



**33. ročník konference o teorii a praxi
výroby a zpracování oceli**

SBORNÍK KONFERENCE

30. - 31. března 2017

Wellness Hotel Energetic,
Rožnov p. Radhoštěm, Česká republika



TANGER, spol. s r.o.
VŠB - Technická univerzita Ostrava

Spoločnosť RMS, a.s. Košice bola založená v roku 1992 za účelom poskytovania servisných činností pri výrobe surového železa a pri spracovaní vysokopecnej trosky, ako aj vulkanizačných činností pre materskú spoločnosť VSŽ, a.s. Košice s pôvodným názvom VULKMONT, a.s. Košice. Počet zamestnancov sa v spoločnosti postupne zvýšil z pôvodných zhruba 80 zamestnancov na viac ako 800 špecializovaných pracovníkov.

HLAVNÉ ČINNOSTI:

Divízny závod Opravy a služby

Opravy kotlov a tlakových nádob
Opravy kyslíkových aparátov
Opravy rozvodov médií
Lešenia a plošiny
Izolačné a klampiarske práce
Opravy a montáž potrubí
Komplexná starostlivosť o klimatizácie a výtahy
Opravy vysokonapäťových rozvodov a transformátorov
Výroba umelého hutného kameniva
Výroba granulátu z vysokopecnej trosky

Divízny závod Údržba metalurgických pecí

Dodávky, opravy a údržba žiaruvzdorných výmuroviek v hutníckom priemysle
Realizácie výmuroviek, investičných celkov
Servis v oblasti žiarotechniky a nepretržitá inšpekčná činnosť žiaruvzdorných výmuroviek
Termovízne merania
Vulkanizérske práce

Divízny závod Refrako

Výroba žiaruvzdorných materiálov pre ochranu tepelných agregátov v priemysle výroby železa a neželezných kovov, energetickom, stavebnom priemysle, v priemysle výroby mált a cementu.

Výrobný sortiment:

Magnéziovo uhlíkové stavivá
Magnéziové torkretovacie a ubijacie hmoty
Komplety odpichových uzlov
Šamotové, vysokohlinité a korundové pálené stavivá
Pálené magnéziové stavivá
AMC, BSC a ASC stavivá
Obyčajné hutné, vysokohlinité, samotečúce a torkretačné žiarobetóny,
žiaruvzdorné maľy a hmoty
Monolitické prefabrikáty
Upchávkové hmoty pre Vysoké Pece

Kontakt:

RMS, a.s. Košice

Vstupný areál U.S.Steel
044 54 Košice
Tel: + 421-55-673 4357
Fax: + 421-55-673 3081
www.rms-kosice.sk

TANGER spol. s r.o.

VŠB - TU OSTRAVA, FMMI

SBORNÍK KONFERENCE



**33. ročník konference o teorii a praxi
výroby a zpracování oceli**

30. - 31. března 2017

Wellness Hotel Energetic, Rožnov p. Radhoštěm, Česká republika

© 2017 TANGER spol. s r.o.

ISBN 978-80-87294-72-7

OCELÁŘI 2017

Sborník konference, 30.3. - 31.3. 2017, Rožnov p. Radhoštěm, ČR

Kolektiv autorů

Vydal: TANGER, spol. s r.o., Keltičkova 62, 710 00 Slezská Ostrava, Česká republika

Vydání: první, 2017

Tisk: AMOS repro, s.r.o., 1. Máje 103, 703 00 Ostrava, Česká republika

Počet stran: 112

OBSAH

PŘIPOMÍNÁME SI DESET ROKŮ OD ODCHODU PROF. ING. ZDEŇKA BŮŽKA, CSC.

KAFKA Václav	5
--------------------	---

„OTAZNÍKY EVROPSKÉHO OCELÁŘSTVÍ“

RAAB Jaroslav	8
---------------------	---

PRŮMYSL 4.0 V HUTNÍM PRŮMYSLU

ŠPIČKA Ivo, TYKVA Tomáš	14
-------------------------------	----

NĚKTERÉ VNĚJŠÍ ASPEKTY, KTERÉ OVLIVŇUJÍ ROZVOJ METALURGIE

KAFKA Václav	19
--------------------	----

MODELOWANIE FIZYCZNE PROCESU ROZPUSZCZANIA PALIWA KAWAŁKOWEGO ZAWIERAJĄCEGO WĘGIEL W KONWERTORZE TLENOWYM

FIEIHEREIZEN Ihor, PIEPRZYCA Jacek, MERDER Tomasz, SATERNUS Mariola	26
---	----

ROZŠÍŘENÁ ŘADA POMĚROVÝCH PYROMETRŮ ENDURANCE

KELLER Libor	32
--------------------	----

ZPRACOVÁNÍ DAT V PROCESU PLYNULÉHO ODLÉVÁNÍ OCELI

FRANĚK Zdeněk, PYSZKO René	36
----------------------------------	----

VSTUPNÍ KONTROLA BRAM VE VÍTKOVICE STEEL

JURČA Jakub, KOZELSKÝ Václav	44
------------------------------------	----

OPTIMALIZACE VÝROBY VÝKOVKŮ Z OCELI X20CR13 VE ŽĐAS, a.s.

GREGOR Martin, BALCAR Martin, NOVÁK Jaroslav	50
--	----

VÝROBA OCELI S NÍZKÝM OBSAHEM DUSÍKU V EOP

KALETA Jaromír, CHMIEL Bohuslav, HUCZALA Tomáš, TROSZOK Vladimír	55
--	----

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY VYSOCE CHROMOVÝCH OCELÍ NA INTENZIFIKOVANÉ EOP S CÍLENĚ ŘÍZENOU REDUKCÍ STRUSKY

SOCHA Ladislav, BAŽAN Jiří, ADOLF Zdeněk, JONŠTA Petr, CARBOL Zdeněk, KURKA Vladislav	62
---	----

NADUSIČENÍ VYSOCE CHROMOVÉ TAVENINY POMOCÍ KYSLÍKO-DUSÍKOVÉ TRYSKY V PODMÍNKÁCH HUTNÍHO POLOPROVOZU

KURKA Vladislav, JONŠTA Petr, CARBOL Zdeněk, BAŽAN Jiří, SOCHA Ladislav	69
---	----

SROVNÁNÍ TEPLOT LIKVIDU A SOLIDU URČENÝCH RŮZNÝMI METODAMI U OCELÍ ODLÉVÁNÝCH DO KOKIL

GRYC Karel, SMETANA Bedřich, STROUHALOVÁ Michaela, ZLÁ Simona, KAWULOKOVÁ Monika, KALUP Aleš, SOCHA Ladislav, TKADLEČKOVÁ Markéta, MICHALEK Karel, JONŠTA Petr, SUŠOVSKÝ Michal70

PREVENCE VZNIKU VNITŘNÍCH TRHLIN U HORIZONTÁLNĚ ODSTŘEDIVĚ LITÝCH SILNOSTĚNNÝCH OCELOVÝCH ODLITKŮ V ZÁVISLOSTI NA ÚDRŽBĚ LICÍHO ZAŘÍZENÍ

BÁR Vilém.....77

NÁVRH NÁKLADOVÉHO MODELU TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ S VYUŽITÍM STATISTICKÝCH METOD

VÍTEK Radovan, KAFKA Václav, HERZÁN Miroslav, JELÍNEK Pavel ,LÁNA Ivo, LASÁK Reinhold, MIČA Roman, MARKO Ervin, NOVOBÍLSKÝ Marcel, OBRTLÍK Josef, ŠPIČKA Ivo, TYKVA Tomáš, ZÁVRBSKÁ Martina81

EKONOMIKA ODPADŮ

PYTLOUN Martin.....84

ŽIAROBETÓN NA DNO LIACEJ PANVY S VYŠŠOU ODOLNOSŤOU VOČI KORÓZII A ERÓZII

CHUDÍKOVÁ Dáša, HIRJAK Rastislav, PETROV Vladimír, ŠIMKO Radomír, MIŠANEKOVÁ Viera, ČERVENKA Michal.....88

ODLIEVANIE INGOTOV Z MODELOVÉHO MATERIÁLU V LABORATÓRNYCH PODMIENKACH

MORAVEC Ján97

ÚSPORY ENERGIÍ PŘI POUŽITÍ NOVÝCH REKUPERÁTORŮ OPT V PRŮMYSLU

KURTYNIN Andrey105

REJSTŘÍK AUTORŮ111

PŘ IPOMÍNÁME SI DESET ROKŠ OD ODCHODU PROF. ING. ZDEŇKA BŤŤKA, CSc.

KAFKA Václav

Racio & Racio, Vnitřní 732, Orlová, Česká republika
vaclav.kafka@upcmail.cz

Abstrakt

Přspěvek se zaměřuje na přpomenutí životní, vědecké a pedagogické práce prof. Ing. Zdeňka Bťťka, CSc. Shrnuje jeho hlavní milníky jak v práci v Ústavu elektrometalurgie na katedře ocelářství hutnické fakulty Vysoké školy bářské v Ostravě. Dále v oblasti vědecké a technické činnosti a zejména aplikovaného výzkumu v podmínkách českých a slovenských oceláren a sléváren. Neopomíjí také jeho přednáčkovou činnost a iniciativní úsilí v oblasti organizování konferencí, seminářů a školení jak v ocelářství tak i slévárenství.

Klíčová slova: Zdeněk Bťťek, životní, vědecká a pedagogická činnost

Dne 25. dubna 2007 navždy odešel prof. Ing. Zdeněk Bťťek, CSc. Ve středu 2. května se sešli v ostravském krematoriu na Slezské Ostravě jeho čáci a kolegové, aby se rozloučili se svým učitелеm a přstelem. Byla to snad stejná skupina lidí, která se s ním setkávala na mnohých hutnických a slévárenských akcích. V obřadní síni bylo, ale najednou pusto, protože chyběla ta atmosféra, kterou pan profesor v tomto kolektivu vždy vytvářel svým organizačním talentem, nezlomnou vitalitou a laskavostí. Mnozí jsme si uvědomili, že jeho odchodem skončila jedna významná etapa česko-slovenského hutnictví.

Prof. Bťťek byl skutečně duží snad všeho, co se v metalurgii v těch letech dělalo. Jeho čák Frank Wheeler (bývalý viceprezident světové firmy Hatch sídlící v Kanadě) ve své kondolenci paní Čárce Bťťkové a synům hodnotil výstižně svůj pobyt aspiranta na Ústavu elektrometalurgie VGB ve druhé polovině 60. let. Dovolujeme si citovat. „Moje učednická léta na Ústavu elektrometalurgie pod přsným a náročným vedoucím doc. Bťťkem byla výborná přsprava pro moji životní dráhu hutního inženýra. Získal jsem nejenom znalosti a zkušenosti nutné pro vykonávání mé profese; vytvořilo se přátelství, které obstálo zkoušky vzdálenosti, politických převratů a neúprosného pochodu plynoucího času. Plně ocenění přsnosti prof. Ing. Zdeňka Bťťka, CSc. k našemu oboru lze stěží vyjádřit několika slovy. Byl skutečným vizionářem. Zdeněk chápal podstatu i nutnost komplexního přstupu k řešení jakéhokoliv problému. Proto pod stěchou našeho ústavu jsme mohli najít nejenom metalurgie, ale i strojařství, elektrikařství, dokonce i ekonoma. Spolu jsme byli přspraveni podniknout téměř cokoli, přstoupit k řešení jakéhokoliv problému. Zdeněk Bťťek nesmírně obohatil náš život.“

Franka Wheelera necitujeme proto, že dosáhl v oboru vysokého postavení v mezinárodních kooperacích Severní Ameriky, ale zejména proto, že mohl z nás všech (čáků prof. Bťťka) možnost pohledu z velkého odstupu v prostoru i čase, a že čil v jiném prostředí.

Chceme-li hodnotit přsnost prof. Bťťka pro české a slovenské hutnictví, je třeba se vrátit do 60. let minulého století, kdy na VGB zakládá Ústav elektrometalurgie. V té době to bylo pracoviště, které rostlo i na poměry školy neobvykle rychle. Základní výzkum byl zaměřen na dezoxidaci oceli a doprovodné jevy. V uvedené době bylo obtížné publikovat za železnou oponou. Jak již bylo řečeno, prof. Bťťek vždy hledal řešení. V tomto přpadě je našel na univerzitě ve Freibergu, která udržovala s VGB čtruhenní styky. Výsledky výzkumu se tak podařilo publikovat v němčině. Jestliže je v základním výzkumu považován za významné kritérium úspěšnosti počet citací u zahraničních autorů, pak lze uvést například velmi zajímavou a v té době čpíkovou publikaci Helmuta Křppela „Desoxidation und Vakuumbehandlung“ kde je Z. Bťťek

nejcitovanější autor, před A. Hutlou, na jehož publikacích se podílel. Z jeho prací o vlivu dezoxidace na morfologii vlnitostí je zejména slévárnictví dosud.

Lze říci, že prof. Běťák věnoval největší pozornost aplikovanému výzkumu a vývoji. Výzkum musel podle něj směřovat k provozní aplikaci. Jeho zásluhou se rozšířila v Československu jednostrusková technologie a srájecí dezoxidace hliníkem, která byla přínosem jak pro ocelárny tak i slévárny. Dále jsou známy jeho práce v oblasti šlení energetických režimů obloukových pecí. S předstihem byly provedeny práce s předehřevem vsázky plynovými hořáky. Je zbytečné vypouštět všechny práce, které v té době šel, protože většina hutníků a sléváků je zná.

Pan prof. Běťák měl silné sociální citění, které ho směřovalo v politickém názoru poněkud dolevařů. Vůdeckou výchovu absolvoval na Moskevském ústavu metalurgie u akademika Samaria, který pro něj zůstal po celý život vzorem. Je třeba dodat, že školitelem akademika Samarina byl Chapmen. Jak již bylo řečeno, přátele si vybíral, ale neopouštěl. Často citoval staré čínské přísloví: Časy jsou dobré nové, ale přátelé staří.

Velký vliv na jeho postoje i další život měl rok 1968, kdy podpořil Vaculíkových 2000 slovů což byla pak v době normalizace spolehlivá jízdenka z vůdecké i technické práce do podstatných manuálních zaměstnání. V té době profesora Běťáka mnozí přátelé opustili a někteří mu nepomohli tak, jak by třeba i později mohli. Pan profesor byl posazen do vítkovické staré ocelárny nad 30 t. elektrickou pecí. Ale je třeba doplnit, že vedoucí ocelárny Ing. Josef Brábník mu velice vycházel vstříc.

V roce 1972 je prof. Běťák iniciátorem 1. Konference elektroocelářů. I když mohl tuto i následující konference šdit trochu z pozadí, byl zde hlavním hybatelem. V této době, kdy mu byla vůdecká práce znemožněna, mohl pracovat zejména s literaturou. V 70. letech vyhledal v literatuře publikovaná termodynamická data používaná v ocelářských výpočtech. Tato data ve formě tabulek vyšla v Hutnických aktualitách až v roce 1979. A doposud slouží jako banka termodynamických dat pro provozní praxi i při výuce. Do roku 1989 bylo pořádáno řada konferencí elektroocelářů.

Konferencí slévali výroba oceli na odlitky se prof. Běťák zůstal od roku 1972 a jeho tradiční úvodní referát na téma současného a budoucího vývoje elektrometalurgie a elektrických pecí byl pro mnohé slévalce ocelářů inspirující pro další práci.

Přes všechny zákazy a politická omezení se prof. Běťák zůstal astnil mnohých projektů, a přispěl významnou měrou k rozvoji naší metalurgie. Systematickou vůdeckou práci však vykonávat nemohl. Lze jen nostalgicky interpolovat expanzi Běťákovy Ústavu elektrometalurgie 60. let do následujících desetiletí. Přes všechna omezení se stal prof. Běťák zakladatelem česko-slovenské metalurgické školy a i mnozí slévali se považují za jeho žáky. Mottem Běťákovy školy může být věda, výzkum, vývoj, výroba nebo také učení.

V roce 1989 je prof. Běťák rehabilitován a rychle prochází profesorským šlením. V roce 1990 je jmenován profesorem. Deformace a nespravedlnosti minulého režimu ho pronásledují však i po roce 1989. Prof. Běťák nedostává lustrací osvobození potřebné k plnohodnotné práci profesora. I o těchto věcech je nutno se zmínit. Pro ty, co prof. Běťáka znali, nemělo zařazení charakterního a lidského člověka do nějakých seznamů žádný význam. Dnes víme, že podobně postižených slušných lidí bylo hodně, zatím co organizátoři represí a jejich pomahači zůstávají v anonymitě nepotrestáni.

Na začátku roku 1990 oslavil prof. Běťák šedesát let. Je to věk, ve kterém se v té době chodilo do důchodu. Prof. Běťák začal s organizací konferencí Sekundární metalurgie a Kyslíkové pochody a zejména pracuje na mnohých projektech pro přemysl. Je členem komise 106 GAČR a šel několik grantových projektů. Je členem více než 10ti vědeckých kolektivů na grantech GAČR. Bojuje za zachování časopisu Hutnické listy, ve kterém často publikuje. Navazuje na svoje předchozí práce a věnuje se periodicitě interakčních koeficientů. Slévali je znám z činnosti v odborné komisi Výroba oceli na odlitky, z odborných akcí pořádaných touto komisí a v neposlední řadě jako tradiční autor teoretické přednášky na pravidelně

konaných Celostátních školení tavičů elektrooceli. Oceláři si je budou připomínat ze svých konferencí a také právě z minulých ročníků naší konference, kterou nyní procházíme.

Je třeba doplnit, že prof. Běťák byl snad až extrémně pracovitý. Připomínala se jeho opakovaná fráze „Práci máte, máte!“ Na své diplomanty, aspiranty a později doktorandy byl velice náročný. Sám šel v práci příkladem. Dokázal doslovně v dobrém slova smyslu „fanatizovat“ své aspiranty tak, že chodili na katedru i do neděle. Na druhé straně byl velice spravedlivý. Po r. 1990 dovedl všechny aspiranty, kteří byli s ním odejít nebo jim bylo přerušeno eventuálně zastaveno studium, k obhajobě disertační práce.

Velice se vlnoval také tavičům a mistrům. Přes to, že byl docentem nebo profesorem tak vystupoval jako jeden z nich. Snášel všechny jejich vtípky a narážky. A také proto je měli rádi.

Krásným vzpomínkám na profesora Běťáka by bylo možné věnovat ještě mnoho stránek a stejně by nebylo šlo o nic. Byl to i lovcí krásného ducha, kterému mnoho dlužíme.

OTAZNÍKY EVROPSKÉHO OCELÁŘSTVÍ

RNDr. RAAB Jaroslav

Hutnictví železa, a.s., Česká republika

Ocelářský průmysl je pro Evropu nepostradatelným základem tvorby hodnot, investic i zaměstnanosti. Představuje klíčové strategické odvětví, které poskytuje 320 tisíc pracovních míst v téměř 500 výrobních závodech a to ve 24 členských státech EU. Vyrobená surová ocel dosahuje cca 165 mil. tun, obrát je v úrovni téměř 170 mld.Eur, což představuje 1,3% hrubého domácího produktu Evropské unie.

V rámci plenárního zasedání této konference v loňském roce jsem vystoupil s prezentací **BUDE ROK 2016 PRO OCELÁŘSTVÍ DALŠÍM PŘELOMOVÝM ROKEM?** Byly zdůrazněny zejména úvahy, týkající se klíčových oblastí, které ovlivňují výrobu oceli a spotřebu ocelářských výrobků v Evropě a ve světě. Jednalo se o problematiku nadkapacit, životního prostředí a energetiky, podmínek v zahraničním obchodu a podporu technického vzdělávání. S podporou technického vzdělávání souvisí i celkový obecný názor na ocel, který právem zájem mladé generace ovlivňuje. Co z těchto faktorů přetrvává do dnešních dnů, jak se jeví pohled na nová řešení, co tedy tvoří otázky evropského ocelářství v současnosti?

Co se z hlediska uvedených oblastí změnilo? Jsou viditelné pozitivní rysy? Jaké jsou priority? Čína vyhlazuje oficiálně uzavírání kapacit (vysoké pece s užitelným objemem pod 400 m³ a ocelářské pece s velikostí tavby pod 30 tun byly již uzavřeny). Nástroje na omezení *Unfair trade* jsou sice i náplní bilaterálních jednání, dosud však nesplňují veškerá očekávání. Legislativa kolem životního prostředí se stále formuje a dobré jméno i image oceli se zejména s důrazem na obřehové hospodářství postupně vylepšuje. Stále však zde je ještě toho mnoho k řešení a tak určité otázky ve smyslu pohledu do budoucnosti zůstávají.

1. ÚVOD

Př hledání podmínek rozvoje a predikování budoucnosti je vždy nutno vzít v úvahu makroekonomické údaje, jejichž vývoj průmyslová odvětví významně ovlivňuje. Následující tabulka (zdroj: EUROFER) ukazuje na relativně pozitivní vývoj, zvláště z hlediska budoucnosti.

Tab. 1 - Makroekonomické údaje v rámci zemí EU (%)

Údaj / Rok	2014	2015	2016	2017	2018
HDP	1,5	2,2	1,9	1,6	1,6
Soukromá spotřeba	1,2	2,0	2,1	1,5	1,4
Vládní spotřeba	1,1	1,4	1,9	1,3	1,2
Investice	2,6	2,9	2,2	2,1	2,4
Export	4,2	6,1	2,9	3,2	3,7
Import	4,8	6,2	3,5	3,6	3,9
Nezaměstnanost	10,8	10,0	9,2	8,8	8,5
Inflace	0,6	0,1	0,3	1,4	1,6
Průmyslová výroba	1,4	2,0	1,5	1,4	1,3

Je třeba si uvědomit, že údaje uváděné v této tabulce jsou ovlivňovány určitou nejistotou, která vychází z vývoje politické a ekonomické situace v zemích EU. V současnosti jde zejména o souvislosti spojené

s BREXITEM, s volbami v některých zemích i Německo, Francie, Itálie, Nizozemsko, s vývojem v Turecku a na Balkáně a v neposlední řadě i vztahy EU a nové administrativy ve Spojených státech. Zůstává i problematika Číny a dalších asijských zemí. Růst HDP v USA je predikován v pozitivní úrovni 2,5% v roce 2017 a 2,1% v roce 2018 (po revizi růstu HDP v roce 2016 na úroveň 1,6%). Vzhledem k užití poklesu investic je předpoklad růstu HDP v Číně pro rok 2018 v úrovni 6%, po 6,6% v roce 2016.

2. GLOBÁLNÍ VÝROBA A SPOTŘEBA OCELI

Při dlouhodobém sledování výroby a spotřeby oceli z globálního hlediska i jak již bylo několikrát zdůrazněno i lze sledovat období růstu a období relativní stabilizace. Vždy jsou však některé regiony, případně země, které z této charakteristiky vybojují. Od roku 1950 i globální výroba dosahovala cca 200 mil. tun a pro řešení složité situace bylo vytvořeno Společenství pro uhlí a ocel i došlo zhruba k trojnásobnému zvýšení výroby do roku 1970 (na cca 600 mil. tun), pak následovalo období relativní stabilizace avšak s výrazným tlakem na kvalitu, ekonomiku a vztahu k životnímu prostředí (výroba kolísala kolem 700 mil. tun) do roku 2000 a navazoval výrazný boom, spojený zejména s nárůstem spotřeby a následně i výroby v Číně. Světová výroba se tak nyní pohybuje v úrovni přesahující 1 600 mil. tun, což je osmkrát více než zmiňovaná výroba v roce 1950.

Již jsme zmínili, že vývoj výroby neprobíhá v jednotlivých zemích stejně. Historicky vzato se maximální výroba postupně přesouvala z Ameriky do Evropy a následně do Asie. Dnes je v Asii vyráběno téměř 70% světové výroby a jsou spotřebovávány zhruba dvě třetiny ocelářských výrobků. K názoru na užitou stabilizaci vede porovnání spotřeby a výroby v posledních letech a prognóza na nejbližší období - výroba 2015 i 1 615 mil. tun, výroba 2016 i 1 628 mil. tun, tj. růst 0,8% resp. spotřeba 2015 i 1 500 mil. tun a spotřeba 2016 i 1 517 mil. tun, tj. růst 0,9%. Pro následující léta 2017 a 2018 je predikován růst spotřeby zhruba ve stejné úrovni.

I když svět z hlediska spotřeby a nakonec i výroby vykazuje užitou stabilizaci, tak lze říci, že tento trend odpovídá spíše rozvinutým zemím, zatímco v rozvojových zemích pokračuje růst s výjimkou Číny, kde se tento růst zastavil i ve spotřebě je pokles od roku 2013 a ve výrobě od roku 2014. Naproti tomu růst vykazují zejména Indie a země skupiny ASEAN, resp. Středního Východu.

Deset největších výrobců v posledních dvou letech uvádí následující **tab. 2**. V tabulce jsou u jednotlivých zemí uváděny jejich údaje o spotřebě ocelářských výrobků a v procentuálním vyjádření změna mezi roky 2015 a 2016.

Tab. 2 i Výroba a spotřeba v letech 2015 a 2016 (v mil. tun, %)

Země/ Údaj	Výroba 2015	Spotřeba 2015	Výroba 2016	Spotřeba 2016	Růst Výroba/Spotřeba
Svět	1 615	1 500	1 629	1 517	0,9 / 1,1
Čína	798,8	672,3	808,4	682,0	1,2 / 1,3
Japonsko	105,1	63,0	104,8	62,2	-0,3 / -1,1
Indie	89,0	80,0	95,6	83,5	7,4 / 4,1
Spojené státy	78,8	96,1	78,6	91,6	-0,3 / -4,7
Rusko	70,9	39,7	70,8	38,1	-0,1 / -3,9
Jižní Korea	69,7	55,8	68,6	57,0	-1,6 / 2,3
Německo	42,7	39,3	42,1	40,3	-1,4 / 2,6
Turecko	31,5	34,4	33,2	34,1	5,2 / -0,9
Brazílie	33,3	21,3	30,2	18,2	-9,2 / -14,4
Ukrajina	23,0	3,3	24,2	4,3	5,5 / 28,0

Jak již bylo uvedeno, je jako jeden z významných faktorů ovlivňujících vývoj světového ocelářství uváděna nadkapacita. Tato problematika je rovněž základním bodem jednání expertů z OECD, které proběhlo minulý týden v Paříži. I přes složitá jednání a diskuse na nejvyšších úrovních je využití kapacit stále pod úrovní 70%. Cílem OECD bylo dosažení úrovně alespoň 84%, zejména jsou diskuse vedeny směřem k Číně, kde je odhad nadkapacit v úrovni cca 400 mil. tun a globálně je odhadována nadkapacita výš než 700 mil. tun. Zprávy, které přicházejí z Číny, konstatují, že Čína k této problematice přistupuje vážně. Definitivně byly uzavřeny vysoké pece s užitečným objemem menším než 400 m³ a ocelářské pece, ať již BOF nebo EAF s tavbou do 30 tun. Výjimkou jsou samozřejmě agregáty sléváren. Zprávy z Číny rovněž uvádějí, že v roce 2016 bylo uzavřeno 65 mil. tun ocelářských kapacit a v nejbližších třech letech bude ukončena výroba s kapacitou dalších 140 mil. tun. Zdá se tedy, že problematika nadkapacit je předmětem úzké diskuse a hledají se formy řešení i tato oblast nepřechází mezi významné otázky, které ve vztahu k ocelářství nyní hledáme.

3. EVROPSKÉ OCELÁŘSTVÍ

Výroba a spotřeba ocelářských výrobků v zemích Evropské unie potvrzuje již dříve uvedený fakt, že současné období lze charakterizovat jako stabilizované s mírným růstem. Poptávka po ocelářských výrobcích je tedy jak pro rok 2017, tak i 2018 pozitivní, nadále však roste dovoz, i ať jako výsledek nekalých obchodních praktik. V loňském roce se dovoz ocelářských výrobků podílel již v úrovni 25%, varující však je, že ve druhé polovině roku 2016 došlo k růstu přesahujícímu 10%. Evropská unie tak i v roce 2016 zůstala i s tímto dovozcem i deficit již dosáhl téměř 1 mil. tun, což je více než dvojnásobek hodnoty z roku 2015.

Zjevná spotřeba vykazuje od roku 2014 relativně stabilní úroveň, i pro roky 2017 a 2018 je prognózován růst v úrovni 0,7% resp. 1,5% a to po růstu o 1,8% dosaženém v roce 2016. Je tedy již překonáno složité období roku 2009, kdy zjevná spotřeba dosáhla pouhých 121 mil. tun i pro rok 2016 je odhad 155 mil. tun a prognóza pro následující dva roky je 156 resp. 158 mil. tun. Je nutno konstatovat, že přes zpomalení dovozu z Číny se podíl importů nesnížil, ale naopak zvýšil dovozem z jiných zemí. U plochých výrobků zůstává dominantním dovozcem Čína, ale významné jsou i dovozy z Ruska a Jižní Koreje, součet za tyto tři země dosahuje 51% celkových dovozů plochých výrobků. U dlouhých výrobků je to pak hlavně Turecko, ale dále také Rusko, Ukrajina a Bělorusko i součet dovozů z těchto zemí činí 56% celkových dovozů dlouhých výrobků na trh EU. Pro vývoz plochých výrobků tvoší hlavní destinace Turecko a USA, u dlouhých výrobků jde o Alžírsko, Turecko a USA.

Z hlediska odběratelských odvětví je odhadován růst jednotlivých sektorů přibližně o 2% ročně, což se projevuje i pozitivními čísly při prognóze růstu zjevné i reálné spotřeby oceli. Detailní rozbor podle jednotlivých odběratelských odvětví přesahuje již rámec této prezentace, je však nutno uvést poměrně složitou situaci ve stavebnictví, zejména v zemích Střední Evropy a problémy souvisejících s poptávkou trubek i jedná se vlnou o státní zakázky, které jsou výrazně ovlivňovány vývojem cen ropy.

Předpokládaný růst zjevné i reálné spotřeby je uveden v **tab. 3**. Pro roky 2016 a 2017 jsou v tabulce i čísla za jednotlivé kvartály. Údaje v tabulce již předpokládají zmíněný 2% růst jednotlivých odběratelských odvětví, což znamená, že by v roce 2018 mělo být dosaženo nejvyšší úrovně spotřeby ocelářských výrobků od krize. Je to však stále 19% propadnutí i roku 2007, tedy předkrizovému stavu.

Tab. 3 Zjevná a reálná spotřeba v letech 2016 i 2018 (%)

Spotřeba / Rok	2016				2017				2018
Zjevná spotřeba	1,8				0,7				1,5
Kvartálně	3,2	2,5	-0,1	1,3	0,1	-0,8	2,9	0,9	
Reálná spotřeba	2,9				1,3				1,4
Kvartálně	4,4	4,6	2,8	-0,2	1,4	0,8	1,6	1,5	

Z hlediska v úvodu položené otázky, kde jsou součástí otázky evropského ocelářství, tak lze říci, že celková atmosféra v obchodu, nekalé obchodní praktiky a složitá bilaterální jednání potvrzují, že obchod a podmínky obchodu zůstávají stále jedním z nejvýznamnějších otázek.

Další oblastí, která zůstává mezi významnými otázkami, jejichž řešení však přesahuje rámec našeho odvětví, je problematika životního prostředí. V mnoha usneseních Evropské rady je vždy vidět snaha o nalezení určité rovnováhy mezi cíli v oblasti snižování emisí skleníkových plynů na jedné straně a zajištění konkurenceschopnosti evropského průmyslu na straně druhé. Mám na mysli legislativu, která stanovuje podmínky pro období do roku 2020 a navazující období 2021 i 2030. I při bezplatném přidělování emisních povolenek mohou navržené řešení a odpovídající referenční hodnoty vést k výraznému zvýšení zátlaku ocelářského odvětví a tak ztížit konkurenční podmínky v těchto zemích, kde se s emisemi neobchoduje. S tím souvisí i problematika „Carbon leakage“ tj. problematika úniku uhlíku. V této souvislosti je zřejmé, že vedle obchodních podmínek je to otázka legislativy v oblasti životního prostředí, kterou je nutno zasáhnout mezi významné otázky evropského ocelářství.

4. OCELÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY

V **tab. 4** jsou uvedeny základní charakteristiky výroby ocelářství České republiky. I když koncem roku 2015 došlo k zastavení výroby surové oceli Vítkovice Steel (výpadek cca 370 tis. tun), tak výroba oceli je meziročně v roce 2016 vyšší o 0,8%. S tím souvisí i nárůst výroby surového železa o 3,3%, výroba válcovaného materiálu se meziročně zvýšila o 6,4%.

Tab. 4 Hutní produkce ČR (tis. tun)

Produkt / Rok	2007	2014	2015	2016
Surové železo	5 287	4 152	4 031	4 165
Surová ocel	7 059	5 360	5 262	5 305
Válcovaný materiál	6 101	4 829	4 894	5 208

Z tabulky vyplývá, že v roce 2016 bylo vyrobeno 5,2 mil. tun válcovaného materiálu. Z toho bylo 58% exportováno, převážně na trh EU, pouze cca 12% do ostatních zemí. Co se týče spotřeby, tak jsou zatím k dispozici pouze údaje za 1.pololetí, jejichž přehled je uveden v **tab. 5**. Celkově lze konstatovat, že meziročně (tedy za 1.pololetí) se zjevná spotřeba zvýšila o 3,3%.

Tab. 5 Zjevná spotřeba v letech 2015 a 2016 (v tis. tun)

Výrobek / Rok	1.pol. 2015	1.pol. 2016	2015	Odhad 2016
Ingoty a polotovary	133	122	256	240
Dlouhé výrobky	589	544	1 172	1 110
Ploché výrobky ZTV	720	781	1 361	1 450
Ploché výrobky ZSV	1 243	1 318	2 448	2 560
Ocelové trubky	299	305	581	290
Tažená, loupáná, é	99	104	199	210
Tažený drát	241	255	484	500
Profily za studena	32	38	78	85
Výrobky celkem	3 356	3 467	6 576	6 745

Z hlediska jednotlivých odvětví stále převažuje výroba kovodělných výrobků a automobilový průmysl, následuje pak výroba strojů a zařízení a stavebnictví. Ve srovnání s podílem odvětví ostatních evropských zemí je v případě České republiky výrazně nižší podíl stavebnictví (14% resp. 35%) a naopak vyšším podílem je zastoupen automobilový průmysl (23% resp. 18%). Nejvýznamnějším odvětvím stále zůstává výroba kovů a výroba strojů a zařízení, což dohromady přesahuje 40%, zatímco průměr v zemích EU je méně než 30%.

Již několik let se při porovnání výsledků zahraničního obchodu ukazuje, že dovoz převyšuje vývoz. Věk podíl dovozu na zjevné spotřebě je již několik let vyšší než 70%. Stále platí, že nejvýznamnějšími trhy jsou pro nás země EU, podíl exportu do těchto zemí je ovlivňován iasto konkrétní situací jednotlivých odvětví. **tab. 6** ukazuje podíl těchto zemí na celkovém obchodu a to jak v případě dovozu, tak i vývozu. V tabulce jsou uvedeny zvlášť údaje pro ploché a dlouhé výrobky.

Tab. 6 Zahraniční obchod v letech 2016 a 2017 (v tis.tun)

Údaj / Rok	2015 / EU 28	2016 / EU 28	2015 / 3. země	2016 / 3. země
VÝVOZ celkem	4 661	5 017	421	490
Ploché výrobky	911	1 079	31	44
Dlouhé výrobky	2 141	2 223	245	249
Trubky	553	515	73	69
DOVOZ celkem	6 257	6 618	723	1 078
Ploché výrobky	3 526	3 623	309	371
Dlouhé výrobky	1 054	1 026	71	58
Trubky	502	507	45	58

Zahraniční obchod je významně ovlivněn podmínkami, které byly již diskutovány v části, týkající se Evropské unie.

Celkově lze k České republice shrnout, že pro zajištění konkurenceschopnosti ocelářských výrobků je nutno přijmout řadu konkrétních opatření, která by obhájila pozici průmyslu. K této problematice je v březnu t.r. ve spolupráci s MPO ČR pořádán seminář, který kromě predikce vývoje ocelářského průmyslu si klade za cíl také formulovat konkrétní opatření. Tato opatření budou směřovat zejména do ochrany proti nekalým obchodním praktikám, podmínek pro investice pro šíření budoucích technologií, do oblasti šíření agend energetiky, obchodování s emisemi a dále do oblasti obnoveného hospodářství a rovněž do oblasti problematiky pracovních sil. Cílem je poukázat na význam ocelářství a zejména efektivnost aplikace ocelářských výrobků.

ZÁVĚR

Problematice ocelářství se vracel na svém plenárním zasedání i Výbor regionů EU, který v březnu 2016 přijal základní dokument „Ocelářství – Jak v Evropě uchránit udržitelná pracovní místa a rýžtš V závěru tohoto dokumentu jsou uvedena následující opatření, která jsou dle tohoto výboru potřebná k zajištění konkurenceschopnosti ocelářství v EU. Lze je shrnout takto:

- Podpora programu EU směřujících jak na podporu investic do výzkumu a vývoje, tak i na zvyšování kvalifikace a odborného vzdělávání
- Zaměření výzkumu a vývoje prioritně na oblasti specifikované výzkumným fondem pro uhlí a ocel (RFCS)

- Upozorňovat na důležitost evropského programu Horizont 2020 na podporu investic pro zlepšování environmentální a energetické účinnosti ocelářství.
- Nejen u projektů zahrnutých do programu Horizont 2020 prioritně podporovat ta opatření, která předpokládají vytvoření evropského partnerství
- Podporovat a zvýrazňovat ty cíle, které vedou ke zvyšování kvalifikace a zachování polí tu pracovních míst v konkurenceschopném ocelářství EU

Závěrem lze konstatovat, že ocel trvale zůstává základem ekonomického růstu. Z dříve diskutovaných nejvýznamnějších oblastí, jejichž řešení je nutné pro zajištění konkurenceschopnosti ocelářských výrobních jako špičkových zůstávají zejména oblast obchodu a oblast životního prostředí a energetiky. Jejich řešení přesahuje rámec České republiky a týká se všech hutnický významných zemí Evropské unie. Ocelářský průmysl České republiky je plně závislý na situaci v Evropské unii. Světový obchod s ocelářskými výrobky významně ovlivňuje nejen situace v Číně, ale i v dalších rozvojových zemích. Další vývoj směřuje k výrobkům s vyšší přidanou hodnotou, k trvalé spolupráci s uživateli, ke snižování zátěže životního prostředí a získávání zájmu mladé generace a to v podmínkách bezkonfliktního obchodování.

PRŠ MYSL 4.0 V HUTNÍM PRŠ MYSLU

ĀPIĹ KA Ivo, TYKVA TomáĹ

¹*VĚB Ĺ Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, Czech Republic
ivo.spicka@vsb.cz, tykva@tykva.net*

²*Business Intelligence, s. r. o., 30. dubna 1675/17, 702 00 Moravská Ostrava, Czech Republic
spicka@bintell.cz, tykva@bintell.cz*

Abstrakt

PrŤmysl 4.0 si klade za cíl plnĹ automatizovat témĹSveĹkeré Ĺinnosti souĹ asné spoleĹ nosti. Tyto cíle mají být naplnĹny za pouĹití moderních prostĹdkŤ automatizace, komunikaĹ ních technologií, prostĹdkŤ umĹĹ inteligence a mnoha dalĹích. PŤspĹvek se bude vĹnovat nĹkterým aspektŤm koncepce PrŤmysl 4.0 v oblasti metalurgie.

KlíĹ ová slova: Automatizace, genetické algoritmy, model Ťzení, PrŤmysl 4.0

1. ÚVOD

ř ada vyspĹĹých zemí se jiĹ nĹkolik let zabývá nástupem 4. prŤmyslové revoluce, která se nazývá ve SRN Industrie 4.0, v Ĺ R je pouĹíván termín PrŤmysl 4.0. Jednotlivé elementy této revoluce, opírající se napŤ o Internet vĹĹcí Ĺ i Industriální internet (v terminologii OECD), kyberneticko-fyzické systĹmy a umĹĹou inteligenci, budou mít opravdu ekonomické i spoleĹ enské transformaĹ ní dopady. I pŤsto, Ĺe pro mnohé odborníky z praxe i akademické sféry nebudou zde prezentované informace neznámé, je zŤjmé, Ĺe Ĺ eská republika není na pŤschod tĹchto zmĹĹ dostateĹ nĹ pŤspravena.

V jádru Ĺ tvrté prŤmyslové revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického svĹĹa se svĹĹem fyzické reality, coĹ obnáĹí významné interakce tĹchto systémŤ s celou spoleĹ ností, hovoŤ se o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální. Proto v Ĺ R vznikla Národní iniciativa PrŤmysl 4.0, která si klade za cíl zmobilizovat klíĹ ové rezorty a reprezentanty prŤmyslové sféry k vypracování podrobných akĹ ních plánŤ v oblastech politického, ekonomického a spoleĹ enského Ĺivota. Je také zŤjmé, Ĺe cesta k 4. prŤmyslové revoluci bude v Ĺ R (stejnĹ jako i v dalĹích zemích) specifická a bude se od výchozí nĹmecké iniciativy liĹit.

Technologické pŤedpoklady a vize zdŤrazĹují hlubokou, znalostnĹ podloĹenou prŤmyslovou integraci, jako jádro PrŤmyslu 4.0, zaloĹenou na informaĹ ních a kybernetických technologiích. OĹ ekává se masové sdílení informací a kontinuální komunikace podpoŤené kvalitní komunikaĹ ní infrastrukturou (Ĺirokopásmový internet). Mezi dalĹími významnými technologiemi PrŤmyslu 4.0 jsou uvedena velká data (big data), autonomní roboty, senzory, cloudové výpoĹ ty a datová úloĹitĹ, jakoĹto i aditivní výroba, rozĹíŤená realita a v neposlední ř adĹ celá vĹĹní disciplína kybernetiky a umĹĹé inteligence tvoŤící myĹlenkové a technologické jádro probíhající prŤmyslové revoluce.

Podpora výzkumu a vývoje se musí soustŤdit na technologicky klíĹ ové oblasti pro PrŤmysl 4.0, vycházející ze skuteĹ ných potŤeb Ĺ eské prŤmyslové praxe, z inventarizace kapacit relevantního aplikovaného výzkumu a z foresightových analýz vývoje ve svĹĹĹ. Výzkumný prostor je tŤeba zásadním zpŤsobem rekonstruovat tak, aby vznikla páteŤní síŤ Národních center, zamĹřená na vybraná klíĹ ová témata, a systém experimentálních poloprovodŤ nebo jejich Ĺ ástí (testbody), slouĹících k vývoji a ovĹĹování myĹlenek a algoritmŤ PrŤmyslu 4.0 v semireálných podmínkách. [1]

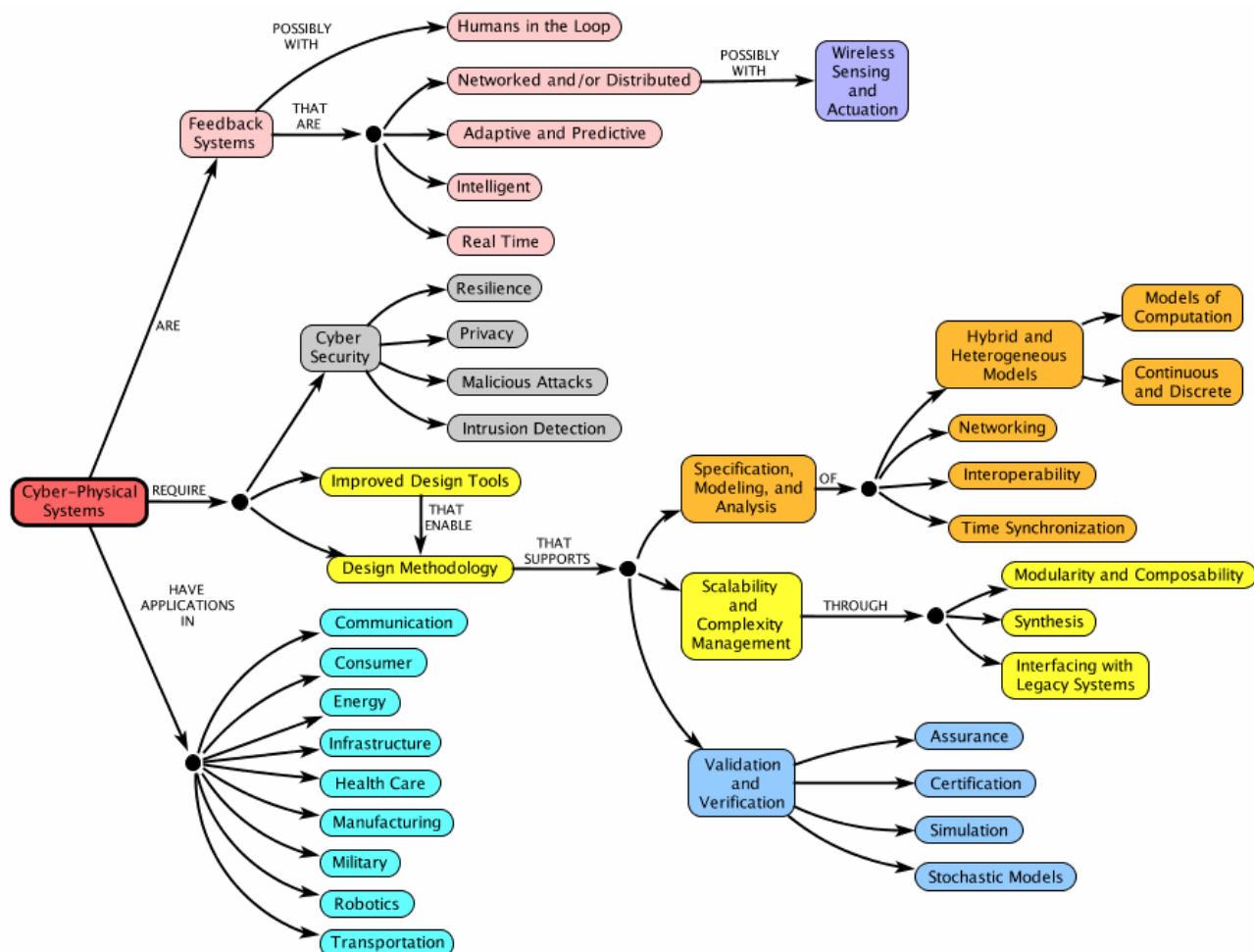
2. TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ PŘEDPOKLADY ROZVOJE KONCEPTU PRŮMYSL 4.0

Koncept Průmysl 4.0 je technologicky velmi náročný. Vyžaduje rychlé a přesné získávání velkého množství informací a jejich následné zpracování a uložení v bezpečných úložištích. Mezi základní předpoklady se řadí CPS (Kyber-fyzikální systémy), Internet věcí (IoT), Senzory, Data mining a Big data, Umělá inteligence pro řízení systémů a Bezpečnost systémů.

2.1. CPS (Kyber-fyzikální systémy)

Pojem Kyber-fyzikální systémy lze chápat jako spojení výpočetních, síťových a fyzických procesů. Tyto systémy jsou navrženy k plynulému integrování na sobě závislých výpočetních algoritmů a fyzických součástí. Vestavěný počítač s pomocí sítě kontroluje a řídí fyzické procesy. Využitím zpětné vazby mohou fyzické procesy ovlivňovat výpočty a tím i samy sebe regulovat. CPS systémy spojují dynamiku fyzických procesů (diferenciální rovnice, stochastické procesy) se softwarovými a síťovými procesy (programy a algoritmy). Díky tomuto spojení jsou CPS schopny poskytnout abstrakce a analýzy pro integrovaný celek, toto je patrné z grafického vyjádření na **obr. 1**.

