna. Na její vstupní straně je kroková ohřívací pec 60 t/h. Pak následuje spojitě válcovací pořadí, které má 14 bezstojanových stolic, střídavě horizontálními a vertikálními válci. Za

ním je vysokorychlostní hotovní blok, který provádí 10 válcovacích průchodů. Doválcovací rychlost je zde až 36 m/s. Pořadí pro válcování drátů má výstupní rychlost 105 m/s a za ním je zařízení pro chlazení rozvolněných svitků.



Obr. 2 Válcovna tyčí a svitků [1]

V budoucnu se počítá s výrobou tyčí SBQ vhodných na výrobu součástí pro automobilový průmysl a

strojírenství [4]. Plánovaná kapacita je 500 000 t/r [5]. Nyní se však již uvažuje o možném zvýšení až na 800 000 t/r [6].



Obr. 3 Sklad hotových výrobků [6]

Literatura

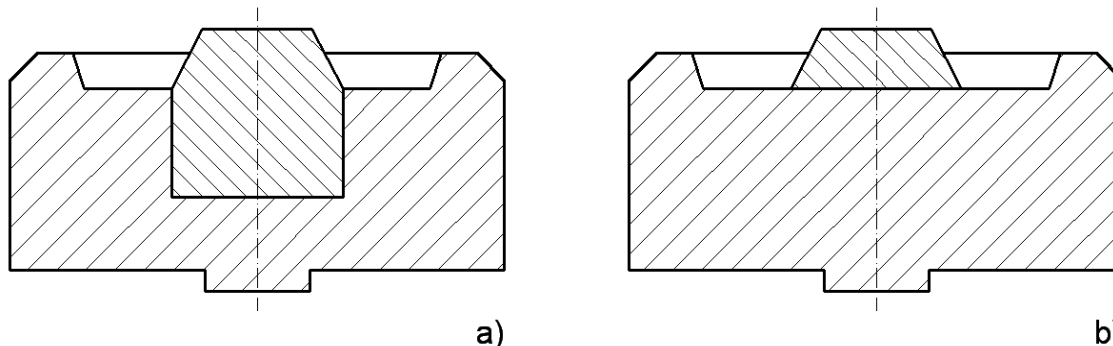
- [1] <http://www.ssmst.sk/>
- [2] http://www.cultureshock.sk/content/static/sk/references/korporativna_komunikacia/firemna_brozura_ssm.pdf
- [3] http://m.ihned.cz/c4-10005620-52047000-700000_d-prvni-tavba-federalni-ssm
- [4] http://www.sms-meer.com/fileadmin/user_upload/pdf/publication/minimill/Minimill_Referencesheet_SlovakiaSteelMills.pdf
- [5] www.enviportal.sk/eia/dokument/34094

Budeme používat keramické tvářecí nástroje?

Ing. Ladislav Jílek, CSc., Ostrava

Keramické materiály mají řadu výhodných vlastností. Proto se stále častěji uplatňují v různých odvětvích. Většinou mají výbornou otěruvzdornost a mohou dobře snášet vysoké teploty, což jsou vlastnosti požadované od materiálů na zápustky. Mají však nízkou pevnost v tahu, případně v ohybu, což značně omezuje jejich používání. Jako nadějně se však jeví jejich využívání na vložky. Přichází v úvahu tyto materiály: nitrid křemíku

Si_3N_4 , Sialon (SiO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 , a AlN) a karbid křemíku SiC . Keramické vložky se upevňují podle obr. 1. Nejběžnější je vkládání za tepla s přesahem. Ovšem tepelná roztažnost oceli a keramiky je rozdílná, rovněž moduly pružnosti se liší. Proto se v některých případech vložky letují, například tvrdým pájením, jak ukazuje obr. 1b).



Obr. 1 Způsoby upevnění keramických vložek v zápustce a) nalisování za tepla s přesahem, b) pájením [1]

Keramická část se používá buďto jen na nejvíce exponované místo zápustky nebo i na celou funkční plochu zápustky. Bylo vyzkoušené kování ozubených kol s čelním ozubením se 16 zuby, kde naletované vložky vytvářely vybrání mezi zuby.

Pokusy s využitím keramiky při zápustkovém kování za tepla i za polotepla se provádějí především v USA a v Japonsku a zdá se, že tato cesta je schůdná [1].

Možnost použít keramické nástroje se ověřuje i při izotermickém tváření titanu. Titan se díky nízké hustotě a dobrým mechanickým vlastnostem využívá na exponované díly letadel i na další součásti. Jeho slitiny však mají omezenou svařitelnost. Tvarově složité součásti se proto vyrábějí izotermickým tvářením, ke kterému jsou třeba používat drahé nástroje ze slitin na bázi chromu. Je lákavé najít levnější keramiku, která by se k tomu mohla využít. Zatím se to ověřuje na výzkumných pracovištích [2].

Vysoká otěruvzdornost keramiky láká konstruktéry, aby ji využili i na rotory a hřídele. V některých případech by bylo možné zmenšit rozměry hřídelů, v jiných případech se využívá, že je keramika elektricky nevodivá. Zůstává však tady jeden velký nedostatek keramiky, totiž to, že nesnáší tahová napětí. Hřídele a mnoho dalších součástí je namáháno na ohyb, při němž, jak známo, vzniká oblast tahových a oblast tlakových napětí. Zde se nabízí jedno řešení: použít kovové jádro a na to nanést keramickou vrstvu. Tu je ovšem nutné vysušit a slinovat např. při teplotě 1200 °C. Klasická keramika je však náchylná i na údery, tedy špatně odolává rázovému namáhání. Navíc při ohřevu na vysokou slinovací teplotu zhrubne zrno u ocelového jádra a zhorší se jeho mechanické vlastnosti. Bylo proto navrženo jiné řešení: namáčením nebo stříkáním nanést na povrch ocelového

jádra vrstvu oxidu křemičitého a karbidu křemíku. Je to tzv. mokrá chemická cesta, kdy k vytvrzení stačí ohřev na 400 až 500 °C. Tuto keramickou vrstvu nanesenou na kovové jádro lze ohýbat nebo lze na ní pouštět závaží o hmotnosti 500 g, aniž by se poškodila [3].

Zkoumají se i možnosti využívat keramiku na nástroje pro tváření za studena. Zde je situace usnadněna tím, že tyto nástroje nejsou namáhány střídavým ohřevem a ochlazováním. Řeší se jejich nasazení při válcování tenkých pásů na dvacetiválcové stolici. Jako vhodný materiál se zkouší nitrid křemíku Si_3N_4 . Kromě vysoké odolnosti proti otěru má tento materiál ještě jednu výhodu: má vyšší modul pružnosti než ocel. Modul pružnosti E oceli je 210 GPa, u nitridu křemíku je 310 GPa. Při válcování za studena hraje významnou roli ploštění válců, které závisí na tlaku a modulu pružnosti. U keramických válců bude tedy nižší a tím bude nižší i potřebná válcovací síla [4].

Možná se dočkáme doby, kdy hřídelku nejen vykoveme a obrobíme, ale ještě na ni nanese keramickou vrstvu.

Literatura

[1] DESPHANDE, M., ALTAN, T.: Selection of die materials and surface treatments for increasing die life in hot and warm forging. *Metal Matters*, 22, Summer 2011, s. 13-14

[2] http://www.umformtechnikmagazin.de/whitepaper/keramische-werkzeuge-fuer-das-isothermschmieden-von-titanlegierungen_21896_de/

[3] http://www.umformtechnikmagazin.de/umformtechnik-branchen/forscher-entwickeln-biegsame-keramik-zum-aufspruehen-auf-metall_21510_de/

[4] OVERHAGEN, C., BRAUN, R., MAUK, P. J., LAN, Y., GIERSBACH, J.: Cold Rolling of High-Strength Stainless Steel Foils with Ceramic SiN Work Rolls. *Metal Forming*, 2012, s. 67-70

historie hutnictví

Historická těžba a zpracování polymetalických rud v okolí Stříbrných Hor, Růženiny a Pekelné štolý

Historical Mining and Processing of Complex Ores in the Surroundings of the Villages Stříbrné Hory, Růženiny and Pekelné štolý (Silver Mountains, Rosebuds and Infernal Drifts)

prof. Ing. Karel Stránský, DrSc.,¹ Ing. Drahomíra Janová,² Ing. Lubomír Stránský, CSc.,² doc. Ing. Vít Jan, Ph.D.,² prof. Ing. František Kavička, CSc.,² Ing. Bohumil Sekanina, CSc.,² Jaroslav Brhel,³ Jiří Holešák,⁴

¹ Ústav fyziky materiálů, Akademie věd české republiky, v. v. i., Brno

² Vysoké učení technické, FSI, Technická 2, 616 69 Brno

³ Hamry u Zďáru nad Sázavou

⁴ Havlíčkův Brod

Bývalý rudní revír v blízkém okolí Stříbrných Hor náleží s velkou pravděpodobností k velmi starému hornickému sídlišti v minulosti. Těžba a hutnické zpracování vytěžených komplexních Pb-Cu-Zn-Ag rud probíhaly v tomto revíru od 13. století. Tehdy tento revír náležel šlechtickému rodu pánů z Lichtenburka. V tomto revíru pracovala až do novověku tavnice, která zanikla následkem třicetileté války v 17. století.

Práce obsahuje stručný pohled na historii těžby rudnin v Růženině štolě která leží v rudním revíru Stříbrných Hor. Práce přináší analýzu souboru devíti hutnických strusek od Růženiny štolý a souboru hutnických strusek ze čtyř hornických a hutních lokalit z nejbližšího okolí Havlíčkova Brodu. Jsou to lokality uváděné jako Simtany, Grodlův mlýn, Bartoušov – Hrubý lesík a Stříbrné Hory – Dolní Dvůr. V těchto lokalitách se pracovalo od 13. až do 17. století a zahrnují analýzy souboru 32 hutnických strusek. Soubory analýz hutnických strusek vytavených během 13. až 17. století v uvedených čtyřech lokalitách (32 strusek a 9 strusek od Růženiny štolý) byly společně zhodnoceny jako jeden celek. Celý soubor 41 hutnických strusek byl poté porovnán se způsobem redukčního tavení surového olova v šachtové peci z druhé poloviny 20. století a metalurgicky vyhodnocen.

Výsledky zahrnují chemické analýzy strusek a rudniny a také jejich matematicko statistické zhodnocení. Při této analýze byly aplikovány jednak testy pro testování průměrů a rozptylů chemického složení hutnických strusek od Růženiny štolý a dalších čtyř lokalit z okolí Havlíčkova Brodu, jednak testy které umožnily posoudit statistickou významnost parciálních korelačních vztahů mezi prvky stanovenými chemickou analýzou rudniny z Pekelné štolý, nacházející se také v revíru Stříbrných Hor.

The former ore mining ground near the surroundings of Stříbrné Hory (Silver Mountains) pertains in all likelihood to the aged mining development in former times. Mining and metallurgical processing of the mined out complex Pb-Cu-Zn-Ag ores proceeded at this mining ground from the 13th century. At that time this mining ground belonged to the aristocratic family of the Lords from Lichtenburg. This mining ground a smelting house was exploited until modern times and it was abandoned as a results of the thirty year war in the 17th century.

Work includes brief view of story mining ore in Ruzenina gallery which lies in ore mining ground Silver Mountains. The paper gives an analysis of a set of nine metallurgical slags from Růženina drift and a set of metallurgical slags from four mining and metallurgical localities from surroundings of Havlíčkův Brod. These locations were called Simtany, Grodl's mill, Bartoušov–Hrubý lesík (Hrubu's grove) and Stříbrné Hory-Dolní Dvůr (Silver Mountains-Lower Farmyard). These localities were exploited from the 13th till 17th century and the paper contains results of analyses of the set of 32 metallurgical slags. The sets of analyses of metallurgical slags that were melted during the period from the 13th till 17th century in the already mentioned four localities (32 slags and 9 slags from Růženina gallery drift) were processed together as one set. The whole set of 41 metallurgical slags was then compared with the method of reduction melting of raw lead in a shaft oven from the second half of the 20th century and it was investigated from the viewpoint of metallurgy.

This analysis comprised partly tests for testing of averages and scatters chemical composition of metallurgical slags from the Růženina drift, as well as from other four localities from the surroundings of Havlíčkův Brod, and also tests, which enabled an evaluation of statistical significance of partial correlative relationships between the

elements determined by chemical analysis of the ore from the Pekelná štola (Infernal drift), in which also belonged to the mining ground of Stříbrné Hory (Silver Mountains).

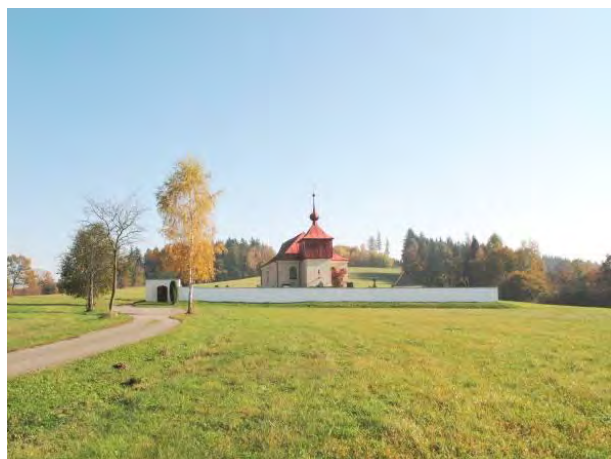
Bývalý rudní revír, jmenovaný v minulosti jako stříbrnohorský, jemuž na kopci vévodí hornický kostel sv. Kateřiny, patří s velkou pravděpodobností k velmi starému hornickému sídlišti, které se zde v minulosti nacházelo. Plán bývalého rudního revíru (obr. 1), který zveřejnil F. Půža [1] téměř před sto lety v roce 1914, zahrnuje s velkou přesností téměř všechna důlní díla, která zde byla v minulosti otevřena a doposud zanechala v současném terénu své výrazné stopy.



Obr. 1 Plán bývalého hornického a hutního revíru ve Stříbrných Horách, autor F. Půža [1].

Fig. 1 Diagram of the former mining and smeltery region in the village Silver Mountains, author F. Půža [1].

Kromě kostela sv. Kateřiny (obr. 2), který stojí na poddolovaném terénu kopce, je to dnes již chráněná a uzavřená Růženina štola (obr. 3) a štola nazvaná Pekelná, též jako Pekelská (obr. 4), která je rovněž chráněná a uzavřená.



Obr. 2 Kostel sv. Kateřiny ve Stříbrných Horách (foto K. Stránský).

Fig. 2 Church of St. Catherine in the village Silver Mountains (photo K. Stránský).



Obr. 3 Tentýž vchod do Růženiny štoly po dvanácti letech (foto J. Holešák 8. 11. 2012).

Fig. 3 The same entry to the Růženina (Rosebud) drift twelve years later (photo by J. Holešák taken on 8th November 2012).



Obr. 4 Vstup do Pekelné (Pekelské) štoly je dnes přes chatu kterou vlastní pan J. Holešák (podle <http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz>).

Fig. 4 Entry to the Pekelná (Pekelská) (Infernal) drift through the private weekend house of J. Holešák (photo downloaded from Internet).

Vstup do Pekelné štoly je v současnosti umožněn přes obytnou chatu, která sloužila v minulosti národnímu podniku Pribina v Příbyslavi ke zpracování sýrů, a dnes po rekonstrukci je v soukromých rukou. Vstup do Růženiny štoly se dnes nachází přímo pod náspev bývalé železniční tratě zrušené v druhé polovině 20. století (obr. 5).



Obr. 5 Směr k Růženině štolě (obr. 3) pod náspem dnes zrušené železniční tratě volně (nazývané jako *stará žďárka*) (foto r. 1940, archiv J. Holešák).

Fig. 5 Direction to the Růženina (Rosebud) drift under the abolished railway track (photo taken in 1940, photo from the archive of J. Holešák)

Z plánu na obr. 1 je zřetelně patrné, že téměř celý bývalý rudní revír je poddolován až k sousední západní vesnici Simtany (Siebentany, původně Sedm jedlí), která je dnes částí vsi Pohled u Havlíčkova Brodu. Mnohé z šachet a štol zaznamenaných na plánu dnes pro jejich zavalená ústí v terénu nenajdeme. Z dalších se zachovaly pouze stopy, které se stále postupně mění. Například ústí Červené štolý nad levým břehem řeky Sázavy, jižně od Štukhejlského mlýna, bylo před několika lety zavaleno sesuvem půdy, bývalou Žebráckou štolu připomínal ještě před tuctem let vodní pramen, který z ní vytékal a na polohu Na hlavní štolý doposud upozorňuje jímáný vodní pramen pitné vody vpravo od silnice z Keřkova do Stříbrných Hor (obr. 6). Na jaře roku 2000 se na severozápad od kostela sv. Kateřiny propadla zemina do poddolované štolý v plošném rozsahu cca 4x5 m do hloubky asi čtyř metrů. Propadlé místo bylo zpočátku chráněno, později zasypáno a doposud je pro výstrahu označeno (obr. 7). Z porovnání s polohou tehdejší propadliny a směru žil pod zrušenou železniční tratí lze vyvodit, že zde mohlo jít o propadlinu ve směru Bezejmenné štolý.

Západně od štolý Růženiny ještě podcházela starou železniční trať štolá Boží pomoci, jejíž poloha je na plánu zakreslena v místě mezi Růženinou a Bezejmennou štolou. Někde v této lokalitě nacházíme na dodnes stojící stěně bývalého kamenného náspu zrušené železniční tratě štolu chráněnou mřížemi (obr. 8).



Obr. 6 Pramen pitné vody vpravo od cesty z Keřkova do Stříbrných Hor (foto L. Stránský 20. 10. 2012).

Fig. 6 Drinking water spring to the right from way the road from Keřkov to Stříbrné Hory (photo L. Stránský taken on the 20th October 2012).

Růženina štolá má svou dávnou historii, vztahující se k začátku 16. století (1503), jejíž stručný přehled napsal F. Půža [1]. Do úspěšnosti těžby v této štolě byly zpočátku kladeny velké naděje. Poněvadž výtěžek z Růženiny štolý nesplnil původní očekávání, obrátilo se těžební podnikání koncem 17. století (1692) ke štolě Královské [1], podzemím spojené patrně se štolou Hlavní. Podle místních občanů [2] se ústí této Hlavní štolý nacházelo v místech, odkud po pravé straně cesty z Keřkova do Stříbrných Hor vytéká doposud do příkopu udržovaný pramen pitné vody (obr. 6). Avšak ještě téhož roku zastavil těžbu v revíru Stříbrných Hor tehdejší majitel kníže Ferdinand z Dietrichstejna [3].



Obr. 7 Propadená štolá z dubna roku 2000 (foto L. Stránský r. 2012).

Fig. 7 Fallen drift from April 2000 (photo L. Stránský 2012)

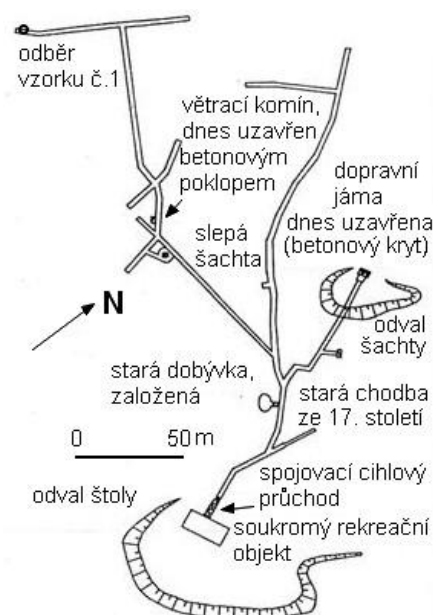


Obr. 8 Uzavřený vstup do štolu v kamenné stěně zrušeného železničního náspu (foto L. Stránský r. 2012).
Fig. 8 Closed entry to the drift in a stone wall under the abolished railway track (photo L. Stránský 2012).

Podle uvedeného zdroje [3] otevřel Růženinu štolu až 85 roků nato (1877) inženýr J. Höniger na své vlastní náklady a zároveň nechal uskutečnit rozbořky zdejší rudy. Upozornil přitom na vyskytující se velké krystaly minerálu galenitu (PbS) a také na tvořící se krápníky vápence, charakterizující průběh krasových jevů. Koncem roku 1883 proběhla prohlídka okolí štolu hornickým úřadem, při které byl terén shledán schopným provozu. Byly odebrány vzorky rudy k rozborům, avšak původně plánované zahájení těžebních prací neproběhlo.

Další, nově obnovená těžba byla zahájena až během druhé světové války, v době existence protektorátu Čechy a Morava. Občané tehdejšího Německého Brodu, který měl statut říšského města, tvořili spolu s Jihlavou dva německé jazykové ostrovy. V jejich tehdejší celku existovalo silné povědomí citelného nedostatku barevných a vzácných kovů: olova, stříbra, zlata, ale též mědi, zinku aj., pro zbrojní a válečný průmysl. Obnovená těžba a zpracování rud nedostatkových kovů v okrsku Stříbrných Hor byla v téže době chápána jako jedna z možností řešení tehdejší limitní situace a pro mnohé občany německé i české národnosti jako způsob, jak se také uchránit od nutnosti nastoupit do práce přímo ve zbrojních podnicích tehdejší německé říše. V roce 1990 byla Růženina štola vyhlášena za státem chráněnou kulturní památku [3].

Pekelná (Pekelská) štola byla otevřena později než štola Růženina (1780) [3]. Schématický plán jejího půdorysu v podzemí je na obr. 9. Místa odběru vzorků rudnin byla označena číslicemi 1 (vzorek z čelby), 2 a 3 (vzorky ze stěn štolu), přičemž následující uvedené analýzy proběhly pouze u vzorku 1 z čelby, vzorky 2 a 3 byly archivovány. Cestu Pekelnou štolou přibližuje obr.



Obr. 9 Schéma podzemí Pekelné štolu (sestaveno podle mapy MA B 405 Geofond Kutná Hora a rukopisné dokumentace J. Koutka) doplněno autory článku.
Fig. 9 Diagram of the underground of Pekelná (Infernal) drift (created according with use of the map MA B 405 Geofond Kutná Hora and of the written documentation of J.Koutek) completed by authors.



Obr. 10 Cestou podzemím Pekelné štolu (foto archiv: J. Holešák r. 2012).
Fig. 10 A way through the underground of Pekelná (Infernal) drift (photo from archive of J. Holešák).

10. Pekelná štola je spojena větracími komíny s povrchem a je rovněž přístupná s povrchu uzavřeným vchodem. Štola je v současnosti předmětem návštěvnosti speleologů, neboť díky určitému podílu vápence v podloží i nadloží jejich hornin je v ní možno pozorovat a studovat pochody, které jsou typické pro vápencový kras. Spolupracovník Jaroslav Brhel

navštívil cestou přes soukromou chatu štolu a v roce 2000 odebral vzorky rudniny včetně vzorku 1 k analýze. V roce 1990 byla celá štola vyhlášena za státem chráněnou kulturní památku.

Tato práce přináší výsledky původních chemických analýz vzorků hutnických strusek vyzvednutých z menší haldy nalezené poblíž Růženiny štol v roce 2000, včetně vzorku rudniny odebraného v Pekelné štole přímo z místa čelby. Vzorky strusek od Růženiny štol vyzvedli K. Stránský a J. Brhel, vzorek rudniny z místa čelby označeného na obr. 9 číslem 1 odebral přímo J. Brhel.

Metodika a podmínky analýz

K analýze chemického složení hutnických strusek od Růženiny štol bylo vybráno devět vzorků v pořadí čísel 1 až 9. Vzorky byly k analýze připraveny v práškové formě. Nejdříve byly rozdrčeny na velikost hrachu až čočky a poté rozemlety ve vibračním achátovém mlýnku na prášek o zrnitosti do cca 50 μm . Stejný způsob přípravy vzorku byl použit také pro celistvý vzorek rudniny o velikosti dětské pěsti, odebrané z místa čelby 1 v Pekelné štole. K analýze průměrného chemického složení práškových vzorků byl využit energiově disperzní mikroanalýzátor EDAX v kombinaci s elektronovým rastrovacím mikroskopem PHILIPS XL 30. Kromě toho byly tři práškové vzorky hutnických strusek čísel 4p, 8p a 9p od Růženiny štol a jeden práškový vzorek rudniny ze štol Pekelné, podrobeny semikvantitativní poměrné analýze mikročástic (SPA).

Série devíti vzorků strusek od Růženiny štol

Výsledné průměrné složení vzorků hutnické strusky od Růženiny štol je uspořádáno v tabulce 1. Z tabulky plyne, že k hlavním prvkům tvořícím tuto oxidickou hutnickou strusku náleží v hm.% kyslík O 33,28, železo Fe 25,84, křemík Si 21,09, hliník Al 4,11, mangan Mn 2,63, vápník Ca 2,31, zinek Zn 2,30, draslík K 1,83, olovo Pb 1,43, hořčík Mg 1,31, sodík Na 1,08 a síra S 1,04 (celkem 98,25 hm.%) a k prvkům o průměrném obsahu menším než 1 hm. % náleží měď Cu 0,62, fosfor P 0,42, titan Ti 0,30, chrom Cr 0,15 a bismut Bi 0,04. Průměrné složení strusek ukazuje, že byly hutnicky zpracovány olovnato-sulfidické rudy s nevelkým podílem vápence.

