

ROČNÍK /VOL.  
LXXVII ROK/YEAR  
2024

4-6

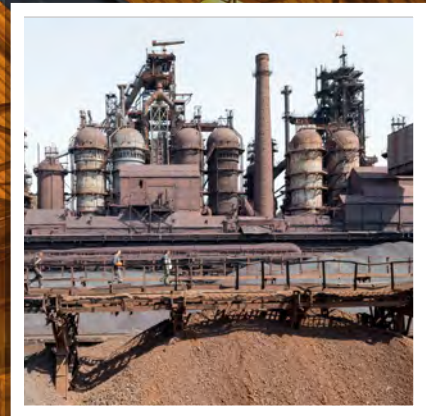
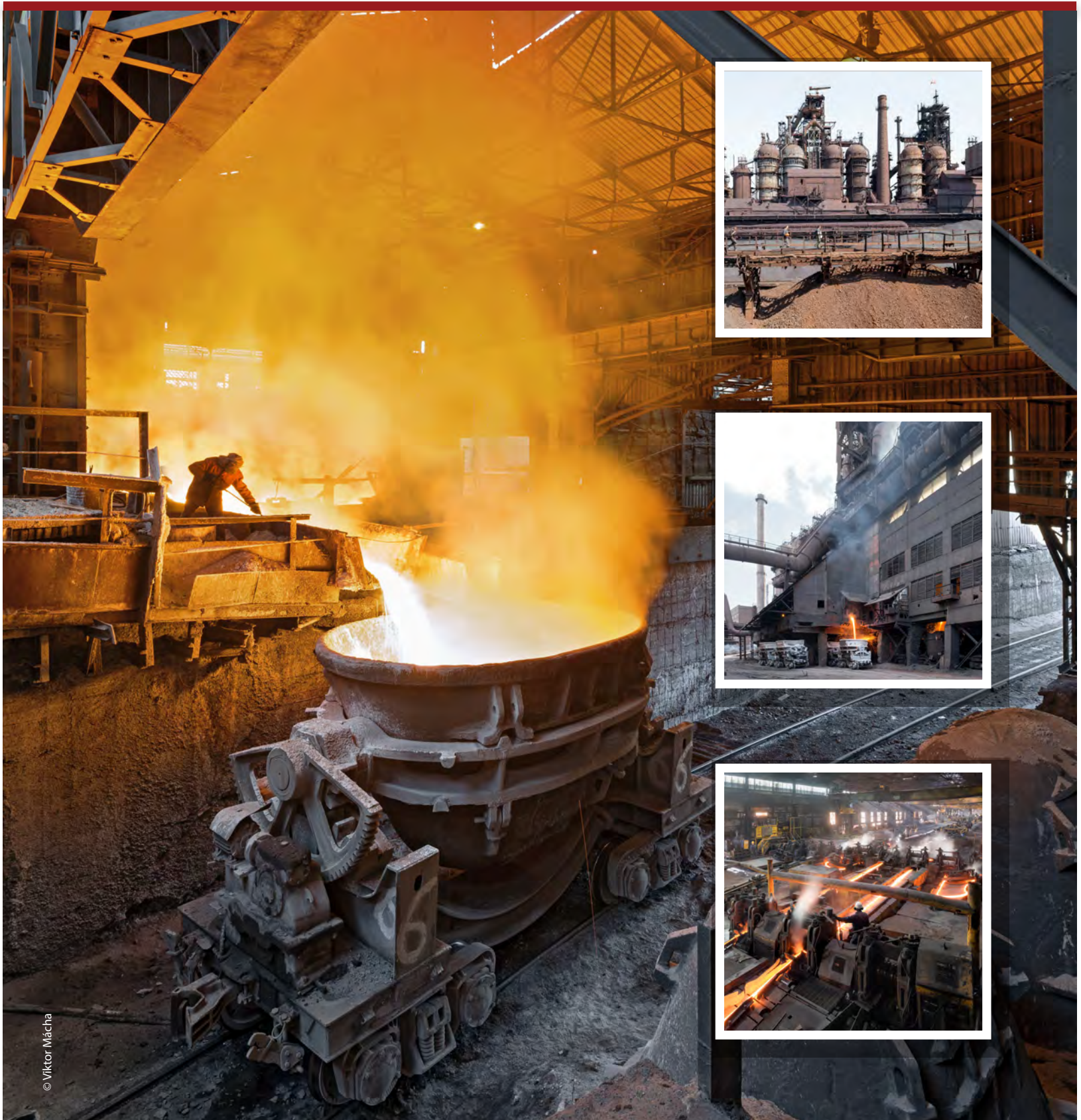


# Hutnické listy

METALLURGICAL  
JOURNAL

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ  
ISSN 0018-8069





**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 společností 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.**



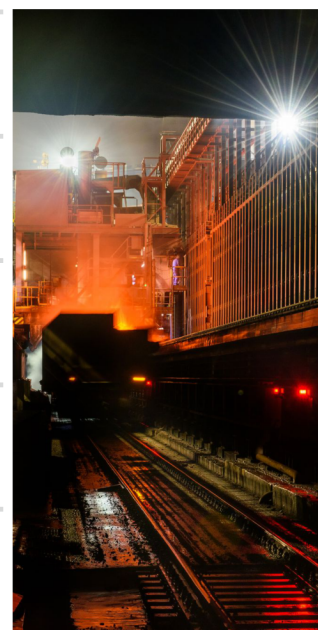
**Třinecký  
inženýring, a.s.**



**VÚHŽ®  
a.s.**



**BOHEMIA RINGS**



[www.hutnickaspol.cz](http://www.hutnickaspol.cz)

