

Použití kovonosných briket ke snížení obsahu dusíku v oceli

Use of Metallic Briquettes to Reduce the Content of Nitrogen in Steel

Ing. Jaromír Kaleta; Ing. Bohuslav Chmiel; Ing. Tomáš Huczala, Ph.D.; Ing. Vladimír Troszok

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

Výroba vakuované oceli s nízkým obsahem dusíku na elektroocelárně TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a. s. je limitována použitím chemického ohřevu v procesu sekundární metalurgie. Důvodem je zvyšování množství strusky v pánvi a následně zhoršení podmínek odplynění oceli ve vakuu. Technologie výroby oceli s nízkým obsahem dusíku vyžaduje dosažení nízkých obsahů dusíku v oceli již v elektrické obloukové peci (EOP). Snížení obsahu dusíku v EOP je ztíženo souběžnými požadavky na nízké obsahy fosforu a síry. K zefektivnění technologie výroby těchto ocelí bylo použito přisazení kovonosných briket do vsázky. Proces aktivního tavení k dosažení nízkých obsahů dusíku v oceli z EOP je hlavním tématem tohoto příspěvku.

Klíčová slova: elektrická oblouková pec; kovonosné brikety; dusík; fosfor; ocel

The production of steel with low nitrogen content in the electric steelwork of TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. is limited by the use of chemical heating in the secondary metallurgy process. This results in an increase in the amount of slag in the ladle and consequently causes deteriorated conditions of degassing of the steel in vacuum. Basicity of slag (CaO/SiO_2) decreased below 2 after chemical heating and do not allow effective desulphurisation of steel. The technology of production of steel with low content of nitrogen, phosphorus and sulphur requires that low levels of these undesirable elements are achieved already in the electric arc furnace (EAF). Concurrent requirements for low levels of phosphorus and sulphur reduce the efficiency of denitrogenation. The reason is to remove the slag and to uncover the steel bath. An experiment was proposed to use metallic briquettes in the batch. This has resulted in an active melting process. The aim of the experiment was to achieve low levels of nitrogen in steel from EAF and concurrently low levels of phosphorus and sulphur. Coke was used to reduce the amount of phosphorus in the batch. The use of briquettes with added coke allowed the control of the decarburization process, when the optimal carbon content in steel is reached after melting. Further carbon reduction occurs during boiling of carbon. The mean value test confirmed a statistically significant difference in nitrogen content after melting of the batch between melts with briquettes and melts without briquettes. Vacuum degassing eliminates the increase in nitrogen that occurs during the reduction phase of the melt and during tapping. Experimental melts led to achievement of an average nitrogen content of 47 ppm. Modification of the technology allowed the production of new steel grades at the electric steel plant of TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.

Key words: Electric Arc Furnace; metallic briquettes; nitrogen; phosphorus; steel

Přechod dusíku z okolní atmosféry do ocelové lázně probíhá podle Sievertsova zákona. Proces přechodu dusíku lze popsat základními mechanismy [1]: difuzí molekul na mezifázovou hranici atmosféra-kov, adsorpcí plynu na povrchu, disociací molekuly dusíku N_2 na atomy a absorpcí a difuzí z povrchu do objemu taveniny. Oceli vyrobené v EOP obsahují vyšší obsahy dusíku ve srovnání s ocelmi vyrobenými v kyslíkových konvertorech. Ingotové oceli jsou v elektroocelárně TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a. s. (EO TŽ) zpracovány na zařízení VOD, které umožňuje chemický ohřev a vakuování nelegovaných i legovaných ocelí (proces VD). Doba vakuování je limitována poklesem teploty oceli, množstvím přísad a dostatečnou teplotní rezervou pro dohotovení tavby. Množství oxidů, které jsou produktem chemických reakcí z ohřevu oceli, výrazně zvyšuje množství strusky. Tím dochází ke snížení difuzní plochy povrchu tekuté oceli a snížení účinnosti vakuování. Míchání oceli v pánvi a řízení velikosti „oka“

je zajištěno dmýcháním inertního plynu (Ar) přes porézní kámen v pánvi. Rozborem problematiky celého procesu byl navržen experiment se zavedením aktivního tavení vsázky v elektrické obloukové peci (EOP) pomocí přísady kovonosných briket.