Výsledky semikvantitativní poměrné mikroanalýzy (SPA) vybraných mikroskopických částic práškového vzorku hutnických strusek od Růženiny štol jsou uspořádány v tabulce 2. Tato mikroanalýza umožňuje vybrat v zorném poli elektronového rastrovacího mikroskopu v módu zpětně odražených elektronů (back scattered electrons BSE) částice obsahující prvky o vyšších atomových číslech než má analyzovaný vzorek, tj. buď struska nebo rudnina. Prvky obsažené v těchto částicích charakterizují zpravidla minoritní, akcesorické minerály a přinášejí informaci o mineralogickém původu analyzovaného vzorku, tj. strusky či rudniny. Akcesorické minerály (a.m.) jsou zpravidla uváděny jako nerostné složky horniny vyskytující se v tak malých množstvích, že k nim není přihlédnuto ani v definici, ani v chemickém vzorci (viz např. [4]). Původní metoda, vypracovaná k semikvantitativnímu určení prvků vázaných apriorně na tyto minerály [5,6], umožňuje takové prvky analyzovat s vysokou mezní detekovatelností. Výběr mikroskopických částic o lineárním rozměru 1 až 50 μm k analýze v zobrazení BSE bývá pro pracnost měření časově limitován na 20 až 25 mikročástic a výsledkem analýz jsou změřené koncentrace prvků uváděné v limitním množství [mg/kg] větším než jsou v příslušných tabulkách uváděné analyticky stanovené hodnoty jednotlivých prvků.

Z tabulky 2 plyne, že v analyzovaných hutnických struskách 4p, 8p a 9p bylo nalezeno z původně těžených prvků nejméně, tj. $\geq$ více než je jejich spodní obsah: pro stříbro – 0,320; 1,83; 0,129 mg Ag/kg, pro měď – 1,00; 3,75; 0,367 mg Cu/kg, pro zinek – 4,81; 0,511; 0,0715 mg Zn/kg a pro olovo – 12,3; 8,31; 1,16 mg Pb/kg. Tato měření potvrzují, že strusky odebrané od Růženiny štol pocházely z hutnického zpracování olovnatých rud. Způsob zpracování výsledků semikvantitativních analýz (SPA) [5,6] formou matic umožňuje navíc posoudit statistickou významnost vzájemné korelace prvků stanovených v souboru mikroskopických částic. Například zinek byl s velkou pravděpodobností vázán v hutnicky zpracovávaných rudách na sfalerit (ZnS), neboť korelační koeficient $r_{\text{Zn-S}} = 0,6022$ a při 19 stupních volnosti je kritická hodnota $r_{\text{Zn-S krit. } \alpha = 0,01} = 0,5487$ silně statisticky významná na hladině $\alpha = 0,01$ [7]. Měď mohla pocházet z chalkozínu (Cu_2S) neboť korelační koeficient $r_{\text{Cu-S}} = 0,4000$ je statisticky významný na hladině významnosti 0,1 a stříbro bylo s velkou pravděpodobností vázáno v těchto rudách na minerály argentit či akantit, kde korelační koeficient $r_{\text{Ag-S}} = 0,6970$ je významný na hladině 0,001. Příslušné statistické testy se vztahují ke strusce 4p.

Tab. 1 Chemické složení souboru vzorků hutnických strusek od Růženiny štolý (analyzováno průměrné chemické složení)
 Tab. 1 Chemical composition of metallurgical slags from the Rosebud drift (analysed average composition)

Struska číslo Prvek	1	2	3	4p	5	6	7	8p	9p	x	s _x
O	44,17	28,55	30,01	45,18	31,55	25,13	26,94	32,64	35,32	33,28	6,73
Na	0,39	0,49	0,13	1,88	1,67	0,63	2,36	1,82	0,37	1,08	0,79
Mg	1,44	0,84	0,80	1,24	1,67	0,96	2,14	1,28	1,45	1,31	0,40
Al	4,74	2,39	3,46	3,67	5,18	4,06	5,07	4,11	4,29	4,11	0,82
Si	22,07	10,21	21,21	21,67	26,59	21,29	26,99	19,94	19,87	21,09	4,57
P	0,44	0,26	0,32	0,14	0,33	0,93	0,58	0,38	0,44	0,42	0,21
S	1,21	0,20	1,46	0,71	1,11	1,45	0,92	1,12	1,14	1,04	0,37
Pb	0,36	0,93	1,92	0,26	0,14	7,24	1,08	0,51	0,44	1,43	2,12
Bi	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0,04	0,10
Ag	0,28	0,34	0,33	0,04	0,24	0,27	0,14	0,2	0,09	0,21	0,10
K	1,64	1,78	2,04	1,23	2,12	2,24	1,85	1,91	1,67	1,83	0,28
Ca	1,89	0,7	2,11	1,99	3,09	2,61	3,65	2,48	2,25	2,31	0,78
Ti	0,22	0,36	0,4	0,18	0,25	0,35	0,32	0,32	0,32	0,30	0,07
Cr	0,10	0,20	0,20	0,07	0,11	0,15	0,19	0,19	0,15	0,15	0,05
Mn	2,37	1,16	0,97	3,07	3,47	0,9	4,69	3,08	3,95	2,63	1,29
Fe	15,65	47,68	31,37	16,3	20,48	30,14	19,93	26,64	24,41	25,84	9,35
Cu	0,31	0,94	0,58	0,69	0,24	0,44	0,58	0,83	0,97	0,62	0,25
Zn	2,72	2,95	2,71	1,67	1,78	0,90	2,56	2,53	2,89	2,30	0,66
Suma	99,99	100	100,01	100,01	100,02	100,01	100	100	100,02	100,01	0,01
Z _{str}	14,469	19,625	18,262	14,246	15,657	21,932	16,784	16,716	16,387	17,12	2,33

Poznámky: Z_{str} – průměrné atomové číslo strusek; 4p, 8p, 9p – kromě stanovení průměrného chemického složení strusek číslo 1 až 9 proběhla ještě semikvantitativní poměrná mikroanalýza tří strusek 4p, 8p a 9p o řádově větší detekovatelnosti (viz tabulka 2); strusky vybrané k rozdrocení a rozemletí na prášek k vlastní analýze měly velikost vlašských ořechů; – x aritmetický průměr, s_x výběrová směrodatná odchylka.

Tab. 2 Semikvantitativní poměrná mikroanalýza hutnické strusky od Růženiny štolý (práškové vzorky 4p, 8p a 9p podle tab.1)

Tab. 2 Semiquantification proportionate micro-analysis of metallurgical slag from the Rosebud gallery drift (powder samples 4p, 8p and 9p from Tab. 1)

Struska 4p		Struska 8p		Struska 9p		Pořadí
Prvek	mg/kg	Prvek	mg/kg	Prvek	mg/kg	
K	0,207	Ti	0,0721	Th	0,00373	1
P	0,218	Cr	0,0883	Pr	0,00423	2
Mg	0,281	K	0,103	Cr	0,00428	3
Ca	0,282	Ca	0,106	Ti	0,00821	4
Ag	0,320	P	0,195	Na	0,0111	5
Sr	0,374	Mn	0,199	Mg	0,0149	6
Al	0,595	Na	0,307	Nd	0,0152	7
Na	0,668	Al	0,341	K	0,0157	8
Mn	0,746	Zn	0,511	Ca	0,0189	9
Ti	0,978	Mg	0,520	La	0,0230	10
Cu	1,00	Si	0,866	P	0,0320	11
Cr	1,90	Ni	1,44	Mn	0,0409	12
Si	2,04	Ag	1,83	Ce	0,0433	13
Fe	4,13	O	3,35	Al	0,0445	14
Zn	4,81	Cu	3,75	Zn	0,0715	15
S	8,95	S	6,09	Ag	0,129	16

Pb	12,3	Pb	8,31	Si	0,192	17
Ba	17,9	Fe	8,98	Ba	0,193	18
O	18,5	Σ (mg/kg)	37,0584	Cu	0,367	19
Σ (mg/kg)	76,199	mikročástic	21	S	0,404	20
mikročástic	21	plocha	77,5 μm^2	Fe	0,508	21
plocha	72,4 μm^2			O	0,823	22
				Pb	1,16	23
				Σ (mg/kg)	4,12745	24
				mikročástic	22	25
				plocha	8,22 μm^2	26

Rudnina z Pekelné štolý

Průměrné chemické složení rudniny odebrané z místa čelby, vzorek označený 1 na obr. 9, je uvedeno v levé části tabulky 3. Vzorek rudniny o velikosti dětské pěsti má v hm.% průměrné chemické složení: 44,90 O, 24,35 Si, 11,34 Al, 7,86 Fe 4,30, 2,52 Mg a 1,10 Mg (celkem 96,37 hm.%) přičemž k prvkům v množství menším než jedno hmotnostní procento náleží titan 0,74, síra 0,73, měď 0,56, vápník 0,37, fosfor 0,35, mangan 0,28, zinek 0,27, stříbro 0,13 a olovo 0,07.

Výsledky semikvantitativní poměrné mikroanalýzy (SPA) vybraných mikroskopických částic práškového vzorku hutnických strusek od Pekelné štolý jsou uspořádány v tabulce 3 v její pravé části. Analyzované prvky jsou v tabulce uspořádány ve vzestupném pořadí, přičemž v úhrnu bylo v rudnině stanoveno 26 prvků. Ve vzorku z čelby převládaly lanthanidy, v klesajícím pořadí v mg/kg to byly prvky: cer, neodym, lanthan a praseodym – 41,5 Ce, – 28,4 Nd, 21,8 – La a Pr – 8,72, přičemž soubor průkazně detekovaných prvků v rámci klesajících hodnot uzavíraly v mg/kg prvky: nikl, baryum, antimon a yttrium – 0,292 Ni, – 0,252 Ba, – 0,0714 Sb a – 0,0464 Y. Z hutnicky zajímavých prvků rudnina obsahovala v sestupném množství v mg/kg prvky: železo, olovo, měď, zinek a stříbro – 9,89 Fe, – 7,43 Pb, – 2,64 Cu, – 1,55 Zn a – 1,04 Ag. V rudnině z čelby je pozoruhodný výskyt prvků radioaktivního

thoria a yttria v mg/kg – 2,54 Th a 0,0464 Y, které spolu s fosforem (11,2 mg P/kg) a lanthanidy mohou tvořit některé vzácnější minerály [8]. Jsou to například thorit, xenotim, monazit, origanit a thorianit. Podle práce E. Votočka a J. Heyrovského [9] jsou thorit a origanit silikátem thoria, který váže vodu, a vznikly nejspíše přeměnou původního křemičitanu ThSiO_4 . Minerál monazit je tvořen z fosforečnanů thoria a některých vzácných zemin, lanthanidů, a v publikaci [9] (s. 593) je přímo uveden ve tvaru obecného vzorce $x.\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4.y$ (Ce, La, Nd, Pr) (PO_4), který zahrnuje také čtyři v rudnině stanovené lanthanidy (tab. 3). Jestliže použijeme metodiku SPA k testování korelačních vztahů mezi prvky thoriem, lanthanidy a fosforem pro vzorek v rudnině z místa čelby, získáme parciální korelační vztahy v mg/kg: pro $r_{\text{Th-P}} = 0,9934$, $r_{\text{Th-Ce}} = 0,4538$, $r_{\text{Th-La}} = 0,4077$, $r_{\text{La-P}} = 0,4118$, $r_{\text{Ce-P}} = 0,4568$ ([7] kritické hodnoty hladin významnosti α jsou v pořadí korelací $r - 0,001; 0,05; 0,1; 0,1; 0,05$).

Těžené a hutnicky zpracovávané prvky polymetalických rud, tj. olovo, měď, zinek, antimon a stříbro včetně síry, parciálně korelují v rudnině z Pekelné štolý tak, že je možno s vysokou pravděpodobností předpokládat jako těžbu kuprit (červenou rudu měděnou) Cu_2O , kde $r_{\text{Cu-O}} = 0,4731$, argentit, popřípadě akantit, kde $r_{\text{Ag-S}} = 0,8004$, galenit PbS jako nositele olova a také stříbra, kde $r_{\text{Pb-S}} = 0,9572$ a $r_{\text{Pb-Ag}} = 0,7872$, willemit Zn_2SiO_4 , popřípadě hemimorfit $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{SiO}_4$, jako nositele zinku [9]. Minerál xenotim je nejspíše tvořen fosforečnanem typu $\text{Y}(\text{PO}_4)$ [8].

Tab. 3 Chemické složení rudniny vzorku z Pekelné štolý – 1. Průměrné složení vzorku rudniny – 2. Semikvantitativní poměrná mikroanalýza vzorku rudniny z čelby 1

Tab. 3 Chemical composition of the sample of ore from the Infernal drift – sample 1. Average composition of the sample of ore – 2. Semiquantification proportionate micro-analysis of the sample of ore from the forefield 1

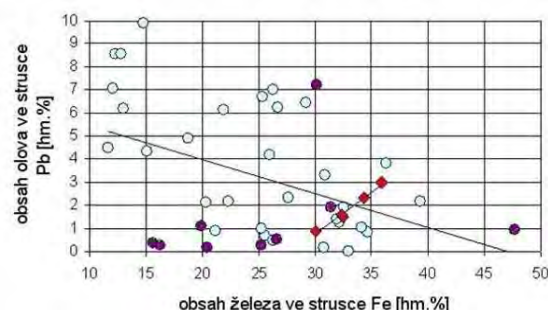
1. Průměrné složení rudniny vzorku 1			2. Semikvantitativní poměrná mikroanalýza rudniny vzorku 1 z čelby		
Prvek	x hm. %	s_x hm. %	prvek	mg/kg	Pořadí
O	44,90	0,16	Y	0,0464	1
Na	1,10	0,22	Sb	0,0714	2
Mg	2,52	0,28	Ba	0,252	3
Al	11,34	0,18	Ni	0,292	4
Si	24,35	0,35	Ti	0,746	5
P	0,35	0,13	Ca	0,920	6
S	0,73	0,04	Mn	0,950	7
Pb	0,07	0,12	Ag	1,04	8

Ag	0,13	0,12	Zn	1,55	9
K	4,30	0,12	Na	1,73	10
Ca	0,37	0,11	Mg	2,09	11
Ti	0,74	0,08	Cr	2,46	12
Cr	0,12	0,06	Th	2,54	13
Mn	0,28	0,11	Cu	2,64	14
Fe	7,86	0,30	K	3,44	15
Cu	0,56	0,33	Pb	7,43	16
Zn	0,27	0,24	Pr	8,72	17
Suma	100,00	2,93	Fe	9,89	18
			P	11,2	19
			Al	11,6	20
			S	14,4	21
			Si	17,6	22
			La	21,8	23
			Nd	28,4	24
			Ce	41,5	25
			O	67,3	26
			Σ (mg/kg)	260,6078	27
			mikročásteč	21	28
			plocha	428 μm ²	29

K hutnickému zpracování strusek

Soubor strusek od Růženiny štolý byl v této práci dodatečně zahrnut do již rozsáhlého souboru podrobně analyzovaných strusek ze čtyř lokalit: Simtany, Grodlův mlýn, Bartoušov-Hrubů lesík a Stříbrné Hory-Dolní Dvůr. Tento soubor, který zahrnoval celkem 32 taveb hutnických strusek z nejbližšího okolí Havlíčkova Brodu, je na obr. 11 znázorněn prázdnými světlemodrými kroužky a byl již se zřetelem na průběh hutního tavení dosti podrobně zhodnocen [11]. Do grafu byly dodatečně zakresleny polohy souboru devíti strusek od Růženiny štolý které jsou znázorněny plnými fialovými kroužky. Přímka rozděluje celý soubor 41 hutnických strusek přibližně na dvě části (obr. 11). Nad přímkou jsou převážně strusky pocházející z taveb v hutních lokalitách Grodlův mlýn a Simtany, tj. z hutí které na Havlíčkovobrodsku pracovaly jako nejstarší (od 13. století), zatímco pod přímkou jsou strusky z mladších hutních lokalit řazených do 15. století a mladších. Strusky od Dolního Dvora pocházejí převážně z tavrny, která je již datována do novověku, byla v činnosti do švédských válek a poté zanikla. Z grafu je patrné, že sedm strusek od Růženiny štolý spadá do mladšího období činnosti zdejších hutí.

Přímka spojující soubor hutních taveb značených čtverečky se vztahuje k tavnám, které podle podrobných dat v práci autorů N.N. Sevrjukov, R.A. Kuzmin, J.V. Čeliščev proběhly technologií redukčního tavení v šachtové peci v druhé polovině 20. století [10]. Průsečík obou přímek a složení hutnických strusek v jeho blízkém okolí signalizují podobné podmínky hutnických pochodů, jaké převládaly v redukční šachtové peci v polovině 20. století a v tavicích pecích, které pracovaly již na přelomu 16. a 17. století v tehdejší tavně ve Stříbrných Horách. Přirozeně nelze dost dobře přímo očekávat, že soubor devíti strusek od Růženiny štolý pochází z tavrny, která tehdy pracovala u Dolního Dvora, ani očekávat, že hutnický zpracovávaná rudnina, z níž analyzované strusky pocházejí, byla těžena přímo v Pekelné štolě. Avšak



Obr. 11 Vzhled mezi obsahem železa a olova v hutnické strusce z lokalit Simtany, Grodlův mlýn, Bartoušov-Hrubů lesík, Stříbrné Hory-Dolní dvůr (bleděmodré kroužky), Růženina štola (13. až 17. století, fialové kroužky) a při redukčním tavení olova v šachtové peci (druhá polovina 20. století, červené čtverečky) [10]

Fig. 11 Relation between the composition of iron and lead in metallurgical slag from the localities Simtany, Grodl's mill, Bartoušov-Hrubů's grove, Silver Mountains-Lower Farmyard and Rosebud drift (13th to 17th century), and at reduction smelting of raw lead (Pb) in a shaft furnace (second half of the 20th century) [10].

strusky od Růženiny štolý které mají průměrné obsahy v hm.% zinku $2,30 \pm 0,66$ a vápníku $2,31 \pm 0,78$ (tab. 1), se velmi dobře shodují se struskami ze Stříbrných Hor, od Dolního Dvora, u kterých byl již před časem stanoven a zveřejněn [11] v hm.% obsah zinku $2,01 \pm 0,65$ a vápníku $2,74 \pm 0,33$ ([11] (tab. 1). Vidíme, že uvedené obsahy zinku a vápníku v souborech devíti strusek od Růženiny štolý a složení těchto prvků v souboru sedmi strusek od Dolního Dvora, jsou navzájem velmi blízká. Rozdíly průměrných hodnot obou prvků Zn a Ca i jejich směrodatných odchylek jsou minimální. Aplikujeme-li nyní na uvedené rozdíly statistické testy významnosti, to znamená t-test pro testování průměrů chemického složení zinku a vápníku a F-test pro testování jejich rozptylů [12, 13], výpočtem zjistíme, že rozdíly průměrů chemického složení zinku a vápníku jsou statisticky nevýznamné. Pokud jde o rozdíly rozptylů zinku a vápníku, je hodnota F-testu pro zinek statisticky nevýznamná a pro vápník má hodnotu $F_{Ca} = (0,78/0,33)^2 = 5,59$, která je podle matematicko-statistických tabulek [12] nižší než kritická hodnota 8,1

pro hladinu významnosti $\alpha = 0,01$, odpovídající osmi stupňům volnosti pro Růženinu štolu a šesti stupňům pro strusky od Dolního Dvora. S pravděpodobností omylu menší než 1 % je možno podle analýzou stanovených dat předpokládat, že analyzovaná a hutnický zpracovaná rudnina od Růženiny štolý mohla být těžena přímo v Pekelné štolě a strusky mohou pocházet z tavrny, která pracovala nedaleko Dolního Dvora a zanikla následkem švédských válek.



Obr. 12 Krápník vyrostlý v podzemí Pekelné štolý (foto archiv: J. Holešák, r. 2012).

Fig. 12 Lime stalagmite grown in underground of the Infernal drift (photo from the archive of J. Holešák, 2012)



Obr. 13 Vápencová brčka rostoucí dnes v podzemí Pekelné štolý (photo from file J. Holešák, r. 2012).

Fig. 13 Lime straws growing today in underground of the Infernal drift (photo from the archive of J. Holešák, 2012)



Obr. 14 Krápník zvaný magické oko rostoucí v Pekelné štolě (foto archiv: J. Holešák, r. 2012).

Fig. 14 Lime stalactite called "Magic eye" in underground of the Infernal drift (foto from the archive of J. Holešák, 2012).

Vraťme se opět k Pekelné štolě. Dnes je známo, že podloží i nadloží Pekelné štolý je tvořeno také horninovým vápencem, v němž se již dnes vyskytují, a podle speleologů stále rostou, četné formy krápníků. Tři z těchto krápníkových forem rostoucích na stěnách a stropěch v Pekelné štolě jsou uvedeny na sérii obrázků. Je to jednak běžná forma krápníku (obr. 12), dále jsou to tenká krápníková brčka (obr. 13) a krápníková forma nazývaná magickým okem (obr. 14). Návštěva Pekelné štolý je tak i pro hutníky zároveň připomínkou obecně známých krasových jevů.

Závěr

Bývalý rudní revír, v minulosti jmenovaný jako stříbrnohorský, jemuž na kopci vévodí hornický kostel sv. Kateřiny, náleží s velkou pravděpodobností k velmi starému hornickému sídlišti, které se zde v minulosti nacházelo. Těžba a hutnické zpracování vytěžených polymetalických Pb-Cu-Zn-Ag rud v něm probíhaly od 13. století, kdy tento revír náležel šlechtickému rodu pánů z Lichtenburka. V tomto revíru pracovala až do novověku tavrna, která zanikla následkem švédských válek.

Práce přináší stručný pohled na historii těžby v Růženině štolě, opřený o analýzu souboru hutnických strusek od této štolý a souboru hutnických strusek ze čtyř hornických a hutních lokalit z nejbližšího okolí Havlíčkova Brodu. Režim tavení hutnických strusek z lokalit, v nichž se zde pracovalo od 13. až do 17. století, zahrnující 41 hutnických strusek, byl porovnán se způsobem redukčního tavení olovářských strusek v šachtové peci z druhé poloviny 20. století.

Výsledky se opírají o původní, na řešitelském pracovišti vypracovanou semikvantitativní poměrnou analýzu strusek a rudnin a o jejich matematicko statistickou

analýzu, při níž byly aplikovány testy pro stanovení průměrů a rozptylů chemického složení hutnických strusek od Růženiny štolý. Dále testy umožnily posoudit statistickou významnost parciálních korelačních vztahů mezi prvky stanovenými chemickou analýzou rudniny z Pekelné štolý.

Poděkování

Tato práce byla realizována v rámci projektu NETME Centre financovaného z Operačního programu výzkum a vývoj pro inovace, který je spolufinancovaný ERDF (European Regional Development Fund) reg. č. projektu CZ.1.05/2.1.00/01.0002. Část prací proběhla též v rámci projektu GAP107/11/1566 jemuž je autorský kolektiv také zavázán svou vděčností.

Literatura

- [1] PŮŽA, F.: Kronika Příbyslavská. Nákladem Společenstva různých živností v Příbyslavi. Příbyslav, 1914, 309 s.
- [2] HAVLÍČEK, J.: Ústní sdělení ve Stříbrných Horách v dubnu r. 2000.
- [3] HAVLÍČEK, J.: Historie dolu Rosa, Historie dolu Höllen. In Horáček. Čtvrtletník OÚ Stříbrné Hory 2009.
- [4] PELLANT, Ch., PELLANTOVÁ, H.: Horniny a minerály. Osveta, spol. s r.o. Martin, 2000, 256 s. ISBN 80-8063-031-3.
- [5] STRÁNSKÝ, K., JANOVÁ, D., POSPÍŠILOVÁ, S., DOBROVSKÁ, J.: Poměrná semikvantitativní mikroanalýza těžkých kovů v horninách, struskách a rudách. Hutnické listy 2009, LXII, č. 3, 84-89. ISSN 0018-8069.
- [6] STRÁNSKÝ, K., JANOVÁ, D., POSPÍŠILOVÁ, S., DOBROVSKÁ, J.: Možnost poměrně semikvantitativní mikroanalýzy v horninách, rudnínách a struskách. Slévárství 2009, LVII, č. 7-8, s.268-270.
- [7] MURDOCH, J., BARNES, J.: Statistical Tables for Science, Engineering, Management and Business Studies. The Macmillan Press LTD. Cranfield, 1970, 40 s.
- [8] MEDENBACH, O., SUSSIECKOVÁ-FORNEFELDOVÁ, C.: Minerály. Knižní klub, k. s. & Ikar. Praha 1995, 287 s. ISBN 80-7176-207-5 Knižní klub, ISBN 80-85830-97-3 Ikar.
- [9] VOTOČEK, E. HEYROVSKÝ, J.: Chemie anorganická. Nákladem České chemické společnosti pro vědu a průmysl. Tiskem Politiky. I. a II. díl. Praha 1944, 1000 s.
- [10] SEVRJUKOV, N.N., KUZMIN, R.A., ČELIŠČEV, J.V.: Obecné hutnictví. SNTL, Praha 1958. s. 563.
- [11] STRÁNSKÝ, K., JANOVÁ, D., KAVIČKA, F., STRÁNSKÝ, L., SEKANINA, B.: Metalurgie tavení polymetalických Pb-Ag-Cu-Zn rud v okolí Havlíčkova Brodu od 13. do poloviny 17. století. Hutnické listy LXV, 2012, č. 1, s. 63-74.
- [12] ŽALUDOVÁ, A., SEDLÁČEK, J.: Statistická kontrola jakosti ve slévárnách. Práce, Praha 1958, 146 s.
- [13] REISENAUER, R.: Metody matematické statistiky a jejich aplikace. Polytechnická knižnice, Praha 1965, 208 s.