[PredsedaCHS@trz.cz](mailto:PredsedaCHS@trz.cz)

## Registrační číslo / Registration Number

MK ČR E 18087

## Mezinárodní standardní číslo / International Standard Serial Number

ISSN 0018-8069

## Vydavatel / Publisher

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

## Redakce / Editorial Office

OCELOT s.r.o.  
Redakce časopisu Hutnické listy  
Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice  
Česká republika

## Vedoucí redaktor / Chief Editor

Mgr. Šárka Seidlerová  
tel.: +420 731 181 238  
e-mail: seidlerovas@seznam.cz

## Technický redaktor / Technical Editor

prof. Ing. Jana Seidlerová, CSc.  
tel.: +420 607 907 713  
e-mail: zdislavajana@email.cz

## Grafický redaktor / Graphic Editor

Ing. Dana Horáková  
tel.: +420 777 047 666  
e-mail: hutnicke.listy@seznam.cz

## Tisk / Printing

Printo, spol. s r.o.  
Jelínkova 1379/13  
721 00 Ostrava-Svinov

## Grafika titulní strany / Graphic design of the title page

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

## Podkladová fotografie / Underlying photograph

Mgr. Viktor Mácha, e-mail: viktor.macha@centrum.cz

## Redakční rada – Předseda / Editorial Board – Chairperson

prof. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.

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

## Členové / Members

Ing. Martin Balcar, Ph.D.  
Ing. Pavol Beraxa, Ph.D.  
Assoc. Prof. Dr. Christian Bernhard  
prof. dr. hab. inž. Leszek Blacha  
doc. Ing. Branislav Bul'ko, PhD.  
prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.  
prof. dr. hab. inž. Henryk Dyja  
Ing. Henryk Huczala  
prof. Ing. František Kavička, CSc.  
Dr. Ing. Zdeněk Kuboň  
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.  
doc. Ing. Josef Odehnal, Ph.D.  
prof. dr. hab. inž. Mariola Saturnus  
prof. Ing. Josef Štetina, Ph.D.  
Dr. Ing. Ladislav Válek

ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou, Česká republika  
ŽP Výskumno-vývojové centrum s.r.o., Slovenská republika  
Montanuniversitaet Leoben, Rakousko  
Politechnika Śląska, Katowice, Polsko  
Technical University in Košice, Slovenská republika  
VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, Česká republika  
Politechnika Czeŝochowska, Czeŝochowa, Polsko  
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Třinec, Česká republika  
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Česká republika  
MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. Ostrava, Česká republika  
ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou, Česká republika  
CELSA Huta Ostrowiec, Polsko  
Politechnika Śląska, Katowice, Polsko  
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Česká republika  
MSV Metal Studénka, a.s., Česká republika

Vydavatel uplatňuje tzv. Zpožděný otevřený přístup. Po dobu 12 měsíců od vydání aktuálního čísla vydavatel na webových stránkách časopisu zveřejňuje pouze anotace jednotlivých článků, plné texty článků jsou zveřejněny na webových stránkách po roce.

Časopis vychází dvakrát ročně. Cena jednoho čísla je 200 Kč, roční předplatné tištěného vydání činí 400 Kč, studenti mají 20% slevu. K předplatnému se připočítává poštovné vycházející z dodávek každému odběrateli. Po dohodě se zahraničními odběrateli je možno stanovit cenu v Euro (€) jako souhrnnou včetně poštovného. Předplatné se automaticky prodlužuje na další období, pokud je odběratel jeden měsíc před uplynutím abonentního období písemně nezruší. Objednávky na předplatné přijímá redakce nebo SEND Předplatné, spol. s r.o., Ve Žlíbku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice, Česká republika (+420 225 985 225, send@send.cz). Informace o podmínkách publikace, inzerce a reklamy podává redakce.

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

## Etický kodex

Časopis Hutnické listy se při svém vydávání řídí etickým kodexem, který stanovuje pravidla pro publikaci příspěvků. To se týká jak posuzování autorských příspěvků, tak následného recenzního řízení. Jeho zněním jsou povinni se řídit autoři, recenzenti i redakce. (Celé znění etického kodexu je zveřejněno na www.hutnickelisty.cz)

© OCELOT s.r.o., 2024

Časopis je zařazen do databáze recenzovaných časopisů Publons.

The publisher applies the so-called delayed open access. For a period of 12 months from the publication of the current issue, the publisher publishes only the annotations of individual articles on the magazine's website; the full texts of the articles are published on the website after a year.

The journal is published twice a year. The price of one issue is 200 CZK, the annual subscription to the printed edition is 400 CZK, students have a 20% discount. Postage based on deliveries to each subscriber is added to the subscription. After agreement with foreign buyers, it is possible to set the price in Euro (€) as a total including postage. The subscription is automatically extended for another period if the subscriber does not cancel it in writing one month before the end of the subscription period. Subscription orders are accepted by the editors or SEND Předplatné, spol. s r.o., Ve Žlíbku 1800/77, hall A3, 193 00 Prague 9 - Horní Počernice, Czech Republic (+420 225 985 225, send@send.cz). Information on the conditions of publication, advertising, and advertising is provided by the editors.

The authors bear the responsibility for the originality of their articles and for their factual and linguistic accuracy. Editorial Office accepts the articles in electronic form. Peer reviews are archived in the Editorial Office. No part of the published issues may be reproduced or distributed electronically without written permission of the publisher.