Ekonomický a sociální potenciál těchto systémů je velmi vysoký a celosvětově jsou vynakládány enormní investice podporující další vývoj této technologie. [2]



Obr. 1 Vazby v Kyber-fyzikálních systémech. Zdroj: [2]

2.2. Internet věcí (IoT)

Internet věcí je pojem, který lze popsat jako propojení jednotlivých zařízení pomocí internetu bez účasti člověka. Princip je založen na použití různých senzorů a ideál ke sběru dat, tato data jsou dále sdílena prostřednictvím internetu k následujícímu vyhodnocení a zpracování. K propojení se využívají běžně dostupné prostředky spojení jako je například propojení kabelem, bezdrátové síť, nebo data mobilních operátorů. Objem přenášených dat není tak velký, aby potřeboval širokopásmový internet, nutností je velká spolehlivost přenosu a jeho rychlost.

Internet věcí může být také použit k ovládání připojených zařízení na dálku pomocí internetu. Ovládání je možné i mobilním telefonem, nebo centrální jednotkou.

V rámci koncepce Průmysl 4.0 je IoT využíván ke zprostředkování možností komunikace jednotlivých dopravních, výrobních a koncových zařízení. Tato komunikace zvýší efektivitu a uspořádá výrobní proces. V praxi internet věcí komunikuje s internetem služeb. V podstatě to znamená, že produkt požaduje nějakou službu a kontaktuje zprostředkovatele dané služby, například komunikuje s dopravními vozíky, a domlouvá svůj přesuv na místo určení optimálním vozíkem.

2.3. Senzory

Jedná se o funkční prvky, které jsou v přímém styku s měřeným prostředím. Senzor je primární zdroj informací o okolním prostředí. Snímá fyzikální, biologické nebo chemické hodnoty, které pak převádí nejčastěji na elektrické signály jako je například napětí. Převod může být analogový nebo binární. Pro automatizaci jsou senzory velmi důležité, protože dodávají špičkovým jednotkám informace o stavu soustavy. Bez senzoru by bylo velice složité uskutečnit rychlé a přesné řízení technologických procesů.

Při automatizaci technologií se využívá mnoha senzorů, které pracují na různých principech. V praxi je důležité zvolit nejvhodnější princip fungování senzoru tak aby se minimalizovaly rušivé faktory ovlivňující měřené veličiny.[3]

2.4. Data mining a Big data

Pojem data mining může být definován jako netriviální proces extrakce zajímavých datových struktur z velkých datových úložíšť. Data mining není žádný nástroj nebo aplikace. Metody data miningu se zakládají na statistice, strojovém učení nebo umělé inteligenci. Výsledky jsou většinou podány formou rozhodovacích stromů, shluky dat s podrobnými charakteristikami nebo jednoduchými pravidly. Cíl data miningu je nalézt závislosti nebo vzory v datech, které se pak používají k predikci. Předpokládá se, že pokud se data v minulosti chovala podle vzoru, budou se tak chovat i v budoucnosti. Predikovat lze jak hodnoty spojité, tak i diskrétní.

Proces data miningu vyžaduje velké množství zdrojů lidských, hmotných nebo softwarových. K úspěšnému řešení těchto zdrojů je nutné postupovat pomocí standardizovaného postupu. Za tímto účelem byl navržena CRISP-DM (CRoss-Industry Standard Proces for Data Mining) metodologie. Jedná se o ucelený návod jak postupovat krok po kroku ve všech částech procesu. Pomáhá zrychlit a zefektivnit rozsáhlé data miningové projekty a zamezit vzniku běžných chyb.

2.5. Umělá inteligence pro řízení systémů

Zařadit obor umělé inteligence je složité, protože je na něm možno pohlížet jako na matematickou disciplínu s aplikacemi, nebo také jako na technický obor. Jako vědní disciplína je však formována mnoha obory, mezi které patří například psychologie, neurologie, kybernetika, informatika, teorie rozhodování atd. Existuje mnoho definic umělé inteligence. Jako nejvýstižnější se jeví tato: *Umělá inteligence (jako vlastnost) je tedy souhrn určitých předpokladů a schopností umělého (neživého) objektu, které mu umožní správně reagovat na*

situace a úlohy, jejichž řešení nemá ve formě algoritmu uloženo v paměti. [4] Rychlý rozvoj oboru umělé inteligence ovlivnila řada faktorů. Jako nejvýraznější se jeví zvýšení požadavků v oblasti automatizace, průzkum nedosažitelných míst, ale také mnoho dalších inovací, které by bylo ohroženo zdraví člověka.

Umělá inteligence se může realizovat mnoha způsoby. Mezi nejvýznamnější patří například neuronové sítě, genetické algoritmy a expertní systémy. Z hlediska Průmyslu 4.0 bude vývoj kvalitní umělé inteligence velmi důležitý. Propojení všech horizontálních a vertikálních systémů vyžaduje důkladnou analýzu všech důsledků různých zásahů při řešení. Člověk by nemohl zhodnotit všechny proměnné a vyvodit kvalitní závěry v takovém časovém úseku v jakém je toho schopna dobře naučená umělá inteligence.

2.6. Bezpečnost systémů

Tento pojem lze v zásadě chápat jako souhrn právních, organizačních, technických a vzdělávacích prostředků k zajištění ochrany kybernetického prostoru. Od 1. ledna 2015 vstoupil v platnost Zákon o kybernetické bezpečnosti. Jedná se o vůbec první zákon ČR, který tuto sféru bezpečnosti řeší. Pro většinu lidí je však samotný pojem kybernetická bezpečnost poněkud mlhavý. [5]

Kybernetická bezpečnost je doposud vnímána jako něco, co je ve výlučné kompetenci ICT oddělení. Vrcholový management se o tuto oblast často detailně nezajímá a iniciativu očekává od vedoucích ICT pracovníků. Tento přístup je ale v dnešní době naprosto nedostatečný a vede k situacím, kdy je oblast kybernetické bezpečnosti podceňována a systematicky neřešena.

Management organizací by měl pochopit a akceptovat, že řešení kybernetické bezpečnosti spadá mnohem více k dalším oblastem bezpečnosti a krizového managementu. Vždyť i dnešní sofistikované útoky jsou často multidisciplinární a kombinují v sobě oblasti ICT, sociálního inženýrství, personální a objektové bezpečnosti. Právě pro eliminaci takových hrozeb jsou kompetence ICT manažerů nedostatečné.

V oblasti Průmyslu 4.0 je pak nutné povýšit zabezpečení stávajících technologických sítí, které se prostě pod tíhou potřeb sofistikovaných zařízení budou muset otevřít komunikaci s okolním světem. A to je věc, které se doposud SCADA a další technologické systémy zarputile brání a nejsou na to připraveny. Každého manažera v této souvislosti asi dříve přepadla, kdy "hacknutý" robot začal sabotovat výrobu nebo ohrožovat spolupracující zaměstnance na výrobní lince. Zde je nutné tedy začít uvažovat o zabezpečení na nejvyšší možné úrovni už od prvního návrhu robotů a chytrých výrobních linek.

ZÁVĚR

V oblasti hutní výroby je položen dobrý základní kámen pro rozšíření a další výstavbu kyber-fyzikálních systémů. Tento názor lze podpořit několika úvahami. Většina technologií v hutním průmyslu (od výroby surového železa, oceli, přes slévárenské technologie a další technologie, až po podpůrné systémy, jako například ohřevací pece a podobně) jsou vybaveny řídícími systémy, které splňují jednu část kyber-fyzikálních systémů a to zprůnovazební charakter tak, jak je popsán v CPS modelu (viz **obr. 1**).

Do značné míry jsou řešeny i problémy kybernetické bezpečnosti, kde zprůnovazební systémy popsané výše většinou fungují na dedikovaných síťových prvcích a jsou tudíž striktně odděleny od vnějšího světa, čímž je do jisté míry řešeno zabezpečení vůči vnějším kybernetickým útokům. Zde je nutné provést důkladnější analýzu použitých síťových prvků z hlediska bezpečnosti jejich firmwarového vybavení tak, aby nebyly napadnutelné pomocí vnějších kybernetických útoků (jako například nedávno řešené problémy síťových prvků firmy CISCO).

Oblast týkající se technologií vývoje vlastních výrobků pomocí nástrojů jako pro modelování (ve smyslu konstrukce, CAD), tak ve smyslu modelování fyzikálních dějů v technologii nebo zpracovávaných materiálech (například simulací software pro mechanické a tepelné výpočty TERMOCALK, PROCAST, FEM

systémy apod.). V soulasně době zatím neexistuje důsledné propojení těchto celků do jednotné koncepce tak, aby výsledky a zjištění týkající se jedné oblasti byly zapojeny a využity v ostatních oblastech.

Díky tomu, že metalurgický průmysl je energeticky náročný a zároveň představuje zátěž pro životní prostředí, je nutné klást velký důraz na problematiku šzení, šdicích systémů a automatizace, jejichž cílem není jen úspora nákladů a snížení pravděpodobnosti vzniku odchylek působením lidského faktoru, ale také snížení environmentální zátěže, ke které může dojít právě zvýšením efektivity technologií a technologických procesů (například snížením spotřeby otopného média v ohřevací peci tím, že se redukuje prostoje a ohřevaný materiál se v peci bude pohybovat jen po dobu nezbytně nutnou pro jeho ohřev na požadovanou teplotu).

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování na tomto místě patří Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství VGB i TU Ostrava, zejména pak Katedře automatizace a počítačové techniky v metalurgii za podporu vzniku tohoto článku v rámci výzkumných projektů SP2017/63 a SP2017/38.

LITERATURA

- [1] MAŘÍK, V. *Národní iniciativa Průmysl 4.0.* 2016.
- [2] BANGEMANN, T., RIEDL, M., THRON, M., DIEDRICH, Ch. Integration of Classical Components Into Industrial Cyber-Physical Systems. *Proceedings of the IEEE* [online]. 2016, 104(5), 947-959. ISSN 0018-9219, 1558-2256. Dostupné z: doi:10.1109/JPROC.2015.2510981
- [3] MARTINEK, R. *Senzory v průmyslové praxi.* Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 978-80-7300-114-8.
- [4] RUSSELL, S. J., NORVIG, P. *Artificial intelligence: a modern approach.* 3. ed., internat. ed. Boston: Pearson, 2010. Prentice-Hall series in artificial intelligence. ISBN 978-0-13-207148-2.
- [5] *Kybernetický zákon* [online]. [vid. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.kybernetickyzakon.cz/>

NĚKTERÉ VNĚJŠÍ ASPEKTY, KTERÉ OVLIVŇUJÍ ROZVOJ METALURGIE

KAFKA Václav

Racio & Racio, Vnitřní J. 732, Orlová, Česká republika
vaclav.kafka@upcmil.cz

Abstrakt

Přehled v úvodu konstatuje spíše očekávaný pozitivní vývoj světové metalurgie. Za hlavní problém sledává nedostatek pracovníků. Ten posuzuje v oblastech atraktivita práce v ČR, možnostech zapojení většiny obyvatelstva do pracovního procesu, využití benefitů, další možnosti získávání pracovníků, přenosy etického chování ve firmě a jak jednat po vyčerpání zdrojů pracovníků. Následně se vztahuje rizikům vývoje společnosti a tím i metalurgie v oblasti společensko-politické a eticko-ekonomické.

Klíčová slova: Nedostatek pracovníků v metalurgii, jeho řešení, rizika vývoje

1. ÚVOD

Když se budeme podrobněji vztahovat výhledu výroby oceli ve světě, dostaneme se v řadě případů k rozporuplným informacím. Jak steskům na pokles cen a možnou stagnaci její výroby, tak i, a to zejména v poslední době, na očekávaný růst. Citujeme /14/ kupředu Japonsko, kde by měla výroba oceli v novém obchodním roce 2017 (začátek 1. dubna 2017) dopadnout lépe než ve stávajícím obchodním období, ve kterém se počítá s výsledkem 105,5 milionu tun. Důvodem pro pozitivní očekávání je velmi solidní poptávka z automobilního a stavebního průmyslu. Japonská průmyslová výroba, ovlivněná o sezonní vlivy, v listopadu 2016 stoupla oproti srpnu o 1,5 %. Toto plus znamená, že se konjunktura v zemi vycházejícího slunce oživuje.

Je obecně známo, že světový vývoj metalurgie do značné míry ovlivňuje čína. Od ní se očekává odstranění snad až 200 až 400 mil. t. starých neekologických výrobních kapacit. Podle údajů Národní komise pro vývoj a reformu dosáhla čína světový letošní cíl uzavřít výrobní kapacity v ocelářském průmyslu o velikosti 45 milionů tun, již před koncem srpna /15/. Do roku 2020 mají zmizet z trhu kapacity o velikosti 100 až 150 milionů tun oceli za rok. I přes uzavření kapacit v tomto roce vyprodukovala čína ale téměř o 4 % více oceli, než minulý rok, což je možno vysvětlit zvýšenými cenami oceli. Tato skutečnost činí výrobu v neuzavřených kapacitách velmi atraktivní. Po deseti měsících se čínská výroba oceli nachází asi 1 % výše než minulý rok a je tak na rovníkové bázi na cestě k novému rekordu.

Co považujeme pro světové ocelářské odvětví za důležitý je stanovisko ratingové agentury Moody's /13/. Ta korigovala světový výhled na ocelářské odvětví v USA pro příštích 12 až 18 měsíců směrem nahoru a z negativního ho změnila na stabilní. Důvodem jsou stoupající ceny oceli, vyšší kapacitní vytížení a klesající importy. Na ocelářském trhu USA se ceny pro srovnávací ukazatel široký pás válcovaný za teplařů srpna s 470 USD za tunu ocitly na nejnižším stavu. Od té doby mohli výrobci těsně po sobě prosadit jejich zvýšení. Dnes stojí tento pás 560 USD na tunu a bylo ohlášeno další zvýšení na 600 USD/t.

A my předpokládáme, že podobný do jisté míry optimistický vývoj by se mohl očekávat i pro Evropu.

Když si položíme otázku, které hlavní aspekty v současné době ovlivňují rozvoj metalurgie zejména v České republice (ČR) tak se asi na prvním místě vybaví nedostatek pracovníků.

2. NEDOSTATEK PRACOVNÍKŮ

Nemusíme mít velice detailní znalosti vývoje ekonomiky, abychom nevycítili, že nedostatek pracovníků je patrný v současné době hlavním omezením, jak obecně pro další rozvoj hospodářství tak samozřejmě i metalurgie. A jak je známo v současné době chybí pracovníci od nekvalifikovaných až po špičkové odborníky. V oblasti specialistů je snad nejvíce poptávka po odbornících z IT. Této situaci jsme se podrobněji věnovali v odborné komisi ekonomické LSS v několika příspěvcích, které byly v posledních letech publikovány ve Slévárenství. Viz kupříkladu [1].

V poslední době se odborná literatura v této oblasti zaměřuje na oblasti, které by motivovaly pracovníky jak k přechodu z Úřadu práce do pracovního procesu tak i přechod do oblastí, které potřebujeme v našem průmyslu tedy do metalurgie. Pokud se týká zvýšení zájmu o práci obecně je patrné prvním krokem otázka zvýšení minimální mzdy. V této oblasti se již některé kroky provedly. Nicméně se jeví, že je to ještě nedostatečné. Nezaměstnanost se v ČR pohybuje okolo 5% (nyní 5,1 % - tedy asi 380 000 osob [9]), což z mezinárodního porovnání se jeví velice nízké. Toto číslo je v současné době nejmenší ze zemí EU. A na světě je pouze 14 států, které mají nižší nezaměstnanost.

Pravdou je, že v lidské populaci je cca 2 - 3 % lidí, snad bez ohledu na státy, kteří mají vrozenou nechuť k práci. Nicméně i při teoretickém využití dalších snad 2-3 % nezaměstnaných to vytváří jistou rezervu pracovníků. Pokud se týká zahraničních migrantů tak vidíme, že se k nám ani z Afriky a blízkého východu, významně nehrnou. A také naše veřejné mínění jim není výrazně nakloněno. A pokud se týká pracovníků z východu, kteří by byli reálně použitelnější, ukazuje se, že jejich počet je omezen byrokratickými předpisy, nemalou korupcí apod.

Ukazuje se dosti vážný rozpor mezi porovnáním výkonnosti hospodaření ČR s výší mezd jeho pracovníků [2]. Zatímco hrubý domácí produkt na hlavu v paritě kupní síly dosahuje v ČR 86 % evropského průměru, mzdy jsou o málo větší než šestinové. Odborníci v oblasti odměňování dodávají, že vzhledem k vyšší konkurenceschopnosti a silnějšímu výkonu ekonomiky je zde významný prostor pro rychlejší zvyšování mezd u nás. Zde je tedy místo pro zejména kvalifikované pracovníky, kteří právě kvůli vyšší mezdě hledají práci v zahraničí. Také v systému odměňování v ČR není ještě šlácha v pořádku. Kupříkladu je prokázáno, že rozdíl v průměrné roční mzdě mezi firmou, kde působí odbory a podnikem bez odborů je podle LMKOS v průměru více než 46000 Kč! Dále se setkáváme snad doslovně s fiktivními inzeráty, kupříkladu *Práce je, která vyžaduje písemnou a psanou práci s platem 12 000 Kč/měsíc* A pod.

Na druhé straně globální žebříček The Global Talent Competitiveness Index (GTCI), který hodnotí atraktivitu 118 zemí světa z hlediska pracovních podmínek a pěstování je ČR aktuálně na lichotivém 23. místě [7].

2.1. Je ČR atraktivní zemí pro práci?

Celosvětovou studii GTCI vypracovala organizace The Business School for the World ve spolupráci s personální agenturou Adecco Group a singapurským Humen Capital Leadership Institute. Jednotlivé země byly hodnoceny z hlediska podmínek trhu, obchodu a jeho regulace, hospodářského růstu, vzdělávacího systému, politiky zaměstnanosti, provázanosti jednotlivých veřejných a i soukromých institucí, životní úrovně a stylu a celkové atraktivity země pro kvalifikované pracovníky. Je skuteností, že ČR byla hodnocena jako *Mekka programátorů*. Dále českou obdobou kalifornského Silicon Valley je pak díky tradici a celkovému zázemí Brno. Dále bylo kladně hodnoceno, že lepší dopadli nejlépe v úrovni odborných a technických dovedností, kde jsme dokonce obsadili 5. příčku. Dále byla vyzdvihnuta aktuální síla tuzemské ekonomiky a předpoklady země pro další rozvoj příznivého podnikatelského prostředí. Studie ukázala, že je třeba zlepšit schopnost udržet v zemi kvalitní pracovníky a přilákat kandidáty z jiných zemí. Dále vylepšit spolupůsobení politiky zaměstnanosti místním se globálním a technologickým podmínkám.

Dále se zaměříme na možné reálné kroky na zapojení lidí z úřadů práce do pracovního trhu.

2.2. Možné cesty k zapojení výtžiny práceschopného obyvatelstva na pracovní trh

Lze řci, že problémy se zapojením téměř všech obyvatel práceschopného obyvatelstva je snad v celém světě. V ČR máme snahu ředit tento problém spíše administrativní cestou a s pomocí kontroly dávek a podpor v nezaměstnanosti. Obecně můžeme řci, že výsledek je někdy trochu rozpačitý.

Pokud se týká zvýšení počtu dosud nezaměstnaných pracovníků do práce v zahraničí byl od začátku letošního roku spuštěn zajímavý experiment ve Finsku [6]. Bylo vylosováno 2000 nezaměstnaných a ti budou namísto podpory pobírat částku 560 eur měsíčně. To je zhruba o 150 eur méně než finská stávající podpora v nezaměstnanosti. Na rozdíl od kontrolní skupiny 2000 nezaměstnaných, kteří dále budou dostávat původní zvýšenou podporu, vylosovaným lidem v experimentu však o nich 560 eur zůstane i když si najdou práci. Zopakujeme, že ve Finsku stejně jako u nás podpora v nezaměstnanosti skončí, když si najdou práci.

Autoři experimentu se domnívají, že nezaměstnaní s dávkou 560 eur, která jim zůstává, vezmou i hř placenou práci a vylepší si tím celkovou měsíční finanční bilanci. Také se domnívají, že se může zvýšit i jejich motivace přijímat alespoň částečný úvazek. V případě Finska se pracuje zatím pouze s dávkou pro nezaměstnané. Je třeba dodat, že loni v březnu Švýcarsko v referendu obdobný návrh odmítlo.

Je třeba řci, že myšlenka jednotné konstantní odměny pro všechny obyvatele státu není nová a má být letos vyzkoušena v nizozemském Utrechtu, skotském Glasgow a kanadské provincii Ontario. Myšlenka předpokládá, že lidé by ji nedostávali (výjma případu ze zaměstnání, které by si zajistili) jakékoli další dávky. Je třeba doplnit, že tato situace byla zkoušena v 70. letech minulého století v kanadské provincii Manitoba. Zjistili, že zaměstnanost se nepatrně snížila, ale s pozitivním efektem. Z pracovního trhu odešly matky samoživitelky a také studenti, kteří se mohli naplno věnovat studiu. Kromě toho se v oblasti snížila nemocnost a návštěvy nemocnic poklesly o 8,5 %. S podobnou myšlenkou přišel v ČR dříve Vlastimil Tlustý a nyní ji propaguje Pirátská strana.

Ale podívejme se, jak lze v našich podmínkách využít snad již klasické nástroje k získávání pracovníků benefity.

2.3. Využití benefitů

Do využívání benefitů se ve firmách dostávají do jisté míry nové prvky [3]. V první řadě se začala tlačit na to, aby pracovníci skutečně stravenky využívali na nákup oběda ve firmě. Není to pouze proto, aby se za stravenky nenakupoval třeba alkohol. Ale zejména proto, že pravidelně obědvat je **zdravě**. A dále řada společností se skutečně snaží zajišťovat svým pracovníkům skutečně *zdravou stravu*. Mimo jiné také proto, že se to firmám vyplácí. Objevuje se doslovně nový fenomén, že budování dobrého jména firmy cestou péle o zdraví, péle i o seniory i domácnost je pro organizace i pracovníky zajímavá hodnota. Projevuje se to také v již známém příspěvku na životní i penzijní pojištění a péle i o rodinné příslušníky. Objevují se příspěvky za zvýhodněnou cenu pronajímat domáci hospodyně i pečovatelku, která se postará o rodinné příslušníky, zatím co oni jsou v práci. Také se zavádějí poukazy na nákup knih. Samozřejmě se pokračuje v podpoře příspěvků na sport, dovolenou, rehabilitační péle i lázeňské pobyty. Skutečně v této oblasti jsou některé organizace velice vynalézavé. Podle [8] je velice motivující pozvání dobrých pracovníků na podnikový ples, kde je jejich přínos pro firmu patrně odměněn. Některé organizace dávají dobrým pracovníkům podle odpracovaných let příslušnou roční odměnou. Byl citován příklad z Mexika, kdy dobří pracovníci dostávali zlaté prsteny s věnováním. Kupříkladu se objevily zajímavé benefity k nákupu vlastních produktů firmy i Radegast nabízí tak zvané **PÍVENKY** na nákup vlastních výrobků.

2.4. Další možnosti získávání pracovníků do metalurgie

Je třeba říci, že jisté další zdroje pracovníků ještě jsou. Podrobnější rozbor nezaměstnanosti v ČR /9/, kupříkladu mezi okresy dává jisté možnosti. Kupříkladu Praha-východ a Rychnov nad Kněžnou mají shodně dokonce pouze 1,8 % nezaměstnaných. Na druhé straně Karviná má 10,2 %, Most 9,9 %, atd.

Dále je zde jistá možnost ve využití vlnění. K tomu byla na /10/ ve Vítkovických slévárnách, kdy bylo jednání OK ekonomické diskuse se zástupcem vlněnské služby ČR Vlnice Valdice Ing. Milošem Kaskou. Podrobně se tam diskutovaly technické a logistické možnosti zaměstnávání vlnění. A nyní /8/ jsme již byli informováni o praktických výsledcích. Slévárny používají vlnění k litému odlitku a je to přínavné jak pro vlnice, tak pro ocelárnu.

Další známou možností je využívání žen na mateřské a po mateřské dovolené /11/. Jistým zdrojem jsou lidé se zdravotním postižením. To vše si však vyžaduje možnost pevného zvažování využití těchto pracovníků a iasto zkrácený pracovní úvazek a i práci z domova. A v této oblasti zatím vesměs nejsme ani zvyklí a ani připraveni na tato řešení. Spíše zde převládá názor, že metalurgie si vyžaduje *pouze silné a plně zdatné chlapy, kteří navíc na nějaké to ostré slovo nehledí*. Ale to neplatí zcela! Je řada prací u nás, kde jdou a velice úspěšně tyto pracovní skupiny zaměstnat a ty *zdravé a silné chlapy* kteří jsou tam nyní, přivést tam, kde jsou opravdu plně třeba.

Je ještě jedna skupina pracovníků, kteří by nám mohli pomoci. To jsou senioři. Skutečnost je, že pro novou dobu se někdy v ČR stala modelem situace vlnění mládí a krásy. A pro mnohé manažery se někdy i pracovníci 40+ nebo 50+ stali nepružnými, málo pružnými, neschopni zvládat zážitky a učením nových metod, atd. S tím se vyspělý svět již dávno vyrovnal. Cestou jsou jak je známo smíšené kolektivy, kdy se vlastnosti mladých kombinují se zkušeností dříve narozených. Zde je ne nevýznamný zdroj pracovníků v metalurgii.

2.5. Přínosy etického chování pro firmu aneb zaměstnanci vyhledávají společností, které mravně jednají

Se zásadní změnou na řádu pracovních sil si začínají také vybírat pracovníci svého budoucího zaměstnavatele z pohledu dodržování etického jednání [4].

Dosud zejména platilo, že společnost si spíše u potenciálního nového pracovníka prověřovala jeho způsoby chování. Dříve se to výpisem z rejstříku trestů, majetkové exekuce. Dále se firmy začínaly zajímat o výpis z bodového hodnocení řidičů. Vychází se z toho, že kdo si nedělá problémy s dodržováním dopravních předpisů bude se stejně chovat i v jiných oblastech. Navíc řidič služebního vozu oblepeného logem společnosti, jí může dle svého chování na vozovce vskutku nepříkrou reklamou.

A nyní se stále více začíná jistým způsobem *karta obracet* a potenciální zaměstnanci společností se začínají zajímat, kam jdou, jak se tam jedná se spolupracovníky, atd. A musíme si uvědomit, že informace o tom, že ve společnosti je *šusno* že její vedení je složeno z amorálních psychopatů, že vedoucí doslovně po *šidech* šlehe v žádném případě neutají. Tento někdy doslovně vulgární způsob jednání nejde v žádném případě omluvit, a to ani tím, že onen bos k tomu dodává *šidlyšho královsky platím, tak o co mu jde*. Navíc se ukazuje, že tento přístup - i kdybychom opomněli etický faktor, který by měl být mezi normálními lidmi plným standardem - je pro danou společnost silně ztrátový. Prvním krokem zaměstnanců na takovéto jednání je jejich pasivní i aktivní rezistence na hranici sabotáže. A obvykle následuje rychlý odchod pracovníků, nebo alespoň těch, kteří *šnou odejít*.

Skutečnost je, že v práci jsme i s těmi, *še kterými bychom na pivo nešli*. Tak to skutečně je. Tento nově do značné míry náhodně vytvořený kolektiv musí společně pracovat a v kooperaci šít zadané pracovní úkoly. A aš je to jakkoli, i když si to v šedě předpokládáme, tak prvním předpokladem pro úspěšné plnění pracovních úloh je zachovávání minimálních zásad korektního jednání. Lidé nechodí do práce, aby se milovali, ale ani aby mezi sebou bojovali. Toto tvrzení se zdá samozřejmé, ale ve skutečnosti ne ve všech

společnostech plně respektované. Je třeba říci, že v této oblasti má zcela zásadní úlohu management. V první řadě zejména svým příkladem. Ten je zcela rozhodující. Uvědomme si kolik našich šéfů doslovně pohrdá prací některého z pracovníků! Každá práce ve firmě není podstatná! Zaměstnavatel chce dosáhnout zisku a touto cestou nemůže v žádném případě jít sám!

Uveďme si příklady zdánlivě normální situace - existence přeslasy, které se dostávají do situace, že se stávají stálými. Z Japonska známe pojem *karogiri* tedy smrt z přepracování. Tam se za mez, kdy se riziko smrti hodnotí, jako významné považuje 80 opakovaných přeslasy hodin měsíčně.

Dále kolik pracovníků, obvykle manažerů doma sleduje podnikový internet a de facto pokračuje v práci. Podívejme se jaké je to u nás! Položme si otázku - není otázka pravidelných přeslasy důsledkem špatné práce managementu? Z tohoto pohledu je *největším benefitem volný čas pracovníka*. Podívejme se na některé společnosti, a metalurgie není výjimkou, kdy si šéf vynucuje u pracovníků neustálou pohotovost. Volá jim po 20⁰⁰ hodin večer, zadává úkoly emailem v noci se žádostí o jejich splnění do 8⁰⁰ hodin ráno, atd. Nenapravuje tímto šéf své vlastní důležitější chyby na úkor šedového pracovníka?

Tedy zcela jednoznačně v první řadě musí být vedení příkladem v zásadách slušnosti v jednání mezi sebou a svými zaměstnanci. A dále musí být příkladem v organizaci práce ve svém středisku, aby nedocházelo následně ke zbytečnému zatěžování svých spolupracovníků.

K této oblasti je třeba dodat velice důležitou informaci. Harvardský psycholog tvrdí, že *nejméně 80 %* pracovníků vede k úspěchu v práci [5]. Dokládá, že pouze 25% našeho pracovního úspěchu je způsobeno mírou inteligence. Celých 75% je určeno úrovní optimismu pracovníka. Je tedy zcela jednoznačné, že optimismus pracovníka nebudou podporovat nepořádky na pracovišti, neetické jednání atd. Na 18. se opakovalo *že každé dobré slovo přijdou lidé šéfovi na ruku*. Stejně tak, se již začíná objevovat v některých slévárnách reálná situace, kdy dochází k situaci *práce s úsměvem na tváři*. A to by mělo být snad naším cílem.

Na druhé straně se začínají objevovat z vedení firem u nás nové skutečnosti, které se snaží odbourávat někdy až na obdiv vystavované rozdíly mezi vrcholovým managementem (*černými límečky*) a ostatními zaměstnanci (*šedými límečky*). Bylo to nazváno *odstraňování vnějších atributů moci*. Konkrétně, že se odbourává u managementu trvalé přidělení služebního auta, trvalé přidělení místa k parkování, sekretářka apod. Jeví se, že v některých společnostech by tento *vnější atribut moci* měl být udělen pouze generálnímu řediteli. I to slouží k jistému odstranění oddělení pracovníků od managementu - vhodné v rutinu nazývané *archu*.

2.6. Jak se zachovat, když budou opravdu všechny naznačené zdroje pracovníků vyčerpané

V žádném případě se další rozvoj metalurgie nezastaví. Všichni vidíme, že výzkum a výzkum vyvíjí nové technologie a nová efektivní řešení. Zejména o tom je naše konference. Tedy i v této naší mnohdy zatracované metalurgii jsou cesty k další mechanizaci a zejména automatizaci práce a tím úspory pracovníků.

Velice významným impulsem a současným zdrojem jsou náměty, které s sebou přináší 4. průmyslová revoluce /12/. Touto cestou již výslovně technický svět jde několik roků. A my bychom se měli do tohoto proudu také plně zapojit. Uvědomme si, že INDUSTRIE 4.0 nám snad do cca 10 roků přinese patrně pro polovinu obyvatel profese, které dnes ještě neznáme.

Snad by nebylo zcela seriózní, abychom si nezmínili možná rizika vývoje společnosti a s tím i naší metalurgie.

3. MOGNÁ RIZIKA VÝVOJE SPOLEČNOSTI A TÍM I METALURGIE

Historik a prorektor Univerzity Karlovy Martin Kovář[1] ve své snad troche nestandardní rozvaze varuje, že budoucnost mŕže být horší než současnost a že Evropa hrozí nějakým chaos a dokonce války. Nediskutuje o horizontu 2 - 3 let, ale uplynulých 70 let bez války považuje už nyní za docela unikátních. K tomu uvádí skutečnosti, které jsme prakticky nyní prošli a o nichž jsme měli naprosto jiné představy. Kupříkladu o tom, kdo vyhraje v USA volby. Nebo to, že se nepředjímal brexit. K tomu klade další otázky. Co naznačí volby ve Francii a Nizozemsku? Jaké bude šumerkelovské Německo? V souvislosti s vývojem 100 let vzniku samostatného Československa šli lingvisté s úvahou, že hranice dlouhodobé udržitelnosti pro jazyk je někde kolem 10 mil. lidí. A na ní nyní jsme! Jak to bude dál? Vše nasvědčuje tomu, že další udržení na této hodnotě se bude zajišťovat zejména šstihovalci! A hlavně bude to stejné Česko?

Pokud se týká Ruska tak prorektor uvádí, že Rusové od r. 1991 začali na mezinárodní scéně tolik ponížení a ústup ze slávy byl pro ně tak hoší, že rozumí Putinovi, proč zdrazňuje národní sebevědomí a vojenskou sílu. A tedy, že *řmagraný a tlustý ruský medvěd by byl daleko méně nebezpečný než ten, který je podvyžvený, vystresovaný, zraněný a potupený. A přitom je stále dost silný na to, aby každému kdo se k němu neopatrně šblí, dal co proto*

A když se podrobně zamyslíme nad stávající situací tak obdobných otázek se objeví celá řada.

Pro ilustraci z jiné oblasti, na kterou upozornilo tisícet zvláštních jmen profesorů z předních evropských a amerických univerzit [16]. Ve své Deklaraci z Namuru se všichni vágností upozorňují na to, velké korporace nebudou moci do nekonečna minimalizovat výši odevzdaných daní.

Další z ekonomicky a následně společensky doslovně výbušných oblastí je hromadění obrovského majetku v rukou jednotlivců, rodin nebo nadnárodních společností v kontrastu s podílem jeho snižování u zbytku obyvatelstva. Byl zřejmý ukazatel kolik majetku dané země vlastní 1% jejich obyvatel [17]. Pořadí bylo následující: Rusko 74,5%, Indie 58,4%, Thajsko 58%, Indonesie 48,3%, Brazílie 47,9%, Čína 43,8%, USA 42,1%, JAR 41,9% a Mexiko 38,2%. I tento stav považují odborníci z oblasti sociálního vývoje za výbušný.

4. ZÁVĚR

Přspěvek se v úvodní části zaměřuje na předpokládaný vývoj výroby oceli. Konstatuje někdy rozporné informace o předpokládaném rozvoji. Přklání se ke vcelku optimistickému stanovisku ratingové agentury Mody.

Následně se věnuje hlavnímu problému metalurgie v ČR a tou je nedostatek pracovníků. Diskutuje otázky snižení počtu nezaměstnaných. Dále posuzuje relativně pozitivní zjištění, že ČR je atraktivní zemí pro práci. Dále se věnuje možnosti zapojení věčiny práceschopného obyvatelstva do metalurgie. Rozebírá možné dopady finského experimentu. Dále se zaměřuje na posouzení využití různých druhů benefitů pro pracovníky. Poté jsou probírány možnosti zapojení věčrů, žen na mateřské, hendikepovaných pracovníků a seniorů.

Rozsáhle je posuzována otázka posuzování etického chování firmy k pracovníkovi. Následně se přspěvek zaměřuje na situaci po vyřerpání všech myslitelných zdrojů pracovníků.

V závěru přspěvku se naznačí uří některá možná rizika vývoje společnosti. Jedná se zejména o společensko-politická a možné problémy v oblasti ekonomické etiky.

LITERATURA

[1] KOVÁŘ M. Válka je nevyhnutelná, Ekonom 2017, 7, s. 25 -31,

- [2] Velký přehled platí, Ekonom, č. 3, 2017, s. 12-20.
- [3] KAZDOVÁ A. Do benefitů stále ještě vstupuje zdraví, služby a péče o seniory, Moderní řízení č. 12, 2016, s. 34-35.
- [4] BARÁK V. Přínosy etického chování pro firmu. Moderní řízení č. 12, 2017, s. 36-39.
- [5] DEVÁT J. Vrchní šéf přes zábavu, Ekonom č. 42, 2016, s. 58.
- [6] RICHTER J. Finsko spouští psychologický experiment, lidem začne rozdávat peníze, Ekonom č. 1, 2017, s. 41-42.
- [7] SVOBODA J. Česko je atraktivní zemí pro práci, Právo 17. ledna 2017, s. 17.
- [8] Diskuse na 54. zasedání odborné komise ekonomické ústavy ve Slévárnách Třinec, a. s. 7.- 8. 3. 2017.
- [9] SVOBODA J. Nezaměstnanost dál klesá v EU je nejnižší, Právo, 9.3.2017, s. 19.
- [10] KAFKA V. OK ekonomická se sešla ve Vítkovických slévárnách, s.r.o. v Ostravě, Slévárství 11.-12. 2016, s. 473- 474.
- [11] KAFKA V. Některé problémy zajištění pracovníků pro slévárny, Slévárství č. 7-8, 2016, s. 245-247.
- [12] Digitalisierung in der Stahlindustrie: Vorgefertigte Lösungen funktionieren nicht, Stahl Aktuell, 23.11.2016.
- [13] US-Stahlindustrie: Moody's ist für die Branche mittelfristig optimistisch gestimmt, Stahl Aktuell 28.12.2016.
- [14] Rohstahlproduktion 2017 wohl im Aufwärtstrend, Stahl Aktuell, 29.12.2016.
- [15] China beim Abbau von überschüssiger Kapazität dem Zeitplan voraus, German.china.org.cn, 26.11.2016.
- [16] KELLER J., Znepokojení akademici, Právo 10.12.2016, s. 9.
- [17] MORAVEC V. Globální majetková nerovnost, Fokus Václava Moravce, č. 24.7.2.2017, 20. vyd.

MODELOWANIE FIZYCZNE PROCESU ROZPUSZCZANIA PALIWA KAWAŁKOWEGO ZAWIERAJĄ CEGO WŃGIEL W KONWERTORZE TLENOWYM

PHYSICAL MODELLING OF THE DISSOLVING PROCESS OF THE LUMP FUELS CONTAINING CARBON IN OXYGEN CONVERTER

FIEIIEREIZEN Ihor, PIEPRZYCA Jacek, MERDER Tomasz, SATERNUS Mariola

*Politechnika śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii,
Instytut Technologii Metali, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Polska
jacek.pieprzyca@polsl.pl*

Abstrakt

W artykule przedstawiono wyniki badań modelowych zjawisk hydrodynamicznych zachodzących w konwertorze tlenowym podczas dodawania kawałkowego paliwa zawierającego węgiel w trakcie przedmuchiwania ciekącej stali. Do badań wykorzystano wodny model fizyczny konwertora tlenowego, wyposażony w 5 dyszów łanczy tlenowy. Celem badań było określenie wpływu głównych parametrów Źwieżenia na kinetykę procesu rozpuszczania paliwa.

Słowa kluczowe: Stal, konwertor tlenowy, modelowanie fizyczne, paliwo kawałkowe

Abstract

Article presents the results of modelling research of hydrodynamic phenomena occurring in oxygen converter during addition of lump fuels containing carbon in the process of blowing the liquid steel. The physical model of oxygen converter equipped with the five nozzles oxygen lance was used in the research. The main aim of the research was to determine the influence of main parameters of steel refining on the kinetics of lump fuels dissolving process.

Key words: Steel, oxygen converter, physical modelling, lump fuels

1. WSTĘP

Modelowanie fizyczne stanowi jedną z metod opisu zjawisk hydrodynamicznych zachodzących w konwertorze tlenowym. Wykorzystanie modeli wodnych konwertora tlenowego pozwala m.in. na optymalizację technologii dodawania kawałkowego paliwa zawierającego węgiel (KPZW) w trakcie przedmuchiwania ciekącej kąpieli, a w efekcie zwiększenie efektywności jego użycia w procesie konwertorowym oraz jakości produkowanej stali przy jednoczesnym minimalizowaniu kosztów jej wytwarzania. Zastosowanie wyników badań modelowych w praktyce przemysłowej może również wpływać na zmniejszenie negatywnego oddziaływania procesu produkcji stali na środowisko. Uzyskiwane wyniki badań modelowych, w zależności od stosowanej metodyki, mogą mieć różny kształt. Podstawowe z nich to krzywe RTD ilustrujące przebieg procesu mieszania się ciekącej stali oraz kinetykę rozpuszczania w niej KPZW w trakcie Źwieżenia wytopu. Innym kształt wyników uzyskuje się w badaniach o charakterze wizualizacji. Dla obu metod znacznikiem był nasłuchowany solny granulat reprezentujący paliwo kawałkowe umożliwiający pomiar zmian przewodności elektrycznej cieczy modelowej oraz obserwację procesu mieszania paliwa z ciekłą stalą.

2. MODEL FIZYCZNY KONWERTORA TLENOWEGO

Projekt i budowa modelu fizycznego konwertora tlenowego oparto o prawa zawarte w teorii podobieństwa. Zastosowano zasadę zgodności charakterystycznych liczb kryterialnych w modelu i w urządzeniu rzeczywistym. Jako dominujące kryterium podobieństwa wykorzystano zmodyfikowane kryterium Froude'a [1-3]. Geometryczne i dynamiczne parametry dysz de Laval'a górnicy modelu lancy tlenowej określono metodami [1, 4], polegającymi na wyznaczeniu impulsu strumienia gazu i oraz liczby Macha Ma :

$$I = \frac{i}{\rho_l \cdot g \cdot L^3} \quad (1)$$

$$Ma = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda^2}{(k+1) - (k-1) \cdot \lambda^2}} \quad (2)$$

gdzie: I - bezwymiarowy impuls strumienia,
 λ - bezwymiarowy współczynnik szybkości,
 k - współczynnik adiabaty,
 ρ_l - gęstość,
 L - wymiar charakterystyczny.

Podstawowe wymiary modelu fizycznego lancy tlenowej mają wartości:

- ilość dysz cylindrycznych - 5,
- kąt pochylenia do osi lancy - 12° ,
- średnica zewnętrzna lancy - $\phi_l = 22 \text{ mm}$,
- średnice dysz - $\phi_d = 1,5 \text{ mm}$,
- średnica koła, na której rozmieszczone są dysze - $D = 5 \text{ mm}$.

Jako materiał reprezentujący KPZW w modelu wodnym, zastosowano kruszywo z kory dębu korkowego o wymiarach 0,6-5 mm oraz gęstości 250-300 kg/m³. Kruszywo korkowe przed badaniami nasycano solą w cięgu 12 godzin w roztworze wodnym NaCl.

3. BADANIA MODELOWE

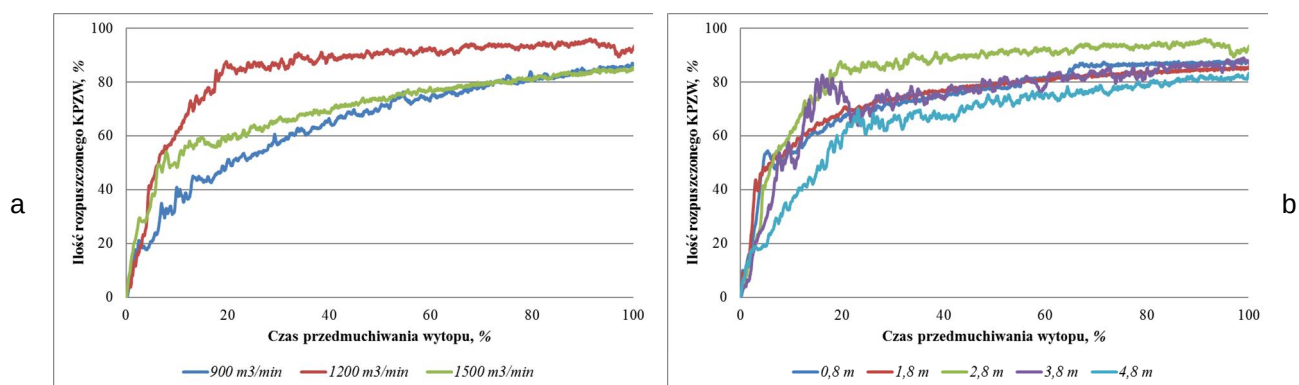
Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu: odległości lancy tlenowej od powierzchni lustra stali, intensywności dmuchu oraz masy stosowanego KPZW, na kinetykę przebiegu procesu rozpuszczania paliwa w cieplej kąpieli. Dla usystematyzowania prowadzonych eksperymentów, podzielono je na 3 etapy przedstawione w **tab. 1**. Doświadczenia we wszystkich wariantach realizowane były w następujący sposób:

- 1) napełnienie wodą modelu fizycznego konwertora tlenowego do wysokości 185 mm nad poziomem dennicy,
- 2) ustawienie wartości strumienia przepływu powietrza w lancy,
- 3) wprowadzenie do cieczy modelowej nasyconego solą kruszywa korkowego,
- 4) pomiar zmian przewodności elektrycznej cieczy modelowej za pomocą konduktometrów,
- 5) pomiar grubości i szerokości warstwy KPZW,
- 6) archiwizacja danych pomiarowych.

Tab. 1 Warianty eksperymentu

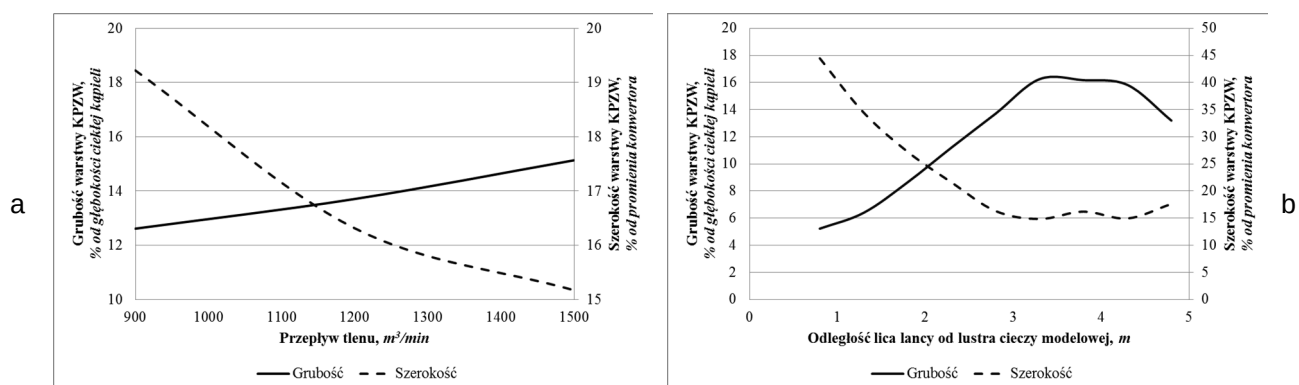
WartoŚci dmuchu przez lanch [m³/min]			OdleggŚci lica lancy od lustra cieczy modelowej [m]					Masa kruszywa korkowego [kg]					
Etap I													
0,230	0,285	0,341	0,280					0,320					
Etap II													
0,285			0,08	0,18	0,28	0,38	0,48	0,320					
Etap III													
0,285			0,280					0,110	0,212	0,320	0,425	0,530	0,635

Wyniki doświadczeń były przeliczone na warunki pracy konwertora. Ustalono optymalną wysokość lica lancy tlenowej od powierzchni lustra stali, która wynosi 2,8 m (**rys. 1a**) oraz przepływ gazu przez dysze na poziomie 1200 m³/min (**rys. 1b**) przy dodawaniu 6 kg KPZW/Mg stali.