22. ročník mezinárodní konference metalurgie a materiálů

ME'TAL[®] 2013

15. - 17. května 2013
Hotel Voroněž I, Brno, Česká republika, EU

TANGER
TANGER, spol. s r.o.
VŠB – Technická univerzita
Česká společnost pro nové materiály a technologie
technický ústav České republiky
ASM International Czech Chapter

ASM
The Maturski Research Society of Serbia
Sociedade Portuguesa de Materiais
Austrian Society for Metallurgy and Materials
Norsk Materialteknisk Selskap
Associazione Italiana di Metallurgia
Société Française de Metallurgie et de Matériaux

nová literatura

Paul Garsonce (red.) aj., Arnošt Kotyka (překl.)

30 vteřin na vědu

(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)

Unikátní průvodce labyrintem 50 nejzávažnějších vědeckých teorií. "Některé teorie jsou tak složité, že jim nerozumí ani jejich tvůrci" (cit. Zdeněk Chromý).



Teorie je nejdůležitějším typem informace ve vědě. Chápeme ji jako systém pojmů a tvrzení, který představuje abstrahující vysvětlení vybraných fenoménů. Uznání vědeckosti a kvality teorie se provádí na základě kritérií, jež závisí na oblasti výzkumu. Při jejím posuzování se vždy ptáme: Je logicky sestavena? Je jasně a úsporně popsána? Odpovídá dostupným datům? Byla konfrontována s pozorováním nebo experimentem? Obsahuje tvrzení, která lze testovat pomocí dat? Byly predikce teorie testovány? Vyjadřuje uvažované vztahy lépe než jiné konkurující teorie? Je obecná natolik, že ji lze použít v různých časových okamžicích a na více situacích a míst?

Věda nás ovlivňuje více než kdykoliv předtím a v současné době je součástí reality našich životů a cestou k poznání všech „jak“ a „proč“ kolem nás. Leckteré politické ideje, mnohé názory na zdraví, životní prostředí atd. mají určitý vědecký rozměr. Jak se vědy použije, závisí na nás všech. Není jen doménou bílé oděných badatelů v laboratořích, ale především vysvětluje náš svět. Důležitá alternativní rozhodnutí by proto neměla být prováděna pouze vědci, ale měla by být výsledkem širší veřejné diskuze. Úžasné objevy dřívějších století jsou dnes běžnou záležitostí našich všedních dnů. Ale abychom toho dosáhli, musíme mít všichni jakýsi elementární cit pro základní myšlenky vědy. A zcela nezávisle na jejich praktickém využití by tyto myšlenky měly patřit do naší všeobecné kultury. Velké výsledky vědy lze sdělit stručně, v krátkém čase, s použitím netechnických výrazů a jednoduchých obrazů. To je cílem nové unikátní publikace "30 vteřin na vědu", kterou s podtitulem "50 nejpodněnějších vědeckých teorií, o nichž získáte přehled za 30 vteřin" a ve znamenitém překladu prof. RNDr. Arnošta Kotyka, DrSc. (Fyziologický ústav AV ČR), v originální grafické úpravě s četnými ilustracemi a fotografiemi, vydalo v edici Fortuna Factum nakladatelství Fortuna Libri (Praha 2012, 1. vyd., 160 s., ISBN 970-80-7321-638-2).

Pět desítek nejzávažnějších, revolučních vědeckých teorií je uspořádáno do sedmi pilířů podle druhu poznání. První se týká makrokosmu, který se zabývá fyzikou velkých objektů v každodenním životě, jako jsou zákony pohybu, gravitace a elektřiny. Mikrokosmos nás naopak zavede do velmi malých, kvantově popsáných atomů a dalších subatomárních přírodních částic. Třetí pilíř se soustřeďuje na vývoj člověka, na to, jak se vyvinul život, lidé a vlastnosti, jako je inteligence a jazyk. Pasáž Mysl a tělo shrnuje klíčové teorie v lékařství, od psychologie ke genové terapii. V části Planeta Země jsou shrnuty velké teorie, které vědcům umožnily pochopit vnitřní fungování naší planety a klimatu. Část věnovaná vesmíru pojednává o původu, evoluci a konečném osudu našeho i dalších vesmírů. Závěrečný pilíř pojednávající o poznání se zabývá vývojem vědy jako takové, a týká se např. Mooreova zákona využívaného pro stálé zdokonalování schopnosti počítačů nebo tzv. Ockhamovy britvy, tedy matky všech teorií. Jednotlivé pilíře také zahrnují profily některých gigantů v příslušných oborech vědy (Einstein, Feynman, Darwin, Freud, Lovelock, Hawking, Nash), úvodní slovníček hlavních pojmů, přehled příbuzných teorií a dalších osobností. Zvláštností jsou "Třívteřinové souhrny" a "Třiminutové myšlenky" o jednotlivých teoriích. Stručný srozumitelný text napsaný jednoduchým jazykem je dílem desítky nejtalentovanějších britských propagátorů vědy pod redakčním vedením Paula Parsonse, bývalého redaktora časopisu BBC Focus.

Kniha plní dvě úlohy. Její strukturovaný přístup z ní činí jedinečný zdroj informací, něco jako miniencyklopedii teoretické vědy. Na druhé straně, lze po jejím přečtení získat výborný aktuální přehled o tom, co vědci soudí o funkci přirozeného světa.

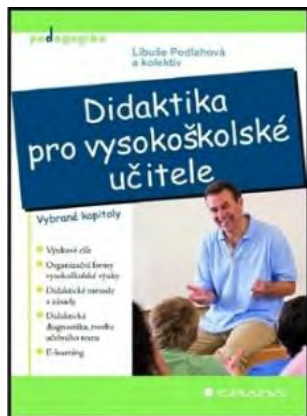
Libuše Podlahová

Didaktika pro vysokoškolské učitele. Vybrané kapitoly

(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)

Průvodce na cestě jak se stát dobrým vysokoškolským učitelem. Umění učit se dá naučit.

"Uměním všech umění je vzdělávat člověka, tvora ze všech nejvšestrannějšího a nejzáhadnějšího" (cit. Řehoř z Nazianzu – Theologos).



Většinou nemáme žádný důvod pochybovat o tom, že vysokoškolská pedagogická pracovníci (profesoři, docenti, odborní asistenti, asistenti, lektori a instruktoři) jsou na slovo vzati odborníci a vynikající znalci ve svém oboru, schopní posunovat hranice všeobecných vědomostí (pravidel, principů, zákonů, teorií, metod, technik, postupů, myšlenek) i konkrétních poznatků (termínů, pojmů) dále a výše. Proto, koneckonců, působí na vysoké škole. Vysoká odborná a vědecká erudice a mezinárodní věhlas, vynikající výsledky teoretického bádání či experimentálního výzkumu, brilantní publikace v impaktovaných a recenzovaných časopisech, úspěchy na vědeckých symposiích, vítězství v grantových soutěžích, patentované vynálezy – to vše jsou předpoklady pro výkon profese vysokoškolského učitele, ale také i zdrojem jeho renomé, společenského postavení a autority ve studentské i odborné obci.

Všechny tyto neodlučitelné vlastnosti však nemusí automaticky zaručovat úspěšné pedagogické působení – tedy také v oblasti zprostředkování poznatků, vzdělávání, výchovy a inspirování studentů či širší veřejnosti. Již od časů našich vlastních školních let víme, že ne každý, kdo něco zná, umí to také sdělit, nebo dokonce naučit. Čili vysoká odbornost sama o sobě nepřináší pedagogickou kompetenci, umění učit, umění přednášet. Rovněž se často říká, že učitelem a vychovatelem se člověk již rodí. Bohužel, pokud vůbec vrozené dispozice k učitelství existují, nemají je všichni lidé, tím méně se to dá očekávat od odborníků orientovaných do svých vlastních sfér teoretického bádání a myšlení. Avšak: určité učitelské techniky, postupy, metody a operace se dají naučit. Slouží k tomu studium a zvládnutí základů jedné z vědních disciplín v systému pedagogických věd – didaktiky.

Didaktiku (někdy také technologii vzdělávání) jako vědní obor lze v dnešní době považovat v širších souvislostech za teorii vzdělávání, v užším pojetí za teorii vyučování. Zkoumá podstatu vzdělávání a vyučování, jejich cíle a obsah, organizační formy, vyučovací zásady, metody a prostředky. Souhrn nejn nutnějších informací o tom, jak může pedagogická činnost na vysoké škole přinést prostřednictvím didaktických pravidel efektivní výsledek jednotlivých forem vysokoškolské výuky (přednášek, seminářů, cvičení, samostatného studia), přináší nová učebnice "Didaktika pro vysokoškolské učitele. Vybrané kapitoly" (Grada Publishing, Praha 2012, 1. vyd., 160 s, ISBN 978-80-247-4217-5) z "počítačů" autorského kolektivu vědeckopedagogických pracovníků Ústavu pedagogiky a sociálních studií Pedagogické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci pod vedením doc. PhDr. Libuše Podlahové, Dr. Celý text je zamýšlen jako aplikace obecné a školní didaktiky na podmínky výukového procesu v prostředí vysoké školy, na interakci učitel-student. Je napsán tak, že je možno číst všechno, nebo jen některou z desítky vybraných partií: Didaktika v práci vysokoškolského učitele, Obsah a cíle vzdělání, Výukové cíle a jejich struktura, Organizační formy vysokoškolské výuky, Didaktické metody, Didaktické zásady, Didaktická diagnostika, Tvorba studijního a výukového textu, E-learning a jeho uplatnění na vysoké škole. V příloze jsou uvedena aktivní slovesa pro formulaci výukových cílů a učebních úloh a slovníček základních pedagogických a didaktických pojmů, termínů a kategorií.

Publikace je určena především novým řádným i externím vysokoškolským učitelům z řad vědeckých, technických a řídicích pracovníků, kteří začínají nebo se připravují svůj obor vyučovat na vysoké škole a nemají předcházející pedagogické vzdělání. Všechny ostatní, kteří již dosáhli určitého stupně pedagogické kompetence, inspiruje k hlubšímu promýšlení dosavadních pedagogických zkušeností.

William J. Cook

Matematika na hranicích množností

(Recenze Ing. RNDr. Bohumil Tesařík)

Matematikou k milionům. Problém obchodního cestujícího. "Matematický problém by měl být natolik obtížný, aby nás vzrušoval, ne zas však natolik nepřístupný, že by se vysmíval veškeré naší námaze." (cit. David Gilbert).



Ačkoliv matematici patří ke stejnému živočišnému druhu jako my všichni, zabývají se však čím dál více problémy, které naprosté většině lidí již dávno nejsou zřetelné a to ani pokud se týká vlastního zadání. V roce 1900 se konal v Paříži 2. mezinárodní matematický kongres, akce kolosálního významu, která předurčila směry vývoje matematiky a příbuzných

věd v celém 20. století. Vystoupil zde také tehdy osmatřicetiletý německý profesor David Hilbert z univerzity v Göttingen s přednáškou "Matematické problémy". Toto jeho vystoupení vešlo do historie matematiky, neboť obsahovalo seznam podle jeho názoru nejdůležitějších 23 matematických problémů, jejichž řešení nebylo v té době známo a o nichž se domníval, že se jimi budou matematici ve 20. století zabývat. Jak si minulé století s Hilbertovými problémy poradilo? Velká část z nich byla již dnes vyřešena nebo vyvrácena, přičemž jejich řešení významně ovlivnilo nejen matematiku, ale i další obory. Každá doba má svoje vlastní problémy, které následující věky buď řeší, anebo je jako neužitečné odloží stranou a nahradí je vlastními problémy.

O sto let později v roce 2000 oznámili v přednáškové síni univerzity College de France v Paříži dva přední světoví matematici, sir Michael Atiyah z Velké Británie a John Tate z USA, že bude vyplacen jeden milion amerických dolarů těm, kteří jako první vyřeší kterýkoli ze sedmi nejtěžších otevřených matematických problémů. Tyto problémy, jak oznámili, budou od nynějška nazývány "problémy tisíciletí" (Millenium Prize Problems) a jsou jakousi aktuální podobou Hilbertových problémů. Celkovou částku sedmi milionů na jejich vyřešení poskytnul americký majitel investičních fondů a milovník matematiky Landon Clay, který v roce 1999 založil v massachusettské Cambridge Clayův matematický ústav (CMI) – neziskovou organizaci zaměřenou na propagaci a podporu matematického výzkumu. CMI zorganizoval pařížské setkání a vzal si na starost organizaci soutěže o ceny tisíciletí. Zmíněných sedm problémů vybírala po řadu měsíců skupina mezinárodně uznávaných matematiků pod vedením profesora matematiky na Harvardově

univerzitě doktora Arthura Jaffeho. Komise se shodla na tom, že vybrané problémy jsou středem pozornosti hlavních matematických disciplín a zatím úspěšně odolávají jakýmkoli pokusům o zdoání nejlepšími světovými vědci. Jediným z těchto problémů, který se týká počítačů, je problém P versus NP, který se stal tématem nové publikace "Po stopách obchodního cestujícího", jejíž překlad z anglického originálu vydalo s podtitulem "Matematika na hranicích množností" nakladatelství Dokořán (Praha 2012, 1. vyd., 256 s., ISBN 978-80-7363-412-4). Je to první populárně naučné dílo profesora matematiky na Georgia Institute of Technology v Atlantě Williama J. Cooka (nar. 1957), který na poli výzkumu problému obchodního cestujícího patří ke světové špičce.

Představte si, že máte seznam řady měst, které potřebujete postupně navštívit, každé jen jednou, a na konci své cesty se chcete co nejdříve dostat zpátky domů. Jak najít nejkratší cestu? Tak zní zadání matematického problému obchodního cestujícího. Je to velmi jednoduché a řešení jistě také – prostě všechny cesty vyzkoušíme a vybereme tu nejkratší. Jenže je tu háček: již při 85 městech je těchto cest více, než kolik je ve viditelném vesmíru atomů. To asi nezvládneme. Přitom hledání nejkratší spojnice mezi mnoha body se využívá v celé řadě oborů, od výroby mikročipů po plánování pohybu Hubbleova teleskopu, a používáním pokročilých metod hledání se ročně ušetří desítky miliard dolarů. Pro matematiky je však asi mnohem důležitější fakt, že vyřešením tohoto problému by zároveň překonali jeden z matematických "problémů tisíciletí", a to P versus NP následujícího zadání: "Otázka zní, zda je třída složitosti NP rovna třídě složitosti P. Jinými slovy, zda problémy, pro něž lze jejich řešení ověřit v polynomiálním čase, lze též v polynomiálním čase vyřešit. Všeobecně se soudí, že nikoliv, tedy že existují "těžké" problémy, jejichž řešení nelze nalézt v polynomiálním čase. Neočekáváme, že čtenáři hned pochopí, o co jde. Ale již samotné znění této úlohy je velmi zajímavé; ukazuje totiž, čím se vlastně moderní matematika dnes také zabývá a jak nabízí novou cestu (byť dlouhou) ke zbohatnutí.

Řešené téma knihy, nepatřící určitě k oddechové literatuře. Popis současného stavu řešení, kterým se zabývají již po desítky let stovky nejlepších mozků planety, a historie hledání optimální cesty jsou podány na vysoké odborné úrovni, avšak zároveň s nadhledem a půvabem. Vtipné líčení místy až bizarních metod řešení, aplikací i osudu řešitelů potěší i matematické laiky, kterým ve škole matematika připadala jako šíření poplašných zpráv.

společenská kronika

Připomínáme si páté výročí úmrtí prof. Ing. Milana Židka, DrSc.



Prof. Ing. Milan Židek, DrSc. zemřel před pěti lety, dne 3.1.2008 (Hutnické listy, 2008, roč. LXI, č. 2, s. 91). Vymezené řádky zde umožňují pouze připomenout některé hlavní rysy, kterými se profesor Židek vyznačoval či spíše odlišoval od průměru v technické obci. Na jeho provozní praxi ve vítkovické válcovně za studena navázalo bezmála třicetileté působení v

metalurgickém výzkumu, kde vedl oddělení zabývající se výzkumem v oboru tváření. Bohaté provozní zkušenosti a obrovské znalosti získané z výzkumné a vědecké činnosti jej přímo předurčily pro předávání jeho praktických zkušeností i teoretických znalostí mladší technické generaci. Z toho pohledu vedl svůj tým ve výzkumu i vysokoškolské studenty. Výukou na vysoké škole se zabýval již v době své průmyslové praxe, od r. 1957, a to na obou hutních fakultách: v Ostravě i v Košicích. V r. 1981 přešel po svém jmenování profesorem plně na katedru tváření kovů na VŠB-TU Ostrava, kde zavedl předmět a obor Metalurgická tvařitelnost. V roce 1994 mu byla za význačný přínos v oboru udělena pamětní medaile

Georgia Agricoli. Do důchodu odešel v roce 1992, ale stále s katedrou úzce spolupracoval, zejména jako člen zkušebních komisí a významný oponent vědeckých prací.

Ve výzkumu a vědecké práci se věnoval převážně metalurgickým a technologickým problémům válcování za tepla a za studena, později pak teorii válcování, fyzikální podstatě plastické deformace a studiu tvařitelnosti. Nemálo úsilí zasvětil uzdravovacím dějům v materiálu při tváření za tepla, včetně kinetiky zpevňování a změkčování ve vztahu k plasticitě, deformačnímu odporu, jakož i dalším termomechanickým podmínkám tváření. Předmětem jeho zájmu byly korozivzdorné oceli, mikrolegované oceli, plátované plechy a řízené způsoby tváření plochých vývalků. Je nutno ocenit to, že všechny jeho práce měly konkrétní uživatelské vyústění v praxi, vycházející z řešení 55 státních, oborových i podnikových výzkumných úkolů. Svědčí o tom dlouhá řada zhruba 200 jeho publikací v tiskových periodikách, několik patentů a vynálezů, ale také příspěvky na domácí i zahraniční konference, které jsou cenným zdrojem informací nejen pro vědeckou a akademickou sféru, ale i pro provozní praxi. Jeho osobnost se řadí do té skupiny odborníků, která v jeho době určovala trendy rozvoje metalurgických věd nejen u nás, ale i v zahraničí.

prof. Ing. Jiří Kliber, CSc.

katedra tváření kovů FMMI, VŠB – TU Ostrava

Ing. Josef Bořuta, CSc.,

Ing. Jan Počta, CSc., red.

O neobvykle tvůrčí plodnosti prof. Ing. Milana Židka, DrSc. a jeho profesionalitě v oboru vypovídá následující výběr jeho publikační a řešitelské činnosti. Ve snaze zhuštění informací redakce neuvádí publikace

v normované podobě a ani u nich neuvádí autory, kteří spolu s prof. Židkem na člancích spolupracovali. Níže uvedený přehled uvádí jak jeho samostatné, tak i kolektivní práce.

Články v domácích odborných časopisech

- [1] Možnosti zlepšení jakosti železničních obručí jejich výrobců z válcovaných kruhových sochoru. *Hutnické listy*, 1956, č. 12
- [2] Možnosti zvýšení životnosti ocelových válců ručním navařováním. *Hutnické listy*, 1957, č. 2
- [3] Chemická a strukturní nestejnorodost tlustých plechů z neuklidněných ocelí. *Hutník*, 1937, č. 9
- [4] Vývoj válcování transformátorových pásů s orientovanou strukturou do šířky 500 mm za studena. *Hutnické listy*, 1957, č. 9
- [5] Vývoj, kalibrace a válcování profilu patek pro pásová vozidla. *Hutník*, 1957, č. 11

- [6] Vliv kalení z dovalcovacích teplot na vlastnosti tlustých plechů o pevnosti 50 až 60 kp/mm². *Hutník*, 1958, č. 5
- [7] Válcování tlustých ocelových plechů jednostranně plátovaných nerezavějícími ocelmi za tepla. *Hutnické listy*, 1958, č. 8
- [8] Vývoj výroby PN-materiálu (pásové oceli plátované niklem a hliníkem). In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, 1958
- [9] Vliv dovalcovacích teplot na vlastnosti tlustých plechů po odvalcování a vyžihání. *Hutník*, 1959, č. 1
- [10] Pokroky ve vývoji technologie válcování tlustých plechů v SSSR za posledních deset let. *Hutnické listy*, 1959, č. 3
- [11] Výroba a vlastnosti ocelových tlustých plechů a pásů plátovaných mědi. *Hutník*, 1959, č. 2
- [12] Vliv mědi na rekrystalizační teploty nízkouhlíkových ocelí. *Hutnické listy*, 1959, č. 11

- [13] Vývoj a stav válcoven tlustých plechů a způsob výroby. *Hutnické listy*, 1961, č. 1
- [14] Příspěvek k otázce spojení nízkouhlíkových a nerezavějících ocelí při výrobě plátovaných plechů. *Hutnické listy*, 1961, č. 1
- [15] Vady kruhových sochorů pro válcování bezešvých trub a příčiny jejich vzniku. *Hutník*, 1961, č. 2
- [16] Válcování ocelí pro dynamové plechy v pásech za tepla a za studena. *Hutnické listy*, 1962, č. 2
- [17] Podmínky rekrystalizačního žhání při výrobě dynamových pásů válcovaných za studena. *Hutník*, 1962, č. 3
- [18] Vliv dolisovacích teplot na vlastnosti kotlových den z nízkouhlíkových ocelí. *Hutnické listy*, 1963, č. 1
- [19] Současný stav a vývoj výroby tlustých plátovaných plochu a jejich vlastností. I. část: [1] [20] Způsob výroby tlustých plátovaných plechů. *Hutnické listy*, 1963, č. 7
- [21] Současný stav a vývoj výroby tlustých plátovaných plechů a jejich vlastností. II. část: [1] [22] Zpracování plátovaných plechů a jejich vlastností. *Hutnické listy*, 1963, č. 3
- [23] Vliv fáze α na podmínky válcování nerezavějících austenitických ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1965, č. 9
- [24] Vliv průměru válců na mechanické vlastnosti za studena válcovaných ocelových pásů. *Hutník*, 1965, č. 12
- [25] Možnost použití upravených pýchovacích zkoušek ke studiu tvařitelnosti za tepla. *Hutnické listy*, 1965
- [26] Možnost použití upravených pýchovacích zkoušek ke studiu tvařitelnosti za tepla. *Hutnické listy*, 1965, č. 7
- [27] Vliv mědi na tvařitelnost austenitických nerezavějících ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1966, č. 3
- [28] Tvařitelnost uhlíkových ocelí za tepla. *Hutník*, 1966, č. 8
- [29] Vliv hlavních legujících prvků na vlastnosti a tvařitelnost středně-legovaných ocelí za tepla. In. *Sborník vědeckých prací VŠB, Ostrava*, 1966, č. 2
- [30] Vliv tloušťky na strukturu a mechanické vlastnosti plechů velkých tlouštěk. *Hutnické listy*, 1966, č. 3
- [31] Tvařitelnost a korozivzdornost ocelí typu 1Cr18Ni12Mo2Ti. *Hutnické listy*, 1966, č. 4
- [32] Vliv chemického složení a strukturního stavu ocelí na šíření při válcování ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1967, č. 2
- [33] Válcování nerezavějících ocelí na předválcových tratích. *Hutník*, 1968, č. 2
- Silové poměry při válcování ingotů z nerezavějících ocelí na blokovně 1150. *Hutnické listy*, 1968, č. 5
- [34] Vztah mezi růstem zrna a tvařitelností oceli v oblasti horních teplot tváření. *Hutnické listy*, 1968, č. 6
- [35] Vliv teploty, chemického složení a strukturního stavu na přetvářnou pevnost ocelí za tepla, část I: Vysokolegované jednofázové a dvoufázové oceli. *Hutnické listy*, 1969, č. 2
- [36] Vliv teploty, chemického složení a strukturního stavu na přetvářnou pevnost ocelí za tepla, část II: Uhlíkové a středně legované oceli. *Hutnické listy*, 1969, č. 9
- [37] Vliv teploty, chemického složení a strukturního stavu na přetvářnou pevnost ocelí za tepla. In. *Sborník vědeckých prací VŠB, Ostrava*, 1969, č. 3
- [38] Vysokolegované homogenní a dvoufázové oceli. *Hutnické listy*, 1969
- [39] Nové směry ve vývoji plátovaných plechů. *Hutnické listy*, 1969, č. 5
- [40] Stabilizace nerezavějících ocelí CrNiCrMoTi. *Hutnické listy*, 1970, č. 1
- [41] Tvařitelnost nerezavějících austenitických a dvoufázových ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1970, č. 5
- [42] Šíření uhlíkových ocelí při válcování za tepla. *Hutnické listy*, 1970, č. 6
- [43] Podmínky stanovení přirozeného deformačního odporu při tváření za tepla. *Hutnické listy*, 1970, č. 7
- [44] Vliv uhlíku na mechanické vlastnosti nerezavějících austenitických ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1971, č. 12
- [45] Podmínky tváření austenitických CrMn ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1972, č. 5
- [46] Vliv podmínek válcování na předválcových tratích na povrchovou jakost; předválců pro kruhové sochory. *Hutnické listy*, 1972, č. 6
- [47] Určení středních přirozených deformačních odporů základních druhů ocelí pro válcování za tepla. *Hutnické listy*, 1972, č. 8
- [48] Vliv tvaru feritu na tvařitelnost korozivzdorných austenitických ocelí v litém stavu za tepla. *Hutnické listy*, 1973, č. 10
- [49] Podmínky vzniku feritu v austenitických ocelích a způsoby jeho stanovení. *Hutnické listy*, 1973, č. 11
- [50] Vliv molybdenu na podmínky tváření středně a vysokolegovaných ocelí. *Hutnické listy*, 1974, č. 11

listy, 1960, č. 11

- [51] Určení středních hodnot přirozených deformačních odporů základních druhů ocelí pro válcování za tepla. *Hutnické listy*, 1972, č. 6
- [52] Optimalizace válcování předválců pro výrobu kruhových sochorů. *Hutník*, 1975, č. 8
- Vliv výchozího tvaru bramy na výtěžek při válcování tlustých plechů. *Hutnické listy*, 1975, č. 5
- [53] Vliv výchozího tvaru bramy na výtěžek při válcování tlustých plechů. *Hutnické listy*, 1975, č. 5
- [54] Vliv kyslíku na tvařitelnost nestabilizovaných nerezavějících ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1976, č. 11
- [55] Stabilizace nerezavějících austenitických ocelí CrNiTi a CrNiMoTi. *Hutnické listy*, 1970, č. 1
- [56] Vliv kyslíku na tvařitelnost nestabilizovaných nerezavějících ocelí za tepla. *Hutnické listy*, 1976, č. 11
- [57] Vývoj a výroba tlustých plechů z nerezavějících ocelí s přísadou dusíku. *Hutnické listy*, 1978, č. 2
- [58] Tvařitelnost austenitických homogenních a dvoufázových ocelí v podmínkách přerušované deformace za tepla. *Hutnické listy*, 1978, č. 2
- [59] Vývoj a výroba tlustých plechů z nerezavějících ocelí s přísadou dusíku. *Hutnické listy*, 1978, č. 2
- [60] Vliv molybdenu, stupně stabilizace a tepelného zpracování na náchylnost austenitických chromniklových ocelí k mezikrystalové korozi. *Kovové materiály*, 1978, č. 6

