



Hutnické listy

METALLURGICAL
JOURNAL

1

ODBORNÝ ON-LINE ČASOPIS PRO METALURGII A PŘÍBUZNÉ OBORY
PROFESSIONAL ONLINE JOURNAL FOR METALLURGY AND RELATED FIELDS

ROČNÍK/VOL. LXXVIII
ROK/YEAR 2025





ČESKÁ HUTNICKÁ SPOLEČNOST
CZECH METALLURGICAL SOCIETY



**podpora a popularizace výzkumu, vývoje a inovací
propagace studia technických oborů
organizování kulturně vzdělávacích produkcí
podpora zlepšovatelství
odborné výstavy, semináře, konference
lektorská činnost**

Českou hutnickou společnost podporují:



TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY



**STROJÍRNY A STAVBY
TŘINEC**



ENERGETIKA TŘINEC
AKCIOVÁ SPOLEČNOST



Šroubárna Kyjov, spol. s r.o.

**TŘINECKÁ
PROJEKCE TP**
a.s.



**SLÉVÁRNY
TŘINEC, a.s.**



**Třinecký
inženýring, a.s.**



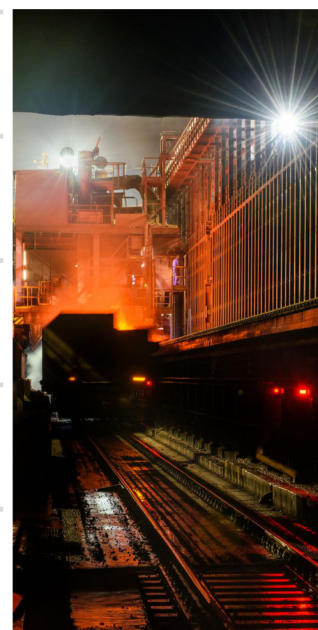
VÚHŽ[®] a.s.



BOHEMIA RINGS



ENVIFORM[®]



www.hutnickaspol.cz

PredsedaCHS@trz.cz

Vydavatel / Publisher

Česká hutnická společnost, z.s.
Průmyslová 1034
739 61 Třinec – Staré Město
IČ: 00538671

Redakce / Editorial Office**Vedoucí redaktor / Chief Editor**

PhDr. Jana Kocurová
e-mail: redakce@hutnickelisty.cz

Technický redaktor / Technical Editor

Ing. Jiří Cupek Ph.D.
e-mail: redakce@hutnickelisty.cz

Fotografie titulní strany/ Cover Photo

Archív TŽ

Redakční rada – Předseda / Editorial Board – Chairperson

prof. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D. Česká hutnická společnost, z.s., Třinec, Česká republika

Členové / Members

Ing. Martin Balcar, Ph.D.
doc. Ing. Branislav Bul'ko, Ph.D.
Ing. Henryk Huczala
prof. dr. hab. inž. Mariola Saternus
doc. Ing. Petr Kotrbáček, Ph.D.
Dr. Ing. Ladislav Válek
prof. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.
doc. Ing. Ladislav Socha, Ph.D.
doc. Ing. Richard Fabík, Ph.D.

ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou, Česká republika
Technická univerzita v Košicích, Slovenská republika
TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Třinec, Česká republika
Politechnika Śląska, Katowice, Polsko
Vysoké učení technické v Brně, Česká republika
MSV Metal Studénka, a.s., Česká republika
VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika
Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, ČR
ŽDB Drátovna, a.s., Bohumín, Česká republika

Za původnost příspěvků, jejich věcnou a jazykovou správnost odpovídají autoři. Recenzní posudky jsou uloženy v redakci.

Od roku 2025 vychází časopis pouze elektronicky, dvakrát ročně. Časopis je zdarma. Předchozí zpožděný otevřený přístup bude uplatněn pouze u čísel 1–3/2024 a 4–6/2024.

Tento časopis je šířen zdarma v režimu open access. Obsah je dostupný pod licencí Creative Commons 4.0 (CC BY-NC 4.0). To znamená, že články je možné volně stahovat, kopírovat, šířit a upravovat pro nekomerční účely, za podmínky uvedení původního zdroje a autorů. Více informací o licenci: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Authors are responsible for the originality of their contributions as well as for their factual and linguistic accuracy. Review reports are kept on file in the editorial office.

Since 2025, the journal has been published only electronically, twice a year. The journal is free of charge. The previous delayed open access policy applies only to issues 1–3/2024 and 4–6/2024.

This journal is distributed free of charge under an open access model. The content is licensed under the Creative Commons 4.0 (CC BY-NC 4.0). This means that articles may be freely downloaded, copied, distributed, and adapted for non-commercial purposes, provided that the original source and authors are properly acknowledged. More information about the license: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Časopis Hutnické listy se při vydávání řídí etickým kodexem, který stanovuje pravidla pro publikaci příspěvků. Tato pravidla se vztahují jak na posuzování autorských textů, tak i na následné recenzní řízení. Kodex je závazný pro autory, recenzenty i redakci. (Celé jeho znění je k dispozici na www.hutnickelisty.cz).

The journal Hutnické listy adheres to an ethical code that sets out the rules for publishing contributions. These rules apply both to the assessment of manuscripts and to the subsequent peer-review process. The code is binding for authors, reviewers, and the editorial board. (The full text of the ethical code is available at www.hutnickelisty.cz).

Úvodník

Vážení čtenáři Hutnických listů,

rád bych Vás touto cestou informoval, že novým vydavatelem časopisu Hutnické listy se stala Česká hutnická společnost, z. s. (dále jen ČHS). ČHS vyhověla žádosti předchozího vydavatele a rozhodla se pokusit zachránit tento časopis s dlouhou tradicí a historií.

Situace však není jednoduchá. Ani my se nevyhneme řadě problémů a překážek, které vydávání časopisu provází. Některé věci se změní, jiné zůstanou. Co však rozhodně zůstává, je logo – časopis bude i nadále používat znak, který je velmi podobný logu ČHS. Zůstává i odborný a recenzovaný charakter časopisu.

Změna přichází především v podobě nosiče obsahu – papír nahrazují pixely. Nejvýraznější novinkou je, že časopis bude nově k dispozici zdarma. Zpožděný otevřený přístup po uplynutí 12 měsíců od vydání aktuálního čísla již nebude dávat smysl, proto bude plné znění recenzovaných článků k dispozici ihned po vydání, s výjimkou čísel 1–3/2024 a 4–6/2024, u nichž ještě platí původní režim.

Právě teď se Vám na obrazovce zobrazuje první číslo Hutnických listů vydané výhradně v elektronické podobě. K výrazným grafickým změnám nedochází a obsah zůstává v podstatě stejný. I nadále se můžete těšit na recenzované články, zprávy ze života odborných skupin ČHS, aktuální informace ze světa ocelářství a příbuzných oborů a také různé statistiky.

Další změny přijdou postupně. Dočkáme se například úpravy vizuální podoby webových stránek.

Jakmile to čas a kapacity dovolí, plánujeme také zpřístupnit archivní články a starší čísla Hutnických listů – od roku 1946 se jich nashromáždilo opravdu mnoho. V metalurgii navíc stále platí, že i poznatky staré padesát let mohou být velmi cenné a aktuální.

Dovolte mi poděkovat předchozímu vydavateli, týmu Jaroslava Pindora, kterému se podařilo udržet časopis při životě i v nepříznivé době. Udržení tištěné verze by dnes bylo finančně velmi náročné a náklady by se musely přenést na čtenáře. My jsme se rozhodli jít jinou cestou.

Hutnické listy jsou už desítky let důležitým zdrojem informací, který spojuje odbornou komunitu a přispívá k šíření znalostí v našem oboru. Věřím, že spojení České hutnické společnosti a Hutnických listů přinese časopisu novou energii a inspiraci. V nové podobě si snad najde více čtenářů, včetně mladší generace, a bude nadále podporovat vzdělávání a sdílení zkušeností.

S úctou,

*Jiří Cupek
Předseda předsednictva
Česká hutnická společnost, z. s.*

Obsah / Content

Úvodník	4
---------	---

Recenzované výzkumné a vědecké články články / Peer-reviewed Research and Scientific Articles

<i>Ing. Martin Štěpánek</i>	7
-----------------------------	---

Elektromagnetický snímač pro sochorová kontilití oceli

Electromagnetic Sensor for Steel Billet Continuous Casting

<i>Ing. Jaromír Kaleta, Ph.D., Ing. Jiří Mravec, Ing. Gabriel Zalisz, Ing. Tomáš Huczala, Ph.D., Ing. David Bocek, Ph.D., Ing. Václav Pilka, Ing. Ryszard Marek, Ing. Marek Cienciala, Ing. Jiří Cupek jr., Jan Gaura, Jan Zarzycki</i>	14
---	----

Vývoj LTT modelu pro predikci teploty oceli během jejího zpracování postupy sekundární metalurgie

LTT Model Development for Prediction of Steel Temperature During Secondary Metallurgy

<i>doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D., Ing. Petr Čížek, Ph.D.</i>	23
---	----

Hodnocení odolnosti feriticko-austenitických ocelí vůči sulfidickému praskání pod napětím s přihlédnutím k drsnosti jejich povrchu

Evaluation of the Resistance of Ferritic-austenitic Steels to Sulphide Stress Cracking with Respect to their Surface Roughness

<i>Ing. Dalibor Jančar, Ph.D., prof. Ing. Jozef Vlček, Ph.D., Ing. Petr Tvardek, Ing. Radek Nikel</i>	29
---	----

Modelování a optimalizace tepelné práce lící pánve v procesu sekundární metalurgie

Modeling and Optimization of Ladle Thermal Performance in the Secondary Metallurgy Process

<i>RNDr. Pavol Mikula, DrSc., RNDr. Pavel Strunz, CSc., Mgr. Vasyl Ryukhtin, Ph.D.</i>	34
--	----

Experimental Methods of Neutron Physics Laboratory in NPI Řež for Testing of Metallic Samples

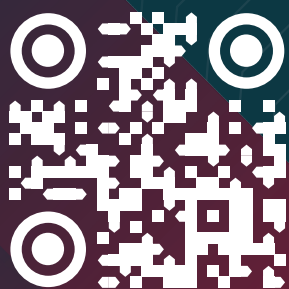
Experimentální metody Laboratoře neutronové fyziky v ÚJF Řež pro testování kovových vzorků

Informační články / Informative Articles

<i>Informace z činnosti ČHS</i>	42
---------------------------------	----

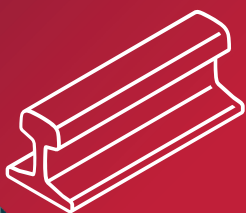
<i>Informace z Ocelářské unie, a.s.</i>	57
---	----

<i>Informace o konferencích, výstavách a veletrzích</i>	63
---	----



Všechny koleje vedou z Třince

Abyste se
dostali tam,
kam potřebujete.



OCELS
Z TŘINCE

Elektromagnetický snímač pro sochorová kontilití oceli

Electromagnetic Sensor for Steel Billet Continuous Casting

Ing. Martin Štěpánek

VÚHŽ a.s., č.p. 240, 739 51 Dobrá, Česká republika, korespondenční email: mstepanek@vuhz.cz

Článek popisuje koncept elektromagnetického snímače pro sochorová kontilití oceli a jeho praktické provozní zkoušky. Pozornost je věnována počátečním úvahám o pozici a principu umístění snímače na krystalizátoru, přes prvotní mechanické návrhy a ideové koncepty až po praktické provozní testy, kde se prokazuje přínos tohoto typu měření. Za klíčovou výhodu je považováno měření tekuté hladiny oceli bez vlivu liciho prášku a větší stabilita hladiny při běžné produkci. Důležitým aspektem, který se podařilo naplnit, byly následně automatické starty, které musí být s ohledem na velikost odlévaného formátu realizovány pouze v automatickém režimu.

Klíčová slova: Elektromagnetický snímač, hladinoměr, hladina tekuté oceli, krystalizátor, sochorové kontilití

The article describes the concept of an electromagnetic mold level sensor for billet casters of the continuous steel casting machines and its practical operational tests. Attention is paid to the initial considerations of the position and principle of placing the sensor on the mold, through the initial mechanical design and conceptual layout to practical operational tests, where the benefits of this type of measurement are demonstrated. The key advantage is considered to be the measurement of the liquid steel level without influence of the casting powder and greater stability of the steel level during regular production. An important aspect that was successfully fulfilled was the subsequent automatic starts, which must be implemented in the automatic mold level control mode only, taking into account the size of the casted format. The practical tests showed that the electromagnetic sensor brings improvement of the mold level signal stability by reduction of its noise. The measuring range is sufficient to ensure automatic start of casting. The mold level sensor was used for a production for several months and no major issues were found. Sensor itself is made of stainless steel block, cooled by water and built for a short time steel overflow. All those aspects were tested in practise. The biggest improvement seen was the mold level stability coming out from the electromagnetic measurement principle with a combination of two reading coils. Such a set up allowed also a special functions which were impletemented to provide operational safety even during emergency situations. Such as slag O rings removal, slag cracking, cleaning. The mold powder was safely independent from the measurement and its layer was invisible for the mold level sensor. All above tests were carried our with SEN casting. Number of steel grades were tested including stopper rod control and casting speed control casting. The mold level sensor itself is safe from EMC point of view with his low voltage range only. I tis now more about mechanical mold modifications needed for a mold level sensor placement on the mold copper plate top.

Key words: Electromagnetic sensor, mold level measurement, level of liquid steel, mold, billet continuous caster

1. Úvod

Klíčovým výrobkem VÚHŽ a.s., divize Automatizace je hladinoměr, který se skládá z elektromagnetického snímače výšky hladiny tekuté oceli v krystalizátoru a vyhodnocovací jednotky. Typickou aplikací jsou bramová kontilití, bloková kontilití a tenké bramy. Snímače pracují ve značně náročných podmínkách, které zahrnují až případné havarijní přelití tekutou ocelí. Měření hladiny funguje na principu generování vířivých proudů ve všech kovových dílech v okolí snímače a ve vyhodnocení změny intenzity magnetického pole v krystalizátoru vyvolané změnou výšky měřené hladiny. Každý snímač se skládá ze dvou samostatných měřících hlav, které spolu měřením pokrývají maximální možný povrch tekuté oceli.

Výsledkem je přirozeně filtrovaný signál výšky hladiny, který je dále použitý pro automatickou regulaci hladiny.

Snímač samotný je tvořen nerezovým tělesem, které je vybavené budicí cívkou pracující na frekvenci v okolí 800 Hz, a dále dvěma snímacími cívkami, které jsou typicky schopné měřit hladinu ve dvou lokalitách krystalizátoru. Tato vlastnost jednak poskytuje možnost měřit a vyhodnocovat signály ze dvou částí (oblastí) krystalizátoru a jednak poskytuje možnost mezi jednotlivými signály přepínat v případě mimořádného stavu. Velice často se tyto signály v praxi vyhodnocují samostatně pro účely pokročilého určování kvality odlévaného polotovaru.

Princip vířivých proudů je založen na střídavém elektromagnetickém poli vybuzeném budicími cívkami snímače. Pole budí vířivé proudy v okolních kovových

částech a rovněž v měřené hladině tekuté oceli. Předností tohoto typu měření je nezávislost na vyhodnocované třídě oceli, což poskytuje značnou volnost pro jakékoli typy odlévání. Takto se měření používá pro měření nerezových ocelí stejně jako pro uhlíkaté třídy.

2. Koncept sochorového snímače

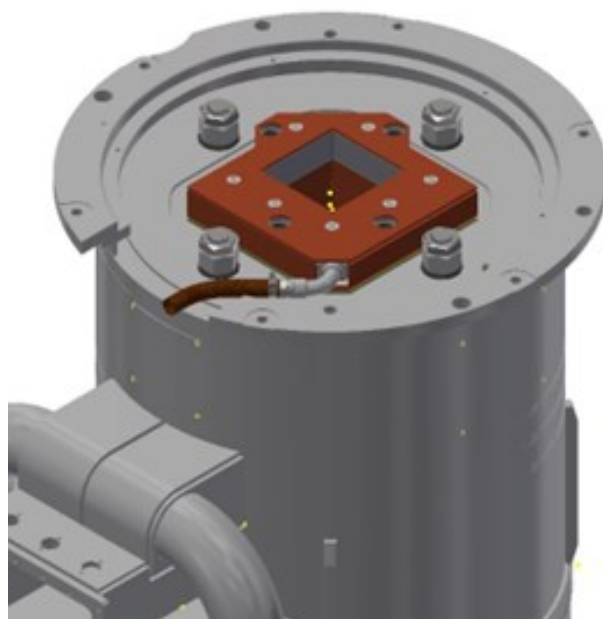
Pro účely elektromagnetického měření hladiny využívá společnost VÚHŽ a.s. nerezová tělesa snímačů, která jsou navržena do extrémních provozních podmínek a obecně vzato jsou konstruována na přežití havarijních podmínek přelitím tekutou ocelí. Ve stejném konceptu byl navržen i sochorový snímač. Z hlediska elektromagnetického měření je klíčové, že desky krystalizátorů jsou měděné a tvoří jakési stínění pro elektromagnetické pole. Toto pak lze koncentrovat dovnitř krystalizátoru, kde je žádoucí jeho co nejvyšší intenzita. Stejně jako krystalizátor, je i snímač obalen v 5 mm tlustém měděném plechu, který opět tvoří štít nebo stínění pro magnetické pole snímače, které je v maximální míře směřováno do krystalizátoru.

Z výše uvedeného plyne, že mezery anebo volné prostory mezi snímačem hladiny a krystalizátorem jsou nežádoucí a umožňují magnetickému poli unikat mimo měřicí oblast hladiny tekuté oceli. Snímač je na krystalizátor uchycen přímo na horní hranu měděné desky anebo trubky tak, aby případné mezery nevznikaly ani při různých situacích během produkce. Což je klíčové pro stabilitu signálu, který se po celou dobu produkce využívá pro regulaci hladiny. Cílená fluktuace hladiny je mnohdy do ± 2 mm.

Původní konstrukce sochorového snímače vycházela z konstrukce rámečku. Takový snímač byl položen po celém obvodu krystalizátorové trubky a byl vyroben přímo na míru dle daných konkrétních rozměrů. Výhodou byla pevná a tuhá koncepce snímače, který se z technického pohledu měření hladiny jevil jako nejlepší možné řešení pro splnění daného cíle měřit hladinu na sochorovém kontilitu. Následné komplikace v provozní praxi vyplynuly velice rychle. Zjistili jsme, že v podstatě každý jiný výrobce typicky stejných měděných trubek pro sochorová kontilita má ve své horní části jiné rozměry. Proto by bylo nutné pro koncept rámečkového snímače individuálně vyrábět jiné a další velikosti rámečkového snímače hladiny, který by rozměrově vyhovoval dané měděné trubce.

Výše uvedené omezení nám bylo známo a interně jsme brali rámečkový typ snímače jako mezikrok pro další evoluční konstrukční verzi sochorového snímače. Šlo tedy o projektové cvičení s jediným cílem ověřit si funkčnost a použitelnost elektromagnetického principu měření hladiny na sochorovém rozměru. Velikou nejistotu v tomto projektu určoval fakt, že jsme se rozhodli měřit reálný povrch tekuté oceli principem, který opravdu nahlíží seshora na povrch měřené hladiny skrz krycí ochranný lící prášek. Nicméně od samého začátku byl rámeček tvořen dvěma měřicími rameny a dvěma pasivními rameny, která byly konstrukčně, z pohledu pevnosti a tuhosti, vyrobeny z jednoho dílu teplotně odolné nerezové oceli. Pohled viz Obr. 1.

Snímač samotný je vybaven budicími a snímacími cívkami. Je propojen s vyhodnocovací elektronikou pomocí 12žilového kabelu, který, jelikož není umístěn uvnitř vodního pláště krystalizátoru, mohl být realizován klasickým způsobem pouze s ochranou s ohledem na podmínky chladicí komory kontilitu. Snímač je dále vybaven vstupem a výstupem chladicí kapaliny a upínacími body, pomocí nichž je mechanicky přichycen ke krystalizátoru. Celá montáž snímače probíhá typicky na dílně oprav krystalizátorů, kde je na montáž dostatek prostoru. Snímač je dále elektricky oddělen od krystalizátoru pomocí izolační podložky, která má za cíl eliminovat případný vliv bludných proudů, které v tělese krystalizátoru vznikají.



Obr. 1 Rámečkový sochorový snímač

Fig. 1 Frame-type billet sensor

3. Provozně výhodná konstrukce

Prvotní testy rámečkového sochorového snímače proběhly v režimu sledování hladiny a následně i v režimu automatické regulace hladiny s tím, že největší výzvou měření byly úpravy PLC s ohledem na nutné plně automatické starty odlévání. Hladina tekuté oceli na sochorovém kontilitu s rozměry kolem 150 x 150 mm je s ohledem na hloubku žádané hladiny pro obsluhu téměř mimo zorné pole, a i s ohledem na rychlost odlévání nelze počítat s možností ručního odlévání. Jakékoli mimořádné situace tam musí být zohledněny v programu PLC, což vytváří na programátory zvýšené nároky. Je potřeba logikou ovládní pokrýt širokou škálu situací, které mohou při odlévání nastat, a všechny je mít připravené v samotném programu. Diskuze kolem automatické regulace hladiny tedy probíhaly na etapy. Mnohé situace se musely otestovat až v praxi. Takto jsme například v pozorovacím režimu, kdy nebyl použit signál rámečkového snímače pro automatickou regulaci, čelili přelití snímače a mohli si tak naživo ověřit možnosti vodního chlazení. Pro snímač

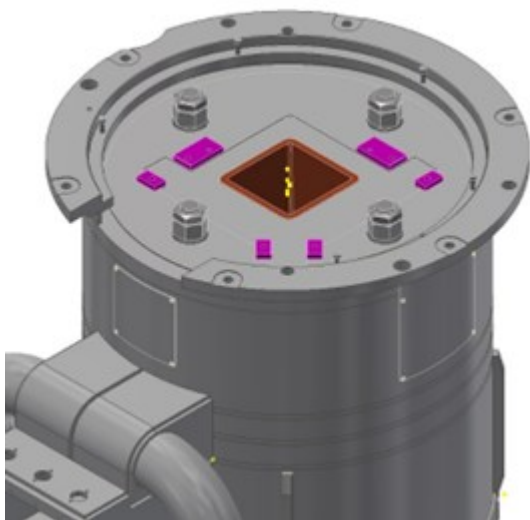
samotný nebylo přelití tekutou ocelí nijak zásadní a po očištění jsme rámečkový snímač mohli opět použít pro lití.

S ohledem na rozmanitost konstrukčních řešení měděných trubek jsme přešli do druhé fáze a tou byl snímač tvaru L. To umožňovalo vyrobit jeden samotný snímač L, který mohl být univerzálně použitý na rozdílné měděné trubky jednoho sochorového kontilití bez nutnosti větších úprav. Snímač je doplněn pasivní vložkou, která mechanicky doplňuje potřebný rámečkový tvar snímače a je tak poměrně levně a univerzálně přizpůsobená konstrukci dané měděné trubky krystalizátoru. Je potřeba brát technicky v potaz, že samotný snímač a L pasivní vložka tvoří v podstatě prodloužení měděné trubky krystalizátoru a musí

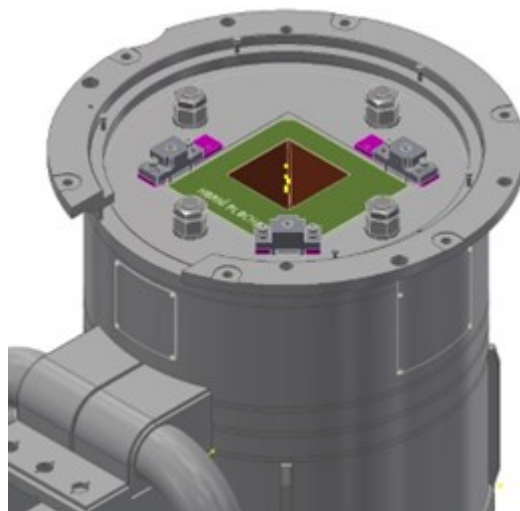
do finální fáze s použitím signálu pro automatickou regulaci odlévání včetně automatických startů.

Na Obr. 2 až 6 lze vidět mechanické uchycení L sochorového snímače VÚHŽ na krystalizátoru koncového zákazníka Třineckých železáren, na kterém se ověřovaly možnosti a předpoklady elektromagnetického principu měření na sochorovém kontilití. Snímač svým principem měří a vyhodnocuje celý povrch tekuté oceli, který integruje jeho povrch do výsledného signálu hladiny.

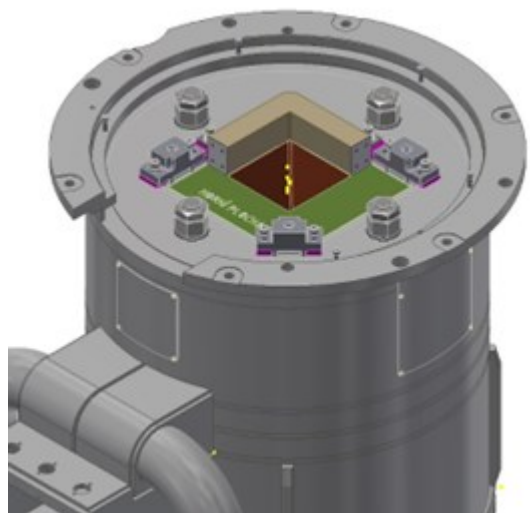
Princip mechanického uchycení je v souladu s principy uchycení ostatních snímačů VÚHŽ, který uplatňuje tzv. princip dotlačování. Poloha snímače je mechanicky



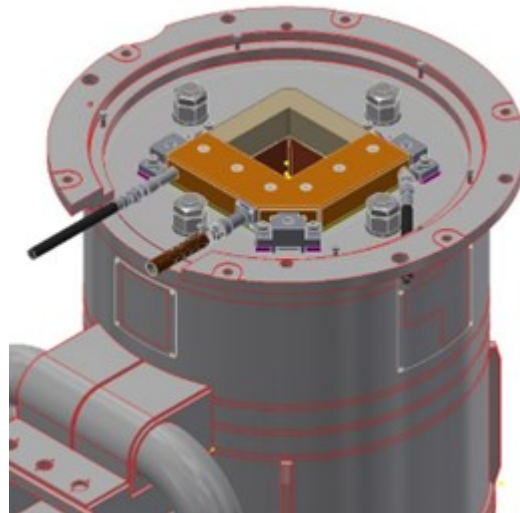
Obr. 2 Mechanické úpravy krystalizátoru
Fig. 2 Mechanical modifications of the mold



Obr. 3 Držáky a podložka na krystalizátoru
Fig. 3 Sensor holders and gasket on the mold



Obr. 4 Pasivní vložka na krystalizátoru
Fig. 4 Passive insert on the mold



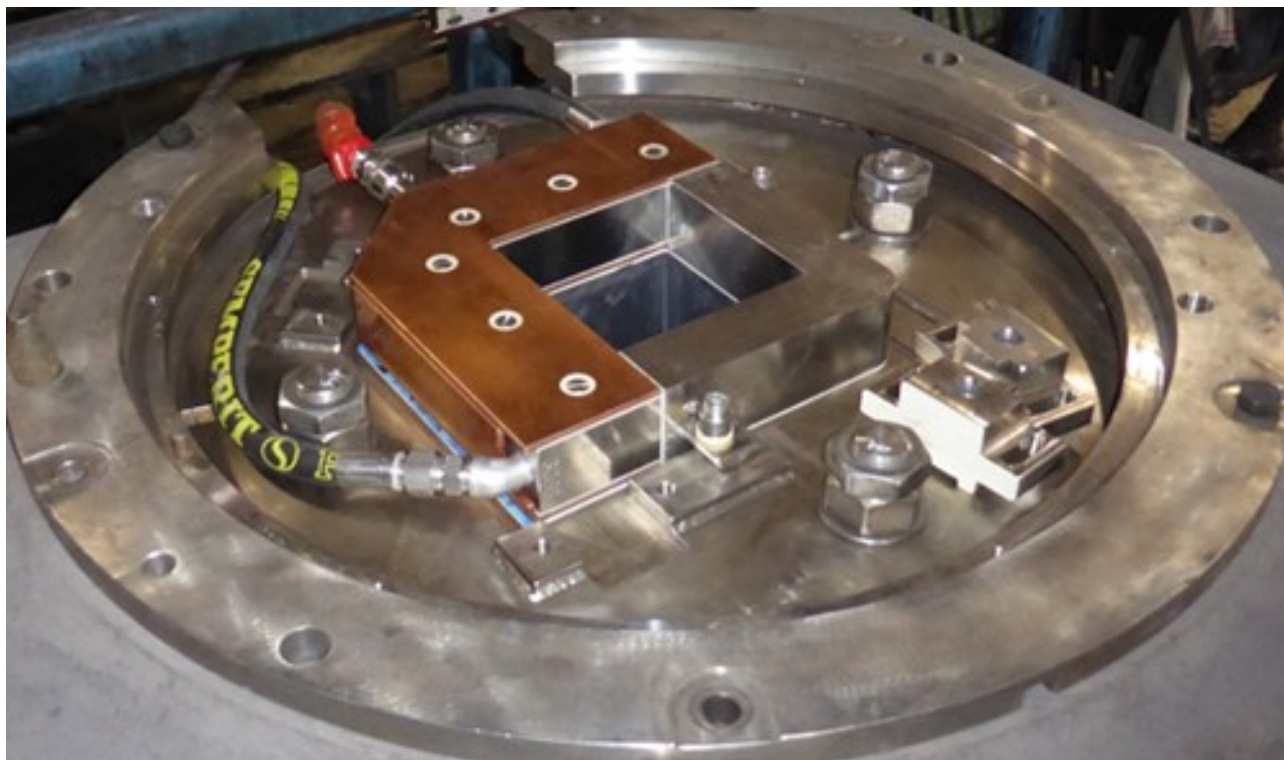
Obr. 5 Sochorový L snímač na krystalizátoru
Fig. 5 L-shape billet sensor on the mold

být konstrukčně připravené i na možné přelití tekutou ocelí. Na tento havarijný stav jsou snímače VÚHŽ konstruovány a technicky připraveny již historicky a tvoří tím jednu ze svých předností.

S tímto snímačem jsme zopakovali již dříve provedené provozní zkoušky a již v mnohem rychlejším režimu přešli

vymezená držáky, které určují samotnou pozici snímače. Ten je dále seshora dotlačován krytem snímače, popřípadě horní flánží krystalizátoru. Celý tento princip zajišťuje fixní vzájemnou polohu snímače a horní části měděné desky během celého procesu odlévání, a tedy během pracovní doby snímače. Robustnost snímače a jeho vhodné

uchycení na krystalizátor cílí na maximální možnou životnost snímače bez nutnosti zásahu údržby.



Obr. 6 Sochorový L snímač na krystalizátoru
Fig.6 L-shape sensor on the mold

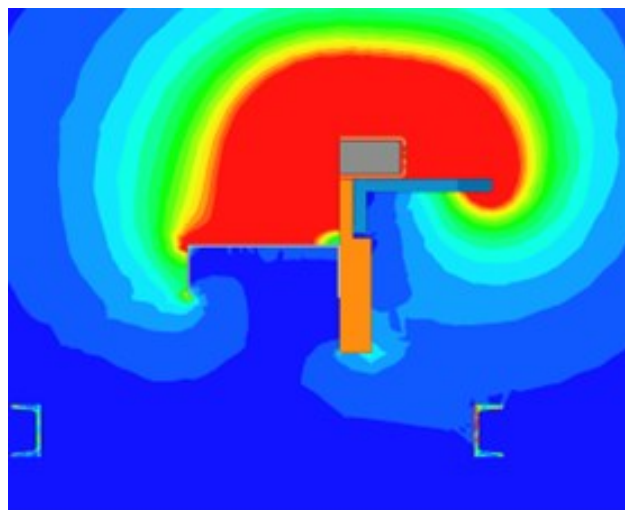
4. Praktické provozní zkoušky

Snímač svým principem generuje elektromagnetické pole uvnitř krystalizátoru. Toto pole vniká do povrchu tekuté oceli. Tím se ve vodivém povrchu tekuté oceli generují vířivé proudy. Vypočtené magnetické pole generované snímačem je zobrazeno na Obr. 7. Jeho tvar a intenzita jsou konceptem snímače koncentrovány dovnitř krystalizátoru tak, aby jeho maximální část intervenovala s povrchem tekuté oceli jakožto s měřenou veličinou. Výsledkem je signál hladiny oproštěný od vlivu licího prášku, popřípadě teploty měděné trubky. Tím se odlišuje od většiny jiných konkurenčních měřidel. Snímač vyniká stabilním signálem hladiny, což je dáno jeho principem měření celého povrchu tekuté oceli, což je dáno jeho velikostí magnetického pole, které se pro účely měření vyhodnocuje.

V Obr. 7 je červenou barvou zvýrazněná oblast největší intenzity magnetického pole snímače. Pod snímačem a magnetickým polem je vidět simulovaná hladina, která je pro účely laboratorních testů tvořená hliníkovou deskou. Zelené a modré části ukazují na oblasti s nižší intenzitou magnetického pole.

Pro představu je potřeba si uvědomit, že magnetické pole je střídavé a je tak schopno měřit i nemagnetické ovšem vodivé materiály, což je požadavek vzniku vířivých proudů. Tato skutečnost je klíčovou pro měření tekutých kovů, které se svou teplotou pohybují vysoko na

Curieovým bodem. Pozbývají tedy své feromagnetické vlastnosti. Díky tomuto fyzikálnímu jevu lze pomocí interakce vířivými proudy měřit tekutou ocel, tekutou měď, tekutý hliník a další kovy.