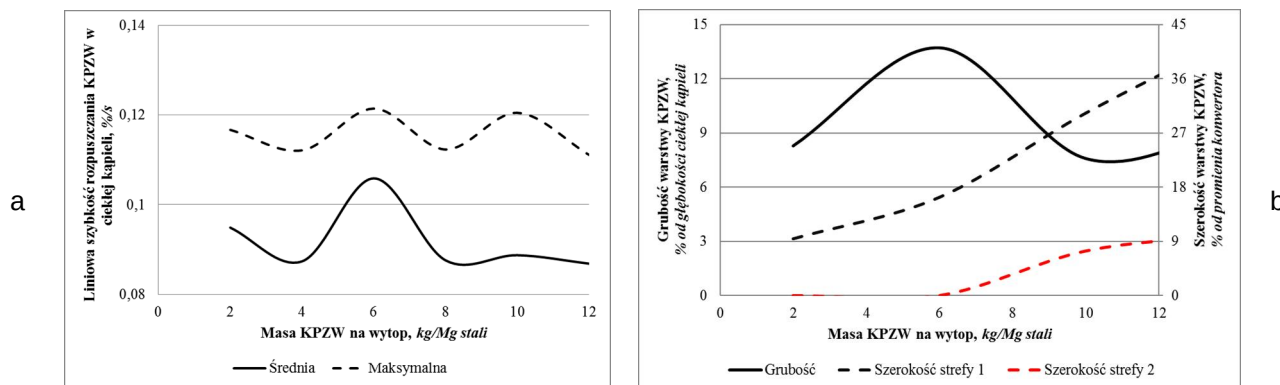
Rys. 1 Krzywe rozpuszczania KPZW w ciekłym metalu uzyskane w badaniach przy zmianie przepływu tlenu (a) oraz wysokości lica lancy tlenowej od powierzchni lustra stali (b) przy dodawaniu paliwa 6 kg KPZW/Mg stali w przeliczeniu na warunki konwertorowe

Pozwala to uzyskać minimalną szerokość warstwy paliwa oraz maksymalną grubość (**rys. 2**), co sprzyja podwyższeniu przyswajania paliwa przez ciekły metal.



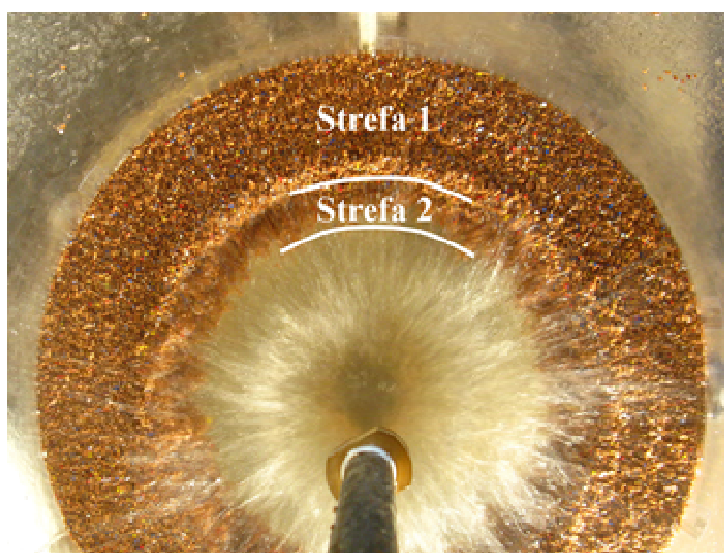
Rys. 2 Dynamika zmiany geometrycznych rozmiarów warstwy KPZW przy zmianie przepływu tlenu (a) oraz wysokości lica lancy tlenowej od powierzchni lustra stali (b) przy dodawaniu paliwa 6 kg KPZW/Mg stali w przeliczeniu na warunki konwertorowe

Oprócz tego, wyznaczono optymalną porcję KPZW, która wynosi 6 kg KPZW/Mg stali. Wówczas osiąga się maksymalną średnią liniową szybkość rozpuszczania paliwa w ciekłej kąpieli wynoszącą 0,105%/s (rys. 3a), grubość warstwy KPZW 13% głębokości kąpiel (rys. 3b) oraz niewielką szerokość 18% promienia konwertora.



Rys. 3 Krzywe liniowej szybkości rozpuszczania KPZW w ciekłym metalu (a) oraz dynamika zmiany geometrycznych rozmiarów warstwy paliwa (b) w zależności od jego masy przy przepływie tlenu 1200 m³/min oraz wysokości lica lancy tlenowej od powierzchni lustra stali 2,8 m w przeliczeniu na warunki konwertorowe

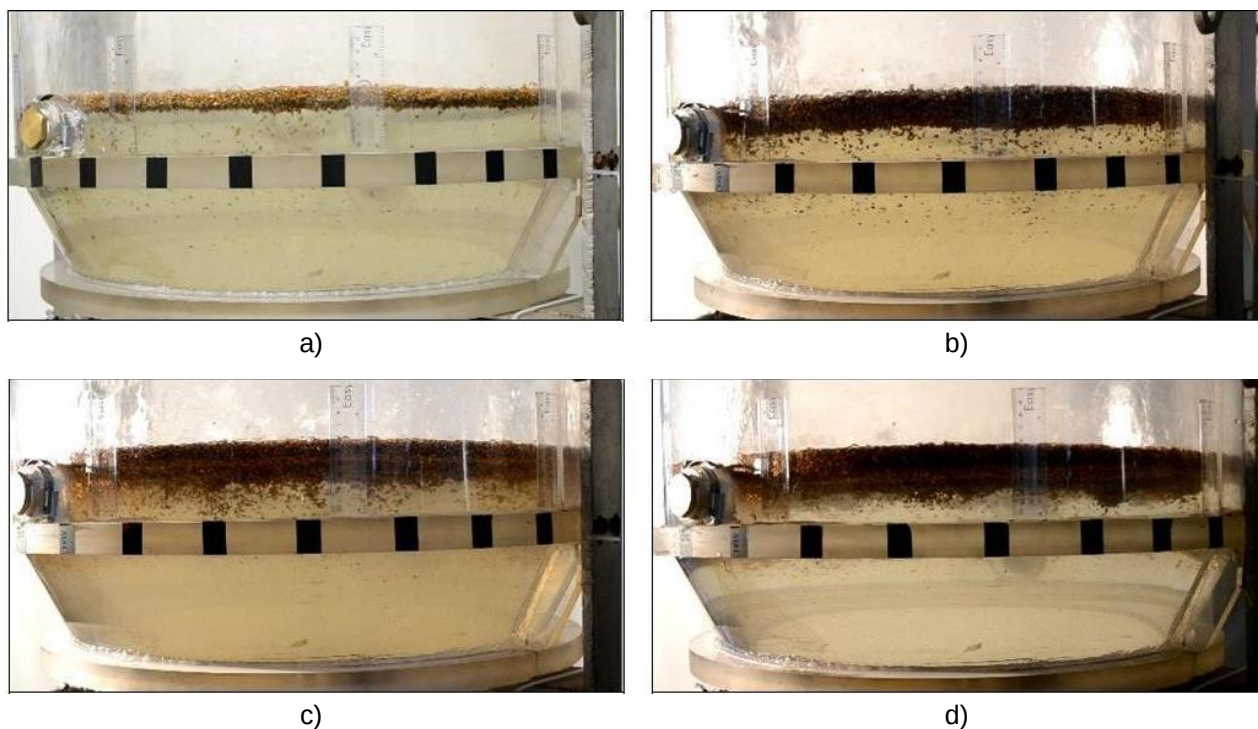
Należy zaznaczyć, że zwiększenie zużycia paliwa do 10 kg KPZW/Mg stali prowadzi do zmniejszenia grubości oraz dwukrotnego zwiększenia szerokości warstwy KPZW, co obniża średnią liniową szybkość rozpuszczania paliwa o 25%. Również przy masie paliwa 10 kg KPZW/Mg stali, maksymalna liniowa szybkość rozpuszczania osiąga drugie maksimum (rys. 3b), co tłumaczy tworzenie się drugiej strefy, w której paliwo aktywnie miesza się w strefie reakcyjnej (rys. 4).



Rys. 4 Proces mieszania kruszywa do cieczy modelowej (widok z góry), strefy mieszania kruszywa: strefa 1 i pasywnego, strefa 2 i aktywnego

Zwiększenie zużycia paliwa powyżej 10 kg KPZW/Mg stali prowadzi do pogorszenia wszystkich parametrów. Uzupełnieniem badań procesu mieszania KPZW w trakcie świeżenia stali w konwertorze tlenowym były badania o charakterze wizualizacji. Prowadzono je stosując tę samą metodę, co pozwoliło na obserwację

mechanizmu mieszania paliwa z cieczą modelową pod wpływem strumienia gazu. Przebieg eksperymentów rejestrowano za pomocą kamer, a uzyskane materiały filmowe opracowano za pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego. W ten sposób uzyskano wyniki w postaci zdjęć ilustrujących przebieg badanego procesu w jednakowych interwałach czasowych dla poszczególnych wariantów eksperymentu. Przykładowe wyniki badań o charakterze wizualizacji przedstawia **rys. 5**.



Rys. 5 Obrazy mieszania KPZW dla eksperymentów etapu 3
(masa kruszywa 110 g i a, 320 g i b, 530 g i c, 620 g - d)

5. PODSUMOWANIE

Badania zjawisk hydrodynamicznych zachodzących w trakcie procesu konwertorowego w warunkach przemysłowych są bardzo trudne, a często niemożliwe. Wielką rolę wówczas odgrywa możliwość ich modelowania. W artykule przedstawiono jedynie wybrane rezultaty przeprowadzonych badań modelowych procesu rozpuszczania KPZW w trakcie świecenia stali z wykorzystaniem modelu fizycznego konwertora tlenowego. Pozwalają one na określenie optymalnych parametrów procesu z punktu widzenia hydrodynamicznego.

Przedstawione w artykule wyniki badań modelowych potwierdzają przyjęte w procesie produkcyjnym parametry systemu w trakcie dodawania KPZW do ciekącej kąpieli. Potwierdzono również fakt obniżenia efektywności stosowania paliwa przy zwiększeniu jego zużycia powyżej 10 kg KPZW/Mg stali. Jednak istotną wartością tego typu badań jest możliwość ilościowego określenia skuteczności badanego procesu i oszacowania konkretnych korzyści płynących z zastosowania danej technologii.

LITERATURA

- [1] KUDLIŃSKI Z., PIEPRZYCA J.: ĄModelowanie fizyczne wybranych zjawisk w procesie COSą Monografia Wydawnictwa Inżynierii Materiałowej i Metalurgii pod redakcją Franciszka Grosmana i Czesława Sajdaka pt. ĄMatematyczne i fizyczne modelowanie zjawisk w procesach technologicznych.ĄKatowice, 2006

- [2] CHAU-JENG S., JAW-MIN C., SHIH-HSIEN L. : Effect of Gas Bottom Blowing Condition on Mixing Molten Iron and Slag inside Ironmaking Smelter, Materials Transactions, Vol. 50, No. 6 (2009).
- [3] MICHALEK K., GRYC K., MORÁVKA J.: Studium přenosových dějů v lící pánvi při dmýchání argonu pomocí fyzikálního modelování, Metal 2007, Hradec nad Moravicí, 22.-24.5.2007.
- [4] 鋼鉄溶融炉の吹込みガスとスラグの混合状態に関する研究, 鉄鋼, 1984, 119号
- [5] PERZYŃSKI G.: „ Projekt systemu aplikacji gazu przez dennicę modelu fizycznego konwertora tlenowego z dmuchem kombinowanym. Praca inżynierska pod kierunkiem J. Pieprzycy, 2013.
- [6] PIEPRZYCA J., PERZYŃSKI G.: Model fizyczny konwertora tlenowego z dmuchem kombinowanym., 29 celostátní konference Teorie a Praxe Výroby a Zpracování Oceli Karlova Studánka, Republika Czeska, 4-5 kwiecień 2013, s.108-112, ISBN 978-80-87294-37-6

ROZŠÍŘENÁ ŘADA POMĚROVÝCH PYROMETRŮ ENDURANCE

KELLER Libor

TSI System s.r.o., Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Česká republika
info@tsisystem.cz

Abstrakt

Společnost Fluke Process Instruments doplnila svou řadu pyrometrů Endurance o tři nové jednopásmové a dvoupásmové pyrometry. Pyrometry této řady tedy nyní lze měřit teploty od 50 do 3 200 °C. Výrobce také zvýšil maximální optické rozlišení z 150:1 na 300:1, a tak umožnil měření ještě menších objektů z ještě větší dálky. Nové poměrové pyrometry určené pro náročné měřicí úlohy měří už od 250 °C. Snímají se mají galvanicky izolované vstupy a výstupy a kryt z korozivzdorné oceli zaručuje krytí IP65.

Instalací pyrometrů Endurance je možné snížit náklady na údržbu díky jejich spolehlivosti. Jednotky jsou vybaveny robustními galvanicky izolovanými vstupy a výstupy, jsou v pouzdru z nerezové oceli, mají odolnost IP65 a odolají teplotě okolí do 65 °C nebo až do 315 °C při použití chladicího systému. Signalizace zaplněné vstupní lišty objektivu odstraní potřebu jejího pravidelného čištění.

Pyrometry Endurance jsou mimořádně všestranné a snadno se instalují. Jejich široký teplotní rozsah pokryje celý výrobní proces. Pyrometry mají přemyslová rozhraní (Ethernet, Profinet a RS-485), napájeny mohou být systémem Power over Ethernet (PoE). Intuitivní ovládací panel usnadňuje uživatelské nastavení. Programové vybavení pro nastavování a monitorování zjednodušuje konfiguraci a nasazení, vestavěný webový server umožňuje archivaci naměřených dat pro jejich sledování a řešení případných problémů.

Klíčová slova: Endurance, teplota, pyrometr poměrový

1. PYROMETRY ENDURANCE JSOU FLEXIBILNÍ

Poměrové pyrometry Endurance mají nový velký měřicí rozsah od 250 °C do 3200 °C, který pokrývá většinu průmyslových vysokoteplotních aplikací. Poměrový režim umožňuje měření v obtížných podmínkách, kdy je měřený objekt malý nebo tvarově proměnný anebo když není stabilní v zorném poli pyrometru. V tomto režimu je také možné přesně měřit v případě až 95 % obstrukce zorného pole mechanickými překážkami nebo prachovými částicemi.

Tab. 1 Modelová řada pyrometrů Endurance

Model	1R	2R	1M	2M	3M
Rozsah	550 až 3200°C	250 až 1200°C	400 až 3000°C	250 až 2250°C	50 až 1800°C
Režim	Poměrový/Absolut.	Poměrový	Absolutní	Absolutní	Absolutní
Optika	150/100 : 1	75 : 1	300/160 : 1	300/160 : 1	300/100 : 1
Spektrum	1,0 μm	1,6 μm	1,0 μm	1,6 μm	2,4 μm
Odezva	10 ms	20 ms	2 ms	2 ms	20 ms

Jejich zaplacení do libovolného systémového uspořádání umožňuje široká nabídka výstupů a komunikačních rozhraní. Standardní analogový výstup 0/4 i 20 mA je opticky oddělený a má přesnost v 16 bitovém rozlišení. K dispozici je také signalizační kontakt vestavěného relé. Základním rozhraním je protokol RS-485

s plnou duplexní komunikací, který umožňuje vytvoření sítě pyrometrů. Dále jsou k dispozici rozhraní Ethernet a Profinet.

Napájení pyrometru Endurance je běžným průmyslovým zdrojem stejnosměrného napětí od 18 do 42 V nebo prostřednictvím moderní technologie PoE (Power over Ethernet), která umožňuje napájení a přenos dat po jednom kabelu.

Jednoduchá a pohodlná instalace pyrometru je zajištěna centrální maticí pro využití dodávaných pevných nebo nastavitelných držáků nebo vlastních konstrukcí.



Obr. 1 Pyrometr Endurance – pohled na objektiv

2. PYROMETRY ENDURANCE JSOU ODOLNÉ

Aby mohly být pyrometry Endurance použity pro měření v nejtvrdějších průmyslových podmínkách, jsou vestavěny do pouzdra z nerezové oceli. Jejich odolnost je deklarována stupněm krytí IP65. V základním provedení vydrží pracovat do teploty okolí 65 °C.

Pro vyšší okolní teploty se nabízí provedení s chladicím pláštěm. Pokud v tomto provedení použijeme ke chlazení vzduch, zvýší se pracovní teplota na 120 °C, při chlazení vodou může být pracovní teplota okolí až 175 °C. Pro další zvýšení odolnosti je možné pyrometry Endurance instalovat do osvědčených termoplášťů, které jsou vyrobeny jako dvoupokryškové odlitky z odolné hliníkové slitiny. V této konfiguraci je teplotní odolnost pyrometru až 315 °C a navíc se dále zvýší i jejich mechanická odolnost. Nezbytnou součástí výbavy pyrometru Endurance jsou také kabely s vysokoteplotní odolností.

V pražném prostředí je použití pyrometru usnadněno instalací ofukovacího límce optiky, aby nebyla nutná periodická ruční údržba. Ofukovací systém je také samozřejmou součástí vysokoteplotního termopláště. Pyrometry Endurance jsou také vybaveny signalizací zapínání přední lišty objektivu, což dále snižuje nutnost pravidelné údržby.

Pro specifické podmínky použití je k pyrometru Endurance dostupné rozsáhlé instalační příslušenství, jako jsou přruby, uzávěry a ochranné trubice.

3. PYROMETRY ENDURANCE JSOU SNADNO NASTAVITELNÉ

Použití průmyslových systémových pyrometrů je mnohdy limitováno možnostmi jejich zaměření kvůli nedostupnosti instalačního místa nebo z důvodů bezpečnosti obsluhy. Zlepšení instalačních možností přináší nové zaměřovací vybavení, které umožňuje, aby byly pyrometry nastaveny na měřený cíl snadno a bezpečně.

Základní zaměření je u pyrometrů Endurance stejné, jako u předchozích modelů. Mají přehledový hledáček se zaměřovacím křížem, který ohraničuje měřenou oblast.

Laserové zaměření vestavěným bodovým laserem umožňuje vnitřní kontrolu správného zaměření. Toto zaměření se uplatní zejména tam, kde může dojít v průběhu času ke vzájemnému posunu měřené plochy a optické osy pyrometru a je nutné zaměření průběžně kontrolovat bez přímého přístupu k pyrometru. Laserová stopa ukazuje průběh optické osy na měřeném povrchu.

Svítlivé zaměření využívá vestavěnou výkonnou svítivou diodu, která osvětluje měřenou plochu přes objektiv pyrometru. Využití tohoto zaměření je obdobné jako u laserového. Jeho výhodou je, že je díky zelené barvě světla viditelné i na površích, kde laserová stopa barevně zaniká, zejména na horkých kovech. Navíc svítlivé zaměření zobrazuje na měřeném povrchu stopu, která odpovídá průběhu optické charakteristiky pyrometru v použité měřicí vzdálenosti.

Video zaměření prostřednictvím vestavěné kamery umožňuje vzdálené monitorování nastavení pyrometrů Endurance. Navíc je možné sledovat výrobní proces a předejít tak případným haváriím. Zaměření může využívat programovou aplikaci Endurance nebo video přehrávač VLC na lokálním počítači nebo může být obraz přenášený sítí Ethernet. Rozlišení obrazu závisí do jisté míry na přenosových vlastnostech sítě. V případě využití aplikace Endurance nebo přes síťový přenos je v obrazu kamery viditelný i zaměřovací kříž.



Obr. 2 Pyrometr Endurance i pohled na ovládací panel

Pro nastavení pracovních parametrů pyrometru Endurance slouží ovládací panel, který je chráněný ochranným skleněným krytem. Segmentový displej panelu zobrazuje měřenou teplotu a mezní stavy. Grafický displej slouží pro zobrazování měřených parametrů, jako je režim měření, vnitřní teplota pyrometru, nastavená emisivita nebo strmost a procento pokrytí při dvoupásmovém měření. Zelené podbarvení displeje signalizuje normální režim, červené podbarvení varuje před zvýšenou pracovní teplotou pyrometru. Fóliová tlačítka umožňují nastavení všech parametrů pyrometru. Pro zpracování měřeného signálu lze nastavit průměrování, přesazení minima a maxima, teplotu signalizace a pásmo hystereze.

4. PYROMETRY ENDURANCE JSOU VARIABILNÍ

Nové pyrometry Endurance nahrazují dosavadní modely poměrových pyrometrů Raytek a Ircon. Proto byla vyžádána jejich plná zpětná kompatibilita k modelům Marathon MR a Modline 5.

V případě náhrady pyrometru Marathon MR je možné použít veškeré mechanické příslušenství, jako jsou montážní prvky, termopláště ofukovací límec a jiné a navíc lze použít stejný propojovací kabel. Je tedy původní pyrometr Marathon MR možné přímě nahradit novým přístrojem Endurance. Při náhradě pyrometru Modline 5 je kvůli větší tvarové odlišnosti nutné použít navržené adaptéry, které umožní vestavě pyrometr Endurance do stávajících termopláští. Kabelové propojení však může zůstat jako v předchozím případě stejné.



Obr. 3 Pyrometr Endurance – pohled z boku

5. PYROMETRY ENDURANCE MAJÍ ŠIROKÉ VYUŽITÍ

Díky svým vlastnostem, jako je flexibilita nasazení, odolnost vůči okolnímu prostředí, snadnost nastavení a provozování a variabilita při nahrazování starších přístrojů, jsou nové poměrové pyrometry Endurance široce použitelné v celé řadě průmyslových odvětví. Jmenujme alespoň ta nejčastější využití v hutním a zpracovatelském průmyslu kovů: při výrobě oceli, ve slévárnách, v kovárnách, ve válcovnách, při indukčním ohřevu a při tepelném zpracování kovů.

LITERATURA

- [1] Firemní literatura Fluke Process Instruments, 2017.

ZPRACOVÁNÍ DAT V PROCESU PLYNULÉHO ODLÉVÁNÍ OCELI

FRANEK Zdeněk¹, PYSZKO René²

¹Slezská univerzita v Opavě, Obchodní podnikatelská fakulta v Karviné, Česká republika

franek@opf.slu.cz

²VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Česká republika

rene.pyszko@vsb.cz

Abstrakt

Při plynulém odlévání oceli různých profilů vzniká velké množství dat. Data se logicky dělí do tří skupin. Za prvé jsou to data týkající se tavby připravené k plynulému odlévání, zejména chemické složení, za druhé měřená data z procesu plynulého odlévání oceli a za třetí data o kvalitě předlitku a případně i hodnocení kvality finálního produktu, například válcovaného plechu. Tato získaná data z procesu plynulého lití oceli jsou ukládána do strukturované databáze. Je nutné data zkontrolovat, agregovat, vypočítat a uložit pro sekvenci, tavbu, proud, předlitky a finální výrobek. Nad takto vytvořenou databází lze provést celou řadu statistických úprav a rozborů, které vedou k dokonalému poznání procesu výroby, analýze příčin vzniku vad a v optimálním případě i k predikci vad. Článek se zabývá postupem zpracování dat z kontilit a algoritmem spojení a sesazení dat k výrobkům. V závěrečné části článku jsou diskutovány možnosti využití statistických metod při hodnocení a optimalizaci výroby plynulého odlévání oceli.

Klíčová slova: Plynulé odlévání oceli, databáze, technologické veličiny, kvalita, statistické metody

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY KONTILIT, DATA A STATISTICKÉ METODY

Technický vývoj zařízení plynulého odlévání oceli (dále jen ZPO) přinesl do výroby oceli novou dimenzi [1]. Ve většině zemí se tímto způsobem odlévá rozhodující část vyrobené oceli a dosahované technicko-ekonomické parametry jsou srovnatelné nebo lepší než u klasického odlévání oceli. Plynulé odlévání oceli je z hlediska fyzikálního sdrůženým tepelným-mechanickým nestacionárním problémem a je popsán parciálními diferenciálními rovnicemi, které obsahují teplotní i mechanické stupně volnosti [2]. Jednou z oblastí, která je stále ve vývoji, je optimalizace technologických parametrů odlévání na základě stanovení jejich vlivu na kvalitu předlitků a z nich válcovaných finálních výrobků [3].

Tepelné procesy v předlitku probíhající při jeho průchodu celým ZPO, představují složitý mnoha komponentní tepelný, termodynamický, hydrodynamický a mechanický systém [2], [4]. Jeho poznání a řešení vyžaduje interdisciplinární přístup. Výsledkem nastavení optimálního tuhnutí (krystalizace) a chlazení je kvalitní předlitek (v provozu též nazývaný kontislitek). O složitosti procesu tuhnutí na kvalitu předlitků svědčí složitost dodávaných softwarových nástrojů predikce vad, které je nutno přizpůsobit konkrétní technologii a sortimentu odlévaných skupin jakostí oceli. Problematika kvality předlitků, jejich vad a jejich možných příčin je velmi složitá a rozsáhlá.

Plynulé odlévání oceli je komplexní proces, který se vyznačuje značnou neustáleností, tzv. fluktuací veličin. Fluktuace má negativní vliv na kvalitu předlitků a do značné míry způsobuje obtížnost stanovení příčin vad. Z toho plyne náročnost optimálního nastavení technologických parametrů odlévání a jejich řešení při událostech vyvolaných technologií. [5], [6].

Na každém ZPO jsou měřeny technologické veličiny v časových intervalech v řádu sekund během kontinuálního odlévání. Doplníme-li k těmto datům údaje o tavbě připravené k odlévání, data z mimopecního zpracování, údaje o dosažené kvalitě předlitků a z nich válcovaných výrobků, vzniká kvalitativní resp.

k celé sekvenci odlévaných taveb v lase, obrovské množství dat. Tato data přímo vybízejí k využití moderních statistických metod k monitorování [8], vyhodnocení kvality výroby a k následné predikci vad. Aby bylo možno z dat čerpat znalosti, je nutno tato data z databáze přepřavit pro statistické hodnocení ve tvaru tabulky, která na jedné straně obsahuje parametry lití i nezávisle proměnné a na druhé straně údaje o dosažené kvalitě i závisle proměnné. Vzniká tak matice m krát n pro zpracování profesionálními statistickým nástroji - software (IBM SPSS, SAS System, Matlab, STATISTICA atd.)

2. VZNIK A ZPRACOVÁNÍ DAT V PROCESU ZPO

Celý proces odlévání oceli je podrobně mapován měřením a snímáním sledovaných dat, včetně provádění chemických analýz. K vzniklým předlitkům a z nich odválcovaným výrobkům je přisazeno hodnocení kvality. Vzniká tak celá řada značně rozsáhlých dat, mapující výrobní proces. Lze však konstatovat, že potenciál těchto dat není stále ještě dostatečně využíván. Je to způsobeno mimo jiné i tím, že je velmi obtížné s těmito daty manipulovat a že přisazování údajů k danému místu předlitku nebo k příslušné vadě je velmi obtížné. Přesto provozování plynulého odlévání, a obzvláště odlévání bramb, bez systémů sledování parametrů lití a programových systémů optimalizace parametrů lití je dnes již těžko představitelné.

2.1. Hierarchie dat

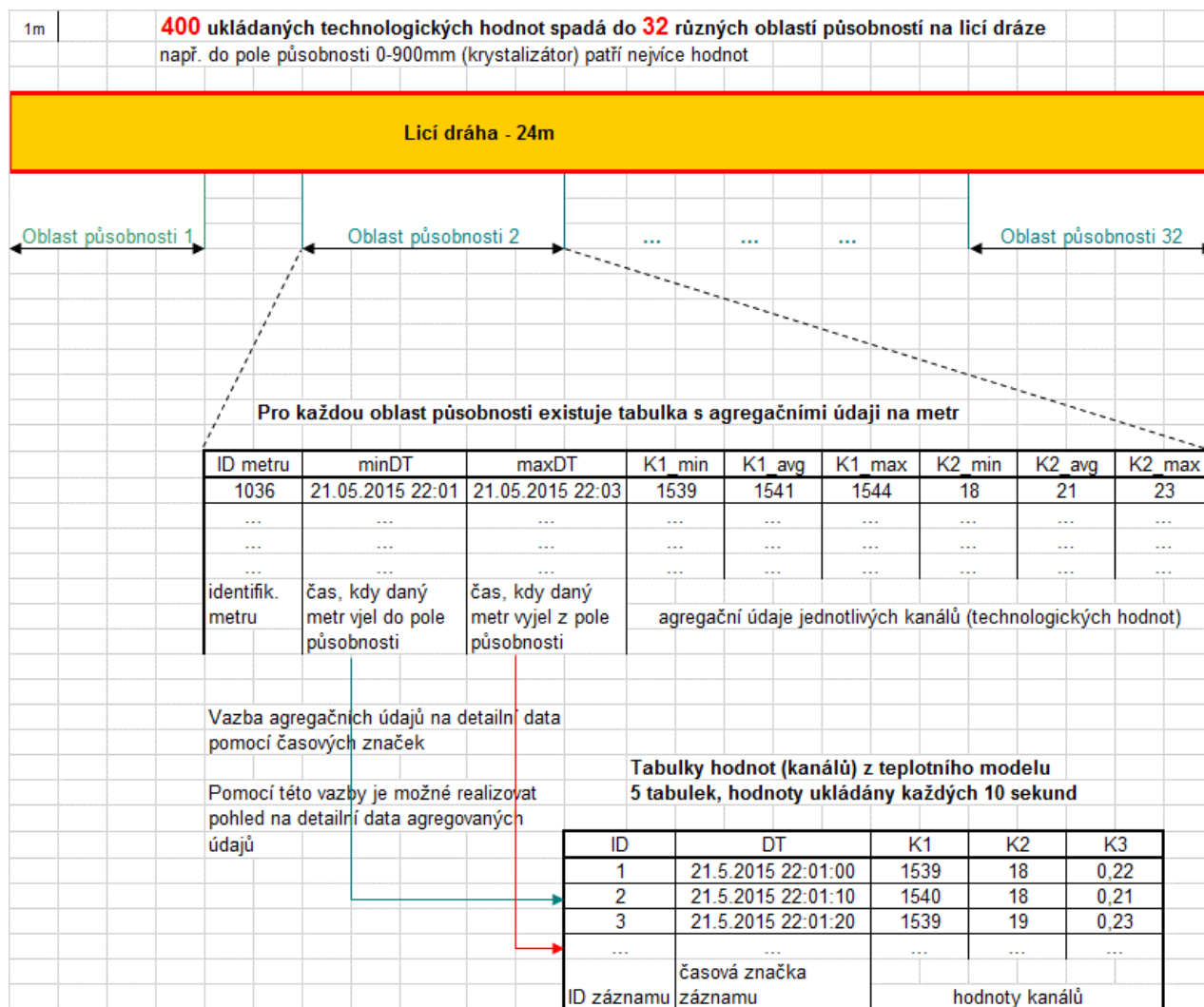
Data rozdělujeme do tří skupin. Za prvé jsou to data týkající se tavby přepravené k plynulému odlévání, zejména chemické složení, za druhé měřená data z procesu plynulého odlévání oceli a za třetí data o kvalitě předlitku a příslušné hodnocení kvality finálního produktu, například válcovaného plechu. Data jsou hierarchicky uspořádána, viz **obr. 1**.



Obr. 1 Hierarchie ukládání dat

2.2. Agregace údajů a oblast působnosti

Měřená data vznikající v řádu sekund je nutno agregovat k určitému délkovému úseku pásnítka, v konkrétním případě bramového kontinuitu na metr odlišné délky. Každý odlitý metr prochází licím strojem od krystalizátoru až po dříčící zařízení. Pro tyto úseky pásnítka je nutno vypočítat základní statistiky průtoku krystalizátorem, zónami sekundárního chlazení, kolem pyrometru, atd. Jednotlivým měřeným parametry jsou pásnítka tzv. pole působnosti, viz **obr. 2**.

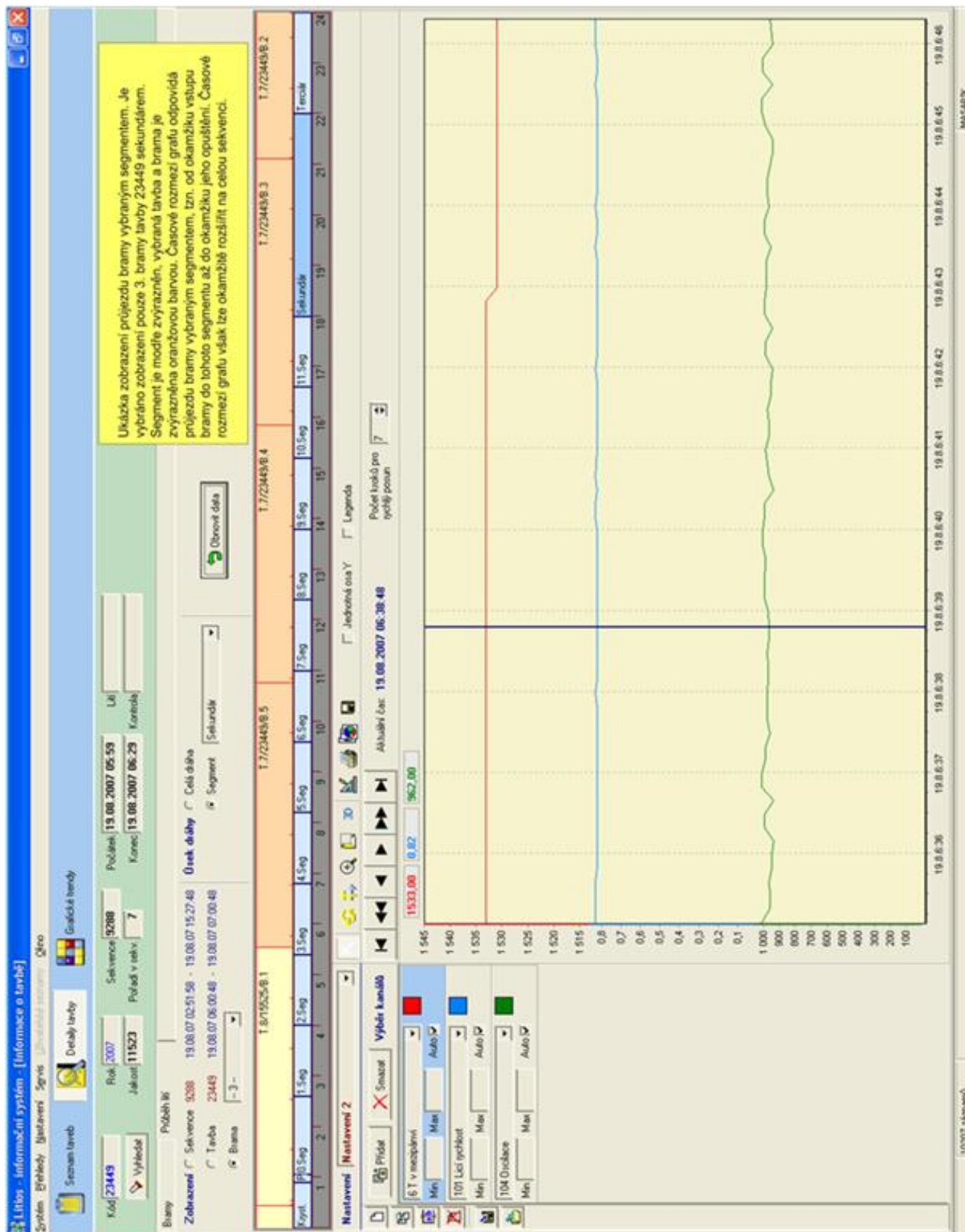


Obr. 2 Technologické veličiny a pole působnosti

2.3. Přesazení parametrů agregovaných dat pásnítkem a finálním válcovaným výrobkem

Agregace dat musí být navržena dlemyslným způsobem tak, aby všechny údaje byly na základě požadavku uživatele, zejména technologa ocelárny, zpřístupňovány. Data z teplotního modelu, ukládaná každých deset sekund, je možno pak zobrazovat detailně tak, jak vznikla, a pak v souvislosti s tzv. polem působnosti dané měřené veličiny. Pole působnosti je délkový interval licího proudu, kde daná veličina ovlivňuje průběh odlévání, tedy kde veličina působí. U sledovaných parametrů může být sledované pole působnosti různé. Markantní je to zejména u licí rychlosti, kdy technologa zajímá, jaká byla licí rychlost bramy v krystalizátoru nebo v sekundárním chlazení nebo dokonce i v okamžiku průtoku pod vybranou chladicí tryskou (pole působnosti v jednom místě). Data jsou agregována po metrových délkách pásnítka a ke každému úseku jsou uloženy statistické charakteristiky za dobu průtoku polem působnosti dané veličiny. Pro statistické

Účely hodnocení kvality bramy je pak možno pomocí sofistikovaného software data přenést k brámám a z nich válcovaným finálním výrobkům.



Obr. 3 Obrazovka v programu zobrazující přechod bramy licím obloukem

Takto ukládaná data umožňují zpřístupnit simulovat průchod přeslitrku licím obloukem a graficky zobrazovat vybraná data, viz příklad na **obr. 3**. Tento přístup umožňuje technologům zpřístupnit analyzovat, za jakých podmínek přeslitrky vznikl přes průchodu licím strojem.

2.4. Experimentální měření

Zajímavým zdrojem poznání procesu plynulého odlévání bylo zpracování dat ze speciálního měření na sochorovém zařízení pro plynulé odlévání v Těneckých železárnách, a.s. Měření mělo experimentální charakter a bylo provedeno v rámci řešení jiného výzkumného úkolu. Kromě provozních veličin byly měřeny také další veličiny pomocí speciálních senzorů a metod. Data, která byla měřena každou sekundu, mají velkou vypovídací schopnost. Data sice neobsahovala údaje k dosažené kvalitě, ale i tak je měření zdrojem mnoha možností výzkumu a poznání. Při zpracování dat, na kterém se autoři podíleli, bylo použito podobné filozofie tzv. agregace dat, jaká byla použita na bramovém ZPO, s tím rozdílem, že veličiny nebyly agregovány k délkovým úsekům 1 m, ale k úsekům o délce 4 cm.

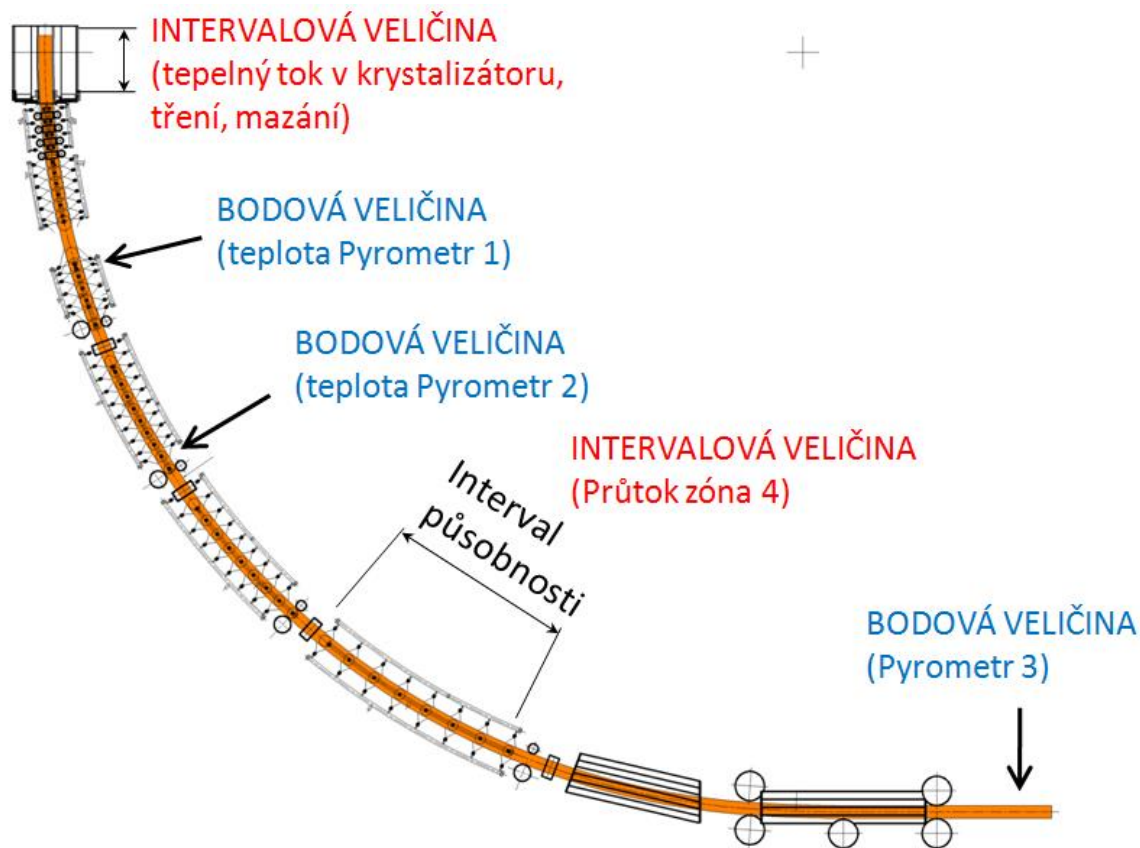
Uvedené měření se uskutečnilo na formátu 150 x 150 mm s využitím upraveného krystalizátoru, vybaveného teplotními snímači, a speciálního diagnostického systému DGS.

K vyhodnocení experimentálních dat bylo nutno přistoupit specifickým způsobem. Data jsou organizována do dvou typů souborů. První soubor dat obsahuje záznamy s parametry taven. Druhá skupina souborů obsahuje dynamicky měřené veličiny, ukládané ve formě časových řad, které jsou zpracovávány dvěma metodami. První je založena na vyhledávání ustálených úseků a jejich statistickém vyhodnocení. Druhý přístup je specifický, transformuje databázi časových řad na soubor tzv. nezávislých pozorování, nazývaný agregací dat. Každý záznam agregovaných dat přislouží k myšlenému přeslitrku a obsahuje historii průběhu veličiny na čas jeho průchodu licím strojem. Pro účel agregace byla vytvořena originální softwarová aplikace v architektuře klient-server. Jako databázový server byl zvolen RDBMS Oracle.

2.5. Algoritmus přesazování polí přesobnosti

Agregace dat představuje konverzi dat ve formě časových řad do formy tzv. nezávislých pozorování. Záznam v časových řadách představuje tzv. okamžitý snímek licího stroje. Nezávislým pozorováním je nazýván záznam, týkající se fiktivního přeslitrku, který kvantitativně charakterizuje celou historii jeho průchodu licím strojem. Pojem Nezávislá pozorování nevyjadřuje, že datové objekty jsou nezávislé statisticky, ale jsou nezávislé fyzicky. Záznamy se mohou libovolně seřadit nebo některé odstranit, přičemž, na rozdíl od časové posloupnosti, mají zbylá data stále informační hodnotu. Z praktických důvodů jsou záznamy ponechány v původním chronologickém sledu, což umožňuje vyšetřovat také vztahy mezi jednotlivými posouvajícími řadami, případně analyzovat frekvenční charakteristiky fluktuací parametrů, přesobících na posloupnost řad.

K provedení agregace dat je potřeba definovat tzv. intervaly přesobnosti jednotlivých parametrů. Jsou dány polími a koncovou souřadnicí, měřenou na oblouku licího stroje. Podle délky intervalu přesobnosti se rozlišují veličiny na bodové a intervalové, viz **obr. 4**. V případě bodových veličin se do výsledné databáze přenesou okamžitá hodnota veličiny v okamžiku průchodu přes daným místem. Na obrázku jsou uvedeny jako příklad místa měření povrchové teploty pyrometrem, může to ale být i teplota v určitém místě stěny krystalizátoru apod. V případě intervalových veličin jsou vypočteny střední hodnoty, maxima, minima, směrodatné odchylky, případně časová derivace a integrál přeslužené veličiny za dobu průchodu přes intervalem přesobnosti. Na obrázku jsou znázorněny intervalové veličiny, které jsou platné pro celý krystalizátor (např. tepelný tok), nebo veličina průtoku chladicí vody v určité zóně sekundárního chlazení.



Obr. 4 Vybrané intervalové a bodové veličiny

Získaná agregovaná databáze umožňuje efektivně strojově analyzovat působení parametrů během tuhnutí šezu. řez je v databázi definován í asem jeho výstupu z krystalizátoru. V konkrétním případě měřených dat jsou vzdálenosti virtuálních řezů různé, a to od 30 do 50 mm, z důvodu kolísání licí rychlosti. Databáze řezů obsahuje stejné počet záznamů jako databáze í asových řad, tj. v případě daného experimentu cca 1,55 miliónů. Pokud je požadována konstantní vzdálenost řezů, jsou data interpolací přepočtena na vzdálenost řezů 40 mm, aby mohla být podrobena analýze statistickými metodami a metodami frekvenční analýzy v závislosti na délce předlitku.

3. MOŽNOSTI VYUŽITÍ STATISTICKÝCH METOD PŘI HODNOCENÍ PROCESU PLYNULÉHO ODLÉVÁNÍ OCELI

Přístup k ukládání dat, popsáný v kapitole 2, umožňuje pomocí speciálního software exportovat data do matice m krát n a analyzovat je pomocí matematických a statistických metod.

3.1. Přehled statistických metod

V praxi autorů článku byly využity pro hodnocení a analýzu taveb, resp. sekvencí tyto základní statistické metody:

- popisná statistika měřených veličin,
- histogramy četností,
- filtrace a čištění dat,
- korelační analýza,
- lineární regrese,

- kvadratická regrese,
- klasifikační tabulky.

Z metod *data miningu* byly pro predikci vad testovány tyto metody:

- statistická metoda logistické regrese,
- neuronové sítě, resp. fuzzy neuronové sítě.

Obě metody umožňují obecně stanovit závislost X vad na Y parametrech (X a Y jsou logicky celá čísla).

Autoři článku během své praxe provedli celou řadu matematických a statistických analýz. Vysvětlit princip použitých metod a uvést příklady jejich využití při statistických rozborech není vzhledem k rozsahu článku technicky možné. Celá řada statistických rozborů byla publikována, proto odkazujeme čtenáře na literaturu [7] až [13].

ZÁVĚR

Plynulé odlévání oceli je komplexní proces, který se vyznačuje značnou neustáleností. Z toho plyne potřeba optimálního nastavení technologických parametrů odlévání a jejich sledování při událostech, vyvolaných technologií. Optimální je kombinace uvedeného databázového systému s on-line teplotním modelem předlitku, který poskytuje doplňkové informace o teplotním poli předlitku, tloušťce líců kotvy, metalurgické délce a době tuhnutí. Tyto údaje mohou být součástí databáze časových řad a mohou být rovněž předmětem agregace dat. Měření experimentálních dat nabízí celou řadu možností uplatnění statistických metod. Programový systém pro ukládání dat na ZPO musí být koncipován obecně, musí být možná jeho modifikace pro jiný použití. Pokud jsou k dispozici i data o kvalitě předlitku nebo výrobku následné technologické operace, je možno snadno propojit tato data s databází agregovaných veličin a k danému místu (vadu) lze pak vyhledat záznam, ze kterého lze zjistit informaci o průběhu tuhnutí a chladnutí tohoto místa od hladiny v krystalizátoru až po dlejší zpracování. To umožní hledat příčinu vady.