Články v zahraničních odborných časopisech

- [1] Einfluss der Endwalzbedingungen von warmgewalzten elektrotechnischen Silicium
- [2] Stählen auf die Kaltformbarkeit. *Neus Hutte*, 1964, č. 9
- [3] Optymalne temperatury przeróbki plastycznej stali nierdzennych, *Hutník*, 1966, č. 2
- [4] How the Temperature, composition and microstructure of hot steel affect its deformation [5] strength. *Technical digest*, 1968, č. 3
- [6] Warmverformbarkeit und Korrosionswiderstand von Stählen der Type 1Cr18Ni12Mo2Ti. *Werkstoff und Korrosion*, 1970, č. 3
- [7] Malouglěrodistyje nřžavějuščije stali s azotom povyšennoj pročnosti. *Mětallověděníje i těrničeskaja obrabotka metallov*, 1976, č. 11
- [8] Einfluß metallurgischer Faktoren auf den Umformwiderstand mikrolegierter Stähle beim gesteuerten Walzen. *Neue Hütte*. 1990, vol. 35, Heft 4
- [9] Warmumformbarkeit hochlegierter korrosionsbeständiger Stähle. *Neue Hütte*. 1992, vol. 37, Heft 5

Příspěvky do sborníků z domácích konferencí, konferencí s mezinárodní účastí a do sborníků vědeckých prací

- [1] Výroba a vlastnosti plátovaných ocelových plechů. In. *Možnosti náhrady austenitických antikoročních ocelí při výstavbě A 1*. Bratislava, 1961
- [2] Stav výroby plechů plátovaných nerezavějícími ocelemi. In. *Využití plátovaných materiálů*. Bratislava, 1962
- [3] Válcování elektrotechnických křemíkových ocelí v pásech za tepla a za studena. In. *Ostravské hutnické kolokvium*. Ostrava, září 1962
- [4] Výroba a vlastnosti plátovaných ocelových plechů. In. *Ostravské hutnické kolokvium*. Ostrava - září 1962
- [5] Válcování nerezavějících ocelí za tepla. In. *Výrob a použití antikoročních ocelí*. Frýdek - Místek, 1962
- [6] Tlusté ocelové plechy plátované nerezavějícími ocelemi. In. *I. mezinárodní kongres chemického inženýrství, strojnictví a automatizace CHISA*. Brno, 1962
- [7] Příčiny vad vznikajících při válcování austenitických nerezavějících ocelí za tepla. In. *Válcování austenitických ocelí za tepla*. Ostrava, 1963
- [8] Fyzikální základy plastické deformace. In. *Vědecká konference VŠB*. Ostrava, 1963.
- [9] Experimentální metody zkoušení technologické tvařitelnosti za tepla. In. *Vědecká konference VŠB*. Ostrava, 1964.
- [10] Problémy válcování nerezavějících austenitických ocelí za tepla. In. *Problémy tváření vysokolegovaných ocelí za tepla*. Bílá nad Ostravicí, 1965
- [11] Fyzikální základy plastické deformace. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, 1965, č. 4

- [12] Experimentální metody zkoušení technologické tvařitelnosti za tepla. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, 1965, č. 4
- [13] Plátované materiály. In. *Kovové materiály pro konstrukci chemických a potravinářských zařízení*, Brno, 1966.
- [14] Tvařitelnost austenitických nerezavějících ocelí. In. *Problémy zkoušení tvařitelnosti kovových materiálů*, Plzeň, 1966.
- [15] Vliv chemického složení oceli-typu 1Cr18Ni12Mo2Ti na jejich tvařitelnost za tepla a korozivzdornost. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1967, č. 1
- [16] Tlusté ocelové plechy plátované nerezavějícími ocelmi. In. *Oceli pro energetický a chemický průmysl*, Tatranská Lomnice, 1967
- [17] Vliv chemického složení a strukturního stavu na přetvárnou pevnost ocelí za tepla. In. *Vědecká konference VŠB*, Ostrava, 1967
- [18] Vliv chemického složení oceli typu 1Cr18Ni12Mo2Ti na jejich tvařitelnost za tepla a korozivzdornost. In. *Vědecká konference VŠB*, Ostrava, 1967
- [19] Vliv hlavních legujících prvků na vlastnosti a tvařitelnost střednělegovaných ocelí za. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1968, č. 2
- [20] Vliv chemického složení a strukturního stavu na přetvárné odpory uhlíkových a legovaných ocelí při válcování za tepla. In. *Technologické problémy při zavádění automatizace ve válcovnách*, Tatranská Lomnice, 6/1969
- [21] Tvařitelnost výšeuhlíkových ocelí za tepla. In. *Výroba a vlastnosti pásových ušlechtilých ocelí s vyššími obsahy uhlíku*. Velké Karlovice, 5/1970
- [22] Vliv průměrů válců na mechanické vlastnosti za studena válcovaných ocelových pásů. In. *Velké Karlovice*, 1970
- [23] Korozivzdorné austenitické oceli pro výrobu tlustých plechů. In. *Korozivzdorné oceli pro chemické strojírenství*, Brno, 6/1971
- [24] Vliv chemického složení oceli na tvařitelnost za tepla. In. *Kalibrace profilů a podmínky tváření ocelí*, Ostrava, 9/1971.
- [25] Válcování trubek z nerezavějících ocelí. In. *Sborník z konference*, Chomutov, 4/1973.
- [26] Problematika výskytu σ - fáze u CrNiMo ocelí. In. *Výroba plechů a pásů z nerezavějících ocelí*, Frýdek-Místek, 5/1973
- [27] Vliv strukturního stavu na podmínky válcování vysoce legovaných ocelí za tepla. In. *Válcování ušlechtilých ocelí*, Kladno, 6/1973
- [28] Vývoj austenitických korozivzdorných ocelí se zvýšenými pevnostními vlastnostmi. In. *Tváření korozivzdorných a žárovevých ocelí*. Visalaje, 9/1973
- [29] Vliv kyslíku na plastické vlastnosti korozivzdorných austenitických ocelí za tepla. In. *Materiálové vady ocelových výrobků*. Mariánské Lázně, 10/1973
- [30] Přetvárné odpory při válcování uhlíkových a legovaných ocelí za tepla. In. *Směry vývoje hutních válců*. Ostrava, 11/1973
- [31] Nerovnoměrné deformace při válcování tlustých plechů. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, 1974, č. 3
- [32] Nerovnoměrná deformace při válcování tlustých plechů z bram na kvarto stolici. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1974, č. 3
- [33] Problematika tvařitelnosti vysokolegovaných ocelí pro VVER 440. In. *Konstrukčně materiálové problémy jaderné elektrárny*. Ostrava, 7/1974
- [34] Vliv kyslíku na tvařitelnost nestabilizovaných korozivzdorných ocelí. In. *Tvařitelnost ocelí za tepla*. Štrbské Fleso, 9/1974
- [35] Vliv Mo na podmínky válcování a tepelného zpracování plechů z nerezavějících ocelí. In. *Válcování plechů z nerezavějících ocelí, jejich tepelné zpracování a povrchová úprava*. Visalaje, 11/1974
- [36] Austenitické korozivzdorné oceli legované dusíkem se zvýšenými pevnostními vlastnostmi. In. *Práce VÚ VÍTKOVICE 1971-1975*
- [37] Optimalizace válcování předválek pro výrobu kruhových sochorů. In. *Práce VÚ VÍTKOVICE 1971-1975*
- [38] Přetvárné odpory ocelí za tepla. In. *Nové směry tvařitelnosti ocelí ve válcovnách*, Ostrava, 9/1975
- [39] Současný stav a perspektivy rozvoje válcoven v SSSR. In. *Úspěchy sovětského hutnictví*, Dobrá, 5/1975
- [40] Tlusté plechy z výšepevnostních nízkouhlíkových nerezavějících ocelí s dusíkem. In. *Materiály pro chemické strojírenství*, Kladno, 11/1975
- [41] Studium problematiky jakosti kruhových sochorů pro válcování bezešvých trubek. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, 1976, č. 2
- [42] Studium problematiky jakosti kruhových sochorů pro válcování bezešvých trubek. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1976, č. 2
- [42] Vliv metalurgických činitelů na šíření uhlíkových a legovaných ocelí při válcování za tepla. In. *Směry vývoje hutních válců*, Ostrava, 3/1977
- [43] Perspektivy výroby austenitických korozivzdorných ocelí s vyššími pevnostními charakteristikami. In. *Korozivzdorné austenitické oceli pro chem. zařízení vyrábějící močovinu*, Ústí nad Labem, 5/1977
- [44] Vliv přerušované deformace na tvařitelnost legovaných ocelí za tepla. In. *Automatizace a moderní technologie ve válcovnách*, Třinec, 10/1977
- [45] Metodika zkoušení a hodnocení tvařitelnosti vysokolegovaných ocelí za tepla. In. *Problematika hodnocení jakosti vysokolegovaných ocelí*, Kladno, 11/1977
- [46] Tvařitelnost korozivzdorných austenitických a dvoufázových ocelí v podmínkách spojitě a přerušované deformace za tepla. In. *Tvařitelnost ocelí za tepla*, Vsetín, 9/1976
- [47] Požadavky na nerezavějící oceli pro výrobu močoviny. In. *Koroze v chemickém strojírenství a nové metody jejího hodnocení*, Ostrava, 11/1977
- [48] Výroba korozivzdorných ocelí se zvýšenou čistotou, zlepšenými, funkcemi a technologickými vlastnostmi. In. *Výroba ocelí o vysoké čistotě*, Plzeň, 11/1978
- [49] Podmínky simulace procesu válcování pomocí krutové zkoušky za tepla. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1979, č. 1-2
- [50] Vliv doprovodných prvků a technologických přísad na tvařitelnost ocelí za tepla. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1979, č. 1-2
- [51] Vliv kyslíku na tvařitelnost nestabilizovaných nerezavějících ocelí za tepla. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1979, č. 1-2
- [52] Vliv základních a legujících prvků na tvařitelnost ocelí za tepla. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1979, č. 1-2
- [53] Požadavky na výrobu oceli pro močovinu In. *Oceli pro výrobu močoviny*, Hradec Králové, 10/1979
- [54] Simulace válcovacího procesu pomocí krutových zkoušek za tepla. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, nedat.
- [55] Vliv chemického složení na tvařitelnost ocelí za tepla. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, nedat.
- [56] Vliv speciálních prvků na tvařitelnost ocelí za tepla. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, nedat.
- [57] Vliv desoxidace na tvařitelnost nestabilizovaných AK ocelí. In. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, nedat.
- [58] Optimalizace podmínek válcování korozivzdorných CrNiTi ocelí za tepla. In: *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1987, č. 1
- [59] Vliv výrobních podmínek na jakost oceli pro výrobu močoviny a kyseliny dusičné. *Sborník vědeckých prací VŠB*, Ostrava, 1987, č. 1
- [60] Hot workability investigation of austenitic Cr21Ni33TiAl and Cr25Ni22Mo2N. In: *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO*, Ostrava, 1992, č. 1
- [61] Vlastnosti plochých vývalků plátovaných korozivzdornými ocelmi. In: *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO*, Ostrava, 1994, č. 1

Příspěvky do sborníků zahraničních konferencí

- [1] Vlastnosti plátovaných plechů a možnosti jejich použití. In. *Konference RVHP*, Lipsko, 1968.
- [2] Der Einfluss der chemischen Zusammensetzung und des Gefüges auf den Formänderungswiderstand beim Warmwalzen von Kohlenstoff und legierten Stählen. In. *Berg-und Hüttemännische Tage der Bergakademie in Freiberg*, 1968
- [3] Der Einfluss der Ferrits auf die Verformbarkeit rostfreier austenitischer. Stahla im warmen Zustand. In. *Konference Bukurest*, 1969
- [4] Influenta feritei asupra deformabilitatii otelurilor austenitice inoxidabile in stare calela. In. *Extras din Cecetari Metalurgice*, Bukurest, 1970
- [5] Einfluss der Produktionsbedingungen auf die Gute von Rundknuppeln. In. *Blooms for Seamless Tubes*, Sisak, 5/1979

Knihy, monografie, příručky, učební texty

- [1] *Tváření kovů*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1965
- [2] Austenitické korozivzdorné oceli se sníženými obsahy. *Hutnické aktuality*, 1969, č. 13
- [3] Tvařitelnost austenitických korozivzdorných ocelí za tepla a za studena. *Hutnické aktuality*, VÚHŽ Dobrá, 1971, č. 3
- [4] Tvařitelnost nerezavějících ocelí se zaměřením na výrobu trubek. *Ocelové trubky*, NHKG Ostrava, 1973, č. 3
- [5] Perspektivy vývoje a výroby korozivzdorných ocelí a slitů v ČSSR a v zahraničí. *Hutnické aktuality*, VÚHŽ Dobrá, 1973, č. 6
- [6] *Teorie podélného válcování*. Skripta pro kurs tvařitelnosti, 1973

- [7] Výšepevnostní korozivzdorné austenitické oceli s velmi nízkými obsahy uhlíku typu Cr-Ni-N a Cr-Ni-Mo-N. *Hutnické aktuality*, VÚHŽ Dobruška, 1975, č. 3
- [7] *Oceli pro jadernou energetiku. I. Zahraniční zkušenosti. Poradenská příručka /17, TEVUH 1976*
- [8] *Tváření kovů I.* (učebnice pro 3. ročník SPŠ hutnických), 1. vyd., Praha: SNTL, 1978
- [9] *Tváření kovů I.* (učebnice pro 4. ročník SPŠ hutnických), Praha: SNTL, 1979
- [10] *Tváření kovů I.* 1. vyd., Praha: SNTL, 1979
- [11] *Tváření kovů.* (učebnice pro 3. ročník SPŠ hutnických) 1. vyd., Bratislava: Alfa, 1980
- [12] *Tváření kovů I.* (učebnice pro 3. ročník SPŠ hutnických), 2. vyd., Praha: SNTL, 1981
- [13] Rekrystalizace korozivzdorných austenitických ocelí po tváření za tepla. *Hutnické aktuality*, VÚHŽ Dobruška, 1981, č. 1

- [14] *Tváření kovů.* (učebnice pro 4. ročník SPŠ hutnických) Bratislava: Alfa, 1981
- [15] *Metalurgická tvárnost ocelí za tepla.* Ostrava: VŠB, 1982
- [16] *Válcování.* Ostrava: VŠB, 1983
- [17] Oceli pro stavbu zařízení na výrobu močoviny a kyseliny dusičné. *Hutnické aktuality*, VÚHŽ Dobruška, 1983, č. 3
- [18] *Tváření kovů.* (učebnice pro 3. ročník SPŠ hutnických) 2. vyd., Bratislava: Alfa, 1985
- [19] *Tváření ocelí.* Praha: SNTL, 1988
- [20] *Metalurgická tvárnost ocelí za tepla.* Ostrava: VŠB, 1984
- [21] *Válcování.* Ostrava: VŠB, 1986
- [22] *Tváření ocelí.* (vysokoškolská učebnice), Praha: SNTL, 1988
- [23] *Metalurgická tvárnost ocelí za tepla a za studena.* Praha: Aleko, 1995

Rozloučení s Ing. Jiřím Dokoupilem



Dne 18. prosince 2012 zemřel ve věku 66 let významný odborník, výborný kamarád a především dobrý člověk, který celý svůj profesní život věnoval rozvoji elektroocelárny Třineckých železáren a slévárny pak především. Jeho odborné znalosti, moudrost a ochota vždy pomáhat druhým budou

celé řadě z nás chybět.

Vážené kolegyně a kolegové, drazí přátelé! Rozhodně nepatřím do skupiny těch, kteří umí i tuto smutnou skutečnost formulovat tak, aby byla již na první pohled „dobře čitelná“. A ujišťuji Vás, že se mi tyto pasáže nepíší snadno a lehce. Je to dáno tím, že jsem Jiřího znal velmi dlouhá léta a také, že máme mnoho společného. Rozloučení, které proběhlo 21. prosince 2012 bylo velice těžké pro celou řadu z nás, kteří jsme Jiřího znali a měli tu čest s ním spolupracovat anebo se s ním jenom setkávat.

Ing. Jiří Dokoupil se narodil v Ostravě-Vítkovicích dne 23. září 1946. Profesně se zařadil do velmi úzké skupiny těch, kteří svoje řemeslo poznali od těch „nejspodnějších pater“. Po absolvování gymnázia se vyučil v oboru hutník-ocelář. Následně absolvoval střední průmyslovou školu hutnickou. V roce 1983 při zaměstnání v Třineckých železárnách úspěšně absolvoval hutnickou fakultu tehdejší Vysoké školy báňské v Ostravě. Třineckým železárnám pak zůstal věrný po celý svůj bohatý profesní život.

Dobře si uvědomuji, že se do dnešní doby jaksi nehodí výraz „začínat od píky“. Ale v případě Jiřího musím

trvat i na tomto dnes snad staromódním slově. Ostatně to, že budoucí šéf třinecké elektroocelárny začínal svoji profesní dráhu na šrotišti jako vsázkař, řekne zasvěceným, že to je přesně to místo (nebojím se říct, že nejdůležitější), kde začíná celý proces výroby elektroocelí. Je to místo, které největší měrou ovlivňuje jak kvalitativní, tak i kvantitativní, tj. nákladovou stránku výroby. To, že Jiří prošel celou řadou profesí a funkcí u jednoho zaměstnavatele, je také dneska „jaksi nemoderní“. Ovšem odborné zkušenosti pánvaře, ingotáře, pomocníka taviče nebo předáka elektroocelárny byly pak Jiřímu doslova k nezaplacení. Díky tomu, že prošel celou řadou profesí, pak dokázal být tím nejlepším odborníkem na svém místě. Tedy přísným i náročným a přitom lidským i korektním ke svému okolí.

Ing. Jiří Dokoupil dlouhá léta pracoval také v České slévárenské společnosti, především pak v odborné komisi Výroba oceli na odlitky. Byl jejím předsedou od roku 1999 do roku 2005, v pořadí druhým po Ing. Jaroslavu Šenbergrovi, CSc. Také tuto funkci zvládal s přehledem a jemu zcela vlastním lidským přístupem.

Určitě není třeba zdůrazňovat jeho velmi bohatou publikační činnost, celou řadu chráněných průmyslových vzorů a patentů. Jako jeden z prvních odborníků v ČR prosazoval zavádění prvků sekundární metalurgie do procesu výroby elektroocelí na odlitky a ingoty. Velmi úzce spolupracoval s prof. Ing. Zdeňkem Bůžkem, CSc. a děkanem FMFI na VŠB-TU Ostrava prof. Ing. Ludovítem Dobrovským, CSc, Dr.h.c.

18. prosince 2012 nám odešel přítel, kolega i kamarád, který ve vši skromnosti udělal velmi mnoho pro rozvoj našeho odboru a se kterým byla čest i radost spolupracovat. Jiří, velice, velice Ti děkujeme!

*Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.
předseda odborné komise 04
Výroba oceli na odlitky
při České slévárenské společnosti*

hutnictví ve světě

Šrouby z hliníku

http://www.umformtechnikmagazin.de/umformtechnik-fachartikel/aluminiumschraube-ersetzt-stahl_21556_de/

Šrouby z hliníku se osvědčily při spojování součástí z hořčíku. Ukázaly se i jejich další přednosti. Jsou vhodné pro spoje v korozním prostředí. Je možné je používat i při zvýšené teplotě. Vlastnosti hliníkových šroubů dlouhodobě vystavených teplotě 150 °C jsou stabilní. Pokud mají šrouby předpětí, pak po dlouhodobém působení této teploty u nich zůstává vyšší předpětí než u ocelových šroubů vystavených stejným podmínkám.

LJ

Mosty z hliníku

http://www.umformtechnikmagazin.de/umformtechnik-fachartikel/aluminiumschraube-ersetzt-stahl_9670_de/

Z hliníku byl v Německu postaven most nazývaný Schwansbellbrücke (obr. 1). Vede přes plavební kanál. Hliník je sice dražší než ocel, je však lehčí a protlačováním lze z něho vyrábět různé profily. Navíc nevyžaduje protikorozi ochranu. Tento most byl postaven již v r. 1956 a jeho povrch je stále stříbřitý. Most je vyroben ze slitiny AlMgSi1, což odpovídá EN AW-6082. Profily byly vyrobeny protlačováním. K montáži byly využity hliníkové nýty. Celková délka činí 44,20 m. Vlastní hmotnost mostu je 25 t a nosnost je 12 t. Ocelový most obdobných parametrů by měl hmotnost 60 t.



Obr. 1 Hliníkový most Schwansbellbrücke v Německu

V kanadském městě Arvida byl už v r. 1950 postaven obloukový most, jehož hlavní pole má délku 90 m se vzepětí oblouku 15 m. Celková délka mostu je 150 m. Spotřebovalo se na něj 170t

slitiny AlCuMg. V USA na Long Island byly mezi roky 1960 a 1963 postaveny čtyři hliníkové mosty. Byly u nich použity plnostěnné nosníky. Mají rozpětí okolo 24 m. Ke stavbě byla použita slitina AlMgSi1. Podobně byla hliníková lávka postavena na Novém Zélandě v městě Dunedin. Byla spojena pomocí šroubů. V r. 2010 ji však zloději rozebrali a odvezli do sběru.

I když hliníkové mosty jsou investičně nákladnější, při provozu jsou úspornější a není třeba se starat o protikorozi ochranu. Povrchová ochrana nátěrem se aplikuje pouze v místech, kde se pokládá betonová vozovka. Ukazuje se, že bude ekonomicky výhodné stavět hliníkové lávky pro pěší a pro cyklisty. Rovněž zvedací mosty nad plavebními kanály by bylo výhodné stavět z hliníku.