Podmínky pro snížení obsahu dusíku v oceli

Snížení obsahu dusíku probíhá v obráceném pořadí jako jeho přechod z atmosféry do ocelové lázně. Tento vratný děj lze popsat chemickou rovnicí podle [2]



Rovnovážnou konstantu obecné rov. (1) můžeme upravit na tvar, který je matematickým vyjádřením Sievertsova zákona:

$$[X] = \frac{K_X}{f_X} \sqrt{(p_{X_2})_r} \quad (2)$$

kde K_X je rovnovážná konstanta Sievertsova zákona (%),

f_X je aktivitní koeficient prvku (dusíku), který vyjadřuje vliv složení oceli (hmotnostního zastoupení ostatních prvků v oceli) na hmotnostní obsah dusíku (-),

$[X]$ - rovnovážný obsah atomárně rozpuštěného plynu v oceli (%),

$(p_{X_2})_r$ - relativní parciální tlak dvouatomového plynu (-).

Aktivitní koeficient dusíku f_N v oceli o n složkách lze spočítat např. pomocí rovnice 3.

$$\log f_N = \sum_{j=2}^n e_N^j [\%j] + \sum_{j=2}^n r_N^j [\%j]^2 \quad (3)$$

kde e_N^j a r_N^j jsou interakční koeficienty vyjadřující vliv hmotnostního obsahu složky j na aktivitu dusíku v tavenině železa. Interakční koeficienty jsou tabelovány. Nejcitovanější databází je práce Sighworda a Elliotta [3].

Ze Sievertsova zákona vyplývá, že obsah dusíku v oceli lze snížit nízkým parciálním tlakem dusíku. V EOP jsou tyto podmínky dosaženy ve vznikajících bublinách CO. Při mimopecním zpracování oceli v pánvi (MPZ), umístěné v kesonu, je využíváno snížení atmosférického tlaku. Na termodynamické podmínky rovnovážných obsahů dusíku má vliv i chemické složení oceli. Prvky s kladnou hodnotou interakčního koeficientu (hodnoty jsou uvedeny v závorkách) zvyšují aktivitu N a podporují snížení jeho obsahu. Jsou to především C (0,13), Si (0,047), Ni (0,01). Naopak prvky se zápornou hodnotou aktivitu N snižují a zhoršují podmínky pro snížení obsahu dusíku. Mezi tyto prvky patří Cr (-0,047), Mn (-0,02) a Mo (-0,011). Zhoršené podmínky pro snížení obsahu N v oceli budou proto u ocelí s nízkým obsahem C, legované Mn, Cr nebo Mo. Na tepelnou bilanci reakce podle rov. (1) má největší vliv endotermická disociace molekul dusíku na atomy. Přechod dusíku do oceli proto podporuje zvýšená teplota oceli.

Termodynamické podmínky daného procesu nejsou jedinými parametry k dosažení rovnováhy systému. Důležité jsou i kinetické podmínky procesu. Rychlost snížení obsahu plynu rozpuštěného v oceli je dána nejpomalejším článkem z výše uvedených dějů. Tím je difuze atomu plynu z objemu taveniny k mezifázové hranici kov-plyn. U reálných taveb je nutno uvažovat i vliv strusky. Struska může kov chránit před pecní atmosférou nebo naopak bránit zpětnému přechodu dusíku z kovu do atmosféry během vakuování oceli v kesonu. Rychlost difuze atomů plynu lze popsat kinetickou rovnicí 1. řádu

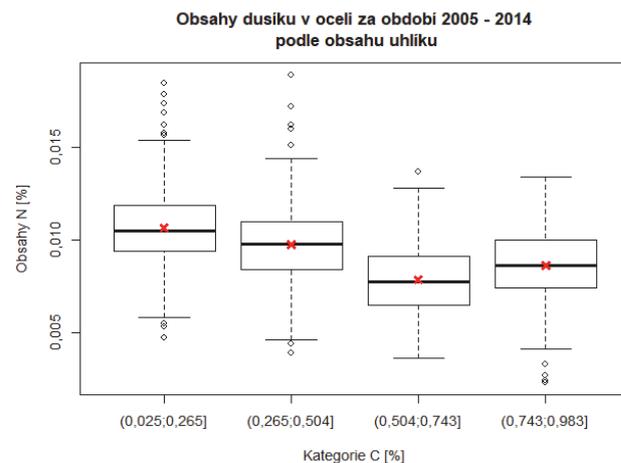
$$-\frac{d[x]}{dt} = \beta \cdot \frac{F}{V} ([x] - [x]_p) \quad (4)$$

kde je β součinitel přenosu hmoty $\beta = D/\delta$ (-), D je součinitel difuze plynu v kovu ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$), δ je tloušťka difuzní vrstvy (m), F je plocha povrchu mezifázového rozhraní kov-plyn (m^2), V je objem kovu (m^3), $[x]-[x]_p$ je koncentrační gradient rozpuštěného plynu v objemu a na povrchu kovu (%).