## Ethical Code

The Hutnické listy (Metallurgical Journal) is governed by an ethical code that sets out rules for the publication of papers. This concerns both the assessment of author's papers and the subsequent peer-review process. The authors, reviewers, and editors must follow its wording. (The full text of the ethical code is published on our website www.hutnickelisty.cz)

© OCELOT s.r.o., 2024

The journal is included in the database of peer-reviewed journals Publons.

## Obsah / Content

<i>Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.</i> Úvodník	4
---	---

### Hlavní články (recenzovaná část) / Principal Papers (Peer-reviewed Part)

#### Recenzované výzkumné články / Peer-reviewed Research Papers

<i>Ing. Kamil Koza; doc. Ing. Karel Gryc, MBA, Ph.D.; doc. Ing. Ladislav Socha, MBA, Ph.D.</i> <i>Ing. Roman Kubeš; Václav Sochacký; Ing. Jaromír Trobl; Ing. Bc. Jana Sviželová, Ph.D. Ing. Martin Pinta, MBA</i> Výpočetní tomografie jako nástroj pro sledování porozity v tlakově litých zinkových odlitcích Computed Tomography as a Tool for Investigating Porosity in Zinc High-Pressure Die Casting	5
<i>Ing. Piotr Zubek; prof. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.; Ing. Jiří Šafrata, Ph.D.</i> Využití konvertorové strusky a odpadních slévárenských písků jako náhrady přírodního kameniva ve vysokopevnostním betonu Utilization of converter slag and waste foundry sands as a substitute for natural aggregate in high-strength concrete	11
<i>Ing. Petr Čížek; Ph.D., Ing. Marek Dobiáš; doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D.</i> Vliv aplikovaného faktoru intenzity napětí na lomové chování předzatížených C(T) těles v prostředí vysokotlakého vodíku Effect of Applied Stress Intensity Factor on Fracture Behaviour of Preloaded C(T) Specimens in High-pressure Hydrogen Environment	18
<i>doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D.; Ing. Jan Kander; Ing. Roman Noga</i> Influence of temperature and working rolls rotational speed of the rolling mill on the qualitative properties of seamless N80 steel tubes Vliv teploty a rychlosti otáčení pracovních válců děrovací stolice na kvalitativní vlastnosti bezešvých trubek z oceli N80	24
<i>prof. Ing. Jana Seidlerová, CSc.; Ing. Roman Gabor, Ph.D.; Mgr. Petr Běčák; Ing. Michaela Tokarčíková, Ph.D.</i> Úprava povrchu slitiny Ti-6Al-4V s využitím mikroobloukové oxidace a fyzikální depozice par Surface modification of Ti-6Al-4V alloy using micro-arc oxidation and physical vapour deposition	30

#### Informační články / Informative Articles

<i>Pavel Feilhauer</i> Stavba plně robotizované kovací linky s lisem 4000 tun Construction of a Fully Fobotic Forging Line with a 4000 ton Press	38
--	----

#### Zprávy z Ocelářské unie a.s. Praha / Information of Steel Union

<i>Jiří Dufek</i> Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2023 a 2024	40
--	----

## **EUROPEAN GREEN DEAL**

<b>Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.</b>	45
European Green Deal. Cesty evropského hutnictví k zelené oceli	

## **Výstavy, veletrhy, konference / Exhibitions, Fairs, Conferences**

INVENT ARENA 2024	53
Školení pracovníků kyslíkové konvertorové ocelárny TŽ	56
Mezinárodní vědecká konference Modern Metallurgy	57
Mezinárodní konference STEELSIM 2025	58
PROJEKTOVÁNÍ A PROVOZ POVRCHOVÝCH ÚPRAV	59

## **Ze života škol / Information on Activities of Universities**

Nanotechnologie v oblasti výzkumu materiálů: Cesta k udržitelným inovacím v energetice	62
Metalurgie je naše srdeční záležitost	63

<b>Aktuality v hutnictví / Newsreel in Metallurgy</b>	65
---	----

## **Inzerce**

- TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.
- ČESKÁ HUTNICKÁ SPOLEČNOST, z.s.
- Braintrast, s.r.o.

# Úvodník

---

Vážení čtenáři *Hutnických listů*,

*dostává se Vám do rukou poslední číslo Hutnických listů v tištěné podobě, od roku 2025 bude časopis vycházet pouze elektronicky. Obsahová náplň našeho periodika však zůstane zachována, stejně jako to, že nadále půjde o recenzovaný časopis. Největší změna je v novém vydavateli časopisu, tím se od letošního roku stala Česká hutnická společnost, z.s.*

*Když jsem v roce 2007 spolu s pány prof. Dobrovským, prof. Matochou a doc. Ciencialou koupil společnost OCELOT s.r.o., bylo naším cílem zachránit vydávání jednoho z nejstarších odborných časopisů v České republice, jehož první číslo vyšlo v roce 1946. A vedla nás k tomu hlavně naše stavovská čest. Časopis jsme přebírali s půl milionovým dluhem. Obnovili jsme jeho vydávání a dostali společnost OCELOT s.r.o. do černých čísel a časopis byl znovu zařazen do seznamu recenzovaných periodik v České republice. O prezentaci vědeckých, výzkumných a odborných článků byl zájem, protože uveřejnění článků v Hutnických listech bylo bodováno a výzkumné organizace dostávaly za tyto body finanční prostředky podle tzv. „kafemléjnu“.*