LJ

Nový šéf ArcelorMittal Tubular Products Ostrava

moravskoslezskenovinky.cz, iza 10.12.2012

Novým generálním ředitelem v ArcelorMittal Tubular Products Ostrava se stal s účinností od 1. 12.2012 Libor Černý.

Moravskoslezskenovinky.cz o tom informovala mluvčí ArcelorMittal Ostrava Barbora Černá-Dvořáková. Černý střídá v této funkci Otto Mischingera, který ke stejnému datu nastoupil do pozice výrobního ředitele energetického sektoru v divizi ArcelorMittal Tubular Products. Libor Černý dosud působil jako generální ředitel v ArcelorMittal Distribution Solutions Czech Republic (AMDS CR).

Libor Černý (43) nastoupil do ostravské Nové huti v roce 1992. Tam 10 let pracoval v oddělení Výzkumu a vývoje, od roku 2002 vedl oddělení Technického rozvoje a později oddělení Řízení projektů. V roce 2009 byl jmenován generálním ředitelem AMDS v Ostravě, v roce 2012 se stal generálním ředitelem AMDS v České republice a na Slovensku. Libor Černý vystudoval VŠB-TUO, fakultu metalurgie a materiálového inženýrství. Je držitelem titulu Inženýr v oboru Tepelná technika a titulu Ph.D. v oboru Tváření kovů.

ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s. je největším výrobcem trubek v České republice. Nosným výrobkem jsou bezešvé trubky v provedení trubek hladkých, závitových,

přírubových a olejářských. Společnost dále vyrábí svařované trubky se šroubovicovým svarem pro plynárenský průmysl. Roční kapacita výroby bezešvých a svařovaných trubek je 320 tis. t. ArcelorMittal Tubular Products Ostrava má 1047 zaměstnanců a je dceřinou společností ArcelorMittal Ostrava a.s.

ArcelorMittal Ostrava a.s. je největší hutní komplex v České republice a patří do největší světové ocelářské a těžbařské skupiny ArcelorMittal. Roční kapacita výroby společnosti je 3 mil. t oceli. Zhruba 50 % produkce se exportuje do více než 60 zemí světa. Zaměstnává 4120 lidí, dohromady s dceřinými společnostmi má více než 8 tisíc zaměstnanců.

SB

Rusko prolamuje tabu, pouští Čínu ke svému uhlí

patria.cz, Václav Trejbal, Patria Online (Zdroje: Kommersant, Platts, Moscow Times) 12.12.2012

Čínské energetické společnosti by mohly vůbec poprvé získat přístup k významným uhelným ložiskům v Rusku a řadu z nich dokonce většinově ovládat. Informaci přinesl ruský list Kommersant, jemuž se podařilo získat dokumenty ruského ministerstva energetiky o budoucím rozvoji uhelného odvětví. Podle nich by se Číňané mohli účastnit otevření tří nových ruských uhelných revírů. Jeden projekt patří ocelárnám Evraz, další společnosti Karakan Invest a v případě třetího jde o velká ložiska v Amurské oblasti na východní Sibiři, které zatím vlastní stát.

Evraz plánuje se státní organizací ChinaCoal těžbu v ložisku Mežegejsk v Tuvě 7 mil. t koksovatelného uhlí ročně. Společnosti by měly spolupracovat při získávání financí, stavbě a provozu dolů, organizaci dodávek čínského vybavení a uzavírání dlouhodobých kontraktů na export uhlí do Číny. V první fázi, jejíž dokončení se plánuje na rok 2014 a jejíž náklady se odhadují na 190 mil. USD, by produkce měla dosáhnout 1,3 mil. t ročně. O čtyři roky později a po vložení dalších 1,3 mld. USD se plánuje dosažení plné kapacity. Zásoby ložiska jsou odhadovány na 800 mil. uhlí. Za licence k němu Evraz zaplatil 60 mil. USD.

Detaily spolupráce ChinaCoal a Evrazu zatím nejsou dojednány. Podle analytiků Číňané velmi pravděpodobně získají 50 % v počátečním stádiu výměnou za kompletní pokrytí investičních nákladů. Po nabetí na plnou kapacitu by mohl Evraz prodat zbývající polovinu. Jelikož si ocelářský koncern, který vlastní hutě ve Vítkovicích, v posledních měsících zajistil kontrolu nad uhelnou společností Raspadskaja se

zásobami 2 mld. t uhlí, dodávky do vlastních závodů už shánět nepotřebuje. Navíc by byl transport suroviny z Tuvy (u mongolských hranic) do provozů ve vnitrozemí příliš drahý.

Ještě ambicióznější projekt chystá největší čínský uhelný koncern Shenhua s ruským státním podnikem Rostoprom a ruskými drahami v dálnévýchodní Amurské oblasti. Tamní Gerbikano-Ogodžinská pánev by mohla skrývat 1,6 mld. t uhlí. Ještě je však třeba na místě provést geologický průzkum. Jelikož v oblasti chybí jakákoli infrastruktura, bude nutné od nuly vybudovat malé město, postavit silnice, železnici, elektrárny a další zařízení potřebná pro kolonizaci.

Náklady projektu jsou odhadovány na 5 mld. USD. Do čtyř let by se produkce měla dostat na 20 mil. t energetického uhlí ročně. Shenhua letos vytěží 610 mil. t, takže pro ni expanze do Ruska nebude z hlediska nových kapacit příliš významným podnikem (tuzemské NWR vytěží ročně kolem 11 mil. t). Rosstoprom čínskému těžaři věří hlavně kvůli tomu, že má s podobnými projekty velkou zkušenost a dokáže dodržovat stanovené termíny. Číňanům mělo v uhelné pánvi původně připadnout 51 %, avšak vláda ji považuje za ložisko strategického významu, na němž by mělo působit konsorcium několika zahraničních společností. Na to je prý Shenhua ochotna přistoupit a čeká na konečné rozhodnutí ruských úřadů.

V rámci třetího významného rusko-čínského podniku by se mělo těžit na ložisku Karakanskoje v Kemerovské oblasti. Zásoby energetického uhlí jsou zde odhadovány až na 800 mil. t. V již otevřeném dole zatím těžba činí 3 mil. t uhlí ročně. Podílníky jsou ChinaCoal a společnost Karakan Invest.

Čínská elektroenergetika je z 90 % závislá na uhlí, takže poptávka po surovině v absolutních číslech roste nejvíc. Země sice zajišťuje značnou část spotřeby z vlastní produkce. V posledních letech však začala velké objemy dovážet, a to někdy proto, že náklady australských těžařů jsou nižší. Rusko by letos do Číny mělo vyvézt 18 mil. t uhlí, 15 % svého celkového exportu.

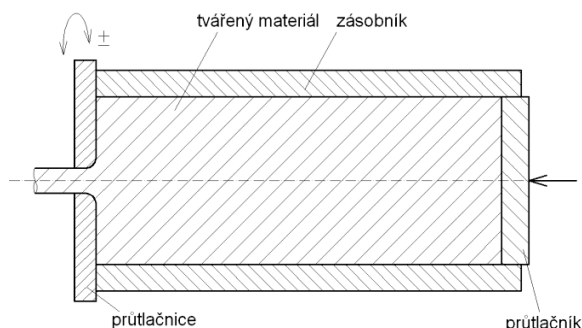
Rusko-čínské uhelné kontrakty jsou považovány za prolomení nepsaného pravidla, v jehož rámci se Moskva snažila nevypouštět čínské těžaře ke svému surovinovému bohatství. Kreml se snaží oživit vylidňující se oblasti východní Sibiře, avšak k většímu rozvoji regionu zoufale chybí infrastruktura – silnice, železnice, přístavy. Bez čínských investic, zkušeností a zajištěného odbytu je podle expertů realizace velkých projektů nemožná.

SB

Vylepšení vlastností hořčíkové slitiny tvářením

ZIOŁKIEWICZ, S. aj.: Wpływ obróbki KOBO na właściwości plastyczne stopu magnezu AZ31. *Obróbka Plastyczna Metali*, 2012, č. 2, s. 57-67

Zájem konstruktérů o hořčíkové slitiny roste. Jejich výroba se každoročně zvyšuje o 15 až 20 %. Velmi rozšířená je tvářená slitina AZ31. Vlastnosti hořčíkových slitin lze vylepšovat intenzivní plastickou deformací. Ke zkoušení byla použita metoda KoBo, kterou vyvinuli profesori Korbel a Bochniak. Její princip je vysvětlen na obr. 1. Tvářený materiál ve formě válečku se vloží do zásobníku v průtláčném lisu. Tlakem na průtláčník se slitina protlačuje přes průtláčnici, která v průběhu práce rotuje a to cyklicky, doprava a doleva.



Obr. 1 Princip intenzivního tvářením metodou KoBo

Z hořčíkové slitiny AZ31 byl odlit ingot o průměru 40 mm, který byl protlačen na zařízení KoBo na průměr 10 mm (prodloužení $\lambda = 16$). Rychlost průtláčníku byla $0,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, amplituda natáčení průtláčnice byla $\pm 8^\circ$, frekvence 5 Hz. Počáteční teplota tvářeného materiálu i nástrojů byla 20°C . Tvářením značně zjemnilo strukturu materiálu, na povrchu byla jemnější než v ose. V souvislosti s tím se zvýšily i pevnostní vlastnosti. Zkoumal se i vliv žíhání na pokles mechanických vlastností. Materiál protlačovaný postupem KoBo měl jemnější zrna a jeho rekrytalizační teplota byla posunuta k vyšším hodnotám oproti materiálu protlačovanému konvenčním postupem. Zajímavým zjištěním je, že tvařitelnost při zvýšených teplotách je u vzorků zpracovaných metodou KoBo vyšší.

LJ

Pevnější oceli snižují hmotnost automobilu

<http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2012/VW-Golf-Press-Release.html>

V automobilovém průmyslu se využívají moderní vysoce pevné oceli (Advanced High-strength Steel AHSS). Používají se v první řadě jako výlisky na karoserii a ve druhé řadě jako výkovky na podvozek, díly motoru apod. Umožňují snížit

spotřebu osobního automobilu o 9 %. Například nový Golf sedmé generace je díky použití těchto ocelí o 100 kg lehčí než jeho předchůdce, přičemž je tento automobil lépe vybavený a má vyšší bezpečnost. Tyto oceli se u šesté generace použily na 66 %, u sedmé již na 80 % ocelových dílů. Takové široké využití je možné jen díky tomu, že tyto oceli mají dobrou kombinaci pevnosti a tažnosti.

LJ

Velký ingot odlitý spodem

<http://www.forgemag.com/articles/84041-omz-special-steels-casts-huge-forging-ingot>

V Ižorském závodě v Rusku, který patří do koncernu Uralmaš-Ižora Group (OMZ), byl koncem r. 2012 odlit ingot o hmotnosti 124,2 t, přičemž se použilo lití spodem v prostředí sníženého tlaku argonu. Lití spodem omezuje turbulence a vede k lepšímu povrchu ingotu. Argonová atmosféra zabránila oxidaci.

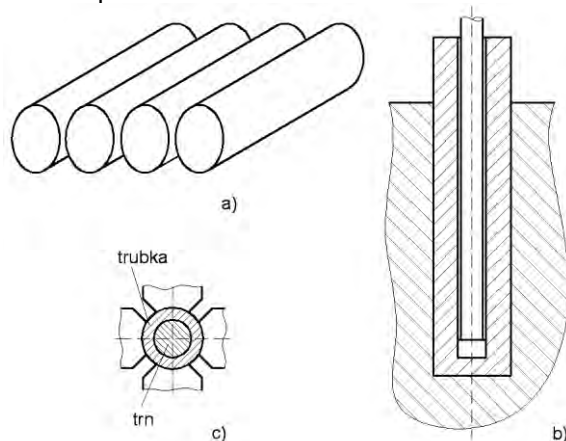
LJ

Kované trubky

Radial forging of seamless pipes. *Stahl und Eisen*, 2012, č. 10, s. 49-56

Kování trubek pod lisem se v českých volných kovárnách praktikuje již delší dobu. Například při výrobě primárního potrubí jaderné elektrárny Temelín se kovaly trubky o vnitřním průměru 850 mm a délce až 9 m. Jelikož je to málo produktivní technologie, vyrábějí se takto pouze trubky, které nelze vyválcovat. Vyrábějí se však takto i trubky osazované.

Významný světový výrobce trubek firma Valourec, která má závody v Evropě, USA, Brazílii a v Číně, zavedl produktivní výrobu trubek na radiálních kovacíh strojích od firmy GFM. Postup kování je zřejmý z obr. 1. Výchozí válcový polotovár se ohřívá v karuselové peci a pak se děruje zpětným protlačováním. Do vyděrované lupy se vloží trn a na radiálním kovacíh stroji se redukuje tloušťka stěn na požadovanou hodnotu.



Obr. 1 Postup výroby trubek radiálním rozkováním a) výchozí špalky, b) děrování zpětným protlačováním, c) radiální kování

Podrobnosti o této technologii nejsou uvedeny. Nejvíce namáhaným nástrojem je trn, poněvadž kování trubky trvá dlouho. Zpravidla je nutné ho chladit. I tak se dosti prohřeje a roztáhne hlavně ve střední části. Následkem toho je problém kovanou trubku stáhnout s trnu.

První takováto linka pracuje v St. Saulve, kde se z kontisliťků kovou trubky o průměru až 200 mm a tloušťce stěny až 40 mm. Ve výrobním sortimentu jsou i vysoce legované oceli. V závodě v Aulnoye ve Francii pracuje druhá linka. Kovou se na ní trubky o průměru až 380 mm a tloušťce stěny až 85 mm. Největší linka pracuje v Changzhou v Číně. Výchozím polotovarem zde jsou především ingoty, z nichž se kovou trubky o průměru až 750 mm a tloušťce stěny až 130 mm. Pokusné zařízení pracuje také v závodě Riesa v Německu.

LJ

Plán výstavby velkého lisu v Británii

<http://www.forgemag.com/articles/84078-new-firth-rixson-forging-press-line-approved>

Britská firma Firth Rixson získala povolení na výstavbu hydraulického lisu 190 MN v Sheffieldu. Jde o celou linku, v níž budou dále čtyři pece, jeřáby, dopravníky a místo pro zkoušení a skladování. Zároveň by zde mělo vzniknout 60 pracovních míst.

LJ

Nový závod na zpracování titanu

RTI Titanium starts new plant for aerospace forgings. *Forging*, November/December 2012 s. 6

Americká firma RTI International Metals zahájila v říjnu 2012 výrobu v novém provozu v Martinsville, VA. Výstavba trvala asi 4 roky a vyžádala si náklad 135 mil. USD. 10 měsíců zabraly atestace vyžadované na dodávky pro Airbus ASA. V novém závodě je kovárna, obrobna a válcovna. Kovárna je vybavena čtyřsloupovým dolůtažným lisem 50 MN od firmy Danieli Breda. Lis pracuje rychlostí $160 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Lis má zdvih 2070 mm, mezera mezi sloupy je 4300 mm. Dále jsou zde pece, manipulátory a další zařízení. V kovárně se bude kovat až 14 000 t titanových sochorů za rok. V následující budově jsou stroje na obrábění povrchu od firmy Danieli Cento Maskin. Odstraňují se zde defekty na stěnách a na hranách při teplotě až 500°C . Sochory se budou loupát a válcovat. Výrobky se budou používat při výrobě letadel, zbraní, lékařských přístrojů, zařízení pro chemický průmysl a v dalších oborech.

LJ

Vývoj kvalitnějších kolejnic

http://www.umformtechnikmagazin.de/umformtechnik-branchenue-verfahren-fuer-widerstandsfuehigere-schienen_21493_de/

Italská firma Technikzentrum Centro Sviluppo Materiali S.p.A. (CSM) a německá firma VAI Metals Technologies S.r.l. společně vyvíjejí technologii válcování a tepelného zpracování kolejnic. Cílem je zvýšit přípustné zatížení kolejnic a zlepšit jejich povrch. Ukončení projektu je plánováno na polovinu roku 2014. Vyšší přípustné zatížení si vyžaduje přeprava nákladních vlaků s vyšším tlakem na jednu osu. To vyvolává na styčné ploše tlak $10 \text{ t} \cdot \text{cm}^2$. Zlepšení povrchu je nutné kvůli možnosti nasadit vlaky s vyšší rychlostí pro osobní dopravu. Prvým úkolem společného projektu je řešit řízené kalení hlav kolejnic.

LJ

Další investice společnosti Tata ve Walesu

http://www.steel-grips.com/newsdesk/from_top/Tata_decided_to_boost_steelworks_in_Wales.html 13.12.2012

Indická společnost Tata se rozhodla pro investice ve výši téměř 1 mld. Euro do svých závodů ve Walesu v nejbližších pěti letech. Z vlastních zdrojů vyčlenila na tyto investice 300 mil. Euro. V závodě Port Talbot bude u vysoké pece č. 4 přebudováno zařízení na úpravu kychtového plynu nákladem 230 mil. Euro. Dalších 65 mil. Euro si vyžádá modernizace zařízení na ochlazování plynu. Tyto investice přispějí k vyšší soběstačnosti v zásobování energií. Další menší akce si vyžádají investice přesahující 300 mil. Euro.

Tata Steel Europe vyrábí uhlíkové oceli v závodech Port Talbot a Scunthorpe. Dále vlastní zvod Rotherham, kde vyrábí v elektroocelárně speciální oceli. Celková výroba v těchto závodech představuje 14,8 mil. t/r. Obrát v r. 2010/2011 byl 13,14 mld. Euro. Zaměstnává 7500 pracovníků.

LJ

Třinecké železářny získaly drátovnu ŽDB

<http://www.trz.cz/novd/34026A897D00E454C12579FF0023C1C5>

Společnost Třinecké železářny získala od skupiny Bonatrans Group Holding 100 % akcií drátovenského závodu ŽDB. Transakci odsouhlasil antimonopolní úřad. Drátovna je novou dceřinou společností Třineckých železáren a stává se druhým provozem, který TŽ v Bohumíně vlastní. Prvým je univerzální válcovací trať.

ŽDB Drátovna má v současnosti roční tržby okolo 3,2 mld. Kč, přičemž 80 % produkce jde na export. ŽDB Drátovna má 1100 zaměstnanců a tento počet se s příchodem nového majitele, tedy Třineckých železáren, měnit nebude.

LJ

Vánoční stromek z nerez oceli

http://www.steel-grips.com/newsdesk/bit_art/1_4301_christmas_star_shines_over_New_York.html



Obr. 1 Stromek z nerez oceli v New Yorku

Reklamní vánoční stromky se objevují často. Zachycený stromek byl instalován v New Yorku v r. 2008. Sahal do výše pátého poschodí. Stromek propagoval německou ocel. Na vrcholu byla hvězda o průměru 3 metry z nerezavějící oceli 1.4301 (ekvivalent ČSN 17 240) o hmotnosti 360 kg. Na stromku zářilo 25 000 žárovek. Konstrukce stromku byla také z nerezavějící oceli Nirosta od firmy ThyssenKrupp.

LJ

Třinecké železářny připravují ekologické projekty

<http://www.trz.cz/tzpd/88D317C38C664BA2C1257AD1003A05C8>

Třinecké železářny mohou odstartovat sérii významných ekologických investic za více než 2 mld. Kč. Ministr životního prostředí Tomáš Chalupa svým podpisem schválil přidělení dotací v rámci 36. výzvy Operačního programu Životní prostředí, která je primárně určena velkým průmyslovým podnikům a jejich projektům na zlepšování kvality ovzduší. Polovinu dotací přitom získaly právě Třinecké železářny. Do roku 2015 tedy může Moravskoslezský kraj počítat s investicemi ve výši 5,7 mld. Kč.

Třinecké železářny uspěly v rámci 36. výzvy celkem s jedenácti projekty za více než 2 mld. Kč. Dva největší projekty, tedy rekonstrukce sekundárního odprášení kyslíkové konvertorové ocelárny a odprášení aglomerace č.2, ještě podléhají schvalování Evropskou komisí. Zbýlé ale mohou odstartovat už v nejbližších měsících. Jedná se například o projekty odprášení odléváren vysokých pecí, snížení emisí na zařízení pro výrobu vysokopeční vsázky, odprášení zařízení pro výrobu ocelářského aglomerátu, nebo odprášení třídírny rud. Realizace těchto projektů bude znamenat snížení emisí znečišťujících látek ze zdrojů Třineckých železáren o více než 200 t/r, což představuje pokles o 35 %.

Třinecké železářny od své privatizace proinvestovaly 18 mld. Kč, z toho 5,5 mld. Kč připadlo na ekologické projekty. Konkrétně se jednalo například o rekonstrukci chemických provozů koksovny, odsíření koksárenského plynu, opravu a modernizaci plynočistírny kyslíkové konvertorové ocelárny, odprášení aglomerace č.1, rekonstrukci ohřívачů větru na vysokých pecích nebo rekonstrukci a modernizaci koksárenské baterie č.12.

LJ

Zařízení sekundární metalurgie v Železárnách Hrádek

<http://www.vitkovcemachinery.com/realization/message/detail/id/76/lang/cs/site/18>

VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY dokončily montáž zařízení pro zušlechťování oceli typu VD v Železárnách Hrádek, organizačně spadající pod Železářny veselí. Zakázka na klíč za 100 mil. Kč byla koncem roku 2012 předána do užívání zákazníky.

LJ

VHM postaví ocelárnu v Pákistánu

VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY mají stavět v Pákistánu ocelárnu za 6,1 mld. Kč. Se soukromým investorem Santex Pakistan podepsaly na Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně dohodu o spolupráci.

Pro Vítkovice je kontrakt v Pákistánu jedním z největších za posledních deset let. Společnost bude generálním dodavatelem stavby, přičemž se předpokládá, že 70 % zakázky dostanou tuzemské firmy. VHM se dlouhodobě zaměřují na dodávky různých zařízení pro ocelárny. Dodávaly ocelárnám kontilít, zařízení sekundární metalurgie a další vybavení. Stavební část zakázky připadne zřejmě pákistánským firmám. Pákistán řeší problémy s nedostatkem oceli. Asi 80 % oceli se dováží. Nová ocelárna vyrobí asi 1,2 mil. t/r. Jejím výsledným produktem budou plynule odlévané sochory pro výrobu výztuže do betonu.

LJ

Válcovny tlustých plechů v severní Americe

Plate/Steckel Mill Roundup. Iron & Steel Technology 2012, č. 11, s. 118-125.

V Severní Americe je v provozu celkem 17 válcoven tlustých plechů a Steckelových tratí. Dvě jsou v Kanadě, jedna v Mexiku, zbytek je v USA. Z toho jsou Steckelovy válcovny, na kterých se válcují svitky, dvě v Mexiku a pět v USA. Kanada má kapacitu tlustých plechů 1,91 mil. t/r, Mexiko 0,91 t/r a USA 9,44 mil. t/r.

Délka těla válců na těchto tratích se pohybuje od 2000 do 5200 mm, nejčastěji však okolo 3500 mm. Šest tratí je dvoustolicových, osm jednostolicových, u tří není počet stolic uveden. Dvoustolicové tratě mají jako předválcovací stolici ve čtyřech případech duo, ve dvou případech kvarto. Tyto stolice umožňují válcovací tlak 22 – 40 MN. Na osmi jednostolicových tratích pracuje v 5 případech stolice duo, ve 3 případech kvarto. Přípustné válcovací tlaky na hotovných stolicích jsou vyšší, pohybují se od 35 do 84 MN. Celkem devět tratí má vertikální válce. Válcují se plynule odlévané bramy o tloušťce 102 až 406 mm. Do svitků se stáčí plechy o tloušťce 3,3 až 25,4 mm.

LJ

Nový způsob zlepšování kvality osově oblasti v ingotech a kontislících

A \$55-million system to verify „center soundness” of large dimensional products

<http://forgingmagazine.com/Classes/Article/articledraw.aspx?HBC=zone/1189&CID=88697>

V ocelárně firmy Timken Co. Faircrest se instaluje zařízení pro překování kontislítků a ingotů s neutuhlým středem. Je to součást velké investiční akce v ocelárně v Cantonu ve státě Ohio, jejíž celkový investiční náklad činí 225 mil. USD. V rámci této investice se zvyšuje výroba ocelárny o 25 %, instaluje se pánvová pec a kontilít pro odlévání bloků velkého průřezu. Tyto bloky se budou překovávat v době, kdy jejich střed ještě není zcela utuhlý. Tím se zvýší kvalita těchto polotovarů, které jsou určeny pro těžbu ropy a plynu. Investiční náklady na zařízení pro překování jsou 40 mil. USD. Mělo by začít pracovat počátkem roku 2013.

Firma Timken nedávno zprovoznila zařízení pro automatikou kontrolu osových i povrchových vad tyčí o průměru 152 až 610 mm při délce až 10,6 metrů. Náklady na toto zařízení dosáhly 55 mil. USD.