Obr. 7 Rozložení elektromagnetického pole snímače
Fig. 7 Sensor electromagnetic field view

4.1 Studené zkoušky

Pro účely provozních testů – a především z důvodu schválení celého projektu – jsme se spolu s koncovým zákazníkem dohodli na dodržení stejné fyzické hladiny v krystalizátoru, jaká byla na tomto proudu provozována před testy. Jelikož jsme pro účely elektromagnetického měření potřebovali umístit snímač blíže k tekuté oceli, museli jsme si nechat vyrobit novou a kratší měděnou trubku a tím vznikl i požadavek na novou konstrukci samotného krystalizátoru. Výsledná měděná trubka má délku 930 mm a umožňuje, aby se snímač nacházel zhruba 60 až 80 mm nad úrovní jmenovité hladiny oceli. Omezujícím faktorem byl dosah elektromagnetického snímače, který byl stanoven na 150 mm. Elektromagnetické pole je zde limitováno velikostí měděné trubky, a to svým rozměrem 150x150 mm.

V průběhu příprav na testy elektromagnetického snímače na sochorovém kontilitu byly nutné i úpravy PLC, a to z důvodu jiného rozsahu měření pro nový vs. původní systém měření hladiny. V obdobném duchu se upravily limity i pro regulaci. Menší vzdálenost mezi žádanou hladinou a horní hranou měděné trubky, což vyvolalo diskuzi o možném snížení bezpečnosti během případného přelítí, jsme zargumentovali 3x rychlejší odezvou elektromagnetického snímače hladiny. Na případné změny hladiny tak mohla regulace reagovat mnohem dříve a v konečném důsledku jsme považovali úroveň bezpečnosti stejnou anebo obdobnou jako pro původní měření hladiny.



Obr. 8 Hliníková simulační deska
Fig.8 Aluminium simulation plate

Studené zkoušky v sobě zahrnovaly simulace automatických startů, které jsme realizovali pomocí hliníkové simulační desky (viz Obr. 8), se kterou se daly nasimulovat různé situace, které by mohly při odlévání nastat. Rovněž jsme se zaměřili na bez nárazové přepínání mezi původním a novým měřením po rampě. Veškeré úpravy byly realizovány společně s koncovým zákazníkem a byly diskutovány jak z pozice bezpečnosti, tak technického přínosu celého testu.

Nutné úpravy v sobě zahrnovaly především změny limitů hladiny s ohledem na bezpečnost při odlévání. Principiálně rozdílné typy měření pro automatické starty vyžadovaly různé přístupy z pohledu logiky PLC, dále možnost přepnutí ze stávajícího měření hladiny na nový snímač L, a to bez nárazově po rampě, atd.

Samotné měření hladiny VÚHŽ vyžaduje nastavení parametrů během studených testů. Tyto probíhají se simulační hliníkovou deskou a zjišťuje se zde odezva signálu na změnu pozice hliníkové desky jakožto modelu pro různé vzdálenosti desky od snímače. Dle získané odezvy jsme nastavili parametry měření tak, aby byla výsledná závislost co nejbližší požadovanému cílovému rozsahu, které definovalo nastavení řízení hladiny v PLC.

4.2 Provozní zkoušky

V první fázi testů byl použit elektromagnetický snímač pouze k pozorování hladiny a doladění parametrů hladinoměru VÚHŽ. Pro účely ověření signálu snímače v porovnání s pozicí tekuté oceli v krystalizátoru jsme používali ocelový drát, který se pro účely ověřování vnořoval do tekuté oceli, kde se utavil na pozici aktuální výšky oceli v krystalizátoru. Výsledná délka drátu byla použita pro ověření se signálem hladinoměru. Takto jsme během testů provedli zhruba 200 ověřovacích měření s průměrnou výslednou odchylkou do 1 mm od skutečné výšky hladiny (viz ukázka záznamu na Obr. 9).

Takto ověřený signál hladiny, kdy jsme s koncovým zákazníkem kontrolovali signál v různých situacích v provozu, a po důkladné verifikaci jsme použili pro automatickou regulaci hladiny. Velkou výzvou byly starty lití, kde jsme neměli tolik šancí samotný signál verifikovat. Nakonec se však starty lití podařily realizovat spolehlivě a naskytla se možnost použít signál z elektromagnetického snímače hladiny pro celou sekvenci. Takto jsme realizovali zhruba 13 sekvencí lití. Tímto jsme využili veškerou kapacitu životnosti měděné trubky krystalizátoru a mohli tak přejít k zakoupení další měděné trubky pro další testy. Současné měření nám tak umožnilo spolehlivě provozovat elektromagnetický snímač hladiny umístěný na hraně měděné trubky sochorového krystalizátoru ZPO2 kontilitu v Trineckých železárnách. Mohli jsme tak přejít k vyhodnocení signálu hladiny v porovnání s původním radioaktivním měřením.

Hned při verifikaci signálu hladiny z elektromagnetického snímače jsme si všimli závislosti výšky tekuté oceli v krystalizátoru na výšce lícího prášku, která ovlivňovala

původní měření a aktivně tak měnila reálnou hladinu v krystalizátoru během produkce.

Signál hladiny z měření typickým radioaktivním izotopem, který se v dnešní době pro sochorová kontilita používá nejčastěji, v sobě přirozeně zahrnuje šum a je tak značně rozkmitaný. Z pohledu přepnutí na signál hladiny z elektromagnetického snímače jsme okamžitě dosáhli zhruba 5x menší hodnoty sigma střední odchylky hladiny, které jsme monitorovali pomocí snímače VÚHŽ. Toto uklidnění hladiny bylo v souladu s teoretickým předpokladem principu samotného měření hladiny. Kdy elektromagnetický snímač měří fyzicky pouze povrch hladiny tekuté oceli v krystalizátoru a není tak zatížen jinými nežádoucími faktory. Navíc z pohledu elektromagnetického principu je signál imunní vůči tloušťce licího prášku v krystalizátoru. Rozdíly jsou patrné ze záznamů uvedených na Obr. 10 a Obr. 11.

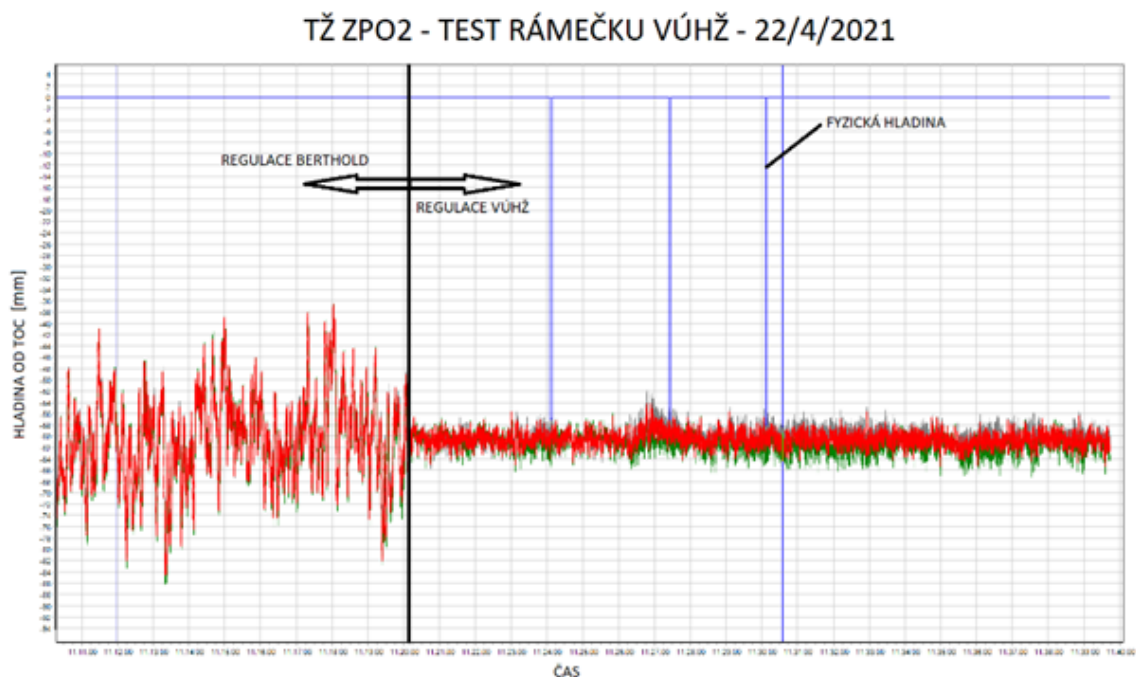
Výše uvedené provozní zkoušky proběhly v konfiguraci odlévání s ponornou licí trubicí a hladina byla zakryta licím práškem. Jde o odlévání kvalitních tříd ocelí. I proto zde mělo testování s elektromagnetickým snímačem technické předpoklady. Cílem provozních testů bylo jednak prokázat přínos kvality na odlévaném sochoru a jednak potvrdit si realizovatelnost provozovat elektromagnetický snímač na sochorovém kontilitu.

Zákazník se specializuje na široký sortiment odlévaných ocelí, zde mohu vyjmenovat například cementační oceli, mikrolegované oceli, šroubárenské a řetězové oceli. Dále ložiskové, pružinové a automatové oceli. Z toho důvodu nám byl při testech elektromagnetického snímače hladiny poskytnut nadstandartní prostor pro testy a po celou dobu příkladná a obětavá spolupráce, jak ze strany provozu a technologie, tak i ze strany podpory pro úpravy PLC.

	A	B	C	D	E	F	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
	time	real steel	hlad_o	hlad_l	hlad_p	tepl_1	Hla (mm) zmerena pri liti	rozdi (mm) pri liti	pořadové číslo liti	čas startu	datum	sensor	krystal zátor
1													
210	0:27:58	-60	15,95	15,95	15,93	51,59	-61	-1	13	18.8.2021	4x test autostart		
211	0:28:45	-61	16,02	16,22	15,797	51,7	-60	1					
212	16:09:44	-60	15,98	15,85	16,109	55,59	-60	0					
213	16:11:16	-63	16,15	15,88	16,391	55,59	-58	5					
214	16:55:50	-58	16,03	16,06	15,992	55	-60	-2					
215	16:56:53	-56	16,02	16,04	16,008	55	-60	-4					
216	17:20:38	-59	16,02	16,16	15,875	53,8	-60	-1					
217	17:21:55	-57	16,02	16,13	15,891	53,8	-60	-3					
218							PRŮMĚR	0					
219													

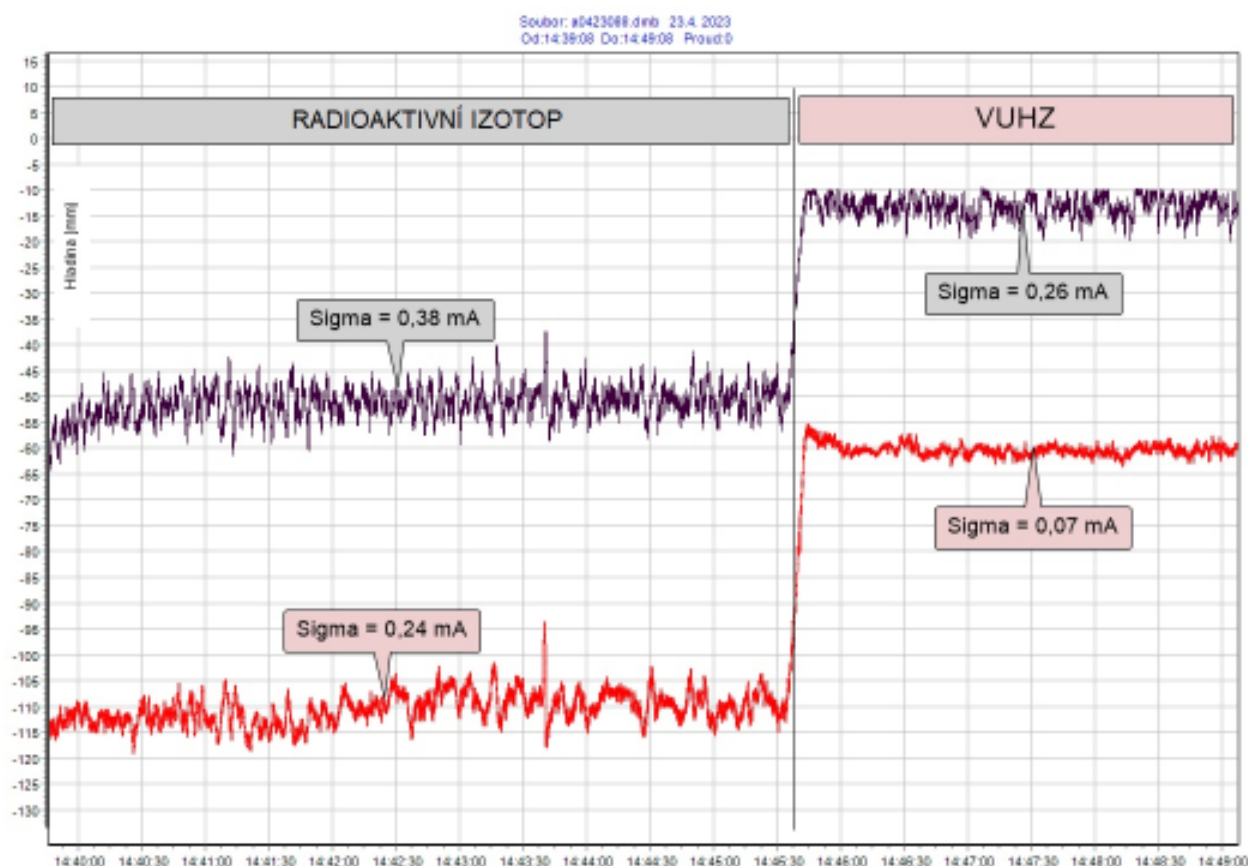
Obr. 9 Měření odchylky signálu hladiny pomocí drátu

Fig.9 Steel wire dips checking results



Obr. 10 Trend signálu hladiny při přepnutí na signál z L snímače

Fig. 10 Switch over to L-shape sensor signal



Obr. 11 Porovnání hodnot sigmy při přepnutí regulace na signál ze snímače L [1]

Fig.11 Sigma comparison from sensors switchover during AMLC

5. Závěr

Teoretické předpoklady elektromagnetického principu měření snímače L VÚHŽ byly v praxi plně potvrzeny a navíc se snímač prokázal jako schopný realizovat kompletní lící sekvenci od samotného plnění krystalizátoru, automatického startu lití, přes použití v regulační smyčce po celou dobu produkce. Plně se navíc projevil jeho přínos pro klidnější a ustálenější hladinu, a to jak z pohledu trendu samotného (signál v regulaci), tak z pohledu reálné hladiny tekuté oceli v krystalizátoru, což bylo ověřeno nezávislým třetím měřením a tím bylo měření pomocí drátu. Je potřeba na druhou stranu zmínit nutnost použití lící trubice a nutnost použití nerezových nástrojů (ideálně dřevěných) pro práci v krystalizátoru během odlévání celé sekvence. Pouze pak je možné mluvit o spolehlivém a opakovatelně dosažitelném přínosu elektromagnetického signálu hladiny pro regulaci na sochorovém kontilití.

Poděkování

Autor příspěvku děkuje spolupracovníkům divize Automatizace, VÚHŽ, a.s. za pomoc a ochotu při přípravě snímače a realizaci provozních zkoušek.

Použitá literatura

- [1] Rostislav MILATA, Martin SZMARAGOWSKI, Martin ŠTĚPÁNEK, Měření hladiny oceli - VÚHŽ sochorový snímač.pptx, firemní prezentace
- [2] Miroslav PATOČKA Magnetické jevy a obvody, Brno, 2011
- [3] Karel ZEHNULA, Měření neelektrických veličin – měřicí metody, Praha, 1978
- [4] T. PINDUR, A. PAWLIK, J. ROHÁČ, VUHZ electromagnetic mold level measuring system on thin slab caster equipped with electromagnetic mold brake, ECCO, Vídeň, 2017
- [5] J. ROHÁČ, A. PAWLIK, J.E. ERIKSSON, D.A. DOMANSKI, K. VÁLIMAA, D. BOCEK, J. CUPEK, Electromagnetic MLS on bloom continuous casting machines equipped with electromagnetic mold stirrer, JSI, Paříž, 2012

Vývoj LTT modelu pro predikci teploty oceli během jejího zpracování postupy sekundární metalurgie

LTT Model Development for Prediction of Steel Temperature during Secondary Metallurgy

Ing. Jaromír Kaleta, Ph.D., Ing. Jiří Mravec, Ing. Gabriel Zalisz, Ing. Tomáš Huczala, Ph.D., Ing. David Bocek, Ph.D., Ing. Václav Pilka, Ing. Ryszard Marek, Ing. Marek Cienciala, Ing. Jiří Cupek jr., Jan Gaura, Jan Zarzycki

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika, korespondenční email: jaromir.kaleta@trz.cz

Jedním z klíčových parametrů pro liti oceli je udržení tzv. „přehřátí“, tedy určitého rozmezí teploty taveniny na zařízení pro plynulé liti pro každý druh oceli. Pánvové pece jsou z hlediska řízení přehřátí klíčovým pracovištěm – jedná se o jediné místo, kde lze teplotu ocelové lázně zvýšit. V případě absence softwarového řešení pro řízení ohřevu závisí správný ohřev taveniny na zkušenostech a znalostech obsluhy pánvové pece, případně na pokynech operátora vakuovací stanice. Vzhledem k nedostatkům modelů třetích stran i modelů založených na strojovém učení bylo v TŽ rozhodnuto vytvořit vlastní model na odlišném principu. Od roku 2022 je v TŽ vyvíjen interní model založený na fyzikálně-chemických rovnicích, který je jednoduchý, modulární a srozumitelný pro technologické pracovníky TŽ, tedy včetně vhodné vizualizace. Model je v současnosti testován v provozu ocelárny v TŽ. Cílem je jeho plně nasazení do praxe, kde se očekávají přínosy zejména v úsporách elektrické energie a optimalizaci dodržení přehřátí na ZPO.

Klíčová slova: ocel, teplota oceli, sekundární metalurgie, model, pánvová pec

One of the key parameters for casting is to maintain the so-called "superheat", i.e. a certain range of melt temperature on CCM for each steel grade. Ladle furnaces are a key station in terms of superheat control – it is the only place where a steel bath temperature can be raised. In the absence of a SW solution for heating control, it is up to the experience and knowledge of the ladle furnace operator, or the vacuum station's operator's instructions, to heat the melt correctly. To motivate the reduction of the human factor in this process and with the aim of optimizing the superheat distribution, SW for optimal control of this process is offered on the market and TŽ also analysed historical melt data and created their own models based on machine learning. Due to the shortcomings of third-party models and machine learning models, it was decided to create a custom model based on a different principle. Since 2022, an internal model based on physical and chemical formulas has been developed at TŽ, which is uncomplicated, modular and readable for TŽ technologists - i.e. including suitable visualization. The principle of this model is the real-time prediction of the temperature development of a given melt based on currently available data and the prediction of the future melt temperature based on physics-chemical models. With each actual temperature measurement during the melt processing, the model is corrected to the temperature just measured. The output of the model is a dashboard for operators at secondary metallurgy stations, which renders them a temperature curve of the melt in real time, including guidance to the correct outgoing temperature of secondary metallurgy and superheat temperature to CCM (marked with a green band). The on-line model is also complemented by an "off-line" version of the model, which allows for retrospective analysis of already completed melts. The model is currently being tested in practice at the steel plant in TŽ. The aim is to fully deploy the model in practice, where the expected benefits are mainly savings in electricity and optimization of superheat compliance at CCM.

Key words: steel, temperature, secondary metalurgy, model, ladle furnace

1. Úvod

Kysliko-konvertorová ocelárna v Třineckých železárnách (TŽ) produkuje ročně cca 2,5 Mt oceli. Výroba surové oceli probíhá pomocí dvou konvertorů LD-typu, přičemž ocel je dále zpracovávána na zařízeních sekundární metalurgie. Tato zařízení jsou stanice chemického ohřevu (IR-UT), argonovací homogenizační stanice, dvě pánvové pece a dvě vakuovací zařízení typu RH. Odlévání oceli probíhá na dvou zařízeních plynulého odlévání oceli (ZPO), a to ZPO č. 1 (blokové) a ZPO č. 2 (sochorové).

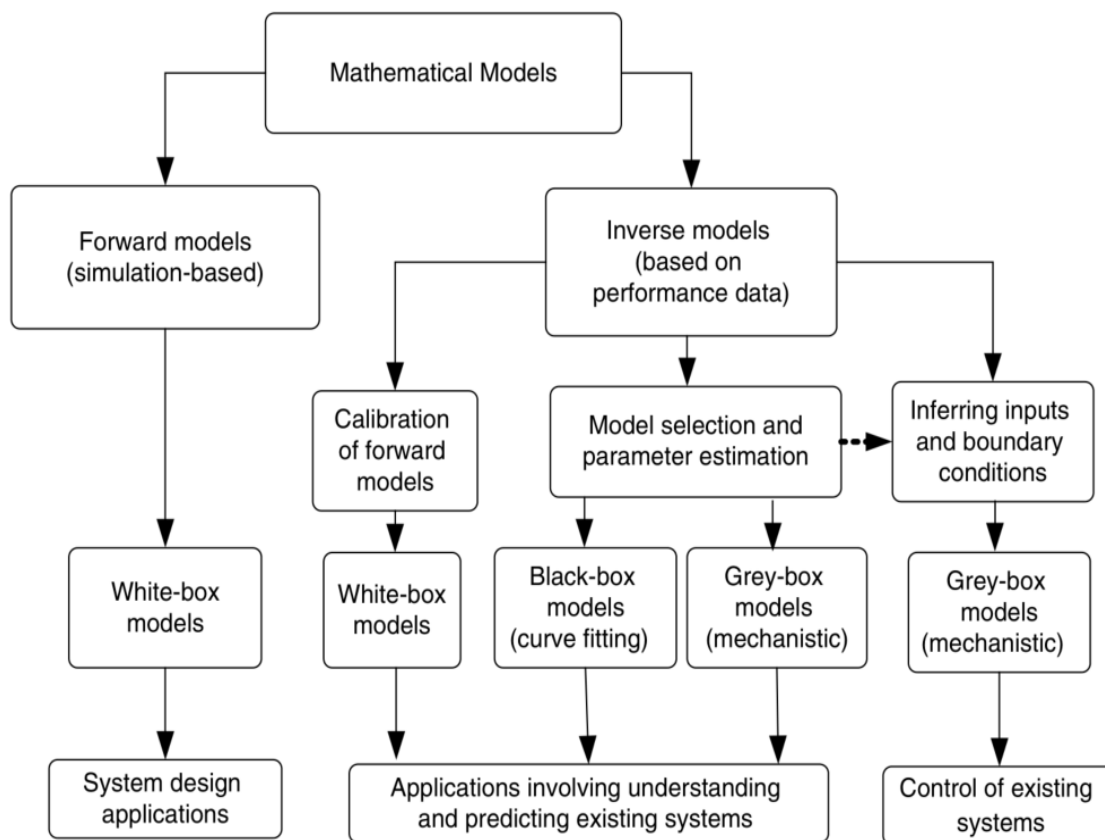
Jedním z klíčových parametrů pro odlévání oceli je dodržení tzv. "přehřátí", tedy určitého rozmezí teploty tavby na ZPO pro každou značku oceli, která je daná technickým předpisem odvozeným od likvidu každé značky oceli. Dodržení požadovaného přehřátí je jedním ze sledovaných parametrů každé ocelárny. U oceláren s pánvovými pecemi, kde dochází k ohřevu ocelové lázně pomocí elektrické energie, je právě toto stanoviště klíčové z hlediska kontroly přehřátí. Jedná se totiž o jediné místo, kde lze ocelové lázni dodat energii a zvýšit její teplotu (po odpichu z konvertoru jinak dochází k ochlazování ocelové lázně při pohybech pánve s ocelí a k poklesu dochází i na ostatních stanicích sekundární metalurgie - tj. argonování

a vakuování). Operátoři pánvové pece jsou tak zodpovědní za dodržení přehřátí na ZPO, neboť svými ohřevy stanovují dodanou energii ocelové lázni a uvolňují ocel z pánvové pece s určitou teplotou, která by měla být dostatečná pro dodržení přehřátí na ZPO (tj. vč. očekávaného poklesu během převozu pánve či během vakuování, které následuje po pánvových pecích jako poslední proces sekundární metalurgie). Při absenci SW řešení pro řízení ohřevu je na zkušenostech a znalostech operátora pánvové pece, případně na instrukci operátora vakuovací stanice u vakuovaných taveb, aby ohřev dané tavby provedl správně - tj. aby nedošlo ani k "zamrznutí" ani k "přehřátí" tavby.

Z motivace omezení lidského faktoru při tomto procesu a s cílem optimalizace dodržení přehřátí jsou na trhu nabízeny SW pro optimální řízení tohoto procesu. Tyto SW byly do TŽ postupně nabídnuty ze strany několika firem v letech 2020-2023. Souběžně s těmito nabídkami komerčních SW docházelo v TŽ k analýze historických dat taveb a rovněž k tvorbě vlastních modelů na bázi strojového učení (na základě dat r. 2020/2021). V r. 2022 bylo učiněno rozhodnutí o tom, že TŽ zatím nebudou kupovat komerční SW a řídit proces ohřevu na pánvových pecích pomocí SW třetí strany. Hlavním důvodem byla "black-box" povaha těchto SW, značný náklad na jejich pořízení a nepříliš pozitivní dosavadní zkušenost TŽ s datovými modely pro řízení metalurgických procesů od třetích stran. Rovněž,

interní modely čistě na bázi strojového učení (tj. pouze na základě dat, ne metalurgického know-how) nebyly schopné dostatečné přesnosti (zejména na nestandardně se chovajících tavných) a objevil se zde problém s kvalitou vstupních dat a interpretabilitou (pochopením chování modelů) pro provozní podmínky.

Modely lze rozdělit do tří hlavních kategorií. První jsou modely reprezentující jevy teoretickými prostředky, známé jako matematické modely nebo modelování bílé skřínky. Tyto modely reprezentují jevy pomocí zákonů fyziky a chemie, které zahrnují kondukcii, konvekci i radiaci a jsou založeny na Fourierových zákonech, Newtonově ochlazování a Stefan-Boltzmannových zákonech. Nově je také využíváno technik jako je Computational Fluid Dynamics (CFD). Jak ale upozorňují autoři v [1], jejich algoritmus prováděl výpočet ~35 minut, což neumožnilo jeho použití v průmyslových podmínkách a navrhli použití technik strojového učení. Obdobně i v práci [2] byla zvolena kombinace matematického a regresního modelu. Modely založené na strojovém učení a aplikované v reálném čase lze rozdělit na dvě třídy: hybridní, známé také jako modelování šedé skřínky využívající znalosti z modelování fyzikálních zákonů a nehybridní, nazývané modelování černé skřínky. Rozdělení modelů dle literatury [3] je na Obr. 1.

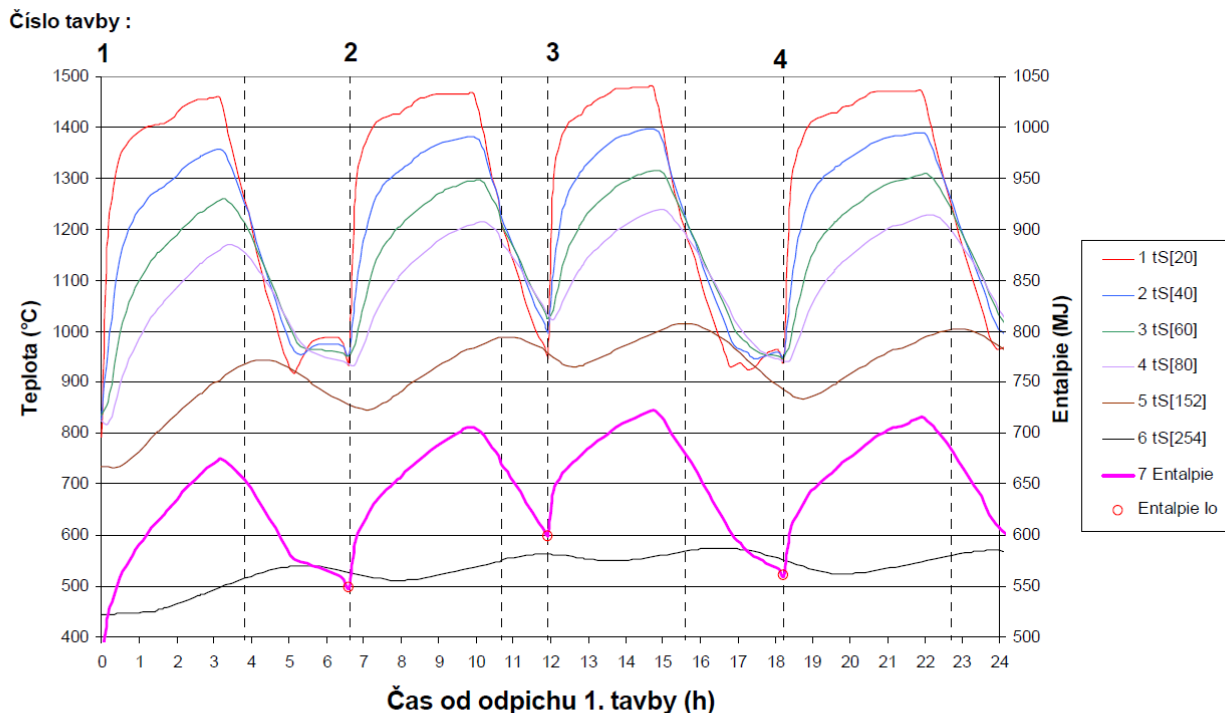


Obr. 1 Rozdělení matematických modelů dle [3]

Fig. 1 The split of mathematical models according to [3]

Autoři v [4] provedli měření teploty dolomitové vyzdívky pánve. Pro stanovení tepelného stavu vyzdívky zvolili entalpii vyzdívky pánve vztaženou na 1 m² pracovního povrchu pánve (J·m⁻²). Tepelný stav vyzdívky pánve ovlivňuje teplotní gradient stěny pánve a množství tepla pro ohřev vyzdívky pánve. Z průběhu grafu entalpie na Obr. 2 (křivka č. 7) vyplývá, že největší tepelný tok do vyzdívky je po odpichu tavby a s dobou pobytu oceli v

pánvi se snižuje. Entalpie na konci liti je ovlivněna i odpichovou teplotou oceli. Teplota trvalé vyzdívky (křivka 6) se zvyšuje opožděně. Obdobně lze předpokládat, že i zvýšení nebo snížení teploty pláště neodpovídá aktuálnímu zvýšení či snížení teploty oceli a tato hodnota není vhodným prediktorem tepelných ztrát. Převládajícím dějem je spotřeba tepla na ohřev vyzdívky pánve (zvýšení její entalpie).



Obr. 2 Průběh teplot a entalpie vyzdívky dolomitové pánve v časovém úseku 1. až 4. tavby [4]

Fig. 2 The temperature and enthalpy development of a dolomite-lined ladle over time of 1-4th heat [4]

2. Vývoj LTT modelu

Od r. 2022 došlo v TŽ k vývoji interního modelu průběhu teploty oceli v pánvi v programovacím prostředí/jazyku R. Klíčovým předpokladem, tvorby tohoto modelu bylo, aby byl model postaven na základě modelování šedé skříňky s využitím znalostí fyzikálních a termodynamických vzorců a byl ze své povahy nekomplikovaný, modulární a čitelný pro technology TŽ - tj. včetně vhodné vizualizace (nejen predikce teplot, ale i vizualizace celého procesu ocelárny). Hlavním principem tohoto modelu je predikce teplotního vývoje dané tavby v daném čase na základě aktuálně dostupných dat z databází TŽ a predikce vývoje budoucí teploty na základě fyzikálně-chemických modelů (např. model ohřevu na pánvových pecích, model teplotních ztrát během legování, model poklesu teplot v pánvi atd.). Odtud také označení LTT model: Ladle Metallurgy, Tretament time, Thermal model).

Základem modelu je výpočet tepla Q dle rovnice:

$$Q = Q_{El} + Q_{Ch} + Q_L \quad (1)$$

kde Q_{Ch} - chemického teplo (IRUT) [J]

Q_L - tepelné ztráty [J].

Pro výpočet změny teploty ΔT byla použita rovnice:

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c} \quad (2)$$

Zjednodušeně lze závislost změny tepla Q jako změnu volné entalpie ΔH , která vyjadřuje změnu tepla soustavy za konstantního tlaku. Tepelná kapacita oceli je vypočtena z hmotnosti oceli v pánvi m a měrná tepelná kapacity oceli c je odhadována výpočtem podle Neuman-Koppova pravidla na základě požadovaného chemického složení oceli.