PODĚKOVÁNÍ

***Tento příspěvek vznikl za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci
Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace v roce 2017, projektu
SV2017/37 VGB-TUO a projektu MPO ČR . FT-TA4/048***

LITERATURA

- [1] BÖHM, Z., aj. Plynulé odlévání oceli, Praha: SNTL, 1992. 443 s., ISBN 80-03-00661-9.
- [2] RĚDR, M., PŘÍHODA, M. Základy tepelné techniky. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. 680 s., ISBN 80 03 00366 0.
- [3] ĚMÍD, J. Katalog vad plynule litého předlitku. Ěmíd i TaM, 2008.
- [4] ĚTĚTINA, J. Dynamický model teplotního pole plynule odlévané bramy. VUT Brno, 2007. Diplomová práce.
- [5] THOMAS, B.G. On-line Detection of Quality Problems in Continuous Casting of Steel. In Modeling, Control and Optimization in Ferrous and Nonferrous Industry, Materials Science & Technology Symposium, Chicago, IL, Nov. 10-12, TMS, Warrendale, PA, 2003, pp. 29-45.
- [6] ĚMÍD, J. Seznam vad předlitků a příčin jejich vzniku. Ěmíd i TaM, 2011. Studie.
- [7] MAUDER, T., FRANK, Z., KAVILKA, F., MASARIK, M., ĚTĚTINA, J. A Mathematical & Stochastic Modelling of the Concasting of Steel Slabs. In METAL, Hradec nad Moravicí, Tanager, 2009 s. 41-48. ISBN 978-80-87294-10-9.
- [8] PYSZKO, R., FRANK Z. aj. Zpracování rozsáhlé databáze experimentálního měření na ZPO metodou agregace dat., METAL 2010: Rožnov pod Radhoštěm TANGER, spol. s r. o., 2010, 4 s. ISBN 978-80-87294-15-4

- [9] FRANĤK, Z., ĠMÍD J., MASARIK M. Hodnocení bram na Baumannových otiscích. Sborník 27. Roj ník konference Teorie a praxe výroby a zpracování oceli, Rožnov p. R., 2010, s. 168-175, ISBN 978-80-87294-21-5.
- [10] FRANĤK, Z., MASARIK, M. Quality Optimization of Casting Slab via Mathematical and Statistical Method, In METEC InSteelCon 2011, 7th European CCC, 2011, Dusseldorf, Germany, DVD Proceedings, 6 str.
- [11] FRANĤK, Z. Quality Slab Prediction via Logistic Regression and Neural Network, IFORS 2011, 19th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies, 2012, Melbourne, Australia.
- [12] FRANĤK, Z., MASARIK, M., ĠMÍD, J. Determination of The Cause of The Formation of Transverse Internal Cracks on a Continuously Cast Slab, Materiali In Tehnologije, Vol49, Issue2, p. 285-290, 2015, ISSN: 1580-2949
- [13] PYSZKO, R., PŘ ÍHODA, M., FRANĤK Z. On-Stationary Boundary Conditions in Thermal Models Of Continuous Casting, TANGER, 25th Anniversary International Conference METAL, Brno, 2016, ISBN:978-80-87294-67-3

VSTUPNÍ KONTROLA BRAM VE VÍTKOVICE STEEL

JURĽ A Jakub, KOZELSKÝ Václav

VÍTKOVICE STEEL, Ľeskobratrská 3321/46, Moravská Ostrava, Ľeská republika

Abstrakt

Ľlánek je zamĽřen na struĽný pĽehled nastavení systému kontroly bram od externích dodavatelĽ ve spoĽnosti Vítkovice Steel a.s. PĽ kontrole bram je kladen dĽraz na provĽšení kvality vstupního materiálu, protože se ruku v ruce odráĽí na kvalitĽ finálních produktĽ. BĽhem kontroly se provĽšuje rozmĽr, chemie, kvalita povrchu a vnitĽší makrostruktura materiálu. Na základĽ zjiĽtní pĽ kontrole bram se dále provĽšuje i kvalita finálních produktĽ.

KlíĽová slova: Brama, kontrola

1. PĽ ÍJEM BRAM

Objednané externí bramy se mohou dostat do Vítkovice Steel a.s. buĽ pĽmo od výrobce na interní sklad nebo pĽs externí sklady, které se vytváĽejí nebo pronajímají mimo areál Vítkovice Steel a.s.

1.1. PĽ Íjem na interní a externí sklad

Pro externí bramy, které byly expedovány dodavatelem na základĽ kontraktu, je vystaven dodavatelem tzv. Ľpacking listĽ (loĽní list), který obsahuje veĽkeré potĽbné údaje o bramĽ pro další zpracování (rozmĽry, chemie, atd. - pĽklad viz **obr. 1**). Tento packing list je po obdrĽení nahrán Ľkontrolorem tokuĽ do interního systému VS. Po nahrání do systému probíhá automatická kontrola deklarovaného chemického sloĽení (viz Kapitola 2.1). Po dodání bram na interní Ľ externí sklad je provedena identifikace bramy dle packing listu, promĽření skuteĽných rozmĽrĽ bramy, pĽřazení Ľárového kódu, kterým je brama oznaĽena na dvou místech a slouĽí pro rychlou identifikaci bramy, pĽřazení místa uloĽení na skladĽ a nahrání vĽech tĽchto údajĽ do interního systému VS. V momentĽ nahrání skuteĽných rozmĽrĽ bramy probíhá automatická kontrola rozmĽrĽ bram s packing listem (viz Kapitola 2.2).

Order No	Order Line	Specification	Heat	Slab	Continuous Casting Position	Nominal Thickness	Nominal Width	Actual Length	Weight	Quality Events	C	Mn	Si	P	S	Al - Tot	Cu	Cr	Ni	Mo	N	V	Nb
0000000204	010	31075	A002694	A002694011	Continuous Casting (first slab)	220	1150	12540	24,905	CASTING SPEED VARIATION OUT OF RANGE : FIRST SLAB OF SEQUENCE (C) : First Slab Without Check-Scarffing	0.100	0.748	0.170	0.011	0.004	0.037	0.013	0.013	0.003	0.006	0.0038	0.003	0.003
0000000204	010	31075	A002694	A002694021	First + 1 slab	220	1150	12550	24,924		0.100	0.748	0.170	0.011	0.004	0.037	0.013	0.013	0.003	0.006	0.0038	0.003	0.003
0000000204	010	31075	A002694	A002694031	Normal Slab	220	1150	12512	24,849		0.100	0.748	0.170	0.011	0.004	0.037	0.013	0.013	0.003	0.006	0.0038	0.003	0.003
0000000204	010	31075	A002694	A002694041	Normal Slab	220	1150	12512	24,849		0.100	0.748	0.170	0.011	0.004	0.037	0.013	0.013	0.003	0.006	0.0038	0.003	0.003
0000000204	010	31075	A002694	A002694051	Connection - 1 Slab	220	1150	12512	24,849		0.100	0.748	0.170	0.011	0.004	0.037	0.013	0.013	0.003	0.006	0.0038	0.003	0.003

Obr. 1 PĽklad packing listu od jednoho z dodavatelĽ

2. KONTROLA JEDNOTLIVÝCH PARAMETRŮ BRAM

2.1. Kontrola chemického složení

Kontrola chemického složení vychází ze srovnání chemického složení bramy deklarovaného výrobcem v packing listu se složením kontrahovaným pro danou ocelářskou jakost. Jednotlivé stavy kontroly jsou popsány tzv. Kódem uvolnění chemie. Brama může být uvolněna k sázení pouze s kódem uvolnění chemie 1. Po nahrání údajů z packing listu do systému probíhá automatická kontrola deklarovaného chemického složení.

Po nahrání packing listu do interního systému VS získává brama kód uvolnění chemie 0. Pokud neproběhla kontrola a systém ihned provádí kontrolu souladu chemického složení kontrahovaného s deklarovaným v packing listu. Kontrahované maximální a minimální hodnoty obsahu jednotlivých chemických prvků pro jednotlivé dodavatele a ocelářské jakosti jsou navedeny v databázi. Pokud se tyto parametry u kontrolované bramy nachází ve vymezených mezích, systém přidělí brámě kód uvolnění chemie 1. Pokud v některých z těchto parametrů vybočí z povolených mezí, přidělí kód uvolnění chemie 2. Chemie mimo tolerance rozhoduje technolog, který na danou bramu navede kód odstranění vady a změní kód uvolnění chemie 1. Pokud v některých z těchto parametrů vybočí z povolených mezí, přidělí kód uvolnění chemie 2. Chemie mimo tolerance rozhoduje technolog, který na danou bramu navede kód odstranění vady a změní kód uvolnění chemie 1. Pokud brama není využitelná, přidělí kód uvolnění chemie 3. Pokud komise přijímá je poslána do komise. Komise rozhodne o dalším použití bramy, případně reklamaci. Komise může brámě přidělit kód uvolnění chemie 4. Pokud není

Na základě obsahu vodíku se dále určí, zda byla tavba odplyněná či nikoli. Pokud je obsah vodíku menší než 2,6 ppm, je tavba považována za vakuovanou.

Další kontrola chemie probíhá až na hotovém výrobku a to konkrétně tak, že se z každé tavby provede minimálně jedna zkouška chemické analýzy a ta se porovnává s chemií udanou výrobcem.

2.2. Kontrola rozměrů bramy

Kontrola rozměrů vychází z provedení ručního měření skutečných rozměrů bramy. Kontrolují se rozměry tloušťka, šířka a délka bramy. Jednotlivé stavy kontroly jsou popsány tzv. Kódem uvolnění rozměrů. Brama může být uvolněna k sázení pouze s kódem uvolnění rozměrů 1.

Bramy po nahrání packing listu získají kód uvolnění rozměrů 0. Pokud neproběhlo měření, po zapsání skutečných rozměrů bramy, systém vyhodnotí odchylku skutečných rozměrů od deklarovaných rozměrů z packing listu v procentech. Pokud je tato odchylka menší než maximální možná +-odchylka pro daný rozměr a daného dodavatele, systém přidělí brámě kód uvolnění rozměrů 1. Pokud v některých z těchto parametrů vybočí z povolených mezí, přidělí kód uvolnění rozměrů 2. Rozměry mimo tolerance rozhoduje Specialista plánování výroby, který navede kód odstranění vady a změní kód uvolnění rozměrů na 1. Pokud brama je uvolněna do výroby se skutečnými rozměry nebo přidělí kód uvolnění rozměrů 3. Pokud komise přijímá je poslána do komise. Vedoucí komise rozhodne o dalším použití bramy, případně úpravě rozměrů nebo reklamaci. Komise může brámě přidělit kód uvolnění rozměrů 4. Pokud není

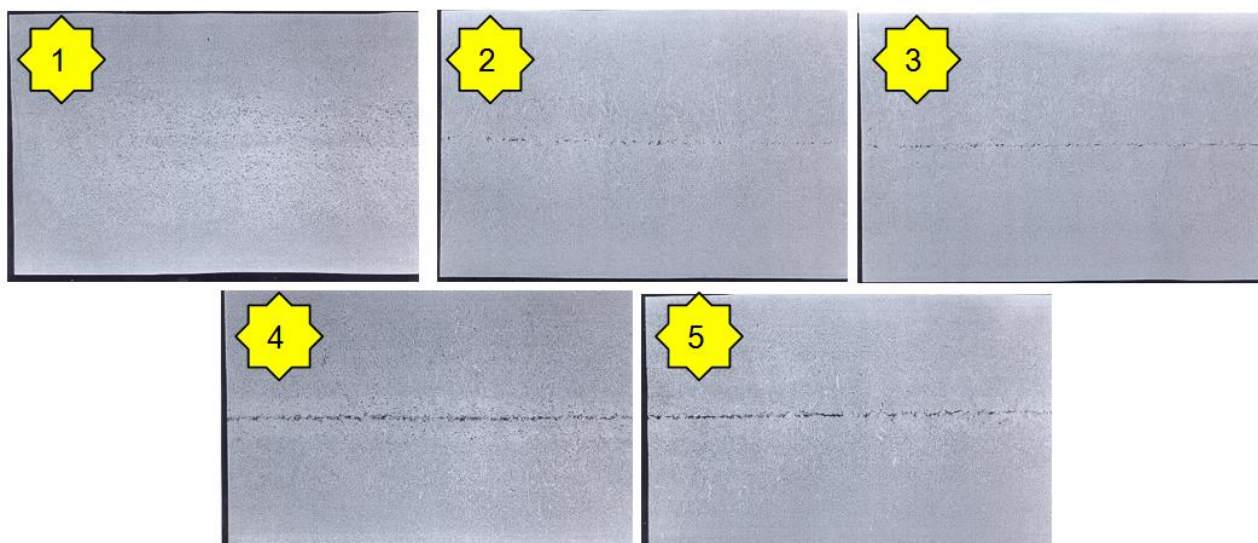
2.3. Kontrola vnitřní homogenity

Z každé dodávky je odebrán vzorek pro kontrolu vnitřní homogenity (Baumannův otisk, makrostruktura). Hodnocení provádějí pracovníci VTC nebo MMV dle manuálu se uvedením na:

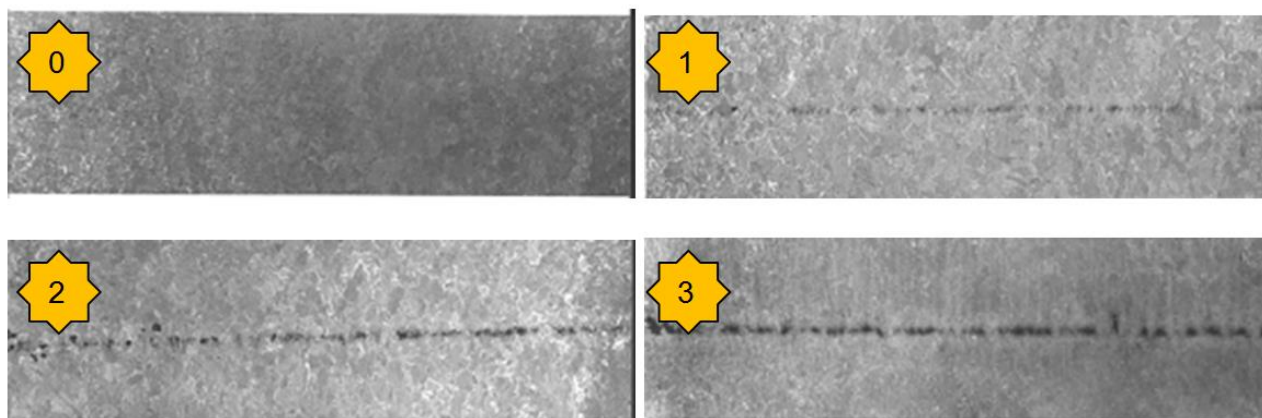
- Bodové vmiřtky
- Shluky vmiřtek

- c) Středová vycezenina
- d) Boční trhliny
- e) Rohové trhliny
- f) Pšlíné vnitřní trhliny
- g) Pšlíné vnitřní trhliny, podélný výbrus

Vady jsou hodnocené podle SMS Demag stupněm 1 ě 5 a stupněm segregací ního indexu (0 ě 3) s tím, ěe hodnoty nad stupeň 3 již představují zvýšené riziko vzniku vnitřních vad na plecích.



Obr. 2 Hodnocení podle SMS DEMAG (stupně 1-5)



Obr. 3 Hodnocení stupně segregací ního indexu

Dalším stupněm kontroly vnitřní homogenity ve Vítkovice Steel a.s. se provádí na plecích. K tomuto účelu se zpravidla využívá automatizovaná ultrazvuková linka dodaná firmou NDT Systems and Services AG. Zkoušení je prováděno impulsovou odrazovou metodou s mezerovou vazbou (0,30 ě 0,35 mm) ze spodního povrchu plechu. Zkušební ultrazvukový systém je osazen dvojími ultrazvukovými sondami (s jmenovitou frekvencí 5 MHz), pšlémě se jako vazební médium používá voda. Součástí zkušebního systému je software, který dokáže, na základě zjištěných indikací, spočítat náhradní velikost vady. Kalibrace jsou základny a

zesílení se provádí automaticky před každým zkoušeným plechem dle jeho tloušťky. Ověření nastavení a citlivosti ultrazvukového systému se provádí jednou za 24 hodin zkoušením testovacího plechu.

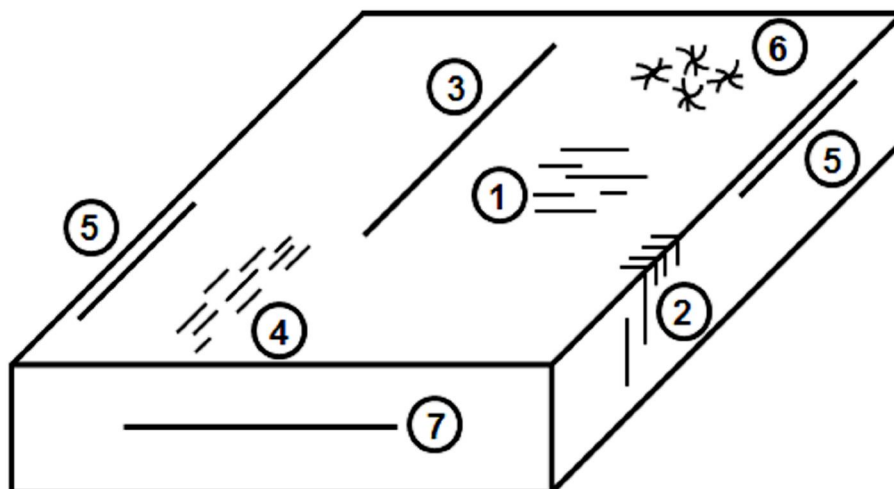
V soulasně době provádíme ultrazvukovou kontrolu vnitřní homogenity u více než 80% plechů z celkové výroby a to dle různých mezinárodních standardů. Nejčastěji používaným standardem, dle kterého se ve Vítkovici Steel a.s. provádí ultrazvuková kontrola vnitřní homogenity je ČSN EN 10160 – Zkoušení ocelových plochých výrobků o tloušťce 6 mm nebo větší ultrazvukem. Tato norma [1] obsahuje čtyři třídy jakosti pro plošné zkoušení (S0 – S3) a pět tříd jakosti pro zkoušení okrajů plechu (E0 – E4). Nejvyšším kritériem přípustnosti v našem podniku je zkoušení dle třídy jakosti S1 (ČSN EN 10160), kde nesmí být největší přípustná velikost necelistvosti větší než 1000 mm² a počet přípustných necelistvostí (100 < S ≤ 1000 mm²) nesmí být větší než 15 na 1 m².

2.4. Povrchové vady

2.4.1. Inspekce hrubých vad na povrchu bramy

Inspekce hrubých vad povrchu bramy je prováděna u každé složené externí bramy z vagónu. Kontroluje se výskyt výrazných trhlin na površích nebo hranách bramy (viz **obr. 4**). Jednotlivé stavy inspekce jsou popsány tzv. kódem uvolnění vadyň Brama může být uvolněna k sázení pouze s kódem uvolnění vad 1.

Povrchové vady



Povrchové vady (1 – 7):

- 1) *Příčné trhliny povrchové* – po celém povrchu nebo v pásech
- 2) *Příčné rohové trhliny*
- 3) *Podélné trhliny* – hluboké
- 4) *Krátké podélné trhliny* – většinou v pásech
- 5) *Podélné rohové trhliny*
- 6) *Trhliny hvězdčitého charakteru*
- 7) *Středový lunkr* – trhlina ve střední linii (vnitřní vada)

Obr. 4 Povrchové vady bramy

Bramy po nahrání packing listu do interního systému získají kód uvolnění vad 0 i. Neprobíhla kontrola. Pokud při inspekci nebyla zjištěna žádná vada, automaticky s přesazením místa uložení na skladu přidá bramo kód uvolnění vady 1 i. Uvolňovač V případě, že při kontrole byla zjištěna povrchová vada na bramo, je naveden kód uvolnění vady 3 i. Komise Komise následně rozhodne o dalším použití bramy, opravě vady nebo reklamaci. Komise může bramo přidat kód uvolnění vady 4 i. Až

2.4.2. Provádění kontrolních zápalů

Dále se pro zjištění povrchových vad bram provádí kontrolní zápal:

- U mikro legovaných jakostí se provádí kontrolní zápal z každé dodávky u litéžných taveb po jedné primární bramo.
- U ostatních jakostí se provádí namátková kontrola vždy z jedné primární bramy z dodávky.

Kontrolní zápal jsou navedeny na bramo kódem uvolnění bramy a kódem s odpovídajícím typem zápalu. Délka zápalu je cca 100mm, hloubka 2 až 4mm. Množství pruhů závisí na rozměrech a jakosti bramy. Vzdálenost mezi příjmy pruhy je cca 1m.



Obr. 5 Ukázka jednoho z typů kontrolního zápalu

Pokud není při kontrolním zápalu zjištěna žádná vada, je naveden kód uvolnění vady 1 - Uvolňovač V případě nalezení vady informuje technologa, který rozhodne o dalším postupu. Odstranění vady může probíhat tzv. skarfováním. Jedná se o odstranění povrchové vrstvy materiálu plamenem (obvykle do hloubky 3mm), čímž se odstraní jemné povrchové trhliny. V případě výskytu vlnitých vad se vada místně vypálí. Vypálení jedné vady nesmí být více jak 8% jmenovité tloušťky bramy. Dle odstraněné vrstvy materiálu se následně upraví rozměry bramy.



Obr. 6 Příklad pší ných rohových trhlin

ZÁVĚR

Na základě zavedených kontrol brám od externích dodavatelů se podařilo plynule přejít na zpracování brám od externích dodavatelů a to i zcela nových neprovozených do doby před uzavřením ocelárny. Popsanou vstupní kontrolu brám oceňují i dodavatelé Vítkovice Steel a.s., protože dostávají zpětnou vazbu o kvalitě jejich výrobků, což jim slouží jako podklad k lepšímu nastavení svých výrobních postupů. Vstupní kontrola brám zároveň slouží k nastavení systému kontroly finálních výrobků.

LITERATURA

- [1] DRÁPAL, L. ČSN EN 10160 Zkoušení ocelových plochých výrobků o tloušťce 6 mm nebo větší ultrazvukem (odrazová metoda): Český normalizační institut, Lední, 2000. 12-13 s.

OPTIMALIZACE VÝROBY VÝKOVKŠ Z OCELI X20CR13 VE GŘÍAS, A.S.

GREGOR Martin, BALCAR Martin, NOVÁK Jaroslav

GŘÍAS, a.s., Strojírenská 675/6, 591 01 GŘÍAS nad Sázavou, Česká republika

Abstrakt

Článek je zaměřen na optimalizaci chemického složení a tepelného zpracování výkovků z martenzitické oceli X20Cr13 dle EN 10088-3. V textu je popsán současný stav výroby a navazující provozní experiment v podmínkách GŘÍAS, a.s. Experimentální část uvádí podmínky tepelného zpracování a dosažené mechanické vlastnosti.

Keywords: Martensitic stainless steel, forging, heat treatment

1. ÚVOD

Ocel X20Cr13 dle EN 10088-3 patří do skupiny korozivzdorných martenzitických ocelí určených pro výrobu výkovků. Výkovky z této oceli jsou určeny pro výrobu součástí strojních zařízení ve strojírenství a energetickém průmyslu, jako jsou například přeruby, lopaty, bloky válců, pístní tyče, hydraulické desky, hřídele, lopatky, tepelné clony apod.

Článek uvádí stávající požadavky na mechanické vlastnosti při běžném chemickém složení a standardním tepelném zpracování výkovků z oceli X20Cr13. Výsledky realizace provozního experimentu pak uvádí chemické složení a podmínky tepelného zpracování pro dosažení vyžádáných hodnot mechanických vlastností volně kovaných výkovků z oceli X20Cr13 v podmínkách metalurgie GŘÍAS, a.s.

2. POŽADAVKY NA VÝKOVKY Z OCELI X20Cr13

Výroba volně kovaných polotovarů z martenzitické oceli X20Cr13 ve GŘÍAS, a.s. představuje skupinu tvarových výkovků s charakteristickým rozměrem od 50 do 500 mm o hmotnosti od 100 do 9000 kg. Standardní technologický postup výroby výkovků zahrnuje volné kování, žehlení, vychlazování a následné tepelné zpracování dle požadavku na mechanické vlastnosti. Následný odběr vzorků pro laboratorní zkoušky mechanických vlastností se obvykle provádí v podélném (PO), tangenciálním (TG) a příčném směru (PŘ), vždy ve vztahu k technologické ose výkovku. Požadavky na mechanické vlastnosti výkovků uvádí **tab. 1**.

Cílem optimalizačních kroků a provozních zkoušek bylo dosažení vyžádané úrovně mechanických vlastností v porovnání se standardními hodnotami dle **tab. 1**. Zvláštní požadavky se vztahují k výkovku hřídele o průměru až 350 mm a dosažení vyžádané úrovně meze pevnosti **Rm = 800 až 950 MPa** při zajištění tažnosti v příčném směru **A₅ min. 8%**. Současně se provádí zkouška rázem v ohybu, ovšem hodnoty nárazové práce jsou pouze informativní. Optimalizační kroky byly proto zaměřeny na oblast chemického složení a technologii tepelného zpracování.

Tab.1 Požadavky na mechanické vlastnosti výkovků z oceli jakosti X20Cr13

směr odběru	předpis mechanických vlastností			
	Re min (MPa)	Rm (MPa)	A min (%)	KV _{+20°C} min (J)
TG	450	650 až 800	12	20
	500	700 až 850	-	-
PO	450	650 až 800	14	40
	450	650 až 800	10	20
PŘ	500	700 až 850	-	-
	550	750 až 900	-	-

3. OPTIMALIZACE CHEMICKÉHO SLOŽENÍ OCELI

Výroba volně kovaných výkovků ve ČAS, a.s. využívá jako vstupní polotovary ingoty produkce ocelárny vybavené zařízením primární a sekundární metalurgie, elektrickou obloukovou pecí (EOP), pánvovou pecí (LF) a zařízením pro vakuové zpracování oceli (VD/VOD). Technologie výroby oceli jakosti X20Cr13 dle EN 10088-3 zahrnuje využití EOP pro roztavení základní legované vsázky, následné zpracování taveniny na pánvové peci LF pro legování a ohřev na teploty nezbytné pro zahájení procesu VOD. V rámci zpracování na zařízení VD/VOD pak probíhají návazné procesy vakuového oxidačního oduhličení (VOD), uhlíkové desoxidace (VCD) a redukce strusky a desoxidace oceli v podmínkách vakuového odplynění (VD).

Vlastní výroba oceli představuje poměrně jednoduchou technologii, která se principiálně mezi výrobci téměř neliší. Podstatné však jsou rozdíly v parametrech dosahované chemické a metalografické čistoty. Dále se pak mohou lišit nastavení koncentrací legujících prvků, které předsurují výslednou strukturu oceli a v návaznosti na to dosažené parametry mechanických vlastností dle provedeného tepelného zpracování. Základní chemické složení oceli jakosti X20Cr13 definované normou EN 10088-3, včetně limitů pro ostatní doprovodné prvky, uvádí **tab. 2**.

Tab. 2 Chemické složení oceli jakosti X20Cr13 dle EN 10088-3 a limity doprovodných prvků (hm.%)

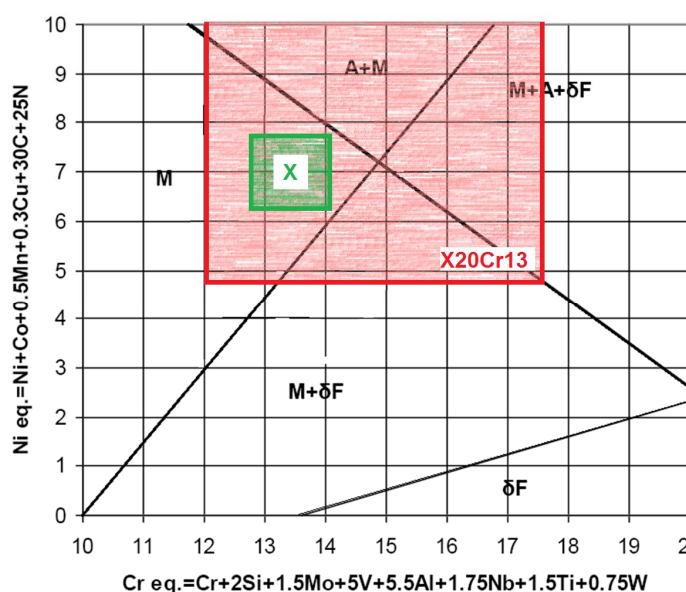
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Al	W	Cu	N
min	0.16			12.00								
max	0.25	1.50	1.00	14.00	0.50	0.30	0.10	0.10	0.050	0.10	0.50	0.100

Chemické složení oceli dle **tab. 2** umožňuje velkou variabilitu koncentrace legujících a doprovodných prvků. Vliv variace chemického složení na výslednou strukturu oceli je zřejmý při zobrazení v modifikovaném Schaefflerově diagramu pro martenzitické oceli resp. Schneiderově diagramu, který je uveden na **obr. 1**.

Z diagramu na **obr. 1** je patrné, že normou předepisované limity chemického složení jakosti X20Cr13 poskytují prostor pro výrobu strukturou a tedy i vlastnostmi zcela odlišných typů ocelí. K základním optimalizačním krokům pro výrobu výkovků z této oceli tedy patří návrh chemického složení ve vazbě na strukturu materiálu s ohledem na požadované mechanické vlastnosti. Proto byl v prvním kroku proveden návrh výrobního předpisu rozptýlení koncentrace legujících prvků a omezení doprovodných prvků oceli X20Cr13 se zámlou zajistit její martenzitickou strukturu. Výsledný návrh výrobního předpisu uvádí **tab. 3**.

Tab. 3 Výrobní předpis chemického složení oceli jakosti X20Cr13 (hm.%)

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Al	W	Cu	N
min	0.19	0.50	0.30	12.20	0.35							
max	0.21	0.60	0.40	12.80	0.45	0.10	0.02	0.06	0.020	0.05	0.15	0.020



Obr. 1 Schneiderův diagram a oblast pro chemické složení oceli X20Cr13 dle EN 10088-3

Výsledná struktura oceli s chemickým složením dle **tab. 3** je zobrazená v Schneiderovském diagramu je znázorněna na **obr. 1** jako oblast v martenzitu se symbolem $\bar{A}$

Na základě úpravy výrobního předpisu oceli byla vyrobena experimentální tavba. Chemické složení tavby označené symbolem $\bar{A}$ uvádí v porovnání s výrobním předpisem **tab. 4**.

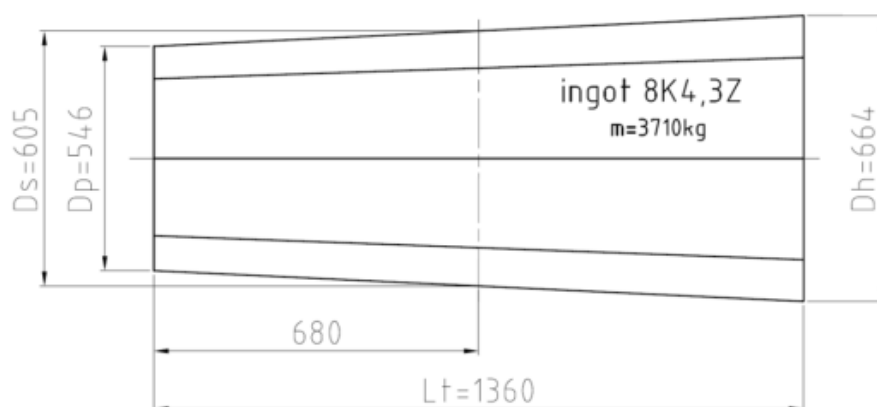
Tab. 4 Chemické složení experimentální tavby $\bar{A}$ oceli jakosti X20Cr13 (hm.%)

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Al	W	Cu	N
min	0.19	0.50	0.30	12.20	0.35							
X	0.20	0.59	0.45	12.45	0.41	0.10	0.02	0.04	0.012	0.01	0.10	0.012
max	0.21	0.60	0.40	12.80	0.45	0.10	0.02	0.06	0.020	0.05	0.15	0.020

Z tavby $\bar{A}$ s chemickým složením dle **tab. 4** byl odlit ingot 8K4.3 (m = 3710kg) pro realizaci výkovku a následné experimentální ověření vlivu tepelného zpracování na výsledné mechanické vlastnosti.

4. EXPERIMENTÁLNÍ TVÁŘENÍ A TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Pro výrobu experimentálních výkovků byl použit ingot 8K4,3 s rozměry uvedenými na **obr. 2**.



Obr. 2 Ingot 8K4,3

Ingot 8K4,3 byl zpracován volným kováním dle následujícího postupu: příchování na D = 880 mm, přeskování deskou na tyčárannou hšdel 220 x 220 x 1100 mm (celkový stupeň prokování pk = 21). Kovací teplota oceli X20Cr13 se pohybovala v rozsahu od 1150 až do 800°C. Výkovek typu tyčáranná hšdel byl po šzeném vychlazení dále rozdělen na přívzorky o rozměrech cca 220 x 220 x 220mm. Následně bylo provedeno optimalizované tepelné zpracování vzorků oceli, zahrnující kalení a popouštění, jak je uvedeno v **tab. 5**.

Tab. 5 Tepelné zpracování vzorků

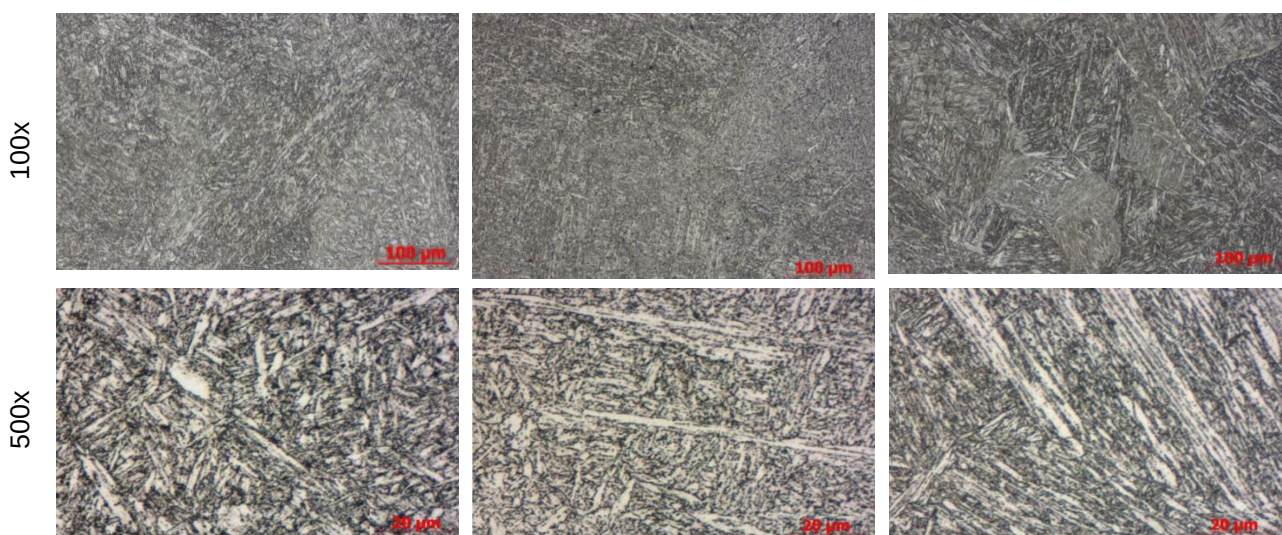
Vzorek	Kalení t (°C) / olej	Popouštění t (°C) / vzduch
1	980	600
2	980	650
3	980	700
4	1030	700
5	980	750

Po tepelném zpracování byl proveden odběr vzorků pro zkoušku tahem (1x) a rázem v ohybu (3x) při teplotě +20 °C. Vzorky byly odebrány v příčném a podélném směru v hloubce 50 mm pod povrchem a ve středové části výkovku (T/2). Hloubka odběru 50 mm pod povrchem výkovku je v souladu s normou EN 10250-1, která definuje odběr vzorků pro mechanické zkoušky v příčném směru výkovku s charakteristickým rozměrem d > 160 mm. V podélném směru není odběr vzorků pro mechanické zkoušky normou definován. Výsledky zkoušek mechanických vlastností uvádí **tab. 6**.

Tab. 6 Výsledky zkoušek mechanických vlastností experimentálních vzorků

Vzorek	Tepelné zpracování K (°C) / P (°C)	místo odběru	podélná zkouška (+20°C)				příčná zkouška (+20°C)				KV _{+20°C} Ø 3 zk.	
			Rp _{0.2} (MPa)	Rm (MPa)	A ₅ (%)	Z (%)	Rp _{0.2} (MPa)	Rm (MPa)	A ₅ (%)	Z (%)	PO (J)	PŘ (J)
1	980 / 600	50mm	-	-	-	-	783	970	15.0	45.2	-	18.3
		T/2	809	970	15.2	52.4	764	971	13.6	43.8	19.0	15.7
2	980 / 650	50mm	-	-	-	-	738	896	14.8	51.0	-	20.3
		T/2	751	893	15.6	53.8	738	894	10.4	24.3	24.3	20.3
3	980 / 700	50mm	-	-	-	-	668	816	17.0	55.1	-	32.0
		T/2	649	806	17.6	62.8	675	814	18.8	56.4	34.3	25.7
4	1030 / 700	50mm	-	-	-	-	700	834	17.4	49.6	-	19.3
		T/2	688	824	17.6	55.1	713	833	18.0	51.0	20.7	16.3
5	980 / 750	50mm	-	-	-	-	541	703	23.8	62.8	-	41.7
		T/2	528	698	24.2	64	535	704	21.4	51.0	34.3	31.3
Zvláštní požadavek		min	- - - -				550	800	8.0	-	-	inf.
		max					950					

Jak je zřejmé z výsledků zkoušek mechanických vlastností experimentálních vzorků uvedených v **tab. 6**, vzorky 2, 3 a 4 vyhovují zvláštnímu požadavku na hodnoty meze kluzu a meze pevnosti, vletní tažnosti. U vzorku 1 nebylo dosaženo požadovaných hodnot meze pevnosti, přímě naměřené hodnoty překročily horní povolenou mez. Naproti tomu vzorek 5 nevyhovuje požadavku na minimální hodnotu meze kluzu 550 MPa a rovněž nebyla dosažena požadovaná úroveň pevnosti. Následně byl u přetržených vzorků z tahové zkoušky proveden metalografický rozbor strukturního složení a střední velikosti austenitického zrna. **Obr. 3 až 5** dokládají střední velikost austenitického zrna a mikrostrukturu vzorků 1, 3 a vzorku 4 při zvětšení 100x a 500x.


Obr. 3 Vzorek 1: struktura po TZ

Obr. 4 Vzorek 3: struktura po TZ

Obr. 5 Vzorek 4: struktura po TZ

Ze snímků mikrostruktury na **obr. 3 až 5** je zřejmé, že všechny vzorky vykazují hrubozrnnou strukturu popuštěného martenzitu. Lze předpokládat velmi malé množství zbytkového austenitu. Bylo tedy dosaženo předpokládané struktury, což se pozitivně projevilo na hodnotách mechanických vlastností. Střední velikost austenitického zrna všech vzorků je srovnatelná a je tedy zřejmé, že volba austenizační teploty v rozsahu od 980 do 1030°C nemá zásadní vliv na difúzní hrubnutí zrna.

5. ZÁVĚR

Provedené práce přispěly k optimalizaci technologie výroby oceli a výkovků z oceli X20Cr13 dle EN 10088-3. S ohledem na zvláštní požadavky na mechanické vlastnosti výkovku hřdele o průměru až 350 mm bylo navrženými úpravami chemického složení a optimalizací tepelného zpracování dosaženo požadované výšší úrovně meze pevnosti **Rm = 800 až 950 MPa** při zajištění tažnosti **v příjímém směru A₅ min. 8%**. Postup tepelného zpracování: kalení 980°C/olej + popouštění 650°C/vzduch byl úspěšně zaveden do technologie výroby výkovků.

PODĚKOVÁNÍ

*Práce byla řešena v rámci programu TIP projektu TH01021066 **„Progresivní technologie výroby polotovár z korozivzdorných ocelí pro aplikace v primárním a sekundárním okruhu jaderných elektráren“** za finanční podpory Technologické agentury České republiky.*

VÝROBA OCELI S NÍZKÝM OBSAHEM DUSÍKU V EOP

KALETA Jaromír, CHMIEL Bohuslav, HUCZALA Tomáš, TROSZOK Vladimír

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Třinec, Česká republika

jaromir.kaleta@tr.cz, bohuslav.chmiel@trz.cz, tomas.huczala@trz.cz, vladimir.troszok@trz.cz

Abstrakt

Výroba oceli s nízkým obsahem dusíku vakuováním s chemickým ohřevem vyžaduje nízké obsahy dusíku v oceli z elektrické obloukové pece (EOP). Důvodem je omezená možnost chemického ohřevu, který je způsoben zvygňováním množství strusky v pánvi a následně zhoršených podmínek odplynění oceli ve vakuu. Bazicity strusek jsou po chemickém ohřevu nižší a neumožňují účinné odsíšení oceli. Snížení obsahu dusíku v EOP při klasické technologii výroby oceli je ztíženo souběžnými požadavky na nízké obsahy fosforu a síry. Dosažení nízkých obsahů dusíku v oceli z EOP je hlavním tématem tohoto příspěvku. K zefektivnění technologie výroby těchto ocelí bylo použito přesazení kovonosných briket do vsázky. U zkušebních taveb bylo dosaženo průměrných obsahů dusíku 47 ppm. Úprava technologie umožnila výrobu nových jakostí ocelí na elektroocelárních třineckých železáren (EO TČ).

Klíčová slova: EOP, kovonosné brikety, dusík, fosfor

ÚVOD

Přechod dusíku z okolní atmosféry do oceli probíhá podle Sievertsova zákona. Důležitým je dán základními fyzikálními chemickými ději: adsorpcí plynu na povrchu, disociací molekuly dusíku N_2 na atomy a difúzí z povrchu do objemu taveniny. Ionizace atmosféry v elektrickém oblouku mezi elektrodou a vsázkou a obnažování hladiny v oblasti elektrod napomáhá přechodu dusíku do oceli během tavení vsázky v EOP. Takto vyrobené oceli obsahují vyšší obsahy dusíku ve srovnání s oceli vyrobenými v kyslíkových konvertorech. Ingotové oceli jsou v EO TČ zpracovány na zařízení VOD, které umožňuje chemický ohřev a vakuování nelegovaných i legovaných ocelí. Doba vakuování je limitována poklesem teploty oceli, která je závislá na množství přísad a dostatečné teplotní rezervě pro dohotovení tavby.

1. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ ZÁKLADY SNÍŽENÍ OBSAHU DUSÍKU V OCELI

Rafinační pochody při výrobě oceli v EOP jsou dobře známy. V krátkosti bude uveden jen základní princip snižování plynu v oceli, podle kterého probíhá přechod dusíku z/do lázně.

1.1. Termodynamické podmínky snižování dusíku v oceli

Rozpouštění atomárního plynu v oceli lze popsat obecnou rovnicí [1]

$$\frac{1}{2} X_{2(g)} \rightleftharpoons [X] \quad (1)$$

Rovnovážnou konstanta obecné rovnice (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 - aktivitní koeficient vlivu složení oceli na hmotnostní obsah dusíku, [-]
 $[X]$ - rovnovážný obsah atomárního rozpuštěného plynu v oceli, [%]
 $(p_{x_2})_r$ - relativní parciální tlak dvouatomového plynu, [-]

Ze Sievertsova zákona vyplývá, že obsah dusíku v oceli lze snížit nízkým parciálním tlakem dusíku. V EOP je toho dosaženo během oxidace ve vznikajících bublinách CO. Při mimopecním zpracování oceli v pánvi (MPZ) je využíváno snížení atmosférického tlaku. Na termodynamické podmínky rovnovážných obsahů dusíku má vliv i chemické složení oceli. Prvky s kladnou hodnotou interakčního koeficientu zvyšují aktivitu N a podporují jeho snížení. Jsou to především C (0,13), Si (0,048), Ni (0,01). Naopak prvky se zápornou hodnotou aktivitu N snižují a zhoršují podmínky snížení obsahu dusíku. Mezi tyto prvky patří Cr (-0,042), Mn (-0,02) a Mo (-0,010). Zhoršené podmínky pro snížení obsahu N v oceli budou proto u ocelí s nízkým obsahem C, legované Mn, Cr nebo Mo. Na tepelné zabarvení reakce rov. (1) má největší vliv endotermická disociace molekul dusíku na atomy. Přechod dusíku do oceli proto podporuje zvýšená teplota oceli.

1.2. Kinetické podmínky snížení dusíku v oceli

Termodynamické podmínky daného procesu jsou pouze jednou základní podmínkou k dosažení rovnováhy. Do jaké míry tento děj proběhne, záleží i na kinetických podmínkách procesu. Přechod dusíku z atmosféry do oceli lze popsat základními mechanismy [2]: adsorpce molekul dusíku na mezifázové hranici atmosféra - kov, disociace molekul na atomy a difúze atomů dusíku z mezifázové hranice atmosféra-kov do objemu kovu. Uvolňování plynu z kovu pak probíhá v obráceném pořadí. Rychlost procesu snížení obsahu plynu je dána nejpomalejším článkem, kterým je difúze atomu plynu z objemu taveniny k povrchu. U reálných taveb je nutno uvažovat i vliv strusky. Struska může kov chránit, ale i bránit jejímu oddušení při vakuování v klesonu. Rychlost difúze atomů plynu lze popsat kinetickou rovnicí 1. řádu

$$\frac{d[x]}{dt} = b \cdot \frac{F}{V} ([x] - [x]_p) \quad (3)$$

- Kde: b je součinitel přenosu hmoty $b=D/\delta$ (-),
 D je difúzní součinitel plynu v kovu (m^2s^{-1}),
 δ je tloušťka difúzní 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 rovnice (3) a její úprava vede k exponenciální závislosti poklesu koncentrace 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 pořádkové obsahy uhlíku v oceli. Povrchově aktivní prvky jako kyslík a síra obsazují místa na povrchu kovu. Snižují tak pořádkové potencionálních míst k adsorpci molekul plynu na mezifázové hranici atmosféra - kov a snižují rychlost difúze dusíku [3].

1.3. Specifika výroby oceli s nízkým obsahem dusíku v EOP

Během procesu tavení vsázky v EOP dochází k obnažení lázně v oblasti elektrických oblouků. Molekuly dusíku jsou ionizovány a mohou tak snadněji přecházet do lázně [4]. 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 SiO_2 a FeO .

Během tavení vsázky dochází k přechodu dusíku do lázně i difúzi dusíku z lázně do bublin CO. Snížit obsah dusíku lze během varu lázně, který vzniká při oxidaci uhlíku. Celková účinnost oddušení je dána délkou a

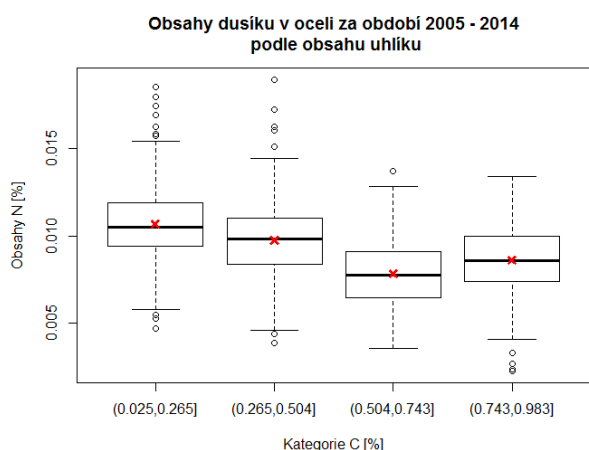
intenzitou oxidace. Při intenzifikovaném pochodu plynným kyslíkem tak prakticky k oddušení dochází v době dmýchání kyslíku do lázně.