LJ

Ocelárna Evrazu opět vyrábí

Moravskoslezský deník, (lap), s.2

3.1.2013

Ocelárna vítkovického Evrazu už opět vyrábí. Dne 2.1.2013 byly zapáleny oba kyslíkové konvertory a během následujícího dne byla do nich vložena první vsázka. Od 3.1.2013 už vychází z ocelárny souvislý tok oceli. Vítkovický Evraz má dohodu o dodávkách surového železa z ArcelorMittal Ostrava na leden a únor. Evraz nechce předjímat, co bude v březnu. Trh s produkty s válcovanou ocelí je stále nestabilní. Další jednání s dodavatelem surového železa budou následně zahájena.

Společnost upozornila, že neobdržela tzv. uhlíkové povolenky potřebné pro provozování ocelárny od 1.1.2013. Neví, kolik uhlíkových povolenek a zda je vůbec dostane. Pokud se tak nestane v nejbližší době, bude k tomu muset zaujmout konečné stanovisko a nevyklučuje ani soudní žalobu.

red.

Hlavní zásady pro publikování v Hutnických listech

Hutnické listy jsou strukturovány do dvou částí: do části recenzovaných tzv. hlavních článků a do všeobecně informační části, která obsahuje vedlejší články.

1. Hlavní články

Část hlavních článků je dále rozčleněna na obory, jak uvádí [1]:

- paliva, koksárenství
- výroba surového železa
- výroba oceli
- výroba feroslitin
- tváření, tepelné zpracování
- výroba trubek
- materiálové inženýrství
- neželezné kovy a slitiny
- zkušebnictví, měřictví, laboratorní metody
- tepelná technika, pece, žárovzdorný materiál
- hutní energetika
- slévárenství
- koroze
- povrchová úprava
- ekologie, recyklace, druhotné zpracování odpadů
- strojírenské dohotovnění hutních výrobků
- údržba
- automatizace technologických procesů, počítačová simulace, výpočetní metody
- řízení jakosti
- ekonomika, organizace a řízení

Paleta tématických okruhů není tímto uzavřena. Je možno ji rozšířit podle toho, jaký oborový záběr budou mít příspěvky k publikaci. Kromě dvojího recenzování podléhají hlavní články jazykové korektuře v angličtině.

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

1.1 Odborná úroveň

Hlavní články musí mít dostatečnou odbornou úroveň. Úkolem časopisu je uveřejňovat původní práce vědecko-výzkumné povahy z výzkumných pracovišť, akademické sféry, podniků a institucí, a to z okruhu teorie a technologie hutnických pochodů, materiálového inženýrství a příbuzných nebo navazujících oborů, z okruhu výrobního zařízení, vývojových směrů ve výrobě, z hospodářování a řízení výroby, zvyšování jakosti hutních materiálů a výrobků. Hlavní články mají vědecko-výzkumnou povahu, přinášejí nové myšlenky nebo doplňují a rozvíjejí dosavadní platné oborové názory. Mohou vycházet z laboratorního výzkumu, provozního sledování či z teoretického studia. V této

části není účelné uveřejňovat články pouze popisné a pojednávající o věcech v technické praxi již známých a dostatečně literárně popsanych.

1.2 Původnost

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

1.3 Koncepte článku

Hlavní články zaujímají v časopiseckém tisku zhruba 5 až 6 stran s případnou odchylkou 1 strany v obou směrech. Jedna strana autorského konceptu na formátu A4 psaného typem písma Times New Roman o velikosti 12 bodů vychází v časopiseckém tisku s menším písmem a ve sloupcovém uspořádání zhruba na 0,65 – 0,75 časopisecké strany. Redakce si vymíní po dohodě s autory změnit počet stran, většinou zkrátit články, s cílem příliš nezvyšovat rozsah Hutnických listů při větším počtu zařazených publikací. Na skutečném počtu stran se však redakce většinou dohodne s autorem individuálně.

Autorské články obsahují tři části:

- Úvod, který se nenadepisuje žádným dílčím nadpisem.
- Hlavní stať, kterou je účelné členit na dílčí kapitoly. Číselné označení nadpisů těchto dílčích kapitol nebo nadpisy bez číslování ponechává redakce na uvážení autorů dle složitosti článku.
- Závěr, který obsahuje stručný a výstižný souhrn poznatků z hlavní statí. Shrnutí v závěru slouží také pro doplnění rozšířeného abstraktu. Nadpis závěru není vhodné číslovat.

Za závěrem se umísťuje citace výzkumného projektu, z jehož řešení článek vychází.

Na samém konci článku autor provede citaci literárních zdrojů. Uvádějí se ty literární prameny, na které je v textu uveden odkaz, a v tom pořadí, v jakém jsou v textu zmiňovány. Literární odkazy je nutno důsledně uvádět v souladu s normou ČSN ISO 690:1987, resp. ČSN ISO 690-2:2000. Tato norma doplněná o řadu praktických příkladů bývá uváděna na různých webových stránkách. Prezентují je např. univerzitní knihovny. Redakce upozorňuje na uvádění správného pořadí údajů v bibliografických citacích, na správné psaní textových částí citací velkým a malým písmem, stejně tak stojatým písmem a kurzívou, na správné vyznačení sborníků (In) a na interpunkční znaménka mezi jednotlivými textovými částmi citací. Za citací jednotlivých položek literárních zdrojů [1, 2, 3 atd.], pokud jsou tyto zdroje napsány vždy na samostatných řádcích, se nepíše tečky. Pokud autor napíše jednotlivé

položky literárních zdrojů [1, 2, 3 atd.] v řádcích za sebou, oddělují se citace těchto zdrojů mezi sebou tečkami. Číselné odkazy na literaturu v textu se provádějí v hranatých závorkách a se stejným označením se pak tyto literární zdroje citují na konci článku. Hutnické listy upouštějí od dřívějšího značení literatury vyjádřeného horním indexem před kulatou závorkou, na kterou si možná pamatují starší autoři z 80. a dřívějších let minulého století. Odvolává-li se autor na více zdrojů, pak je možné v textu tato jejich číselná označení uvádět ve společné závorce (např. [1, 2], [1 až 5], [1, 2 – 5]). U citace literárních zdrojů je možno tolerovat některé drobné, nepodstatné odchylky, které nijak neomezují přesné určení daného literárního zdroje. V každém případě však musí autoři dodržet ve své publikaci jednotný systém u všech svých uvedených citací.

1.4 Úprava textu

Psaní autorských článků se řídí pravidly uvedenými na webových stránkách Hutnických listů:

www.hutnickelisty.cz.

Zde redakce vyjímá některé hlavní zásady při psaní publikací. Vychází z nejčastějších chyb, ať už to je nedodržování redakčních pokynů nebo obecně platných norem či zvyklostí respektujících přehlednost a srozumitelnost odborných textů.

1.4.1 Veškeré textové části se píší ve formátu word.

1.4.2 Nadpisy článků jsou dvojjazyčné. Mají být srozumitelné a stručné, nikoliv dlouhé, nemají obsahovat všeobecně neznámé zkratky. Pokud je text článku napsán v českém nebo slovenském jazyce, je tento nadpis napsán jako první. Druhý v řadě je anglický nadpis. Pokud je text článku napsán anglicky, pak anglický nadpis je uvedený jako první a druhý v řadě je český nebo slovenský nadpis.

1.4.3 U autorů se uvádějí plná jména a všechny tituly, plná adresa organizace, kterou autor v Hutnických listech svou publikací reprezentuje, vnitřní útvar zaměstnavatele, v němž autor pracuje, pokud jej autor uvede, e-mailové adresy autorů a na první místo se zařazuje nebo jiným způsobem zvyrazňuje e-mailová adresa autora, který je určen ke komunikaci s redakcí v etapě přípravy článku pro tisk, případně pro diskusi s externími zájemci z okruhu čtenářů. Všechny e-mailové adresy jsou využívány pro budování archivu autorů na webových stránkách Hutnických listů.

1.4.4 Hutnické listy publikují články v jazyce českém, slovenském nebo anglickém, a to podle toho, jak je autoři redakci dodávají. K hlavním, recenzovaným článkům je nutno dodávat dvojjazyčné abstrakty. V případě českého nebo slovenského textu článku má český nebo slovenský abstrakt minimálně 8 řádků a anglický abstrakt má minimálně 18 řádků, a to tak, aby obsahoval i hlavní závěry publikace. V případě anglického textu článku má český nebo slovenský abstrakt minimálně 18 řádků, a to tak, aby obsahoval i hlavní závěry publikace, a anglický abstrakt má

minimálně 8 řádků. Oba abstrakty tedy nejsou vůči sobě překlady. Abstrakty mají mít svou vlastní vypovídací schopnost, relativně nezávislou na textu článků. Proto se v nich neuvádějí odvolávky na obrázky, tabulky, rovnice, ani číslované literární zdroje.

1.4.5 Za každým abstraktem se uvádějí klíčová slova v jazyce abstraktu

1.4.6 Při české nebo slovenské textaci článků pokud možno dává přednost českým nebo slovenským výrazům před cizojazyčnými ekvivalenty. Vyhnut se zbytečným závorkám a pomlčkám, které vesměs zhoršují přehlednost textu.

1.4.7 Názvy obrázků a tabulek jsou dvojjazyčné, jednak české nebo slovenské a jednak anglické. Označování obrázků se provádí pod obrázky, a to ve struktuře:

Obr. (mezerník) „číslo obrázku“ (mezerník) „český nebo slovenský název obrázku“

Fig. (mezerník) „číslo obrázku“ (mezerník) „anglický název obrázku“

Chybné je označení obrázku např.:

Obr. č. 1 „Název“

Obr. 1- „Název“

Obr. 1: „Název“

nebo jakékoliv další modifikace. Obrázky se v textu článku uvádějí s malým počátečním písmenem (obr. 1), pokud toto označení nestojí na začátku věty nebo pokud není součástí názvu pod daným obrázkem. Stejná pravidla platí pro označování tabulek (česky, slovensky nebo anglicky redakce doporučuje sjednotit na tab., Tab.), avšak s tím, že jejich nadepisování se provádí nad tabulkami. Obrázky i tabulky se popisují arabskými číslicemi. U obrázků a tabulek přejatých z literatury je nutno v názvu uvést jejich původ (literární zdroj). Za názvy obrázků a tabulek se nepíší tečky.

1.4.8 V textu pokud možno využívat výlučně normalizované označování fyzikálních veličin a technických parametrů. Odlišování označení fyzikálních veličin a technických parametrů od ostatního textu se provádí šikmým písmem – kurzívou.

1.4.9 Matematické rovnice se do textu píší s využitím funkce editor rovnic. Čísly se základními číslovkami, psanými arabskými číslicemi, uvedenými v kulatých závorkách, a toto označení se provádí na stejném řádku při samém okraji na pravé straně.

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

2. Vedlejší články

Všeobecně informační část Hutnických listů obsahuje vedlejší články zařazované do těchto oddílů, jak uvádí [1]:

- informace HŽ, a.s.- zprávy z podniků, institucí a řešitelských pracovišť
- informace z odborných společností, vykonaných konferencí a ukončených veletrhů
- zprávy z vysokých škol, výchovy technického dorostu a celoživotního vzdělávání
- historie hutnictví
- recenze odborných publikací
- společenská kronika
- připravované konference, veletrhy a výstavy
- zprávy z hutnictví ve světě

Povaha článků z této všeobecně informační části nutně nevyžaduje recenzování, pokud si to autor sám nevyžádá, a to např. z toho důvodu, že jeho článek je výsledkem řešení výzkumného projektu hrazeného kontrolovanými finančními zdroji. V případě, že se recenze neprovádí, podléhají články jen redakční jazykové korektuře. Vedlejší články jsou zpravidla výrazně kratší než hlavní články. Nemusí mít abstrakty dle bodu 1.4.4, ani klíčová slova dle bodu 1.4.5 a nemusí být ani strukturovány tak, jak uvádí bod 1.3. Pokud je však vedlejší článek napsán jako výsledek

řešení výzkumného projektu, pak redakce doporučuje, aby měly vedlejší články všechny parametry hlavních článků podle bodu 1.1 – 1.4. Pro formu psaní vedlejších článků platí pravidla z bodu 1.4, vyjma dvojjazyčnosti. V případě, že je vedlejší článek recenzovaný, redakce doporučuje publikovat jeho dvojjazyčnou modifikaci stejně, jako je tomu u hlavních článků.

Hlavní články jsou v každém čísle Hutnických listů uvedeny v obsahu. Všechny vedlejší články, spolu se všemi hlavními články, kromě aktualit z oddílu „hutnictví ve světě“ a příspěvků z oddílu „připravované konference, výstavy a veletrhy“, jsou uvedeny v celoročním obsahu předešlého ročníku, který je uváděn vždy v prvním čísle časopisu následujícího roku.

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

Literatura

- [1] POČTA, J. Redakční článek. *Hutnické listy*, 2008, roč. LXI, č. 1, s. 8–9, ISSN 0018-8069

red.

○ ○ ○

Zásady pro recenzování hlavních článků v Hutnických listech

Před publikací v Hutnických listech se odborná úroveň hlavních článků posuzuje dvěma nezávislými recenzními posudky. Recenzovány mohou být případně též vedlejší články zásadního významu ze všeobecně informační části, a to v tom případě, že ony vedlejší články jsou výsledkem řešení výzkumného projektu. Styk recenzentů a autorů zprostředkovává redakce. Recenzní posudky mají důvěrnou povahu. Jsou archivovány v elektronické nebo listinné podobě v redakci, a to podle toho, jak je recenzenti do redakce dodávají.

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

1. Vyjádření ke vhodnosti publikace s ohledem na oborové zaměření časopisu ve smyslu redakčního článku „Hlavní zásady pro publikování v Hutnických listech“, bod 1, uvedeném v tomto čísle Hutnických listů, 2013, roč. LXVI, s. 97-99.

2. Vyjádření k původnosti článku, zda jsou jednoznačně odděleny autorské poznatky od poznatků z literárních zdrojů.

3. Vyjádření k vědecké nebo jiné odborné úrovni článku.

4. Vyjádření k věcné správnosti článku. Zde recenzenti posoudí, zda a jak byly uvedeny počáteční podmínky autorských úvah a experimentů, správnost terminologie a označování technických parametrů a fyzikálních veličin. Dále posoudí vhodnost textů z hlediska jejich délky a nevyhnutelnosti nebo neopakování při zachování srozumitelnosti a zda článek přináší nové poznatky.

5. Vyjádření k možnosti využití poznatků z článku v technické praxi (průmyslné, laboratorní) či v následném teoretickém nebo experimentálním bádání.

6. Vyjádření k jazykové a stylizační úrovni českých nebo slovenských částí textu, úrovni obrázků, tabulek a fotografií, jejich vhodnosti pro tisk, přiměřenosti jejich počtu a odkazů na jejich původ, správnosti literárních odkazů a způsobu jejich uvádění, příp. k dalším formálním stránkám článku.

7. Doporučení k:

- publikování
- nepublikování
- publikování po úpravách

V třetím výše uvedeném doporučení v bodě 7 recenzenti do svého posudku napíší doporučené úpravy vyžadující zásah autora, jako např. dopracování závěru nebo abstraktu, věcných údajů v textu, odkazy na literaturu v textu, vysvětlení nejasných částí, požadované zkrácení textových pasáží či posílení jiných, důležitých pasáží. V případě drobných úprav formálního nebo jazykového rázu mohou recenzenti přímo v textu článku odlišnou barvou vyznačit doporučené úpravy. Recenzní úpravy nesmějí změnit původní smysl a záměr autorského příspěvku. Takto označený a upravený text pošlou recenzenti redakci jako přílohu recenzního posudku. V textu obdrženém z redakce přitom ponechají již vyznačené redakční poznámky a barevné značky, se kterými se v redakci souběžně pracuje při přípravě článků pro tisk.

8. Případné další důležité posouzení recenzovaného článku.

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

Za článkem publikovaným v Hutnických listech jsou otištěna jména recenzentů, pokud recenzenti výslovně nevnesou námitku k tomuto jmennému zveřejnění.

red.

Nadační fond Evraz podepsal smlouvy s neziskovými organizacemi v Moravskoslezském kraji

regiony24.cz, Jaromír Křišica

11. 12. 2012

Už dvakrát v roce 2012 se sešli zástupci zejména neziskových organizací z Moravskoslezského kraje s vedením Nadačního fondu Evraz (NFE), aby podepsali darovací smlouvy v souhrnné částce 5, 3 mil. Kč na podporu svých aktivit.

Z celkového počtu došlých 89 žádostí v celkové výši 13 mil. Kč, vybrala správní rada fondu 41 projektů, které mají za cíl pomoci Moravskoslezskému kraji. Spolu s vybranými projekty z prvního kola přidělování finančních prostředků z NFE na jaře, tak bylo v tomto roce přiděleno celkem 9 mil. Kč na pomoc pro 73 projektů v oblasti podpory hendikepovaných dětí, vzdělávání a sportu. Mimo tyto projekty podpořil NFE ozdravné a léčebné pobyty dětí z obvodu Mariánské Hory a Hulváky, ve kterém je závod situován, ve výši téměř 1 mil. Kč.

Úspěšní žadatelé o finance z NFE pro své projekty jsou nejen organizace z Ostravy, ale i z dalších obcí v Moravskoslezském kraji: Bruntál, Třinec, Havířov, Karviná, Studénka, Opava, Frýdek-Místek aj. Tam všude pomáhají finance z NFE především aktivitám na podporu hendikepovaným dětem, zejména s diagnózou dětské mozkové obrny, ale i na podporu běžného a speciálního vzdělávání dětí a mládeže ve školách všech stupňů. Rozsah pomoci je opravdu široký a mezi podpořenými projekty lze najít např. jak schodišťovou plošinu pro imobilní děti v mateřské škole ve Frýdku-Místku, tak i vybavení pro počítačovou učebnu VŠB-TU Ostrava, Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství. Mezi úspěšnými předkladateli projektů se objevují každoročně organizace, které získaly finance opakovaně. Předseda správní rady NFE Dmitrij Ščuka k tomu uvádí: „Správní rada má při rozhodování o podpoře projektů povinnost, aby se co nejlépe přiblížila podmínkám daných statutem NFE. Velkou roli v tom hraje i to, jak mnoho může daný projekt pomoci našemu regionu a lidem, kteří v něm žijí. Vítejme, když projekty žadatelů jsou součástí jejich dlouhodobé koncepce, která může zásadním způsobem zlepšovat např. pomoc hendikepovaným dětem v regionu.“

Podruhé ve své historii daroval NFE finance i na projekty programu „Lidé Evrazu pomáhají“, které nominovali zaměstnanci zřizovatele fondu, společnosti EVRAZ. Podmínkou je aktivní účast žadatele-zaměstnance na realizaci projektu. Došlé žádosti nejprve posuzovala poradní komise, která posléze doporučila správní radě NFE podpořit vybrané projekty. Pro svých 17 projektů získali letos zaměstnanci dohromady necelých 400 tis. Kč. Členka správní rady NFE Hana Hoblíková, která je HR ředitelkou EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, řekla: „Vážíme si zaměstnanců společnosti, kteří si dovedou i v tak náročné době najít čas a pomoci jiným.“

SB

OBSAH HUTNICKÝCH LISTŮ 2012, ROČ. LXV CONTENT OF THE METALLURGICAL JOURNAL, VOL. LXV	Číslo No.	Strana Page
A) HLAVNÍ ČLÁNKY		
V ý r o b a o c e l i S t e e l M a k i n g		
Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D., Ing. Karel Gryc, Ph.D., prof. Ing. Karel Michalek, CSc., Ing. Petr Klus, Ing. Ladislav Socha, Ph.D., Ing. Pavel Machovčák, Ing. Marek Kováč Verifikace vlivu okrajových parametrů liti ocelových ingotů na velikost objemových vad <i>Verification of the Effect of Boundary Conditions of Steel Ingot Casting on the Size of their Volume Defects</i>	2/2012	3-7
Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Jiří Bažan, CSc., Ing. Pavel Machovčák, Ing. Aleš Opler, Ing. Petr Styrnal, Ing. Jan Melecký, CSc. Vliv briketovaných ztekucovadel na odsíření oceli při mimopecním zpracování <i>Influence of Briquetted Fluxing Agents on Desulphurization of Steel during Secondary Metallurgy Treatment</i>	2/2012	8-13
Ing. Vladislav Kurka, Ph.D., Pavel Machovčák, prof. Ing. Vlastimil Vodárek, CSc., prof. Ing. Karel Michalek, CSc. Návrh a ověření výroby a vlastností austeniticko – feritické duplexní oceli s přísadou W a Cu <i>Proposal and Verification of Production and Properties of Austenitic-feritic Duplex Stainless Steel with W and Cu Additions</i>	2/2012	14-19
Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Jiří Bažan, CSc., Ing. Pavel Machovčák, Ing. Aleš Opler, Ing. Petr Styrnal, Ing. Jan Melecký, CSc. Provozní zkušenosti s mimopecním odsířením oceli pomocí briketovaných ztekucovadel v podniku VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. <i>Plant Experiences with Steel Desulphurization by Secondary Metallurgy with use of Briquetted Fluxing Agents in the Steelplant VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.</i>	5/2012	3-10
prof. Ing. Karel Michalek, CSc., Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D., Ing. Ladislav Socha, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., doc. Ing. Rostislav Dudek, Ph.D., Ing. Monika Žaludová Ing. Silvie Rosypalová Aktuální výzkumné aktivity „Laboratorně modelování procesů v tekuté a tuhé fázi“ projektu RMTVC <i>Current Research Activities of "Laboratory for Modelling of Processes in the Liquid and Solid Phases" of the Project RMTVC</i>	6/2012	7-14
Ing. Silvie Rosypalová, doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D., doc. Ing. Rostislav Dudek, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., prof. Ing. Ludovit Dobrovský, CSc., Dr.h.c., Ing. Monika Žaludová Vliv teploty a koncentrace SiO₂ na viskozitu roztavených oxidických systémů <i>Influence of Temperature and SiO₂ Concentration on Viscosity of Molten Oxide Systems</i>	6/2012	15-19
T v á ř e n í , t e p e l n é z p r a c o v á n í F o r m i n g , H e a t T r e a t m e n t		
Ing. Ladislav Jílek, CSc. Zvyšování životnosti nástrojů pro kování <i>Prolonging of forging dies service life</i>	1/2012	3-11
Ing. Jaromír Horsinka, prof. Ing. Jiří Kliber, CSc., Ing. Jiří Adamík, prof. Ing. Ivo Schindler, CSc. Laboratorní a počítačová simulace přípravy bainitické oceli se zaměřením na mechanické vlastnosti <i>Laboratory and Computer Simulations of Production of Bainitic Steel Aimed at Mechanical Properties</i>	4/2012	5-9
prof. Ing. Jiří Kliber, Ing. Jaromír Horsinka, CSc., Ing. Michal Sikora, prof. Ing. Ivo Schindler, CSc. Laboratorní a počítačová simulace přípravy bainitické oceli se zaměřením na strukturní vlastnosti <i>Laboratory and Computer Simulations of Bainitic Steel Processing Focused on Structural Characteristics</i>	4/2012	10-13
Ing. Richard Baron, Ing. Michal Vyležik, Ing. Vojtěch Fajta Řízené válcování tyčí speciálních průřezů v podmínkách nehomogenních deformací <i>Controlled Rolling of Bars with Special Cross-sections in Conditions of Non-homogenous Deformations</i>	4/2012	14-17
Bc. Rostislav Hryn, Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Václav Šumšal, Ing. Petr Kawulok, Ph.D. Ing. Marcel Janošec, Ph.D. Optimalizace parametrů válcování aluminidu železa typu Fe-40Al-Zr-B v ochranných kapslích <i>Optimisation of Parameters for Rolling of Iron Aluminide of the Type Fe 40Al Zr B in Protective Capsules</i>	4/2012	18-21
Ing. Vladislav Bambušek, Ing. Petr Kawulok, prof. Ing. Ivo Schindler, CSc. Vliv válcovacích sil na skok válců při válcování vybraných ocelí za tepla <i>Influence of Rolling Forces on Spring of Rolls at Hot Rolling of Selected Steels</i>	4/2012	22-25
doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. Václav Šumšal, Ing. Jiří Petržela, Ph.D., Ing. Vladimír László, Ph.D. Ing. Tomáš Cechel, Ing. Miroslav Juhas Kování zdvihů pro svařované zalomené hřídele <i>Forging of Crankthrows for Welded Crankshafts</i>	4/2012	26-30
doc. Ing. Jozef Bilik, Ph.D., Ing. Mariana Balázová, Ing. Anna Pompurová, Ing. Roland Šuba, Ph.D., Ing. Ľudmila Kršiaková, Ph.D. Tvárnenie na mieru šitých laserovo zváraných polotovarov <i>Forming of Tailored Laser Welded Blanks</i>	4/2012	31-35
doc. Ing. Viktor Tittel, CSc., Ing. Miroslav Zelenay Vplyv ťažného uhla prievlaku na proces zlanovani oceľových drôtov <i>Influence of Drawing Die Angle on Bunching Process of Steel Wires</i>	4/2012	36-40
Ing. Tomáš Kubina, Ing. Josef Hodek, Ph.D., Ing. Jaromír Dlouhý, Ph.D., Ing. Michal Duchek Vývoj výrobního postupu pro titanové dráty s ultrajemnou strukturou pomocí zařízení CONFORM <i>Development of Production Procedure for Ultrafine-grained Titanium Wires in CONFORM Equipment</i>	4/2012	41-45
doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. Václav Šumšal, Ing. Václav Mašek, Ing. David Žáček Použití jemnozrnného titanu pro dentální aplikace <i>Preparing of Ultra Fine Grain Titanium for Dental Applications</i>	4/2012	46-49
Ing. Petr Kawulok, Ph.D., prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Bc. Radek Mendrok, Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok Hodnocení deformačního chování oceli 42CrMo4 při tváření za tepla <i>Evaluation of Deformation Behaviour of the Steel 42CrMo4 at Hot Forming</i>	6/2012	20-24
Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., prof. Ing. Eva Mazancová, CSc., prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Rostislav Kawulok, Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D., Ing. Pavel Šimeček, Ph.D. Vliv řízeného válcování a ochlazování na strukturu a mechanické vlastnosti C-Mn-V-B oceli <i>Influence of Controlled Rolling and Cooling on Structure and Mechanical Properties of C-Mn-V-B Steel</i>	6/2012	25-29
doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. Jan Kaděra Vývoj struktury oceli ČSN 19 572 při kování na prodlužovacích strojích a na hydraulických lisích <i>Development of Structure of the Steel ČSN 19 572 at Forging on Radial Forging Machines and on Hydraulic Presses</i>	6/2012	30-35
Ing. Tomáš Kubina, Ph.D., prof. Ing. Jiří Kliber, CSc., Ing. Lenka Kunčícká, Ing. Martina Berková, Ing. Jaromír Horsinka, Ing. Josef Bořuta, CSc. Využití plastometrických zkoušek pro stanovení disipace energie a znázornění procesních map <i>Application of Plastometric Examinations for Assessment Dissipation Energy and Visualization Processing Maps</i>	6/2012	36-41

prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Ing. Richard Fabík, Ph.D., Ing. Stanislav Rusz, Ph.D., Ing. Petr Kawulok, Ph.D., Ing. Michal Cagala, Ing. Václav Šumšal, prof. RNDr. Vladimír Šíma, CSc. Vliv válcovací rychlosti na technologickou tvařitelnost a strukturu aluminidu železa typu Fe-40Al-Zr-B <i>Influence of Rolling Speed on Technological Formability and Structure of Iron Aluminide of the Type Fe-40Al-Zr-B</i>	6/2012	42-47
V ý r o b a t r u b e k T u b e P r o d u c t i o n		
Ing. Petr Unucka, Ph.D. Laboratorní zařízení pro výzkum technologických procesů válcování bezešvých trubek <i>Laboratory Equipment for Research of Technological Processes of Seamless Tube Rolling</i>	6/2012	48-52
Ing. Vladislav Kurka, Ph.D., Ing. Petr Unucka, Ph.D., Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D., Ing. Zbyněk Hudzieczek, doc. Ing. Jiří Cienciala, CSc. Poloprovozní ověření výroby žárupevné oceli s 10 % Cr pro trubky tepelných elektráren <i>Verification of Pilot Plant Production of Heat Resistant Steel with 10% Cr for Pipes for Thermal Power Plants</i>	6/2012	53-57
M a t e r i á l o v é i n ž e n ý r s t v í M a t e r i a l E n g i n e e r i n g		
Ing. Martin Dulava Vliv velikosti austenitického zrna žáruvzdorných slitin na jejich svařitelnost <i>Effect of Austenitic Grain Size of Heat Resistant Alloys on Weldability</i>	3/2012	3-7
prof. Ing. Eva Mazancová, CSc., Miroslava Subíková Mikrofraktografická odezva profilu TH29 <i>Micro-fractographic Response of TH29 Profile</i>	4/2012	50-54
Ing. Milan Adamec, doc. Ing. Miroslav Pospíchal, CSc., Ing. Jiří Sukáč Heterogenní ocelové pancíř <i>Heterogeneous Steel Armour</i>	5/2012	11-16
Ing. Zdeněk Pokorný, Ph.D., prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc., Ing. Zdeněk Malaník Materiálové složení malorážového střeliva <i>Material Composition of Small Arms Ammunition</i>	5/2012	17-25
Ing. David Kusmič, Ph.D., prof. Ing. Vojtěch Hrubý Vliv plazmové nitridace na změnu parametrů textury povrchu <i>Influence of Plasma Nitriding on the Surface Texture Parameters</i>	5/2012	26-29
Ing. Zbyněk Studený, Ph.D., prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc., prof. Ing. Vladimír Horák, CSc. Únavové zkoušky nitridovaných tyčí <i>Fatigue Tests of Nitrided Rods</i>	5/2012	30-34
prof. Ing. Eva Mazancová, CSc., prof. Ivo Schindler, CSc., Ing. Michal Cagala Vliv chemického složení tří typů vysokomanganové oceli na vybrané vlastnosti <i>Influence of Chemical Composition of Three High Manganese Steel Types on Selected Properties</i>	6/2012	58-61
Ing. Ladislav Kander, Ph.D., Ing. Petr Čížek, Petr Foltýnek, Ing. Petr Pustějovský, Ph.D. Únavové vlastnosti oceli používané pro nízkotlaké části svařovaných rotorů <i>Fatigue Properties of Steel Used for Low Pressure Parts of Welded Rotors</i>	6/2012	62-65
Ing. Ondřej Životný, Ph.D., RNDr. Ing. Aleš Hendrych, Ph.D., Ing. Ladislav Klimša, Ing. Yvonna Jirásková, Ph.D. Povrchové a objemové magnetické vlastnosti FeSiNbCuB pásků typu FINEMET <i>Surface and Bulk Magnetic Properties of FINEMET-type FeSiNbCuB Ribbons</i>	6/2012	66-70
doc. Dr. Ing. Michal Lesňák, prof. Ing. Jaromír Pištorá, CSc., RNDr. František Staněk, Ph.D. Modelování permanentních magnetů na bázi Halbachových řad <i>Modelling of Permanent Magnets Based on Halbach Lines</i>	6/2012	71-74
doc. Ing. Jan Krmela, PhD. Zvláštnosti specifických kompozitů s elastomerovou maticí a ocelokordovou výztuží při zatěžování tahem <i>Traits of Specific Composites with Elastomer Matrix and Steel-cord Reinforcement during Tensile Load</i>	7/2012	7-9
Ing. Vladimíra Krmelová, PhD., Ing. Katarína Kostelanská, PhD., doc. Ing. Jan Krmela, PhD., doc. Ing. Iva Sroková, PhD. Vybrané mechanické a fotochemické vlastnosti směsí HEC/HEC-Cin <i>Selected Mechanical and Photosensitive Properties of HEC/HEC-Cin Blends</i>	7/2012	10-12
doc. Ing. Milan Olšovský, PhD., Ing. Michal Dubovský Vplyv prídavku biopolu na gumové tesnenia leteckých motorov <i>The Influence of Addition of the Biofools on the Rubber Seals in Aero Engines</i>	7/2012	13-15
doc. Ing. Iva Sroková, CSc., Ing. Jaroslava Janičková, Ing. Ladislav Janek, RNDr. Vlasta Sasinková, Mgr. Agáta Dujavová-Laurenčíková, PhD. Hydrofobizovaný KMŠ a jeho využitie v gumárenskej zmesi <i>Hydrophobic CMS and its Usage in the Rubber Blend</i>	7/2012	16-18
doc. RNDr. Ján Bezecný, CSc., Ing. Robert Vavřík Krehnutie malých oceľových súčiastok pri ich tepelnom spracovaní v kontinuálnych linkách <i>The Embrittlement of Small Steel Components which are Heat Treated in Continuous Links</i>	7/2012	19-21
doc. Ing. Iva Sroková, CSc., Ing. Ladislav Janek, Ing. Jaroslava Janičková, Ing. Mária Chromčíková, RNDr. Vlasta Sasinková Polymérne zmesi na báze styrén-butadiénového kaučuku <i>Polymer Blends Based on Styrene-Butadiene Rubber</i>	7/2012	22-24
doc. Mgr. Ivan Kopál, PhD., Ing. Karol Kováč, Ing. Mária Bačíková, RNDr. Peter Hybler, PhD., Ing. Marko Fülöp, CSc., Ing. Vladimír Rusnák Vplyv ožiarenia lúčom urýchlených elektrónov na dynamické mechanické vlastnosti nevulkanizovanej styrén butadiénovej gumárenskej zmesi <i>Influence of Electron Beam Irradiation on the Dynamic Mechanical Properties of Non-Vulcanized Styrene-Butadiene Rubber Blend</i>	7/2012	25-27
doc. Ing. Pavol Lizák, PhD., Ing. Jaroslav Ligas, PhD., Ing. Jela Legerská, PhD. Závislosť medzi geometrickými vlastnosťami vlákien a priadzi <i>Relationship Between the Geometrical Properties of the Fibers and Yarns</i>	7/2012	28-30
prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD., Ing. Slavomíra Domčeková, Ing. Lenka Špániková, Ing. Mária Kopcová, Ing. Ivan Cehlárik, Ing. Janka Jurčiová, PhD. Porovnanie vplyvu plnín na báze siliky na spracovateľnosť gumárenských zmesí <i>Comparison of Influence of Silica Fillers on the Rubber Compounds Processing</i>	7/2012	31-33
prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD., Ing. Lenka Špániková, Ing. Mária Kopcová, Ing. Slavomíra Domčeková, Ing. Michaela Ďurčeková, prof. Ing. Eugen Jóna, Dr.Sc. Skúmanie vplyvu nových nanoplín na báze klinoptilolitu na vlastnosti gumárenských zmesí <i>Study of the Impact of New Nanofillers Based on Clinoptilolite on the Properties of Rubber Compounds</i>	7/2012	34-36
Ing. Vladimíra Krmelová, PhD., Ing. Katarína Kostelanská, PhD., doc. Ing. Iva Sroková, PhD., doc. Ing. Milan Olšovský, PhD., RNDr. Vlasta Sasinková Príprava, charakterizácia a termické vlastnosti cinamátov HEC	7/2012	37-39

Preparation, Characterization and Thermal Properties of Hydroxyethylcellulose cinnamates Ing. Petra Skalková, PhD., Ing. Jaroslava Michálová	7/2012	40-42
Vplyv povrchovo-aktívnej látky na mechanické vlastnosti polymérnych zmesí <i>Effect of Surfactant on Mechanical Properties of Polymer Blends</i> doc. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD., Ing. Jana Paliesková, Ing. Andrea Feriancová, Ing. Zuzana Jankurová, prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc.	7/2012	43-45
Vplyv nearomatických olejov na vlastnosti zimných behúňových zmesí <i>The Influence of Non-aromatic Oils on the Properties of Winter Tread Compounds</i> doc. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD., Ing. Zuzana Jankurová, prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc., Ing. Katarína Holcová, Ing. Jana Paliesková, Ing. Mária Kopcová	7/2012	46-48
Vplyv rôznych plnív na fyzikálno-mechanické vlastnosti modelových gumárenských zmesí <i>Influence of Various Fillers on Physical and Mechanical Properties of Model Rubber Compounds</i> doc. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD., Ing. Andrea Feriancová, Ing. Jana Paliesková, prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc.	7/2012	49-51
Termická a Rtg analýza kaolínu interkalovaného dimetylsulfoxidom a iónmi Cu^{II} <i>Thermal and XRD Analysis of Intercalation Process of Kaoline with Dimetyl Sulfoxide and Cu^{II} Ions</i> doc. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD., Ing. Katarína Holcová, prof. Ing. Martin Jambrič, DrSc., Ing. Zuzana Jankurová	7/2012	52-54
Vláknité materiály na báze polypropylénových a iných vlákien <i>Fibrous Materials Based on Polypropylene and Other Fibers</i> RNDr. Viera Mazíková, PhD., doc. Ing. Milan Olšovský, PhD.	7/2012	55-57
Štúdium termostabilných esterov z O-(karboxymetylškrobu) <i>Investigation of Thermostable Esters from O-(carboxymethylstarch)</i> Ing. Petra Skalková, PhD., Ing. Jana Pagáčová, PhD., Ing. Martin Březina, CSc., Ing. Michal Kapušňák	7/2012	58-60
Metódy starnutia a charakterizácia LDPE/CMS zmesí <i>Methods of Ageing and Characterization of LDPE/CMS Blends</i> prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc., Ing. Simona Lendvayová, Ing. Stanislava Uherková, doc. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD., prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD., Ing. Jozef Kraxner, PhD.	7/2012	61-62
Termická stabilita skiel systému Li₂O - 2SiO₂ <i>Thermal Stability of Glasses Belonging to the Li₂O - 2SiO₂ System</i>		
Neželezné kovy a slitiny Non-ferrous Metals and Alloys		
Ing. Jitka Malcharecziková, Ph.D., prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc., Ing. David Kaňák, Ing. Martin Pohludka, Ing. René Fridrich Odstředivé litá slitina Ni₃Al – strukturní charakteristiky <i>Centrifugally Cast Alloy Based on Ni₃Al- structure Characteristics</i> prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc., prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc., doc. Ing. Miroslav Greger, CSc., Ing. Ivo Szurman, Ph.D., Ing. Silvie Brožová, Ph.D., Ing. Jitka Malcharecziková, Ph.D., Ing. Daniel Petlák, doc. Ing. Václav Netek, CSc., Ing. Zdeněk Noga, CSc., Ing. Michal Madaj, Ing. Martin Pohludka	5/2012	35-40
Vědecko-výzkumné aktivity oddělení přípravy materiálů v Regionálním materiálově technologickém výzkumném centru Ostrava <i>Activities of the Department of Materials Preparation in the Regional Materials Science and Technology Centre in Ostrava</i> doc. Dr. Ing. Monika Losertová, Ing. Jan Juřica, Ing. Petr Štěpán, Ing. Ivana Petrášová, Ing. Kateřina Konečná, Ing. Vlastimil Matějka, Ph.D.	6/2012	75-80
Mechanické legování slitiny na bázi Ni₃Al ve vodíku <i>Mechanical Alloying of Ni₃Al Based Alloy in Hydrogen</i> Ing. Jitka Malcharecziková, Ph.D., Ing. Martin Pohludka, Ing. Vlastimil Matějka, Ph.D., prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc., Ing. František Filuš	6/2012	81-85
Strukturní a fázová analýza Ni-Al-B slitin <i>Structural and Phase Analysis of Ni-Al-B Based Alloys</i> doc. Ing. Marta Kianicová, Ph.D., Ing. Dana Bakošová, PhD.	7/2012	86-89
Štúdium zliatin medi použitím atómovej silovej mikroskopie <i>Study of Copper Alloys by Atomic Force Microscopy</i>		63-65
Zkušebnictví, měřičství, laboratorní metody Testing, Measurement, Laboratory Methods		
Ing. Stanislava Hlebová, prof. Ing. Ladislav Pešek, CSc., Ing. Tomáš Kandra Deformační charakteristiky ocelových plechov v lokální a globální oblasti použitím videoextenzometrie při statické zkoušce v tahu <i>Deformation Characteristics of the Tensile Specimens of Steel Sheet in Local and Global Area Using Videoextensometry</i>	3/2012	14-18
Ing. Stanislava Hlebová, prof. Ing. Ladislav Pešek, CSc. Kinetika procesu trhání tenkých ocelových plechov při statickém zatížení <i>Kinetics of tearing process of thin steel sheets under static loading</i>	3/2012	19-22
Ing. Jiří Pavlovský, Ph.D., prof. Ing. Zdeněk Klika, CSc., Mgr. Martin Mucha, Ph.D., Ing. Michal Ritz, Ph.D., RNDr. Václav Slovák, Ph.D. Studium interkalátů sodného montmorillonitu s Al-polykationty <i>Study of Sodium Montmorillonite Intercalates with Al-polyocations</i> prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Bc. Rostislav Kawulok, Ing. Petr Kawulok, Ing. Michal Čagala, Ing. Pavel Suchánek, Ph.D.	3/2012	23-31
Vliv výpočetní metody na hodnotu aktivací energie aluminidu železa při tváření za tepla <i>Influence of the Calculation Method on the Value of Iron Aluminide Activation Energy at Hot Forming</i> npor. Ing. Martin Lojda, plk. doc. Ing. Pavel Maňas, Ph.D., doc. Ing. Věroslav Kaplan, CSc., prof. Ing. Jaromír Kadlec, CSc., doc. Ing. Miroslav Pospíchal, CSc.	4/2012	55-59
Analýza výztuže železobetonového mostu <i>Analysis of the Armature in the Reinforced Concrete Bridge</i> Ing. Monika Žaludová, doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D., Ing. Simona Zlá, Ph.D., prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc., Ing. Silvie Rosypalová, doc. Ing. Rostislav Dudek, Ph.D., prof. Ing. Karel Michálek, CSc., Ing. Karel Gryc, Ph.D., Ing. Markéta Tkadlecká, Ph.D., Ing. Petr Klus	5/2012	55-61
Studium systémů na bázi Fe-C-O pomocí metody DSC <i>DSC Study of Fe-C-O Based System</i> doc. RNDr. Jaroslav Vlček, CSc., doc. Dr. Ing. Michal Lesňák, prof. Ing. Jaromír Pištor, CSc., RNDr. František Staněk, Ph.D.	6/2012	111-115
MO SPR – teorie a experimenty <i>MO SPR - theory and experiments</i> Dr. Ing. Zdeněk Kuboň, Ing. Daniel Omacht, Zdeněk Kubánek, Jan Panna, Roman Doležal	6/2012	116-118
Stroj SPUTT 500 pro creepové zkoušky malých vzorků <i>Small Punch Creep Testing Machine SPUTT 500</i> Ing. David Hrabovský Ph.D., doc. Mgr. Kamil Postava, Ph.D.	6/2012	119-124
Infračervená spektroskopie povrchových oxidů na páscech orientované transformátorové oceli <i>Infrared Spectroscopy of Oxide Layer on Strips of Grain Oriented Electrical Steels</i> doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D., Ing. Michal Pastorek	6/2012	125-130
	7/2012	81-84

Stanovení radiální tuhosti pneumatiky z experimentů na statickém zkušebním zařízení nazývaném statický adhezor <i>Determination of Radial Stiffness of Tire from Experiments on the Static Test Device Called Static Adhesor</i>		
doc. RNDr. Ján Bezečný, CSc., Ing. Ján Mičič Modelovanie krehkého porušovania tenkostenných oceľových súčiastok <i>Simulation of Brittle Rupture of Thin-Walled Steel Components</i>	7/2012	85-87
doc. RNDr. Ján Bezečný, CSc., Ing. Annamária Petránová Modifikácia zariadenia EDDYSCAN na presné meranie <i>Modification of Equipment EDDYSCAN for Accurate Measurement</i>	7/2012	88-90
doc. Ing. Pavol Lizák, PhD., Ing. Jaroslav Ligas, PhD. Meranie hmotnej nerovnomernosti priadzí <i>Coefficient of Variation Measurements of Yarns</i>	7/2012	91-93
Tepelná technika, pece, žárovzdorný materiál Thermal Engineering, Reheating Furnaces, Refractory Material		
doc. Ing. Pavol Vadász, CSc., doc. Ing. Gabriel Sučík, PhD., Ing. Eva Grambálová, PhD. Alternatívne palivá a ich vplyv na žiaruvzdorné výmurovky sústavy $Al_2O_3-SiO_2$ <i>Alternative Fuels and their Influence on the Refractory Lining of the System $Al_2O_3-SiO_2$</i>	1/2012	12-17
doc. Mgr. Ivan Kopal, PhD., Ing. Karol Kováč, Ing. Richard Puchký Odhad tepelnej kapacity použitím parametrického fitovania kriviek chladnutia <i>Estimation of Specific Heat by Parametrical Fitting of Cooling Curves</i>	7/2012	94-97
doc. Mgr. Ivan Kopal, PhD., Ing. Karol Kováč, Ing. Silvia Uričová, Ing. Mária Bačíková Štúdium termofyzikálnych parametrov autopoťahov rôznej hrúbky <i>The Thermophysical Parameters Study of Car Seat Covers with Different Thickness</i>	7/2012	98-100
doc. Ing. Pavol Lizák, PhD., Ing. Jela Legerská, PhD., Ing. Jaroslav Ligas, PhD. Vplyv elektrických vlastností na tepelno-izolačné vlastnosti tkanín <i>Influence of Electrical Properties on the Thermal - Insulation Properties of the Textile Fabrics</i>	7/2012	101-103
Koroze Corrosion		
Ing. Zita Drozdová, Ing. Petr Kijonka Náchylnosť hliníkových slitín k bodovej korozií ověřená pomocí cyklické polarizace <i>Pitting Corrosion Susceptibility of Aluminium Alloys Verified by Cyclic Polarization</i>	3/2012	8-13
doc. Ing. Stanislav Lasek, Ph.D., Ing. Kateřina Skotnicová, Ph.D., prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc. Porovnání korozií odolnosti magnetu typu NdFeB s ochranným povlakem ZnAl a daných kovů ve vybraných prostředích <i>Comparison of Corrosion Resistance of NdFeB Magnet Type with Protective ZnAl Coating and Related Metals in Selected Environments</i>	5/2012	41-45
doc. Ing. Marta Kianicová, PhD., Ing. Ján Kafrik, Ing. Jaroslav Trník, Ing. Ondřej Dvořáček Zmeny mikroštruktúry po vysokoteplotnej korózii vybraných difúzných povlakov <i>Changes in Microstructure of Selected Diffusion Coatings after Hot Corrosion</i>	7/2012	75-77
Povrchová úprava Surface Treatment		
doc. Dr. Ing. Antonín Kříž Použitelnost výsledků z laboratorních analýz v praxi <i>Applicability of Results from Laboratory Analyses in Practice</i>	2/2012	20-29
RNDr. Milan Ferdinandy, RNDr. František Lofaj, DrSc., prof. RNDr. Ján Duszka, DrSc., doc. Ing. Daniel Kottfer, PhD. Příprava povlaků WC rozkladem $W(CO)_6$ metodou PE CVD <i>Preparation of WC Coatings by $W(CO)_6$ Decomposition Using PE CVD Method</i>	2/2012	30-33
Ing. Jiří Hodač, doc. Dr. Ing. Antonín Kříž, Ing. Petr Beneš Ph.D., Ing. Jiří Hájek, Ph.D. Aplikace tenkých vrstev na nástrojích pro řezání pryže <i>Application of thin Films on Tools for Cutting of Rubber</i>	2/2012	34-39
prof. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc., prof. Ing. František Uhrek, PhD., Ing. Tomáš Kocourek Ph.D., Ing. Jan Remsa, Ing. Jan Mikšovský, Ing. Petr Písařík, Ing. Markéta Zezulová, Ing. Jaroslav Bruncko, PhD. Biokompatibilní anorganické a organické vrstvy připravené laserem <i>Biocompatible inorganic and organic layers prepared by laser</i>	2/2012	40-46
Ing. Martin Sahul, doc. Ing. Lubomír Čaplovič, PhD., doc. Ing. Martin Kusý, Ph.D., Ing. Jozef Sondor Analýza vybraných typů supertvrdých povlaků vyhotovených procesem larc® <i>Analysis of Properties of Selected Types of Superhard Layers Prepared by LARC® process</i>	2/2012	47-51
doc. Ing. Stanislav Lasek, Ph.D., Ing. & Ing. Nela Dobrovodská, Ing. Kateřina Skotnicová, Ph.D. Vlastnosti vybraných galvanických povlaků pro ochranu magnetů na bázi NdFe <i>Properties of Selected Galvanic Coatings for Protection of NdFe Based Magnets</i>	6/2012	100-105
RNDr. Miloš Vaniček, Ing. Karel Malaník, CSc. Aplikační možnosti techniky GDOS v povrchové analýze <i>Application Possibilities of GDOS Technique in Surface Analysis</i>	6/2012	106-110
doc. Ing. Marta Kianicová, PhD., Ing. Ján Kafrik, Ing. Jaroslav Trník, Ing. Dana Bakošová Ph.D., Ing. Ondřej Dvořáček Vplyv vytrvalostnej skúšky na mikroštruktúrne charakteristiky CVD povlaku <i>Influence of Endurance Time Test on Microstructure Characteristics of CVD Coating</i>	7/2012	78-80
Ekologie, recyklace, druhotné zpracování odpadů Environmental Protection, Recycling, Secondary Wastes Processing		
prof. Ing. Zdeněk Klika, CSc., Ing. Ondřej Němček, Ing. Michal Čagala, doc. RNDr. Lucie Bartoňová, Ph.D., Ing. Zbyszek Szeliga, Ph.D., Ing. Jana Serenčíšová Distribuce As a Hg při spalování uhlí <i>Distribution of As and Hg during the Coal Combustion</i>	5/2012	46-54
Ing. Věroslava Pěkníková, doc. Ing. Vladimír Tomášek, CSc., Ing. Miroslav Vaculík, doc. Ing. Daniela Plachá, Ph.D., Ing. Matěj Dvořáček Plynné produkty třecích procesů v brzdových systémech automobilů <i>Gaseous Products of Friction Processes in Automotive Brake Systems</i>	6/2012	90-95
prof. Ing. Zdeněk Klika, CSc., Ing. Ondřej Němček, Ing. Michal Čagala, doc. RNDr. Lucie Bartoňová, Ph.D., Ing. Zbyszek Szeliga, Ph.D., Ing. Jana Serenčíšová Distribuce As a Hg při spalování uhlí <i>Distribution of As and Hg during the Coal Combustion</i>	6/2012	96-99