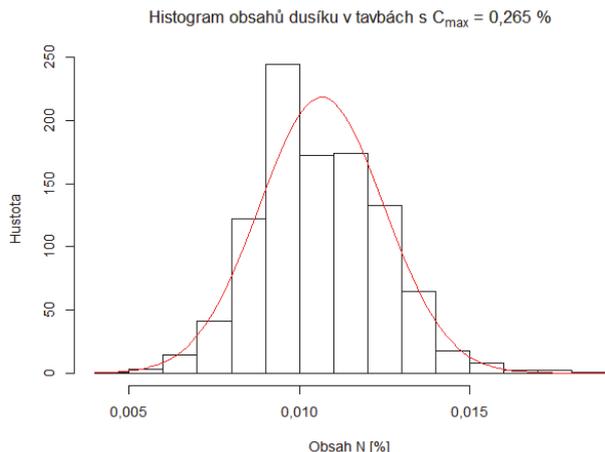
Integrace rov. (4) a její úprava vede k exponenciální závislosti poklesu obsahu rozpuštěného plynu v čase. Dosažení nízkých obsahů dusíku zvyšuje časovou náročnost procesu. K účinnému oddušení v EOP je proto potřeba delší doba intenzivního varu oceli, a tím i vyšší počáteční obsahy uhlíku v oceli. Povrchově aktivní prvky, jako kyslík a síra, obsazují místa na povrchu kovu. Snižují tak počet potřebných míst k adsorpci molekul plynu na mezifázové hranici atmosféra-kov a snižují rychlost difuze dusíku [4]. Snížením obsahů dusíku v EOP se zabývali např. autoři v [5]. K intenzifikaci uhlíkové homogenní reakce injektovali do lázně práškové přímo redukované železo (DRI), které obsahovalo 20 - 25 % FeO. Tato technologie je ale technicky náročná.

Výchozí stav technologie

EO TŽ vyrábí široký sortiment především legovaných ocelí. Za účelem návrhu experimentálních taveb a možnosti porovnání technologií k dosažení nízkých obsahů N, P a S byl proveden prvotní rozbor vyráběných ingotových ocelí. Vyráběný sortiment byl rozdělen do čtyř kategorií podle obsahu uhlíku (obr. 1). Toto základní rozdělení nejlépe charakterizuje výrobu ingotových ocelí i technologické postupy z pohledu konečných obsahů dusíku. Nejnižších obsahů N bylo dosažováno u ocelí s obsahy C = 0,50 - 0,74 %. Skupiny ocelí s nejnižšími obsahy uhlíku vykazují nejvyšší střední hodnoty dusíku (medián i průměr). Rozložení dat v této skupině je znázorněno v histogramu na obr. 2.



Obr. 1 Obsah dusíku v oceli podle obsahu uhlíku
Fig. 1 Nitrogen content in steel according to the carbon content



Obr. 2 Histogram rozdělení obsahu dusíku v oceli
Fig. 2 Histogram of the nitrogen content in steel

Slabý var oceli s nízkým obsahem uhlíku na konci oxidačního údobí v EOP a relativně vysoká teplota oceli v redukčním údobí podporují nárůst obsahu dusíku během zpracování tavby na EOP. Za předpokladu shody rozdělení obsahů dusíku v této skupině s normálním rozdělením je pravděpodobnost dosažení obsahu dusíku pod 80 ppm menší jak 7,32 %, pod 50 ppm pak menší jak 0,10 %. Vysoká teplota likvidu nízkouhlíkových ocelí, a tím i vyšší teploty lití, ovlivňuje možnost snížení obsahu dusíku ve vakuovém kesonu. Rychlost ochlazování se za vyšších teplot zvyšuje a na EO TŽ dosahuje 2 - 3 °C·min⁻¹. Délka trvání vakuování je omezena, případně vyžaduje vysoké teploty. Vyšší teplota podporuje rozpustnost dusíku v oceli a snižuje účinnost vakuování. Vysoká teplota má vliv i na snížení životnosti pánví. Prodloužení doby vakuování je proto problémové z technologického i ekonomického hlediska. Tato skupina taveb vyžaduje snížení obsahu dusíku již během výroby oceli v EOP.