Doba zpracování oceli v pánvi v procesu sekundární metalurgie je nejvýznamnějším parametrem pro modelování procesů sekundární metalurgie. V TŽ je pokles teploty oceli v pánvi $\sim 1^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ u taveb pod bazickou struskou. Není-li tavba míchána, klesá rychlost ochlazování na hodnoty $\sim 0.5^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$. Pro odchylku 10 min v plánovaných časech zpracování tavby v pánvi tak může být chyba predikce $\sim 10^\circ\text{C}$. Predikce budoucích časových parametrů je proto zahrnuta do vyvíjeného modelu, i když může být nahrazena externím modelem pro plánování (mill scheduling). Mezi tyto parametry lze zařadit např.:

- doba přesunu tavby,
- doba zpracování oceli ve vakuu,
- čas začátku odlévání,

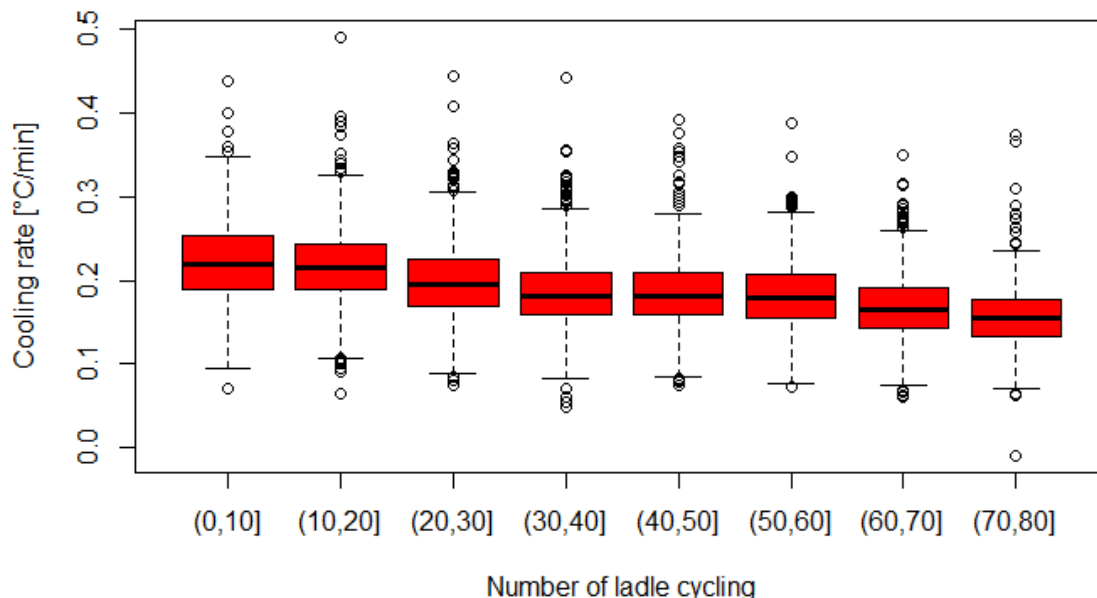
- doba odlévání atd.

Během odlévání oceli je pánve shora izolována a ocel není míchána inertním plynem, proto jsou tepelné ztráty menší než v procesech SM. Největší pokles teploty oceli je způsoben ztrátou při transportu oceli do MP a prostupem tepla stěnou MP. Z provozních dat vyplývá, že ochlazování oceli ve shora zakryté (izolované) pánvi je menší než 0,2 °C/min.

TŽ již disponují modelem, jehož výstupem je aktuální entalpie vyzdívky pánve. Model je používán pro řízení ohřevu vyzdívky pánvi. Statistickou analýzou i modely strojového učení byl tento parametr ve vyvíjeném modelu vyhodnocen jako nevýznamný. Z dat vyplývá, že pouze u prvního nasazení pánve je entalpie vyzdívky nižší, a během dalšího cyklování je udržována na předepsaném rozsahu hodnot. Hodnota může být vyšší, je-li proveden odpich oceli do pánve krátce po konci odlévání oceli. I když od druhého cyklu je entalpie vyzdívky před následným odpichem udržována v úzkém intervalu hodnot, byly pozorovány odchylky teploty modelu od reálné teploty po

konci vakuového zpracování oceli u prvních cyklů (oběhů).

Na Obr. 3 jsou pomocí boxplotů zobrazeny vypočtené průměrné teplotní ztráty oceli vlivem prostupu tepla do vyzdívky pánve. Výpočet byl proveden na základě doby zpracování oceli v pánvi, změny hmotností vyzdívky a rozdílů entalpie pánve před odpichem a na konci SM. Hlavní nevýhodou modelu entalpie pánve je, že počítá pouze aktuální tepelný stav pánve a nelze použít pro predikci změny entalpie pro následné zpracování oceli. Obdobně intenzitu míchání oceli pomocí argonu (argon stirring), která významně ovlivňuje tepelné ztráty, lze pouze odhadovat. Do modelu byl proto zahrnut zjednodušený empirický model pro odhad změny entalpie pánve v čase a pravidlo pro ochlazování oceli dle základních stavů míchání oceli. Vstupními parametry jsou doba od odpichu tavby do konce odlévání, doby přesunu pánve a doby zpracování tavby v procesu SM. Upřesnění podmodelu tepelných ztrát pánve bude podrobeno dalšímu zkoumání.



Obr. 3 Vypočtené průměrné ochlazování oceli vlivem změny entalpie pánve dle počtu lití na pánvi

Fig. 3 Calculated average cooling of steel due to the change of enthalpy of the ladle with various cycle (casting) times of the ladle (cycle count is on the x-axis)

Sekundární metalurgie v TŽ zahrnuje ohřevu oceli v LF, legování a u části taveb také vakuové zpracování oceli na zařízeních RH. Ocel je během odpichu legována na spodní limity chemického složení. Další tepelné ztráty jsou způsobeny následným legováním na finální hodnoty chemické analýzy tavby. Ohřev a ochlazení oceli jsou počítány pomocí empirických rovnic. Ochlazovací účinek přísad (chill factor) byl popsán v práci [5]. Entalpie vyzdívky RH komory není známa. Pro model bylo přijato zjednodušené pravidlo pro konstantní pokles dle typu oceli. Upřesnění tepelných ztrát předpokládáme v dalším vývoji modelu spolu s predikcí množství legujících přísad do pánve.

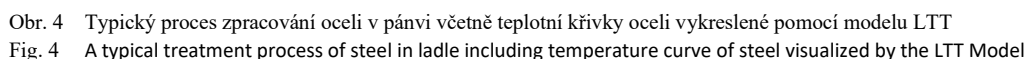
Výjezdový čas tavby v sekvenci je řízen výpočtem času konce lití předchozí tavby podle úbytku hmotnosti a

aktuální rychlosti lití. Je-li tento čas znám, pak je predikovaný čas modelu nahrazen časem z řídicího systému ocelárny.

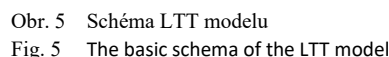
Po převozu pánve do stojanu liciho stroje je na pánve položen poklop pro snížení tepelných ztrát. Tepelné ztráty jsou proto způsobeny převážně prostupem tepla vyzdívkou pánve. Ocel není míchána, proto dochází pouze k samovolnému pohybu oceli v pánvi vlivem volné (přirozené) konvekce. Tento pohyb je malý a neovlivňuje výrazně přestup tepla mezi ocelí a vyzdívkou pánve, proto jsou tepelné ztráty oceli v pánvi během odlévání nízké s nižším rozptylem než během procesu SM. Počáteční teplota je ovlivněna teplotou předchozí tavby v MP, proto je teplota oceli kontrolována až s časovým odstupem. Vlivem rozdílných zařízení (ZPO č.1 – 1 MP 40 t, ZPO č.2

Pro vizualizaci jsou použity diskrétní hodnoty kontinuálního měření teploty v MP. V předepsaném čase se provádí ruční měření teploty oceli. Ruční měření teploty na zařízení CELOX Lab je pokládáno za přesnější a je od kontinuálního měření vychýleno. Vychýlení teploty je převážně kladné, ale v ojedinělých případech záporné.

Typický průběh tavby je zobrazen na Obr. 4. Šedými boxy jsou vykresleny doby jednotlivých procesů SM a ZPO. Čerchovanými boxy pak podprocesy jako je doba ohřevu a doba vakuování. Tavba je po homogenizaci pomocí argonu dmýchaného horní tryskou na Ar stanici. ohřátá na pánvové peci, zpracována ve vakuu na zařízení RH a odlévána na ZPO. Predikovaná teplota (červená čára) je opravena po změření teploty oceli (plný červený bod). Plnou červenou čarou jsou zobrazeny opravené teploty vypočtené na základě známých hodnot, tečkované pak predikované teploty. Diskretizované hodnoty teploty oceli v MP jsou zobrazeny červenými body spojenými čerchovanou čarou. Měřená teplota v MP navazuje na teplotu oceli předchozí odlévané tavby až dosáhne maxima, poté mírně klesá. Zeleně je zobrazeno pásmo výjezdové teploty oceli a požadované teploty oceli v MP.



Historická data odlitých taveb lze načíst přímo ze služby REST API. Data aktuálních taveb v procesu SM se načítají přes plánování časů zpracování na jednotlivých zařízeních (typicky LF, RH) a následně začátku lití.

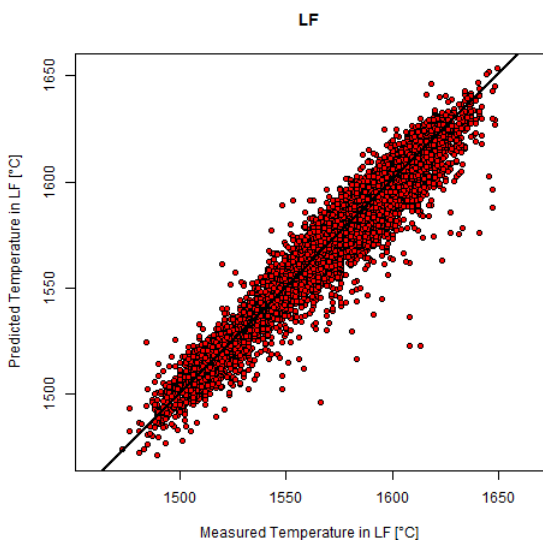


Vyhodnocení modelu bylo provedeno pro proces LF, RH a pro finální teplotu v mezipání. Pro verifikaci modelu byly použity provozní data technologie BOF-LF-CC a BOF-LF-RH-CC. Verifikace predikce teplot na LF a RH byla provedena porovnáním měřených teplot

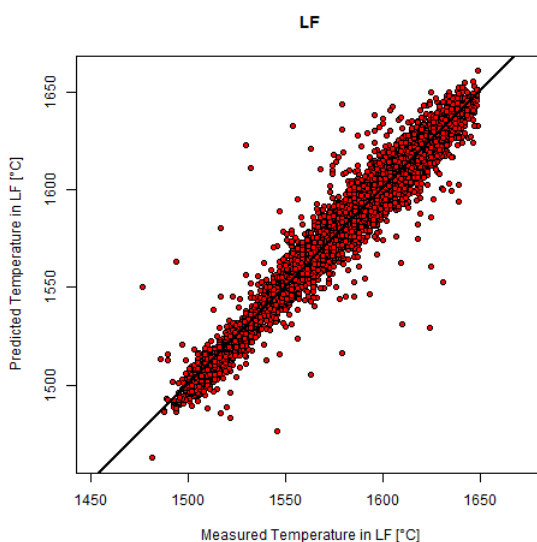
a predikovaných teplot v čase před opravou modelu t-1sec. Největší odchylka modelu je pro první teploty na LF, Obr. 6. Pro následné teploty měřené na LF, viz Obr. 7, je predikce přesnější. Na Obr. 8 jsou první měřené teploty po vakuování. Model vykazuje větší chybovost po procesu RH. Další měřené teploty na stanici RH jsou na Obr. 9. Pro tyto teploty vykazuje model vyšší přesnost predikce. V modelu se ojediněle vyskytují odlehle hodnoty, které mohou být způsobeny chybou dat. Data pro verifikaci teplot na LF a RH nebyla očištěna.

Pro verifikaci predikce teploty v mezipánvi ZPO byly použity průměrné měřené teploty kontinuálního a ručního měření, protože v aktuálních dostupných datech nejsou měření identifikována. Běžně se provádí pouze jedno

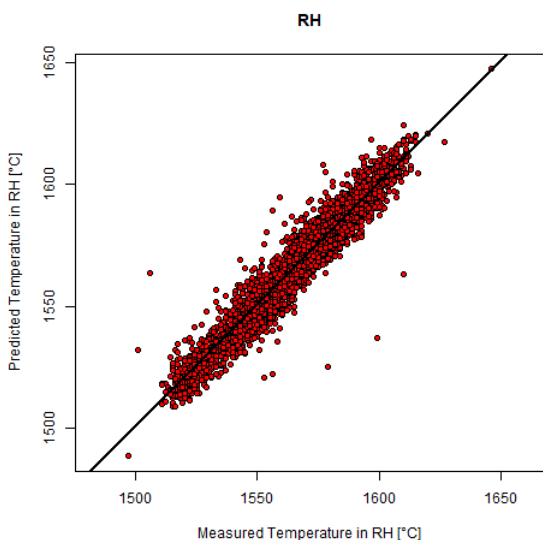
kontrolní měření. V ojedinělých případech dochází během kontinuálního měření k větším odchylkám od ručního kontrolního měření. V takovém případě probíhá více měření. Pro ZPO č.2 mohou být data doplněna o měření v druhé mezipánvi. Hodnoty poté vykazují vysoký rozptyl naměřených hodnot. Ze vstupního souboru dat byly proto odstraněny tavby s vysokým rozptylem měřených teplot na základě pravidla 6*sigma. Další podmínkou čištění bylo, aby měření obsahovalo alespoň 3 plané hodnoty. Rozsahy směrodatných odchylek všech měření a filtrovaného souboru dat jsou na Obr. 10. Protože je v první fázi odlévání teplota oceli závislá na teplotě předchozí tavby a u prvních taveb v sekvenci vykazuje měření na začátku lití velké odchylky, jsou pro verifikaci použity průměry měření od 15 min po zahájení odlévání.



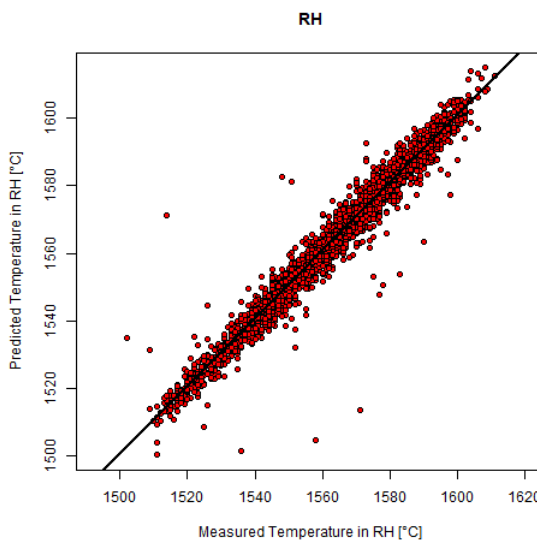
Obr. 6 Porovnání první měřené teploty na LF s predikovanou teplotou
Fig. 6 Comparison of the first measured temperature of LF with the predicted model temperature



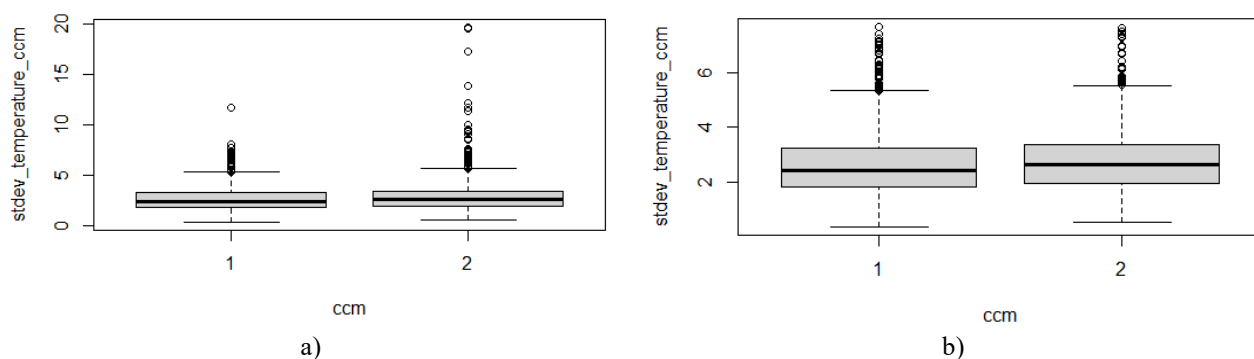
Obr. 7 Porovnání měřených teplot na LF bez první teploty
Fig. 7 Comparison of the LF temperatures without the first temperature



Obr. 8 Porovnání prvních měřených teplot na RH s predikovanou teplotou
Fig. 8 Comparison of first RH temperatures with the predicted temperature by the model



Obr. 9 Porovnání měřených teplot na RH bez první teploty s predikovanou teplotou
Fig. 9 Comparison of the other RH temperatures (without first) with the predicted temperature



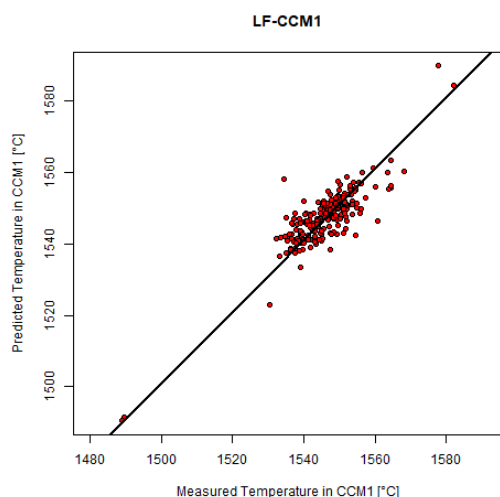
Obr. 10 Standardní odchylka teplot v mezipánvi před (a) a po čištění (b)
Fig. 10 Standard deviation of the tundish temperatures before (a) and after the filtration (b)

Datový soubor byl rozdělen na dva soubory dle technologií (BOF-LF-CC a BOF-LF-RH-CC) a dle ZPO.

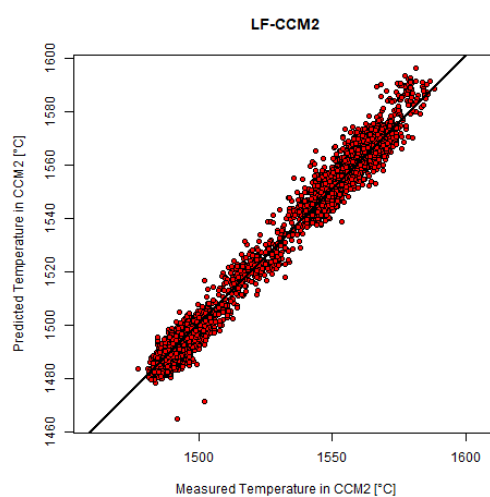
Verifikace predikce teploty taveb vyráběných technologií BOF-LF-RH-CC byla provedena na datech bez opravy teploty po RH a s opravou teploty po RH. Data byla opět rozdělena dle zařízení ZPO. Zrušení oprav simuluje proces na konci LF jak je zobrazeno na Obr. 11 a Obr. 12.

Porovnání přesnosti predikovaných teplot s měřenými teplotami v mezipánvi ZPO 1 je na Obr. 13 a Obr. 14.

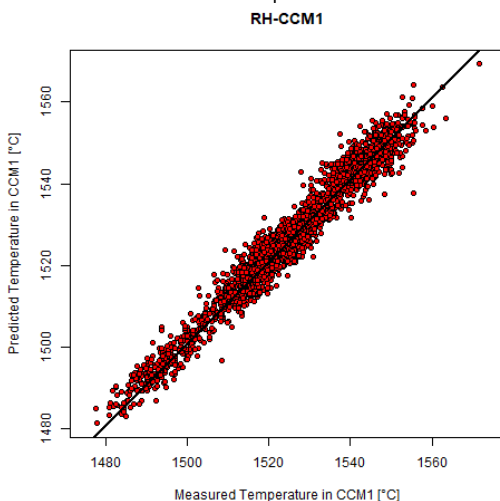
Porovnání přesnosti predikovaných teplot s měřenými teplotami v mezipánvi ZPO 2 je na Obr. 15 a Obr. 16. Na ZPO 2 jsou odlévány především tavby technologie BOF-LF-CC. Většina taveb je odlita při vyšších teplotách.



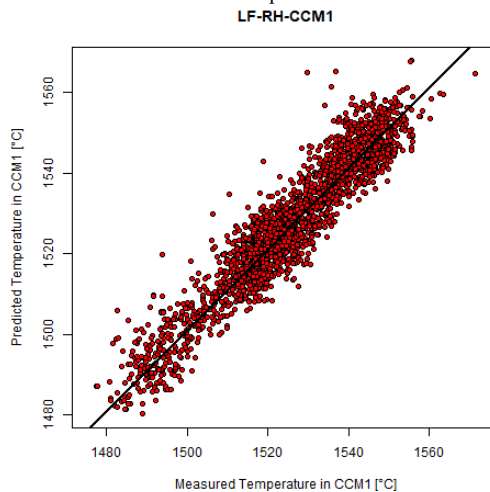
Obr. 11 Predikovaná vs měřená teplota mezi LF a ZPO 1
Fig. 11 Predicted vs. measure temperature between LF and CCM1



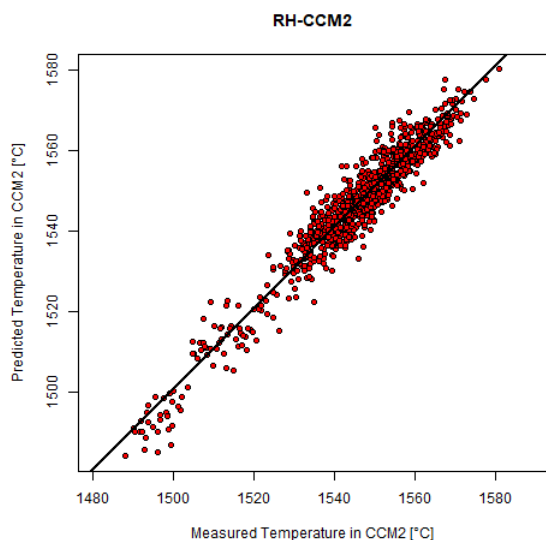
Obr. 12 Predikovaná vs měřená teplota mezi LF a ZPO 2
Fig. 12 Predicted vs. measured temperature between LF and CCM2



Obr. 13 Predikovaná vs měřená teplota v MP po RH
Fig. 13 Predicted vs. measured temperature in the tundish of CCM1 after RH

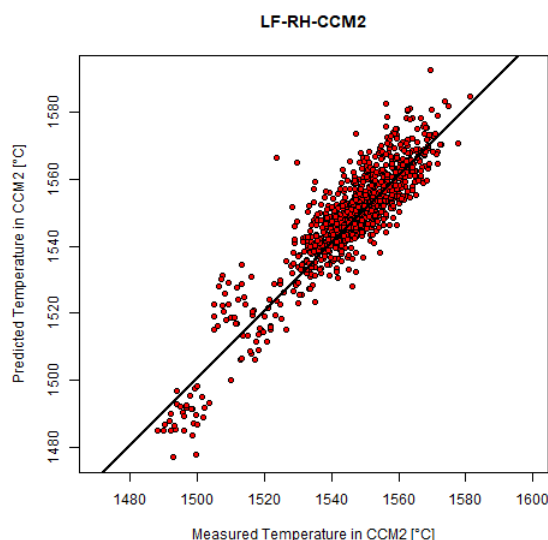


Obr. 14 Predikovaná vs měřená teplota v MP po LF
Fig. 14 Predicted vs. measured temperature in the tundish of CCM1 after LF



Obr. 15 Predikovaná vs měřená teplota v MP po RH

Fig. 15 Predicted vs. measured temperature in the tundish of CCM2 after RH



Obr. 16 Predikovaná vs měřená teplota v MP po LF

Fig. 16 Predicted vs. measured temperature in the tundish of CCM2 after LF

Metriky provedených verifikací jsou uvedeny v tab. 1. Pro porovnání modelů byl použit koeficient determinace. Koeficient determinace je označován jako R^2 a je vypočten na základě reziduí, za koeficient determinace r^2 je v této práci označena druhá mocnina Pearsonova korelačního koeficientu závislé proměnné a jejího odhadu. Pro metodu nejmenších čtverců je R^2 shodný s r^2 . V obecných modelech r^2 představuje teoretickou hodnotu nejlepšího odhadu, rozdíl $r^2 - R^2$ pak odchylku od nejlepšího modelu. Další nejpoužívanější metrikou je **MAE** (Mean Absolute Error) a střední kvadratická odchylka **RMSE** (odmocnina průměrných reziduálních čtverců), která vyjadřuje absolutní míru predikce modelu. Vydělíme-li RMSE průměrem vysvětlované proměnné a násobíme stem, dostaneme procentuální odchylku reziduálních čtverců **MPSE**.

Data byla očištěna velmi hrubě a následně byly analyzovány největší odchylky modelu od měřené teploty.

Přesnost predikce modelu je ovlivněna přesností měření teploty jak na zařízeních CELOX Lab, tak i mezi CELOX Lab a kontinuálním měřením oceli v mezipánvi. Byly zaznamenány i ojedinělé větší odchylky teploty od modelu v průběhu tavy, které byly způsobeny chybným měřením nebo chybou dat. Z deseti největších odchylek predikce teploty a měřené teploty po vakuování tavy bylo 7 způsobeno chybou měření a tři případy nepřesností modelu. Odchylka větší jak 10 °C byly zaznamenána u méně jak 5 % taveb. Požadované rozpětí teplot v mezipánvi vakuovaných taveb je nejčastěji $\pm 7,5$ °C až ± 10 °C, nejužší požadované rozmezí teplot je ± 5 °C, bez započtení přesnosti měřené teploty. Ze sledovaného souboru dat bylo méně jak 4 % taveb s odchylkou predikce teploty v mezipánvi nad 7,5 °C. Předpokládáme proto, že model je v současné době dostatečně přesný pro běžné jakosti taveb.

Tab. 1 Metriky provedených verifikací LTT modelu

Tab. 1 Metrics of the verifications done for the LTT model

Technology	Station	MAE	RMSE	MPSE	R^2	r^2	Note
BOF-LF-CCM	LF	6.68	9.19	0.58	0.934	0.934	first temperature
BOF-LF-CCM	LF	4.02	6.02	0.38	0.972	0.976	without first temp.
BOF-LF-RH-CCM	RH	4.48	6.05	0.39	0.920	0.927	first temperature
BOF-LF-RH-CCM	RH	2.71	4.2	0.27	0.958	0.962	without first temp.
BOF-LF-CCM	CCM 1	3.79	4.92	0.32	0.720	0.754	temp. between LF-CCM
BOF-LF-CCM	CCM 2	3.53	4.66	0.30	0.979	0.983	temp. between LF-CCM
BOF-LF-RH-CCM	CCM 1	2.98	3.78	0.25	0.949	0.959	temp. between RH-CCM
BOF-LF-RH-CCM	CCM 1	4.52	5.85	0.38	0.877	0.894	temp. between LF-CCM
BOF-LF-RH-CCM	CCM 2	3.33	4.28	0.28	0.924	0.931	temp. between RH-CCM
BOF-LF-RH-CCM	CCM 2	5.80	7.68	0.50	0.755	0.825	temp. between LF-CCM

4. Závěr

Od r. 2022 došlo v TŽ k vývoji interního modelu pro proces SM v prostředí R. Klíčovou premisou tvorby tohoto modelu bylo, aby byl model postaven na základě fyzikálních a chemických rovnic a byl ze své povahy nekomplikovaný, modulární a čitelný pro technology TŽ, včetně vhodné vizualizace (nejen predikce teplot, ale i vizualizace celého procesu ocelárny). Hlavním principem tohoto modelu je predikce teplotního vývoje dané tavby v daném čase na základě aktuálně dostupných dat z databází TŽ a predikce vývoje budoucí teploty na základě fyzikálně-chemických modelů (např. model ohřevu na pánvových pecích, tepelný model legování, model poklesu teplot v pánvi atd.).

Při každém skutečném změření teploty v průběhu zpracování tavby dochází ke korekci modelu na právě změřenou teplotu. Výstupem modelu je dashboard pro operátory na stanicích sekundární metalurgie, který jim v reálném čase vykresluje teplotní křivku dané tavby vč. navádění na správnou výjezdovou teplotu sekundární metalurgie a teplotu přehřátí na ZPO (označeno zeleným pásmem).

Doplňkem on-line modelu je rovněž "off-line" verze modelu, která umožňuje zpětnou analýzu již proběhlých taveb (vhodné pro zpětnou analýzu technologů, hledání příčin atd.). Model je aktuálně testován v praxi na ocelárně v TŽ, probíhá zpětná vazba ze strany technologů, operátorů a dochází k zapracování dílčích změn pro optimalizaci chodu modelu v reálném čase.

Cílem je plné nasazení modelu v praxi na ocelárně v TŽ, kdy očekávanými přínosy jsou zejména úspory el. energie a optimalizace dodržení přehřátí na ZPO.

Po celou dobu vývoje i používání je model pod kontrolou technologů TŽ, je možné jej dále optimalizovat, provádět v něm změny a dále jej vyvíjet jako interní know-how bez závislosti na třetí straně (tj. včetně možnosti dodání prvků umělé inteligence). Navržená vizualizace i přístup se setkávají s dobrým přijetím u technologů a provozu ocelárny a z prvotních analýz a testování v reálném provozu je patrné, že model dokáže teplotní křivku tavby predikovat velmi přesně. Tento projekt TŽ je tak v souladu s principem, který někteří dodavatelé a experti v odvětví potvrzují, a to je princip vizualizace know-how a poskytnutí srozumitelného nástroje pro operátory a technology na bázi známých principů, kteří sami mohou proces s pomocí tohoto nástroje zlepšovat.

Použitá literatura

- [1] SZTANGRET, Ł.; REGULSKI, K.; PERNACH, M.; RAUCH, Ł. Prediction of Temperature of Liquid Steel in Ladle Using Machine Learning Techniques. *Coatings* 2023, 13, 1504. <https://doi.org/10.3390/coatings13091504>
- [2] GUPTA, N., CHANDRA, S. Temperature Prediction Model for Controlling Casting Superheat Temperature, *ISIJ International*, 2004, vol. 44, num. 9, p. 1517-1526, Online: <https://doi.org/10.2355/isijinternational.44.1517>
- [3] REDDY, T. A. Applied Data Analysis and Modeling for Energy Engineers and Scientists [online]. B.m.: Springer US, 2011. SpringerLink : Bücher. ISBN 9781441996138. Dostupné z: doi:DOI 10.1007/978-1-4419-9613-8
- [4] HAŠEK, P., TVARDEK, P., JANČAR, D. Stanovení průběhu entalpie vyzdívky pro modelování oběhu lících pánví v podmínkách Ocelárny Mittal Steel Ostrava. In Sborník přednášek 14. mezinárodní konference metalurgie a materiálů METAL 2005 : 24. – 26. 5. 2005, Hradec nad Moravicí. Ostrava : TANGER, spol. s r. o., 2005, s. 38. ISBN 80-86840-13-1.
- [5] KALETA, Jaromír. Metodologie analýzy průmyslových dat a jejich aplikace pro vývoj modelu chemického ohřevu oceli. Online, Disertační práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2021. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/145021>. [cit. 2025-06-16].

INZERCE



STEELSIM 2025

11TH INTERNATIONAL CONFERENCE
ON MODELLING AND SIMULATION OF
METALLURGICAL PROCESSES IN STEELMAKING

2 - 4 SEPTEMBER · TŘINEC · CZ

STEELSIM2025.COM

Hodnocení odolnosti feriticko-austenitických ocelí vůči sulfidickému praskání pod napětím s přihlédnutím k drsnosti jejich povrchu

Evaluation of the Resistance of Ferritic-austenitic Steels to Sulphide Stress Cracking with Respect to their Surface Roughness

doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D., Ing. Petr Čížek, Ph.D.

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, Ostrava – Vítkovice, 703 00, Česká republika, EU, korespondenční email: petr.jonsta@mmvyzkum.cz

Předložený příspěvek se zabývá vlivem drsnosti povrchu na odolnost feriticko-austenitických (duplexních) ocelí typu 2205 vůči sulfidickému praskání pod napětím (SSC). Hodnocení bylo provedeno na dvou tavných ocelí dodaných ve formě plechu. Ocel byla testována vždy v dodaném stavu, a to po válcování a rozpouštěcím žíhání a ve stavu po laboratorním žíhání různými režimy, které měly za následek precipitaci sigma fáze na rozhraní ferit/austenit a vedly tedy ke zcitlivění ocelí. Zkoušení vzorků v prostředí obsahujícím sulfan bylo provedeno pomocí tahových zkoušek dle metodiky uvedené v NACE TM 0177, při standardní době expozice 720 h (pokud nedošlo k porušení vzorku dříve). Dosažené výsledky naznačily, že vyšší drsnost povrchu zkušebních částí vzorků může hrát v případě hodnocení odolnosti duplexních ocelí vůči SSC nezanedbatelnou roli.