doc. Ing. Pavol Lizák, PhD. Aplikácia recyklovaných textílií v odevnom dizajne <i>Application of Textile Recycling in the Clothing Design</i>	7/2012	66-68
prof. Ing. Eugen Jóna, DrSc., Ing. Róbert Janík, PhD., prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD., doc. RNDr. Mariana Pajtášová, PhD., Ing. Martina Loduhová, Ing. Zuzana Harmatová Odstraňovanie toxických derivátov fenolu z vodných roztokov použitím Co-montmorillonitu <i>Removal of Toxic Phenol Derivatives from Water Solutions by Using Co-montmorillonite</i>	7/2012	69-71
prof. Ing. Darina Ondrušová, PhD., Ing. Michaela Ďurčeková, Ing. Lenka Špániková, Ing. Slavomíra Domčeková, Ing. Martina Čechová Odstraňovanie železa z vodných roztokov pomocou modifikovaného zeolitu <i>Removal of Iron from Aqueous Solutions Using a Modified Zeolite</i>	7/2012	72-74
Strojírenské dohotovení a užití hutních výrobků Machinery Finishing and Utilization of Metallurgical Products		
doc. Ing. Emil Svoboda, CSc., Ing. Renata Dvořáková, CSc., Ing. Pavel Bartošik Zpevnění povrchu vrtaných otvorů <i>Surface Hardening of Drilling Holes</i>	5/2012	62-67
Údržba Maintenance		
Ing. Petr Besta, Ph.D., Ing. Martin Lampa, Ph.D., Ing. Kamila Janovská, Ph.D. Údržba jako potenciální zdroj snižování nákladů výrobních organizací <i>Maintenance as a Potential Source of the Cost Cutting in Production Enterprises</i>	5/2012	68-72
Ing. Jan Počta, CSc. Zásady zavádění technické diagnostiky ve válcovnách <i>Principles of Implementation of Technical Diagnostics in Rolling Mills</i>	5/2012	73-79
Počítačová simulace, výpočetní metody Computer Simulation, Computing Methods		
Ing. Jiří Šimeček, Ing. František Hirsch, doc. Dr. Ing. Antonín Kříž Simulace defektů při výrobě vysoce kvalitních litinových přepážek pomocí metody MKP v programu ProCAST <i>Simulation of Defects at Production of High Quality Cast Iron Partitions Using the FEM Simulation Software ProCAST</i>	1/2012	18-23
Ing. Ivo Špička, Ph.D., doc. Ing. Milan Heger, CSc., Ing. Robert Frischer, Ing. Ondřej Zimný, Ph.D., Bc. Roman Meca Využití PLC v moderní výuce řízení technologií <i>PLC Usage in Modern Lectures of Technology Control</i>	1/2012	24-29
Ing. Ondřej Zimný, Ph.D., Ing. Martin Bogár, Ing. Hana Mazalová, Ing. Mária Stráňavová Predikce korozního úbytku materiálu pomocí umělých neuronových sítí <i>Prediction of Corrosion Material Loss by Use of Artificial Neural Networks</i>	2/2012	52-55
doc. Ing. Jiří David, Ph.D., Ing. Helena Nováková Algoritmizace procesu výrobního rozvrhování na ocelárně <i>Algorithmization of the Process of Production Scheduling at Steel Plant</i>	2/2012	56-61
Ing. Petr Kotas, Ph.D., prof. Jesper Henri Hattel, Ph.D., Ing. Zdeněk Carbol Numerická simulace a optimalizace charakteru tuhnutí a pásmových vycizenin v ocelovém odlitku nosného kruhu <i>Numerical Modeling and Optimization of Thermal Behavior and A-segregates in a Load-carrying Steel Ring Casting</i>	3/2012	32-41
Ing. Michal Duchek, Ing. Mikuláš Fedorko, Ing. Tomáš Kubina, Ph.D., Ing. Božik Martinek Numerická simulace kování ingotu s vnitřními vadami <i>Numerical Simulation of Ingot Forging with Internal Defects</i>	4/2012	60-63
Ing. Mikuláš Fedorko, Ing. Ladislav Maleček Dosavadní získané poznatky s přípravou numerického modelu kování výkovku čtyřpólové hřídele <i>Construction of Numerical Model of Forging Process of Four-pole Rotor Shaft</i>	4/2012	64-68
Ing. Ladislav Maleček, Ing. Mikuláš Fedorko Numerická simulace tepelného zpracování velkých výkovků <i>Numerical Simulation of Heat Treatment of Large Forgings</i>	4/2012	69-73
Mgr. Marek Vindyš, Ing. Petr Unucka, Ph.D., Aleš Bořuta Vliv hustoty sítě konečných prvků na výsledky simulací tahové a krutové zkoušky <i>Effect of Mesh Density on the FEM Simulations of Tensile and Torsion Test</i>	6/2012	131-134
doc. Ing. Jan Krmela, PhD., Ing. Jozefína Drdákova, Ing. Ivan Kováč, Ing. Peter Vido, Ing. Michal Pastorek, Ing. Monika Struhariňanská Stanovenie Mooney-Rivlinových parametrov nánosových zmesí oceľokordov pre vstupy do MKP výpočtových modelov pneumatík <i>Determination of Mooney-Rivlin Parameters of Rubber Used for Rubberizing of Steel cords as an Input for FEA Models of Tire</i>	7/2012	104-106
prof. Ing. Ján Vavro, PhD., Ing. Ján Vavro, PhD., jr., Ing. Alena Vavrová, PhD., Ing. Petra Kováčiková, Ing. Robert Vanc Dynamická analýza ovijacieho mechanizmu pri výrobe osobných a nákladných surových autoplášťov <i>Dynamic Analysis of Winding Mechanism during the Manufacturing Process of Passenger and Freight Raw Car Tyres</i>	7/2012	107-109
prof. Ing. Ján Vavro, PhD., Ing. Ján Vavro, PhD., jr., Ing. Alena Vavrová, PhD., Ing. Petra Kováčiková, Ing. Robert Vanc Numerická analýza vlastných frekvencií tvárnej liatiny s guľôčkovým tvarom grafitu a sivej liatiny s lupienkovým tvarom grafitu <i>Numeric Analysis of the Eigenfrequencies of the Ductile Cast Iron with the Spheroidal Shape of Graphite and Grey Cast Iron with the Lamellar Shape of Graphite</i>	7/2012	110-114
doc. RNDr. Ladislav Matejíčka, CSc. Návrh na vylepšenie Carlemansovej nerovnosti <i>Some Remarks on Carleman's Inequality</i>	7/2012	115-121
doc. RNDr. Ladislav Matejíčka, CSc. Poznámka k jednému otvorenému problému nekonečných rad <i>Note On Open Problem</i>	7/2012	121-122
Řízení jakosti Quality Management		
doc. Ing. Jozef Petrik, PhD., doc. Ing. Vojtech Mikloš, PhD., doc. RNDr. Pavol Palfy, PhD., doc. Ing. Milan Havlik, CSc. Vyhodnotenie kvality merania tvrdosti <i>The Evaluation of the Hardness Measurement Quality</i>	1/2012	30-36
prof. Ing. Darja Noskiewiczová, CSc., Ing. Jan Fridrich Analýza metod statistické regulácie procesů vhodných pro zpracování autokorelovaných dat z pohledu praktické aplikovatelnosti <i>Analysis of Statistical Process Control Methods Suitable for Processing of Autocorrelated Data with Respect to their Practical Applicability</i>	1/2012	37-45

prof. Ing. Ján Vavro, PhD., Ing. Ján Vavro, PhD., jr., Ing. Alena Vavrová, PhD., Ing. Petra Kováčiková Experimentálna a teoretická analýza väd pneumatík nákladných vozidiel pri dynamickom zaťažení <i>The Experimental and Theoretical Analysis of the Defects in Tyres for Freight Vehicles at the Dynamic Loading</i>	7/2012	123-126
E k o n o m i k a, o r g a n i z a c e, ř i z e n í E c o n o m y, O r g a n i z a t i o n, M a n a g e m e n t		
Ing. Roman Klepek, MBA, doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D. Heuristická pravidla pro zvýšení využití kapacity tepelného zpracování výkovků <i>Heuristic rules for increasing the capacity utilization of forged pieces heat treatment</i>	1/2012	46-50
Ing. Petr Besta, Ph.D., Ing. Kamila Janovská, Ph.D., Ing. Bc. Lukáš Hula, Ing. Martin Lampa, Ph.D., doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D. Logistika a řízení zásob v hutní výrobě <i>Logistics and Inventory Management in Metallurgical Production</i>	1/2012	51-55
Ing. Kamila Janovská, Ph.D., Ing. Petr Besta, Ph.D., Ing. Bc. Lukáš Hula Stanovení limitních hodnot nákupních cen ocelářenské a válcovenské vsázky pro předpokládanou technologickou substituci <i>Determination of Limit Values of the Purchase Prices of Steelmaking and Rolling Mill Charge for Supposed Technological Substitution</i>	1/2012	56-59
Ing. Ivan Dluhoš, Ph.D. Teoretické přístupy a praktické zkušenosti v řízení lidských zdrojů v průmyslové sféře <i>Theoretical approaches and practical experience in human resources management in industry</i>	3/2012	42-47
Ing. Petr Besta, Ph.D., Ing. Kamila Janovská, Ph.D., doc. Ing. Šárka Vilamová, Ph.D., Ing. Bc. Lukáš Hula Princip stanovení výše pojistné zásoby v průmyslovém podniku <i>The Principle of Determination of the Buffer Stock Value in an Industrial Company</i>	3/2012	48-51
Ing. Jan Strejček, MBA Hodnocení dodavatelů ve zpracovatelském řetězci na bázi fuzzy logiky <i>Evaluation of Suppliers in the Processing Chain Based on Fuzzy Logic</i>	5/2012	80-85
B) INFORMAČNÍ ČLÁNKY I n f o r m a c e H Ž, a. s.		
Porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 s rokem 2010	1/2012	60
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012, vč. upřesnění r. 2011	1/2012	61
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012	2/2012	62
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012	3/2012	52-53
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012	4/2012	74-75
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012	5/2012	86-87
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2011 a 2012	6/2012	135-136
Z h o s p o d á ř s k é č i n n o s t i p o d n i k ů		
Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D., prof. Ing. Karel Matocha, CSc., Ing. Tomáš Teindl MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. - 65. výročí jeho založení <i>MATERIAL & METALLURGICAL RESEARCH L.t.d. - the 65th Anniversary of the Company Establishing</i>	1/2012	62-64
Ing. Jan Počta, CSc. Diskusní příspěvek k článku „Deformation Characteristics of the Tensile Specimen of Steel Sheet in Local and Global Area Using Videocextensometry“, autorů Hlebová, S., Pešek, L., Kandra, T. uveřejněného v tomto vydání časopisu: Hutnické listy, 2012, roč. LXV, č. 3, s. 14	3/2012	54-56
Ing. Ladislav Jílek, CSc. Čínské volné kovárny zaznamenávají velký rozvoj		57-58
Ing. Vladimír Žilka REBOX HLL – nové řešení pro snížení spotřeby paliva v ohřívacích a žhacích pecích ASK Chemicals GmbH Procesní simulace od společnosti ASK Chemicals optimalizuje odlévání	5/2012	88-90
Ing. Jan Počta, CSc. Diskusní příspěvek k článku „Údržba jako potenciální zdroj snižování nákladů výrobních organizací“ Discussion contribution to the article „Maintenance as a Potential Source of the Cost Cutting in Production Enterprises“ autorů Besta, P., Lampa, M., Janovská, K. uveřejněného v tomto vydání časopisu: Hutnické listy, 2012, roč. LXV, č. 5, s. 68-72		91
		92-93
Z e s p o l k o v é č i n n o s t i a o d b o r n ý c h a k c í		
Ing. Robert Lovecký Konference Vrstvy a povrchy 2011	2/2012	63
Organizační výbor konference Konference Teorie a praxe výroby a zpracování oceli	3/2012	59
prof. Ing. Tomáš Elbel, CSc. Konference Spolupráce 2012	4/2012	76-77
SB (podle zdroje: Bc. Fejfar Vítězslav, konstrukce.cz, 20.6.2012) 14. konference Ocelové konstrukce 2012 Karlova Studánka	4/2012	77-78
Ing. Martin Karfús, CSc. Možnosti využití prostředků Výzkumného fondu pro uhlí a ocel Evropské unie	4/2012	78
Jiří Kliber, Miroslav Kursa, Tasilo Prnka METAL 2012	4/2012	79-82
prof. Ing. Ivan Lukáč, Ph.D. Mezinárodní konference Vyhne '12, Produktivní řízení slévárny	5/2012	94-95
Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D. 2. mezinárodní konference Small Sample Test Techniques	6/2012	137
prof. Ing. Ivan Lukáč, Ph.D. 2. Mezinárodní konference NDT 2012 - Mikroskopie a nedestruktivní zkoušení materiálů 2012		138-139
prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc., Ing. Silvie Brožová, Ph.D. Spolupráce Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství, VŠB-TU Ostrava a Hutnické fakulty, TU v Košiciach		140

Ze života škol		
Ing. Kamila Janovská, Ph.D. Sektorová rada pro hutnictví, slévárnictví a kovárnictví	3/2012	60-61
Historie hutnictví		
prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., Ing. Drahomíra Janová, prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Lubomír Stránský, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc. Metalurgie tavení polymetalických Pb-Ag-Cu-Zn rud v okolí Havlíčkova Brodu od 13. do poloviny 17. století <i>Metallurgy of Smelting of Complex Pb-Ag-Cu-Zn Ores in the Neighborhood of Havlíčkův Brod since the 13th till the Middle of the 17th Century</i>	1/2012	65-74
prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., Ing. Drahomíra Janová, prof. Ing. František Kavička, CSc., CSc., Ing. Lubomír Stránský, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc. Těžba a hutní zpracování polymetalických Pb-Ag-Cu-Zn rud v Jezdovicích u Třeště na Jihlavsku <i>Mining and Metallurgical Processing of Complex Poly-metallic Pb-Ag-Cu-Zn Ores in Jezdovice near Třešť in Jihlava Region</i>	3/2012	62-68
Ing. Jan Počta, CSc. Hutnické listy – geneze		69-72
Ing. Jan Počta, CSc. Hutnické listy – geneze	4/2012	83-86
Ing. Ladislav Jílek, CSc. Ekologický pohled na výrobu kovů v historii	5/2012	96-98
prof. Ing. Karel Stránský, DrSc., Ing. Pavla Roupčová, Ph.D., prof. Ing. František Kavička, CSc., Ing. Drahomíra Janová, Ing. Lubomír Stránský, CSc., Ing. Bohumil Sekanina, CSc. Prospekce, těžba a hutní zpracování polymetalických rud Pb-Ag-Cu-Zn na bývalém perněstejském panství <i>Exploration, Mining and Metallurgical Processing of Complex Pb-Ag-Cu-Zn Ores in Former Domination of Lord of Pernštejn</i>		99-108
Ing. Jan Počta, CSc. Hutnické listy – geneze		109-114
Ing. Jan Počta, CSc. Hutnické listy – geneze	6/2012	141-145
Ing. Frank Wheeler, CSc. O padesát let později – osobní ohlédnutí		145-146
Recenze		
Mgr. Stanislava Bálková Ochranná známka a průmyslový vzor - jejich ochrana a padělání Grant Leboff Sticky Marketing – jak zaujmout, získat a udržet si zákazníky	1/2012	76-77
Jaroslav Nenádál, David Vykydal, Petra Halfarová Benchmarking - mýty a skutečnost Milan Myška a kol. Historická encyklopedie podnikatelů Dr. Lawrence M. Krauss Jsou tři prostorové rozměry opravdu vše, co existuje?	2/2012	64-66
Michael J. Marguard Action Learning - Účinná metoda řešení problémů a nácviku interpersonálních dovedností pro vedení a rozvoj týmů Jaromír Mindl, Josef Panchartek Velký chemický slovník: Část česko anglická a Velký chemický slovník: Část anglicko-česká	3/2012	73-74
Tom Peters Malé VELKÉ věci <i>Sue Knight</i> NLP v praxi	4/2012	87
Steven Johnson Odkud se berou dobré nápady Tony Cram Vítězný tah. Jak dosáhnout prvotřídní úrovně služeb Edward Russel-Walling Management: 50 myšlenek, které musíte znát	5/2012	115-116
Tony Crilly Matematika – 50 myšlenek, které musíte znát Michal Korecký, Václav Trkovský Management rizik projektů se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích Štefan Michna, Sylvia Kušmierzczak Praktická metalografie	6/2012	147-148
		148
		149
Společenská kronika		
Katedra tváření materiálu FMMI, VŠB-TU Ostrava ITA s.r.o. Navždy odešel prof. Ing. Jiří Elfmark, DrSc. * 1.1.1927 † 14.2.2012	1/2012	75
prof. Ing. Karel Michalek, CSc., doc. Ing. Václav Kafka, CSc., Ing. Jan Počta, CSc., red. Připomínáme si páté výročí úmrtí prof. Ing. Zdeňka Bůžka, CSc.	2/2012	67-70
Ing. Josef Bořuta, CSc. K osmdesátinám Ing. Vladimíra Dědka, CSc.	4/2012	89-91
Dr. Ing. Stanislav Bartusek Bez bubnů a trumpet ...	4/2012	91-92
Konference, veletrhy a výstavy		
red.(podle zdroje: Eva Václavíková, David Václavík, zastoupení Deutsche Messe v ČR, Myslbekova 7, Praha 6, info@hf-zechrepublic.com) HANNOVER MESSE 2012 Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.	1/2012	78-80 81

Kalendář odborných mezinárodních konferencí red. (podle zdroje: Susanna Neuner, PR Manager, EuroBLECH Press Office, Mack Brooks Exhibition, St. Albans – Herts, UnitedKingdom www.mackbrooks.co.uk) EuroBLECH 2012	2/2012	71
Oborově orientované akce do konce r. 2012 red. (podle Susanne Neuner, PR Director EuroBLECH Press Office, Mack Brooks Exhibitions, Romeland House, Romeland Hill, St Albans, Herts AL3 4ET, Velká Británie, press@mackbrooks.co.uk, www.euroblech.com) 22. mezinárodní veletrh technologií pro zpracování plechu EuroBLECH red. (podle zdroje: Josef Vališka, tisk. zpráva, EuroBLECH Press Office, Mack Brooks Exhibitions, Romeland House, Romeland Hill, St Albans, Herts AL3 4ET, Velká Británie, press@mackbrooks.co.uk, www.euroblech.com) Česká stopa na veletrhu EuroBLECH 2012 Ing. Ladislav Jílek, CSc.	3/2012	75 76
Mezinárodní odborné akce do konce roku 2012 Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D. Kalendář mezinárodních odborných konferencí Ing. Ladislav Jílek, CSc. Odborné konference, veletrhy a výstavy v r. 2013	4/2012	93
	5/2012	118
	6/2012	150
		151
C) ÚVODNÍKY		
prof. dr hab. inž. Eugeniusz Hadasik, prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., doc. Ing. Viktor Tittel, CSc. Forming 2012	4/2012	4
prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc., Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D. Tři roky řešení projektu - Regionální materiálově technologické výzkumné centrum	6/2012	5-6
prof. Ing. Ján Vavro, PhD. Profil Fakulty priemyselných technológií so odlom v Púchove	7/2012	5-6

The 5th International Conference STEELSIM 2013

International Conference on Modelling and Simulation of Metallurgical Processes in Steelmaking

Ostrava, Czech Republic, September, the 10th -12th 2013

Conference is organized by:

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

Preliminary registration form and the abstract please send till January, the 31st 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

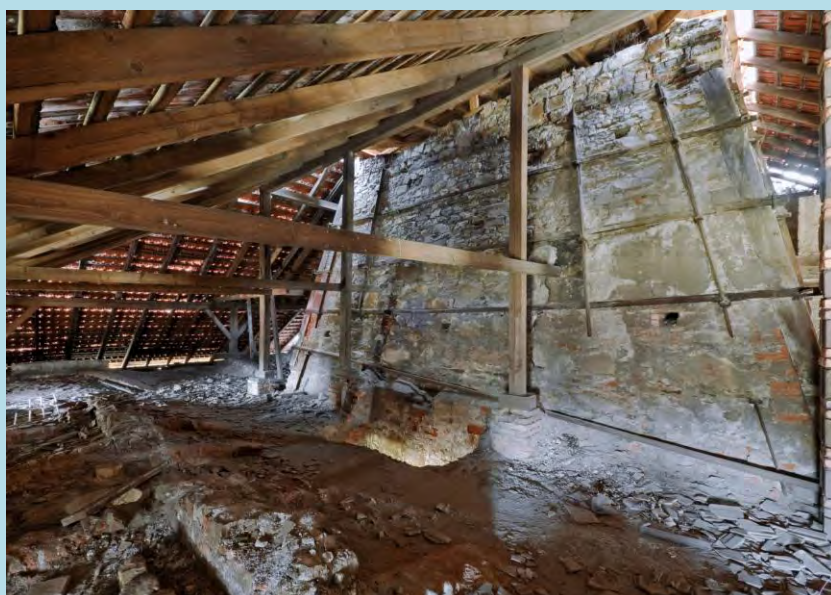
On-line registration is available on:

www.mmvyzkum.cz/conference



Železářská huť v Jincích pracovala od r. 1810 v kraji, kde již Keltové v době laténské zpracovávali kovové rudy především na bázi mědi, jak svědčí řada artefaktů v archeologických vykopávkách. Rovněž primitivní železářské pece zde zanechaly své stopy. První písemné zmínky o zpracování železných rud pocházejí z r. 1390 v listině krále Václava IV. První vysoká pec v Jincích pracovala v r. 1646. Huť využívala k redukci rudy bohaté zdroje dřeva v okolních lesích a vodu z řeky Litávky jako energii pro pohony.

Objekt na fotografiích představuje dnešní stav železářské hutě Barbora, pojmenovaná po manželce tehdejšího hutního ředitele. Vybudoval ji hrabě Rudolf z rodu Vrbnů. Vysoká pec v Jincích tak rozšířila hutní základu v Komárově, Cheznovicích a Tihavě, která byla součástí hořovického panství náležejícího Vrbnům od r. 1685. V Jincích však Vrbnové vládali až od r. 1804. Vysoká pec Barbora ve své době patřila k technické špičce v rámci habsburského mocnářství. Nahradila dvě dřevouhelné pece pracující do té doby v Jincích v průběhu 2. pol. 18. stol. a díky svým technickým parametrům snadno nahradila výrobní kapacitu původních dřevouhelných pecí 690 t surového železa ročně. Železo se vyrábělo v dřevouhelné vysoké peci o výšce 5 m, později zvýšené na 9 m, s průměrem sazební 1,2 m, průměrem rozporu 2,45 m a průměrem nístěje 0,8 m. Vyzdívka byla původně zhotovena z hrubozrnného žárovzdorného pískovce. V polovině 19. stol. byla nahrazena šamotovými cihlami, zachovanými dodnes. Zavážení vysoké pece se provádělo výtahovými vozíky, které se v úrovni sazební pohybovaly po litinových kolejnicích, z nichž se v různých místech sazební vsázka sypala do pece s cílem rovnoměrného rozvrstvení po jejím průřezu. Kromě vysokopecní výroby se v historickém areálu zhruba do pol. 19. stol. zpracovávalo železo v hamrech na tyče, hřebíky, plech a drát.



Vysoká pec je situována do hutní budovy, v níž se nacházela také slévárna zpracovávající zdejší tavby. Slévárna vyráběla litinové dělové hlavně, dělové koule, kamna a nádoby. Vysoká pec Barbora byla centrem výrobního řetězce v kraji, na nějž navazovala řada domácích dílen na výrobu drobných železných předmětů pro řemeslníky a zemědělce.

Současný stav svědčí o značné devastaci objektu, i když nelze upřít nynějším soukromým majitelům snahu o zachování památky. Střešní krytina a krovy, jsou zjevně nové a zřejmě ani nejsou vybudovány zcela přesně

podle původního historického stavu. Ve zdivu jsou zachována okna pro přímé osvětlení pracovního prostoru uvnitř, ale větrací otvory nad lící plošinou vysoké pece a nad slévárnou chybějí. Stejně tak stanová střecha nad sazebnou pecí je nepůvodní a lze se domnívat, že byla vybudována až po ukončení výroby železa v r. 1874 a převedení celého areálu na jiné výrobní obory.