Výchozí podmínky provozního experimentu

Experiment s prosazením briquet do vsázky probíhal ve dvou fázích. V první fázi experimentu byly na provoze EO TŽ provedeny zkoušky prosazení kovonosných briquet. Účelem bylo vyhodnocení využití hutních odpadů v technologii výroby oceli v EOP. Zpracování výrobních zbytků peletizací nebo briquetováním patří mezi nejlepší

dostupné metody (BAT – Best Available Techniques), které omezují znečištění životního prostředí. Kovy jsou v odpadech přítomné především v metalické nebo oxidické formě. Možnosti využití Fe-C briquet v EOP bylo experimentálně vyzkoušeno v Železárnách Podbrezová a.s. Autoři v článku [6] se věnují především problematice náhrady surového železa metalickými Fe-C briquetami s vysokým podílem Fe. Využitím prvků Fe, Mn a Cr přítomných v briquetách v oxidické formě se zabývali např. autoři v [7]. Na základě provozně-výzkumných taveb s prosazením 3 % briquet (obsah C = 17,4 %) a 6 % briquet (obsah C = 24,4 %) usuzují, že podstatná část oxidů se redukuje již v briquetách pomocí uhlíku (koksárenský hrášek) z briquet.

Pro experimentální tavby byly použity oxidické briquety s přídavkem koksového prachu (C ~ 5 %) vyrobené firmou Progres Ekotech, s.r.o, která vyvinula vlastní patentovou technologii briquetace [8, 9]. Po ověření vhodného množství briquet do vsázky byl v druhé fázi experimentu navržen postup, jehož cílem bylo vyrobit ocel s obsahem dusíku N < 100 ppm (N_{max} = 80 ppm v tavebním vzorku), fosforu P < 0,010 % a síry S < 0,010 %.

Prosazení briquet do vsázky

Pro ověřování možnosti prosazování přísady briquet do vsázky byla vybrána ocel s nízkými nároky na obsah doprovodných prvků. U běžných taveb nebylo do vsázek použito okují nebo rudy. Základní informace jsou uvedeny v tab. 1. Zkoušky proběhly ve třech kampaních. Výsledky ukázaly, že prosazení většího množství briquet bylo problematické. Prosazení nižšího množství (4,2 %) briquet do vsázky bylo bezproblémové a byly zjištěny nižší průměrné hodnoty obsahu dusíku v oceli.

Do vsázky taveb vyráběných v třetí kampani byly prosazeny briquety v množství 3 % hmotnosti šrotu a koks 6 kg·t⁻¹. Tavby vykazovaly srovnatelnou specifickou spotřebu elektrické energie s běžnými tavnými. Struska se u těchto taveb nestahovala. Skupina taveb z třetí kampaně vykazovala nejnižší obsahy dusíku. Obsah fosforu (po zpětné redukci) byl při použití koksu nižší. Průměrné obsahy fosforu po natavení vsázky činily 0,014 %. Prosazení briquet do vsázky nemělo vliv na nauhličení lázně při použití koksu.

Tab. 1 Porovnání běžných taveb a taveb s prosazením kovonosných briquet

Tab. 1 Comparison of ordinary heats with the heats containing metallic briquettes

Kampaň	Počet taveb	Briquety	Hm. kovonosné vsázky	Podíl	Obsah prvku				
					C	P	S	Cr	N
(-)			(kg)	(%)	(%)				
běžně	242	0	9497	0	0,54	0,031	0,018	0,31	0,0086
I.	5	652	10 073	6,5	0,48	0,034	0,023	0,30	0,0083
II.	6	387	9294	4,2	0,40	0,031	0,021	0,32	0,0075
III.	5	290	9599	3,0	0,53	0,027	0,017	0,26	0,0063

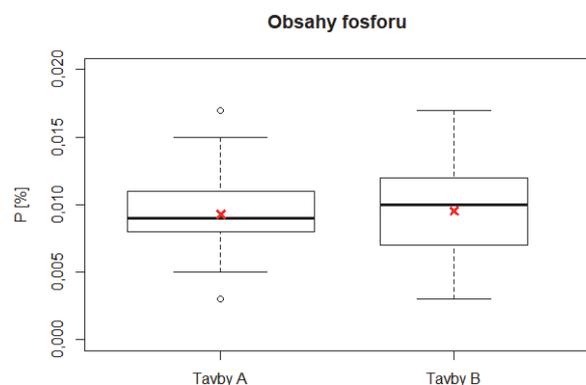
Návrh experimentálních taveb pro druhou fázi experimentu

V druhé fázi experimentu byly navrženy dvě skupiny taveb pro ověření hypotézy o vlivu přísady briket na obsahy dusíku. Technologie aktivního tavení s prosazením briket do vsázky předpokládá, že produkty oxidačních reakcí SiO_2 a Al_2O_3 spolu s FeO z briket jsou základem prvotní strusky, ve které se rozpouští přísada páleného vápna. Brikety tak urychlují tvorbu pěnivé strusky, která kryje vznikající lázeň a brání přechodu dusíku do oceli.