Klíčová slova: feriticko-austenitická ocel, sulfidické praskání pod napětím (SSC), mikrostruktura, mechanické vlastnosti, drsnost povrchu

The present paper deals with the effect of surface roughness on the resistance of ferritic-austenitic (duplex) steels of type 2205 to sulphide stress cracking (SSC). The evaluation was carried out on two steel heats supplied in form of 12 mm thick sheet. The steels were tested each time in the as-delivered condition, namely after rolling and dissolution annealing and in the condition after laboratory annealing, by different regimes that resulted in the precipitation of a sigma phase at the ferrite/austenite interface and thus led to the steel sensitization. The evaluation of the resistance of duplex steels to SSC was carried out according to NACE TM 0177. The essence of the testing is to evaluate the resistance of the materials in an acidified aqueous solution saturated with sulphane under simultaneous external loading, namely at room temperature and atmospheric pressure. Method A was selected for testing, which consists of loading a tensile test round bar with a stress below the yield stress, where a threshold stress can be determined that does not lead to fracture or defects on the specimen surface visible at 10x magnification on a microscope at a test time of 720 hours. In the evaluation of the resistance to SSC, the influence of microstructure was evident, where the resistance of the steels decreased when the sigma phase precipitated. Conflicting results were obtained when studying heat B compared to heat A, but these were most likely related to the poorly prepared surface of the test specimens. Here a rather important phenomenon appears, namely the influence of surface roughness on the resistance of steels to SSC. It appears that even small changes in roughness (presence of "micro-notches") can affect the results obtained and it is questionable whether the Ra parameter is a sufficient criterion for assessing the surface condition of the samples. The results obtained indicated that the higher surface roughness of the test specimens may play a non-negligible role in the evaluation of the resistance of duplex steels to SSC.

Key words: ferritic-austenitic steel, sulphide stress cracking (SSC), microstructure, mechanical properties, surface roughness

1. Úvod

Feriticko-austenitické (duplexní) korozivzdorné oceli představují perspektivní skupinu konstrukčních materiálů vyznačující se výjimečnou kombinací vysokých mechanických vlastností a značnou korozní odolností v široké škále prostředí. Jejich vysoká užitná hodnota je zajištěna zejména vyváženým poměrem dvoufázové feriticko-austenitické struktury. Zvýšený obsah chromu (cca 20 hm. %) a molybdenu (do 5 hm. %) výrazně přispívá ke zlepšené korozní odolnosti duplexních ocelí, zatímco

redukované množství niklu ve srovnání s běžnými austenitickými oceli činí duplexní oceli ekonomicky výhodnými. Nadusičení v koncentraci do 0,2 hm. % umožňuje zvýšení pevnostních charakteristik při zachování velmi dobrých plastických vlastností. [1-3]. Tyto moderní oceli nacházejí uplatnění zejména v chemickém, petrochemickém a plynárenském průmyslu, kde výrobky zhotovené z těchto ocelí musí často odolávat degradačním účinkům agresivních prostředí. Jednu z významných skupin agresivních prostředí tvoří ta, z nichž může do materiálu pronikat vodík, který za určitých podmínek

vyvolává degradaci materiálů označovanou jako vodíková křehkost. V předloženém článku je zaměřena pozornost na prostředí obsahující určitý podíl sulfanu (ropný průmysl), kde jedním z možných druhů degradace materiálů je sulfidické praskání pod napětím (SSC) [4-6].

Standardní aplikovaný přístup k hodnocení odolnosti ocelí vůči SSC často předpokládá přímou korelaci mezi mechanickými vlastnostmi, zejména tvrdostí, a schopností materiálu odolávat této formě degradace. Tento přístup je však značně zjednodušený, neboť opomíjí další kritické faktory, které mohou odolnost vůči SSC významně ovlivnit. Jedná se např. o chemické složení a mikrostrukturní charakteristiky oceli. Dalším faktorem, který systematicky nebývá zohledněn a mohl by mít rovněž nezanedbatelný vliv na odolnost ocelí vůči SSC je drsnost povrchu oceli. Posouzení vlivu drsnosti povrchu na odolnost duplexních ocelí vůči SSC je cílem předloženého příspěvku.

2. Experimentální materiál

Testování bylo provedeno na dvou tavbách (ozn. A, B) duplexní feriticko-austenitické oceli X2CrNiMoN 22.5.3 (dále v textu ozn. 2205). Obě oceli byly použity ve formě plechu o tloušťce 12 mm, vždy ve stavu po válcování a rozpouštěcím žíhání (výchozí stav) a ve stavu po laboratorním žíhání. Chemické složení duplexních ocelí je uvedeno v Tab. 1.

Základní mechanické vlastnosti jsou uvedeny v Tab. 2. Uvedené hodnoty představují aritmetický průměr ze dvou tahových zkoušek.

- Tavba A, výchozí stav (válcování a rozpouštěcí žíhání), **ozn. A 2205/AR**
- Tavba A, stav po laboratorním žíhání režimem 675 °C/5h/vzduch → precipitace fáze σ , **ozn. A 2205/AN**
- Tavba B, výchozí stav (válcování a rozpouštěcí žíhání), **ozn. B 2205/AR**
- Tavba B, stav po laboratorním žíhání režimem 800 °C/5h/vzduch → precipitace fáze σ , **ozn. B 2205/AN**

Tab. 1 Chemické složení duplexních ocelí 2205 (hm. %)

Tab. 1 Chemical composition of duplex steels 2205 (wt. %)

Tavba	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N
A	0,019	22,67	5,48	2,98	1,68	0,44	0,024	0,002	0,17
B	0,025	23,00	5,55	2,91	1,12	0,24	0,029	0,015	0,10

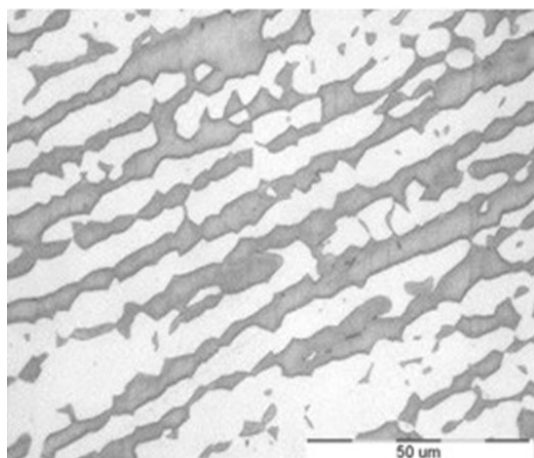
Tab. 2 Základní mechanické vlastnosti duplexních ocelí 2205 (směr podélný)

Tab. 2 Basic mechanical properties of duplex steels 2205 (longitudinal direction)

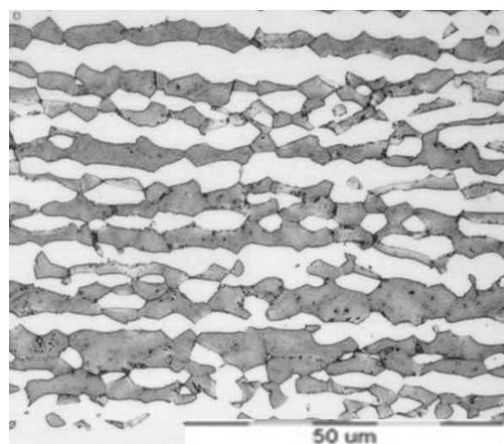
Ocel/stav	R _{p0.2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅ (%)	R _{p0.2} /R _m
A 2205/AR	540	741	33,5	0,73
A 2205/AN	534	714	28,5	0,75
B 2205/AR	485	708	30	0,69
B 2205/AN	480	753	18,5	0,64

Z Tab. 2 je patrné, že u tavby A ve stavu po žíhání došlo k mírnému poklesu hodnot všech mechanických vlastností,

Mikrostruktury duplexních ocelí 2205 po elektrolytickém naleptání 20 % vodným roztokem NaOH jsou uvedeny na



a) A 2205/AR



b) A 2205/AN (675 °C/5h/vzduch)

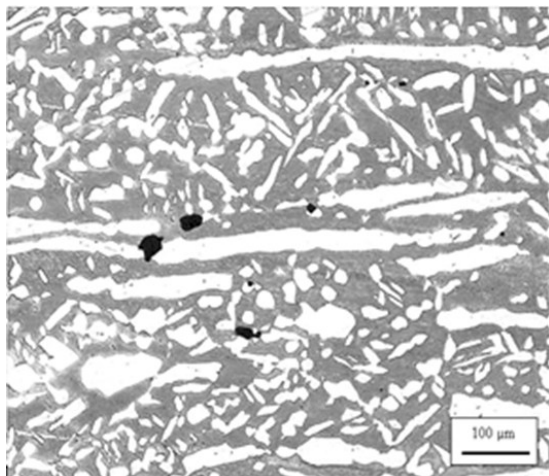
Obr. 1 Mikrostruktura duplexní oceli 2205 tavby A ve středu tloušťky

Fig. 1 Microstructure of duplex steel 2205, heat A, in the middle of the thickness

zatímco u tavby B vedlo laboratorní žíhání ke zvýšení pevnosti, ale k výraznému zhoršení plastických vlastností.

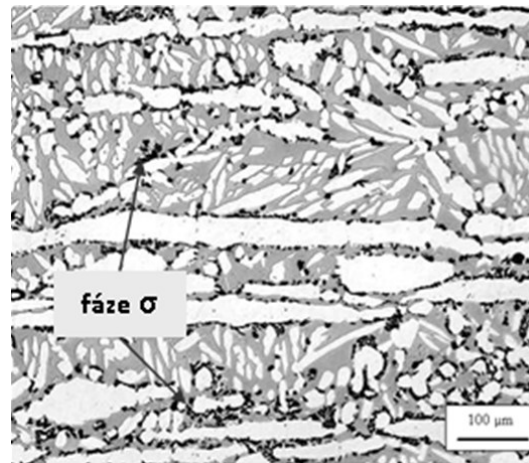
Obr. 1 a Obr. 2. Ve výchozím stavu se u obou taveb jedná o směsnou feriticko-austenitickou mikrostrukturu. U tavby

2205/AR (Obr. 1a) tvoří obě fáze převážně řádky orientované ve směru válcování. Mikrostruktura tavby B 2205/AR je prezentována na Obr. 2a). Ve stavu po laboratorním žíhání se v případě tavby A i B jednalo opět o směsnou feriticko-austenitickou strukturu, ale u části δ-feritu byl pozorován rozpad spojený se vznikem fáze σ.



a) B 2205/AR

Podíl fáze σ byl vyšší v případě tavby B, což bylo způsobeno vyšší teplotou žíhání. Přesný podíl fáze σ však stanoven nebyl. Charakteristické snímky mikrostruktur jsou na Obr. 1b pro tavbu A 2205/AN a na Obr. 2b pro tavbu B 2205/AN.



b) B 2205/AN (800 °C/5h/vzduch)

Obr. 2 Mikrostruktura duplexní oceli 2205 tavby B ve středu tloušťky
Fig. 2 Microstructure of duplex steel 2205, heat B, in the middle of the thickness

3. Výsledky hodnocení odolnosti duplexních ocelí vůči ssc a jejich diskuse

Hodnocení odolnosti duplexních ocelí vůči SSC bylo provedeno dle normy NACE TM 0177 [7]. Podstatou zkoušení je hodnocení odolnosti materiálů v okyseleném vodném roztoku nasyceném sulfanem za současného vnějšího zatěžování, a to za pokojové teploty a atmosférického tlaku. Ke zkoušení byla vybrána metoda A, která spočívá v zatížení vzorku tahové zkušební tyče napětím pod mezi kluzu, kdy lze určit prahové napětí, které při době zkoušky 720 hodin nevede k lomu nebo ke vzniku defektů na povrchu vzorku viditelných při desetinásobném zvětšení na mikroskopu. K testování byly použity menší

Výsledky hodnocení odolnosti duplexní oceli 2205, tavby A, vůči SSC jsou uvedeny v Tab. 3

Z Tab. 3. je zřejmé, že ve výchozím stavu (A 2205/AR) došlo k porušení pouze u dvou vzorků, které byly namáhány na úrovni meze kluzu materiálu. Protože se jedná o dvoufázovou feriticko-austenitickou strukturu, je pravděpodobné, že mohlo dojít k překročení meze kluzu místně ve feritu a mohl se tedy uplatnit mechanismus interakce vodík-plastická deformace, kdy dochází k výrazným interakcím mezi vodíkem a dislokacemi a je možný transport vodíku spolu s nimi [8]. Přitom ocel mírně překračuje hodnotu meze pevnosti doporučenou pro zajištění dobré odolnosti vůči SSC. Ta je udávána jako 690 MPa [9]. V praxi se vyskytuje zatížení téměř výhradně

Tab. 3 Výsledky hodnocení odolnosti duplexních ocelí 2205 vůči SSC
Tab. 3 Results of the evaluation of the resistance of duplex steels 2205 to SSC

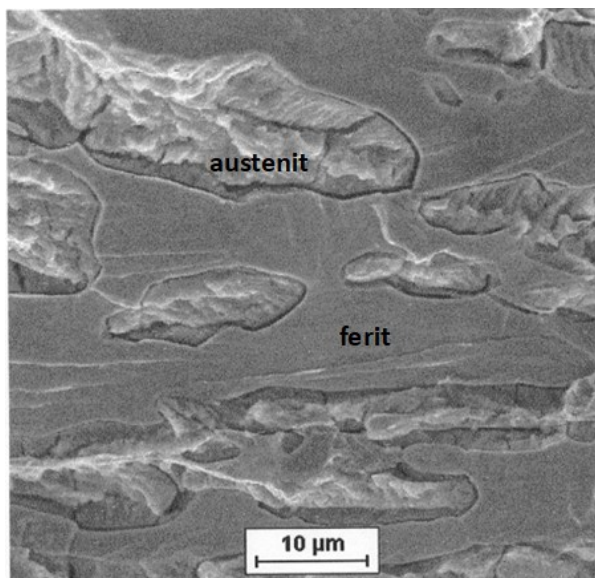
A 2205/AR			A 2205/AN		
Zatížení (% $R_{p0.2}$)	Absolutní hodnoty napětí (MPa)	Doba do lomu (h)	Zatížení (% $R_{p0.2}$)	Absolutní hodnoty napětí (MPa)	Doba do lomu (h)
102	551	35	101	539	6
97	524	60	99	529	3
91	486	720*	93	497	56
90	486	720*	92	491	20
79	427	720*	81	433	116
79	427	720*	79	422	256
73	394	720*	72	385	720*
72	389	720*	69	369	720*
61	329	720*	61	326	720*

zkušební tyče dle předpisu NACE. Drsnost zkušebních vzorků byla přeměřena profilometrem firmy Taylor-Hobson. Dle NACE musí být hodnota drsnosti, vyjádřena střední aritmetickou úchylkou profilu R_a 0,4 μm nebo lepší.

elastické, tzn. toto riziko nehrozí. Duplexní ocel 2205, tavba A s čistě austeniticko-feritickou strukturou tedy vykazovala velmi dobrou odolnost vůči SSC. Ve stavu po žíhání (A 22/05/AN), které vyvolalo precipitaci fáze σ,

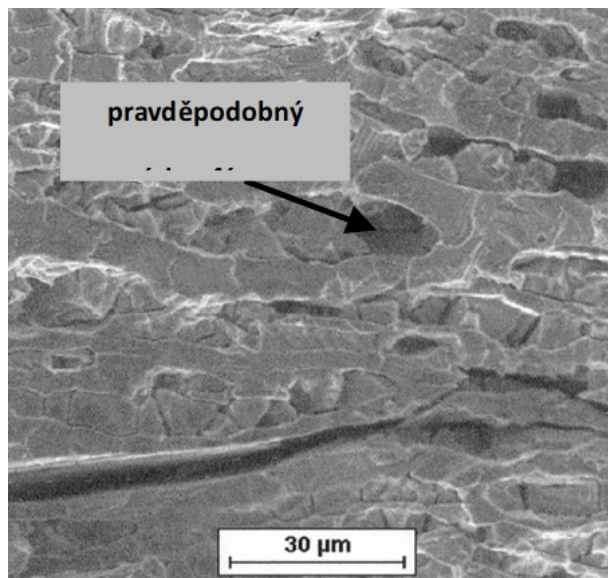
byla situace odlišná. Zde došlo k porušení při napětích na úrovni cca 80 % meze kluzu, tzn. došlo k výraznému snížení odolnosti vůči SSC. Porušené vzorky byly

podrobeny fraktografické analýze, jejíž výsledky jsou prezentovány na Obr. 3 a Obr. 4.



Obr. 3 Lomová plocha duplexní oceli, výchozí stav, (A 2205/AR), 97 % $R_{p0,2}$, doba do lomu 60 h

Fig. 3 Fracture surface of duplex steel A, 2205/AR, 97 % $R_{p0,2}$, time to rupture 60 h



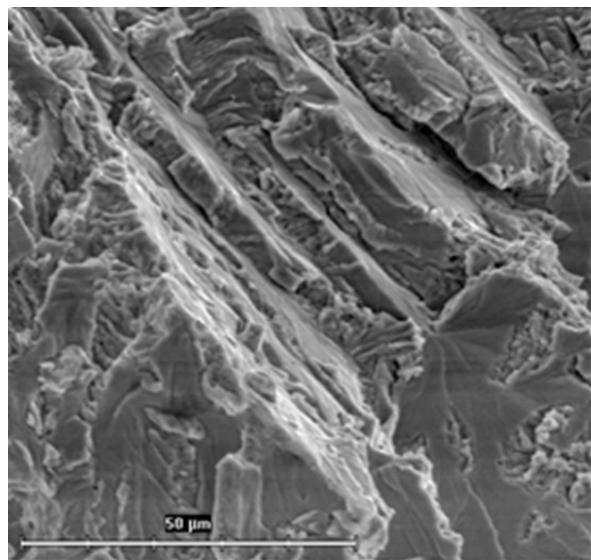
Obr. 4 Lomová plocha duplexní oceli, stav po žihání (A 2205/AN), 92 % $R_{p0,2}$, doba do lomu 20 h

Fig. 4 Fracture surface of duplex steel A, 2205/AN, 92 % $R_{p0,2}$, time to rupture 20 h

Výsledky fraktografického rozboru ukázaly, že na porušených vzorcích převládají oblasti transkrystalického křehkého porušení, i když část lomu odpovídá porušení s jamkovou morfologií. Zatímco v oblastech austenitu existuje významnější členitost štěpných fazet, oblasti feritu

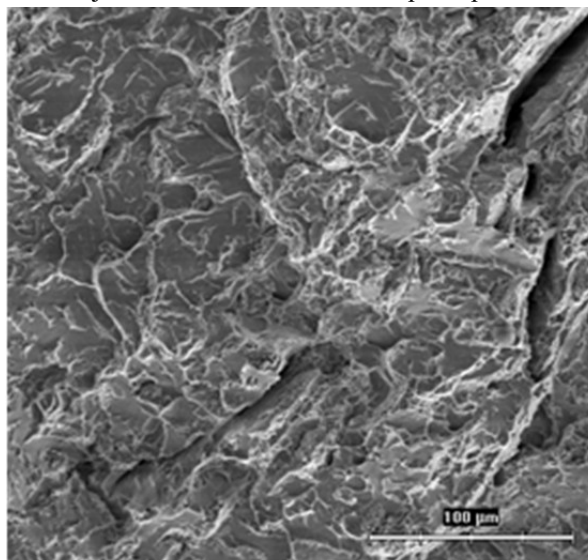
morfologie lomových ploch obdobná, ale vyskytovaly se oblasti, které svědčily o přednostním napadení oblastí, kde byla pravděpodobně přítomna fáze σ (Obr. 4).

Je tedy možno konstatovat, že precipitace fáze σ , která vznikla jako důsledek žihání oceli při teplotě 675 °C,



Obr. 5 Lomová plocha duplexní oceli, výchozí stav, (B 2205/AR), 101 % $R_{p0,2}$, doba do lomu 24 h

Fig. 5 Fracture surface of duplex steel B, 2205/AR, 101 % $R_{p0,2}$, time to rupture 24 h



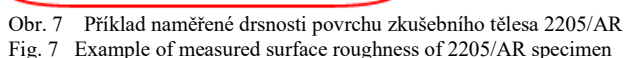
Obr. 6 Lomová plocha duplexní oceli, stav po žihání, (B 2205/AN), 90 % $R_{p0,2}$, doba do lomu 691 h

Fig. 6 Fracture surface of duplex steel B, 2205/AN, 90 % $R_{p0,2}$, time to rupture 691 h

se jeví spíše jako hladké fazety, (Obr. 3). Ve výchozím stavu došlo k porušení jen u vzorků namáhaných na úrovni meze kluzu. Po žihání, které vedlo k precipitaci fáze σ , byla

způsobila nezanedbatelný pokles odolnosti duplexní feriticko-austenitické oceli vůči SSC. I v případě duplexní oceli se tedy ukazuje, že odolnost vůči SSC závisí

k dispozici zařízení pro měření povrchových charakteristik, a tak nemohla být v tomto případě kvalita povrchu vzorků před zkouškou SSC detailně prozkoumána. Změření drsnosti povrchu vzorků duplexní oceli tavby B bylo tedy provedeno až po zkoušce SSC a vedlo ke zjištění, že skutečná drsnost vzorků z oceli B 2205/AR neodpovídala drsnosti požadované, jejíž hodnota se udává jako $R_a = 0.4 \mu\text{m}$. Příklad nevyhovující naměřené drsnosti R_a na vzorku z duplexní oceli tavby B ve výchozím stavu (B 2205/AR) ukazuje Obr. 7. Z Obr. 7 je zřejmé, že na povrchu vzorků oceli B 2205/AR byly přítomny „mikrovruby“ o hloubce až několika μm . Tyto mikrovruby mohly vyvolat iniciaci trhlin i při nízkém nominálním napětí, a to superpozicí koncentrace napětí v kořeni mikrovrubu a zvýšeného obsahu vodíku v této oblasti. Drsnost povrchu oceli B 2205/AN byla nižší, hodnota parametru R_a byla přibližně $0,2 \mu\text{m}$. Při porovnání naměřených hodnot drsnosti R_a u vzorků z duplexní oceli ve stavu výchozím (B 2205/AR) a ve stavu po laboratorním žíhání (B 2205/AN) bylo patrné, že vzorky z oceli B 2205/AR měly podstatně hůře připravený povrch zkušební části vzorku než vzorky z oceli B 2205/AN. Je tedy velmi pravděpodobné, že snížení odolnosti duplexní oceli B 2205/AR vůči SSC oproti duplexní oceli tavby A ve výchozím stavu (A 2205/AR), bylo důsledkem ne zcela kvalitně připravených povrchů zkušebních vzorků.



s přihlédnutím k jejich charakteristikám drsnosti povrchu. Při hodnocení odolnosti vůči SSC se projevil vliv mikrostruktury, kdy odolnost ocelí se snižovala, docházelo-li v nich k precipitaci fáze σ . Při studiu tavby B

27

byly získány protichůdné výsledky oproti tavbě A, ale ty s největší pravděpodobností souvisely s nekvalitně připraveným povrchem zkušebních vzorků. Zde se objevuje poměrně závažný fenomén, a to vliv drsnosti povrchu na odolnost oceli vůči SSC. Zdá se, že i malé změny v drsnosti (přítomnost „mikrovrubů“) mohou ovlivnit získané výsledky a je otázkou, zda parametr R_a je postačujícím kritériem pro posouzení stavu povrchu vzorků.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci čerpání a užití institucionální podpory na Dlouhodobý a koncepční rozvoj výzkumné organizace v roce 2025, poskytovatel Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.

Použitá literatura

- [1] GIRONES, A., Llanes, L., ANGLADA, M., MATEO, A. Influence of Artificial Seawater on the Cyclic Response of Superduplex Stainless Steel. *Int. J. Fatigue* 2005, 27, pp.197 – 202.
- [2] Armas, Alberto. (2010). Duplex Stainless Steels: Brief History and Some Recent Alloys. *Recent Patents on Mechanical Engineering*. 1. 51-57. 10.2174/1874477X10801010051.
- [3] Gupta, Deepak & Bansal, Amit & Jindal, Sandeep. (2024). Duplex Stainless Steel-2205; A short review of alloy addition and welding behavior. *International Journal of Current Engineering and Technology*. Vol.14, No.3. 113-119. 10.14741/ijcet/v.14.3.3.
- [4] El-YAZGLI, A., A., HARDIE, D. Stress Corrosion Cracking of Duplex and Superduplex Stainless Steel in Sour Environments. *Corros. Sci* 1998, 40, pp. 909 – 930.
- [5] LIU, R. et al. Effect of pH and H₂S concentration on sulfide stress corrosion cracking (SSCC) of API 2205 duplex stainless steel. *International Journal of Materials Research*, 2015, vol. 106, no. 6, pp. 608–613.
- [6] FISCHER, D. et al. Investigation of the Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking Behaviors of Duplex and Lean Duplex Stainless Steel Parent and Welded Materials in Sour Service. *CORROSION 2016 Conference*, Vancouver, NACE International, 2016. Paper No. NACE-2016-7325
- [7] NACE TM0177-2016: Laboratory testing of metals for resistance to specific forms of environmental cracking in H₂S environments.. Houston: NACE International, 2016.
- [8] MAGNIN, T. Corrosion sous contrainte, phénoménologie et mécanisme, Eds. DESJARDINS, D., OLTRA, R., Editions de Physique, Paris, France, 1992, pp. 345.
- [9] ISO 15156: Petroleum and natural gas industries – Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production. Geneva: ISO, 2015.

INFORMATIVNÍ ČLÁNEK

ArcelorMittal Polsko dočasně odstaví vysokou pec č. 3 v Dąbrowej Górniczej

24. července 2025

Po důkladné analýze se společnost ArcelorMittal Poland rozhodla dočasně odstavit vysokou pec č. 3 ve svém závodě v Dąbrowej Górniczej. Důvodem tohoto rozhodnutí jsou mimořádně obtížné a stále se zhoršující podmínky na trhu.

ArcelorMittal Poland, největší výrobce oceli v Polsku, plánuje od září 2025 dočasně odstavit vysokou pec č. 3 ve svém závodě v Dąbrowe Górnicze.

Rozhodnutí vysvětlil generální ředitel a předseda představenstva ArcelorMittal Poland Wojciech Koszuta:

„Čelíme jedněm z nejtěžších tržních podmínek, jaké jsme kdy zažili, a to v důsledku kombinace negativních faktorů. Patří mezi ně velmi vysoké ceny energií, skutečnost, že pouze evropští výrobci nesou náklady na nákup povolenek na emise CO₂ v rámci systému EU ETS, a nedostatečná obchodní ochrana, což vede k velmi vysokému objemu levných dovozů do Polska. Za poslední tři měsíce jsme zaznamenali výrazný pokles cen. Všechny tyto faktory negativně ovlivnily naše marže, takže provoz dvou vysokých pecí je za těchto podmínek ekonomicky neudržitelný.“

Podle Polské asociace pro ocel dovoz již pokrývá 80 % zjevné spotřeby oceli v Polsku. U plochých výrobků, například u teplých válcovaných svitků, je to až 95 %.

Celý článek na webu [ArcelorMittal Poland](https://www.arcelormittal.com/pl).

Modelování a optimalizace tepelné práce lící pánve v procesu sekundární metalurgie

Modeling and Optimization of Ladle Thermal Performance in the Secondary Metallurgy Process

Ing. Dalibor Jančar, Ph.D., prof. Ing. Jozef Vlček, Ph.D., Ing. Petr Tvardek, Ing. Radek Nikel

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, Ostrava – Vítkovice, 703 00, Česká republika, EU, korespondenční email: dalibor.jancar@mmvyzkum.cz

Při dlouhodobém setrvání oceli v lící pánvi v době od odpichu tavby do konce jejího odlévání na ZPO se ve vyzdívce akumuluje značné množství tepla, především pak v případech, kdy je součástí procesu sekundární metalurgie zpracování oceli v pánvové peci. Pro využití akumulovaného tepla ve vyzdívce lící pánve s ohledem na snížení tepelných ztrát tekuté oceli po odpichu následující tavby je nutno optimalizovat tepelnou práci pánve. Stanovením změny teploty oceli v pánvi během technologického úseku od odpichu oceli do lící pánve do konce lití na ZPO, umožní predikci teploty oceli na počátku lití, resp. na konci mimopecního zpracování a možnost optimalizace výjezdové teploty z pánvové pece. Příspěvek je věnován optimalizaci tepelné práce lící pánve se snahou o minimalizaci tepelných ztrát tekuté oceli v lící pánvi v celém technologickém toku od tavicího zařízení, přes mimopecní zpracování až po plynulé odlévání oceli.

Klíčová slova: lící pánve, ocel, vyzdívka, entalpie, ztráty tepla

Industries that carry out high temperature processes, e.g. the iron and steel industry require advanced energy solutions for efficient heat management during processing. Steel makers have been looking for new strategies to decrease the steelmaking energy consumption due to the growing demand for modern steel products and their environmental impacts [1]. Steelmaking community is facing multiple challenges those vary from energy and raw material costs for sustainable business to producing high value-added grades to cater ever increasing demands of customers. Technological advancements facilitate process engineers to meet the challenges to a great extent. Continuously evolving industrial automation systems equipped with sophisticated instrumentation, PLCs, data acquisitions systems and real time process models have demonstrated enormous potential in achieving high quality consistently while optimizing resource utilization. As a result, now-a-day such automation systems became an integral part of the steel manufacturing [2]. When steel remains in the casting ladle for an extended period from tapping to the end of casting at the continuous casting, a considerable amount of heat accumulates in the refractory lining, especially when the steel undergoes secondary metallurgy treatment in a ladle furnace. Knowledge of the amount of thermal energy stored in the ladle allows for better predictions of the steel temperature during the process. This has a potential to improve the quality of the steel [3]. Effective use of the heat accumulated in the ladle lining, aimed at reducing thermal losses of liquid steel after the next tapping, requires optimization of the ladle's thermal regime. To determine the thermal behaviour of the ladle lining and to predict the temperature evolution of the steel, numerical methods for solving transient heat conduction were employed. These methods are based on spatial and temporal discretization of the temperature field [4]. The simulations take into account both the heat accumulation within the lining and the dynamic effects of technological operations over time. The calculations were based on an implicit scheme, which ensures stable simulation even with extended time steps. [5], [6], [7], [8]. Determining the change in steel temperature in the ladle during the technological stage from tapping into the casting ladle to the end of continuous casting enables the prediction of the steel temperature at the start of casting, or alternatively at the end of secondary metallurgy in the ladle furnace. This, in turn, allows for the optimization of the target temperature at the ladle furnace exit. The use of advanced numerical methods and models for controlling the thermal regime of the casting ladle thus represents a key tool for improving process efficiency, reducing production costs, and simultaneously contributing to the environmental sustainability of metallurgical operations. Artificial intelligence methods can also be employed to optimize the temperature field [9], [10]. The paper focuses on optimizing the thermal management of the casting ladle with the aim of minimizing heat losses of liquid steel throughout the entire technological process — from the melting unit, through ladle furnace treatment, to continuous casting. [11]

Key words: ladle, ladle lining, enthalpy, heat losses

1. Úvod

Zajištění špičkové jakosti vyrobené oceli, vysoké produktivity a nízkých výrobních nákladů ocelárny je v současné době možné jen při aplikaci moderních postupů sekundární metalurgie a plynulého odlévání oceli. Neustále stoupající požadavky na snižování energetických nákladů v přímé návaznosti na snižování emisí skleníkových plynů (především CO₂) vedou ocelářské společnosti k intenzivnímu zaměření na aplikovaný výzkum a vývoj nových technologií, které by tento požadavek splňovaly. V tomto procesu hrají stále významnější roli pokročilé softwarové systémy a metody umělé inteligence, které umožňují optimalizaci výrobních procesů, zvyšování efektivity a dosažení vyšší úrovně automatizace. Jednou z možností snižování energetických nákladů je efektivní řízení teplotního režimu lící pánve, které omezuje nežádoucí úniky tepla tekuté oceli během celého výrobního cyklu. Pro tento proces řízení je nezbytné detailně porozumět faktorům, které ovlivňují změnu teploty oceli, a především je kvantifikovat pomocí matematických modelů a algoritmů, které umožní přesnou predikci a optimalizaci teplotního režimu.

2. Změna teploty oceli v lící pánvi

Změna teploty oceli v lící pánvi je dynamický proces ovlivněný několika faktory, které působí současně a v různých časových úsecích. Pro přesnou analýzu a optimalizaci je proto nezbytné nejen identifikovat jednotlivé příčiny změn teploty, ale také kvantifikovat jejich vliv na celý proces. Mezi hlavní faktory ovlivňující změnu teploty oceli patří:

- Tepelné ztráty vyzdívkou – probíhají kontinuálně a představují jednu z hlavních složek celkové tepelné bilance lící pánve.
- Tepelné ztráty hladinou lázně (struskou) – dochází k nim v důsledku tepelného vyzařování a konvekce na volném povrchu oceli.
- Přidávky legujících prvků a struskových materiálů – mohou způsobit jak pokles, tak nárůst teploty v závislosti na jejich fyzikálně-chemických vlastnostech.
- Foukání inertního plynu – urychluje homogenizaci oceli, ale zároveň vede ke snížení teploty vlivem jejího intenzivního míchání, ohřevu plynu a event. i obnažováním povrchu oceli.
- Ohřev v pánvové peci – pokud je součástí procesu, představuje jediný faktor přispívající k nárůstu teploty.

Protože tyto faktory působí současně, je nezbytné jejich vliv správně vyhodnotit a optimalizovat celý proces řízení teplotního režimu lící pánve. Zejména se jedná o tepelné ztráty vyzdívkou a hladinou lázně (struskou) probíhající po celou dobu provozu lící pánve. V tomto příspěvku se zaměřujeme především na tepelné ztráty vyzdívkou, které mají zásadní vliv na rovnoměrnost teplotního pole oceli během celého procesu.