Odfosfošení probíhá již během tavení. Je podporováno nízkou teplotou, za předpokladu vytvoření tekuté oxidací a bazické strusky. K odfosfošení je potřeba vysoké aktivity FeO ve strusce. Zmínou podmínek (vysoká teplota, nízká aktivita FeO ve strusce) se fosfor redukuje ze strusky zpět do oceli. U ukladných ocelí je proto zapotřebí dokonale stáhnout strusku před desoxidací tavby a vytvořením redukční strusky. Aktivita oxidu FeO ve strusce je podle Nernstova rozdělovacího zákona v termodynamické rovnováze s aktivitou kyslíku. Ve fázi oxidace je aktivita kyslíku určena obsahem uhlíku v oceli. Nejvyšší aktivity kyslíku lze dosáhnout u ocelí s obsahem uhlíku $C < 0,1\%$. Zdrojem fosforu v oceli je především pevné surové železo ve formě housek. K nahrazení tavby lze použít i koks (převážně podsítné frakce z výroby metalurgického koksu). Přebytek koksu nicméně snižuje FeO ve strusce a zhoršuje oxidací pochody ve fázi tavení vsázky.

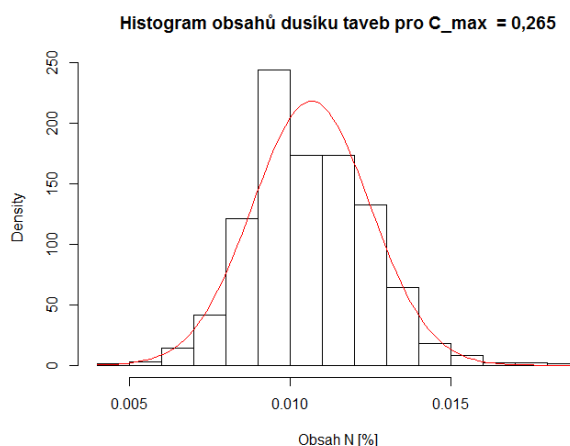
Odsišení oceli je podporováno nízkou aktivitou kyslíku a vysokou bazicitou strusky. K dosažení nízkých obsahů síry v EOP je zapotřebí dokonalé stažení strusky na konci oxidace a vytvoření nové redukční bazické strusky. Tím dochází k obnažení lázně a k nárůstu obsahu dusíku. Při mimopecním zpracování tavby v pánvi vlivem zhoršené kvality strusky po chemickém ohřevu oceli není možné tavbu odsístit. Z toho důvodu je potřeba celkové odsišení provést na EOP.

2. SOUČASNÝ STAV

Nízké obsahy dusíku byly dosaženy u taveb s vysokým obsahem uhlíku, viz. **obr. 1**. Graf na **obr. 1** znázorňuje obsahy dusíku v oceli $C < 1\%$ a $Cr < 1\%$. Soubor je rozdělen na čtyři kategorie podle obsahu uhlíku v oceli. Data taveb jsou z období let 2005 i 2014. Histogram na **obr. 2** znázorňuje rozdělení souboru dat s obsahem uhlíku $C_{max} 0,265\%$ pro kategorii s nejvyšším průměrným obsahem N. Třída obsahů $N = 0,009$ i $0,010\%$ je nejčetnější. Teoretická hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení je na **obr. 2** znázorněna červenou. Pravděpodobnosti odpovídající normálnímu rozdělení pro hodnoty 40 i 100 ppm jsou uvedeny v **tab. 1**.



Obr. 1 Obsahy dusíku v oceli podle obsahu uhlíku



Obr. 2 Histogram rozdělení dusíku v oceli

Tab. 1 Pravděpodobnost dosažení daných hodnot podle distribuční funkce normálního rozdělení

Obsah dusíku	40 ppm	50 ppm	60 ppm	70 ppm	80 ppm	90 ppm	100 ppm
Pravděpodobnost	0,01 %	0,10 %	0,55 %	2,28 %	7,32 %	18,27 %	36,00 %

Za předpokladu shody rozdělení obsahu dusíku s normálním rozdělením je pravděpodobnost dosažení obsahu dusíku pod 80 ppm menší jak 7,32 %, pod 50 ppm pak menší jak 0,10 % (**tab. 1**). Bez úpravy technologie tak nebylo možné běžně vyrábět tavby s obsahy dusíku $N < 100$ ppm. Nejnižší obsah N bylo dosahováno u ocelí s obsahy uhlíku $C = 0,50 - 0,75$ %.

3. PROSAZENÍ BRIKET DO VSÁZKY

Na provozu EO TG byly v roce 2014 provedeny zkoušky prosazení kovonosných briket. Účelem bylo využití hutních produktů v technologii výroby oceli v EOP. Zpracování výrobních zbytků, jakou jsou například vedlejší produkty a odpady peletizací nebo briketováním patří mezi nejlepší dostupné techniky (BAT - Best Available Techniques), které omezují znečištění životního prostředí. Pro ověření byly vybrány oceli s nízkými nároky na obsahy doprovodných prvků. U běžných taveb nabylo do vsázek použito okují nebo rudy. Základní informace jsou uvedeny v **tab. 2**. Zkoušky proběhly ve třech kampaních. Prosazení většího množství briket bylo problematické. Prosazení nižší množství (4,2 %) briket do vsázky bylo bezproblémové a byly zjištěny nižší průměrné hodnoty obsahu dusíku v oceli.

Za účelem potvrzení vlivu briket na obsahy dusíku v oceli i při použití koksu k nahlížení tavby byly v roce 2015 provedeny další zkušební tavby. Do vsázky byly prosazeny brikety v množství 3 % hmotnosti grutu a koks 6 kg/t. Tavby vykazovaly srovnatelnou specifickou spotřebu elektrické energie s běžnými tavbami. Struska se u těchto taveb nestahovala.

Tab. 2 Porovnání běžných taveb a taveb s prosazením kovonosných briket

Kampaň	Počet taveb	Brikety	Hm. kovové vsázky	Podíl	Konečná analýza				
					C	P	S	Cr	N
[-]	[-]	[kg]	[kg]	%	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
běžně	242	0	9497	0	0,54	0,031	0,018	0,31	0,0086
1. KV 2014	5	652	10073	6,5	0,48	0,034	0,023	0,30	0,0083
4. KV 2014	6	387	9294	4,2	0,40	0,031	0,021	0,32	0,0075
1. KV 2015	5	290	9599	3,0	0,53	0,027	0,017	0,26	0,0063

Další zkušební tavby potvrdily významný vliv použití briket na snížení obsahu dusíku v oceli. Obsah fosforu (po zplněné redukci) byl při použití koksu nižší. Průměrné obsahy fosforu po natavení vsázky byly $P = 0,014$ %.

Při nízkých teplotách se první oxidují prvky s vysokou afinitou ke kyslíku. V EOP to jsou především Al, Si a v menším množství Mn a Cr. Gibbsova energie (volná entalpie) jejich reakcí s kyslíkem je při nízkých teplotách nižší než Gibbsova energie uhlíkové reakce. Technologie prosazení briket předpokládá, že vzniklé oxidy 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 oxidické strusky, která kryje vznikající lázeň a brání přechodu dusíku do oceli. Oxidace fosforu, která probíhá na mezifázové hranici struska-kov a vyžaduje vysoký obsah FeO ve strusce, nebyla ovlivněna přítomností nahlížečova. Použití koksu k nahlížení neovlivnilo negativně odfosfošení ani obsah dusíku během natavování. Snížení prvků s vysokou afinitou ke kyslíku umožnilo včasné zahájení uhlíkové reakce, jejíž Gibbsova energie s rostoucí teplotou klesá. Prosazení briket do vsázky nebrání použití koksu k nahlížení oceli.

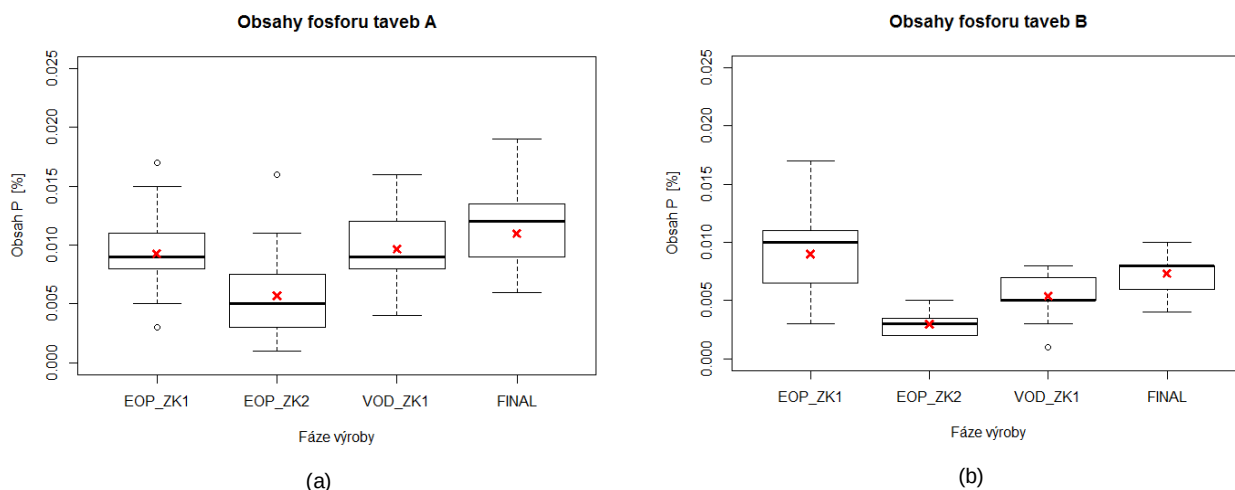
4. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

K porovnání výsledků byl použit soubor 35 taveb ocelí s omezeným obsahem dusíku do 150 ppm (tavby A), u kterých byl cíleně zvýšen obsah uhlíku ve vsázce. Rozbor těchto taveb byl proveden před návrhem změny technologie výroby oceli s použitím briket.

Druhý soubor tvoší 21 výzkumných taveb (tavby B). Základem technologie výzkumných taveb ocelí s nízkým obsahem prvků N, P a S byly zkušenosti s prosazením briket do vsázky. Vsázku tvoší žrot, pálené vápno 10 kg/t, kovonosné brikety v množství 30 kg/t a koks 6 kg/t. Vyšší obsahy uhlíku po natavení umožňují další snížení dusíku v oceli během oxidace. Struska je před MPZ stažena, aby bylo minimalizováno její množství v pánvi během vakuování po chemickém ohřevu oceli. Při odlévání oceli do kokil je standardně používána ochrana licího proudu, která brání reoxidaci oceli i zvýšení dusíku v oceli během lití. Na ocel byly kladeny požadavky dosažení obsahů $N < 0,0080 \%$, $P < 0,010 \%$ a $S < 0,008 \%$.

Obsahy fosforu a síry

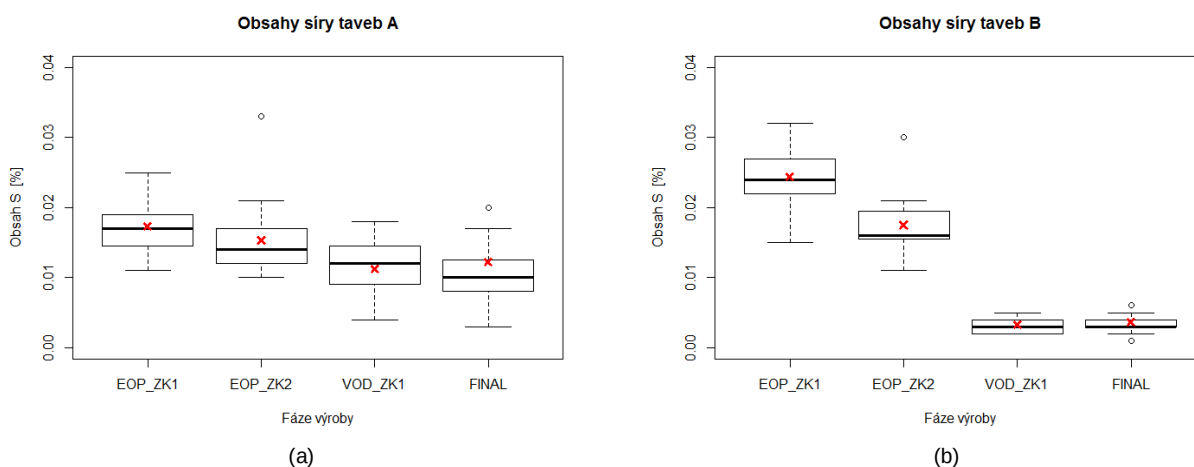
Výsledky taveb A i taveb s použitím briket (tavby B) jsou uvedeny pomocí krabicových grafů na **obr. 3**. Mediány obsahů fosforu po natavení (EOP_ZK1) i průměrné hodnoty jsou u obou taveb téměř shodné. Častěji bylo dosahováno nižších hodnot dusíku po natavení u taveb B. Výraznější rozdíly lze pozorovat u obsahů dusíku po oxidaci. Nižších hodnot bylo dosaženo u taveb s použitím briket. Protože u těchto taveb byl obsah P cílen na nižší hodnoty, není porovnání absolutních hodnot zcela regulérní. Lze konstatovat, že bylo dosaženo požadovaných hodnot fosforu v konečné analýze oceli. Navýšení P je dáno především použitím legujících přísad. Přísady byly voleny s ohledem na maximální přípustnou hodnotu fosforu.



Obr. 3 Obsahy fosforu v jednotlivých fázích výroby taveb A a taveb B

Na **obr. 4** jsou stejným způsobem porovnávány obsahy síry. I zde jsou finální obsahy u taveb B cíleny na nižší hodnoty. Porovnávány tak jsou především obsahy síry na konci oxidace.

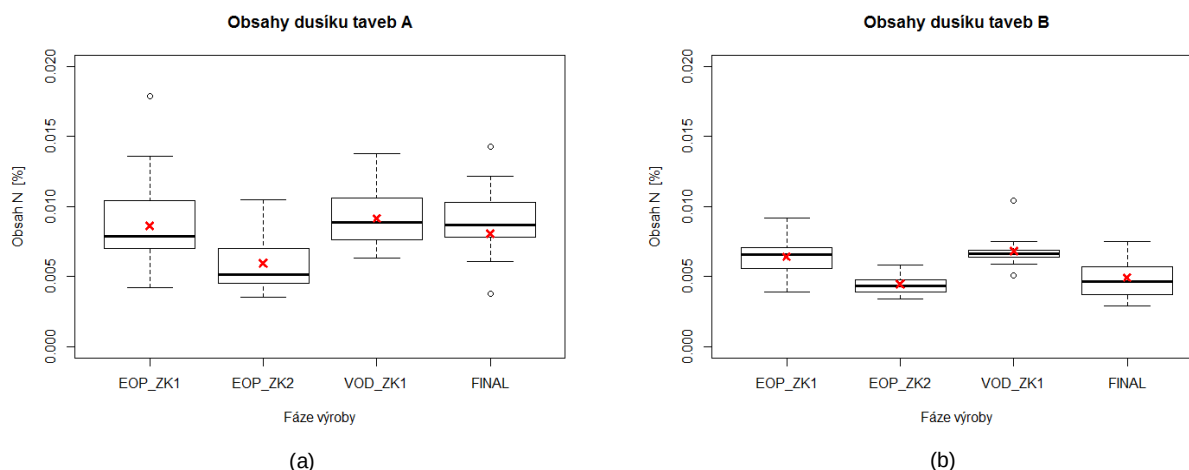
Obsahy síry v první předzkoušce (EOP_ZK1) jsou u taveb B vyšší. Rozpětí obsahů S po oxidaci (EOP_ZK2) je podle tvarů krabicových grafů téměř shodné s tavnami A, ale rozdělení souboru je podle tvaru krabicových grafů odlišné. Podle mediánu zkušebních taveb s briketami je rozdělení obsahů síry zejména vpravo. Průměrné hodnoty i mediány jsou u obou souborů taveb téměř shodné. I přes vyšší obsahy síry po natavení (EOP_ZK1) bylo dosaženo stanovených hodnot konečných obsahů síry $S < 0,008 \%$.



Obr. 4 Obsahy síry v jednotlivých fázích výroby taveb A a taveb B

Obsahy dusíku

Dosažení nízkých obsahů dusíku bylo hlavním cílem zkušebních taveb. Obsahy dusíku v jednotlivých fázích výroby jsou pomocí krabicových grafů vyneseny na **obr. 5**. Rozpětí i absolutní hodnoty obsahů N jsou ve všech fázích výroby nízké. Obsah dusíku shodně roste po odpichu tavby (VOD_ZK1), u taveb B (**obr. 5b**) bylo dosaženo snížení obsahu dusíku na MPZ. To je dáno úlinějším snížením dusíku vakuováním i nízkým zvýšením obsahu dusíku během odlévání do kokil s ochranou lícího proudu. Cílená hranice dusíku $N < 0,0080 \%$ byla dosažena u všech taveb při průměrném obsahu $N = 0,0047 \%$. Finální hodnoty taveb B jsou menší než medián obsahu dusíku ($0,0081 \%$) taveb A.



Obr. 5 Obsahy dusíku v jednotlivých fázích výroby taveb A a taveb B

ZÁVĚR

Oceli vyrobené v EOP mají vyšší obsahy dusíku v oceli než oceli vyrobené v kyslíkových konvertorech. Při jinou je přechod dusíku do oceli během tavení, kratší doba oxidace uhlíku a tím kratší doba uhlíkového varu. Na EO TG bylo s úspěchem použito přisazení kovonosných briket. Upravená technologie pomáhá snížit přechod dusíku do oceli během tavení vlivem rychlejší tvorby strusky a urychluje uhlíkový var ocelové lázně. Umožňuje tak snížit obsahy dusíku na EOP. Nízké obsahy dusíku jsou potřebné z důvodu omezených možností snižování dusíku ve vakuu na zařazení MPZ v kombinaci s chemickým očištěním oceli na EO TG.

Během redukčního období tavby, které se prodlužuje s vyššími nároky na odsíšení oceli a během odpichu oceli z EOP dochází k nárůstu obsahu dusíku. Úprava technologie umožnila dosažení průměrných konečných obsahů dusíku $N = 0,0047 \%$ při obsazích $P < 0,01 \%$ a $S < 0,008 \%$.

LITERATURA

- [1] ADOLF, Zdeněk. Mímopecní rafinace oceli. 3. vyd. Ostrava: VGB – Technická univerzita Ostrava, 2002, 133 s., ISBN 80-7078-9.
- [2] KALOUSEK, J., DOBROVSKÝ, L. Teorie hutních pochodů. 3. vydání Ostrava: VGB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, Ostrava, 2004, 181 s., ISBN 80-248-0658-4.
- [3] Seung-Min HAN, et al. Kinetic Study on Surface Dissolution of Nitrogen on Liquid Steel by Isotope Exchange Technique. ISIJ International, Vol. 49, 2009, pp. 487-494.
- [4] MICHALEK, Karel. Elektrometalurgie a výroba feroslitin: Studijní materiály pro studijní obor Moderní metalurgické technologie, 3. vydání, 2016, 149 s. Dostupné z: <https://www.fmmi.vsb.cz/cs/studenti/opory-pro-studium/>.

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY VYSOCE CHROMOVÝCH OCELÍ NA INTENZIFIKOVANÉ EOP S CÍLENÝM ŘÍZENOU REDUKCÍ STRUSKY

SOCHA Ladislav¹, BAZAN Jiří¹, ADOLF Zdeněk¹,
JONŠTA Petr², CARBOL Zdeněk², KURKA Vladislav³

¹VŠB-Technická univerzita Ostrava, FMMI, Katedra metalurgie a slévárenství, 17. listopadu 15/2172,
708 33 Ostrava-Poruba, ČR, ladislav.socha@vsb.cz, jiri.bazan@vsb.cz, zdenek.adolf@vsb.cz

²VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s., Ruská 2887/101, Vítkovice, 703 00 Ostrava, ČR,
petr.jonsta@vitkovice.cz, zdenek.carbol@vitkovice.cz

³MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, ČR,
vladislav.kurka@mmvyzkum.cz

Abstrakt

V předloženém příspěvku je uveden návrh technologie výroby vysoce chromových ocelí v provozních podmínkách na EOP s řízenou redukcí strusky. Vlastní návrh provozní technologie vychází z teoretických poznatků redukce oxidu chromu ze strusky při použití různých redukčních činidel, způsobu aplikace a úpravy technologie tavení při výrobě vysoce chromových ocelí v EOP. Uvedené teoretické poznatky byly doplněny o výsledky studia průběhu redukce Cr_2O_3 ze strusky do oceli v laboratorních podmínkách při použití různých redukčních činidel a způsobu aplikace. Na základě teoretických poznatků a výsledků laboratorních experimentů byla navržena technologie pro podmínky EOP v podniku VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. V rámci uvedené technologie bude využit prototyp zařízení pro řízenou redukcí strusky umožňující dávkování redukčního činidla na hladinu strusky pro dosažení řízené redukce vysoce chromové strusky.

Klíčová slova: Redukce strusky, chromové strusky, legované oceli, laboratorní experimenty, provozní experimenty

1. ÚVOD

Při výrobě vysoce chromových ocelí v EOP dochází v průběhu tavení ocelové vsázky obsahující chrom k jeho ztrátě oxidací přechodem do strusky. K prvotním ztrátám dochází již v průběhu tavení vsázky v EOP, ale k hlavní části ztrát chromu z taveniny dochází v průběhu oxidačního údobí, ve kterém je dmýchán kyslík s cílem zajistit základních zkujovacích reakcí a oduhlnutí taveniny. Účinná redukce oxidu chromu ze strusky při výrobě vysoce chromových ocelí závisí na výběru vhodného redukčního činidla a aplikované redukční technologii. Volba redukčního činidla však závisí na vybavení a technologických možnostech provozované EOP [1, 2].

2. REDUKCE OXIDU CHROMU ZE STRUSKY PŘI VÝROBĚ VYSOCE CHROMOVÝCH OCELÍ

Aplikovaná technologie a vhodné redukční činidlo by mělo zajistit vysoký stupeň redukce oxidu chromu ze strusky při výrobě vysoce chromových ocelí v EOP. Mezi používaná redukční činidla patří: křemík, uhlík a karbid vápníku. V provozních podmínkách bylo vyvinuto a aplikováno několik technologií, avšak pro účinnou redukcí ztrát chromu v tavenině je nutno minimalizovat ztráty již v údobí tavení a především v průběhu oxidačního údobí.

Na základě teoretických poznatků [3, 4, 5, 6] byly zjištěny následující kroky pro zajistění řízené redukce oxidu chromu ve strusce nebo-li kontrolu obsahu chromu v tavenině při výrobě oceli v EOP. Křemík snižuje

míru oxidace chromu při nízkých teplotách, což lze využít v průběhu tavení vsázky. V následujícím oxidačním údobí dochází k pokračování redukce oxidu chromu křemíkem v tavenině. Redukce oxidu chromu křemíkem probíhá dle následující chemické reakce (1):



Výsledkem redukce oxidu chromu jsou v případě křemíku a hliníku oxidy, které snižují zásaditost strusky, což vede k nutnosti přidávku vápna a zvýšení množství strusky v EOP.

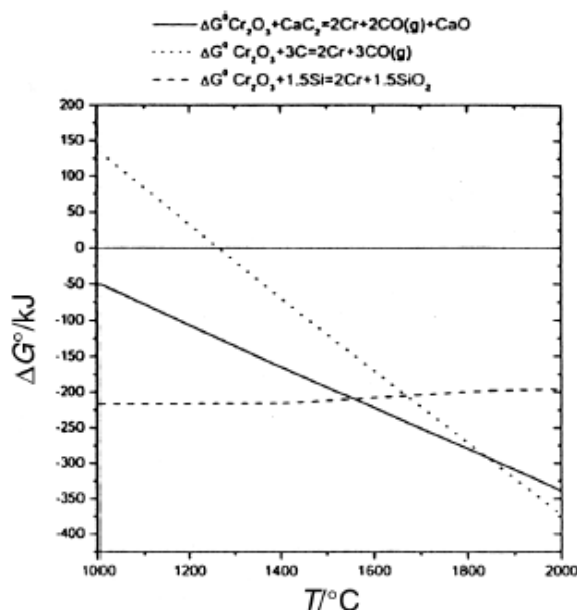
Pro omezení rozsahu oxidace chromu je používána technologie dmýchání uhlíku na strusku, protože je ekonomicky výhodnější než redukce pomocí křemíku nebo hliníku. Redukce oxidu chromu pomocí uhlíku je realizována v provozních podmínkách dmýchání uhlíku, který reaguje s oxidy ve strusce za vzniku oxidu uhelnatého podporujícího tvorbu plhivé strusky. Nicméně pro efektivní redukci oxidu chromu dmýcháním uhlíku je nezbytná vysoká teplota strusky. Z tohoto důvodu je dmýchání uhlíku realizováno při paralelním dmýchání kyslíku v oxidačním údobí. Redukce oxidu chromu uhlíkem probíhá dle následující reakce (2):



Kromě technologie využívající jako redukční činidlo křemík nebo dmýchání uhlíku je používána technologie dmýchání karbidu vápníku. Karbid vápníku reaguje s oxidy ve strusce, přičemž produkty reakcí představují chrom, oxid vápenatý a oxid uhelnatý. Vápno zastupuje struskotvornou přísadu podporující vytváření strusky. Oxid uhelnatý zlepšuje tvorbu plhivé strusky v porovnání s dmýcháním prachového uhlíku. Redukce oxidu chromu karbidem vápníku probíhá dle následující reakce (3):



Jednotlivá redukční činidla je vhodné aplikovat za určitých podmínek, což lze charakterizovat pomocí změny Gibbsovy volné energie v závislosti na teplotě pro reakce oxidu chromu s křemíkem, uhlíkem nebo karbidem vápenatým, jak je patrné na **obr. 1**



Obr. 1 Teplotní závislost Gibbsovy volné energie pro redukci oxidu chromu pomocí redukčních činidel

Z **obr. 1** vyplývá, že redukce oxidu chromu uhlíkem je účinnější při vysoké teplotě. V praxi je tato technologie aplikována při dmýchání kyslíku v průběhu oxidačního údobí. Z křivky redukce oxidu chromu pomocí křemíku vyplývá, že reakce není závislá na teplotě a probíhá již při nízkých teplotách. V praxi je toto redukční činidlo vhodné aplikovat již v průběhu tavení vsázky v EOP. Z **obr. 1** také vyplývá vhodnost aplikace karbidu vápníku jako redukčního činidla dle dosažených nížších hodnot Gibbsovy energie až v rozmezí teplot 1550 °C až 1700 °C.

3. LABORATORNÍ EXPERIMENTY

Před provozními experimenty byly provedeny laboratorní experimenty s cílem získat základní informace pro návrh technologie výroby vysoce chromových ocelí v provozních podmínkách. Laboratorní experimenty byly realizovány při aplikaci tří odlišných vsázek představující vysoce chromovou ocel obsahující cca 9 až 18 hm. % chromu a strusku s obsahem cca 12 až 24 hm. % Cr_2O_3 . Základní chemické složení použité vysoce chromové oceli a strusky pro laboratorní experimenty je uvedeno v **tab. 1** a **tab. 2**.

Tab. 1 Chemické složení vysoce legované oceli A, B a C použité pro laboratorní experimenty

Typ oceli	Chemické složení oceli (hm. %)							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
A	0,08	0,48	0,30	0,015	0,002	8,65	0,28	0,93
B	0,02	0,62	0,31	0,023	0,003	12,16	4,1	0,42
C	0,04	1,57	0,58	0,017	0,003	17,44	10,2	0,07

Tab. 2 Chemické složení strusky A, B a C obsahující Cr_2O_3 použité pro laboratorní experimenty

Typ strusky	Chemické složení strusky (hm. %)							
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	Cr ₂ O ₃	FeO	V ₂ O ₅
A	6,1	21,6	9,0	6,4	xxx	23,9	xxx	0,9
B	8,2	28,6	5,0	3,8	35,7	11,5	4,9	0,16
C	18,19	20,42	6,18	3,09	35,2	17,7	5,21	xxx

K redukci strusek obsahujících Cr_2O_3 byla vybrána dvě redukční činidla: ferosilicium a antracit. Chemické složení obou redukčních činidel je uvedeno v **tab. 3**.

Tab. 3 Základní chemické složení ferosilicia a antracitu (redukční činidlo)

Ferosilicium - chemické složení (hm. %)				
Si	S	P	Mn	C
73,5	0,01	0,03	0,28	0,06
Antracit - chemické složení (hm. %)				
C	S	Vlhkost	Popel	Prchavost
90,08	0,97	5,82	6,80	3,12

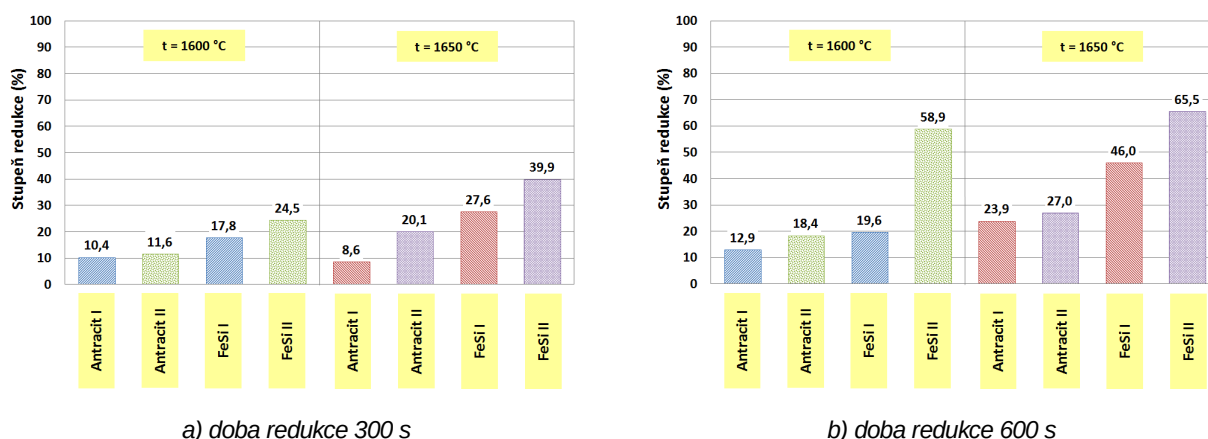
V laboratorních podmínkách bylo celkem realizováno 24 relevantních taveb. Laboratorní experimenty probíhaly následujícím způsobem: nejprve byla pšána ocelová vsázka v množství 200 až 300 g. Po roztavení a vytemperování ocelové vsázky na teplotu 1650 °C byl odebrán vzorek oceli. Odebraný vzorek sloužil pro stanovení počátečního obsahu chromu v oceli. Následně byla pšána podrcená redukovaná

struska obsahující Cr_2O_3 v množství 10 hm. % k hmotnosti oceli. K této strusce bylo přidáno 10 hm. % CaF_2 pro zajištění tekutosti redukční strusky. Po 60 s od přidání strusky bylo přidáno vybrané redukční činidlo antracit nebo ferosilicium. Přidávky redukčních činidel byly realizovány ve dvou variantách:

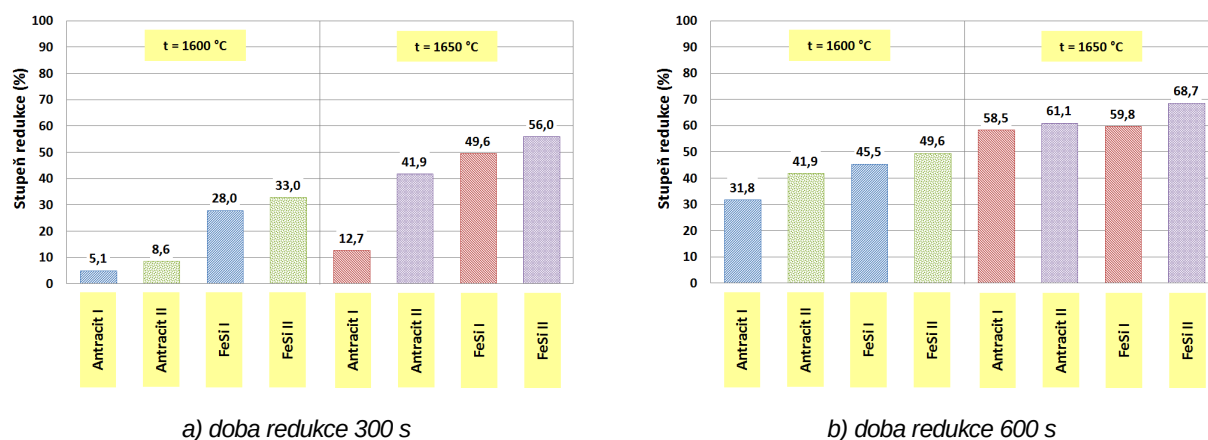
- *varianta I* – teoretické množství zajišťující 100 % redukci oxidu Cr_2O_3 ze strusky,
- *varianta II* – dvojnásobné teoretické množství zajišťující redukci oxidu Cr_2O_3 ze strusky.

Celková doba působení redukčních činidel byla stanovena na 600 s. V průběhu experimentu byly odebírány vzorky oceli pro stanovení obsahu chromu, a to v polovině experimentu po 300 s a na konci experimentu po 600 s. Po ukončení experimentu byly jednotlivé vzorky oceli analyzovány pro zjištění účinnosti redukčního pochodu v laboratorních podmínkách.

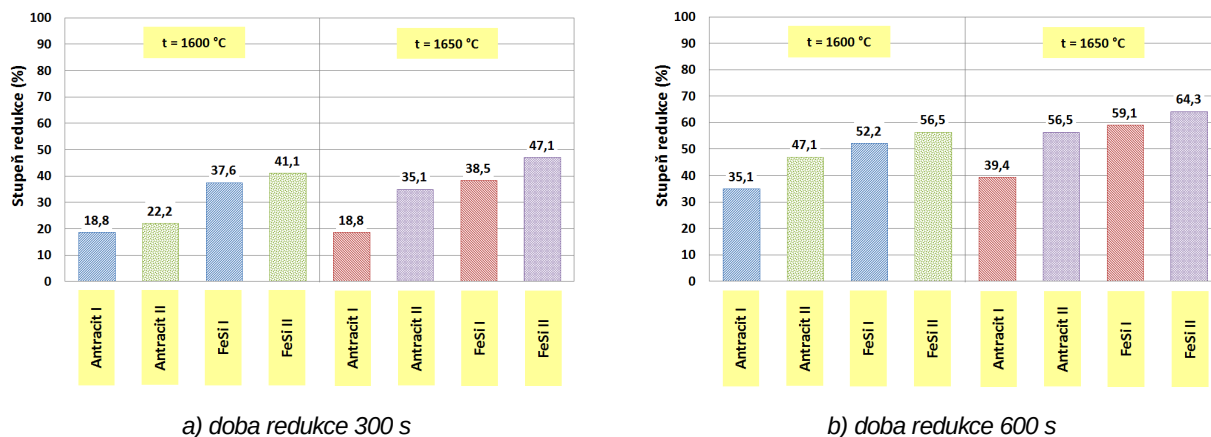
Posouzení průběhu redukce Cr_2O_3 ze strusky do vysoce chromové oceli v laboratorních podmínkách bylo realizováno v několika krocích. Nejprve bylo provedeno vyhodnocení průběhu zvýšení obsahu chromu v oceli spolu s hodnocením stupně redukce pomocí dvou redukčních činidel, změny množství redukčních činidel a teplot 1600 °C a 1650 °C. Výsledky byly zpracovány a představují komplexní hodnocení stupně redukce, které jsou uvedeny na **obr. 2a** až **obr. 4b**.



Obr. 2 Porovnání dosažených stupňů redukce oxidu Cr_2O_3 při použití antracitu a ferosilicia pro ocel A



Obr. 3 Porovnání dosažených stupňů redukce oxidu Cr_2O_3 při použití antracitu a ferosilicia pro ocel B



Obr. 4 Porovnání dosažených stupňů redukce oxidu Cr_2O_3 při použití antracitu a ferosilicia pro ocel C

Z výsledků dosažených pomocí laboratorních experimentů zaměřených na získání informací o průběhu redukce Cr_2O_3 ze strusky do vysoce chromové oceli a zvýšení obsahu chromu v tavenině pomocí dvou redukčních činidel lze konstatovat:

- jako účinnější redukční činidlo se v laboratorních podmínkách jeví ferosilicium,
- zvýšení teploty z 1600 °C na 1650 °C má pozitivní vliv na účinnost redukce Cr_2O_3 ze strusky,
- kromě zvýšení teploty se i zvýšení teoretického množství redukčního činidla spolu s prodloužením doby redukce z 300 s na 600 s pozitivně projevilo na účinnosti redukce,
- při teplotě 1650 °C a použití ferosilicia bylo dosaženo až 68,7 % účinnosti redukce Cr_2O_3 ,
- lze také předpokládat, že se vzrůstem obsahu Cr_2O_3 ve strusce se může projevit vyšší viskozita strusky spojená s tvorbou krusty, která snižuje redukční účinnost. Tento předpoklad bude ověřen následující sérií experimentů.

4. PROVOZNÍ EXPERIMENTY

Za účelem ověření možnosti redukce chromu ze strusky byla na elektroocelárně společnosti VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. provedena tavba vysoce chromové oceli jakosti D. Jako redukční činidlo pro tuto experimentální tavbu byl vybrán antracit umožňující využít stávající vybavení EOP. 5. Výroba probíhala technologií oxidačního tavení s využitím tekutého zbytku v peci při využití pecních RCB hořáků a s následným zpracováním na zašizených LF Ź OVK. Tavení probíhalo s maximálním výkonem transformátoru a zapnutými pecními RCB hořáky v šezacím režimu. Chemické složení experimentální tavby jakosti D je uvedeno v **tab. 4**.

Tab. 4 Chemické složení vysoce chromové oceli jakosti D

Ocel jakosti D	Rozsah	Základní chemické složení (hm. %)									
		C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N
Norma	Min.	0,08	0,30	0,20	xxx	xxx	xxx	8,00	0,85	0,18	0,030
	Max.	0,12	0,60	0,50	0,020	0,010	0,40	9,00	1,05	0,25	0,070
Požadavek dle VHM	Min.	0,09	0,30	0,20	xxx	xxx	xxx	8,50	0,90	0,20	0,030
	Max.	0,11	0,50	0,30	0,015	0,005	0,30	9,50	1,00	0,25	0,070
OVD konec	Min.	0,10	0,45	0,23	0,010	0,002	0,15	8,59	0,95	0,22	0,036

Po roztavení žrotu a vytvoření prvotní oxidické strusky za cca 25 min byly přepnuty pecní RCB hošáky do zkoušovacího režimu a po dosažení teploty oceli 1633 °C se následně provedla vlastní technická zkouška možnosti přivedení zvýšeného množství mletého antracitu do strusky v množství 630 kg danými hošáky pro provedení redukce chromu ze strusky. Zároveň se změnila aktivita kyslíku v lázni, která dosahovala hodnoty 318 ppm. Po nafoukání celkového množství antracitu se struska pohodila Al stříry a Al houskami v množství cca 1,0 kg·t⁻¹ oceli. Dále se provedl ohřev na odpichovou teplotu 1654 °C a následoval odpich oceli do pánve, kde se dodaly další dezoxidátory a struskotvorné přísady (Al, Mn, CaO a syntetická struska). Celková doba zpracování tavby na EOP činila 114 min a byla delší o cca 22 min oproti standardním tavbám, což činí prodloužení pecního času o 25 %. Další zpracování na LF a OVK se již nelíhalo od standardních taveb a doba zpracování oceli na OVK činila 220 min, přičemž samotné vakuování trvalo 65 min. V rámci experimentální tavby bylo naplánováno odlít 6 ks ingotů. Pro liti nebyl uplatněn zvláštní program. Odlévání proběhlo bez problémů dle předepsané doby odlévání ingotů daných formátů.

Z dosažených výsledků bylo zjištěno, že obsah Cr₂O₃ ve strusce činil 25 hm. %. Z tohoto důvodu byla tato struska velmi hustá a vytvářela struskové krusty. Tekutá struska se nacházela pouze v oblasti vysokých teplot pod grafitovými elektrodami. Z hlediska účinnosti redukce pomocí přivádění antracitu pecními RCB hošáky bylo zjištěno, že dosažený stupeň redukce byl poměrně nízký na provozní podmínky a pohyboval se v rozmezí 10 až 15 %. Provedená zkouška ukázala možnosti využití technologie redukce chromu ze strusky mletým antracitem na EOP pomocí pecních RCB hošáků. Získané výsledky bohužel ukázaly, že použití RCB hošáků pro vnášení mletého redukčního činidla je omezené a vnášení na strusku je nedostatečné vzhledem k nemožnosti manipulace s danými hošáky v peci vertikálním směrem.

Výše uvedená experimentální tavba prokázala nutnost provést úpravu technického vybavení EOP pro dosažení redukce strusky umožňující dávkování redukčního činidla. Pro lepší provedení redukce chromu ze strusky byl proto navržen prototyp dmýhacího zařízení pro vnášení redukčních činidel po celé ploše hladiny s možností vertikálního i horizontálního pohybu. Navržený prototyp umožní injektáž drceného antracitu a ferosilicia do strusky na EOP č. 5. Obsahuje zařízení pro dopravu požadovaných materiálů včetně následných propojení pro přívody médií a energie.

Injektážní dopravník bude realizován jako tlaková nádoba s potřebnými regulačními prvky, systémem fluidizace a propojovacím systémem. Zařízení bude sloužit k injektáži požadovaného materiálu do přívodního potrubního systému. Na výstupu nádoby bude materiál dopravován do transportní vlny. Na výstupu bude rovněž regulace množství média. Ovládací prvky jsou pneumaticky řízené. Systém je dále vybaven vstupy na vidlice vysokozdvíhného vozíku.

Před započetím tavby bude tlaková nádoba naplněna požadovaným materiálem/materiály. Dvoukomorové uspořádání umožňuje potřebné doplnění podle potřeby. Materiál bude dopravován hadicemi do tepelně izolovaného potrubního systému zakončeného keramickou tryskou. Potrubní systém s keramickou tryskou bude vhodně upevněn na stávajícím manipulátoru u EOP a vlastní injektáž bude prováděna za souhlasného pojištění manipulátoru a nakládání a směřování toku injektovaného materiálu do EOP tak, aby byl pokryt co nejvíce povrch strusky. Tato struska by měla být před začátkem injektáže ztekucena šedidly. Před strusková dvířka pece bude tryska vložena těsně nad povrch naplněné strusky nebo do naplněné strusky. Injektáž materiálů je zamýšlena postupně. Předpokládá se využití redukčních činidel antracitu nebo ferosilicia v množství cca 500 až 600 kg na tavbu o granulometrii 1 až 3 mm. Doba vnášení drceného materiálu do EOP č. 5 by se měla pohybovat v rozmezí 6 až 10 min a doba redukce chromu ze strusky v peci pak 15 až 20 min. Nosným médiem bude stlačený vzduch event. dusík. První ovládací tavby jsou plánovány cca v polovině roku 2017.

ZÁVĚR

Na základě rostoucí poptávky po vysoce chromových ocelích došlo k přípravě projektu, jehož část je zaměřena na vývoj technologie výroby ocelí se specializací na zvýšení výtoku chromu ze strusky do taveniny kovu při výrobě vysoce chromových ocelí na výrobním agregátu představující intenzifikovanou EOP I. 5 ve společné společnosti VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. V průběhu řešení projektu byly ověřeny teoretické poznatky redukce oxidu chromu ze strusky při použití různých redukčních činidel, způsobu aplikace a úpravy technologie tavení při výrobě vysoce chromových ocelí v EOP. Uvedené poznatky byly doplněny o výsledky studia průběhu redukce Cr_2O_3 ze strusky do oceli v laboratorních podmínkách pro oceli s obsahem cca 9 až 18 hm. % chromu a strusky s obsahem cca 12 až 24 hm. % Cr_2O_3 a použití ferosilicia a antracitu jako redukčních činidel. Získané poznatky během laboratorních experimentů měly napodobovat podmínky provozní EOP I. 5, ale budou také verifikovány v provozních podmínkách. Cílem výzkumu je navržení a odzkoušení prototypu zařízení pro šzenou redukci strusky s vysokým obsahem oxidu chromu a nastavení druhu, množství a způsobu dávkování redukčního činidla na hladinu strusky. Tímto způsobem dojde ke snížení energetické a ekonomické náročnosti výroby vysoce chromových ocelí, zvýšení konkurenceschopnosti strojírenské společnosti na trhu a také posílení vědecko-výzkumné spolupráce výrobního podniku s výzkumnými organizacemi představující VGB-TU Ostrava a společnost MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o.

PODĚKOVÁNÍ

Práce vznikla v rámci řešení projektu TAČR registračního čísla TA04010036 názvu „Výzkum, vývoj a ověření progresivních technologií výroby vysoce legovaných ocelí s cílem snížení energetické náročnosti výroby pomocí šzené redukce strusky na intenzifikované EOP a legování dusíku kombinovanou $\text{O}_2\text{-N}$ tryskou za sníženého tlaku“

Práce vznikla za podpory projektu "Studentské grantové soutěže" / čísel SP2017/57 a SP2017/58.

LITERATURA

- [1] ARH, B., TEHOVIK, F. The Oxidation and Reduction of Chromium during the Elaboration of Stainless Steels in an Electric Arc Furnace. *MATERIALS AND TECHNOLOGY*, 2007, vol. 41, issue 5, p. 203-211. ISSN 1580-2949.
- [2] JUHART, M., PETER, M., KOCH, K., LAMUT, J., ROYMAN, A. Foaming Behaviour of Slags from Stainless Steel Production in the Electric Arc Furnace. *STAHL UND EISEN*, 2001, vol. 121, issue 9, pp. 35-41. ISSN 0340-4803.
- [3] GÖRNERUP, M., LAHIRI, A. K. Reduction of Electric Arc Furnace Slags in Stainless Steelmaking: Part 1 Observations. *IRONMAKING AND STEELMAKING*, 1998, vol. 25, no. 4, p. 317-322. ISSN 0301-9233.
- [4] GÖRNERUP, M., LAHIRI, A. K. Reduction of Electric Arc Furnace Slags in Stainless Steelmaking: Part 2 Mechanism of CrO_x Reduction. *IRONMAKING AND STEELMAKING*, 1998, vol. 25, no. 5, p. 382-386. ISSN 0301-9233.
- [5] SUN, S., UGUCCIONI, P., BRYANT, M., ACKROYD, M. Chromium Control in the EAF during Stainless Steelmaking. In *Electric Furnace Conference Proceedings*, 1997, p. 297-300.
- [6] BJÖRKVALL, J., ANGSTRÖM, S., KALLIN, L. Reduction of chromium oxide containing slags using CaC_2 injection. In *7th International Conference on Molten Slag Fluxes and Salts*, 2004, p. 663-670.