*Situace se změnila v roce 2017, kdy pro hodnocení publikační činnosti výzkumných organizací začala platit „Metodika 17+“, podle které se už nepřidělovaly body za prezentaci článků v recenzovaných časopisech. A to byl začátek problému s vydáváním Hutnických listů. Začali jsme se potýkat s úbytkem článků, který přinesl i finanční potíže. Museli jsme zredukovat počet vydaných čísel z šesti na dvě čísla za rok. Jedinou cestou z této situace bylo dostat Hutnické listy mezi impaktované časopisy a k tomu jsme zaměřili v posledních letech značnou snahu. Tento proces je však velmi nákladný a zdlouhavý, tak jsme se nakonec rozhodli jít dále cestou odborného recenzovaného časopisu. To se nám povedlo a vydávání časopisu bylo zachováno.*

*Chtěl bych touto cestou poděkovat všem, kteří se o to zasloužili. V první řadě to jsou členové redakčního kolektivu Jana Dobrovská, Markéta Tkadlečková, Dana Horáková, Šárka Seidlerová, Jan Počta, Jana Seidlerová, Ladislav Zela, Lukáš Pindor, Markéta Bergerová, Boris Škandera a zesnulý pan Oldřich Němec, všem patří velké poděkování. Rovněž bych chtěl poděkovat mým bývalým společníkům, panu Ludovítu Dobrovskému, Jiřímu Ciencialovi a zesnulému Karlu Matochovi.*

*Další vydávání Hutnických listů bude mít na starost Česká hutnická společnost a já jsem přesvědčen, že časopis zůstane i nadále odborným periodikem. Chtěl bych novým vydavatelům popřát, aby co nejlépe pokračovali ve více než sedmdesátileté tradici časopisu, který bude prezentovat výsledky odborných prací v oblasti metalurgie a materiálového inženýrství.*

*Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.*

# Recenzované výzkumné články

## Výpočetní tomografie jako nástroj pro sledování porozity v tlakově litých zinkových odlitcích

### Computed Tomography as a Tool for Investigating Porosity in Zinc High-Pressure Die Casting

Ing. Kamil Koza<sup>1,2</sup>, doc. Ing. Karel Gryc, MBA, Ph.D.<sup>2</sup>; doc. Ing. Ladislav Socha, MBA, Ph.D.<sup>2</sup>; Ing. Roman Kubeš<sup>3</sup>; Václav Sochacký<sup>3</sup>; Ing. Jaromír Trobl<sup>3</sup>; Ing. Bc. Jana Sviželová, Ph.D.<sup>2</sup>; Ing. Martin Pinta, MBA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra materiálů a strojírenské metalurgie, Univerzitní 22, 301 00 Plzeň, Česká republika

<sup>2</sup> Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Environmentální výzkumné pracoviště, Okružní 517/10, 370 01 České Budějovice, Česká republika

<sup>3</sup> GD Druckguss s.r.o., Radomilická 1244, 389 01 Vodňany, Česká republika

Článek se zabývá vnitřní kvalitou zinkových odlitků na základě posouzení jejich porozity. Odlitky ze zinkové slitiny ZP0410 byly vyrobeny metodou tlakového lití. K vyhodnocení porozity byla použita výpočetní tomografie na přístroji Werth Tomoscope XL, která umožnila nedestruktivní analýzu vnitřní struktury a vytvoření trojrozměrného modelu zobrazujícího rozložení porozity v odlitku. Tato metoda rovněž umožnila určit počet dutin a podíl porozity v rámci objemu odlitku. Odlitky byly vyrobeny pomocí dvoukavitové formy z oceli H11 a byly hodnoceny v průběhu životnosti formy. Byly analyzovány tři odlitky z každé dutiny nové formy a poté přibližně každých 100 000 ran (výrobních cyklech) až do 700 000 ran. Výpočetní tomografie odhalila mikroporozitu přítomnou v celém objemu odlitku, přičemž větší dutiny se obvykle nacházely v blízkosti středového otvoru v oblasti s nejširší stěnou. Až do 400 000 ran se počet dutin v obou pozicích odlitku lišil, přičemž počet dutin v odlitcích K3 se neustále zvyšoval a v odlitcích K4 kolísal. Po 400 000 ranách se počet dutin v obou pozicích vyrovnal a došlo k poklesu na přibližně 2 000 dutin.

**Klíčová slova:** tlakové lití, zinkové slitiny, výpočetní tomografie, porozita, opotřebená forma

*This research examines the internal quality of zinc castings by assessing their porosity. The castings, made from ZP0410 alloy (a zinc alloy containing aluminium and copper), were produced through high-pressure die casting. To evaluate porosity, computed tomography was conducted using a Werth Tomoscope XL, enabling non-destructive analysis of the internal structure and generating a 3D model showing porosity distribution within the casting. This method also allowed for determining the number of cavities and the percentage of porosity within the casting volume. Castings were produced using a two-cavity mould made of H11 steel and were evaluated throughout the mould's service life. Three samples from each cavity were analysed in new mould and then approximately every 100,000 shots (production cycles), up to 700,000 shots. Computed tomography revealed pervasive microporosity within the entire casting, with larger cavities typically located near the central hole in the thickest-walled area. Up to 400,000 shots, the number of cavities differed between casting positions, with cavity counts in K3 castings increasing steadily and fluctuating in K4 castings. After 400,000 shots, the cavity counts in both positions matched and a decrease to approximately 2,000 at 600,000 and 700,000 shots occurred. Porosity and volume of cavities show slight dependence on mould wear.*

**Key words:** Die casting, zinc alloy, computed tomography, porosity, mould wear

## Úvod

Tlakové lití je velkoobjemový výrobní proces, produkující geometricky složité odlitky s vysokou rozměrovou přesností, výbornou povrchovou kvalitou a nízkým podílem zmetků. Dalšími výhodami je minimum dalšího obrábění a produkce odlitků s tenkými stěnami. Odlitky jsou využívány v automobilech, motocyklech, jako funkční části

mechanismů či v elektronice, ovšem uplatňují se i jako estetické části v různých produktech, zahrnujících svítidla, části nábytku, domácí přístroje a módní doplňky. Metodou tlakového lití mohou být zpracovávány všechny hlavní slitiny, přibližně polovina světové produkce odlitků z lehkých kovů je zpracovávána touto technologií [1-6].