3. Tepelné ztráty vyzdívkou lící pánve

U agregátů pracujících s cyklickým provozem je stanovení ztrátových tepelných toků značně složitější, neboť teplotní pole ve vyzdívce je nestacionární. Ztrátový tepelný tok je v tomto případě určen tepelným tokem z vnějšího povrchu zdíva do okolního prostředí a změnou ztrátového tepelného toku akumulací tepla ve vyzdívce, tedy:

$$P_z = P_{z,p} + P_{z,ak} \quad (1)$$

kde: $P_{z,p}$ je ztrátový tepelný tok z vnějšího povrchu lící pánve (W)

$P_{z,ak}$ - ztrátový tepelný tok akumulací tepla ve vyzdívce (W)

Ztrátový tepelný tok z vnějšího povrchu lící pánve (do okolního prostředí) $P_{z,p}$ se vypočte vztahem:

$$P_{z,p} = \alpha_c \cdot (t_p - t_{ok}) \cdot S \quad (2)$$

kde: α_c je celkový součinitel přestupu tepla z vnějšího povrchu pánve do okolního prostředí (W.m⁻².K⁻¹)

t_p - střední hodnota povrchové teploty (°C)

t_{ok} - teplota okolí (°C)

S - celková plocha, na které dochází k tepelné výměně (m²)

Ztrátový tepelný tok akumulací tepla ve vyzdívce lze určit:

$$P_{z,ak} = m_{vyz} \cdot \Delta c_{p,vyz} \cdot \Delta t_{vyz} \quad (3)$$

kde: m_{vyz} je hmotnost vyzdívky (kg)

$\Delta c_{p,vyz}$ - měrná tepelná kapacita vyzdívky (J.kg⁻¹.K⁻¹)

Δt_{vyz} - rozdíl středních teplot vyzdívky za příslušný časový úsek (K.s⁻¹)

V rovnici (3) se nejobtížněji stanovuje hodnota Δt_{vyz} . Její určení vyžaduje znalost průběhů teplot vyzdívkou v příslušných časových úsecích, což vyžaduje řešení nestacionárního vedení tepla. V těchto případech je teplotní funkce obecně dána Fourierovou rovnicí vedení tepla:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t + \frac{q_v}{c_p \cdot \rho} \quad (4)$$

kde: a je součinitel teplotní vodivosti (m².s⁻¹)

∇^2 - Laplaceův operátor (m⁻²)

q_v - vydatnost vnitřního objemového tepelného zdroje (W.m⁻³)

c_p - měrná tepelná kapacita při stálém tlaku (J.kg⁻¹.K⁻¹)

ρ - hustota (kg.m⁻³)

t - teplota (°C)

τ - čas (s)

Řešení této parciální diferenciální rovnice vedení tepla pro konkrétní okrajové podmínky je nejjednodušší pomocí numerických metod [4], [5], [6], [7], [8].

Vzhledem k tomu, že teplotní pole vyzdívky je rozhodujícím způsobem ovlivněno tepelnými pochody v pracovním prostoru pánve je především nutno získat co nej přesnější údaje v blízkosti pracovního povrchu vyzdívky. Tepelné ztráty vyzdívkou se poté stanoví jako integrální hodnota závislá na čase pro celou vyzdívku lící pánve. Pokles teploty oceli způsobený tepelnými ztrátami vyzdívkou v zadaném časovém úseku je určeno vztahem:

$$\Delta t_{oc} = \frac{P_z}{m_{oc} \cdot c_{p,oc}} \cdot \tau \quad (5)$$

kde: m_{oc} je hmotnost oceli (kg)

$c_{p,oc}$ - měrná tepelná kapacita oceli ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)

τ - příslušný časový úsek (s)

Výpočet tepelných ztrát provádíme pro zvolené dílčí úseky lící pánve, které charakterizují provoz lící pánve, a v kterých rovněž dochází k dalším ztrátám teploty oceli, jak již bylo zmíněno v kapitole 2. Nabízí se následující dílčí úseky:

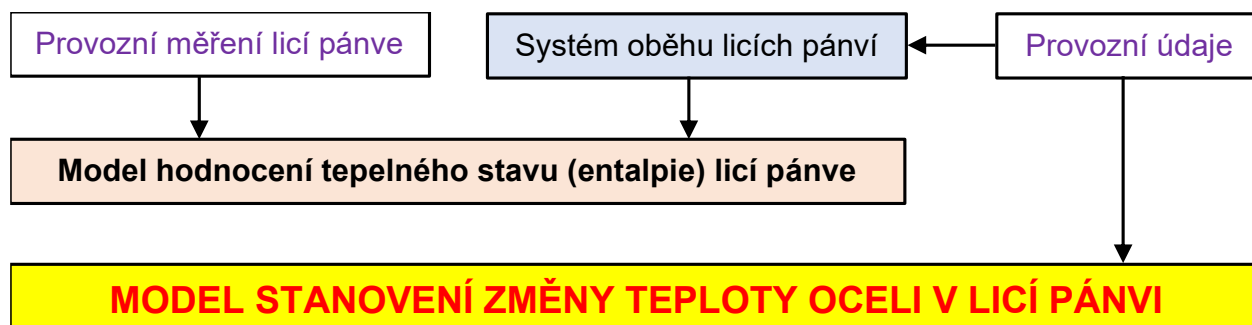
1. úsek plnění pánve po odpichu

2. úsek od konce toku oceli do 10. min po odpichu
3. úsek od 10. min po odpichu do začátku zpracování na pánvové peci
4. úsek zpracování v pánvové peci
5. úsek transportu pánve od pánvové pece k ZPO
6. úsek lití z pánve na ZPO

4. Praktické řešení problematiky optimalizace tepelné práce lící pánve

Na základě výše uvedených teoretických poznatků lze vytvořit základní koncept pro komplexní řešení problematiky optimalizace pánvové metalurgie v procesu výroby oceli. Podstatou je vytvoření zcela nového nástroje pro optimalizaci tepelného hospodářství v oblasti pánvové metalurgie, který využívá a integruje znalosti o tepelně bilančních vlivech procesů pánvové metalurgie na teplotu oceli v lící pánvi. Jedná se o nový komplexní prostředek pro stanovení změny teploty oceli v pánvi během technologického úseku od odpichu oceli (do lící pánve) do konce lití na zařízení pro plynulé odlévání oceli, tzv. „teplotní model“, který umožní predikci teploty oceli v lící pánvi, a to v průběhu jejího zpracování v uváděném agregátu.

Na Obr. 1 je uveden příklad způsobu práce teplotního modelu v rámci Informačního systému ocelárny.



Obr. 1 Schéma vstupů Modelu stanovení změny teploty oceli v pánvi

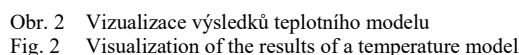
Fig. 1 Input diagram of the model for determining the change in steel temperature in a ladle

Model dynamicky reaguje na faktory ovlivňující teplotu oceli v lící pánvi v technologickém úseku od odpichu do konce odlévání na lícím stroji. Algoritmy, uplatněné v modelu, kvantifikují jednotlivé vlivy determinující teplotu oceli v agregátu (vliv vyzdívky lící pánve a vliv operací s tekutým kovem). Tím je umožněn výpočet změny teploty v průběhu technologického cyklu zpracování oceli.

Předložený model využívá řadu vstupních dat, včetně systému pro identifikaci zakrytí pánve víkem na vybraném stanovišti, který identifikuje pozici lící pánve ve vybraných segmentech procesu pánvové metalurgie. Jedná se o stanovení času začátku a konce jednotlivých operací a přítomnost víka na pánvi. Dále model využívá výsledky technologie měření a vyhodnocení tepelné práce lící pánve, na základě které je stanovována entalpie pánve.

Pro funkčnost modelu jsou nezbytné údaje z řídicího systému ocelárny, a to teplota oceli v pánvi po odpichu z pecního agregátu, značka vyráběné oceli a ostatní provozní údaje. Data, se kterými model pracuje, lze dle jejich provozní povahy obecně vyjádřit následovně:

- značka oceli
- chemická analýza oceli
- tepelný stav (entalpie) pánve
- doby jednotlivých technologických operací
- teplota oceli v pánvi po odpichu
- množství a typ (pecní, syntetická) strusky v pánvi
- množství argonu zaváděného do oceli během mimopecního zpracování oceli
- doba a stupeň ohřevu oceli v pánvové peci
- množství jednotlivých přísad nasazených do pánve během mimopecního zpracování oceli



- Úspora zemního plynu v procesu přehřevu licích pánví prostřednictvím cíleného řízení energetických vstupů.
- Redukce spotřeby elektrické energie pro ohřev oceli v pánvové peci díky přesnější predikci teplotních ztrát.
- Snížení emisí CO₂ v důsledku optimalizace celého procesu a efektivnějšího využití dostupné energie.
- Využití moderních numerických metod a modelů pro řízení teplotního režimu lící pánve tak představuje klíčový nástroj pro dosažení vyšší efektivity, snížení výrobních nákladů a současně pozitivně přispívá k environmentální udržitelnosti hutní výroby.

Poděkování

Príspevok vznikl v rámci projektu č. FW01010097 – „Automatizované řídicí systémy v oblasti pánové metalurgie“ spolufinancovaného Technologickou agenturou ČR v rámci Programu Trend, v rámci projektu “Institucionální podpora dlouhodobého a koncepčního rozvoje výzkumné organizace v roce 2025”, kterou poskytlo Ministerstvo průmyslu a obchodu a s podporou operačního programu Spravedlivá transformace pod záštitou Ministerstva životního prostředí České republiky, projekt CirkArena číslo CZ.10.03.01/00/22_003/0000045.

Vytvořený model navíc usnadňuje predikci vývoje teploty během technologického cyklu a umožňuje rychlou reakci na případné odchylky. Výsledkem je nejen zlepšení energetické efektivity, ale i konzistentní kvalita produkované oceli.

- [1] SANTOS, M.F, MOREIRA, M.H., CAMPOS, M.G.G., PELISSARI, P.I.B.G.B, ANGÉLICO, R.A., SAKO, E.Y, SINNEMA, S, PANDOLFELLI, V.C. Enhanced numerical tool to evaluate steel ladle thermal losses. 2018. 44 (11), 12831-12840. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.04.092>.
- [2] SRINIVAS, Peri Subrahmanya, KOTHARI, Anil Kumar, AGRAWAL, Ashish. Parameter Estimation by Inverse Solution Methodology Using Genetic Algorithms for Real Time Temperature Prediction Model of Ladle Furnace. ISIJ International. 2016, 56 (6), 977-985. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2015-712>.

- [3] BERNSTSSON, Fredric, WIKSTRÖM, Patrik. Thermal tracking of a ladle during production cycles. *International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics*. 2023, 24 (6), 406-416. <https://doi.org/10.1080/15502287.2023.2253255>
- [4] TALER, Jan., DUDA, Piotr. Solving Direct and Inverse Heat Conduction Problems. Berlin: Springer, 2006. ISBN 978-3-540-33470-5j.
- [5] SIDDIQUI, M.I.H., KIM, M.-H. Two-Phase Numerical Modeling of Grade Intermixing in a Steelmaking Tundish. *Metals* 2019, 9, 40. <https://doi.org/10.3390/met9010040h>
- [6] JANČAR, Dalibor, MACHŮ, Mario, VELIČKA, Marek, TVARDEK, Petr, VLČEK, Jozef. Use of Numerical Methods for the Design of Thermal Protection of an RFID-Based Contactless Identification System of Ladles. *METALS*. 2022, 12 (7), 1163. eISSN 2075-4701.
- [7] MÁKELÄ, Ilpo, VISURI, Ville-Valtteri, FABRITIUS, Timo. A mathematical model for the thermal state of a steel ladle. *Ironmaking & Steelmaking*. 2023, 50 (7), 867-877. <https://doi.org/10.1080/03019233.2023.2201544>.
- [8] PAN, Yuhua, GRIP, Carl-Erik, BJÖRKMAN, Bo. Numerical studies on the parameters influencing steel ladle heat loss rate, thermal stratification during holding and steel stream temperature during teeming. *Scandinavian Journal of Metallurgy*. 2003, 32 (2), 71-85. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0692.2003.10608.x>.
- [9] JANČAR, Dalibor, MACHŮ, Mario, VELIČKA, Marek, TVARDEK, Petr, KOCIÁN, Leoš, VLČEK, Jozef. Use of Neural Network for Lifetime of Teeming Ladles. *Materials*. 2022, 15 (22), 1163. eISSN 1996-1944.
- [10] SCHMIDT, Thomas, CHRISTIS, Maximilian, SODEURS, Andreas, PLOCIENNIK, Uwe. Physics-informed AI approach for temperature guidance of ladles and heats. 11th ECCC European Continuous Casting Conference. 7. - 11. 10. 2024, Essen, Germany. Essen. www.eccc-2024.com
- [11] RUELA, Victor, Paul van BEURDEN, LUCHINI, Bruno, HOFMANN, Rene, BIRKELBACH, Felix. Optimizing the Steel Ladle Thermal Management: Toward a Sustainable and Cost-Effective Ladle Fleet Logistics. 2024, 96 (2), 2400616. <https://doi.org/10.1002/srin.202400616>.

INFORMATIVNÍ ČLÁNEK

Zkrachovalá Liberty má nového majitele, kupuje ji sdružení firem exministra Peciny

16. července 2025

Ocelárna Liberty Ostrava mění majitele. Zadlužený podnik v konkurzu, jehož provoz se podařilo alespoň částečně udržet díky tzv. tollingu, získalo sdružení firem SPV NH Ostrava a SPV NH Koksovna. Obě společnosti ovládá někdejší ministr vnitra a průmyslu Martin Pecina. Věřitelský výbor i zajištění věřitelé s transakcí souhlasili jednomyslně. Jiný zájemce o koupi nebyl.

„Cílem prodeje je zajistit co nejvyšší výnos pro majetkovou podstatu dlužníka, jiná varianta by byla pro věřitele méně výhodná,“ uvedl mluvčí insolvenčního správce Michal Štefl.

Za hlavní závod a koksovnu nabídl Pecinův tým částku 3,01 miliardy korun. Prodejní proces vedla společnost PricewaterhouseCoopers (PwC), která oslovila 230 potenciálních investorů. Podle odborných posudků firem

PwC a Deloitte byla tato nabídka výhodnější než rozprodej majetku po částech – jak z hlediska výnosu, tak z hlediska zachování výroby a zaměstnanosti.

„V porovnání s potenciálním rozprodejem podniku po částech znamená prodej funkčního celku vyšší míru uspokojení pohledávek pro všechny věřitele,“ potvrdil Jan Černý, mluvčí státní pojišťovny EGAP, která je předsedou věřitelského výboru.

V rámci prodeje nedochází k převodu některých nemovitostí, pohledávek či movitých věcí, které nejsou nezbytné k dalšímu provozu huti.

Díky rozhodnutí věřitelů se podle správce podařilo zachovat přibližně 2 500 pracovních míst. Výroba bude zatím i nadále pokračovat formou tollingu prostřednictvím firem Don Quixote a Vítkovice Machinery Trade.



Foto: Areál Liberty Ostrava

Celý článek na [iDNES](https://www.idnes.cz)

Experimental methods of Neutron Physics Laboratory in NPI Řež for Testing of Metallic Samples

Experimentální metody Laboratoře neutronové fyziky v ÚJF Řež pro testování kovových vzorků

RNDr. Pavol Mikula, DrSc., RNDr. Pavel Strunz, CSc., Mgr. Vasyl Ryukhtin, Ph.D.

LNF, ÚJF AV ČR Řež, Husinec-Řež čp. 130, PSČ: 250 68, Česká republika, korespondenční email: mikula@ujf.cas.cz

The use of neutron scattering methods for structural and property studies of technologically interesting materials as well as solution of industrial problems has been expanding in the last decades. Correspondingly, demands for the beam time at neutron sources have been strongly increased in all neutron research laboratories in the world. Several methods related to materials science has been effectively also used at a medium-power research-reactor LVR-15 operated by the Research Centre Řež. Several methods with the examples of unique experimental results which could be attractive and useful for people employed in metal production and procession are presented. Moreover, the access to the research experiments targeting new experimental results is free.

Key words: *Neutron scattering methods, Neutron Physics Laboratory, experimental equipment, user access*

Využití neutronového rozptylu pro studium struktur a vlastností technologicky zajímavých materiálů a také při řešení technologických problémů s materiály v průmyslu se v posledních dvou desetiletích velice rozmáhá. Současně s tím požadavky na získání odpovídajícího experimentálního času silně narostly ve všech neutronových laboratořích ve světě. Několik experimentálních metod využitelných v materiálovém výzkumu je také k dispozici na experimentálních zařízeních vybudovaných Laboratoří neutronové fyziky ÚJF AV ČR u výkumného reaktoru středního výkonu LVR-15, který provozuje Centrum výzkumu s.r.o. v Řeži. V článku je uvedeno několik příkladů unikátních experimentálních výsledků, které by mohly zaujmout pracovníky zabývající se produkcí a obráběním kovových materiálů a případně i přípravou technologie výroby výstupních vzorků. V této souvislosti je nutné poznamenat, že nekomerční měření na experimentálních zařízeních (včetně obsluhy), která jsou zaměřená na získání nových experimentálních výsledků, jsou poskytována bezplatně.

Klíčová slova *Metody neutronového rozptylu, Laboratoř neutronové fyziky, experimentální vybavení, vnější uživatelé*

1. Řež Neutron Physics Laboratory (NPL)

First, let us shortly introduce all research activities and facilities existing in NPL. NPL is a part of Nuclear Physics Institute ASCR, enabling us to perform neutron physics experiments as well as to provide experimental facilities and research experience for external users. Research activities of NPL are concentrated at the medium power 10 MW (mean power) reactor LVR-15 operated by Research Centre Řež (<https://cz.linkedin.com/company/research-centre-rez>) [1] on a commercial basis. In total, NPL operates 8 instruments installed at 5 radial horizontal beam tubes (for experiments in nuclear physics, solid state physics and materials research) and two vertical irradiation channels (for neutron activation analysis). Fig. 1 shows a schematic picture of the arrangement of the instruments installed at the reactor LVR-15. For details see the web

page <https://www.ujf.cas.cz/cs/oddeleni/oddeleni-neutronove-fyziky/> [2]. The individual instruments are offered for measurements to external users free by means of the CANAM project [14,15]. After carrying out the experiment an entire support including a high-quality software for data analysis, preliminary raw data elaboration and a permanent assistance of the responsible researcher are provided.

2. Provided experimental basis

A short description of the several operating experimental facilities and activities carried out with neutrons in NPL is as follows:



Fig. 1 Schematic picture of the experimental facilities of NPL at the reactor LVR-15

Obr. 1 Schematický obrázek experimentálních zařízení Laboratoře neutronové fyziky instalovaných u reaktoru LVR-15

TKSN-400 high-resolution diffractometer (Fig. 2, Fig. 3) is equipped with a bent Si single crystal monochromator and ^3He position sensitive detector. Due to its equipment, the instrument is dedicated especially to thermo-mechanical testing of materials, i.e. to study the deformation and transformation mechanisms of modern types of newly developed materials. Neutron diffraction performed in situ upon external loads, brings a wide range of valuable structural and sub-structural parameters (e.g. dislocation density and average grain size) of the studied material which is easy to correlate with parameters of external loads. The diffractometer yields very good resolution and luminosity. It is mainly used for mapping residual macrostrains, microstrain analysis and in situ tension/compression tests of samples in a wide range of temperatures above the room value. The instrument is equipped with the tension/compression rig (with Joule heating) for measurements under a thermo-mechanical load. The diffractometer operates in the angular range of the scattering angles $25^\circ < 2\theta_s < 90^\circ$ with the resolution $2 \times 10^{-3} \leq \Delta d/d \leq 3 \times 10^{-3}$ (d is the lattice spacing). It is equipped with a variety pieces of the sample environment:

- Deformation machine for uni-axial loading (tension, pressure) ± 20 kN
- Resistant heating ($T < 1200^\circ\text{C}$)
- Hot-air heating ($T < 300^\circ\text{C}$)

- Eulerian cradle: inner diameter of 400 mm, $0^\circ < \chi < 160^\circ$, $0^\circ < \varphi < 360^\circ$
- Miniature deformation machine for uni-axial loading (tension, compression) ± 10 kN, suitable for installation on the Eulerian cradle to measure lattice strain in all directions
- Deformation machine for bending loading, maximum cycling frequency of 27 Hz
- In-situ acoustic emission measurement during loading test. Physical Acoustics PCI-2 board. AE sensor frequency range: 100–1200 kHz.

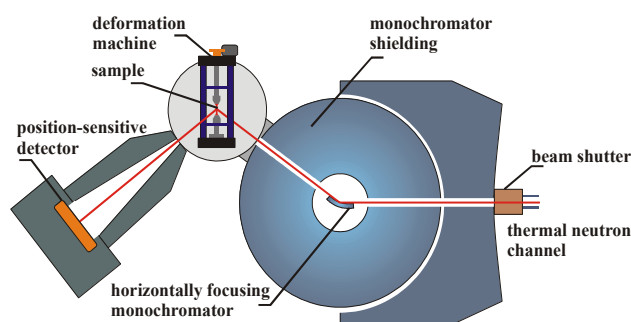


Fig. 2 Schematic picture of the diffractometer TKS-400

Obr. 2 Schematický obrázek difraktometru TKS-400

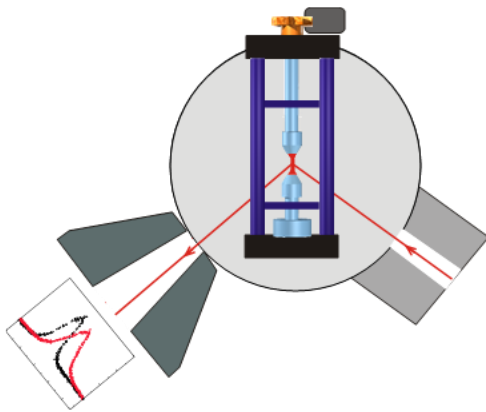


Fig. 3 Detail of loading in tension or compression resulting in a shift and change of the diffraction profile

Obr. 3 Detail zařízení pro zatěžování vzorků v tahu a tlaku, které způsobuje úhlový posun a tvar (šířku) difrakčního profilu

SPN-100 multipurpose diffractometer (Fig.4) equipped with a bent Si single crystal monochromator and ^3He position sensitive detector. The diffractometer uses advantages coming from focusing both in real and momentum space. It is dedicated to mapping of residual macrostrains inside polycrystalline materials. Typical examples are residual strains/stresses developed in the course of welding or accumulated during processing and/or usage of engineering components. Furthermore, it can be

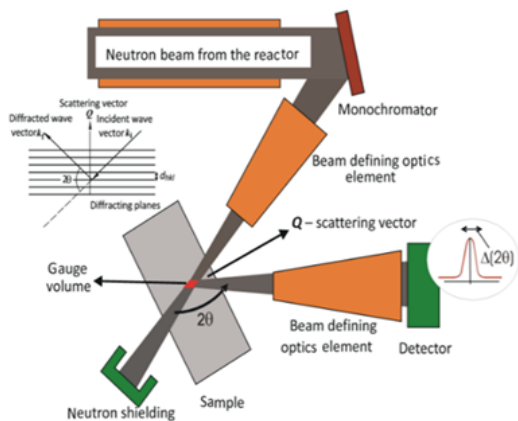


Fig. 4 Schematic picture of the strain/stress device SPN-100 and the sketch of the sample setting for determination of three strain components with a diagram of neutron scattering by a gauge volume

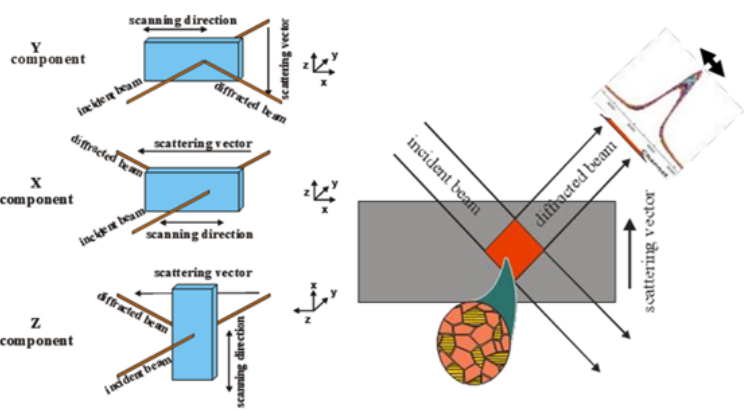
Obr. 4 Schematický obrázek zařízení SPN-100 pro měření deformace/napětí vzorků a náčrt poloh vzorku pro určení třech komponent elastické deformace s detailem rozptylu neutronů vymezeným objemovým elementem

The device measures strains which are then used for calculation of the stresses. Strain is defined as $\varepsilon = \Delta d / d_{0,hkl}$. Diffraction obeys the Bragg condition $2d_{hkl} \sin \theta_{hkl} = \lambda$, (d_{hkl} - lattice spacing, θ_{hkl} - Bragg angle, λ - the wavelength). The differentiation of the Bragg condition provides the strain as $\varepsilon = -\cot \theta_{hkl} \times \Delta \theta_{hkl}$. Q is the scattering vector perpendicular to the lattice planes. Conversion of the strains to stresses is given by

$$\sigma_x = \frac{E_{hkl}}{(1 - 2\nu_{hkl})(1 + \nu_{hkl})} \left[(1 - \nu_{hkl})\varepsilon_x^{hkl} + \nu_{hkl}(\varepsilon_y^{hkl} + \varepsilon_z^{hkl}) \right],$$

used for neutron topography and some special tasks of powder diffractometry in a short Q -range. The instrument is equipped with a robot-arm system for manipulation with the sample. The diffractometer has a changeable monochromator take-off angle and can be set and operated at a suitably chosen wavelength in the range 0.1 nm to 0.235 nm. In the case of α -Fe and γ -Fe samples, it usually operates at the neutron wavelength of 0.23 nm, providing a good resolution after diffraction on the α -Fe(110) and/or γ -Fe(111) lattices planes. Parameters of the instrument are:

- Monochromator: Bent Si(220) single crystal
- The range of the monochromator take-off angle: $30^\circ - 60^\circ$
- Neutron wavelength: 0.1 – 0.235 nm
- Neutron detection: 2-D Position sensitive detector with the spatial resolution $2 \times 2 \text{ mm}^2$
- Sample – detector distance: 1000 mm
- Beam defining optics: Cd slits in the incident and diffracted beams defining the gauge volume
- Specimen weight capacity: XYZ stage: up to 50 kg, robotic arm: up to 7 kg.



where $\varepsilon_{x,y,z}^{hkl}$ is the x,y,z-component of the lattice strain measured at the hkl crystal lattice planes, E_{hkl} and ν_{hkl} are the diffraction elastic Young modulus and diffraction Poisson ratio, respectively.

MEREDIT (Fig.5) medium-resolution powder diffractometer is designed for determination crystal and/or magnetic structure of powder or solid polycrystalline materials, analyzes their phase composition, phase transitions *in-situ* etc. The related measurements are complementary to the X-ray powder diffraction ones. The advantages of using neutrons consists in a deep sample penetration. Furthermore, neutrons can

"see" the light elements as a hydrogen and distinguish elements standing beside in the periodic table and permit possibility of the magnetic structure studies. Samples can be studied at the room temperature or at low and high temperature when situating it in the cryostat or vacuum furnace. The instrument is equipped with the multi-detector bank containing 35 ^3He point counters with corresponding 10' Soller collimators. They are all individually set at angular intervals of 4.00° covering the range of the scattering angles 2θ of 150 deg. There are several sample environments to enhance the measurement ability of the instrument: vacuum furnace able to cover the measurement from the room temperature up to $\sim 1000^\circ\text{C}$; light furnace covering the same temperature range (RT up to 1000°C) but in addition, it is possible to heat up the sample in different atmospheres, including open air, close cycle cryostat operating from room temperature down to $\sim 10\text{K}$; sample changer (carousel) - for up to six samples measured at room temperature. A special deformation rig permits *in-situ* measurements under uni-axial stress/pressure or fatigue cycles. For textured samples, it is also possible to mount up the Euler goniometer. For the powder samples, the vanadium containers with different

diameters - 6, 10 and 13 mm can be used. These containers can be used only for measurement in the carousel, vacuum furnace and the close cycle cryostat. Possible applications of the instrument are:

- Phase transformation in the cast iron during the tensile load
- Conduction path way in the oxygen conductors for fuel cell membranes
- Doping level of the hydrogen storage material
- In-situ chemistry during charging in the lithium batteries
- Magnetic structure of magneto-caloric compounds
- Magnetic structure of antiferromagnetic semiconductors for spintronic devices
- Base and corrosion materials in archaeological artifacts
- Twinning model in the magnesium alloys during tension and compression
- and many others

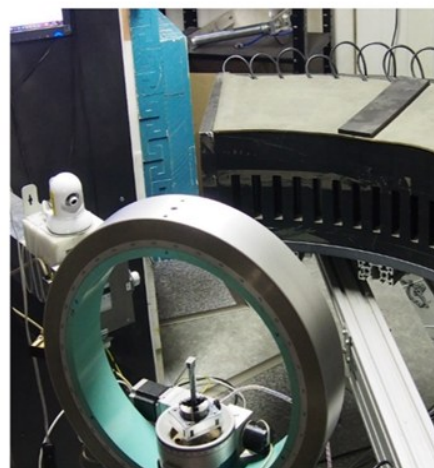
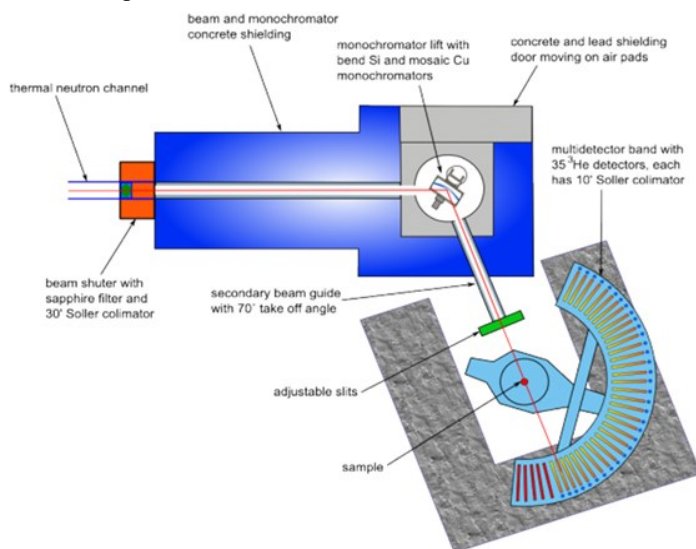


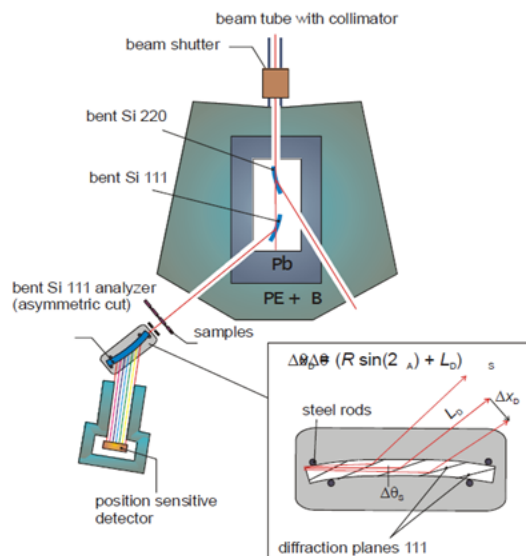
Fig. 5 Schematic picture and the photo of the sample and detector parts of the powder diffractometer MEREDIT

Obr. 5 Schematický obrázek a foto-detail pohyblivých částí kolem vzorku a části detektoru práškového difraktometru MEREDIT

MAUD (Fig.6) small-angle-scattering double-crystal diffractometer is designed for the measurements of small-angle neutron scattering (SANS) with a high momentum-transfer Q -resolution. The fully asymmetric diffraction geometry of the bent Si analyser is employed to transfer the angular distribution of the scattered neutrons to the spatial distribution and to analyse the scattering curve by the 2-d PSD. The remote control of the curvatures of the monochromator and analyser crystals makes possible to tune the instrument resolution easily in the δQ range from 10^{-4} to $10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$, according to the expected size of structural or compositional investigated inhomogeneities. It is mainly used for investigations of the inhomogeneities (e.g. in alloys, porous media), cavities, fractal structures, precipitates etc. in the size range from 20-50 nm to several

μm . The instrument is equipped with the vacuum furnace capable to heat the sample up to 1400°C , automatic sample exchanger (up to 9 samples), deformation rig with maximum tensile/pressure load up to 20 kN, rotation table and electrical magnet up to 2 Tesla. Magnetic field can be applied to sample in horizontal as well as vertical direction with respect to the beam.

SANS is generally used for investigation of rather large objects of the average dimension from 1 nm to 10 mm: Complex fluids, alloys, precipitates, biological assemblies, ceramics, glasses, flux lattices, long-wavelength CDWs and SDWs, critical scattering, porous media, fractal structures etc. Bulk samples can be used (1 mm - 2 mm thick). SANS is sensitive to the light elements (H, C and N) as well as isotopes such as H and D. Overview of applications related to usually used methods – Fig. 7.