NADUSILĚNÍ VYSOCE CHROMOVÉ TAVENINY POMOCÍ KYSLÍKO-DUSÍKOVÉ TRYSKY V PODMÍNKÁCH HUTNÍHO POLOPROVOZU

KURKA Vladislav, JONŠTA Petr, CARBOL Zdeněk, BAZAN Jiří, SOCHA Ladislav

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, ČR,
vladislav.kurka@mmvyzkum.cz

VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s., Ruská 2887/101, Vítkovice, 703 00 Ostrava, ČR,
petr.jonsta@vitkovice.cz, zdenek.carbol@vitkovice.cz

VŠB - Technická univerzita Ostrava, FMMI, Katedra metalurgie a slévárenství, 17. listopadu 15/2172,
708 33 Ostrava-Poruba, ČR, ladislav.socha@vsb.cz, jiri.bazan@vsb.cz,

Abstrakt

Ve spolupráci s firmou MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. byl proveden návrh, kompletace a ověření funkčnosti kyslíko-dusíkové trysky. Tato tryska je implementována do zařízení Vakuová a pět tlaková indukční tavicí pec (VPIM) a je schopna pracovat za sníženého tlaku, až 10 kPa. V souladu s dobou jsou připravovány a prováděny experimentální tavby nadusilění vysoce chromové taveniny pomocí plynného dusíku za sníženého tlaku. Jednak pomocí kyslíko-dusíkové trysky a také pomocí porézní tvárnice umístěné ve dně kelímku indukční tavicí pece zařízení VPIM. Tato práce vznikla v rámci řešení projektu I. TA04010036, ve 4. veřejné soutěži ve výzkumu a experimentálním vývoji o podporu od roku 2014 pro Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje ALFA financované Technologickou agenturou České republiky.

Klíčová slova: Tavenina, chrom, dusík, tryska, kyslík

SROVNÁNÍ TEPLOT LIKVIDU A SOLIDU URČENÝCH RŮZNÝMI METODAMI U OCELÍ ODLÉVÁNÝCH DO KOKIL

GRYC Karel^a, SMETANA Bedřich^b, STROUHALOVÁ Michaela^a, ZLÁ Simona^b,
KAWULOKOVÁ Monika^b, KALUP Aleš^b, SOCHA Ladislav^a, TKADLEČKOVÁ Markéta^a,
MICHALEK Karel^a, JONGTA Petr^c, SUGOVSKÝ Michal^c

^a**VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství,
Katedra metalurgie a slévárenství a Regionální materiálově technologické výzkumné centrum,
17. listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava-Poruba, karel.gryc@vsb.cz**

^b**VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství,
Katedra fyzikální chemie a teorie technologických pochodů a Regionální materiálově technologické
výzkumné centrum, 17. listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava-Poruba, bedrich.smetana@vsb.cz**

^c**VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY, a.s., Ruská 2887/101, Vítkovice, 703 00 Ostrava, jonsta@vitkovice.cz**

Abstrakt

Je zřejmé, že znalost teplot solidu (T_s) a z pohledu odlévání pak především likvidu (T_L) u vyráběných jakostí ocelí je v dnešní době stále přesnějších požadavků na kvalitu ingotů nezbytná. Existují možnosti stanovit tyto teploty pomocí empirických vztahů nebo na základě výpočtu celé řady programů využívajících termodynamických databází. Tyto výpočty jsou z principu založeny na chemickém složení oceli a výsledné teploty fázových přeměn jsou pak jeho odrazem. Úskalím těchto výpočtů je, že získané hodnoty T_L i T_s nemusí odpovídat skutečnosti. Jak již bylo v minulosti prokázáno, pro konfrontaci vypočítaných T_L a T_s je velmi vhodné využít metod termické analýzy. Na pracovišti Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství jsou k dispozici 3 moderní zařízení pro vysokoteplotní termickou analýzu. Při zpěťování T_L a T_s reálných jakostí ocelí je využíváno nejen v dnešní době nejmasověji rozšířené metody Diferenční termické analýzy (DTA), ale paralelně jsou analogické vzorky ocelí podrobovány metodou Přímé termické analýzy (PTA). Tento přístup je unikátní. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody. Simultánní využití obou umožňuje tyto nevýhody významně omezit a v konečném důsledku doporučit průmyslovým partnerům v praxi využitelné T_L a T_s . Předmět je zaměřen na diskusi T_L a T_s u ocelí odlévaných do kokil (9 taveb; 7 značek oceli), které byly analyzovány v rámci řešení projektu TA0410035. Předložené vyhodnocení ukazuje význam paralelního nasazení obou metod, jejich přesnost a reprodukovatelnost a také odchylky experimentálně prokázaných T_L a T_s od empiricky stanovovaných hodnot u průmyslového partnera a od hodnot získaných pomocí termodynamických výpočtů.

Klíčová slova: Ocel, teplota solidu, teplota likvidu, termická analýza, empirické výpočty, termodynamické výpočty

1. ÚVOD

Metody studia procesů souvisejících s výrobou oceli jsou založeny na znalosti termodynamických vlastností materiálů vyskytujících se v daných technologických uzlech. Především pro odlévání a tunutí oceli patří mezi nejkritičtější parametry teplota solidu (T_s) a likvidu (T_L). Přesná znalost T_L je důležitá především vzhledem k nastavení teploty přehřátí oceli před jejím odléváním. T_s pak souvisí zejména s průběhem vlastního procesu tunutí, kdy v dvofázové oblasti mezi T_L a T_s dochází k segregacím jevům. Znalost těchto kritických teplot je důležitá nejen pro korektní nastavení dané technologie odlévání a tunutí ocelového meziproductu, ale také pro přesné nastavení podmínek modelování průběhu tunutí oceli.

Tento příspěvek navazuje na celou řadu předchozích prací, např. [1,2,3]. Na rozdíl od uvedených se však nezaměřuje na rozbor výsledků termické analýzy pro jednotlivé značky ocelí/tavby, ale koncentruje výsledky získané pro 7 značek ocelí odlévaných do ingotů. Ze shrnutí bude patrný význam paralelního využití obou prezentovaných metod termické analýzy pro průmyslovou praxi odlévání oceli.

2. POUŽITÉ METODY IDENTIFIKACE TEPLOT LIKVIDU A SOLIDU

Ke studiu T_S a T_L v příspěvku diskutovaných ocelí byla využita osvědčená praxe garantující dosažení maximální možných přesných výsledků. Jedná se o kombinaci dvou metod termické analýzy realizované na dvou různých profesionálních zařízeních s různými hmotnostech vzorků. Výstupy z těchto experimentálních metod (T_S a T_L) jsou také porovnávány s predikcemi soudobých softwarů běžně využívaných pro stanovování teplot fázových přechodů.

Pojem termická analýza [4] je možné vysvětlit jako skupinu metod, které umožňují sledovat změny ve studované látce měřením zvolených fyzikálních vlastností v závislosti na změně teploty (fázová transformace, tepelná kapacita, disociace atd.). Z pohledu ocelářského průmyslu je termická analýza využívána především k určení T_L a T_S .

Metody termické analýzy představují převážně dynamické procesy, jejichž cílem je získat informaci o změně stavu vzorku. Tyto procesy vyžadují neizotermní teplotní režim, kterým je zpravidla konstantní ohřev či ochlazování vzorku [4,5]. Změny ve stavu studovaného materiálu jsou zjišťovány jak přímo měřením vybrané fyzikální vlastnosti nebo nepřímo měřením vlastností okolí obklopujícího vzorek.



a) Netzsch STA 449 F3 Jupiter



b) Setaram SETSYS 18™

Obr. 1 Zařízení pro vysokoteplotní termickou analýzu

Existuje několik desítek termo-analytických metod. Těch z nich jsou nejvýznamnější. Tyto metody se používají v rozsahu jedné poloviny až třetiny všech profesionálních prací v oblasti termických analýz [4-8]. Tímto metodami jsou: diferenční termická analýza (DTA), diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) a termo-gravimetrie (TG). Existují i metody simultánní v kombinacích TG/DTA a TG/DSC. V minulosti byla také velmi používána metoda přímé termické analýzy založená na přímém měření změny teploty vzorku

především při měření ochlazování [9]. Tato metoda byla a je využívána především pro měření T_L a T_S kovových materiálů.

Jak již bylo zmínováno v předcházející práci [10], na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství VGB-TU Ostrava byla zřízena v rámci řešení projektu RMTVC (Regionální materiálová technologická výzkumné centrum) nová Laboratoř modelování procesů v tekuté a tuhé fázi. Tato Laboratoř byla mj. vybavena novým zařízením pro vysokoteplotní termickou analýzu i Netzsch STA 449 F3 Jupiter (**obr. 1a**). Další zařízení používané v této Laboratoři pro vysokoteplotní termickou analýzu je přístroj Setaram SETSYS 18™ (**obr. 1b**).

Na zařízení NETZSCH STA 449 F3 JUPITER byla provedena měření s využitím metody PTA i přímé měření teploty vzorku v závislosti na době (velké vzorky, hmotnost vzorku cca 22 g). Byly získány teploty likvidu a solidu při režimu ohřevu i ochlazování v režimu cyklických experimentů (byly provedeny 2 cykly ochlazování za totožných podmínek). Nastavení teplotních režimů ohřevu a ochlazování bylo následující: vzorek byl ohříván na teplotu 1200 °C rychlostí 20 °C/min. Následně byl vzorek ohříván rychlostí 5, resp.

10 °C/min až na teploty nad 1560 °C, pš které byl vzorek zcela v kapalně fázi, z této teploty byl ochlazován rychlostí 5 nebo 10 °C/min (1. ochlazování) až do kompletního utuhnutí a následně opěť ohříván do kompletního natavení a následně opěť ochlazován rychlostí 5 nebo 10 °C/min (2. ochlazování).

Zařzení SETARAM SETSYS 18TM s metodou DTA i principem metody je měření teplotního rozdílu mezi vzorkem a referencí bylo využito pro stanovení teploty likvidu a také solidu (malé vzorky, hmotnost vzorku cca 120-210 mg) pouze pš ohřevu. Vlastní ohřev vzorku byl realizován výšší rychlostí (30 °C/min) z teploty 20 na 1200 °C, následně od 1200 i 1600 °C rychlostí 10 °C/min. Z DTA kšvek získaných v průběhu ochlazování nebyly T_L a T_S stanoveny. U analyzované jakosti bylo díky výšší citlivosti senzoru možné stanovit rovněž teplotu solidu.

Kromě výše uvedených metod termické analýzy byly od průmyslového partnera společnosti VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. (VHM) k dispozici T_L a T_S stanovené na základě výpočtů etních vztahů používaných na této ocelárně. Je vhodné však upozornit, že výpočet T_S se v praxi daného podniku nepovažuje za spolehlivý a v podstatě se nevyužívá. Tyto hodnoty byly dále doplněny o vlastní výpočty realizované pš zahrnutí komplexního dostupného chemického složení ve specializovaných programech IDS (Solidification Analysis Package) a ThermoCalc (databáze TCFE7).

3. VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

Celkem bylo v rámci diskutovaných 7 značek oceli analyzováno 9 taveb. To znamená, že u dvou značek oceli byly analyzovány vzorky oceli ze dvou taveb s odlišným chemickým složením v rámci tolerance dané značky oceli. Pro každou tavbu byly teploty likvidu a solidu odečítány z výsledků dvou experimentů termické analýzy. Pro každou metodu PTA i DTA. Jak již bylo uvedeno výše, v rámci tohoto příspěvku je pozornost zaměřena nikoliv na podrobný rozbor výsledků pro jednotlivé značky/tavby, ale na získání uceleného pohledu na data získaná nejen pomocí metod termické analýzy, ale také na jejich konfrontaci s T_L , resp. T_S vypočtenými pomocí empirického vztahu používaného na dané ocelárně (VHM) a pomocí dvou termodynamických profesionálních SW (IDS, ThermoCalc).

3.1. Rozbor získaných teplot likvidu

Vzhledem k technologickému významu je nejprve rozbor získaných teplot vysokoteplotních fázových transformací zaměřen na teploty likvidu. V **tab. 1** jsou uvedeny experimentálně i výpočtově získané T_L pro analyzované značky/tavby. Experimentálně získané T_L jsou uvedeny ve formě průměrné na experimentální podmínky korigované hodnoty získané vždy ze dvou korektně realizovaných analýz na daném zařzení. Pro doložení reprodukovatelnosti výsledků jsou uvedeny i směřodátné odchylky pro každý průměr.

Tab. 1 Teploty likvidu získané pomocí různých metod; °C

Značka	DTA		PTA				VHM	IDS	T-Calc
	Ohřev	SO	Ohřev	SO	Ochlaz.	SO			
A	1440	3	---	---	1441	3	1469	1451	1453
	1444	0	1447	0	1433	5	1463	1448	1451
B	1465	0	1479	0	1468	1	1493	1474	1482
	1474	1	1480	0	1476	0	1491	1475	1480
C	1464	2	1473	1	1462	2	1485	1476	1477
D	1486	2	1486	1	1484	1	1496	1487	1488
E	1470	1	1475	1	1471	1	1488	1470	1475
F	1483	0	1487	0	1482	0	1496	1486	1487
G	1498	0	1501	1	1495	1	1506	1500	1504

Z **tab. 1** je patrné, že v případě první analyzované tavby značek oceli A nebyly hodnoceny výsledky pro metodu PTA v režimu ohřevu. Vysokou míru reprodukovatelnosti u obou metod termické analýzy dokládají velmi nízké hodnoty směřovaných odchylek (SO) pohybující se u režimu ohřevu od 0 do 2 °C, v případě první tavby jakosti A je hodnota směrové odchylky nejvyšší (3 °C). V případě režimu ochlazování u PTA je maximální směrová odchylka dosažena u druhé tavby značek oceli A. Pro získání jedné finální T_L , která by měla být doporučena pro úpravu technologie odlévání oceli, byl zvolen následující přístup:

- 1) Předpokládá se, že experimentální výsledky s vysokou mírou reprodukovatelnosti jsou přesnější než ty, které byly vypočtené.
- 2) Aby na základě doporučení nedošlo k ohrožení procesu výroby oceli, byly ze tří T_L (2x režim ohřevu, 1x režim ochlazování) doporučeny pro každou značku tavbu doporučené vždy ty nejvyšší T_L . Ty jsou v **tab. 1** zvýrazněny.

Z **tab. 1** je patrné, že u téměř všech značek/taveb byly za finální T_L doporučeny hodnoty získané pomocí metody PTA odečtené z křivky ohřevu. Pouze v případě značek A a její první tavby jsou doporučeny hodnoty získané z režimu ochlazování při aplikaci metody PTA (režimy ohřevu PTA u vzorků této tavby byly obtížně interpretovatelné). Je možné si také všimnout, že u některých značek/taveb (B, E, F) byly finální doporučené T_L predikovány rovněž pomocí SW TermoCalc. U jakosti D pak byly výsledky režimu ohřevu u DTA a PTA shodné. Odchytky T_L získaných pomocí různých metod od finálních doporučených hodnot T_L jsou uvedeny v **tab. 2**.

Tab. 2 Odchytky T_L získaných pomocí různých metod od finálních doporučených T_L ; °C

Značka	DTA		PTA				VHM	IDS	T-Calc
	Ohřev	SO	Ohřev	SO	Ochlaz.	SO			
A	-1	3	---	---	0	3	28	10	12
	-3	0	0	0	-14	5	16	1	4
B	-14	0	0	0	-11	1	14	-5	3
	-6	1	0	0	-4	0	11	-5	0
C	-9	2	0	1	-11	2	12	3	4
D	0	2	0	1	-2	1	10	1	2
E	-5	1	0	1	-4	1	13	-5	0
F	-4	0	0	0	-5	0	9	-1	0
G	-3	0	0	1	-6	1	5	-1	3

Je zřejmé (**tab. 2**), že i v rámci aplikace různých metod termické analýzy existují u různých značek oceli odchylky přesahující -5 °C i dokonce -10 °C při stanovování T_L . Vzhledem k výše prezentované metodice určení doporučené T_L je logické, že tyto odchylky jsou záporné. Pro provozní podmínky je možné za významné považovat skutečnost, že v soulasně době jsou v praxi predikované T_L u většiny studovaných značek ocelí vyšší o desítky stupňů celsia a pohybují se v rozsahu od 5 do 28 °C. Hodnoty T_L vypočítané pomocí profesionálního SW IDS jsou u některých případech vyšší (až o 10 °C), v jiných nižší do -5 °C. SW TermoCalc ve 3 případech predikoval na základě chemického složení oceli stejnou hodnotu T_L , jako je doporučena. U ostatních značek oceli byla zjištěna pozitivní odchylka od 2 do 4 °C. V případě 1. tavby značek oceli A o 12 °C.

3.2. Rozbor získaných teplot solidu

Teplota solidu se z provozního hlediska jeví jako méně významná. Její význam však není možné zanedbat, především pak v případě odlévání ingotů o velkých hmotnostech. Hlavním důvodem je samozřejmě skutečnost, že ve dvofázové oblasti mezi T_L a T_S existují podmínky podporující celou řadu procesů ve

výsledku negativního ovlivňující jakost utuženého ingotu. Korektní nastavení T_s pak spolu s T_L může významně ovlivnit výsledky numerických simulací, pomocí kterých dochází k doporučeným zásahům při optimalizaci procesu odlévání oceli. Obdobně, jak tomu bylo u T_L , i v případě T_s byly získané hodnoty přehledně uspořádány, viz **tab. 3**.

Tab. 3 Teploty solidu získané pomocí různých metod; °C

Značka	DTA		PTA				VHM	IDS	T-Calc
	Ohřev	SO	Ohřev	SO	Ochlaz.	SO			
A	1280	10	---	---	---	---	1125	1319	1318
	1307	0	1308	12	1412	5	1097	1302	1309
B	1365	8	1385	4	1385	8	1354	1382	1404
	1397	2	1405	6	1410	13	1354	1386	1395
C	1362	1	1393	3	1417	18	1282	1381	1381
D	1432	2	1436	4	1437	6	1358	1417	---
E	1374	1	1389	5	1394	7	1334	1361	1311
F	1421	1	1412	1	1435	5	1316	1423	1413
G	1445	2	1447	2	1437	12	1390	1438	1451

U první tavby značek oceli A nebylo možné stanovit T_s použitím metody PTA. U značek oceli D pak nebylo možné vypočítat T_s pomocí SW TermoCalc. Směrodatné odchylky při identifikaci T_s metodami termické analýzy jsou již vyšší, přestože u většiny značek ocelí v režimu ohřevu metody DTA byly směrodatné odchylky od 0 do 2 °C. Vzhledem k obecně problematickému stanovování T_s lze však dosažené směrodatné odchylky považovat za uspokojivé. Vyšší rozdíly ve směrodatných odchylkách je možné dát do souvislosti s mírně odlišným charakterem procesu tuhnutí v jednotlivých vzorcích ocelí.

Za T_s finálně doporučené pro průmyslového partnera byly v souladu s výše uvedeným přístupem v případě T_s zvoleny nejnižší hodnoty získané pomocí metod termické analýzy (zvýrazněny). Tím bylo dosaženo ve většině případů v režimu ohřevu metodou DTA. Výjimku tvoší pouze značky oceli F a G, u kterých byly doporučené T_s získané na základě metody PTA v režimu ohřevu, resp. v režimu ochlazování. Zvýrazněny a kurzívou jsou uvedeny hodnoty u značek ocelí D a F, kde byly jak T_L , tak T_s zvoleny u stejné metody termické analýzy a stejného režimu (ohřevu). Složitější situaci v oblasti determinace T_s dokládá skutečnost, že ani výpočty na základě empirického vzorce průmyslového partnera ale ani výpočty s využitím obou termodynamických SW nebylo dosaženo hodnot finálních doporučených T_s . Odchylky T_s získaných pomocí různých metod od finálních doporučených hodnot T_s jsou uvedeny v **tab. 4**.

Tab. 4 Odchylky T_s získaných pomocí různých metod od finálních doporučených T_s ; °C

Značka	DTA		PTA				VHM	IDS	T-Calc
	Ohřev	SO	Ohřev	SO	Ochlaz.	SO			
A	0	10	---	---	---	---	-155	39	38
	0	0	1	12	105	5	-210	-5	2
B	0	8	20	4	20	8	-11	17	39
	0	2	8	6	13	13	-43	-11	-2
C	0	1	31	3	55	18	-80	19	19
D	0	2	4	4	5	6	-74	-15	---
E	0	1	15	5	20	7	-40	-13	-63
F	9	1	0	1	23	5	-96	11	1
G	8	2	10	2	0	12	-47	1	14

V případě identifikace T_s je možné dále pozorovat, že odchylky T_s získaných různými metodami od finální doporučených hodnot jsou výraznější, než v případě T_L . Většinou se pro jednotlivé jakosti pohybují v řádech desítek stupňů celsia. Jsou zde však znaky oceli, u kterých jsou tyto rozdíly menší než 10 °C a naopak takové, kde se T_s získané pomocí různých metod liší od finální doporučené hodnoty v řádech stovek stupňů celsia. Vzhledem ke způsoby volby doporučených T_s jsou tyto hodnoty u ostatních metod termické analýzy vždy vyšší. Použití empirického vztahu používaného průmyslovým partnerem vedlo vždy k získání nižších hodnot T_s . Při použití termodynamických SW byly některé vypočtené hodnoty vyšší, jiné nižší, než finální doporučená T_s získaná na základě metod termické analýzy.

3.3. Rozbor rozsahu dvoufázové oblasti

Pro dokreslení významu determinace T_s bylo dále přistoupeno ke srovnání teplotních intervalů dvoufázového pásma mezi T_L a T_s opět vzhledem k pásmu pro jednotlivé znaky oceli určeného z finální doporučených T_L a T_s (tab. 5).

Tab. 5 Rozsah dvoufázových teplotních intervalů u jednotlivých značek ocelí při využití různých metod identifikace; °C

Značka	TA	VHM	IDS	T-Calc	Odchylka od TA		
					VHM	IDS	T-Calc
A	161	344	132	135	183	-29	-26
	140	366	146	142	226	6	2
B	114	139	92	78	25	-22	-36
	83	137	89	85	54	6	2
C	111	203	95	96	92	-16	-15
D	54	138	70	---	84	16	---
E	101	154	109	164	53	8	63
F	75	180	63	74	105	-12	-1
G	64	116	62	53	52	-2	-11

V tab. 5 jsou ve sloupci TA uvedeny hodnoty teplotního intervalu mezi na základě termické analýzy doporučenými T_L a T_s . V dalších třech sloupcích jsou pak tyto teplotní intervaly získané pro jednotlivé typy výpočtů. Poslední třetí sloupec jsou pak získány odečtením hodnot získaných pomocí metod termické analýzy (TA) od intervalů získanými výpočty.

Je zřejmé, že zde existují rozdíly v predikci dvoufázového teplotního intervalu u jednotlivých značek ocelí v rámci jednotlivých metod predikce. Rozsah dvoufázového teplotního intervalu identifikovaný pomocí metod termické analýzy se stejný jako SW predikované hodnoty pohybuje v řádech desítek i stovek stupňů celsia. Teplotní intervaly získané na základě empirických vzorců pro jednotlivé jakosti se vždy pohybují v řádech stovek stupňů celsia.

Pokud jsou porovnány teplotní intervaly rozsahu dvoufázových oblastí stanovené na základě výpočtů, je možné v tab. 5 nalézt ty, které predikují teplotní intervaly nižší, ale naopak i vyšší, než bylo experimentálně stanoveno. Tyto rozdíly jsou opět nejmarkantnější v případě empirického výpočtu, kde byl teplotní interval mezi T_L a T_s vždy odhadován nižší, než bylo naměřeno. Dvoufázové oblasti predikované pomocí obou SW jsou v některých případech nižší, v jiných vyšší než bylo zjištěno pomocí metod termické analýzy.

4. ZÁVĚR

V příspěvku byly prezentovány teploty likvidu a solidu získané pro různé znaky oceli odlévané do ingotů pomocí různých metod. Bylo využito dvou metod termické analýzy. Na zařízení STA 449 F3 Jupiter byla aplikována metoda přímé termické analýzy (PTA). Na zařízení Setaram SETSYS 18TM byly vzorky podrobeny diferenční termické analýze (DTA). Výsledky metod termické analýzy byly porovnány s predikcemi teplot likvidu a solidu získanými pomocí empirických vztahů dodaných průmyslovým partnerem (VHM) a s výsledky výpočtů sofistikovaných programů IDS a TermoCalc.

Získané poznatky je možné shrnout do následujících bodů:

- 1) Pro další hodnocení byly vybrány T_L a T_S získané na základě metod termické analýzy, protože se jedná o zkoušky realizované standardizovanými metodami na reálných vzorcích, nikoli pomocí výpočtů. Předešlé výsledky T_L prokazují vysokou míru reprodukovatelnosti.
- 2) Je zjevné, že na jiných pracovištích nerealizování paralelního využití různých metod termické analýzy a hmotností vzorků neumožňuje vzájemné porovnání výsledků těchto analýz a doporučení kritických hodnot T_L , resp. T_S .
- 3) Rozdíly mezi T_L pro jednotlivé značky ocelí/tavby byly napříč různými metodami menší než v případě obecně problematického stanovení T_S . Avšak ani v případě T_L nelze tyto rozdíly vesměs považovat za bezvýznamné.
- 4) Rozsahy teplotních intervalů mezi T_L a T_S vykazují ve většině případů významné rozdíly v závislosti na použitých metodách predikce. Zde je vliv volby finálních doporučených T_L a T_S nejmarkantnější.

Zjištěné skutečnosti naznačují, že problematika prověšování T_L a T_S vyžaduje komplexnější přístup s využitím více přístupů a metod šíření. Větší rozdíly oproti výpočtům lze očekávat zejména v případě speciálních ocelí, s vysokým obsahem uhlíku, nebo legujících prvků. V konečné fázi by mělo být přistoupeno k provozním experimentům, které by umožnily upravit nastavení technologie vlastního odlévání tak, aby došlo k nemalým úsporám nejen přímým snížením teplot přehřátí. Navíc je vhodné zjištěné výsledky implementovat do numerických simulací zaměřených na optimalizaci procesu lití a tuhnutí oceli, což povede k dosažení přesnějších výsledků více odpovídajícím reálným podmínkám.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla při šíření projektu I. TA04010035 Výzkum a vývoj progresivních technologických postupů výroby a zpracování oceli pro výkovky z nástrojových ocelí určených pro speciální strojí součásti s vyjádřenou hodnotou za finanční podpory TAČR.

Tato práce vznikla na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství při šíření projektu I. LO1203 "Regionální materiálové technologické výzkumné centrum - Program udržitelnosti financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Tato práce vznikla při šíření projektu studentské grantové soutěže I. SP2017/57, SP2017/58.

LITERATURA

- [1] SMETANA, B. et al. In METAL 2014: 23. mez. metal. konference, Brno, 2014. s. 93-99.
 - [2] GRÝC, K. et al. METALURGIJA, 2013, vol. 47, no. 5, s. 569-575.
 - [3] GRÝC, K. et al. In METAL 2011: 21. mez. metal. konference, Brno, 2011. s. 103-108.
 - [4] GALLAGHER, P.K. Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry: Principles and Practice, 2nd ed.: Elsevier, 2003. 691 s.
 - [5] SMETANA, B. et al. International Journal of Materials Research, 2010, vol. 101, no. 3, s. 398-408.
 - [6] SMETANA, B. et al. In Metal 2010: 19. mez. metal. konference, Rožnov p. Radhoštěm, 2010. s. 357-362. ISBN 978-80-87294-17-8.
 - [7] ZLÁ, S. et al. In Metal 2010: 19. mez. metal. konference, Rožnov p. Radhoštěm, 2010., s. 790-795. ISBN 978-80-87294-17-8.
 - [8] ČALUDOVÁ, M. et al. In Metal 2010: 19. mez. metal. konference, Rožnov p. Radhoštěm, 2010., s. 350-356. ISBN 978-80-87294-17-8.
 - [9] GRUNBAUM, G. et al. A Guide to the Solidification of Steels. Stockholm: Jenrkontoret, 1977, 162 s.
- GRÝC, K. et al. In Metal 2011: 20. mez. metal. konference, Brno, 2011., s. 125-131. ISBN 978-80-87294-24-6.

PREVENCE VZNIKU VNITŘNÍCH TRHLIN U HORIZONTÁLNĚ ODSTŘEDIVĚ LITÝCH SILNOSTINNÝCH OCELOVÝCH ODLITKŮ V ZÁVISLOSTI NA ÚDRŽEBNÍM LICÍHO ZAŘÍZENÍ

BÁR Vilém

VÚH a.s., Dobruška, Česká republika

Abstrakt

Článek pojednává o výskytu vnitřních vad u odstředivě litých odlitků v souvislosti s nečekanými vibracemi licího zařízení.

Klíčová slova: Odstředivé lití, vibrace, vnitřní trhliny

1. ÚVOD

Odstranění nebo eliminace vnitřních vad u odlitků strojních součástí je problém, který doprovází slévárenskou technologii od samého počátku. V soulasných podmínkách na světovém trhu s odlitky obstojí jen ten, kdo se věnuje prevenci vzniku těchto vad a ne ten, který vady pouze opravuje. V mnoha případech ani opravy nelze provést a nejsou tedy řešením. V následujícím textu se budeme věnovat problému vzniku vnitřních trhlin u odstředivě litých ocelových odlitcích.

2. TEXT



Obr. 1 Horizontal casting

Princip horizontálního odstředivého lití (vodorovná osa otáčení) spočívá v liti roztaveného kovu do rotující kovové formy (kokily). Vlivem vysokých otáček kokily a odstředivé síly tekutého kovu odlitek tuhne usměrněně od povrchu kovové kokily směrem k ose rotace. Odlitek tuhne ve tvaru dutého válce (trubky).



Obr. 2 Surové silnostinné odstředivě lité odlitky

Odstředivě lité ocelové trubky se v naší firmě vřejnou hrubují a dělí na jednotlivé kroužky a pak dále hotovně opracovávají.

Kvalitativní problémy na silnostinných odstředivě litých ocelových odlitcích se pomalu začaly zvyšovat. Byl zaznamenán zvýšený podíl vady, která se dříve běžně nevyskytovala. Vzhledem k rozmístění vad v druhé lití vrstvě a charakteru jejich vzájemného vztahu (vyskytují se zhruba v rozmezí 60 až 120 stupňů po obvodu a to prakticky v celé délce odlitku) lze tvrdit, že se jedná pravděpodobně o vnitřní trhliny (na první pohled se jeví se jako šediny). Tento typ vad nebylo možné dříve blíže specifikovat. Nejde o vady mezi jednotlivými vrstvami (odlitek se odlévá nadvakrát s časovou prodlevou mezi litím jednotlivých vrstev shodné jakosti z důvodu zlepšení průběhu usměrněného tuhnutí a zamezení vzniku šedin u silnostinných odlitků - druhé vrstva kovu s vyšší teplotou). Vada se vyskytovala zhruba v polovině průřezu druhé lité vrstvy.

Vše souvisí s poměrně složitým průběhem tuhnutí u odstředivě litého odlitku (intenzivní ochlazování vnějšího průměru od kovové kokily spolu s ochlazováním odlitku přes vnitřní díru v souvislosti s dvouvrstvým litím).



Obr. 3 Pohled na charakter vady

K analýze a vyhodnocení nebylo k dispozici dostatečné množství výrobních dat než je běžné již u zavedené opakované výroby. Byly zavedeny detailní tavební listy se sledováním více faktorů než doposud. Sbíraly se výrobní data a prováděly změny v technologii a metalurgii samé. Výsledky jednotlivých zkoušek během standardní výroby nevedly k uspokojivým výsledkům.

Bylo zjištěno porovnáním výrobních dat, že provedené změny v technologii nemají vliv na vznik těchto vad. Na základě dosavadních poznatků o možných příčinách vzniku těchto vad, byly po prostudování odborné literatury určeny jako hlavní příčinou vzniku těchto vad vibrace lícího stroje, které se přenášejí přes lící zařazení až na tuhnoucí odlitek.

2.1. Teoretický princip vzniku vnitřních trhlin u odstředivě litého odlitku

Samotný odlitek tuhne usměrněně od kovové kokily směrem k ose rotace, ale také od povrchu předlitého otvoru směrem do objemu (průřezu) odlitku. Tzn., že existují dvě pásma tuhnutí, které jdou proti sobě. V místě setkání těchto dvou pásem (fiktivní kružnice resp. mezikruží v průřezu trubky) které je místem posledního tuhnutí tekutého kovu) dojde vlivem vibrací a objemového smrštění k rozkmitání jedné ze dvou fiktivních trubek k překročení meze pevnosti materiálu a k odtržení v jednom místě (pásmo cca 60 až 120 stupňů po obvodu) po celé délce odlitku trubky.

Výrazný nárůst vibrací během období s vyšší zmetkovitostí nebyl zaznamenán, vibrace zařazení nebyly nikdy historicky měřeny, pouze vizuálně a hlukově. Odstranění zvýšené hlukovosti a tím i vibrací se vždy šlo

významnou rolemi, logisek a péstováním (osoustružením) kokilového zařzení. Stávající stroj byl již zastaralý a značně vyčítý. Lící stroj byl již zahrnut v plánu revitalizace strojového parku.

Instalace nového lícího stroje probíhala na konci roku 2016. Nový lící stroj splňuje požadavky na nízkou hlučnost a minimální vibrace. Dané odlitky odlévané na tomto lícím stroji nevykazují zmíněné vady.



Obr.4 Vnitřní trhlinka v kolmém řezu na osu odlitku trubky

3. ZÁVĚR

Vibrace lícího zařzení mají vliv na vznik vnitřních podélných trhlin při tuhnutí silnostinných odlitků. Jako prevence vzniku těchto vad byly zavedeny pravidelné údržby lícího stroje i kokilového zařzení v kratších časových intervalech. Všechny uvedené poznatky se týkají jednoho konkrétního silnostinného odlitku, tzn. uvedené skutečnosti neplatí všeobecně, závisí na rozměrovém faktoru (tloušťka stěny odlitku), lících teplotách a fázích tuhnutí konkrétního odlitku. U tenkostinných odstředivě litých odlitků se tyto vady nevyskytují.

NÁVRH NÁKLADOVÉHO MODELU TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ S VYUŽITÍM STATISTICKÝCH METOD

VÍTEK Radovan⁹, KAFKA Václav², HERZÁN Miroslav, JELÍNEK Pavel¹, LÁNA Ivo³,
LASÁK Reinhold⁴, MIŁA Roman², MARKO Ervin⁶, NOVOBÍLSKÝ Marcel⁶, OBRTLÍK Josef⁷,
GPIŁKA Ivo⁸, TYKVA Tomáš⁸, ZÁVRBSKÁ Martina¹⁰

¹Techconsult Praha s.r.o., ²RACIO & RACIO, ³Slévárna a modelárna Nové Ransko, ⁴Vítkovické slévárny, spol. s.r.o., ⁵GÍAS,a.s., ČNár nad Sázavou, ⁶Slévárny TŠnec, ⁷Jihomoravská armaturka, s.r.o., Hodonín,
⁸VGB-TU OSTRAVA, Business Intelligence. s. r. o., ⁹Motor Jikov Slévárna a.s., Orlová,
¹⁰HAMAG, spol. s.r.o.

Abstrakt

Tato práce se zabývá vytvořením nákladového modelu tepelného zpracování (TeZ) pomocí numerických metod. Výpočet tohoto modelu vychází ze statistických dat sesbíraných v jednotlivých slévárnách a je sestaven za pomoci inženýrů z Vysoké školy Báňské. Výsledkem jsou sestavy rovnic, které lze použít k výpočtu nákladovosti operace TeZ u jednotlivých odlitků. Sestavy rovnic jsou vytvořeny pro každou uvedenou slévárnu zvlášť. Slévárny, které ještě nemají takto vytvořený nákladový model, se mohou nechat inspirovat k vytvoření svého vlastního.

Klíčová slova: Tepelné zpracování, nákladový model

ÚVOD

Tepelné zpracování (TeZ) je důležitou technologickou operací při výrobě odlitků ve slévárenství. Tento proces slouží ke změně a ovlivňování mikrostruktury materiálu dle našich požadavků a má vliv na výsledné vlastnosti odlitku. TeZ je jednou z mnoha operací při výrobě odlitku (tryskání, broušení, opravy, ...) a má přímý vliv na jeho výrobní cenu. Náklady na TeZ u ocelových odlitků tvoří 34 % - 69 % neúplných vlastních nákladů. Získání nákladového modelu k jednotlivým operacím je tedy nezbytné ke stanovení reálné ceny odlitku a má pomoci předejít chybám ve výpočtech u budoucích zakázek.

Problematika návrhu nákladového modelu TeZ je součástí Projektu XVII - Vývoj nákladového hodnocení operace odlitků /2/. Projekt XVII byl schválen kolektivem odborné komise ekonomické LSS a plynule navazuje na předcházející Projekt XVI /1/. V Projektu XVI se dospělo k prvním výsledkům nákladovosti TeZ. Podařilo se ověřit, že na identických pecích v jedné slévárně je nákladovost statisticky významná. Ke konci roku 2015 byly k dispozici dva rozsáhlé datové soubory, které prokázaly existenci statisticky významné závislosti na celkové spotřebě plynu na pec na délce cyklu a na teplotě prodlevy. Statisticky nejvýznamnější položkou představoval použitý plyn (70 i 80 %). Projektu XVII se zúčastnilo 7 sléváren, z nichž 3 disponovaly technologií tepelného zpracování. Tyto slévárny poskytly data pro jednotlivé výpočty nákladového modelu TeZ. Podklady jedné slévárny byly využity z Projektu XVI. Data byla použita k vytvoření algoritmu, který by po zadání vstupních hodnot vypočetl cenu TeZ pro daný odlitek.

1. METODIKA ZÍSKÁNÍ STATISTICKÝCH DAT

Sběr statistických dat pro výpočet byl zahájen na začátku roku 2016 a byl ukončen po 6 měsících. Stanovené podmínky sběru dat a výpočtu byly následující.:

- Matematický vztah je použitán pouze pro jednu zvolenou pec v dané slévárně
- Slévárna posuzuje všechny druhy TeZ na dané peci

- Ve výpočtu je použit námi stanovený zástupce použitého plynu
- Výsledkem výpočtu je absolutní spotřeba plynu v Nm³

Z jednotlivých cyklů TeZ byly sledovány hmotnosti odlitků v ůhací peci, teplota prodlevy a doba cyklu. Příklad dvou souborů dat je uveden v **tab. 1**. Statistické soubory byly zbaveny extrémů a k hledání algoritmu z těchto veličin byla použita funkce mnohonásobné korelace. Tuto matematickou operaci provedli doc. Ing. Ivo Ćpil ka, Ph.D. a Mgr. Ing. Tomáš Tykva z VĚB-TU Ostrava.

Tab. 1. Rozmezí hodnot souborů dat

Data	Slévárna 1	Slévárna 2
Počet cyklů	225	300
Hmotnost vsázky [kg]	1 964 - 89 120	1800 - 38 230
Teplota v době prodlevy [°C]	150 - 1 075	545 - 1 100
Doba prodlevy [h]	5 - 79,5	12,5 - 183
Spotřeba zemního plynu [Nm ³]	120 - 5 122	438 - 5 101

2. VÝSLEDKY REGRESNÍ ANALÝZY

Mnohonásobná korelace pro spotřebu plynu na cyklus (Y) byla hledána v závislosti na hmotnosti vsázky (X1), délce cyklu (X2) a teplotě prodlevy (X3). Korelace byla vypočítána pomocí vícenásobné regrese. Tato funkce řeší situace, kdy hodnota závisle proměnná závisí na více než jednom parametru (regresoru). Tato analýza se může rozdělit na lineární a nelineární. Koeficient regrese pro lineární regresní model vyšel 0,865 a pro nelineární regresní model 0,872 (shoda predikovaných a skutečných dat dosahuje 75%). V tomto případě je zbytečné používat k výpočtu složitější nelineární model, a proto budou uvedeny pouze modely lineární. V **tab. 2** můžeme vidět, že kromě jedné rovnice (výpočet pro všechny pece u Slévárny 4), jsou si rovnice velmi podobné. Absolutní člen vykazuje zápornou hodnotu a koeficienty mají hodnotu kladnou. Hodnota pro hmotnost vsázky se pohybuje od 3,13 do 23,77. Teplota prodlevy od 0,44 do 4,83 a doba cyklu od 0,35 do 29,98.

Tab. 2 Rovnice lineární regrese pro jednotlivé datové soubory

	Rovnice lineární regrese	R ²	R
Slévárna 1	$\bar{y} = -1198,21 + 23,77x_1 + 1,94x_2 + 23,15x_3$	0,95	0,9
Slévárna 2	$\bar{y} = -1212,78 + 11,40x_1 + 3,39x_2 + 17,57x_3$	0,91	0,83
Slévárna 3			
celý rozsah teplot:	$\bar{y} = -636,20 + 18,25x_1 + 0,80x_2 + 26,41x_3$	0,93	0,87
560 - 630 °C:	$\bar{y} = -591,43 + 7,14x_1 + 0,87x_2 + 28,77x_3$	0,63	0,39
850 - 920 °C:	$\bar{y} = -405,94 + 22,10x_1 + 0,48x_2 + 29,98x_3$	0,7	0,49
1060 - 1080 °C:	$\bar{y} = -5077,86 + 20,87x_1 + 4,83x_2 + 28,35x_3$	0,88	0,77
Slévárna 4			
všechny pece:	$Y = -228,89 - 2,53X_1 + 15,64X_2 + 0,40X_3$	0,72	0,51
pec 1:	$\bar{y} = -233,96 + 9,32x_1 + 0,44x_2 + 0,35x_3$	0,92	0,85
pec 2:	$\bar{y} = -434,16 + 5,62x_1 + 0,80x_2 + 11,78x_3$	0,94	0,88
pec 4:	$\bar{y} = -323,07 + 3,13x_1 + 0,53x_2 + 15,16x_3$	0,95	0,9

Řečnický tým zatím nemá k dispozici další soubory dat pro budoucí kontrolu těchto rovnic. Porovnání výsledků nákladové rovnice se skutečností tedy proběhlo pomocí již použitých souborových dat. Z výsledků vyplynulo, že odchylka u spotřeby plynu činila od 92% do 150 % s průměrnou hodnotou 121%. U dílčích vlivů hraje hlavní roli na spotřebu zemního plynu teplota prodlevy (39 i 51%) s průměrnou hodnotou 35%. Následuje vliv doby výpalu s rozmezím 1 (přesněji 30%) až 55% s průměrem 35%. Posledním vlivem je hmotnost vsázky (7 i 48%) s průměrem 21%.

3. MOŽNOSTI VYUŽITÍ NÁKLADOVÉ ROVNICE V PRAXI

- Regresní rovnice potvrzují obecnou pravdu, že neekonomičtěji vyjde maximální využití ůhací pece.
- Sledování spotřeby zemního plynu pro dané TeZ (rozdílné spotřeby signalizují problém).
- Zpřesnění výpočtu nákladů v poptávkovém šzení.
- Výpočet nákladů pš zadání ržných provozních možností a výběr optimálního šzení.
- Vyvinutý algoritmus mže být součástí šdicího software ůhací pece pro TeZ a dále vést k hodnocení predikovaných a skutečných hodnot pš neustálém zpššování vzorce.

4. ANALYTICKÝ MODEL NÁKLADOVÉHO MODELU TeZ

Druhou možností výpočtu nákladového modelu pro TeZ je analytické šzení. Tímto problémem se bude ekonomická komise zabývat v pšgtím projektu - PROJEKT XVIII.

ZÁVNR

Nalezení nákladového modelu TeZ pro odlitky je dŕležitým krokem k zjištění celkových nákladů. Výstupem PROJEKTU XVII mž být právní takový model. Pštože jsou výsledky výpočtů a pšsnost rovnic velmi slibné a korespondují s praktickými pšdpoklady, bude dŕlegité tato data ovšit v provozní praxi. V současné době se stále pracuje na sběru dat v jednotlivých slévárnách a ovšení modelu bude jedním z cílů Projektu XVIII.

LITERATURA

- [1] KAFKA V., BRÁZDA Z., FÍK M., HERZÁN M., JELÍNEK P., LÁNA I., MÍLA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., ĀAULÍK M., VYLETOVÁ B.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (V. etapa)*, PROJEKT XVI, *závŕejná zpráva*, leden 2016, Āeská slévárenská společnost Brno, s. 1- 70, tab. 29, obr. 32.
- [2] KAFKA V., LASÁK. R., MARKO E., HERZÁN M., JELÍNEK P., LÁNA I., MÍLA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., ĀPIĀKA I., TYKVA T., VÍTEK R., ZÁVRBSKÁ M.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (VI. etapa)*, PROJEKT XVI, *závŕejná zpráva*, prosinec 2016, Āeská slévárenská společnost Brno, s. 1- 41, pšlohy 9.

EKONOMIKA ODPADŮ

PYTLOUN Martin

Miroslav Karas i DESTRO, Sýkovec 216, 270 24 Zbeřno, Česká republika
martin.pytloun@destro.cz

Abstrakt

Jak dnes nakládáme s odpady?

Odpad z výroby železných i neželezných výrobků vzniká celá řada a každý z nich má svá specifika. Pro naši analýzu jsme si vybrali odpady, které ve slévárnách a ocelárnách vznikají nejčastěji:

- a) odpadní písek
- b) struska
- c) šárovzdorné materiály, resp. vyzdívky

Tyto odpady byly šetřeny v 7 různých slévárenských a ocelárenských provozech. Ze získaných informací vyplynulo, že nejčastějším způsobem nakládání s tímto odpady je jeho odstranění na skládce odpadů.

Proč tomu tak dnes je?

Důvodů k výběru skládky odpadů může být hned několik. Obecně to mohou být například legislativní, kdy chemické analýzy odpadu nedovolí jiné šetření, důvody ekonomické, kdy je cena za skládku nejnižší, nebo to mohou být důvody jako je neznalost jiných šetření a osobní nezájem.

Jaká jsou šetření a jejich ekonomika?

Pro porovnání možných způsobů nakládání s odpadem jsme vybrali již zmíněné skládkování a recyklaci. Z tohoto porovnání jsou 3 závěry:

- a) Recyklace odpadů může oproti skládkování znamenat úsporu 40%
- b) Nákup recyklovaného materiálu může oproti nákupu nového materiálu znamenat úsporu 18%
- c) Přímé spojení recyklace odpadu s nákupem recyklovaného materiálu lze ušetřit 19%. U políťaného zákazníka přímé množství 500 tun za rok, znamená úspora přes 0,5 mil. Kč.

Recyklovat ano či ne?

Zda recyklovat odpady či nikoli, je na každém z nás. Pokud ano, mohou být přínosem pro provoz nejen vzniklé úspory nákladů, ale také benefity v podobě návratnosti vlastního vytěženého železa, vlastních šárovzdorných materiálů či možnost překlasiřování odpadu na vedlejší produkt.

Klíčová slova: Recyklace - zpracování odpadu na materiál za účelem jeho následného využití,
Skládka - skládka odpadů

1. ÚVOD

Cílem prezentace je otevřít diskusi okolo současněho systému nakládání se slévárenskými a ocelárenskými odpady a blíže se podívat na ekonomiku vybraných šetření. Protože odpad z výroby železných a neželezných výrobků vzniká celá řada a rozebírat systém, jak se s každým z nich hospodaš, by trvalo velice dlouho, vybrali jsme 3 základní odpady, které vznikají prakticky ve všech provozech:

- ✓ písek
- ✓ struska
- ✓ ěárovzdorné materiály, resp. vyzdívky

Pro analýzu současněho stavu byly využity vlastní informace získané ze 7 různých sléváren a oceláren, navštívené v průběhu posledních 6 měsíců. Výsledky byly vztaženy k nejbližší využívanému řešení nakládání s odpadem:

Druh odpadu	Způsob nakládání s odpadem	Podíl provozů ve vztahu ke způsobu nakládání s odpadem
Písek	Skládka	5 ze 7
Struska	Skládka	6 ze 7
Vyzdívky	Skládka	7 ze 7

2. PROČ TOMU TAK DNES JE?

Každý z nás má jiné důvody, proč jsou skládky nejbližší variantou kam s odpadem. Buď to mohou být důvody jako

- a) legislativní, tj. rozbor odpadu,
- b) důvody ekonomické, protože cena je vždy hlavním faktorem výběru,
- c) nebo to pak mohou být důvody jako je neznalost jiných řešení
- d) a v neposlední řadě to může být také osobní nezájem.