První soubor taveb tvořily tavby ocelí ze skupiny s nejnižším obsahem uhlíku a omezeným obsahem dusíku do 150 ppm (tavby A), u kterých byl cíleně zvýšen obsah uhlíku (koks) ve vsázce proti běžně vyráběným ocelím. Druhý soubor tvořil experimentální tavby (tavby B). Vsázku tvořil šrot, pálené vápno $10 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, kovonosné brikety v množství $30 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ a koks $6 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$. Množství koks bylo voleno tak, aby po natavení mohla být provedena dostatečně dlouhá oxidace plynným kyslíkem. Struska byla před MPZ stažena, aby se minimalizovalo její množství v pánvi po chemickém ohřevu oceli. Během odlévání oceli do kokil byla standardně používána ochrana licího proudu, která brání reoxidaci oceli i zvýšení obsahu dusíku v oceli během lití. Na ocel byly kladeny požadavky k dosažení obsahu $\text{N} < 0,0080 \%$, $\text{P} < 0,010 \%$ a $\text{S} < 0,008 \%$.

Vyhodnocení průběhu tavení s cílem snížení obsahu dusíku v oceli

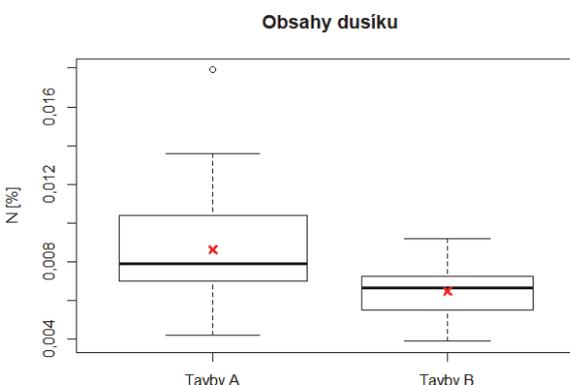
Obsahy fosforu taveb A i taveb B (s použitím briket ve vsázce) jsou zobrazeny pomocí krabicových grafů na obr. 3. Odfosfoření probíhalo již během tavení. Bylo podporováno nižší teplotou, a to za předpokladu vytvoření tekuté oxidační a bazické strusky. K odfosfoření



Obr. 3 Porovnání obsahu fosforu v oceli po natavení
Fig. 3 Comparison of the phosphorus content in the batch

je potřeba vysoké aktivity FeO v bazické strusce. Je-li ve vsázce použit k nauhličení koks, může jeho přebytek ve strusce snižovat množství FeO . Mediány obsahů fosforu po natavení (EOP_ZK1) i průměrné hodnoty jsou u obou taveb téměř shodné. Vlivem použití koks do vsázky (nízký obsah P v koks) byl obsah fosforu po natavení nízký. Byl proveden test rozdílů středních hodnot dvou nezávislých výběrů. Všechny testy byly provedeny na standardní hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Testování normality bylo provedeno pomocí Shapiro-Wilkova testu pro malé soubory ($n < 50$). Soubor dat obsahoval 21 pozorování taveb A a 35 pozorování taveb B. Na zvolené hladině významnosti nebyla normalita rozdělení dat zamítnuta. Homogenita dat byla testována pomocí F-testu. Vzhledem k tomu, že na zvolené hladině významnosti nebyla zamítnuta nulová hypotéza o homogenitě výběrů, byl proveden T-test s testovacím kritériem pro shodu rozptylů [10]. Na základě p-hodnoty t-testu nebylo možno zamítnout nulovou hypotézu o shodě střední hodnoty. Nebyl potvrzen vliv briket na obsahy fosforu po natavení. Zároveň lze potvrdit původní zjištění, že použití koks do vsázky k nauhličení ocelové lázně neovlivnilo oxidační schopnost strusky, a tím i průběh odfosfoření.