3 types of SANS techniques in neutron laboratories

	size range (R)
Pin-hole (conventional) instrument	1 nm ... 100 nm
<u>DBC diffractometer with bent crystals</u>	<u>10 nm ... 1 μm</u>
Ultra DC-SANS setting with perfect crystals	1 μ m ... 10 μ m

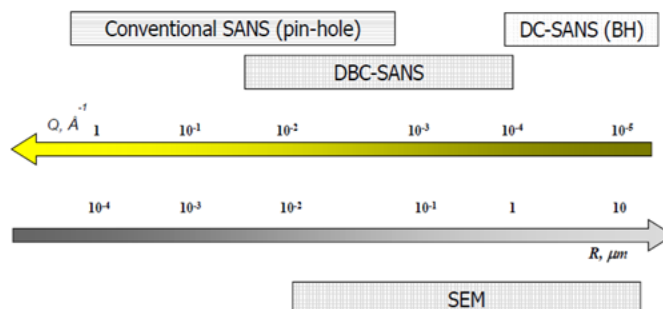


Fig. 6 Left: Schematic diagram of the DBC-SANS diffractometer MAUD. Inserted part shows the transformation of the scattering angular deviation on the position coordinate. Right: Q or R range comparison of the individual instruments

Obr. 6 Vlevo: Schematický obrázek maléhoúhlového difraktometru DBC-SANS. Vložená část ukazuje převod úhlových posunutí vlivem rozptylu na lineární prostorový rozměr. Vpravo: Porovnání oblastí měření parametrů Q nebo R pro jednotlivá zařízení

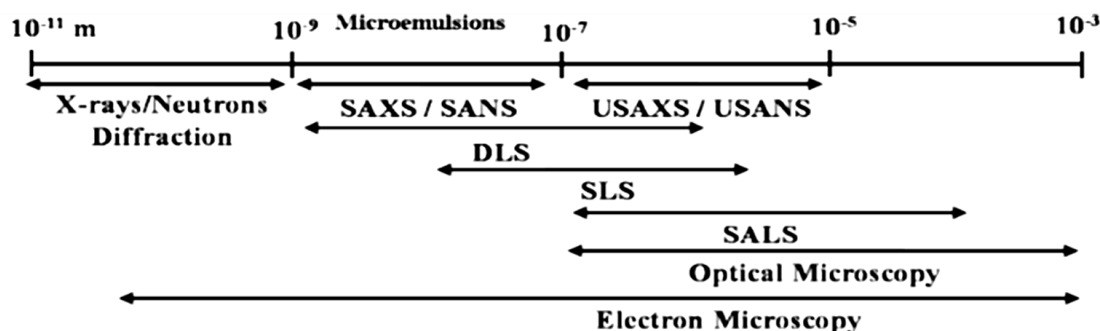


Fig. 7 Overview of applications related to usually used methods

Obr. 7 Přehled aplikací a oblastí jejich uplatnění při studiu částic různých rozměrů

3. Several related experimental results

TKSN-400 DIFFRACTOMETER (Fig. 8 – Fig. 11): As an example, we show the experimental results obtained on this instrument from in-situ studies of pearlitic steel wires (chemical composition 0.85 C, 0.24 Si, 0.82 Mn, 0.011 P, 0.01 S, 0.02 Al and 0.05 Cr (mass %)). Several samples were at a disposal: P1 - patenting by industrial process (pearlitic lamellar structure), P2 - drawing to wires (reduction area 75%), P3 - ageing at 423 K / 12.6 ks, P4 - 698 K / 0.6 ks (Zn-plating heat treatment), P5 - 963 K / 18 ks (cementite spherical particles). Other experimental examples can be found in ref. 3-5.

SPN-10 - RESIDUAL STRAIN/STRESS SCANNER (Fig. 12 – Fig.14): It can be said, that the strain/stress scanners can be found practically in every neutron scattering laboratory working, at least, at the medium-power research reactor. First, as an example the strain scanning through the 15 mm thick ferrite plate covered by the 5 mm thick austenitic protection plate welded on the

ferrite one. Other experimental examples can be found in ref. 6-8.

As an example of the use of the **MEREDIT - POWDER DIFFRACTOMETER** (Fig. 15, Fig. 16). **Fig. 15** shows powder diffraction spectra of several porous samples of High-Entropy Carbides (HEC): Two binary alloys HfC and TaC and then HEC1 - ((Hf,Nb,Ta,Ti,Zr)C and HEC2 - (Mo,Nb,Ta,V,W)C. It has been found that the structure of all of them is single phase Fm-3m. However, the lattice parameter of the individual samples is slightly different which results in the mutual 2 θ -shift of the peaks related to measured reflections. Similarly, Fig. 16 displays an example of the powder diffraction spectrum of the single γ phase of the TiAl alloy. Other experimental examples can be found in ref. 9-11.

MAUD – SANS DIFFRACTOMETER: As an example of the exploitation of the MAUD instrument, **Fig. 17** shows the result of the measurements of the porosity of earlier investigated HEC samples. The resolution of the SANS instrument MAUD allowed in this case to study microstructures (pores) in the size range R from 20 nm to

2 μm and thus the pores which are not within this range could not be characterized. The SANS measurements are treated in absolute scale and therefore, the volume fraction

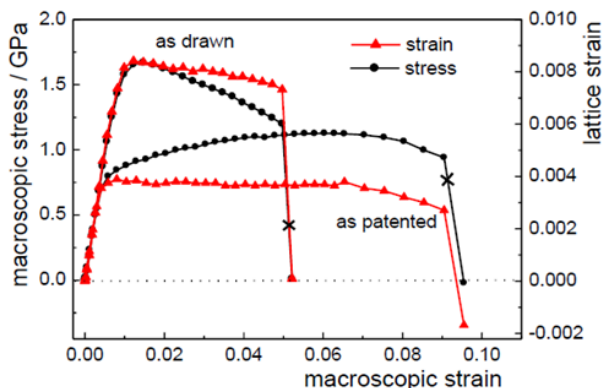


Fig. 8 Conventional strain/stress curves for two samples
Obr. 8 Typické křivky makrodeformace/napětí pro dva vzorky

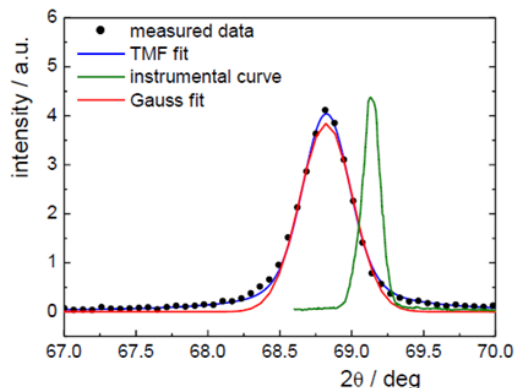


Fig. 9 Examples of the basic curves as used for the evaluation procedure
Obr. 9 Příklad základních profilů používaných k vyhodnocení

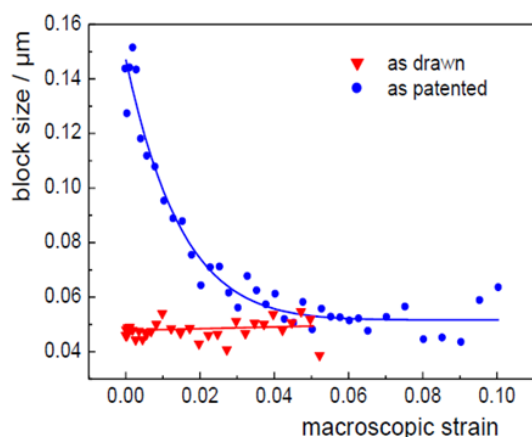


Fig. 10 Block size dependence on the macroscopic strain
Obr. 10 Závislost rozměrů zm od makrodeformace

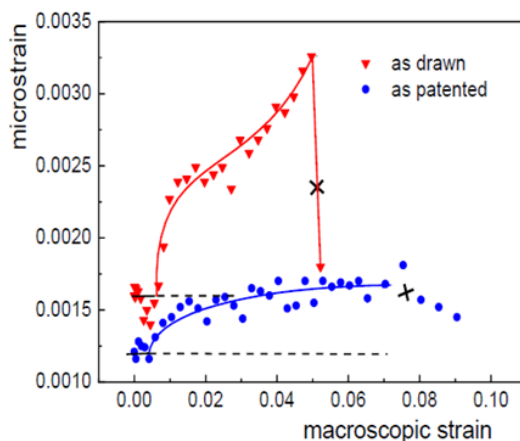


Fig. 11 Microstrain dependence on the macroscopic strain
Obr. 11 Závislost mikrodeformace od makrodeformace

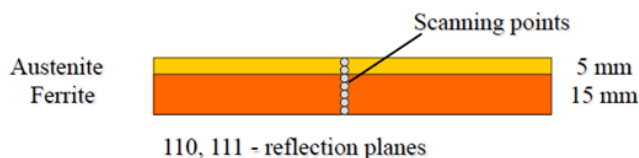


Fig. 12 Sketch of the austenite protection welded on the ferrite
Obr. 12 Náčrt austenitické ochrany navažené feritickou ocel

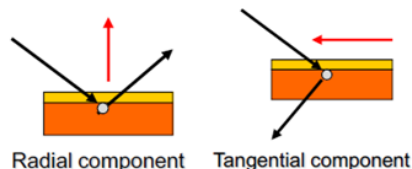


Fig. 13 Sketch of the measured strain components
Obr. 13 Náčrt měřených komponent elastické deformace

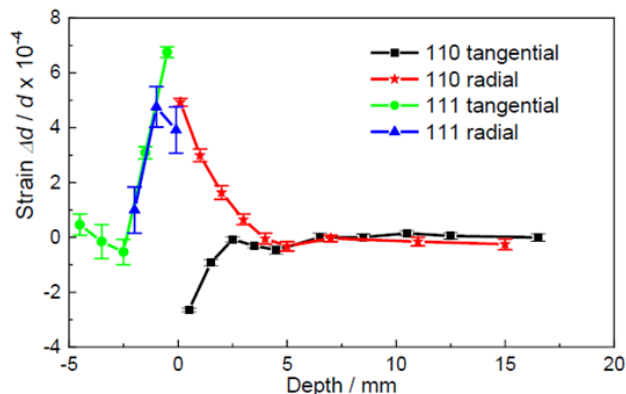


Fig. 14 Depth distribution of the strains in the vicinity of the weld
Obr. 14 Hloubkový profil elastické deformace v okolí sváru

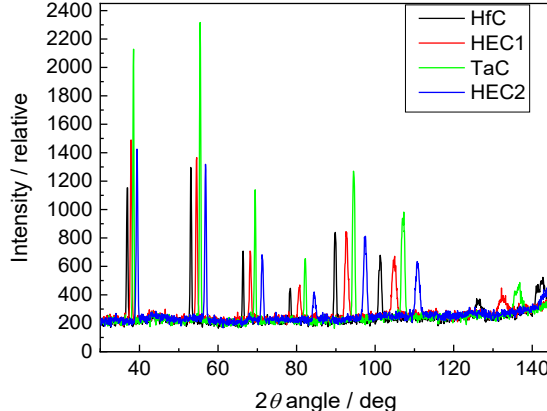


Fig. 15 Powder diffraction spectra related to the HECA samples
Obr. 15 Difrakční spektra (práškové) několika vzorků HECA

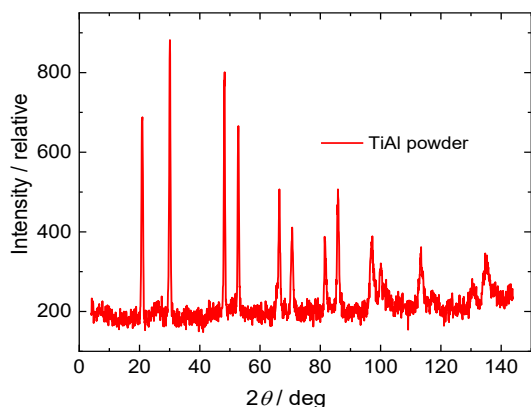


Fig. 16 Powder diffraction spectrum of the TiAl single γ phase
Obr. 16 Difrakční spektrum (práškové) u γ fáze slitiny TiAl

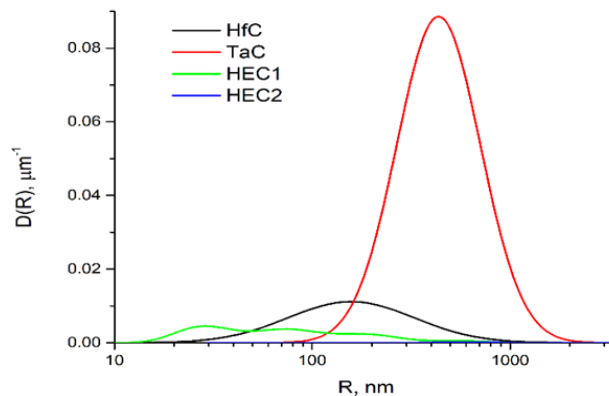


Fig. 17 Fitted volume weighed size-distribution of the pores for individual HEC samples for the SANS measurements
Obr. 17 Distribuce velikostí pórů pro jednotlivé vzorky HEC z měření SANS

Table 1: Summary the results of the evaluation procedure.
Tabulka 1: Souhrn výsledků hodnocené procedury

	HfC	TaC	HEC1	HEC2
Volume fraction, %	$0.425 \pm 0.019 \%$	$5.296 \pm 0.03 \%$	$0.103 \pm 0.011 \%$	$0.009 \pm 0.014 \%$
Mean radius of pores, nm	$355 \pm 28 \text{ nm}$	$621 \pm 3 \text{ nm}$	$261 \pm 35 \text{ nm}$	$720 \pm 71 \text{ nm}$
Model used	LogNormal distribution (w=0.49) of spherical pores	LogNormal distribution (w=0.49) of spherical pores	Spherical particles with size distribution of 7 splines	Spherical particles with size distribution of 7 splines

and size distribution of the pores can be fitted. The **Table 1** summarizes the results of the evaluation procedure. Other experimental examples can be found in ref. 12-13

4. Conclusion

Comparison of neutrons and synchrotron radiation as probes is follows:

1. Neutrons

- Particle beam (neutral)
- Interactions with the nuclei and the magnetic moment of the atoms
- Scattered by all elements, also the light ones like the hydrogen isotopes
- Deep penetration depth (bulk samples)
- Less intense beam measuring larger samples

Neutrons Applications:

- Magnetic structures & excitations
- Organic structures (the H-D isotope effect)
- Bulk studies (strains, excitations)
- Low-energy spectroscopy e.g. molecular vibrations

2. Synchrotron radiation (SR)

- Light beam (electromagnetic wave)

- Interactions with the electrons surrounding the nuclei (in the sample)
- Mainly scattered by heavy elements
- Small penetration depth (surface studies of samples)
- Very intense beam measuring small or ultra-dilute samples

SR Applications:

- Protein-crystal structures
- Fast chemical reactions
- Surface studies (defects, corrosion)
- High-energy spectroscopy e.g. measurements of electron energy-levels

Acknowledgement

Measurements are carried out at the CANAM instruments [14,15] of NPL in NPI CAS Řež installed at the CICRR infrastructure LVR-15, which is financially supported by the Ministry of Education and Culture - project LM2023041.

References

- [1] <https://cz.linkedin.com/company/research-centre-rez>
- [2] P. Mikula and P. Strunz, *Experimental equipments of Neutron physics laboratory for testing of metallic samples*, In Proc. of the 38th Conf. OCELÁŘI held in Rožnov pod Radhoštěm, 25.-26. 4. 2024, vydal Tanger spol. s.r.o. pp. 60-63. ISBN 978-80-88365-16-7; and also <https://www.ujf.cas.cz/cs/oddeleni/oddeleni-neutronove-fyziky/>.
- [3] P. Lukáš, P. Šittner, D. Neov, V. Novák, M. Vrána and P. Mikula, *In Situ Neutron Diffraction Study of Metals under External Mechanical Loading*, Physica B, **276-278** (2000) 845-846. [https://doi.org/10.1016/S0921-4526\(99\)01624-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4526(99)01624-5)
- [4] S. Harjo, Yo Tomota, D. Neov, P. Lukáš, M. Vrána and P. Mikula, *Bauschinger Effect in $\square\square\square$ Dual Phase Alloys Studied by In Situ Neutron Diffraction*, ISIJ International **42** (2002) No. 5 551-557.
- [5] DOI: [10.2355/isijinternational.42.551](https://doi.org/10.2355/isijinternational.42.551)
- [6] Yo Tomota, P. Lukáš, S. Harjo, J.H. Park, N. Tsuchida and D. Neov, *In situ neutron diffraction study of IF and ultra low carbon steels upon tensile deformation*, Acta Materialia **51**(3) (2003) 819-830. DOI: [10.1016/S1359-6454\(02\)00473-1](https://doi.org/10.1016/S1359-6454(02)00473-1)
- [7] P. Mikula, P. Lukáš a M. Vrána, *Neutronová difraktometrie s vysokým rozlišením pro měření vnitřních deformací v polykrystalických materiálech*, Jemná mechanika a optika, **6** (2000) 161-165.
- [8] C. Schiga, L. Mráz, P. Bernasovský, K. Hiraoka, P. Mikula and M. Vrána, *Residual stress distribution of steel welded joints with weld metal of low martensite transformation temperature*, Welding in the World, **51** (2007) 11-19. ISSN 0043-2288.
- [9] <http://dx.doi.org/10.1007/BF03266604>.
- [10] B.S. Seong, V. Em, P. Mikula, J. Šaroun, M.H. Kang, *Unconventional Performance of a Highly Luminous Strain/Stress Scanner for High Resolution Studies*, Materials Science Forum **681** (2011) 426-430, doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.681.426.
- [11] A. Olina, M. Piška, M. Petrevec, C. Hervoches, P. Beran, J. Pechoušek, P. Král, *Assessment of Retained Austenite in Fine Grained Inductive Heat Treated Spring Steel*, Materials, (2019) **12** N. 24, paper 4063. ISSN 1996-1944. E-ISSN 1996-1944
- [12] P. Strunz, R. Kocich, P. Beran, L. Kunčická, D. Mukherji, R. Gilles, M. Hofmann, *Structure and Microstructure of Advanced Materials Characterized by Neutron Diffraction*, Materials Science Forum, **1016** (2021) 1404-1410. ISBN 978-3-0357-1630-6.
- [13] P. Mikula, V. Ryukhtin, J. Duszka, *On a Possibility of High-Resolution Neutron Diffraction Studies of High-Entropy-Ceramics Substructure*, In Proc. of the Int. Conf. EAN 2025. In print.
- [14] P. Strunz, J. Kulda, P. Lukáš, P. Mikula, J. Krumpal and Z. Smetana, *Using the Small Angle Neutron Scattering Method to Examine Precipitates in a Selected High-Pressure Rotor of a 55 MW Turbine after Service*, Metallic Materials **30** (2) (1992) 65-69.
- [15] P. Strunz, J. Šaroun, P. Mikula, P. Lukáš and F. Eichhorn, *Double Bent Crystal SANS Setting and its Applications*, J. Appl. Cryst. **30** (1997) 844-848. DOI: [10.1107/S0021889897001271](https://doi.org/10.1107/S0021889897001271)
- [16] <https://www.ujf.cas.cz/cs/vyzkum-a-vyvoj/open-access/>
- [17] <https://canam.ujf.cas.cz>

INFORMATIVNÍ ČLÁNEK

JFE Steel zadala společnosti Danieli zakázku na nový „Digimeltshop“ v Japonsku

3. července 2025

Společnost JFE Steel si vybrala firmu Danieli jako technologického partnera pro svou ekologickou transformaci a plán snižování emisí skleníkových plynů.

Danieli dodá novou, digitálně řízenou elektrickou obloukovou pec (EAF) a stanice sekundárního zpracování, které budou instalovány v závodě JFE Steel West Japan Works v Kurashiki. Zahájení provozu je plánováno na první čtvrtletí roku 2028. Půjde o jednu z největších elektrických obloukových pecí na světě z hlediska kapacity odpichu.

Celý článek na webu [Danieli.com](https://danieli.com)

Nový „Digimeltshop“ bude zahrnovat elektrickou obloukovou pec Digimelter® Zerobucket a zařízení Digirefiner, obě vybavené pokročilým napájecím systémem Q-One pro výrobu vysoce kvalitní tekuté oceli.

Primární odsávací vedení kouřových plynů zajistí účinné odprašení elektrické pece.

Napájecí systém Q-One zvyšuje efektivitu provozu snížením spotřeby energie a elektrod, minimalizací negativních dopadů na elektrickou síť a zvýšením provozní flexibility díky redundantní architektuře.

REDAKCE

Váš názor nás zajímá

Do rukou se vám dostává naše vůbec první online číslo. Jsme zvědaví, jak na vás působí – co vás zaujalo, co byste si rádi přečetli příště, a co vám případně chybí.

Budeme rádi, když se s námi podělíte o své dojmy a nápady. Jak se vám líbí první číslo? Co byste uvítali do budoucna? Pište nám o svých pocitech i podnětech, každý váš názor je pro nás důležitý.

Své připomínky, pochvaly i kritiku posílejte na adresu redakce: redakce@hutnickelisty.cz

Děkujeme, že jste u zrodu našeho časopisu a že nám pomáháte ho společně posouvat dál.

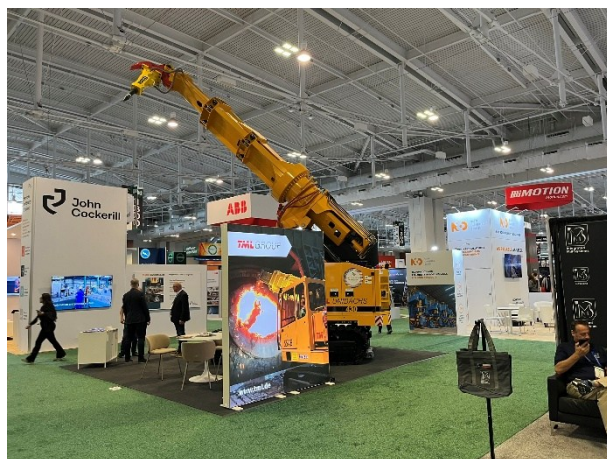
Z činnosti České hutnické společnosti, z.s.

AISTech 2025 - technologická konference a výstava

Jako každoročně se zástupci VÚHŽ zúčastnili prestižní mezinárodní konference a výstavy o technologiích výroby železa a oceli, která se konala v termínu 5. – 8. května 2025 v USA (Nashville / Tennessee). Kromě kontaktu se stávajícími partnery jako Amepa, SMS, ABB, Nucor Berkeley, Riverdale, Nucor Decatur, USS Fairfield, UVB Technik atd. a řešení jejich požadavků, byly diskutovány nové projekty a trendy a prezentovány novinky z portfolia divize automatizace. Stále živými tématy jsou projekty s velkým bramborovým snímačem a řešení problematiky rušení snímačů od míchače M-EMS (Mold – Electromagnetic Stirrer). Zástupci VÚHŽ měli možnost zúčastnit se i množství odborných 30minutových přednášek a navštívit následně dvě hutě. Během výstavy byla prezentována pozvánka na letošní konferenci STEELSIM.



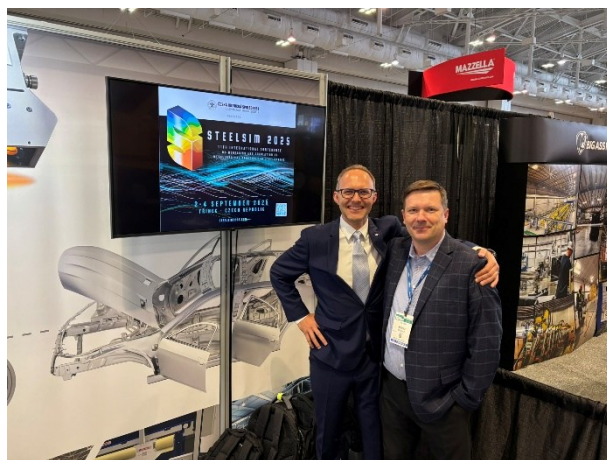
Účastníci v místě konání konference a výstavy



Z výstavy



Ve stánku VÚHŽ



Propagace konference STEELSIM 2025

Během návštěvy hutě USS Fairfield byly fyzicky nasazeny snímače na krystalizátor pro pokračující zkoušky a diskutován potenciál rozšíření pro další líc proudy včetně kruhových formátů průměrů 267 a 311 mm.

Prohlídka ocelárny a válcovny hutě Nucor Decatur byla spojena s řešením technických potřeb zákazníka, zejména problematiky používaného startovacího licího prášku a doporučené řešení s návazností na auto-start s využitím signálu měření. I zde používají snímače VÚHŽ konkrétně na obou bramových kontilitích.

Ing. Michal Sikora

Předseda odborné skupiny VÚHŽ

Foto: účastníci

Pivní slavnosti letos napsaly již 25. díl

Svatostánek třineckých Ocelářů hostil ve druhé polovině května tradiční pivní slavnosti, které pořádá Česká hutnická společnost (ČHS). Letošní jubilejní 25. ročník se do kroniky zapíše historicky největší účastí, když na plochu Werk Areny dorazilo přes 500 hostů.

K výročí pivních slavností vyšla v nakladatelství Beskydy knížka, pod kterou jsou podepsáni Bronisław Ondraszek, Jaroslav Raab, Luboš Kubík a Jiří Cupek. Na začátku akce byla pokřtěna jak jinak než pivem – Radegastem ryze hořkou 12°. „Role kmotrů se ujala zástupkyně hlavního generálního sponzora letošního ročníku pivních slavností Denisa Materová a Rudolf Ovčáří, který byl naopak historický prvním sponzorem,“ doplnil Jiří Cupek, předseda ČHS. Slavnostní chvíle podtrhla i primátorka Třince Věra Palkovská, jež ocenila Pamětní medailí statutárního města Třince zakladatele pivních slavností, kterými jsou Jan Kobielusz, Jaroslav Raab a Luboš Kubík.



Roman Šolc, obchodní sládek pivovaru Radegast, při nabíjení originálního soudku u příležitosti 25. ročníku HPS.



Výčepní mistři si neodpočinuli.

Ani letos nechyběly ve Werk Areně pivní souboje – vypítí piva na rychlost. V mužské kategorii se hutník z Třince Marek Szkandera nezalekl soupeře a nekompromisně porazil specialistu z pivovaru Radegast. Naopak v ženské kategorii si nošovický pivovar Radegast napravil chuť a bral vítězství. Svým vystoupením přítomné pobavilo Taneční studio Gabrielki z Polska. Během celé akce se o hudební kulisu staralo Hudební sdružení Radost pod vedením Jiřího Zabystrzana se zpěvem Dariny Szymeczkové. Ovšem i přítomní hosté nelenili a díky zpěvníkům si společně zapívali mnoho písní.

Samozřejmostí pivních slavností je Hutnické pivní naivní divadlo, které během večera sehrálo sedm povedených scének. Přítomné během nich bavili Janusz Ondraszek, Irena Filipková, Oldřich Chwastek alias Ervin Ociypka a Luboš Kubík.

K tradicím pivních slavností patří originální korbely. „Moc děkujeme manželům Marcelé a Martinu Hrabčukovým z Vysokého Mýta za jejich krásnou práci při výrobě korbělů. Byly nádherné. Ostatně jako při každém ročníku pivních slavností,“ poděkoval Jiří Cupek. Jako každým rokem i letos generální sponzor dostal bronzový cýc, ze kterého se pije pivo za odměnu. Tento dárek převzala Denisa Materová.



Denisa Materová a Rudolf Ovčáří se ujali čestné povinnosti křtu knižky vydané k 25. výročí HPS



Primátorka ocenila zakladatele



Technický ředitel pasoval mladé hutníky



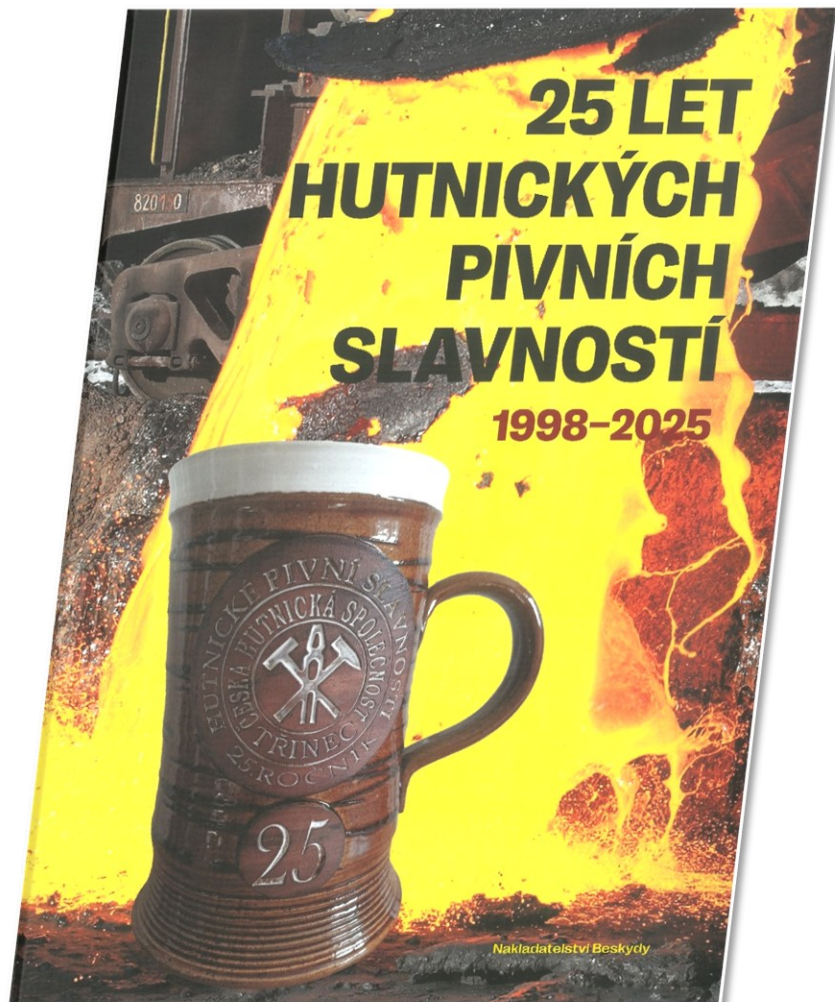
Vystoupení tanečnic



Pivní policie

Ing. Jiří Cupek, Ph.D., Předseda předsednictva ČHS, Foto: Martin Ševčík

Publikace k 25. ročníku Hutnických pivních slavností



Pivo a hutník jsou spjati neviditelným poutem. Teplotou. Hutník má rád vyšší teplotu tavby, ale pivo musí být studené. V létech socialistických, kdy bylo v kantýnách k dostání sedmistupňové pivo, ke konfrontaci sálavého tepla a vychlazeného piva z lednice už mohlo dojít těsně po odpichu. Dokonce nějakou dobu se podávala v kantýnách i čepovaná sedmička. Takovým nepsaným svátkem pro hutníky byly dny, kdy omylem poslali z pivovaru do železáren sudy s dvanáctkou, označené štítkem sedmistupňového piva. Sedmička se mohla pít při maximální teplotě 6 °C. Při vyšší teplotě mělo pivo vykastovaný ríz, nebylo hořké, nemělo jiskru, ani buket. V pozadí nebyl cítit slad ani pot koňského hřbetu. Do tekutiny, které připomínalo pivo, museli přidávat nějakou drogu vlídnosti a tolerance. Z piva nebyl hutník ani opilý, ani stříknutý, ale byl zakulacený. Jakoby tvrdým mužům, odolným vysokým teplotám, po studených pivech změkly kosti a zhedvábněly duše. Pivo iniciovalo přítulnost a provokovalo k vyprávění pikantních a politických vtípů.

Pivo k hutnictví patří odnepaměti. Zkušení oceláři říkají, že jsou v podstatě dva přátelé hutníka, a to mangan a pivo. Mangan zachrání tavbu, když už je skoro na šrot, a pivo zachrání hutníka.

A je to tady! Česká pivní kultura je na Seznamu nemateriálních statků tradiční

lidové kultury a může se ucházet o zápis na světový seznam UNESCO. Jde o určitý symbol národní hrdosti, která vychází z tradiční technologie, důrazu na výrobu pivních speciálů, prověřeného pohostinství, servírování a také společenského setkávání. To vše jsou trvale platné faktory, ze kterých jsme vycházeli při uvádění pivních slavností na pravidelný seznam aktivit České hutnické společnosti.

Spojení pivovaru Radegast a ČHS je jednou ze základních podmínek pro organizování Hutnických pivních slavností. A to už máme 25. ročník za sebou. Od 20. ročníku je logo Hutnických pivních slavností chráněno Úřadem průmyslového vlastnictví ČR.

Pro připomenutí jednotlivých ročníků jsme se rozhodli vydat vzpomínkovou publikaci, která v textové i fotografické formě připomíná vše, co v našem provedení s oslavou piva spojeno. O publikaci je poměrně velký zájem, a to jak od přímých účastníků, tak i dalších zájemců.

S vydáním byly spojeny i určité náklady, proto knihu nabízíme na komerční bázi. Můžete ji uplatnit i k reklamním účelům – seznam sponzorů, kteří podpořili, byť jediný ročník HPS, je součástí publikace.

Pokud vás tato nabídka zaujala, máme pro vás připravenou smluvní cenu 349,- Kč/ks nebo 949,- Kč/3ks. Každé úterý v Klubu ČHS v Trinci (10:00-13:00) nebo na e-mailu HPS@trz.cz.

*Ing. Jiří Cupek, Ph.D.
Předseda předsednictva ČHS*

Werkoví hasiči v sobotu otevřeli své brány

Hasičský záchranný sbor Třineckých železáren otevřel v sobotu dopoledne své brány rodinným příslušníkům a známým hasičů, kteří zde pracují. Dny otevřených dveří pro své zaměstnance a jejich rodinné příslušníky mívají werkoví hasiči jednou za dva až tři roky. Chtějí, aby věděli, kde jejich tatínek, manžel či strýc dělá, jaké mají podmínky, zázemí a s čím pracují.