Zinkové slitiny mají nízký bod tání, vysokou rychlost tuhnutí a dobrou zabíhavost. Mají odolnost vůči oxidaci

při tavení, malou termochemickou agresivitu a přilnavost vůči materiálům forem. Zinkové odlitky mají nízkou míru smršťování, dobré mechanické vlastnosti a vysokou odolnost proti otěru. Díky těmto vlastnostem je možné vyrábět odlitky s tenkými stěnami a drobnými detaily s vysokou kvalitou povrchu při zachování nízkých nákladů [1, 7].

Kombinace teploty formy, zabíhavosti, geometrické náročnosti odlitků a rychlosti chlazení ovlivňuje kvalitu odlitků. Pokud nejsou tyto parametry řádně kontrolovány, je očekáván vznik defektů. Povrchové vady zahrnují staženiny, puchýřky, propadliny, zálupy či rýhy. Vnitřní vady jsou bubliny, staženiny, nekovové vměstky či struska. Defekty negativně ovlivňují mechanické vlastnosti jako jsou tažnost, houževnatost a únavová odolnost. Zahlcený vzduch omezuje možnosti tepelného zpracování. Nejběžnější vadou zinkových odlitků je zahlcený vzduch způsobený vysoce turbulentním prouděním kovu v dutině formy. Uzavřený vzduch zůstává v odlitcích ve formě bublin a narušuje strukturu odlitku a zhoršuje elektrickou vodivost a pevnost [2, 4, 7-9].

Odlitky jsou typicky kontrolovány v surovém stavu, případně vizuálně po obrábění. Ovšem vnitřní vady odlitků nejsou zjistitelné pouhým okem ani při běžné kontrole kvality. Pro stanovení množství porozity v odlitcích může být použito mnoho metod. Archimédův test je běžně používán jako nedestruktivní metoda stanovení hustoty. Přestože průměrná hustota je dobrým indikátorem celkového objemu dutin, nereflektuje přesně množství plynu v odlitku, jelikož plynové dutiny jsou běžně spojené se staženinami a jejich podíl je obtížné rozlišit. Metoda taktéž umožňuje pouze kvantifikovat dutiny v odlitku bez možnosti jejich lokalizace. Zjištění vnitřních vad je možné pomocí metalografie. Nevýhodou metalografie je vysoká pracnost přípravy vzorku zahrnující několik stupňů leštění a broušení. Protože metalografie umožňuje zobrazovat pouze jednu rovinu řezu, nezobrazuje dokonale strukturu a morfologii porozity v odlitku a při hodnocení velikosti pórů jsou očekávány zkrácené výsledky. Pomocí rentgenu je možné sledovat makroporozitu, nicméně mikroporozita a oxidické blány (bifilmy) jsou rentgenem nezjistitelné. Protože je vnitřní porozita komplexním trojrozměrným objektem a rentgenový snímek je pouze dvourozměrný, nedosahuje pozorování pomocí rentgenu dostatečné přesnosti. Detailní informace umožňující popsat porozitu v odlitku poskytují pokročilé metody, kterými je například 3D virtualizace pórů za použití rentgenové mikroskopie a technik zpracování obrazu, nebo výpočetní tomografie [2, 4, 6, 10-14].

Využití výpočetní tomografie umožňuje nedestruktivní analýzu a poskytuje přesnou trojrozměrnou rekonstrukci výskytu porozity v objemu odlitku. Využívá průchodu rentgenového záření vzorkem. Je pořízeno velké množství rentgenových snímků vzorku z různých úhlů. Tyto snímky zobrazují v jednotlivých pixelech absorpční koeficient materiálu a jsou použity pro rekonstrukci vnitřní struktury objektu. V případě porozity je pomocí výpočetního algoritmu zhotovena 3D rekonstrukce pórů v objemu odlitku [6, 11, 12, 14].

Výpočetní tomografie byla autory použita v předchozích pracích ke zkoumání porozity uvnitř hliníkových odlitků [15]. Zaměřením současné práce je využití výpočetní tomografie ke studiu porozity v zinkových odlitcích. Jedním ze zásadních rozdílů mezi zinkovými a hliníkovými slitinami je jejich hustota. Hustota zinkové slitiny je přibližně 2,6krát vyšší než hustota hliníkové slitiny. Vyšší hustota snižuje průchodnost rentgenového záření materiálem, což omezuje maximální velikost vzorků vhodných k analýze s přijatelným rozlišením. Ve spolupráci se společností GD Druckguss s.r.o. která se zabývá tlakovým litím zinku, byly vyrobeny experimentální odlitky. Tyto odlitky jsou určeny pro zkoumání porozity pomocí výpočetní tomografie a dále pro sledování možných změn v porozitě během dlouhodobého používání lící formy.

### Použité materiály a přístroje

Zkoumané odlitky jsou vyráběny metodou tlakového lití ze zinkové slitiny ZP0410, která obsahuje 4 % Al a 1 % Cu. Forma pro produkci odlitků je vyrobena z oceli AISI H11 a je konstruována jako dvoukavitová. Dle označení kavit jsou odlitky označovány jako K3 a K4 a oba odlitky jsou zrcadlově symetrické. Odlitky jsou pro představu zobrazeny na obr. 1.