Znatelné rozdíly mezi tavbami jsou v obsazích dusíku po natavení (obr. 4). Vyšší pravděpodobnost dosažení nižšího obsahu dusíku je ve skupině taveb B. Soubor dat obsahoval 21 pozorování taveb A a 24 pozorování taveb B. Opět byly testovány střední hodnoty obou výběrů. Po odstranění jednoho odlehlého pozorování u taveb A nebyla normalita dat na testované hladině významnosti zamítnuta. Hypotéza shody rozptylů byla F-testem zamítnuta na testované hladině významnosti. K testu významnosti rozdílů mezi dvěma výběrovými průměry byl proto použit t-test s Welchovou korekcí pro heterogenní výběry [11]. Na základě velmi nízké p-hodnoty ($p\text{-hodnota} = 0,003$) lze zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu, že rozdíl středních hodnot mezi výběry je významný.



Obr. 4 Porovnání obsahu dusíku v oceli po natavení
Fig. 4 Comparison of the nitrogen content in the batch

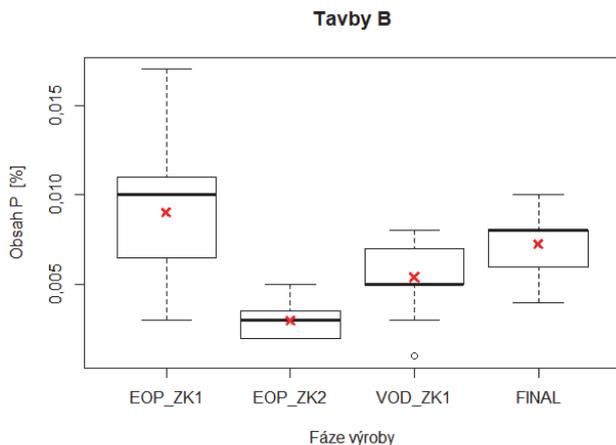
V této fázi je prokázán významný vliv použití kovonosných briket do vsázky. Disociace molekul N_2 je silně endotermický děj, a proto je podporován ionizací

dusíku a obnažováním lázně v okolí elektrického oblouku [12]. V průběhu tavení nejsou rozpuštěny všechny struskotvorné přísady a lázeň není dokonale kryta.

Teplota tání čistého CaO je 2580 °C. Pálené vápno (CaO) se ve vznikající strusce asimiluje postupně. Teplotu tání CaO výrazně snižují oxidy SiO₂ a FeO. Brikety s vysokým obsahem FeO urychlují oxidaci hliníku a křemíku v oceli. Tím urychlují tvorbu strusky během tavení vsázky. Vznikající pěnová struska zakrývá elektrické oblouky a chrání ocel před okolní atmosférou. Snižování obsahu Cr, Mn, Si a Al urychluje začátek uhlíkové reakce.

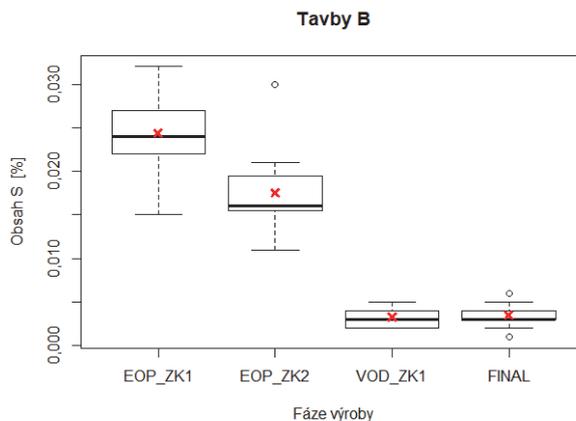
Odfosfoření a odsíření oceli

Snížení obsahu fosforu vyžaduje nízkou teplotu a vysokou aktivitu kyslíku. Změnou podmínek se fosfor redukuje ze strusky zpět do oceli. Odsíření oceli je podporováno především nízkou aktivitou kyslíku a vysokou bazicitou strusky. K dosažení nízkých obsahů fosforu a síry v EOP je zapotřebí dokonalé stažení strusky na konci oxidace a vytvoření nové redukční bazické strusky. Tím dochází k obnažení lázně a k nárůstu obsahu dusíku. Obsah dusíku se během zpracování uklidněné oceli zvyšuje. Proto se na celkovém zvýšení obsahu dusíku v oceli po konci oxidační fáze významně podílí i délka redukční fáze tavby. Toto zvýšení lze pozorovat v příjezdové analýze na zařízení VOD (VOD_ZK1). Obsahy fosforu a síry v tavných s přísadou briket jsou zobrazeny na obr. 5 a 6. Analýza taveb na konci oxidačního údobí je označena EOP_ZK2, konečná analýza je v grafech označena jako FINAL.