Z těchto důvodů se zaměříme na otázku ekonomiky a přidáme také otázku neznalosti jiných způsobů řešení.

3. JE ODPAD OPRAVDU ODPAD?

Dle definice zákona, je odpadem každá věc, které se chceme nebo musíme zbavit. Když se podíváme výsledky o nejbližší způsobu nakládání s odpadem je tato definice, resp. slovíčko „zbavit se“ někdy brána téměř doslovně. Je však zmíněný písek, struska nebo vyzdívka opravdu věcí, které se chceme jen tak zbavit? A pokud ano, máme na výběr jenom jedno řešení?

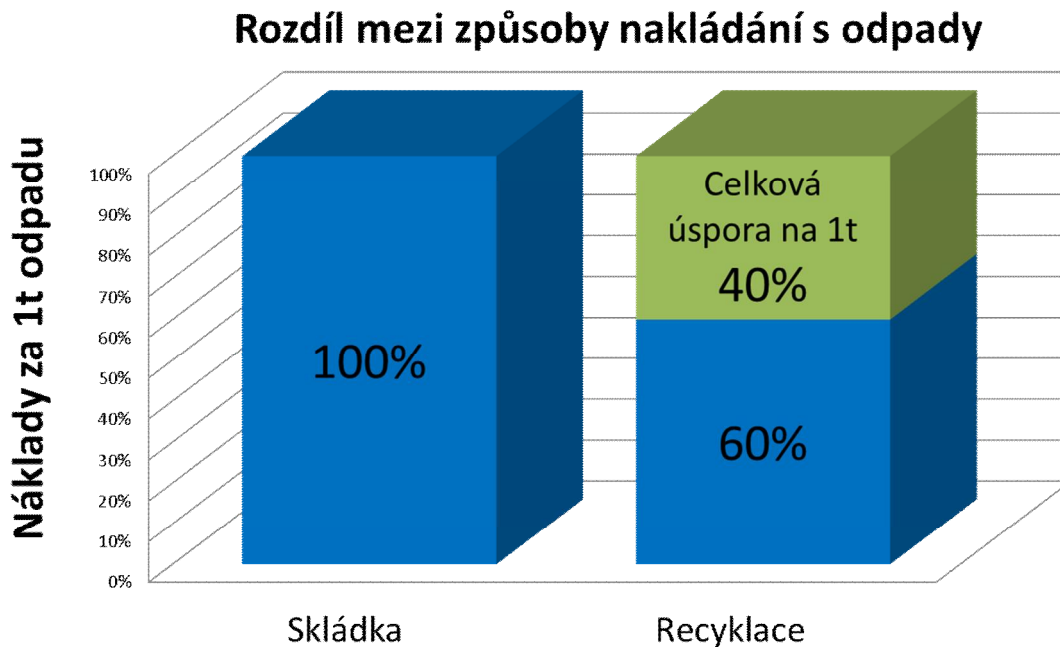
Řešení je určitě více a podíváme se tak i malinko na otázku neznalosti jiných způsobů nakládání s odpadem.

- Prvním řešením a již diskutovaným je skládka. Tímto řešením zbavujeme sami sebe, ale i další subjekty s odpadem cokoli dalšího udlat.
- Druhou variantou je recyklace. Recyklaci odpadu lze rozdělit na dvě skupiny:
 - a) Upravený materiál neumíme vrátit do vlastního provozu, ale lze odpad zpracovat například na podkladní vrstvy silnic nebo se může upravit do směsi vhodné pro výrobu cementových směsí.
 - b) Upravený materiál můžeme vrátit zpět do vlastního provozu.

4. EKONOMIKA ODPADŮ

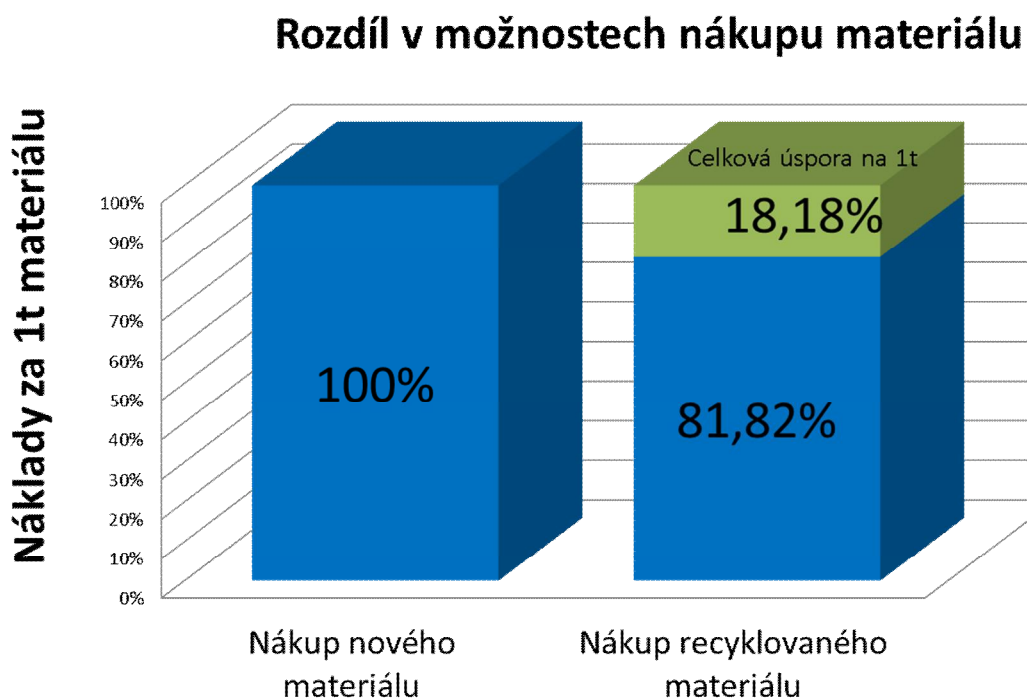
Když se bavíme o různých způsobech nakládání s odpadem, musíme se zákonitě také dostat jejich ekonomice. V tomto případě využijeme opět vlastní zkušenosti a ukážeme si to na 3 příkladech:

- 1) První příklad je o rozdílu mezi možnostmi uložit odpad na skládku nebo jej recyklovat.



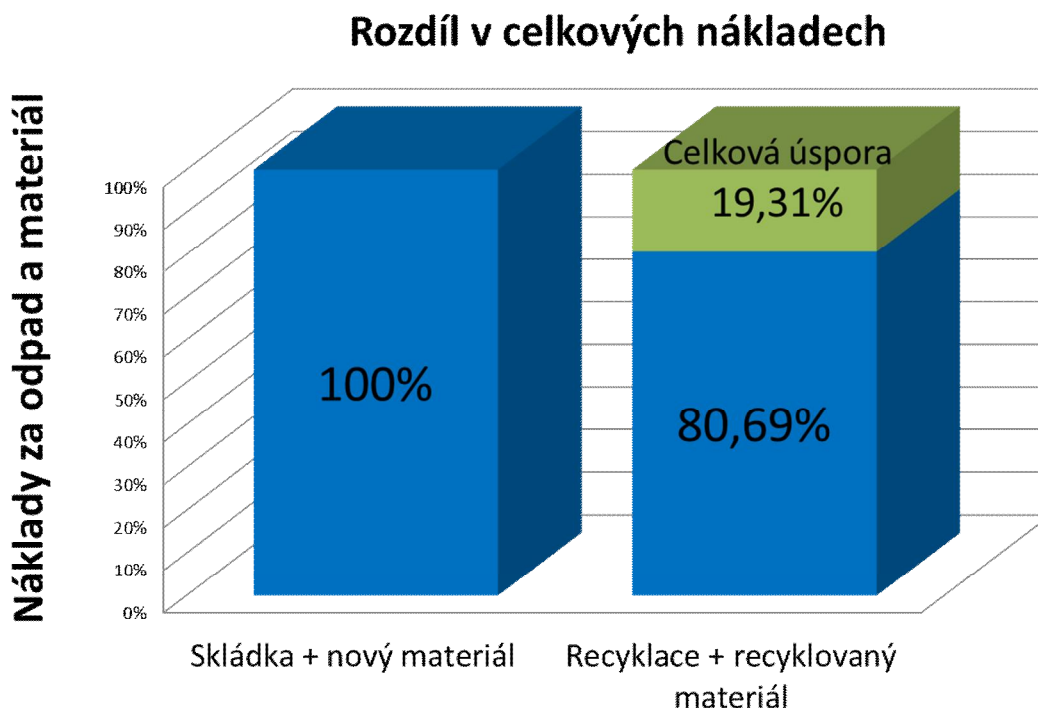
Na tomto příkladu ukazujeme, že v případě využití recyklace odpadu mohou být náklady za jeho zpracování oproti skládce o 40% nižší.

- 2) Druhým příkladem je rozdíl mezi nákupem nového a recyklovaného materiálu.



Zde poukazujeme na možnost nenakupovat pouze novou surovinu/materiál, ale že je možné v provozu využít také recyklovaný materiál. Využitím této možnosti je možné ušetřit okolo 18% nákladů.

- 3) Poslední pšíklad je o rozdílú v celkových nákladech.



Pokud bychom odpady z provozu recyklovali a zároveň nakupovali recyklovaný materiál, mŤže celková úspora tvořít okolo 19%. TŤchto 19% u polí ítaného zákazníka pší množství 500 tun za rok, znamená úsporu pší 0,5 mil. Kč .

5. CHCEME ĽI NEHCEME RECYKLOVAT?

Rozhodnutí, zda chceme Ľi nechceme odpady recyklovat, je pouze na Vás a sami se musíte rozhodnout, kterou cestou se vydáte. Pokud byste se rozhodli pro cestu recyklace, lze poukázat na několik konkrétních dŤvodŤ z praxe a opŤř k tomu využijeme nejĽ astŤřích odpadŤ:

- Písek Ľ tento odpad lze pšíemŤnit na materiál jako je zásyp inženýrských sítí, ale také jej upravit napšísklad pro výrobu cementových smŤsí. Co je vřak dŤležitě je to, že z pískŤ lze vytŤdit ťeozo, a to vrátit zpŤř do výroby. Tímto dojde k úspořě na nákupu nové suroviny (ťeozné rudy, ťrotu) a navíc znáte jeho chemické složení.
- Struska Ľ stejnŤ jako v pšípadŤ pískŤ lze odpad pšíemŤnit na materiál vhodný jako zásyp inženýrských sítí, nebo na materiál vhodný pro některé typy staveb jako jsou parkoviřŤ, chodníky Ľi budovy. A znovu je zde benefit pro Vás, kdy lze uspořít za skládkování a vytŤšené ťeozo vrátit zpŤř do výroby se známým chemickým složením.
- Vyzdívky Ľ u tohoto odpadu je paradoxní, že tento má nejvřšší potenciál k jeho následnému využití ve vlastním provozu a pšíom skonĽ il na skládce odpadŤ u vřech 7 navřtívených sléváren a oceláren. Recyklovaný materiál lze pouťit napšísklad pší opravách struskových zón pecí nebo jiný recyklovaný materiál lze využít ke zlepšení vlastností strusky.

PODŤKOVÁNÍ

Závřem bych rád podĽkoval vřem spolupracujícím slévárnám a ocelárnám, které pomohly pší zpracování této prezentace.

ĽAROBETÓN NA DNO LIACEJ PANVY S VYĽĽOU ODOLNOSŤOU VOĽI KORÓZII A ERÓZII STEEL LADLE BOTTOM CONCRETE WITH HIGHER CORROSION AND EROSION RESISTANCE

Ing. CHUDÍKOVÁ DáĽa, PhD¹, Ing. HIRJAK Rastislav, PhD.¹, Ing. PETROV Vladimír¹,
Ing. ĽIMKO Radomír¹, Ing. MIĽANEKOVÁ Viera¹, Ing. Ľ ERVENKA Michal²

¹RMS, a.s. KoĽice, ²U. S. Steel KoĽice, s.r.o., Slovenská republika

Abstrakt

SúĽ asný trend vo vývoji Ľiarobetonov na dná liacich paniev sa zameriava na materiály s vysokými úĽitkovými vlastnosťami a relatívne nízkou cenou vo vzŤahu k merným nákladom na tonu vyrobenej ocele. Na zníĽovanie merných nákladov sa podieĽa najmä výroba ocele v dôsledku zavedenia nových druhov Ľiaruvzdorných materiálov vyĽĽých akostí, so zlepĽenými termo-mechanickými vlastnosťami i zvýŤenou odolnosťou proti pôsobeniu **panvových oceliarenských trosiek**. Za úĽelom vytvorenia optimálnej tekutej a reaktívnej trosky sa pridávajú troskotvorné prísady. V priebehu odpichu tavby sa do odlievacej panvy pridávajú dezoxidáĽné, legujúce a odsírovacie prísady. Pri odpichu ocele do liacej panvy sa pouĽíva **syntetická troska**, ktorá slúĽí ako odsírovacia a rafinaĽná zmes s tepelno-izolaĽnými vlastnosťami. Tieto faktory vplývajú na ťivotnosť Ľiarobetonu na dne liacej panvy.

Abstract

Current tendency in development of refractory concrete (castable) for ladle bottoms focuses on materials with better properties and relatively low price in relation to the specific cost of 1 ton of produced steel. Reduction of the specific cost is achieved mainly through the production of steel with application of new kinds of refractory materials with higher properties, for example better thermo- mechanical properties and higher resistance to **ladle steel slag**. Slag-making agents are added in order to form optimal liquid and reactive slag. Deoxygenating, alloying, and desulphurating agents are added into ladle during tapping. **Synthetic slag** is used during tapping steel to ladle Ľ it acts as desulphuring and refining substance thermo-insulating properties. These factors affect the performance of refractory concrete on the bottom of ladle.

KŤľľové slová: Ľiarobeton, liaca panva, troska

1. VLASTNOSTI A POPIS ĽAROBETÓNU KOFOND SP 25 CM

Výmurovka liacej panvy je zonálna. UĽ pomaly 10 rokov sa dosahuje stabilný poĽet liatí vo výmurovkách liacich paniev. Na dne liacej panvy sa v minulosti poĽíval Ľiarobeton KOFOND LC 18 na báze tabulárneho korundu bez prídavku spinelu. ťivotnosť tohto betónu sa zníĽovala optimálne k pouĽívaní dezoxidáĽných prísad. S postupom celosvetového vývoja sa v betónoch na dnách liacich paniev zaĽali pouĽívať betóny s prídavkom spinelu buĽ syntetického alebo pridávaním MgO, kedy dochádza k tvorbe spinelu Ľn situň KOFOND FT SP 25 bol betón s prídavkom syntetického spinelu. Jeho trvalá dĽľková zmena je negatívna alebo rovná 0. Ľiarobeton nemal predpoklady správneho fungovania Ľiarobetonu na dne liacej panvy. ĽalĽým vývojom sa receptúra Ľiarobetonu vyleĽĽila tak, aby Ľiarobeton v priebehu prevádzky narastal. Bol vyvinutý KOFOND LCS, s pozitívnou objemovou zmenou a pozitívnou trvalou dĽľkovou zmenou. V oblasti výtokového kameĽa a dopadového miesta, ale stále dochádzalo k zvýŤenému opotrebeniu. (Parametre uvedených betónov sú uvedené v **tab. 1**)

Tab. 1 Prehľad fyzikálnych parametrov betónov KOFOND LC 18, KOFOND FT SP 25 a KOFOND LCS

	KOFOND LC 18	KOFOND FT SP 25	KOFOND LCS
MgO	0 %	6 %	5 %
PTL 110°C	Min. 70 MPa	min. 40 MPa	typ. 70 MPa
PTL 1550°C	Min. 90 MPa	min. 150 MPa	typ. 120 MPa
TDZ 1550°C	-0,1 %	typ. 0,1 %	typ. 0,6 %

Vo výmurovke liacej panvy je jedným z príčin odstavenia liacej panvy zvýšené opotrebenie bublacieho kameňa a dopadového miesta. Ľarobetón KOFOND SP 25 CM je vyrobený na báze tabulárneho korundu s prídavkom syntetického spinelu. V **tab. 2** sú uvedené jeho chemicko-fyzikálne parametre. Ľarobetón má vynikajúce inštalačné schopnosti z pohľadu spracovateľnosti, po namieganí je spracovateľný za ideálnych podmienok 1 hodinu. Do hodiny je jeho povrch pochôdzny.

Tab. 2 Chemicko-fyzikálne parametre KOFOND SP 25 CM

Chemické vlastnosti ľarobetónu KOFOND SP 25 CM			
Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)
min. 89	max. 0,5	typ. 2	typ. 5

Fyzikálne vlastnosti ľarobetónu KOFOND SP 25 CM							
	PTL (MPa)	OH (kg.m-3)	TDZ (%)	POH (MPa)	Ľaruvzdornosť (ISO)	Zrornosť (mm)	Zámesová voda (l/100 kg)
110 °C/24 h	typ. 40	Typ. 3000		typ. 10			
1500 °C/5 h	typ. 80	typ. 2750	typ. 1,3	typ. 20	typ. 180	0 - 6	5,8 - 6,5

2. ĽIVOTNOSŤ BETÓNU NA DNE LIACEJ PANVY

Ľivotnosť liacej panvy sa posudzuje podľa poltu taviieb a na základe toho, ktorý faktor je limitujúci pri Ľivotnosti. V praxi je najčastejším dôvodom odstavenia liacej panvy Ľivotnosť troskovej ľiary. Pri polte liatí 200 je stena nainštalovalaná od zaľiatku kampane a dve troskové ľiary. Na dne liacej panvy sa celkovo aplikuje 10 ton ľarobetónu pri polte 200 liatí, pričom pri prvej inštalačii sa spotrebuje 7 ton betónu a po výmene troskovej ľiary sa inštaluje 2,5 tony podľa miery lokálneho poĽkodenia v okolí bublacieho kameňa a dopadového miesta. Polas liatia ocele do panvy je najviac namáhané dno v mieste dopadu, kde dochádza k lokálnemu opotrebeniu. Na **obr. 1** a **2** je znázornené dopadové miesto konkurenľného ľarobetónu. Ľarobetón ja namáhaný pod ferostatickým tlakom ocele, oceľ pôsobí zároveň erozívne.

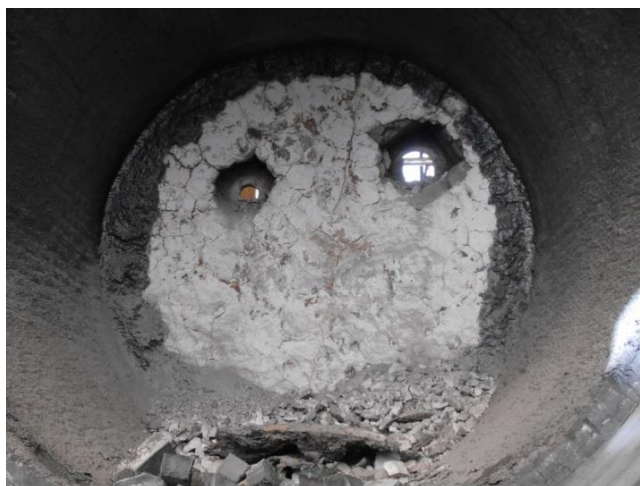


Obr. 1 Miesto dopadu na dne liacej panvy pred začiatkom istením



Obr. 2 Miesto dopadu na dne liacej panvy po začiatku istením

Betón sa olupuje v povrchovej vrstve a postupne sa vyplavuje do tekutého média. V prípade použitia KOFOND SP 25 CM k takémuto javu nedochádza. Ako je vidieť na **obr. 3 a 4** na dne liacej panvy nie je vidieť zvýšené opotrebenie dopadového miesta.



Obr. 3 Ľavo: Miesto dopadu na dne liacej panvy po začiatku istením - KOFOND SP 25 CM



Obr. 4 Ľavo: Miesto dopadu na dne liacej panvy po začiatku istením KOFOND SP 25 CM

3. SPRACOVANIE OCELE V LIACEJ PANVE, POUŽITIE SYNTETICKÝCH TROSIEK

Konvertorovým procesom sa vyrobí zo vsádzkových surovín surová oceľ. Finálne parametre vyrábanej akosti ocele z hľadiska chemického zloženia a jej čistoty sa dosiahne najdlhším spracovaním ocele na sekundárnej metalurgii. Sekundárna metalurgia zahŕňa procesy spracovania ocele od odpichu surovej ocele z kyslíkového konvertora po odoslanie tavby na odlievanie ocele. Pri všetkých týchto procesoch sa nachádza oceľ v liacej panve, z tohto dôvodu táto úprava sa môže nazývať panvovou metalurgiou. Počas spracovania ocele v rámci panvovej metalurgie môžu prebiehať niektoré z nasledovných operácií ako dezoxidácia ocele, homogenizácia ocele, legovanie ocele, odsírenie ocele, úprava teploty ocele, oduhľovanie ocele, modifikácia nekovových inklúzií v oceli, modifikácia a vznik finálnej panvovej trosky a náplne. Tieto jednotlivé technologické operácie sa vykonávajú na daných akostiach podľa potreby pre splnenie požiadavky

na výsledný produkt. Vo výrobnom programe sú akosti ocelí, ktoré z hľadiska spracovania ocele v liacej panve sú nenáročnejšie a prebieha tam iba, dezoxidácia, legovanie a homogenizácia. Na druhej strane sú akosti ocelí, kde môže prebiehať aj časť z uvedených operácií v technologicky logickom poradí za sebou.

Liaca panva nie je teda len prepravný prostriedok pre oceľ ako medzistupeň medzi konvertorom a odlievaním ale v podstate je to iasť agregátu, v ktorom prebiehajú technologické operácie. Prvý kontakt taveniny s dnom liacej panvy má malé množstvo tekutej konvertorovej trosky na začiatku odpichu surovej ocele z kyslíkového konvertora. Posledný kontakt taveniny s liacou panvou má panvová troska, keď je zlievaná z liacej panvy do troskovej koliby po odliati ocele na zariadení plynulého odlievania. Z celkového času pobytu taveniny v liacej panve je kontakt trosky s dnom LP je teda pomerne krátky len po obmedzenú dobu. Hlavnú časť celkovej doby pobytu taveniny v LP je v styku s dnom LP tekutá oceľ.

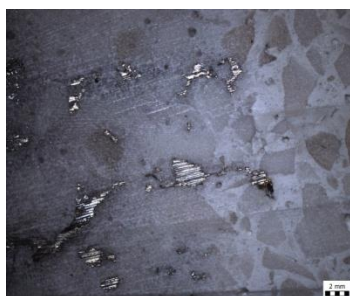
Na **obr. 5 a 6** je úlomok vzorky KOFOND SP 25 CM po 98 liatiach. Na obrázku je vidieť že oceľ prenikla do hĺbky 2-3 cm. Troska je zachytená v povrchovej vrstve cca 2 mm. Na **obr. 7** je vidieť zväčšenie povrchu a nábrus vzoriek 1) zhutnenej vzorky a 4) neovplyvnenej iasť pre fázovú analýzu.



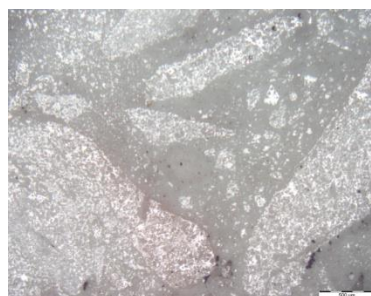
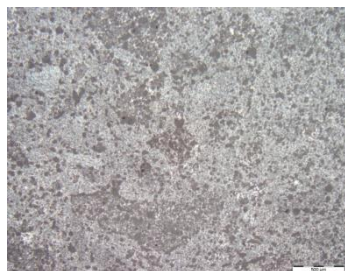
Obr. 5 úlomok KOFOND SP 25 CM po 98 liatiach



Obr. 6 úlomok KOFOND SP 25 CM pre fázovú analýzu iasť 1) zhutnená iasť ovplyvnená oceľou a troskou, 2) neovplyvnená iasť



1)
zhutnená iasť
ovplyvnená
oceľou a troskou

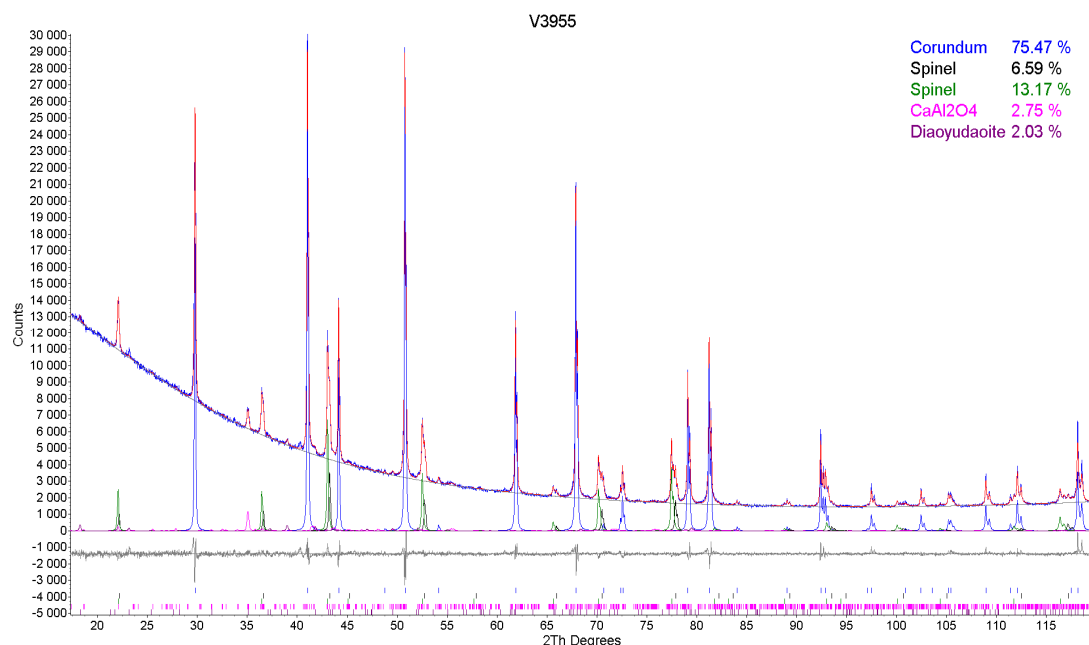


4)
neovplyvnená
iasť

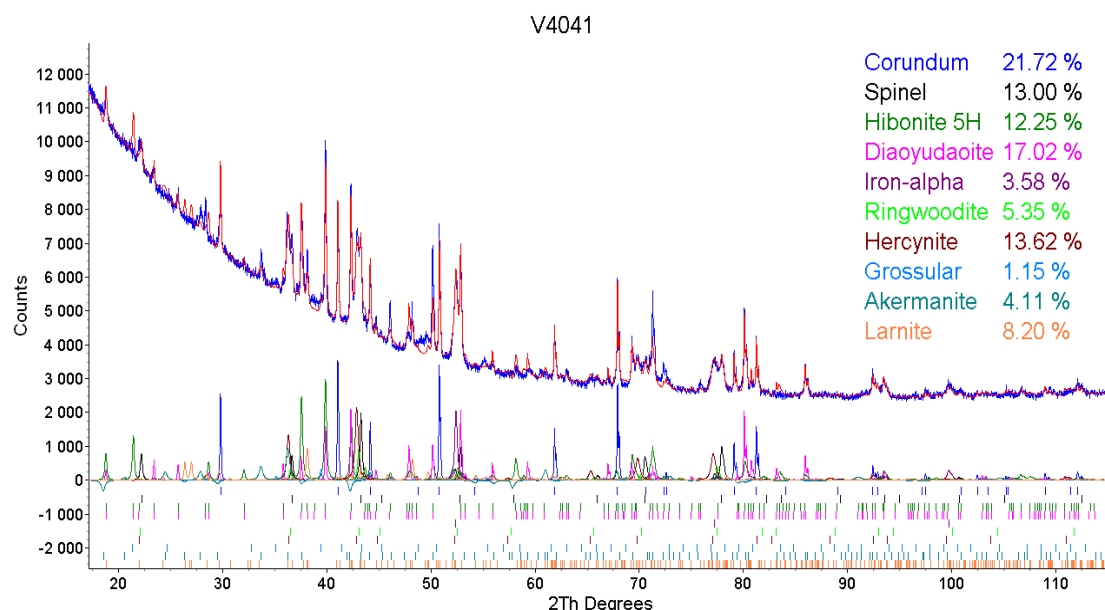


Obr. 7 Úlomok KOFOND SP 25 CM pre fázovú analýzu iasť 1) zhutnená iasť ovplyvnená oceľou a troskou, 4) neovplyvnená iasť

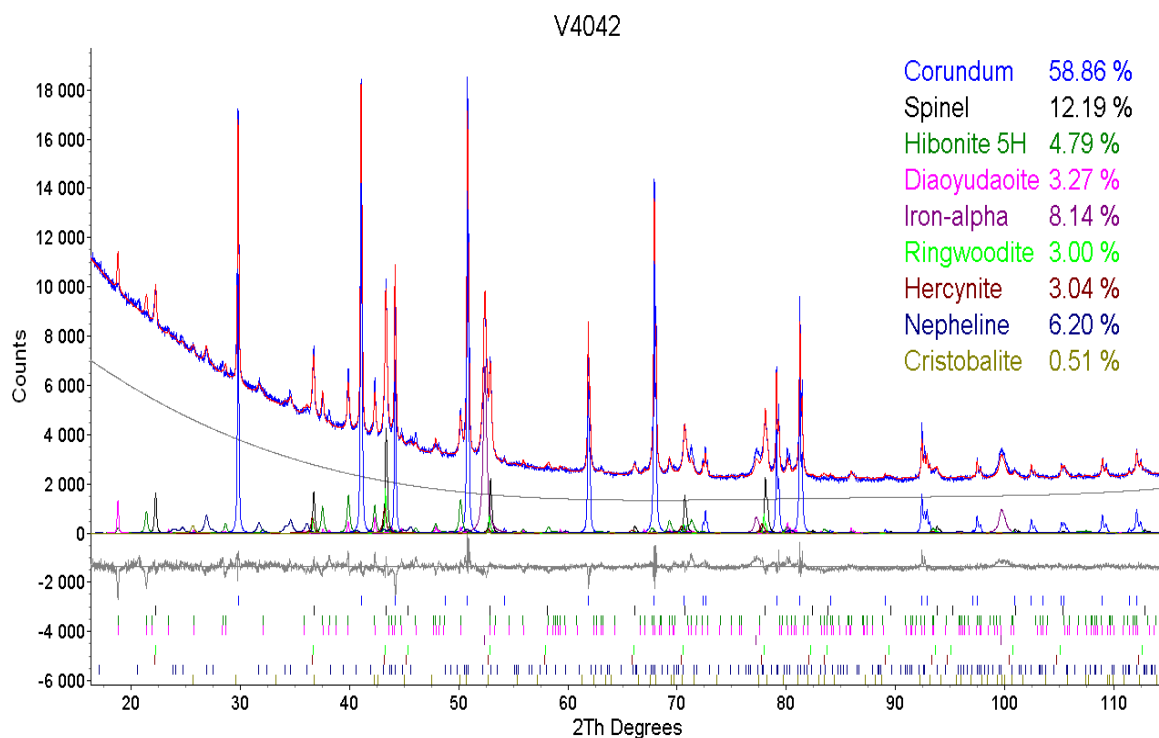
Odobraté vzorky boli podrobené fázovej analýze. V **grafe 1** je uvedená fázová analýza neovplyvneného betónu KOFOND SP 25 CM. Skladá sa z fáz korundu (75,47%) ako majoritnej fázy, spinelu (19,76%) ako minoritnej fázy, z fázy $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (2,75%), ktorá pochádza z cementovej väzby a fázy diaoyudaoit (2%) pochádzajúcej z korundu. V **grafe 2** je uvedená fázová analýza úlomku betónu Ľpost mortemň z dna liacej panvy po 98 liatiach. Ako je vidieť v uvedenom grafe vo vzorke betónu sú identifikované fázy, ktoré sú tvorené z trosky vo vrstve hrubej cca 1 cm. V tejto vrstve sa nachádza hercynit (13,62%), akermanit (4,11%) a larnit (8,2%). Majoritná časť vrstvy je tvorená fázami pochádzajúcimi z betónu. Povrchová vrstva je zhutnená do hrúbky 2 cm a v tejto vrstve sa nachádza alfa železo pochádzajúce z ocele a fázy pochádzajúce z betónu. V tejto vrstve sa nenachádzajú fázy pochádzajúce z trosky.



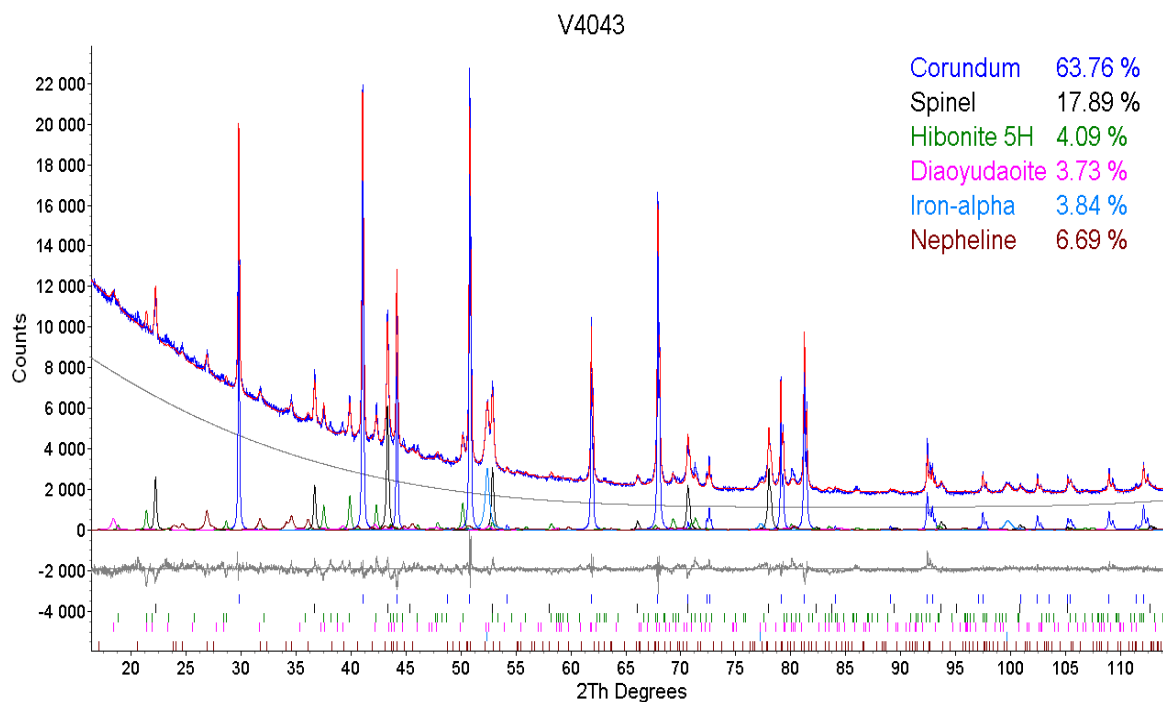
Graf 1 Fázová analýza ľistého betónu KOFOND SP 25 CM



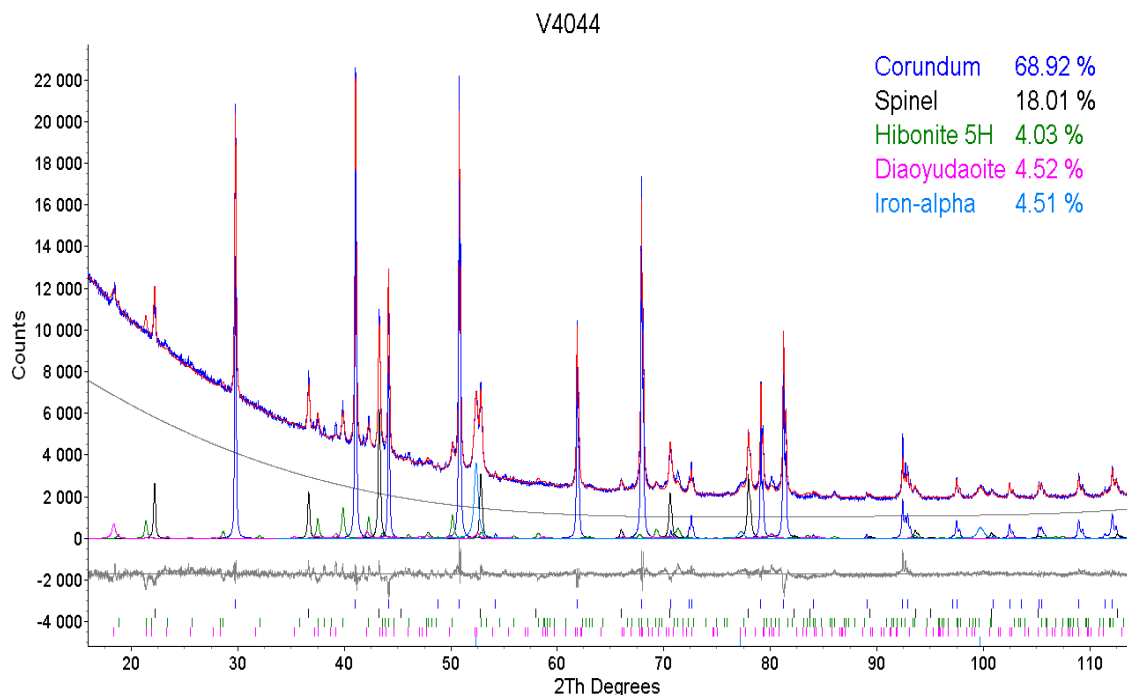
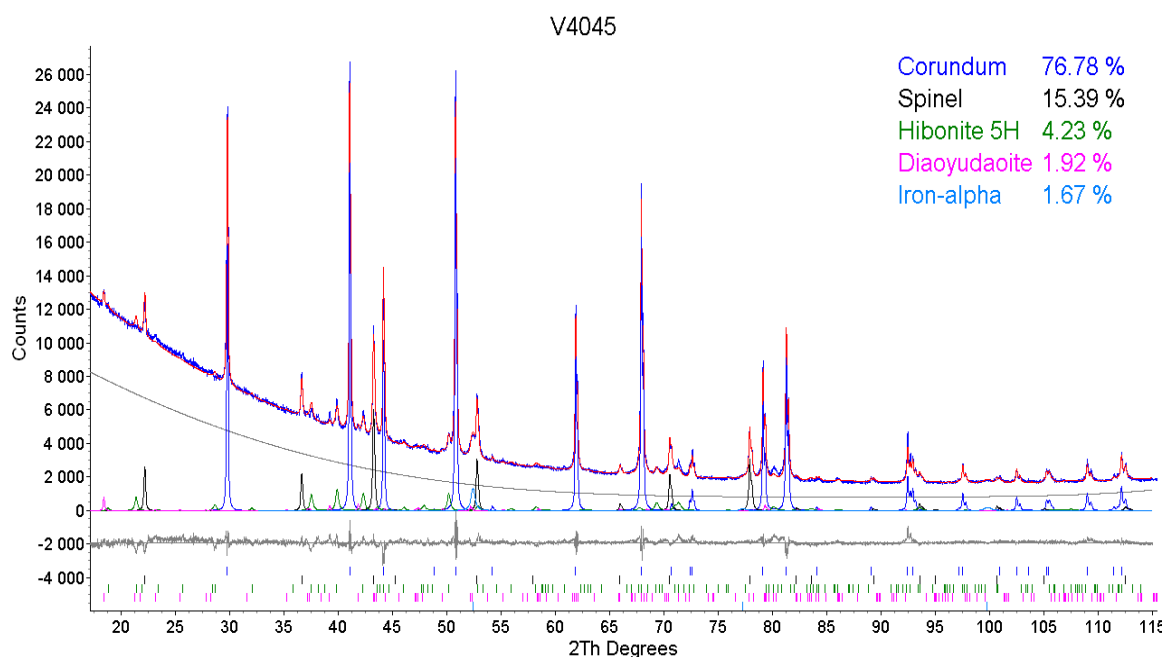
Graf 2 Fázová analýza ľ. 1 betónu KOFOND SP 25 CM Ľpost mortemň



Graf 3 Fázová analýza | . 2 betónu KOFOND SP 25 CM Āpost mortemĀ



Graf 4 Fázová analýza | . 3 betónu KOFOND SP 25 CM Āpost mortemĀ


Graf 5 Fázová analýza betónu | . 4 KOFOND SP 25 CM Āpost mortemň

Graf 6 Fázová analýza | . 5 betónu KOFOND SP 25 CM Āpost mortemň

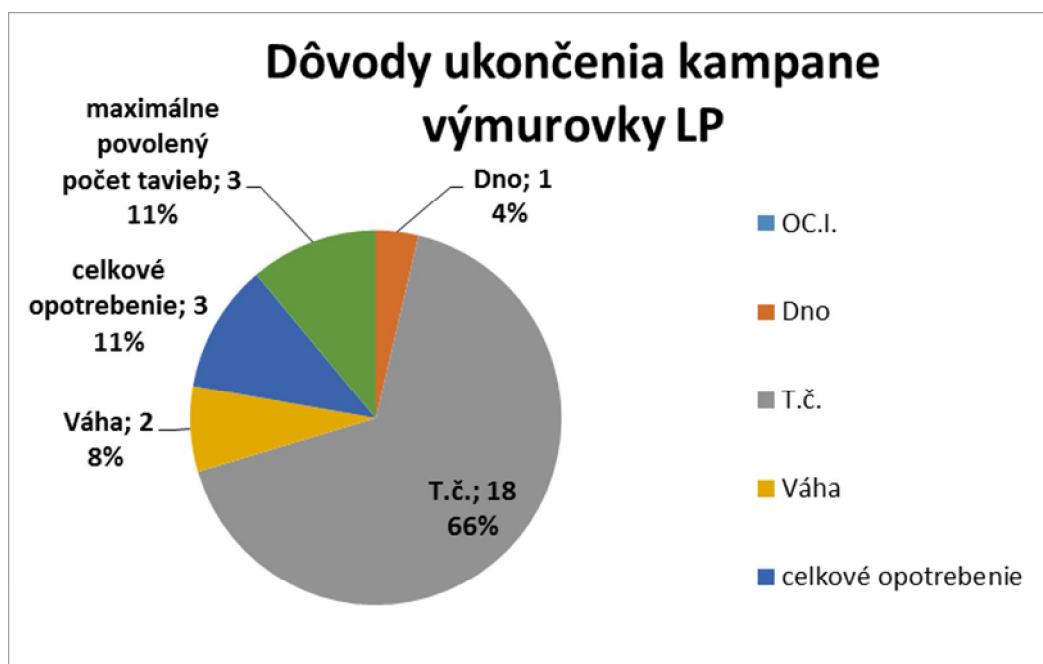
Poľ as odpichu ocele z kyslíkového konvertora do LP je pridávaná syntetická troska. Syntetickú trosku pridávame po dezoxidácii a legovaní ocele pred ukonč ením odpichu. Nedostáva sa tak do ťiadneho kontaktu s dnom LP. Syntetická troska je prostriedok pre modifikáciu preteľ enej konvertorovej trosky, ktorú upravuje tak aby výsledná panvová troska mala prijateľné rafinaľ né schopnosti pri výrobe danej akosti ocele. Syntetická troska sa mimo modifikácie najľ astejľie pouľľáva za ťľ elom dodatoľ ného odsírenia ocele poľ as

odpichu a následného spracovania na sekundárnej metalurgii. Na základe týchto hlavných požiadaviek je navrhnutá vhodná chemická koncepcia syntetickej trosky.

Z hľadiska možného opotrebenia dna liacej panvy je zrejme najdôležitejším parametrom vedenie odpichu ocele z kyslíkového konvertora. Na dno LP dopadá prúd ešte nedeoxidovanej ocele o danej odpichovej teplote. Intenzita prúdu pichanej ocele je závislá od stavu odpichového otvoru na kyslíkovom konvertore. Pri novom odpichovom otvorení je oceľ dlhšie ustáleným súvislým prúdom, ktorý môže spôsobovať eróziu dna LP. Naopak pri starom odpichovom otvorení je oceľ odpichu rýchlo nekompaktným prúdom a v podstate rozstreká do panvy. Rozdiel medzi starým a novým konvertorovým odpichom môže predstavovať až 7 minút. Bežné odpichové teploty ocele sú v intervale 1620 až 1680°C, aktivity kyslíka sa veľmi pohybujú v intervale od 700 do 1200ppm. Počas ďalšieho spracovania ocele v liacej panve dochádza k zvýšenému pohybu taveniny a teda aj možnému opotrebovaniu a to v prípade použitia akejkoľvek technológie homogenizácie ocele, taktiež v prípade priebehu búrlivých reakcií spracovania ocele kovovým vápnikom a pri vákuovaní ocele kedy je oceľ sústavne nasávaná a zároveň vypúšťaná z vákuovacej komory. Dôležité z hľadiska celkovej životnosti dna LP je aj spôsob a opatrosť pri ošetrovaní LP po odliatí ocele. Po každej tavbe dochádza k prepačovaniu výtokového uzlu kyslíkom. V prípade zatuhnutia ľasti panvovej trosky na dne LP po odliatí ocele z LP môže, dochádzať k nutnosti mechanického ľistenia, ktoré taktiež môže ľasť iasť ne rozrušiť súdržnosť dna LP.

4. ŽIVOTNOSŤ LIACIEJ PANVY V PANVÁCH

Životnosť výmurovky liacej panvy je limitovaná najslabšou ľasťou výmurovky. Buď je to trosková ľiara, dopadové miesto dna alebo výtokový uzol, veľni zriedka sa stáva, aby bola príľinou odstavenia liacej panvy stena. V sledovanom období bolo 66% použitých liacich paniev odstavených na opotrebenie troskovej ľiary, 4% na opotrebenie dna, 11% paniev bolo odstavených na maximálny počet povolených ľiatí, 11% liacich paniev bolo odstavených na celkové opotrebenie, 8% použitých liacich paniev bolo odstavených na váhu panvy. Ako je z grafu vidieť použitím betónu KOFOND SP 25 CM sa eliminoval počet liacich paniev, kde by bola príľina opotrebenia nízka životnosť dna, resp. dopadového miesta.



Graf 7 Príľiny odstavenia liacich paniev

5. ZÁVER

KOFOND SP 25 CM je ideálnym riešením dna liacej panvy s výhľadovými úžitkovými vlastnosťami, zvýšenou odolnosťou voči korózii, odolnosťou voči prúdu ocele v dopadovom mieste. V ďalšom vývoji pokračujeme a laboratórne testy ukazujú správny smer, čoskoro budeme môcť predstaviť odolnejší žiarobetón na dno liacej panvy.

ODLIEVANIE INGOTOV Z MODELOVÉHO MATERIÁLU V LABORATÓRNYCH PODMIENKACH

MORAVEC Ján

Gilinská univerzita v Giline, Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva,
Gilina, Slovenská republika, EU
jan.moravec@fstroj.uniza.sk

Abstrakt

V príspevku je opísaný postup odlievania ingotov z modelového materiálu do špeciálnej kokily vyrobenej pre tieto skúšky. Materiál bol zvolený stearín, ktorý sa ukázal ako vhodný pre takýto druh laboratórnych skúšok. Počas priebehu procesu tuhnutia modelu ingotu v laboratórnych podmienkach bolo pozorované, ako sa postupne vytvára vrstva po obryse odliatku. Pozvoľné chladnutie ingota malo za následok zmenšovanie objemu tekutej fázy v jeho tele. Zmražovanie je ťažko pozorovateľné voľným okom a toto sa prejavuje vznikom medzery medzi stenou kokily a telom ingota. Ako deliaca vrstva sa oddeľujúca taveninu a stenu kokily bol použitý silikónový olej, ktorý spoľahlivo splnil túto úlohu. Odlievanie bolo urobené dvomi spôsobmi, pri stojatej a ležatej kokile. Pri samotnom procese plnenia dutiny bolo snahou vytvoriť podmienky pre lineárne prúdenie taveniny. Pozorovanie ingotu po jeho stuhnutí potvrdilo fakt, že plnenie dutiny prebiehalo pri takýchto podmienkach z hľadiska rýchlosti prúdenia taveniny.