Obr. 1 Zkoumané zinkové odlitky K3 a K4  
Fig. 1 Examined zinc castings K3 and K4

Pro analýzu vnitřní struktury byly odebrány vzorky v průběhu životnosti formy, a to z nové formy a dále přibližně po každých 100 000 ranách. Při každém dosaženém milníku byly odebrány 3 vzorky odlitků K3 a 3 vzorky odlitků K4. V současné době byly analyzovány vzorky až do 700 000 ran.



Obr. 2 Výpočetní tomograf Werth TomoScope XL  
Fig. 2 CT scan Werth TomoScope XL

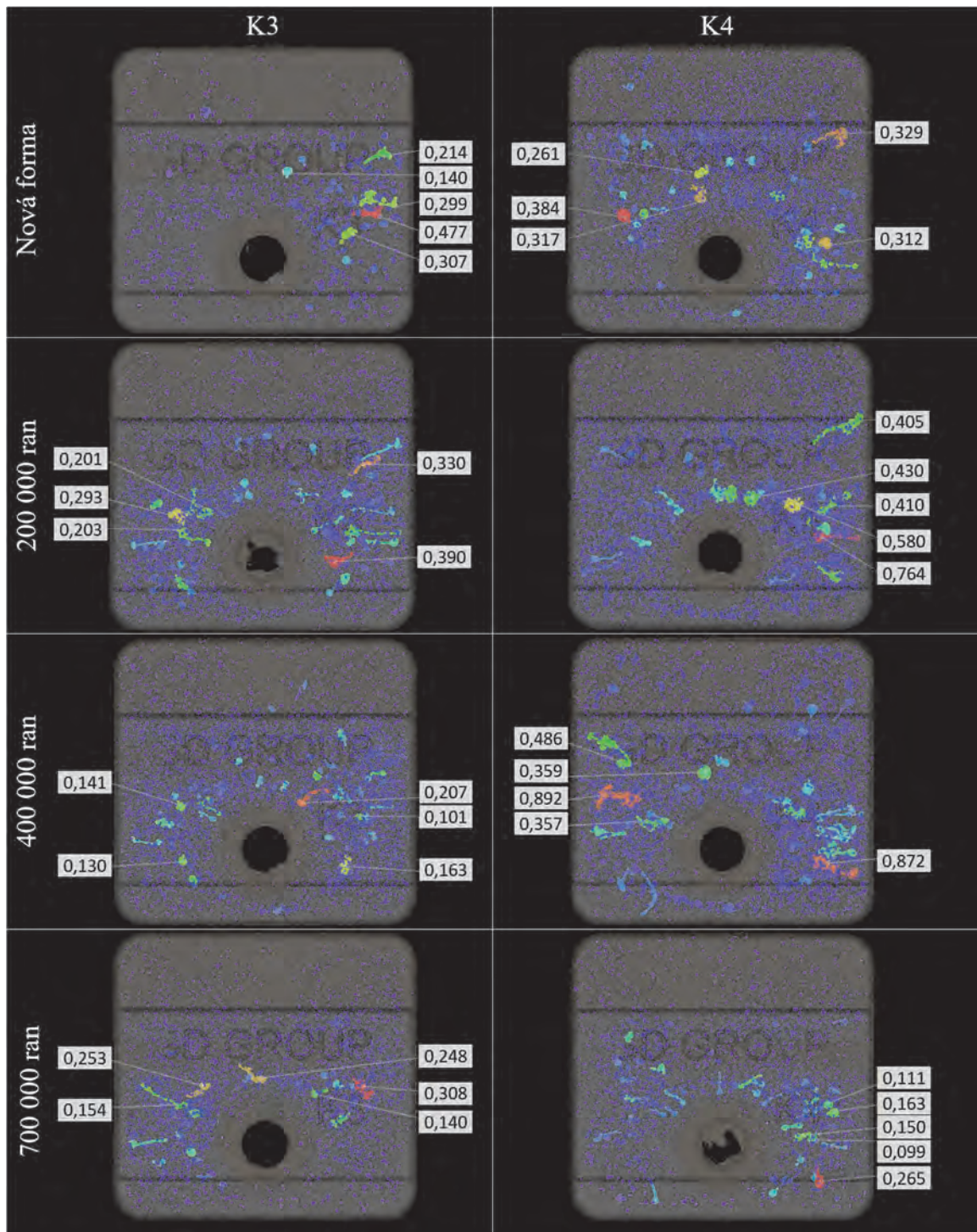
Vzorky byly analyzovány metodou výpočetní tomografie na přístroji Werth TomoScope XL, zobrazeném na obr. 2.

K vytvoření rekonstrukce rozložení dutin v odlitcích byl použit software WinWerth. Tento software umožňuje barevnou vizualizaci dutin v objemu odlitku v závislosti na jejich objemu. 3D modelem je také možno otáčet a pozorovat strukturu z různých úhlů či přidávat popisky s informacemi o jednotlivých dutinách. Každý odlitek byl takto analyzován a byl vytvořen jeho snímek pro studium rozložení dutin. Ze zjištěného celkového objemu odlitku

a součtu objemu dutin byl zjištěn podíl porozity v odlitku. Dále byl zaznamenán celkový počet dutin.

## Výsledky a diskuze

Celkem bylo pomocí výpočetní tomografie hodnoceno 48 odlitků. Pro představu o rozložení porozity jsou na obr. 3 zobrazeny vybrané odlitky K3 a K4 z nové formy a po 200 000, 400 000 a 700 000 ranách. Dále je uveden objem pěti největších dutin v mm<sup>3</sup> v každém odlitku.