Obr. 5 Krabicové grafy obsahu fosforu v oceli
Fig. 5 Box diagrams of the phosphorus content in steel

Řízení obsahu fosforu v oceli je dáno především oxidační fází a volbou legujících přísad v redukčním údobí tavby. Přísady byly voleny s ohledem na maximální přípustnou hodnotu fosforu v oceli. Odsíření oceli bylo provedeno před MPZ a obsah síry, jak je znázorněno pomocí krabicových grafů na obr. 6, se již dále významně neměnil. Požadované obsahy P a S byly splněny i přes vyšší obsah síry po natavení.



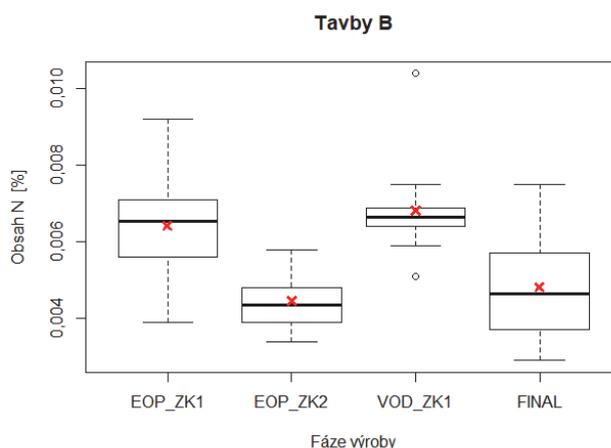
Obr. 6 Krabicové grafy obsahu síry v oceli
Fig. 6 Box diagrams of the sulphur content in steel

Obsahy dusíku jsou znázorněny na obr. 7. Konečné obsahy dusíku jsou ovlivněny především počátečním obsahem dusíku před vakuováním.

Tyto hodnoty lze ovlivnit:

- nízkým obsahem dusíku po natavení vsázky,
- dobou a intenzitou uhlíkového varu,
- zamezením navýšení obsahu dusíku v redukčním údobí tavby (rychlé vytvoření krycí redukční strusky, krátká doba redukce).

Z obr. 7 je zřejmé, že vlivem vyšších obsahů uhlíku po natavení vsázky (C = 0,49 – 0,79 %) byl obsah dusíku během oxidace snížen pod N < 60 ppm. Obsahy dusíku před vakuováním vykazovaly nízkou variabilitu podle mezikvartilového rozpětí a zároveň se vyskytly dvě vybočující hodnoty. Průměrná dosažená hodnota obsahu dusíku v oceli byla N = 47 ppm.



Obr. 7 Krabicové grafy obsahu dusíku v oceli
Fig. 7 Box diagrams of nitrogen content in steel

Závěr

Základním cílem navržených experimentálních taveb ocelí s nízkým obsahem prvků N, P a S bylo ověřit možnost prosazování briket do vsázky a jejich vlivu na čistotu ingotových ocelí. Za nízkých teplot se jako první oxidují prvky s vysokou afinitou ke kyslíku. V EOP to je především Al, Si a v menším míře Mn a Cr. Gibbsova energie (volná entalpie) jejich reakcí s kyslíkem je při nízkých teplotách nižší než volná entalpie uhlíkové reakce. Experimentální tavby potvrdily, že technologie aktivního tavení s prosazením briket do vsázky urychluje tvorbu pěnové strusky, která kryje vznikající lázeň a brání přechodu dusíku do oceli. Oxidace fosforu, která probíhá na mezifázové hranici struska-kov, vyžaduje vysoký obsah FeO ve strusce. Na základě výsledků prosazování briket a experimentálních taveb lze stanovit závěr, že proces odfosfoření nebyl ovlivněn použitím koksu k nauhličení vsázky.