Kľúčové slová: Ingot, kokila, stearín, tuhnutie, vzorky

1. ÚVOD

V technologickej praxi sú neustále hľadané metódy a spôsoby, ktoré dokážu zabezpečiť porovnateľne využiteľné parametre pre reálny proces získané pri experimentoch.

V nasledujúcom texte je pozornosť venovaná jednému zo spôsobov umožňujúcich objasniť vznik stiahnutiny v tele ingotu a tiež štádium procesu zmražovania. Publikovaný príspevok je pokračovaním minuloročného príspevku: *Overovanie tvorby stiahnutiny v oceľovom ingote v laboratórnych podmienkach*, Oceláři Steelcon 2016, strany 48-54. [1].

1.1. Odlievanie ingotov i praktické hľadiská

Z pohľadu teórie tuhnutia a kryštalizácie je najvýhodnejšie odlievanie rozmerovo najmenších ingotov. Je to vtedy, ak je cieľom dosiahnuť optimálnu homogenitu i chemickú aj štruktúrnú. Praktická výroba oceľových ingotov je náročný technicko i organizačný proces a problém, závislý od viacerých faktorov, ako sú napr.:

- 1) základný druh odlievanej ocele (upokojenej a neupokojenej)
- 2) požadovaný tvar ingotu pre ďalšie spracovanie
- 3) chemické zloženie materiálu
- 4) veľkosť výrobného agregátu
- 5) cyklus prípravy kokilových súprav
- 6) spôsob odlievania ingotov (spodkom, vrchom)
- 7) počet typov ingotov
- 8) výrobná kapacita (kováreň)

Metódy experimentálneho výskumu procesu tuhnutia sa delia na priame a nepriame.

Priame

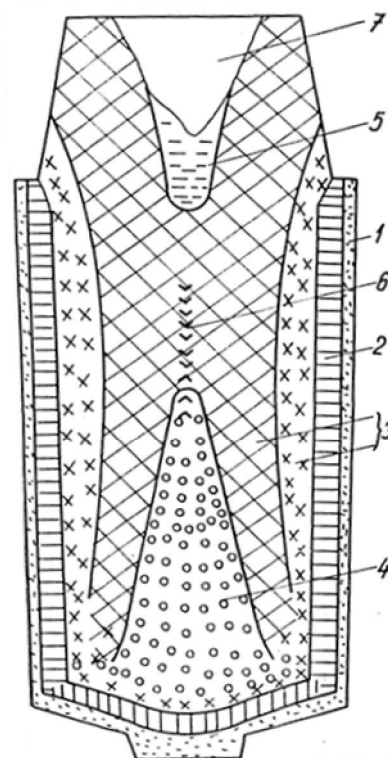
- vypúšťanie tekutého kovu z kokily a meranie hrúbky zvyšnej stuhnutej taveniny
- sledovanie postupu tuhnutia pomocou tyče ponorenej do tekutej ocele pod určitým uhlom (bar test)
- ponáranie trča do ocele

Nepriame

- meranie teploty ocele termoparlánkami
- pridávanie stopových prvkov alebo rádioizotopov do tekutej ocele
- porušenie kryštalizácie ocele mechanickým útlinkom (otras, vibrácia)
- modelovanie pomocou nízkotavitelých zlúení

Pre dobrú tvárnosť má veľkú dôležitosť veľkosť a usporiadanie kryštálov a vycedenín v ingotoch, ktoré nie sú ovplyvňované len poltom zárodkov a kryštalizačnej rýchlosti, ale aj objemovou zmenou pri prechode taveniny do tuhého stavu. [1, 2, 3]

Najpoužívanejším ingotom pre kováľne je ingot so girgím koncom hore. Pri malých ingotoch nastáva tuhnutie súľasne v celom priereze ľasti ingotu v kokile. Pri týchto ingotoch je síce možné zistiť dendritickú segregáciu, ale chemické zloženie je rovnomerné po celom priereze. Neprejavujú sa takmer vôbec rozdiely v obsahu jednotlivých prvkov medzi povrchom a stredom a len celkom málo medzi spodnou a hornou ľasťou ingotu. Vo veľkom ingote (**obr. 1**) úplne upokojených ocelí sú rôzne oblasti zodpovedajúce priebehu kryštalizácie.



Obr. 1 Schéma štruktúry v ingote

1.2. Chyby oceľových ingotov

Hlavná stiahnutina. Pri ingotoch so stratenými hlavami musí zostať hlavná stiahnutina v hlave. Ak sa objaví v tele ingotu, je to dôsledok nedoliatej alebo príľig malej hlavy.

Riediny sú zavinené nedostatkom doplnovaním tekutej ocele.

Celková pórovitosť je výsledkom nedostatku dezoxidácie.

Miestna pórovitosť býva zavinená reakciou kovu s neľistým, príp. vlhkým povrchom kokily alebo nevhodným kokilovým náterom.

Výrazná dendritická segregácia vzniká príľig veľkou kryštalizačnou rýchlosťou pri malom polte kryštalizačných centier.

Pozdĺžne trhliny na stenách sú výsledkom prnutia pri príľig rýchlom a teplom liatí alebo pri predľasnom vybratí ingotu z kokily a jeho rýchlom vychladnutí.

Prieľne a úľkové trhliny sú spôsobené prekážkami v zmršťovaní ingotu buľkokilou alebo nevhodnou liatou teplotou a rýchlosťou.

Drobné trhliny (veľkého množstva) na povrchu ingotu vyvoláva potrhnaná vonkajšia globulitická vrstva zľi pri opotrebovaných kokilách, nevhodnom nátere alebo povrchovej bublinatosti. [4, 5]

2. EXPERIMENTÁLNE PRÁCE

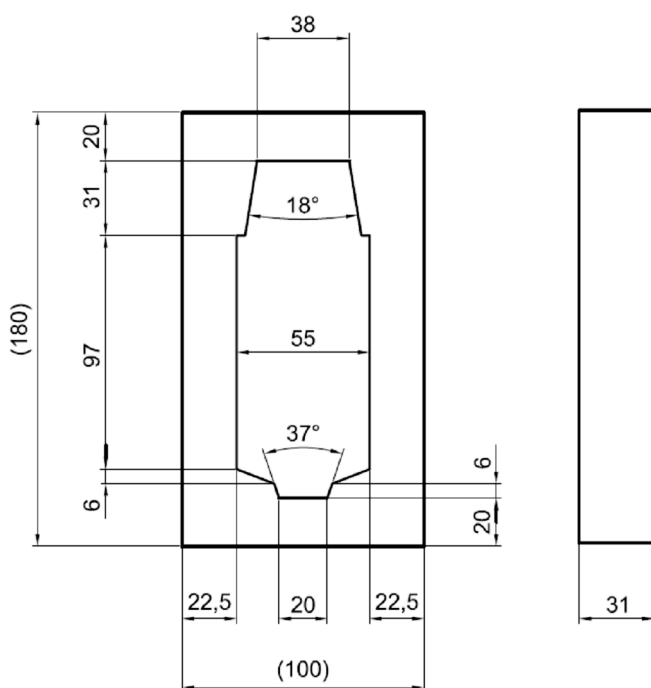
Experimenty prebiehali v laboratóriu tvárniacej techniky katedry technologického inžinierstva SjF ČU v Čiline.

2.1. Použitie stearínu

Ako experimentálny materiál bol použitý *stearín*. Je to zmes voňavých mastných kyselín a to najmä kyseliny *palmitovej* a *stearovej*. Synonymum: *Acidum stearinum*, *acidum stearin*. Teplota topenia je udávaná 55-59°C. Do oceľovej kokily boli odliate pokusné ingoty a tieto boli sledované ako v predošlom pokuse opísanom v [1].

2.2. Modelové zariadenie

Podľa **obr. 2** bola vyrobená modelová kokila, ktorá je na **obr. 3**. V tejto kokile boli vykonané experimentálne práce. Pre priebeh teplôt boli použité tri snímače teplôt. Utesnenie vodičov snímačov bolo urobené pomocou tesniacej pasty. Pri snímaní teploty boli aplikované tri snímače v rozličných výškach. Z každého boli odčítané hodnoty po zvolených časových úsekoch a tieto boli spracované do grafu. Použitá bola meracia stanica ALMENO 2890-9 Ahlborn. Pri vysokej teplote topenia vznikol zlý odlatok, pri nižšej bol lepší stav. Optimom sa ukázala teplota 58°C, kedy sa dutina plnila najlepšie. Pri prehrievaní taveniny sa liace podmienky omnoho zhoršili.



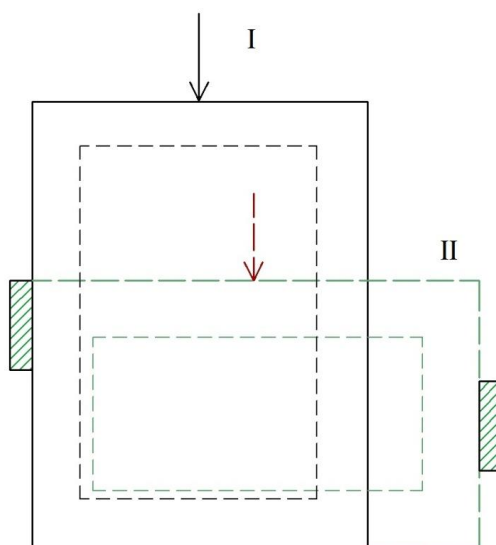
Obr. 2 Výkres kokily



Obr. 3 Kokila

2.3. Plnenie dutiny kokily

Ako oddeľujúca vrstva oddeľujúca taveninu a stenu kokily bol použitý silikónový olej, ktorý spoľahlivo splnil túto úlohu. Obrázky až veľmi názorne ilustrujú celý priebeh procesu a dávajú dobrý prehľad o všetkých sledovaných parametroch. Boli vykonané dva spôsoby plnenia dutiny kokily: prvý prípad (**obr. 4**) stav I. Druhý prípad (**obr.**) stav II. Napúšťací otvor (vtok), ktorý sa nepoužíva pri jednom alebo druhom

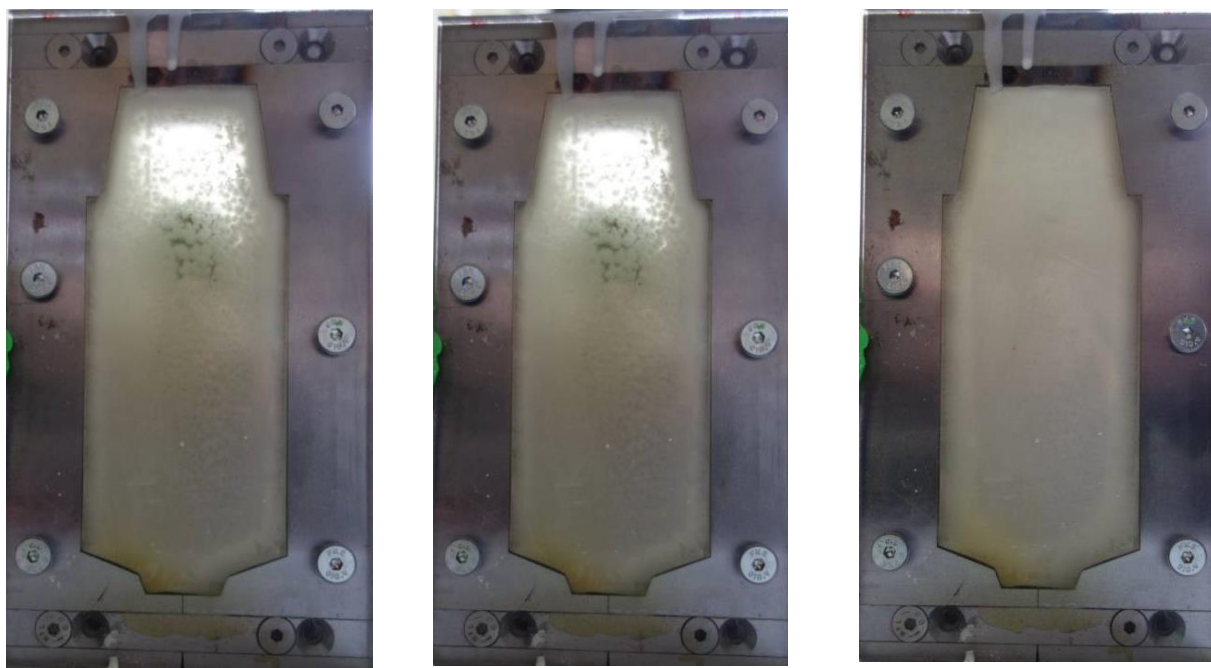


Obr. 4 Dve polohy kokily pri odlievaní

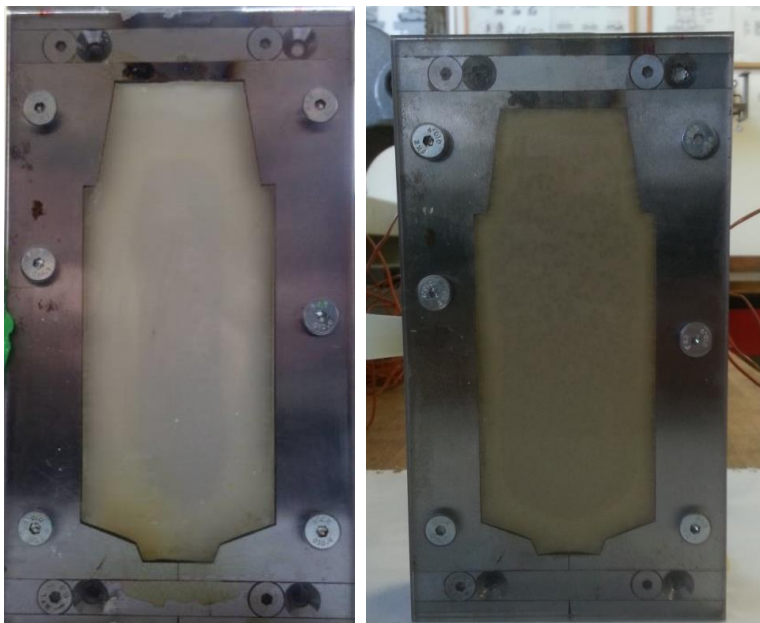
spôsob sa použil na plnenie dutiny kokily zaslepí pomocnou zátkou. Pri samotnom procese plnenia dutiny bolo snahou vytvoriť podmienky pre lineárne prúdenie taveniny. Pozorovanie ingotu po jeho stuhnutí potvrdilo fakt, že plnenie dutiny prebiehalo pri takýchto podmienkach z hľadiska rýchlosti prúdenia taveniny. Celkový čas naplnenia dutiny bol 42 s.

2.4. Pribeh experimentálnych prác

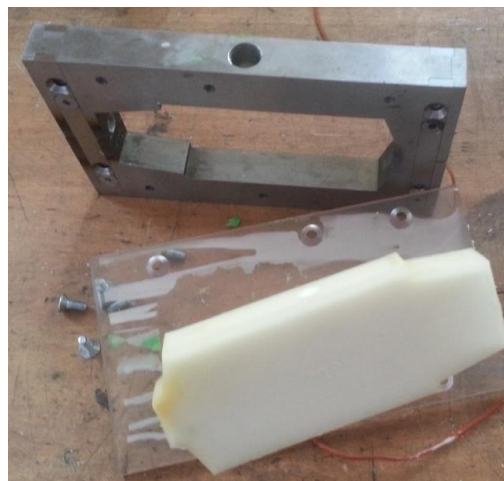
V tomto odseku sú publikované fotografie priebehu tuhnutia modelového ingota použitého v experimentálnych prácach v dvoch polohách - vo zvislej a v priečnej osi.



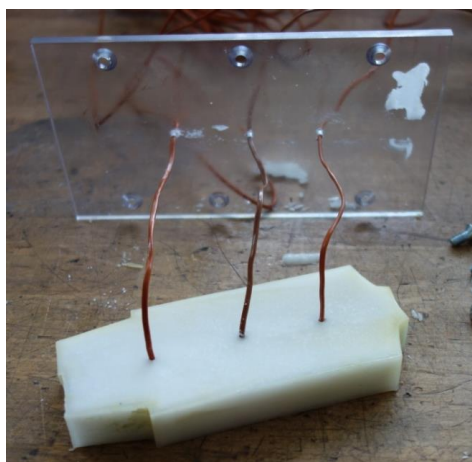
Obr. 5a Tuhnutie modelového ingota v pozdĺžnej osi
vľavo - po 10minútach, v strede - po 20 minútach, vpravo - po 25 minútach



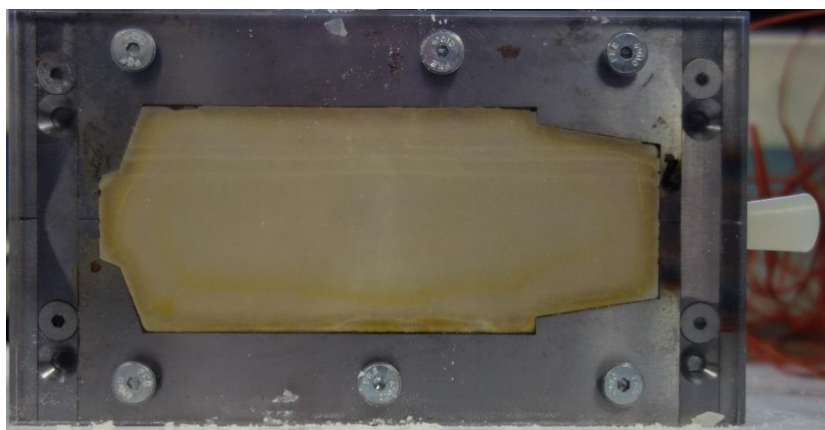
Obr. 5b Tuhnutie modelového ingota
vľavo - po 30 minútach, vpravo ě po 40 minútach



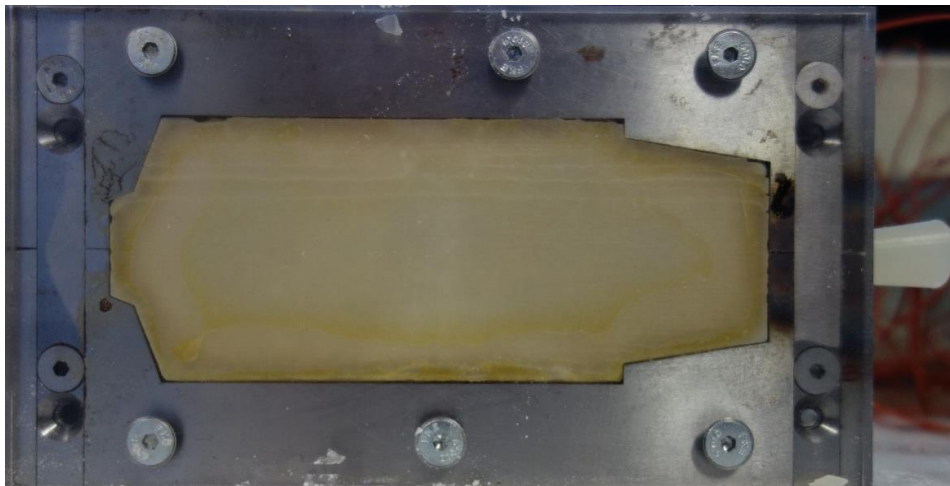
Obr. 6 Vzorka po stuhnutí



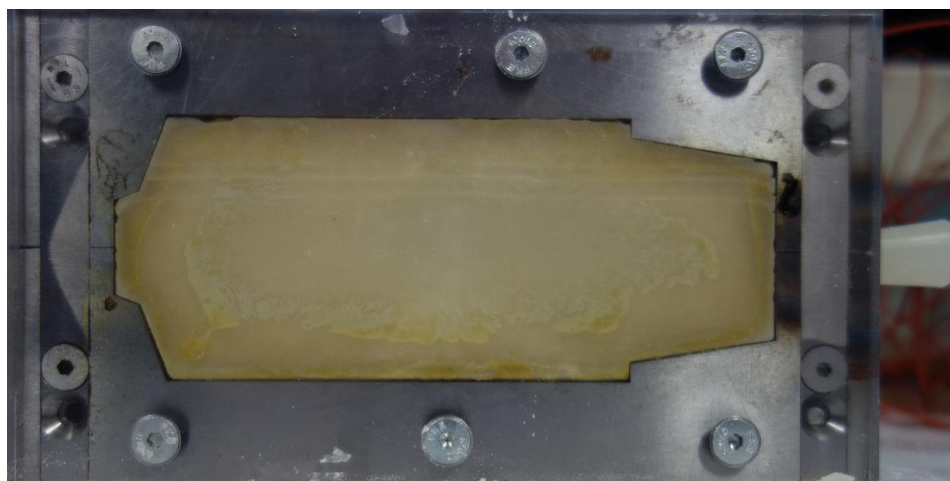
Obr. 7 Rozrezaná vzorka



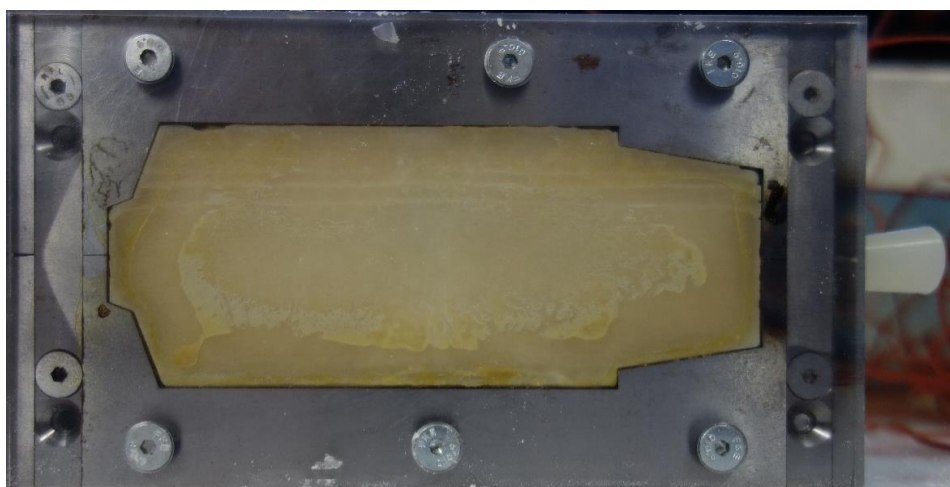
Obr. 8a Tuhnutie modelového ingota na legáto osi po 5 minútach



Obr. 8b Tuhnutie modelového ingota na leğato po 10 minútach



Obr. 8c Tuhnutie modelového ingota na leğato osi po 20 minútach



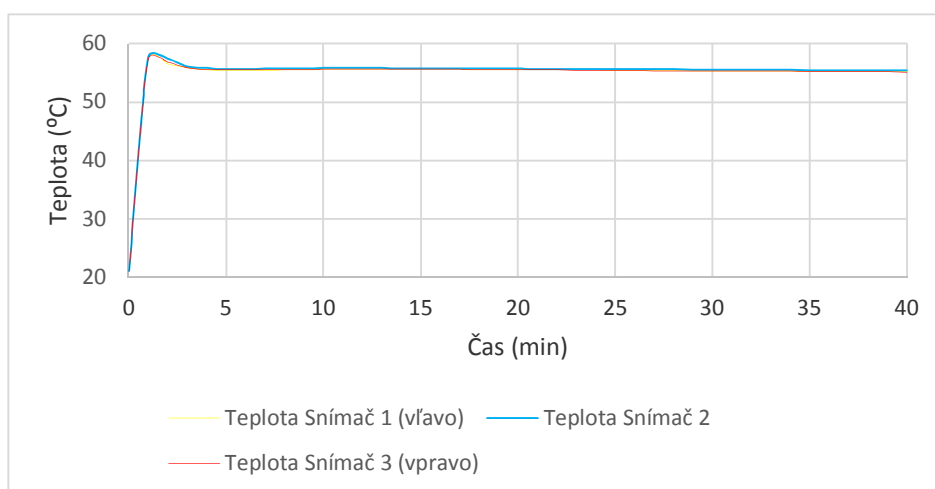
Obr. 8d Tuhnutie modelového ingota na leğato po 40 minútach



Obr. 9 Stiahnutiny a dutiny vo vzorkách

3. DISKUSIA

Počas priebehu procesu tuhnutia modelu ingotu v laboratórnych podmienkach bolo pozorované, ako sa postupne vytvára vrstva po obryse odliatku ingota. Postupne prebiehalo chladnutie ingota, čo malo za následok zmenšovanie objemu tekutej fázy v tele ingota, ako ilustrujú obrázky xxx. Zmršťovanie je ťažko pozorovateľné voľným okom a toto sa prejavuje vznikom medzery medzi stenou kokily a telom ingota. Na základe teplôt odmerávaných z termopárů bol zostrojený graf závislosti teploty od času počas chladnutia ingotu. Teplota ingotu v priebehu prvých päť minút prudko klesala a potom sa ustálila na jednej hodnote.



Obr. 10 Graf priebehu teplôt počas tuhnutia vzorky

V oblasti tuhnutia je ťažké pokračovať v stanovení vplyvu chemického zloženia ocelí (vysokouhlíkové a vysokolegované) na teplotu likvidu a solidu. Je tiež nutné zaoberať sa stanovením súčiniteľa prestupu tepla medzi ingotom a kokilou a ingotom a podlogkou, pre klasické odlievanie, aj pre plynulé liatie. Údaje sú nutné pre čo najväčšie priblíženie numerických postupov skutočným pomerom pri chladnutí oceľových ingotov. Zvláštnu pozornosť je potrebné venovať štúdiu tuhnutia veľkých ingotov z nelegovaných aj legovaných ocelí, lebo ďalšie vlastnosti výkovkov sú v značnej miere ovplyvnené tuhnutím a primárnou kryštalizáciou ingotov. Proces tuhnutia priamo súvisí so vznikom makrosegregácii, vycedením a sedimentáciou kúžeľ. Veľké výkovky sú základom rozvoja strojárstva a chémie. Tiež je rovnako dôležité štúdium tuhnutia povrchovej vrstvy ingotov pre celkové zlepšenie kvality povrchu surových ingotov a obmedzenie trhlín vznikajúcich tepelným prútením. [6, 7]

4. ZÁVER

Sledoval sa proces tuhnutia ingotu v modelovej kokile pri uložení danej kokily v dvoch polohách. Na grafe sa môže pozorovať priebeh teplôt snímaných tromi snímačmi po asi 40 minút. Pri odlievacej teplote stearínu (58°C) vidieť, že vnútorná stiahnutina je menšia. Úplné odstránenie stiahnutiny by bolo možné náliatkovaním. Materiál do procesov tvárnenia (kovanie) je dodávaný práve vo forme odliatkov, takže toho sa tvárnenie bytostne dotýka a je potrebné sa venovať tomuto fenoménu, ktorý už v prvom vstupe ovplyvní výslednú kvalitu výtvarkov.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol v rámci projektu VEGA 1/0077/15 . Autor Ďakuje za poskytnutie grantu.

LITERATÚRA

- [1] MORAVEC, J.: Overovanie tvorby stiahnutiny v oceľovom ingote v laboratórnych podmienkach, Oceláři Steelcon 2016, Rožnov pod Radhoštěm 31. 3.-1.4.2016, strany 48-54, ISBN 978-80-87294-65-9
- [2] ĎMRHA, L. Tuhnutí a krystalizace ocelových ingotů. Praha: STNL, 1983.
- [3] ĎMRHA, L., CHVOJKA, J. *Hutnické listy*, 63/9.
- [4] ĎMRHA, L. *Slévarenství*, 1962, č. 10, s. 245-249.
- [5] JAMES, W., MIDDLETON, R. *British Foundryman*, January 58, pp. 36-46.
- [6] KIESEL. L., SMUIN, K., PABST, W. *Freiberger Forschungshefte*, 6, B137 , s. 79-92.
- [7] PŘIBYL, J. řízené tuhnutí ocelových odlitků. Praha: STNL, 1986.

ÚSPORY ENERGIÍ PŘI POUŽITÍ NOVÝCH REKUPERÁTORŮ OPT V PRŮMYSLU

KURTYNIN Andrey

GIC s.r.o., Kurkova 1209/8, Praha 8, 182 00, Česká republika

www.technogicz.cz

Abstrakt

Společnost GIC s.r.o. je výhradní zástupce výrobce rekuperátorů nové generace - Thermo Nord Stream Ltd. Tato společnost celosvětového významu, projektuje a vyrábí rekuperátory OPT s výkonem 85 i 30 000 kW.

Efektivní využití energetických zdrojů je klíčovým úkolem každého podniku. Nejvíce zaššízení spotřebovávající energii používají metalurgické provozy, chemie, petrochemie, výroba stavebních materiálů a také podniky těžkého strojírenství.

Díky patentované technologii vysokofrekvenčního svařování jsme schopni nabídnout vysoce efektivní a zároveň cenově dostupné řešení.

Klíčové přednosti rekuperátorů OPT:

- vysoká účinnost, malé rozměry a nízká hmotnost;
- nízká cena a rychlá návratnost investice. Z našich zkušeností můžeme konstatovat, že rekuperátory OPT mají **návratnost investice v průměru od 4 měsíců do 1 roku. Doba návratnosti investice je nízká, než je doba záruční lhůty!** Součástí naší standardní nabídky je mimo technického popisu a cen, i ekonomický výpočet návratnosti investice;
- možnost volné volby kroku a výšky úderů v průběhu projektování dovoluje dosáhnout maximální účinnosti v zadaných geometrických rozměrech;
- malý aerodynamický odpor: možnost dosažení značných rychlostí, potřebných pro samotný a použití pro procesy s nízkou tlakovou ztrátou;
- odolnost vůči teplotní roztažnosti;
- projektová flexibilita: možnost záměny téměř jakéhokoliv rekuperátoru libovolné konstrukce se zanecháním potrubních rozvodů;
- dlouholetá exploatace v těžkých podmínkách metalurgických provozů i 15 a více let;
- výpočet a projekce rekuperátoru dle míru dle požadavku zákazníka;
- velký počet referencí;
- krátké dodací termíny.

Klíčová slova: Rekuperátor, výměník, úspory energií, rekuperace

1. ÚVOD

Společnost GIC s.r.o. je výhradní zástupce výrobce rekuperátorů nové generace - Thermo Nord Stream Ltd. Tato společnost celosvětového významu, projektuje a vyrábí rekuperátory s výkonem 85 i 30 000 kW.

Efektivní využití energetických zdrojů je klíčovým úkolem každého podniku. Nejvíce zaššízení spotřebovávající energii používají metalurgické provozy, chemie, petrochemie, výroba stavebních materiálů a také podniky těžkého strojírenství.

Největší podíl nevyužitých zdrojů energie v metalurgických provozech, je obsaženo ve spalínách odváděných z pecí. Energie odcházejících spalin je ve většině případů využívána v rekuperátorech klasických konstrukcí, u kterých se objevují následující problémy:

- výskyt značných napětí, spojených zejména s tepelnými gradienty což se projevuje v lokálních ponižích konstrukcí rekuperátorů;
- nerovnoměrnost tepelných dilatačních účastí konstrukce, jehož důsledkem je ponižení konstrukce rekuperátorů;
- použití spalin s velkým obsahem síry a jiných škodlivých látek;

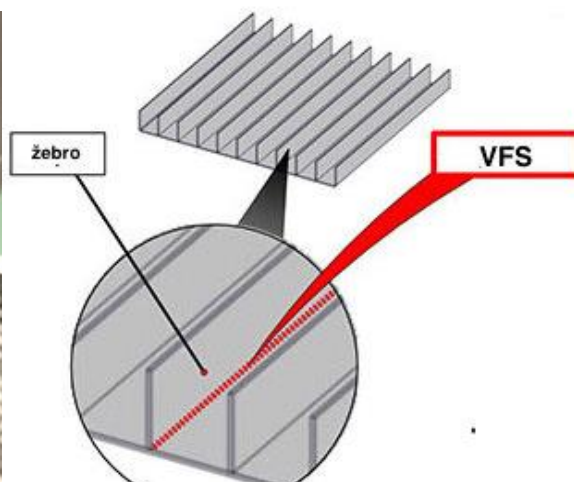
2. STRUKTURA REKUPERÁTORŮ OPT

Díky patentované technologii vysokofrekvenčního svařování jsme schopni nabídnout vysoce efektivní a zároveň cenově dostupné řešení.

Základní element rekuperátorů OPT je polotovárí žebrovaný plech. Je to plochý plech, na který za pomoci vysokofrekvenčního svařování se přisazují vertikální žebra. Tato žebra jsou díky výrobní technologii zvlněná a vyznačují se větší konvekcí (viz **obr. 1 a 2** dole).



Obr. 1

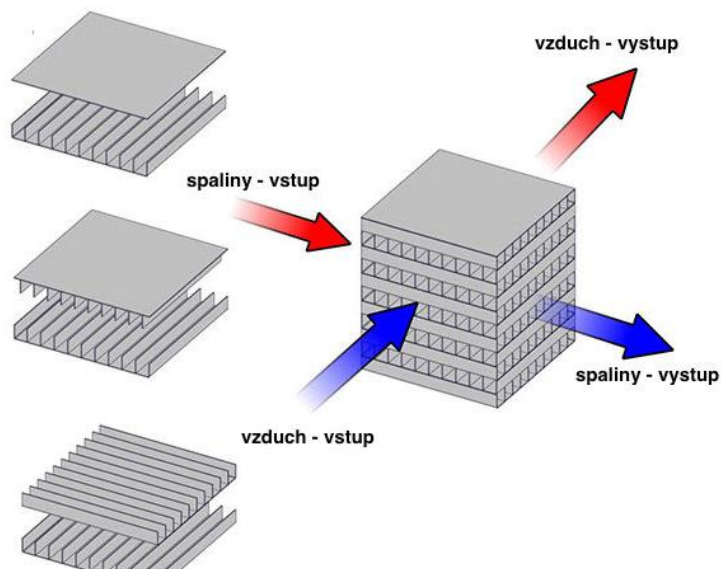


Obr. 2

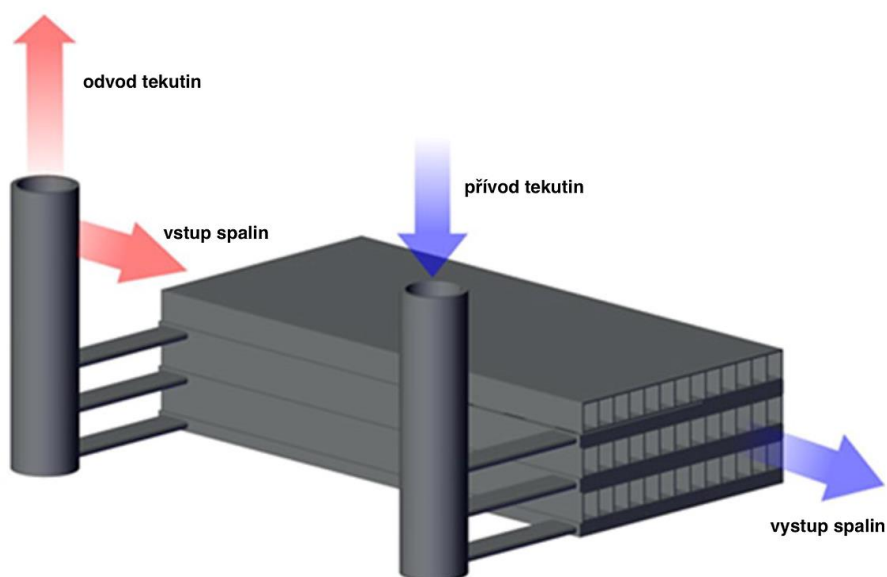
Žebrovaný panel je velmi účinnou, kompaktní a konvektivní plochou. Panel o velikosti 1m² může mít konvektivní plochu 2-10 m² která je v porovnání s klasickými trubkovými rekuperátory značně větší.

Plechové žebrované rekuperátory OPT vznikly díky dlouholetému vývoji vysokofrekvenčního svařování. Díky vyvinuté patentované technologii společnost Thermo Nord Stream zaručuje kvalitu a produkci, která je nenapodobitelná.

Nabízené rekuperátory jsou vyráběné z nerezové a žáruvzdorné ocele s teplotou použití 1100-1250 °C. Vyrábí se i rekuperátory bimetalické, kde na vysokoteplotní straně se používá žárupevná ocel, a na nízkoteplotní straně nerezová ocel anebo uhlíková ocel. Struktura základního modulu (kostky) rekuperátoru je uvedena níže viz. **obr. 3**. Rozměry a uspořádání žebor se volí v závislosti na výpočtu. Pro výpočet a modelování rekuperátorů se používá celosvětově používaný software ANSYS. Kvalita výpočtu je ověřena analýzou výsledku průmyslové exploatace.


Obr. 3

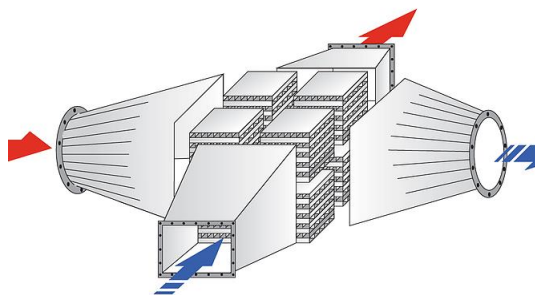
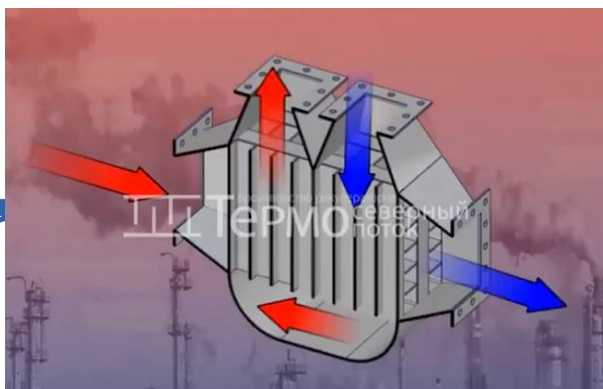
Vyrábí se jak rekuperátory typu OPT (spaliny i vzduch), také rekuperátory VP-OPT (spaliny i kapaliny). Struktura rekuperátoru spaliny - kapaliny je uvedena na **obr. 4** níže.


Obr. 4

3. KLÍČOVÉ PŘEDNOSTI REKUPERÁTORŮ OPT A VP-OPT

- vysoká účinnost, malé rozměry a nízká hmotnost;
- nízká cena a rychlá návratnost investice. Z našich zkušeností můžeme konstatovat, že rekuperátory OPT mají **návratnost investice v průměru od 4 měsíců do 1 roku. Doba návratnosti investice je nižší, než je doba záruční lhůty!** Součástí naší standardní nabídky je mimo technického popisu a cen, i ekonomický výpočet návratnosti investice;

- možnost volné volby kroku a výšky žebër v průběhu projektování dovoluje dosáhnout maximální účinnosti v zadaných geometrických rozměrech;
- malý aerodynamický odpor: možnost dosažení značných rychlostí, potřebných pro samostatný a použití pro procesy s nízkou tlakovou ztrátou;
- odolnost vůči teplotní roztažnosti;


Obr. 5

Obr. 6

- Projektová přizpůsobivost: možnost záměny téměř jakéhokoliv rekuperátoru libovolné konstrukce se zanecháním potrubních rozvodů. Na **obr. 5 a 6** jsou uvedeny některé způsoby uspořádání proudění vzduchu a spalin;
- dlouholetá exploatace v těžkých podmínkách metalurgických provozů již 15 a více let;
- výpočet a projekce rekuperátoru dle míru podle požadavku zákazníka;
- velký počet referencí;
- krátké dodací termíny.

4. POROVNÁNÍ REKUPERÁTORU OPT S KLASICKÝMI REKUPERÁTORY


Rekuperátor žebra v roušni

Rekuperátor OPT

Teplota spalin - vstup, °C	1 200	1 200
Teplota spalin - výstup, °C	916	962
Množství spalin, m³/hod	2200	2200
Teplota vzduchu - vstup, °C	20	20
Teplota vzduchu - výstup, °C	350	352
Množství vzduchu, m³/hod	2000	2000
Rozměry, mm*mm*mm	960*960*1800	420*840*440
Objem konstrukce, m³	1,2	0,16
Hmotnost, kg	270	228

Tlaková ztráta $\dot{V}$ na straně vzduchu, mm. vodního sloupce	tah	tah
Tlaková ztráta $\dot{V}$ na straně spalin, mm. vodního sloupce	-	1
Konvekční plocha, $d\dot{z}^2$	7,3	13
Tepelný tok, kW	243,5	244


Rekuperátor trubkový U tvar

Rekuperátor OPT

Teplota spalin - vstup, °C	1 000	1 000
Teplota spalin - výstup, °C	845	834
Množství spalin, m ³ /hod	14 500	14 500
Teplota vzduchu - vstup, °C	0	0
Teplota vzduchu - výstup, °C	400	430
Množství vzduchu, m ³ /hod	7 000	7 000
Rozměry, mm*mm*mm	1750*4513*1115	1680*840*1000
Objem konstrukce, m ³	8,8	1,4
Hmotnost, kg	3 940	1 080
Tlaková ztráta $\dot{V}$ na straně vzduchu, mm. vodního sloupce	117	164
Tlaková ztráta $\dot{V}$ na straně spalin, mm. vodního sloupce	5	4
Konvekční plocha, $d\dot{z}^2$	75	78
Tepelný tok, kW	1 032	1 090


Rekuperátor trubkový

Rekuperátor OPT

Teplota spalin - vstup, °C	1 100	1 100
Teplota spalin - výstup, °C	690	787
Množství spalin, m ³ /hod	5300	5300
Teplota vzduchu - vstup, °C	20	20
Teplota vzduchu - výstup, °C	500	500
Množství vzduchu, m ³ /hod	4200	4200
Rozměry, mm*mm*mm	1100*1620*2200	848*840*570
Objem konstrukce, m ³	3,92	0,4

Hmotnost, kg	2700	630
Tlaková ztráta i na straně vzduchu, mm. vodního sloupce	231	289
Tlaková ztráta i na straně spalin, mm. vodního sloupce	21,4	15
Konvekční plocha, d ²	56,2	36
Tepelný tok, kW	756	755

Výše uvedené hodnoty v tabulkách ukazují výhody při použití rekuperátoru OPT oproti rekuperátorům klasického provedení.

Zárukou vysoké kvality a efektivity je velké množství referencí. Mezi významné reference patří: CMI Industry, Severstal, NLMK, MMK, EVRAZ, Rosatom, Rockwool, Knauf, Keratech a jiné.



ZÁVĚR

Na závěr můžeme potvrdit, že výhody při použití rekuperátoru OPT oproti rekuperátorům klasického provedení jsou jednoznačné a prokazatelné. Důkazem jsou skutečné výsledky průmyslové exploatace. Vzhledem k tomu, že je doba návratnosti investice do rekuperátoru nižší, než je doba záruční lhůty, je tento produkt z pohledu zákazníka velmi efektivní a užitečný.

LITERATURA

- [1] TEENKOV B. Rekuperátory pro průmyslové pece. 1. vyd. Moskva, 1975
- [2] GUSOVSKY V, LADYGIČEV M, USAČEV A.. Moderní ohřevací a gíhací pece. Moskva: 2001.

REJSTŘÍK AUTORŮ

A

ADOLF Zdeněk 61

B

BALCAR Martin 49

BÁR Vilém 76

BAŽAN Jiří 61, 68

C

CARBOL Zdeněk 61, 68

Č

ČERVENKA Michal 87

F

FIEIIEREIZEN Ihor 25

FRANĚK Zdeněk 35

G

GREGOR Martin 49

GRYC Karel 69

H

HERZÁN Miroslav 80

HIRJAK Rastislav 87

HUCZALA Tomáš 54

Ch

CHMIEL Bohuslav 54

CHUDÍKOVÁ Dáša 87

J

JELÍNEK Pavel 80

JONŠTA Petr 61, 68, 69

JURČA Jakub 43

K

KAFKA Václav 4, 18, 80

KALETA Jaromír 54

KALUP Aleš 69

KAWULOKOVÁ Monika 69

KELLER Libor 31

KOZELSKÝ Václav 43

KURKA Vladislav 61, 68

KURTYNIN Andrey 104

L

LÁNA Ivo 80

LASÁK Reinhold 80

M

MARKO Ervin 80

MERDER Tomasz 25

MIČA Roman 80

MICHALEK Karel 69

MIŠANEKOVÁ Viera 87

MORAVEC Ján 96

N

NOVÁK Jaroslav 49

NOVOBÍLSKÝ Marcel 80

O

OBRTLÍK Josef 80

P

PETROV Vladimír 87

PIEPZYCA Jacek 25

PYSZKO René 35

PYTLOUN Martin 83

R

RAAB Jaroslav 7

S

SATERNUS Mariola.....	25
SMETANA Bedřich.....	69
SOCHA Ladislav	61, 68, 69
STROUHALOVÁ Michaela	69
SUŠOVSKÝ Michal	69

Š

ŠIMKO Radomír	87
ŠPIČKA Ivo	13, 80

T

TKADLEČKOVÁ Markéta	69
TROSZOK Vladimír.....	54
TYKVA Tomáš.....	13, 80

V

VÍTEK Radovan	80
---------------------	----

Z

ZÁVRBSKÁ Martina	80
ZLÁ Simona	69



METAL[®] 2017

**26th International Conference
on Metallurgy and Materials**

May 24th - 26th 2017

Hotel Voronez I, Brno, Czech Republic, EU



CONFERENCE SCOPE

26th International Metallurgical and Materials Conference is a traditional meeting of metallurgists, material engineers, managers and other participants. The conference is organized in a plenary session, 6 sessions, a poster session and accompanying exhibitions, where you can access the latest technological information and exchange experience and opinions with other experts from Europe, Middle East, Asia, Africa, South America and US. The conference is organized by the company TANGER Ltd. with the cooperation of VSB-TU Ostrava.

ABSTRACTS/PAPERS will be accepted into the following sessions:

Session A - Advanced Iron, Cast Iron and Steelmaking

Session B - Metal Forming

Session C - Steel Products - properties

Session D - Modern Trends in Surface Engineering

Session E - Non-Ferrous Metals and Alloys

Session F - Economics and Management of Metallurgical Production

Poster session (A - F)

CONTACTS, QUESTIONS

TANGER Ltd.

Pavlovova 2644/6

700 30 Ostrava - Zabreh

Czech Republic, EU

tel: +420 595 227 117

mobil: +420 774 435 816

e-mail: info@metal2017.com

Web: www.metal2017.com

TOPICS, DEADLINES, FEES, TRANSPORT, VISA, HOTEL, POI, INSTRUCTION FOR AUTHORS, REGISTRATION,
ABSTRACT & PAPER SUBMISSION, PRESENTATION UPLOAD, PAYMENT etc. CAN BE FOUND ON:

www.METAL2017.com



INGOTS
FORGINGS
CASTINGS
PATTERNS

ŽDAS, a.s.

591 71 Žďár nad Sázavou
Czech Republic

Contact

Phone: +420 566 64 2124

Fax: +420 566 64 2871

e-mail: or@zdas.cz

www.zdas.cz

ZDAS