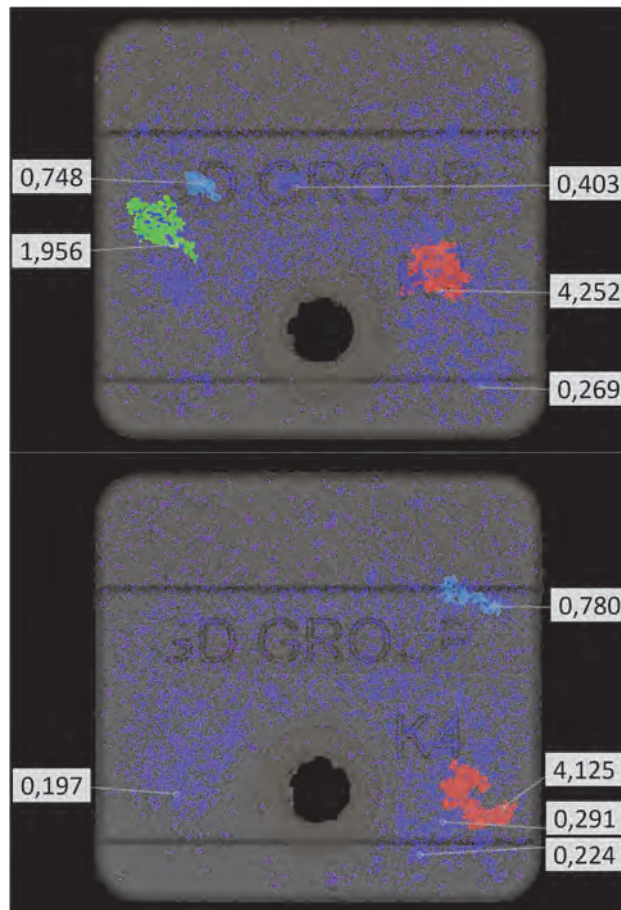
Obr. 3 CT snímky vybraných odlitků K3 a K4 z nové formy a po 200 000, 400 000 a 700 000 ranách (výrobních cyklech)  
Fig. 3 CT images of selected K3 and K4 castings from new mould and after 200,000, 400,000 and 700,000 shots (production cycles)

Ve všech odlitcích je přítomná jak mikroporozita, tak makroporozita. Mikroporozita je přítomná rovnoměrně v celém objemu odlitků (modrá barva). Větší dutiny jsou rozloženy převážně v okolí středového otvoru, kde je nejvyšší tloušťka stěny. Ve většině odlitků nepřesahuje objem největších dutin hodnoty  $0,5 \text{ mm}^3$ . Ovšem v některých odlitcích může docházet k zahlcení většího množství vzduchu a k výskytu větších dutin. V některých případech přesahuje objem největší dutiny  $4 \text{ mm}^3$ . Na obr. 4 jsou zobrazeny dva takové odlitky. Jedná se o odlitek K4 z formy po 100 000 ranách a odlitek K4 po 520 000 ranách.

Na obr. 5 je graf zobrazující počet dutin v odlitcích K3 a K4 v průběhu životnosti formy. Každý bod je průměrem ze tří analyzovaných odlitků.

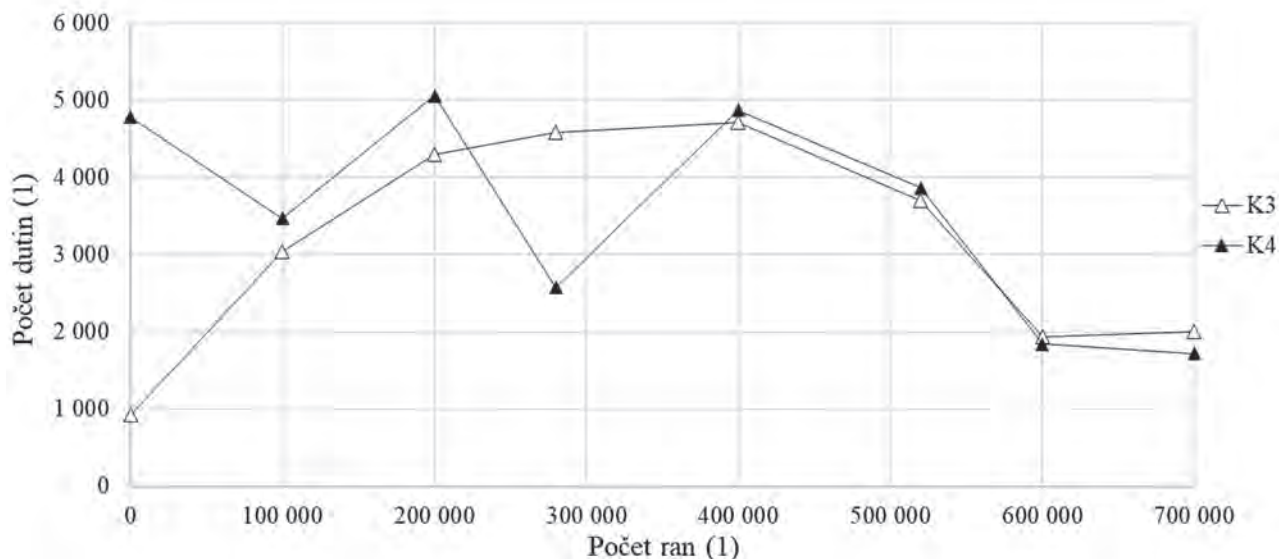
Počet dutin zjištěných v odlitcích K3 a K4 se až do 400 000 ran výrazněji lišil, poté došlo k vyrovnání. Odlitky K3 z nové formy obsahovaly průměrně 921 dutin. Po 100 000 a 200 000 ranách došlo k výraznému nárůstu na 3043, respektive 4295 dutin. Poté se nárůst zpomalil na 4579 dutin po 280 000 ranách a dosáhl maxima 4717 dutin po 400 000 ranách. Následoval pokles na 3700 dutin po 520 000 ranách a 1930 dutin po 600 000 ranách. Zde došlo k ustálení a po 700 000 ranách byl počet dutin 2000.