Třinecké železářny jsou uzavřeným areálem, kam děti nesmí vstupovat. Proto se hasiči alespoň takto snaží ukázat své vybavení a také to, že jejich práce je stejná, jako u každého jiného profesionálního sboru na území České republiky. Kam se ovšem po dohodě mohou lidé podívat zcela běžně.



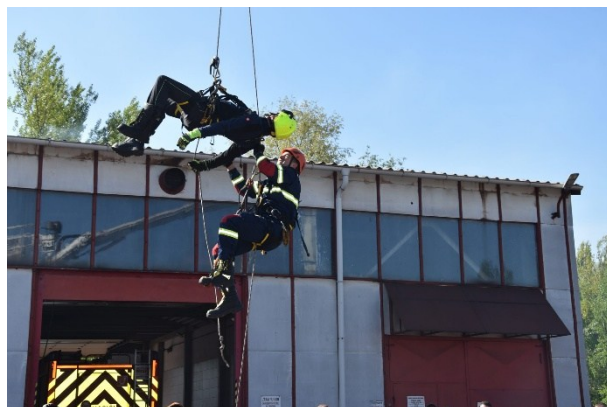
Ukázkový zásah požáru domku



Uhašeno



Ukázka poskytování první pomoci



Záchrana osoby výšky

Ing. Petr Bonacina
Předseda odborné skupiny Hasiči
Foto: Tomáš Machálek

1. května 2025: Den otevřených dveří na provozu Válcovna trub

Svátek práce je na provozu VT již tradičně spjatý s „Dnem otevřených dveří“. Brány provozu byly letos pro zájemce ze strany vlastních zaměstnanců s rodinami, ale také veřejnosti otevřeny opět od 7:00 do 12:00 hodin. Trasa prohlídky však byla letos vzhledem ke stání Malého Mannesmannu naplánována pouze výrobním tokem Velkého Mannesmannu.



Účastníci



Jízda s „Clarkem“

Pro ty, kteří nás přišli navštívit bylo v sále sociální budovy připraveno malé občerstvení, u kterého mohli shlédnout krátké instruktážní video s detaily výroby bezešvých trubek. Navíc si dle zájmu mohli odnést i malé reklamní předměty s logem TŽ, a. s. Poté si už návštěvníky převzali členové ČHS OS Válcovna trub, kteří je provedli výrobním tokem.

Ing. Vojtěch Sikora

Člen výboru OS Válcovna trub

Foto: účastníci

Vynálezci a inovátoři se sešli v Katovicích

Katovice Čeští zástupci se na mezinárodní výstavě vynálezů a inovací Intarg, která se konala v katovickém kongresovém centru neztratili. Naopak na 18. ročníku výstavy, kde svá novátorská řešení prezentovalo 71 vystavovatelů ze 16 zemí světa, brali ocenění.

Česká hutnická společnost (ČHS) společně s Úřadem průmyslového vlastnictví prezentovali na této výstavě sedm exponátů, přičemž vytěžili šest ocenění.

Platinovou medaili získal vynález společnosti Enviform nazvaný Vážení kolejových vozidel za jízdy pomocí optických vláken. K tomu Enviform za tento exponát obdržel cenu organizátora výstavy. Navíc byla této společnosti udělena stříbrná medaile za Systém detekce úniku plynu z potrubí, který je také založen na využití detekčních vlastností optických vláken.

Podle ředitele Enviformu Václava Jakeše se na obou zmíněných zařízeních neustále pracuje a zároveň jsou podané jako patenty. Vážení kolejových vozidel se zkouší na polygonu Českých drah a systém detekce úniku plynu je již v patentovém řízení. „Naše firma poskytuje nejen servis a služby. Zároveň se snažíme zlepšovat naši práci, posouvat ji dále a chceme přinášet nové postupy a nová řešení. Samozřejmě v tomhle spolupracujeme s dalšími partnery, kterými jsou vysoké školy, výzkumné ústavy a rovněž Třinecké železárny,“ doplnil Václav Jakeš.

Oceněním Enviformu výčet úspěchů v Polsku nekončí. Zlatou medaili obdržela společnost MB Thermodynamics z Plzně za vynález Deflektor turbíny, díky kterému je možno zvýšit výkon posledního lopatkového stupně až o 9 procent. Další zlatou medaili má VŠB–TUO za vynález Způsob přeměny kontaminované dřevní hmoty a technologické zařízení k provádění tohoto způsobu. Ze stříbrné medaile se raduje Materiálový a metalurgický výzkum z Ostravy-Vítkovic za prototyp zařízení pro razníkovou zkoušku velmi malých vzorků.

Mezi vystavovateli byli kromě firem z EU i zástupci Asie, například z Malajsie, Thajska, Taiwanu a další zemí. U mladých vynálezců z Polska neunikl pozornosti stánek mladých vynálezců z Ukrajiny, kteří kromě jiného prezentovali interaktivní světelnou mapu míst na Ukrajině, kde aktuálně probíhají boje s ruským agresorem.

„Účast ČHS na této již tradiční výstavě lze hodnotit velmi pozitivně. Velké díky patří Úřadu průmyslového vlastnictví, protože vzájemnou spoluprací se nám daří reprezentovat české technické myšlenky nejen v rámci Evropy ale také v jiných částech světa,“ uzavřel Bohdan Suchanek z ČHS. Enviform i v Polsku potvrdil své postavení, kdy opakovaně vítězí či získává ocenění na nejrůznějších akcích, které jsou podobného zlepšovateľského významu – například v Srbsku, Slovinsku a dalších zemích.



Ve společném stánku Úřadu průmyslového vlastnictví a České hutnické společnosti



Bohdan Suchanek (ČHS), Barbara Haller (organizátor), Krzysztof Biernat (Jury), Marek Bobčík (MB Thermodynamics)



Všechny ceny

*Ing. Bohdan Suchanek
Člen předsednictva ČHS
Foto: účastníci*

Návštěva zástupců ČHS ve společnosti voestalpine

Návštěva zástupců ČHS (Třinecké železářny, a.s. a Vesuvius, a.s.) ve společnosti voestalpine v rakouském Linci přinesla cenné poznatky a inspiraci v oblasti moderní výroby oceli. Delegace měla možnost detailně se seznámit s provozem jedné z nejmodernějších hutí v Evropě, včetně technologií zaměřených na automatizaci, udržitelnost a snižování emisí CO₂. Diskuze s odborníky z voestalpine přispěly k výměně zkušeností.

Společnost voestalpine v Linci disponuje špičkovým technickým vybavením, včetně integrované ocelárny s vysokými pecemi, konvertory LD, kontinuálním odléváním a moderními válcovacími tratěmi. V posledních letech zde proběhly významné investice do automatizace výroby, digitalizace procesů a ekologických technologií. Produkční portfolio podniku je široké – zahrnuje vysoce jakostní oceli, plechy pro automobilový a letecký průmysl, kolejnice, bezešvé trubky i komponenty pro železniční dopravu a energetiku. Díky těmto kapacitám je voestalpine jedním z technologických lídrů evropského hutnictví.



Umístění nové EOP ve voestalpine Linz

Významným bodem programu byla i prezentace klimatické strategie *greentec steel*, jejímž cílem je dosáhnout nulových čistých emisí CO₂ do roku 2050.

Do roku 2029: Fáze 1 s cílem snížit emise CO₂ o minus 30 % Investice do dvou elektrických obloukových pecí napájených z obnovitelných zdrojů elektřiny v Linci a Donawitzu a vyřazení z provozu dvou vysokých pecí na uhlí. Výroba bude využívat zelenou elektřinu a recyklované materiály, včetně HBI dováženého z USA.

Od roku 2030 do roku 2035: Fáze 2 s cílem snížit emise CO₂ o minus 50 % Zaměřit se na přímé zamezení emisí CO₂ prostřednictvím další nahrazování produkce fosilního surového železa a pravděpodobného dalšího využití technologií zachycování a využití CO₂ (zachycování, ukládání a využití uhlíku).

Nejpozději do roku 2050: Fáze 3 s cílem nulových čistých emisí CO₂ Zaměřit se na nahrazení zbývajících kapacit fosilního surového železa nefosilními zdroji energie, jako je "zelený" vodík a bioenergie, a také na zachycování CO₂ (CCUS) s cílem dosáhnout co největší flexibility a zároveň zajistit, aby strategie nulových čistých emisí byla skutečně ekonomicky životaschopná. Konečná rozhodnutí budou učiněna později v souladu s investičními cykly a v souladu s předvídatelnými podmínkami.

Program je modulární a přizpůsobitelný aktuálním surovinovým i energetickým podmínkám.

Ing. Tomáš Huczala, Ph.D.

Předseda odborné skupiny Výroba oceli

Foto: <https://www.voestalpine.com/group/en/media/multimedia/pictures/>

Návštěva společnosti Mubea v Prostějově

Dne 9.4.2025 se skupina 12 členů OS ČHS 021 – výroba surového železa zúčastnila cesty do Prostějova, do firmy Mubea. Firma Mubea působí na trhu s více jak stoletou tradicí. Vybívá a vyrábí komponenty pro všechny významné světové výrobce automobilů.

Po zhlédnutí prezentace o firmě jsme se vydali na prohlídku výrobní linky na přípravu drátu pro výrobu pružin, na prohlídku výrobní haly pružin pro automobilov a také jsme prošli výrobní linky na výrobu svařovaných trubek pro stabilizátory pro automobilov.

Výrobní portfolio závodu MUBEA v Prostějově:

- Přesné ocelové trubky
 - Přesné ocelové trubky pro použití dynamicky namáhaných odlehčených konstrukcí, téměř ze 100 % výroba určena pro vlastní výrobky
- Systémy nápravových pružin
 - Design optimalizovaný z hlediska pnutí
 - Vysokopevnostní oceli s antikorozi ochranou
 - Různé povrchové úpravy
 - Optimální konstrukce a montáž, resp. spojení pružinových podložek
- Stabilizátory
 - Trubkové stabilizátory s optimalizovanou hmotností
 - Plné stabilizátory
 - Samostatný vývoj, výroba a montáž dodatečných dílů stabilizátoru (objímky, pryžová pouzdra a táhla stabilizátoru)
- Komponenty pro podvozky
 - Optimalizované komponenty PV ložisek, přídržovací třmeny a spojovací tyče umožňují konzistentní odlehčenou konstrukci stabilizačních systémů a zároveň nabízejí zvýšenou robustnost a zlepšenou jízdní dynamiku. S našimi spojovacími tyčemi se sníženou hmotností a nižšími náklady v provedení z plastu nebo jako hybridní konstrukce pokryjeme všechny komponenty stabilizačního systému.



Účastníci

*Kristina Palicová
Členka výboru OS Výroba železa
Foto: účastníci*

Nejlepší diplomové práce se dočkaly odměny

Česká hutnická společnost (ČHS) v posledním týdnu června týden zveřejnila výsledky soutěže O nejlepší diplomovou práci (DP). Ceny nejlepším kromě předsedy ČHS Jiřího Cupka předával i personální ředitel Třineckých železáren Robert Zvoníček.

Do soutěže O nejlepší DP, kterou vyhlašuje Česká hutnická společnost, se se svou prací přihlásilo pět absolventů. Odborná porota složená z členů předsednictva ČHS rozhodla o ocenění tří DP bez určení pořadí. „Studenti mohli studovat kteroukoliv vysokou školu, ale podmínkou bylo, aby diplomat měl konzultanta v Třineckých železárnách, nebo společnosti, která má sepsanou dohodu s ČHS,“ vysvětlil předseda ČHS Jiří Cupek.

Robert Zvoníček ocenil, že nejlepší studenti dokázali zvládnout magisterské studium při zaměstnání. „To není vůbec jednoduché a já vám k tomu blahopřeji,“ smekl před absolventy Robert Zvoníček, který se i blíže zajímal, zda jejich práce jsou již součástí výrobního procesu Třineckých železáren.

Všichni ocenění zároveň obdrželi finanční odměnu ve výši 10 tisíc korun z rozpočtu ČHS.

Přehled oceněných studentů:

Roman Bilko (bakalářské – kombinovaně, magisterské – kombinovaně): VŠB – TUO, Fakulta materiálově technologická, Katedra metalurgických technologií. Název DP: Ověření bezkazivcových strusek s cílem zajištění požadovaného obsahu síry.

Tomasz Cymorek (bakalářské – prezenčně, magisterské – kombinovaně), VŠB – TUO, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství. Název DP: Bezdrátový monitorovací a vizualizační systém koncentrace plynů pro použití v průmyslu.

Vojtěch Jež (bakalářské – prezenčně, magisterské – kombinovaně), VŠB – TUO, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství. Název DP: Řízení vsázkového jeřábu pomocí PLC.

Resumé všech tří DP bude uvedeno v Hutnických listech č. 2/2025.



Robert Zvoníček, Vojtěch Jež, Tomasz Cymorek, Roman Bilko, Jiří Cupek

*Převzato z Třineckého Hutníka
Autor: Tomáš Machálek*

Raildays Ostrava 2025

Ve dnech od 10. června do 12. června 2025 proběhl v Ostravě v prostorech Trojhalí Karolína každoroční mezinárodní železniční veletrh pod názvem Rail Business Days 2025 nabízející vnitřní i venkovní expozice zaměřující se na nejmodernější technologie a trendy v oblasti železniční přepravy a možnostmi spolupráce napříč hranicemi a obory. Zájemci z řad ČHS OS Doprava a expedice si prošli a seznámili se s expozicemi jednotlivých firem, jež často spolupracují i s Třineckými železárnami. Součástí návštěvy veletrhu byla i jednání se zástupci vybraných firem (ČD Cargo, CZ Loko) o další spolupráci a možnostech využití jednotlivých řad železničních vozů pro dovoz materiálu do podniku a také pro expedici výrobků z TŽ. Mezi další vystavovatelé patřily mimo jiné firmy jako jsou PKP Cargo, Správa železnic a ZSSK.

Za odbornou skupinu se výstavy zúčastnilo 13 členů.



Ing. Marian Mitřega, DiS.

Předseda odborné skupiny Doprava a expedice

Foto: účastníci

Pracovní setkání se sportovním duchem

Na nedávném setkání členů OS ČHS – výroba surového železa, které se uskutečnilo v přátelské a neformální atmosféře na chatě Lačnov, jsme měli příležitost se nejen dozvědět více o investičních a strategických plánech „werku“, ale také si společně zasportovat a užít chvíle mimo běžný pracovní režim. Po oficiální části, kterou vedl předseda OS ČHS Jan Kantor, jsme se rozdělili do sportovních skupin. Část kolegů si zahrála nohejbal, kde nechybělo nasazení a přátelské hecování a další skupina si vyzkoušela své schopnosti v přesnosti a soustředění v sportovní stříbě. Obě aktivity přispěly ke stmelení kolektivu a uvolnění po pracovních povinnostech. Závěr dne patřil opékání buřtů rovněž v příjemné atmosféře a s pocitem příjemně stráveného dne.



Účastníci



Nohejbal



Střelba ze vzduchovky

*Kristina Palicová
Členka výboru OS Výroba železa
Foto: účastníci*

ÚDIV Česká Třebová 2025

Dne 15. května 2025 se 10 vybraných členů OS ČHS Doprava a expedice zúčastnilo tématické cesty, jejímž cílem byl ÚDIV Česká Třebová (ústřední dirigování vozů).

Na začátku návštěvy byli účastníci exkurze přivítáni zástupci Údivu a seznámeni s krátkou historií a současným vývojem nákladní železniční dopravy. ÚDIV se zaměřuje na plánování a řízení využití železničních vozů a v průběhu exkurze byli všichni seznámeni s komplexní podporou řídicích a prováděcích procesů ČD Carga při sledování železničních vozů vlastních, vozů zahraničních železničních dopravců a všech vozů přepravovaných dopravcem ČD Cargo.

Na závěr exkurze byly se zástupci Třineckých železáren probírány i konkrétní otázky spojené s potřebami železničních vozů pro dodávky surovin do podniku a potřebami vozů pro nakládku výrobků a expedici ke konečným odběratelům.

Samotná prohlídka trvala dvě a půl hodiny a byla zakončena společným obědem se zástupci Údivu Česká Třebová.



Budova Řízení provozu Česká Třebová

*Ing. Marian Mitreğa, DiS.
Předseda odborné skupiny Doprava a expedice
Foto: https://www.cdcargo.cz/de_DE/rp-ceska-trebova*

Informace z partnerských spolků

Seminář ČSTN ve strojírensko-metalurgické firmě ŽĎAS a.s. Žďár nad Sázavou

Ve dnech 8. a 9. dubna 2025 se konal ve firmě ŽĎAS, a.s., Žďár nad Sázavou seminář ČSTN pod názvem Standardizace, vzdělávání a praxe. Seminář byl spojen s 33. Valnou hromadou společnosti, na které byla provedená volba výboru a vedení společnosti na dalších pět let. Předsedou byl opět zvolen Ing. Gustav Chwistek, jednatelem p. Petr Zástěra a dále byla vytvořena nová funkce místopředsedy s hlavním záměrem pro kontakt pro střední technické školy v ČR za účelem zavádění minimálních znalostí z oboru technické normalizace pro studenty na těchto školách. Tuto činnost bude vykonávat Ing. Petr Čechura z fy DOOSAN Škoda Power Plzeň a.s.

Během semináře nám firma ŽĎAS umožnila navštívit výrobní divize Strojíren a Metalurgie. Na Divizi Metalurgie jsme se seznámili s primární, sekundární i terciárními metalurgickými procesy. Největší pozornost budilo ESR, tedy elektrotruskové přetavování, což je zařazeno do terciární metalurgie a je jediné v České republice a v okolních zemích. V rámci semináře nás přivítali generální ředitel firmy ŽĎAS Ing. Pavel Cesnek a technický ředitel Divize Strojírny Ing. Radek Vlček. Oba vrcholoví manažeři zodpovídali na dotazy účastníků semináře ČSTN a podpořili činnost technické normalizace v rozsáhlém portfoliu výroby zejména ve výrobcích strojírenských provozů. Naši akce se účastnila i předsedkyně představenstva Ocelářské unie, Mgr. Ing. Marcela Kubalová, která nás seznámila s problémy, kterým čelí ocelářství, a to zejména v oblasti dekarbonizace. Předseda ÚNMZ Ing. Jiří Kratochvíl, který je nadále členem naší společnosti ČSTN představil Úřad a jeho návaznosti na Českou agenturu pro standardizaci.



Účastníci během návštěvy provozu

V panelové diskusi proběhla debata nad podporou technického vzdělávání na středních školách technického zaměření v ČR. S touto problematikou řešenou na Slovensku nás seznámil ředitel Technické normalizace ÚNMS Ing. Dušan Butaš. Za organizaci ČAS Ing. Ivana Kolínská, vedoucí oddělení péče o zákazníky sdělila poznatky ze společného jednání na Národním pedagogickém institutu Praha v březnu t.r. ohledně připravované změny RVP (Rámcové vzdělávací programy)

pro střední technické školy. Byli jsme vyzváni, aby prostřednictvím ředitelů středních škol bylo zasláno dobrozdání na MPO ve věci kladného stanoviska již zaběhnutého procesu využívání produktu „ČSN on-line“ pro studenty vybraných technických středních škol. Důvodem je opětovné financování sponzoringu prostřednictvím MPO na další školní rok.

V rámci semináře nás seznámil Miroslav Sobotka, jednatel firmy NORMSERVIS, s.r.o, s možností prodeje norem nejen českých, ale i zahraničních, včetně i nastupující AI i v našem oboru. S databází ACURRIS 2025, která umožňuje online přístup k zahraničním normám seznámil účastníky Ing. Zdeněk Liška.

Podařilo se nám dojednat přednášku, která se týkala nejlepší oceněné diplomové práce cenou profesora Vladimíra Lista v 11/2024 za studentskou práci s vazbou na technické normy ČSN. Oceněný Ing. Jakub Nosek pracuje ve firmě Teleflex ČR, která sídlí ve Žďáře nad Sázavou. Jednalo se o poloautomatický krimpovací stroj, který se využívá při výrobě katetrů pro účely urologie. V rámci nadstandardních vztahů mezi ČSVTS a ZSVTS byla předána plaketa za spolupráci Ing. Peterovi Lakatošovi, CSc. ze Slovenské společnosti pro technickou normalizaci. Účastníci semináře byli informováni o dalším nadcházejícím semináři dne 3.12.2025 v sídle ÚNMZ/ČAS na Biskupském dvoře, který bude zaměřen opětovně na problematiku edukace studentů na středních technických školách včetně prezentace zástupců škol.

*Ing. Gustav Chwistek
Předseda ČSTN Praha
Foto: účastníci*

OS 13 Oceláři, aneb jak zajistit ocel bez povrchových a vnitřních vad

Organizace spolku 13 Oceláři působí pod záštitou České společnosti pro nedestructivní testování (ČNDT, z.s.) a byla založena s cílem sdružovat defektoskopaře certifikované dle EN ISO 9712 v Třineckých železárnách, a.s. V roce 2022 vyšla revize tohoto mezinárodního standardu, která navýšila množství administrativy, časové a finanční náročnosti pro prodloužení platnosti NDT certifikátů po pěti letech. Bez účinné podpory by tento proces mohl pro mnohé defektoskopaře představovat překážku. Díky členství v OS 13 Oceláři však NDT pracovníci získali efektivní nástroj, jak tyto negativní dopady minimalizovat. Společně jsou hledány cesty, jak zjednodušit a zefektivnit proces recertifikace, minimalizovat finanční dopady a poskytovat aktuální informace o nových technologiích v oblasti NDT.



Účastníci workshopu

Dne 7. března 2025 byl pořádán 1. NDT Workshop OS 13 Oceláři 2025 na téma „NDT povrchových a vnitřních vad hutních výrobků“. Zúčastnili se vybraní zástupci provozů TŽ, DSP a externích firem. Celou akci zahájil úvodním slovem čestný host Prezident ČNDT Doc. Mgr. Libor TOPOLÁŘ, Ph.D. Poté následovaly zajímavé přednášky z oblasti NDT zkoušení tyčí a drátů, kolejnic, sochorů, bezešvých trub, oddělení Defektoskopie a Sléváren Třinec a.s. Prezentace zahraničních hostů z Huta Bankova (PL) byla pro všechny překvapením. V závěrečném bloku přednášek prezentovaly externí firmy PTS Josef Solnař, PAPCO, FOERSTER Tecom, ATG a Testima. Zúčastněným i prezentujícím bylo vystaveno potvrzení o účasti (1 bod do kreditního systému), které využijí při recertifikaci zápočtem. Workshop poskytl příležitost pro výměnu zkušeností, seznámení se s novými metodami a prohloubení znalostí v oblasti NDT, které jsou pro zajištění kvality a bezpečnosti hutních produktů zásadní.



Během workshopu

V roce 2026 je plánována aktivní účast na mezinárodní výstavě Invent arena 2026 s cílem prezentovat skupinu OS 13 Oceláři a NDT metody.

*Ing. Štěpán Hefner, Ph.D.
Předseda OS 13 Oceláři ČNDT, z.s.
Foto: účastníci*

OZNÁMENÍ

Odešel Ing. Jan Kobielsz (1953-2025)



Nastalo léto, období krásných slunečných dnů, léto dovolených, ale také období silných bouřek a mohutných větrů. A byl to právě silný a neočekávaný jižní vítr, který nám přivál smutnou a tragickou zprávu od Středozevního moře, z Turecka – ze země, ve které jsou naši občané velmi spokojeni a prožívají chvíle radosti.

Spokojený byl i náš kamarád Honza Kobielsz, kdy se s úsměvem a radostným srdcem ponořil do teplých vod. A bylo to právě srdce, které ho v té chvíli zradilo. Přišel infarkt. Zemřel člověk, kterého jsme měli rádi, který své srdce i mysl plně věnoval hutnictví a energetice, který se výrazně zasloužil o přemístění České hutnické společnosti do Trince a její zachování v rodině Českých vědeckotechnických společností. Za vše, co pro Trinecké železárny a pro Českou hutnickou společnost vykonal, mu právem náleží naše velké poděkování.

Spolu s poděkováním v nás zůstává velký smutek a plně cítíme s rodinou, které bychom touto formou v této těžké chvíli chtěli vyjádřit naši hlubokou a upřímnou soustrast.

Bude vám i nám moc chybět.

Předsednictva ČHS, z.s. a Klubu ČHS

Informace z Ocelářské unie, a.s.

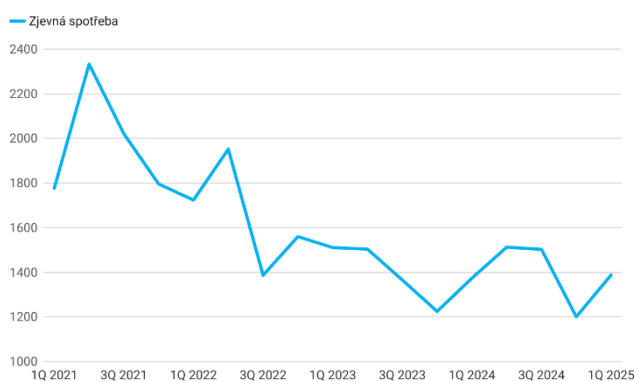
Data o výrobě a obchodu s ocelí v ČR – statistiky za 1. čtvrtletí roku 2025

Výroba surové oceli za 1. čtvrtletí letošního roku v ČR dosáhla 670 tis. tun, což představuje meziroční nárůst o více než 4 %. Velice mírný růst byl zaznamenán i u zjevné spotřeby oceli v ČR, která dosáhla 1,39 mil. tun, zatímco ve stejném období roku loňského to bylo 1,37 mil. tun. Významnějšímu oživení ocelářství v ČR i EU ale nadále brání zejména nízká poptávka, která se stále nedostala na předkrizovou úroveň. Vliv na neutěšenou situaci v celém sektoru ale i nadále mají i další faktory jako jsou stále vysoké ceny energií, Green Deal či nejistá geopolitická situace.

Ruku v ruce s mírným navýšením výroby surové oceli jde i produkce většiny konečných výrobků. Meziročně tak výroba stoupla například u válcovaného drátu, tyčové oceli, tlustých plechů či trubek. Jedním dechem je však nutné dodat, že letošní konsolidace výroby je dána především nízkým základem z loňského roku, kdy se naplno projevila odstávka výroby v Liberty Ostrava. Letošní výroba se tak stále ani vzdáleně neblíží výrobě z předkrizových let.

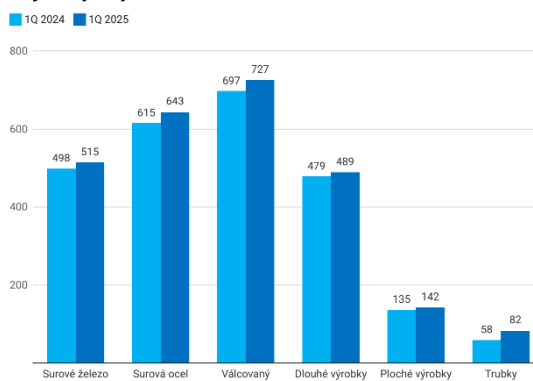
Podobný trend jako v případě výroby se projevil i u vývozu i dovozu oceli. Zatímco v 1. čtvrtletí loňského roku činil objem vývozu 830 tis. tun ocelových výrobků, za stejné období letošního roku to bylo 907 tis. tun. Mírný růst pak zaznamenal i dovoz do ČR, kdy za 1. čtvrtletí roku objem činil 1,84 mil. tun, což představuje meziroční zvýšení o 160 tis. tun.

Čtvrtletní zjevná spotřeba oceli v ČR



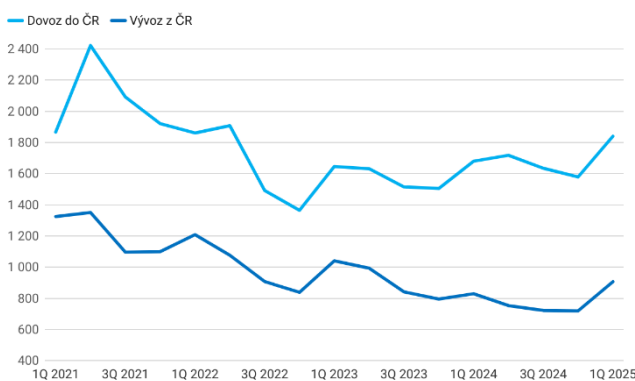
Graf: v tis. tun • Zdroj: Ocelářská unie • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

Objem výroby v ČR za 1. čtvrtletí 2024 a 2025



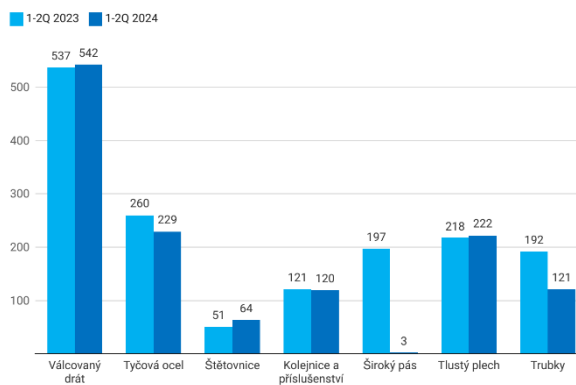
Graf: v tis. tun • Zdroj: Ocelářská unie • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

Čtvrtletní vývoz a dovoz oceli do ČR



Graf: v tis. tun • Zdroj: ČSÚ • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

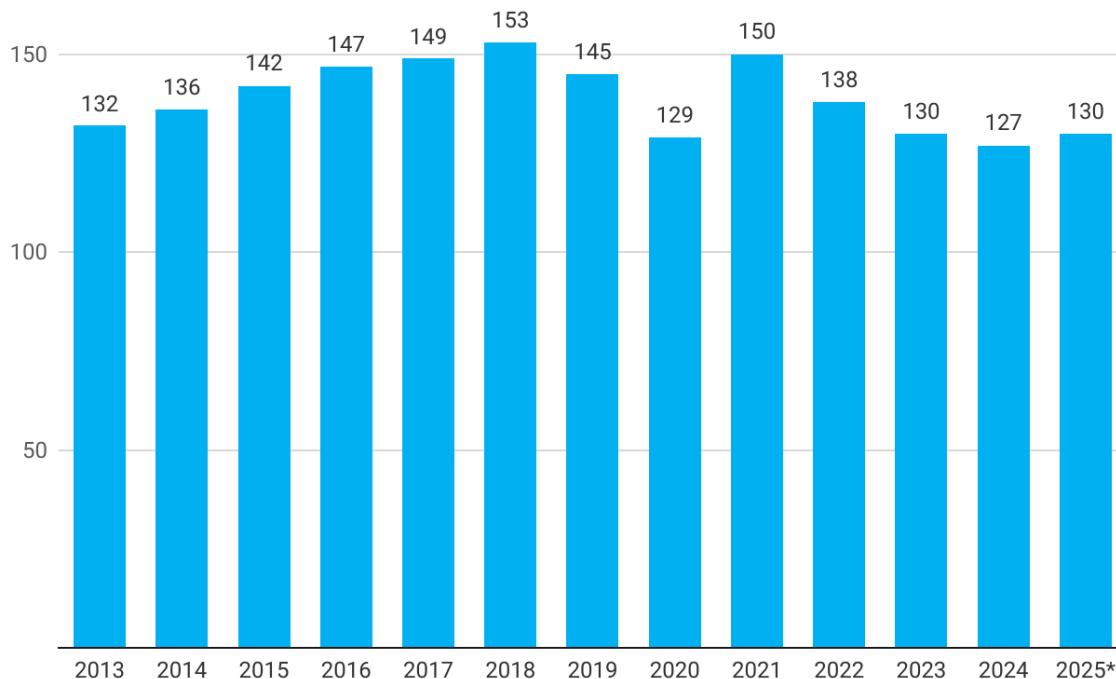
Objem výroby podle produktů za 1. - 2. čtvrtletí 2023 a 2024



Graf: v tis. tun • Zdroj: Ocelářská unie • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

Data o výrobě a obchodu s ocelí v EU – statistiky za 1. - 4. čtvrtletí roku 2024

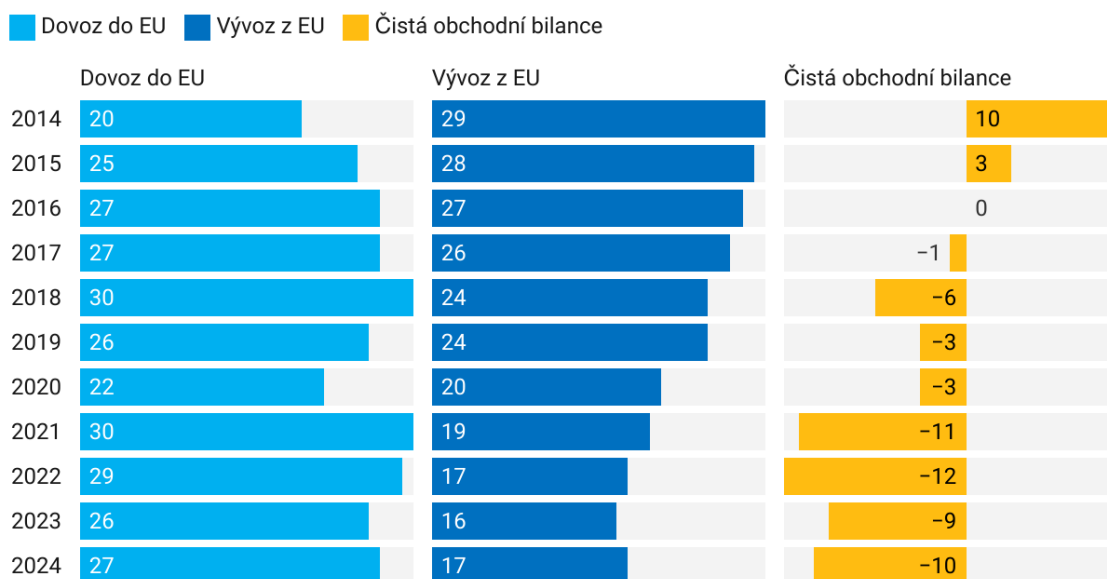
Zjevná spotřeba oceli v EU



* - predikce Euroferu

Graf: v mil. tun • Zdroj: EUROFER • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