Výraznější rozdíly lze pozorovat u obsahů dusíku. Byly prokázány statisticky významné rozdíly středních hodnot obsahů dusíku po natavení mezi tavnými s briketami a bez briket. Použití briket neovlivnilo obsahy uhlíku po natavení vsázky. Nízké obsahy dusíku po natavení vsázky jsou základem k dosažení nízkých konečných obsahů dusíku v oceli. Na konečnou hodnotu N mají velký vliv všechny fáze výroby. Použití briket do vsázky stabilizuje výrobní proces. Technologie je nyní na elektroocelárně TRINECKÝCH ŽELEZÁREN, a.s. aplikována na všechny druhy oceli s požadavkem zaručených obsahů dusíku a umožnila nejen stabilizaci výroby, ale i rozšíření portfolia vyráběných ocelí.

Literatura

- [1] KALOUSEK, J., DOBROVSKÝ, L. *Teorie hutních pochodů*, 3. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2004. ISBN 80-248-0658-4.
- [2] ADOLF, Z. *Mimopecní rafinace oceli*, 3. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002, 133 s., ISBN 80-7078-968-9.
- [3] SIGWORTH, G. K., ELLIOTT, J. F. The Thermodynamics of Liquid Dilute Iron Alloys, *Metal. Science* [online], 8 (1974) 1, 298–310 [cit. 2018-06-02]. ISSN 0306-3453.
- [4] HAN, Seung-Min, PARK, Joo-Hyun, JUNG, Sung-Mo, PARK, Jung-Ho, MIN, Dong-Joon. Kinetic Study on Surface Dissolution of Nitrogen on Liquid Steel by Isotope Exchange Technique. *ISIJ International* [online]. 49 (2009) 4, 487–494. [cit. 2018-06-28]. ISSN 1347-5460.
- [5] PAL, J. Thermodynamic analysis of nitrogen removal in EAF by DRI fines injection. *Ironmaking & Steelmaking* [online]. 33 (2013) 6, 465–470. [cit. 2018-06-20]. ISSN 03019233.
- [6] CHO MIČ, V., et al. Možnosti využitia Fe-C brikiét pri výrobe ocele v EOP, In *Sborník 29. Ročníku konference Oceláři*, 2013, 4.-5. dubna 2013, Karlova Studánka, ISBN 978-80-87294-37-6.
- [7] QIXING, Y., HOLMERC, N., et al. EAF Smelting Trials of Waste-Carbon Briquettes at Avesta Works of Outokumpu Stainless AB for Recycling Oily Mill Scale Sludge from Stainless Steel Production. *Process Metallurgy*. DOI: 10.2374/SRI09SP003; submitted on 12 November 2008, accepted on 3 February 2009.
- [8] <http://www.progres-ekotech.com/>.
- [9] GAJDICA, M., et al. Výzkum, vývoj a aplikace technologie briketace a následné recyklace kovonosných odpadů z výroby a opracování oceli, In *Sborník 29. ročníku konference Oceláři*, 2013, 4.-5. dubna 2013, Karlova Studánka, ISBN 978-80-87294-37-6.
- [10] MELOUN, M., MILITKÝ, J. *Kompendium statistického zpracování dat*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2196-8.
- [11] KABACOFF, R. *R in action: data analysis and graphics with R*. Shelter Island, NY: Manning, c2011. ISBN 9781935182399.
- [12] KEPKA, M. *Rafinace oceli* (celost. vysokošk. příručka pro skupinu studijních oborů hutnictví) Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-03-00079-3.

INVENT ARENA 2018 je za námi

Předsednictvo České hutnické společnosti, z. s. (ČHS) provedlo na svém zářijovém zasedání vyhodnocení 2. ročníku Mezinárodní výstavy technických novinek, patentů a vynálezů INVENT ARENA 2018.

Výstavy se zúčastnilo 47 vystavovatelů z 22 zemí. Bylo vystaveno 138 vynálezů a patentů od 382 vynálezců a inovátorů. Nejlepší obdrželi zlaté, stříbrné a bronzové medaile včetně několika speciálních cen.

Kromě ČHS se na její organizaci podílely TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Český svaz vynálezů a zlepšovatelů, Úřad průmyslového vlastnictví a společnost INTERNATIONAL FEDERATION OF INVENTORS' ASSOCIATION.

Výstavu finančně podpořil Moravskoslezský kraj, město Třinec a společnost Ocelářská unie, a.s. Jako partneři akce podpořili Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Hospodářská komora České republiky, Akademie věd České republiky a Technologická agentura České republiky.

Byl zpracován Katalog výstavy, který je k dispozici na webových stránkách akce <http://www.inventarena.cz>. Tento katalog výstavy shrnuje základní informace o organizátorech a vystavovatelích.

Organizátoři akce již začali s přípravou 3. ročníku, který by se měl uskutečnit v roce 2020.