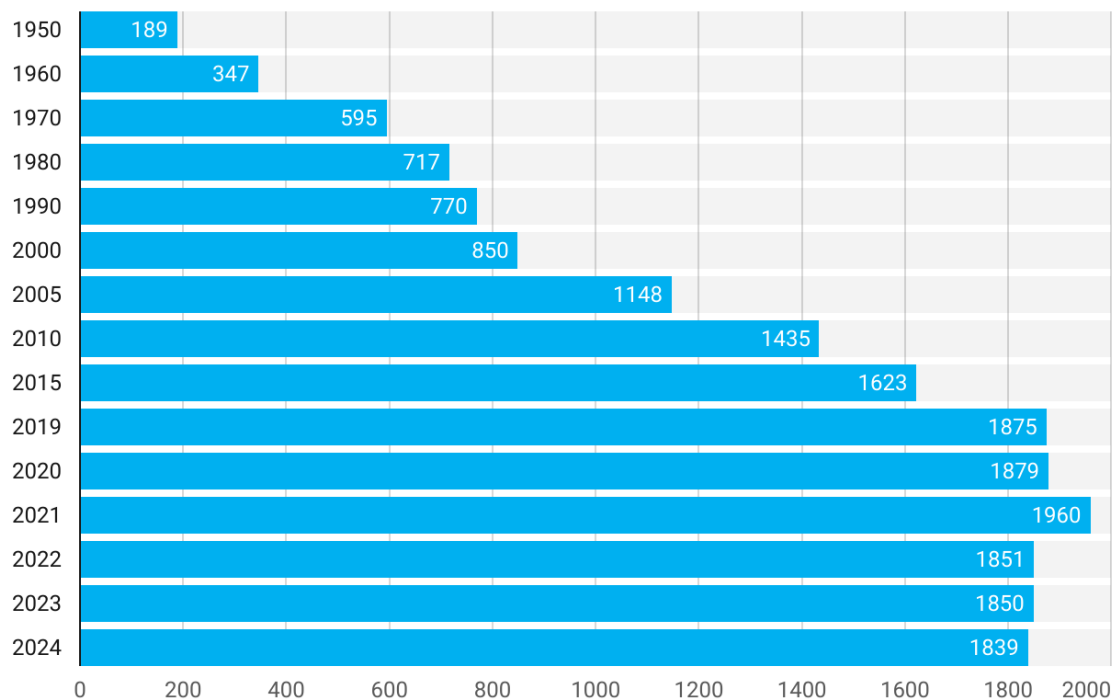
EU: dovozy, vývozy konečných výrobků a čistá obchodní bilance



Graf: v mil. tun • Zdroj: EUROFER • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

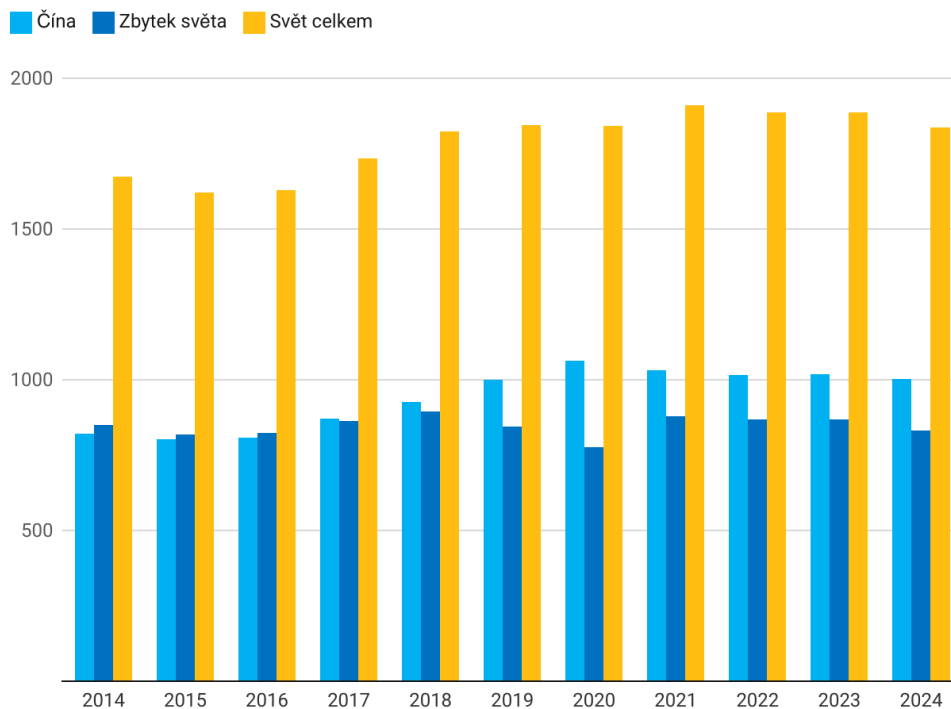
Data o výrobě a obchodu s ocelí ve světě – Statistiky za 1. - 4. čtvrtletí roku 2024

Výroba surové oceli ve světě v letech 1950 - 2024



Graf: v mil. tun • Zdroj: Worldsteel • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

Produkce surové oceli v letech 2014 - 2024



Graf: v mil. tun • Zdroj: Worldsteel • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

Data o výrobě a obchodu s ocelí ve světě – Statistiky za 1. - 4. čtvrtletí roku 2024

Top 20 výrobců surové oceli ve světě v roce 2024

Pořadí	Země	2023	2024	rozdíl (v %)
1	Čína	1022,5	1005,1	-1,7%
2	Indie	140,8	149,6	6,3%
3	Japonsko	87,0	84,0	-3,4%
4	USA	81,4	79,5	-2,4%
5	Rusko*	76,0	70,7	-7,0%
6	Jižní Korea	66,7	63,5	-4,7%
7	Německo	35,4	37,2	5,2%
8	Turecko	33,7	36,9	9,4%
9	Brazílie	32,0	33,7	5,3%
10	Irán	30,7	31,0	0,8%
11	Vietnam*	19,2	22,1	14,9%
12	Itálie	21,1	20,0	-5,0%
13	Taiwan*	19,1	19,1	-0,3%
14	Indonésie*	16,8	17,0	0,9%
15	Mexiko*	16,3	13,7	-16,5%
16	Kanada*	12,2	12,2	0,1%
17	Španělsko	11,4	11,8	3,3%
18	Francie	10,0	10,8	7,6%
19	Egypt	10,4	10,7	3,6%
20	Saudská Arábie	9,9	9,6	-3,4%

	Slovensko	4,4	3,9	-21,6%

	Česká republika	3,4	2,5	-24,7%

* - odhad Worldsteel

Tabulka: v mil. tun • Zdroj: Worldsteel • Vytvořeno nástrojem Datawrapper

Otevřený dopis předsedovi vlády České republiky

Kompletní znění dopisu energeticky náročného průmyslu na premiéra České republiky

Převzato z: <https://www.ocelarskaunie.cz/otevreny-dopis-premierovi-ceske-republiky/>

V Praze dne 21.července 2025

Vážený pane premiére,

i když je období prázdnin, my, energeticky náročný průmysl, prázdniny nemáme. Nejen proto, že nám to naše provozy nedovolí, ale i proto, že neustále bojujeme o vlastní přežití.

Tímto dopisem nestrašíme, chceme jen konstatovat situaci, ve které se již delší dobu nacházíme a nevidíme, bohužel, žádnou cestu, která by nás z této krize vyvedla. Již dlouhou dobu apelujeme na naši vládu, aby se postavila čelem k problematice zejména vysokých cen energií, jejichž řešení Evropská komise přenechala národním vládám- viz. v březnu publikovaný Akční plán pro ocel a kovy. Tyto ceny i nadále dusí náš průmysl a my už opravdu nemáme další kyslík.

Celá energetická politika naší země je postavená zejména na modelu SEEPIA, o jehož realnosti jsme měli od samého počátku velmi vážné pochybnosti, a byť jsme na to důrazně upozorňovali a apelovali i na Vás, přesto jste Národní klimaticko-energetický plán (NKEP) schválili, odeslali do Bruselu a je tak nyní pro ČR závazný. Nyní by se na jeho základě měla vypracovat Státní energetická koncepce (SEK).

Dozvěděli jsme se, že již byla Ministerstvu financí odevzdána Odborná analýza návrhu aktualizované textace SEK, kterou si nechalo počátkem letošního roku zpracovat Ministerstvo financí Českým vysokým učením technickým. Když jsme o závěry této analýzy požádali Ministerstvo financí, byli jsme odmítnuti s tím, že se stále studuje. Žádáme Vás tímto o poskytnutí této analýzy či o její zveřejnění. Chceme vědět, jaká je situace v energetice, jak se bude řešit potřeba elektrické energie a kolik to celé bude stát.

Opakujeme, že doposud nás nikdo neoslovil s tím, abychom poskytli podklady pro vypracování dopadových studií dekarbonizace na český průmysl.

Napříč Evropou se začínají pozastavovat dekarbonizační investice. V ČR jsou příkladem Třinecké železářny, které pozastavily svou investici do elektrické obloukové pece, v Lovochemii došlo k odkladu výstavby nového provozu kyseliny dusičné, stále je otevřeno rozhodnutí přebudování uhelného energetického zdroje na plynový v areálu Orlen Unipetrol RPA. To vše se děje jen proto, že to firmám prostě ekonomicky nevychází. Takovouto investicí by totiž definitivně ztratily konkurenceschopnost, která je již nyní v kritickém stadiu. A co je ještě horší je fakt, že slyšíme z úst spoluvůrců hospodářské strategie, že energeticky náročný průmysl by se měl přesunout do zemí, kde jsou energie levnější. Máme tomu rozumět tak, že jsme se desítky let snažili o vybudování průmyslu, který byl páteří celé ekonomiky a nyní, kvůli vysokým cenám energií, které jsou vysoké jen v Evropě, a to zcela jednoznačně díky ambicím Green dealu, jej máme zavřít? Rádi bychom věřili, že se s tímto názorem neztotožňujete a že takto prezentujete zájmy českého průmyslu i na jednáních Rady EU. Pokud se však s tímto názorem ztotožňujete, chceme vědět, jakou máte strategii ohledně zaměstnanosti našich lidí.

Bohužel ani z Bruselu nepřicházejí příliš pozitivní zprávy, spíše naopak, ještě přitvrzuje ve svých ambiciózních cílech. Již zmíněný Akční plán pro ocel a kovy a nedávno představený Akční plán pro chemický průmysl jen naznačují řešení, kterým bude potřeba dát legislativní rámec, což bude trvat několik dalších let.

Žádáme tímto vládu, aby při jednáních v Bruselu zdůrazňovala a zohledňovala zájmy českých firem, a to i těch energeticky náročných, a nepřijímala rozhodnutí, které s nimi nejsou v souladu.

Jako urgentní navrhuje přijetí zejména následujících opatření s cílem zlepšit konkurenceschopnost našeho průmyslu:

1. Zavedení nulové sazby daně ze zemního plynu a snížení síťových poplatků za elektřinu a zemní plyn;
2. Zachovat a prodloužit bezplatné přidělování povolenek CO₂, a to bez ohledu na postupné zavádění systému CBAM;
3. Zachovat a poskytnout podnikům jistotu ohledně kompenzací nepřímých nákladů a rozšířit je i na další chemické látky, včetně čpavku, aby se zohlednil jejich strategický význam;

4. Zavést dočasnou státní podporu pro průmyslové uživatele zemního plynu, elektřiny a povolenek CO₂ – pokud ceny zůstanou vysoké i po roce 2025 – na referenční úrovni max.20 EUR/MWh pro plyn, 50 EUR/MWh pro elektřinu a 35 EUR/t pro CO₂.

Privítáme samozřejmě i jakékoliv další kreativní řešení s cílem zachovat energeticky náročný průmysl v ČR. Je-li potřeba cokoli udělat, vysvětlit či poskytnout z naší strany, věřte, že jsme připraveni.

S úctou,

Mgr. Ing. Marcela Kubalová, předsedkyně představenstva, Ocelářská unie

Ing. Ivan Souček, PhD., ředitel, Svaz chemického průmyslu ČR

Ing. Ivan Ševčík, ředitel, Asociace českého papírenského průmyslu

Ing. Josef Hlavinka, výkonný ředitel, Svaz sléváren ČR

Ing. Jaroslav Vidiševský, manažer klastru, Národní strojírenský klastr

Ing. Pavel Szturc, Ph.D., ředitel, Svaz kováren ČR z. s.

Ocelářská unie, a.s. – kdo jsme

Jsme sdružení, které hájí zájmy českých a slovenských výrobců a zpracovatelů oceli. Našimi členy jsou i vzdělávací a výzkumné instituce. Poskytujeme odborné služby, konzultace a poradenství pro ocelářský průmysl v oblastech obchodu, statistiky, technologie, standardizace a ekologie. Jsme platforma pro výměnu zkušeností mezi odborníky a zároveň zdrojem informací pro širokou veřejnost.

Jsme aktivním členem Svazu průmyslu a dopravy ČR a Hospodářské komory ČR a zastupujeme zájmy českých ocelářů ve sdruženích World Steel Association, Eurofer a European Steel Tube Association (ESTA). Poskytujeme zázemí pro činnost [Asociace výrobců ocelových trubek \(AVOT\)](#).

INFORMATIVNÍ ČLÁNEK

Od 1. září studenti nastoupí do SPŠ TŽ



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN

17. července 2025

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy rozhodlo ve správním řízení o změně názvu školské právnické osoby Střední odborná škola Třineckých železáren. S účinností od 1. září 2025 ponese škola nový název: Střední průmyslová škola Třineckých železáren.

O změnu názvu požádalo vedení střední školy letos. Jejím cílem je lépe vystihnout profil instituce a její zaměření na technické a průmyslové vzdělávání.

Celý článek na webu [eHutník](#).

„Škola nabízí široké možnosti uplatnění v technických oborech, a to zejména v Třineckých železárnách a ve firmách celé ocelářské skupiny. Studenti mají po vyučení nebo po maturitě jistotu zaměstnání a možnost dál se vzdělávat i profesně růst. Šikovný technik si v průmyslu vždy najde dobrou pozici,“ říká Robert Zvoníček, ředitel pro personalistiku a ESG Třineckých železáren, které školu zřizují.

Škola nadále zůstává významnou vzdělávací institucí v regionu. Patří k nejlépe vybaveným v kraji. Disponuje moderními dílnami i učebnami, a to včetně tří kompletně vybavených učeben pro silnoproudou a slaboproudou elektrotechniku a automatizaci. Škola má moderně vybavené dílny pro oblasti informační technologie, automatizace i elektro obory a funguje v režimu duálního systému vzdělávání, tedy úzkého propojení teoretické výuky a praxe.

„Co na konferenci v Třinci zazní, stojí na pevných základech“

Tomáš Machálek, redaktor Třineckého hutníka, převzato v plném znění z TH č. 34/2025

Již 11. ročník Mezinárodní konference modelování a simulace metalurgických procesů při výrobě oceli nazvané STEELSIM 2025 hostí 2. až 4. září Třinec. Prestižní setkání špičkových odborníků z celého světa pořádá Česká hutnická společnost (ČHS). Podrobnosti o konferenci přiblížili předseda ČHS Jiří Cupek a předsedkyně organizačního výboru konference Markéta Tkadlečková.

Můžete setkání v Třinci představit?

STEELSIM 2025 je mezinárodní vědecká konference na téma modelování a simulování metalurgických procesů při výrobě oceli. První ročník konference se konal v Třinci díky iniciativě ČHS v roce 2003. Tehdy pod jiným názvem. Oficiální 1. ročník pod názvem STEELSIM odstartoval v roce 2005. Konference se koná ve dvouletých intervalech.

Pořadatelství konference nám udělila Světová organizace ocelářských asociací (www.issisteel.org). O místě konání rozhoduje Mezinárodní společenství ocelářských institucí na základě přihlášek daných spolků. My jsme projevíli zájem o pořádání konference už před 10 lety, ale řada na nás přišla až nyní. Místem konání bude třinecká Trisia. Tu předchozí, v roce 2023, pořádala Velká Británie na půdě University of Warwick.

Kdo do Třince dorazí?

Máme potvrzenou účast zástupců z Koreje, USA, Indie, Číny a samozřejmě celé Evropy. Protože dorazí odborníci z celého světa, bude konference vedena v anglickém jazyce.

Může na konferenci dorazit široká veřejnost?

Nejedná se o setkání pro širokou veřejnost, ale pouze pro specialisty. A každý musí uhradit účastnický poplatek. V současné době potvrdilo účast 110 zájemců. Hlásit se mohou stále. Dokonce i v den konference, stačí zaplatit konferenční poplatek. Sejdou se tam lidé, které daná problematika podrobně zajímá.

Témata konference jsou stanovena předem a zveřejněna na www.steelssim2025.com. Jde o odborné okruhy, kterým se mohou účastníci věnovat. Patří sem teoretické základy, výroba železa, výroba oceli a další oblasti. Nabídka je široká a pokrývá klíčové části metalurgie.

Přednášející jsou již určeni?

Ano, hlásí se předem. Motivací k účasti na konferenci je možnost setkat se a diskutovat s odborníky z celého světa, kteří se věnují modelování a optimalizaci procesů výroby na jednom místě. Nic nenahradí osobní kontakt, což je důležité pro jejich další vědeckou činnost a kariérní růst. Obvykle se hlásí lidé z akademické sféry a z výzkumu. Máme už seznam přednášek, které máme potvrzené. Zhruba polovina je z univerzit a druhá polovina z výzkumných ústavů i průmyslu. Přednášek je kolem 50 a k tomu posterová sekce. V tomto případě se nejedná o



Město i Třinecké železářny se chystají na prestižní konferenci.

přednášku formou prezentace, ale formou plakátů velikosti A1, kde je zhruba popsáno, oč v daném výzkumu jde.

Svůj prostor budou mít, samozřejmě, i Třinecké železářny, které obstarají čtyři přednášky.

Setkání je o modelování – co to vlastně znamená?

Modelování je metoda, kterou lze simulovat reálné děje, ale v laboratorních podmínkách. To znamená, že benefit je takový, že můžete modelovat i případy, které si v reálných podmínkách nelze dovolit, protože by například hrozilo protečení oceli, vysoké teploty, nebo by mohly být ohroženy lidské životy. Současně můžete díky nastavení okrajových podmínek zjistit případy, které naopak vedou ke zlepšení procesu a celkově optimalizovat proces výroby tak, aby došlo ke zlepšení kvality, výkonnosti výroby a zlepšení konkurenceschopnosti.

Tím, že je vše založeno na predikci buď na základě matematických nebo fyzikálních modelů, přenos informace je levnější, než kdyby se tyto experimenty realizovaly v rámci provozních podmínek. Navíc, ne všechno jde v provozních podmínkách zkoušet – kvůli samotnému ohrožení procesu výroby. V tom je obrovský benefit.

Modelování je již nedílnou součástí průmyslového života...

Počátky fyzikálního modelování lze vystopovat až do starověku, kdy se lidé snažili pochopit přírodní jevy a jejich zákonitosti.

Matematické modelování se začalo velmi výrazně a rychle rozvíjet kolem roku 2000, kdy došlo k výraznému pokroku počítačové techniky a v té chvíli spousta výzkumných týmů vyvíjela své vlastní modely pomocí programovacích jazyků. Bylo to poměrně náročné, ale pak přišly firmy, které nabídly rovnou specializované softwary. Ty už jsou přívětivější pro uživatele, protože některé mají přednastavené určité prostředí a vy si v tomto prostředí například namodelujete některý z agregátů, přičemž využijete 3D geometrii. Pak použijete další software, ve kterém se vytvoří výpočetní síť, a třetím krokem je, že

software umožňuje díky definici materiálových vlastností definovat celý problém a v relativně přívětivém čase lze pak získat i výsledek.

Možnosti jsou opravdu veliké...

Po zjištění, že programy jsou univerzální, začalo se modelování prolínat do všech etap a fází vývoje výroby a zpracování oceli. Setkáváme se s tím, že se používá při optimalizaci výroby surového železa na vysokých pecích. Dále při optimalizaci tepelných procesů při výrobě aglomerátu, při zpracování oceli v elektrických obloukových pecích i kyslíkových konvertorech. Každý z těchto kroků si můžeme namodelovat, což je obrovská pomoc. Ale s tím souvisí nejen samotný software, ale i příprava dat. Proto se na setkání budeme bavit i o přípravě těchto dat. Softwary pracují s termofyzikálními vlastnostmi, které není jednoduché vždy získat, protože vlastnosti oceli se mění v závislosti na teplotě.

Proto je fajn, že se pořádají takové konference, kde se potkají všichni odborníci, kteří se tomuto problému věnují. A nejen že prezentují, co dělají. V rámci diskuse mají možnost doptat se na to, co je zajímavé, zda je to vůbec reálné a podobně.

Dá se modelům věřit?

Důležitou součástí je ověřovat, zda je predikce modelu skutečně stejná jako reálný výsledek. Model musí odpovídat skutečnosti. Musí se ověřit, zda jsou výsledky stejné a zda mohu danému modelu věřit.

Modelování se nyní používá ve všech sférách průmyslu, je součástí života. Například se modelují zátěže turbíny, modeluje se obtékání vzduchu kolem křídla letadla a podobně.

Dokonce se dá namodelovat situace, kdy v budově vznikne požár a známe ohnisko. Pomocí modelování zjistíme, kudy se bude šířit kouř a na základě toho se určí únikové východy, aby byly bezpečné. S modelováním se dá dělat opravdu vše.

Jsou ještě jiné druhy modelů?

Bavili jsme o modelech numerických, pak jsou ještě fyzikální. Zde se používá teorie podobnosti. Například si vyrobíte model lící pánve ve zmenšeném měřítku. Když víme, že voda má stejnou viskozitu jako ocel při 1 600 stupních Celsia, tak ocel nahradíme při modelování vodou, což je obrovská výhoda. Najednou pracujete s běžným a dostupným materiálem ve zmenšeném měřítku a můžete si modelovat situace, jaké chcete. A navíc bezpečně!

Možná vás to překvapí, ale i v TŽ máme modelovou laboratoř, kde na vodních modelech probíhaly experimenty ověřování proudění taveniny v kruhovém krystalizátoru, ověřování správného umístění dozátorů v ponorné výlevce, proudění taveniny v mezipánvi, určování velikosti směsných oblastí. Nově je laboratoř vybavena o model lící pánve a budeme ověřovat správné umístění dmyšného elementu, případně jejich počet.

O tom všem se budete na setkání bavit?

Účast na takové akci je prestižní záležitostí, protože kvalita přednášek je předem hodnocena Vědeckým výborem. Ten pečlivě posuzuje každou prezentaci a ověřuje, zda má teoretický základ a reálné výsledky. Není možné šířit nepodložené informace. Co na konferenci zazní, má pevné odborné základy. Každý přednášející obdrží certifikát potvrzující, že svůj příspěvek prezentoval právě na této konferenci, což je důležitý doklad pro jeho další profesní rozvoj.

Čeká účastníky i nějaký doprovodný program?

Na hory nebude čas. Hlavní program je nabitý, přednášky budou dlouhé. Přesto pro návštěvníky konference chystáme na každý večer nějaké posezení s možností neformálního povídání.

Třešnickou na dortu bude exkurze v Třineckých železárnách, kde je ale počet účastníků omezen, takže šanci budou mít ti, kteří se přihlásí nejrychleji. Zavítat mohou buď na ocelárnu, nebo válcovnu.

A co společenský význam akce?

Záštitu nad konferencí převzalo město Třinec. Pomáhá nám i se samotnou organizací – například parkování před Trisií a podobně. Primátorka by se měla zúčastnit zahájení. Těší nás jak podpora Třineckých železáren, tak i města Třince. Jsme rádi i za spolupráci s Vysokou školou báňskou. Zástupci těchto institucí jsou čestnými hosty, kteří dodají reprezentační záštitu.

Každá taková akce je, samozřejmě, drahá, stojí peníze a pouze účastnické poplatky by na ni nestačily. Chtěli jsme udržet přijatelnou výši poplatků, a tak jsme zůstali u původních cen. Proto děkujeme sponzorům, kteří finančně přispěli, abychom konferenci udělali hodnou nejen našeho regionu, ale i České hutnické společnosti a našich partnerů.

Pro nás se jedná o akci desetiletí.



ČESKÁ HUTNICKÁ SPOLEČNOST
CZECH METALLURGICAL SOCIETY

POŘÁDÁ

11. ROČNÍK MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
MODELOVÁNÍ A SIMULACÍ METALURGICKÝCH
PROCESŮ PŘI VÝROBĚ OCELI



STEELSIM 2025

2. - 4. ZÁŘÍ 2025
TRISIA TŘINEC · ČESKÁ REPUBLIKA

Základní informace:

- Tradiční odborná konference již od roku 2005.
- V Třinci se představí více než 100 odborníků z celého světa (Evropa, USA, Kanada, Japonsko, J. Korea, Velká Británie, ...).
- Prezentováno bude přes 60 vědecko-výzkumných příspěvků.
- Hlavním cílem je představit nové poznatky a trendy v oblasti optimalizace výroby železa a oceli pomocí fyzikálního nebo numerického modelování, simulací, matematických modelů, termodynamických výpočtů, statistických modelů a dalších souvisejících metod.

Hlavní témata konference:

- Teoretické základy
- Výroba surového železa
- Výroba oceli
- Sekundární metalurgie
- Odlévání a tuhnutí oceli
- Tepelné zpracování
- Modelování procesů tváření
- Zpracování dat a logistika
- Ostatní odborná témata

Program:

Detailní program je dostupný na webu konference:

<https://www.steelsim2025.com/timetable-programme/>

PATNERI / PATRONÁŽ / SPONZOŘI / VYSTAVOVATELÉ / PARTNERSKÁ SDRUŽENÍ:



TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY



Třinec i ty



**VSb TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA**

TechSoft



TRANSVALOR



**ADVANCED METAL
TECHNOLOGIES**



A VPG Brand



**PRIMETALS
TECHNOLOGIES**



Electro-Nite



**Institute of Materials,
Minerals & Mining**



abm
Association of
Belt and Mining
Institutions



**ASSOCIAZIONE
ITALIANA DI
METALLURGIA**



VESUVIUS



ASMET®
THE AUSTRIAN SOCIETY FOR
METALLURGY AND MATERIALS



CRM GROUP



SMM



W

Jernkontoret



**Český svaz
vědeckotechnických
společností z.s.**



AIST
ASSOCIATION OF
IRON AND STEEL
TECHNOLOGISTS



SITPH
SLOVAK INSTITUTE
OF TECHNOLOGY



Stahl



**Steel Institute
VDEh**



VUNESID



KIM

대한금속·재료학회

Kontakty:

ČESKÁ HUTNICKÁ SPOLEČNOST, z.s.

Průmyslová 1034

739 61 Třinec - Staré Město

Česká republika

Phone: [+420 558 532 152](tel:+420558532152)

E-mail: info@steelsim2025.com

www.hutnickaspol.cz

TRISIA, a.s.

náměstí Svobody 526

739 61 Třinec, Česká republika

www.trisia.cz



STEELSIM 2025.COM



inventarena.cz

„Investice do vědění nesou nejvyšší úrok“

Benjamin Franklin

INVENT ARENA 2026

Prestížní mezinárodní událost na podporu inovací se vrací do České republiky již počtvrté!

Čtvrtý ročník výstavy INVENT ARENA 2026 přinese nejnovější trendy ze světa vědy a techniky. WERK ARENA v Třinci se ve dnech 17.–18. června 2026 opět promění v centrum inovací a nápadů.

Akce se koná pod záštitou Mezinárodní federace asociací vynálezců IFIA.

Na ploše přes 2 000 m² se představí firmy, výzkumné týmy i jednotlivci z více než 20 zemí Evropy, Asie a Ameriky. Návštěvníci se mohou těšit na vynálezy, inovace a know-how z oblastí vědy, techniky a lidské kreativity. Na základě zkušeností z minulých ročníků očekáváme účast více než 8 000 návštěvníků, především z řad mládeže.

INVENT ARENA:

- Propojuje investory, výzkumná pracoviště, inovativní firmy, školy i mladé tvůrce hledající inspiraci, obchodní příležitosti a partnery pro uvedení svých nápadů do praxe.
- Vytváří prostor pro prezentaci nejnovějších trendů ve vědě, technologiích a výzkumu.
- Srovnává technickou úroveň českých i zahraničních vystavovatelů.
- Přibližuje vědu a technologie jako součást národní identity a zdůrazňuje jejich význam pro ekonomický rozvoj.
- Nabízí vzdělávání formou seminářů, workshopů, panelových diskuzí a odborných prezentací.
- Zdůrazňuje význam duševního vlastnictví a ochrany inovací při vstupu na trh.
- Podporuje zájem mladé generace o technické obory a vzdělávání.

Hlavním pořadatelem výstavy je Česká hutnická společnost, z. s., spolupořadatelé jsou: TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Český svaz vynálezců a zlepšovatelů, z. s. a Trisia, a.s. Odbornou záštitu nad výstavou převzal Úřad průmyslového vlastnictví ČR.

Těšte se na osobnosti z oblasti vědy, výzkumu, inovací, technologií, průmyslové i akademické sféry, které se představí během business snídaní, seminářů, prezentací a diskuzí. INVENT ARENA nabídne také atraktivní doprovodný program.

Pro vystavovatele je připraven reprezentativní večerní program včetně recepce a dalších společenských akcí.

Nejlepší inovátoři budou oceněni během slavnostního ceremoniálu. Zvláštní cenu GRAND PRIX INVENT ARENA 2026 získá nejvýznamnější vynálezce výstavy.

POZOR! Registrace vystavovatelů začíná v září 2025!

Staňte se součástí INVENT ARENY – místa, kde vaše myšlenky dostávají prostor vyrůst!

Záštitu nad výstavou v minulém ročníku udělili:

- Ministerstvo životního prostředí ČR
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR
- Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
- Předseda vlády ČR
- Statutární město Třinec
- Moravskoslezský kraj
- Akademie věd ČR
- Český svaz vědeckotechnických společností

Více informací o programu, důležitých termínech a ubytování najdete na inventarena.cz

invent arena

SAVE
THE
DATE

Mezinárodní výstava technických
novinek, patentů a vynálezů

17. - 18. června 2026
WERK ARENA Třinec



inventarena.cz 

organizátoři:



ČESKÁ HUTNICKÁ SPOLEČNOST
CZECH METALLURGICAL SOCIETY



TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY



ČESKÝ SVAZ
vynálezů a zpopsovatelů



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ



podpora:



Moravskoslezský
kraj



Třinec i ty



OCELÁŘSKÁ
UNIE

hlavní partneři:



Autel



EGAP



mediální partner:  **hutník**

XXXII. International Conference

MODERN METALLURGY

24. - 26. 9. 2025

Hotel Sepetná
Ostravice 0956
739 14 Ostravice

Vážení kolegové, milí přátelé,

dovoluji si Vás pozvat na konferenci **Modern Metallurgy 2025**, kterou v tomto roce organizuje Fakulta materiálově-technologická Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

Konference se uskuteční ve dnech **24. – 26. 9. 2025 v hotelu SEPETNÁ** v Beskydech.

<https://www.fmt.vsb.cz/iasm/cs/konference/>

Jedná se o tradiční každoročně organizovanou česko-slovensko-polskou konferenci, kde jsou dalšími partnery TUKE Fakulta materiálů, metalurgie a recyklácie, Politechnika Śląska, Instytut Technologii Metali.

Cílem této konference je vytvořit platformu pro prezentaci nejnovějších poznatků a trendů ve vědě a technickém vývoji v oblasti metalurgie. Tradičně se jedná o setkání odborníků z vědeckých a výzkumných institucí i zástupců průmyslové praxe na mezinárodní úrovni.

Sekce konference:

1. Výroba surového železa a oceli
2. Neželezné kovy a nekovové materiály
3. Zpracování kovových materiálů (slévárenství, tváření, aditivní technologie,...)
4. Simulace a modelování procesů
5. Recyklace odpadních materiálů a LCA
6. Energetické přeměny v průmyslu
7. Dekarbonizace metalurgických procesů, jejich plánování a strategie

Budeme nesmírně poctěni, jestli se konference Modern Metallurgy 2025 účastníte a současně nám pomůžete s propagací naší konference v rámci vaší komunity.

Těšíme se na setkání s Vámi.

Organizační výbor konference

Modern Metallurgy 2025



BOHATSTVÍ

26. 9. 2025

2005–2025: Slavíme 20 let Noci vědců v Česku!

Bohatá je jen ta společnost, která využívá bohatství mysli. Společnost, která zachází rozumně s kulturním a přírodním bohatstvím a využívá technologie ke svému rozvoji. Pojdte s námi objevit skryté poklady vědy ve všech jejích podobách!

pro děti i dospělé / vstup zdarma

LETOS POPRVÉ V TŘINCI!

Střední průmyslová škola Třineckých železáren



Podrobnosti na webu www.nocvedcu.cz