Odlitky K4 z nové formy obsahovaly oproti odlitkům K3 dutin mnohem více a to 4784. V průběhu životnosti formy docházelo k výrazným změnám, a to k poklesu na 3471 dutin po 100 000 ranách, nárůstu na maximum 5062 dutin po 200 000 ranách, výraznému poklesu na 2575 dutin po 280 000 ranách a konečně k nárůstu na 4875 dutin po 400 000 ranách, kde se již odlitky K3 a K4 vyrovnaly. Následoval obdobný pokles jako u odlitků K3, a to na 3863 dutin po 520 000 ranách, 1843 dutin po 600 000 ranách a mírný pokles na 1718 dutin po 700 000 ranách.



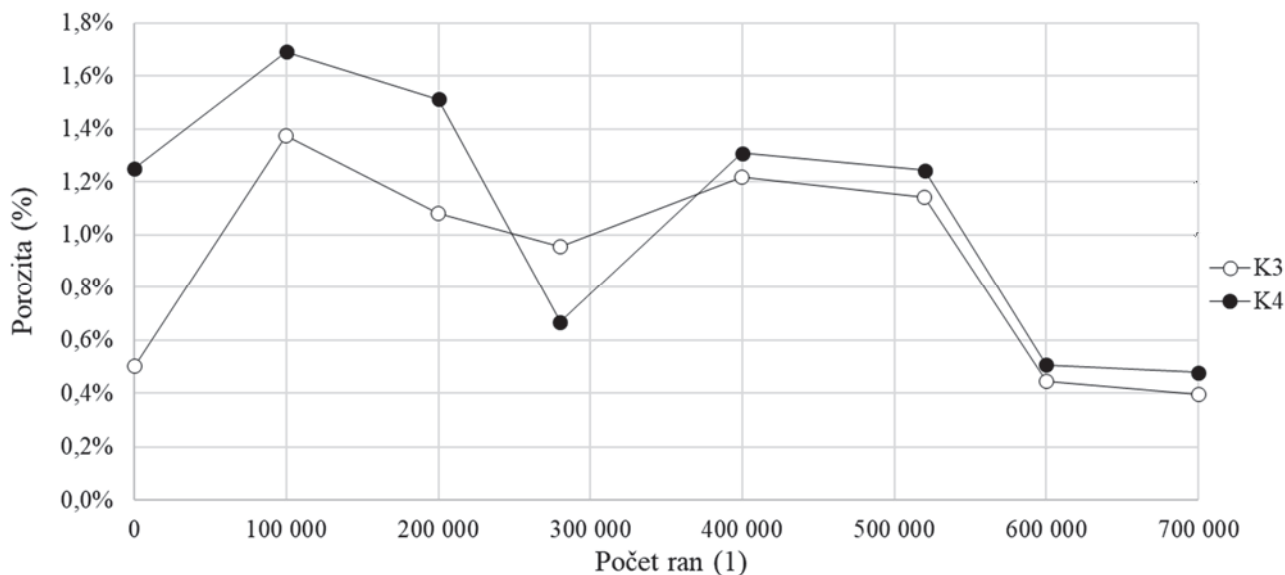
Obr. 4 Příklad výskytu velkých dutin, nahoře odlitek K4 z formy po 100 000 ranách, dole odlitek K4 z formy po 520 000 ranách

Fig. 4 Examples of bigger cavities. On top casting from mould after 100,000 shots, on bottom casting from mould after 520,000 shots



Obr. 5 Počet dutin zjištěný výpočetní tomografií v odlitcích K3 a K4 v průběhu životnosti formy

Fig. 5 Number of cavities detected by CT in castings K3 and K4 during mould lifetime



Obr. 6 Porozita zjištěná pomocí výpočetní tomografie v odlitcích K3 a K4 v průběhu životnosti formy  
Fig. 6 Porosity detected by CT in castings K3 and K4 during mould lifetime

Na obr. 6 je zobrazena vnitřní porozita odlitků v průběhu životnosti formy, vyjádřená jako podíl objemu dutin na celkovém objemu odlitku. Každý bod je opět průměrem ze tří analyzovaných odlitků.

Porozita zjištěná v odlitcích K3 a K4 se obdobně jako počet dutin chovala odlišně až do 400 000 ran, kdy došlo ke sjednocení trendů s tím, že porozita v odlitcích K3 byla mírně nižší. Porozita odlitků K3 z nové formy byla 0,50 %, po 100 000 ran došlo k nárůstu na nejvyšší porozitu 1,38 % následovanému poklesem na 1,08 % po 200 000 ranách a 0,96 % po 280 000 ranách. Po 400 000 ranách porozita vzrostla na 1,22 %. Po 520 000 ranách došlo k mírnému poklesu na 1,14 %. Po 600 000 ranách byl pokles výraznější a to na 0,44 %. Po 700 000 ranách došlo jen k mírné změně na 0,40 %.

Porozita odlitků K4 z nové formy byla 1,25 %. Po 100 000 ranách došlo k nárůstu na nejvyšší porozitu 1,69 %. Následoval pokles na 1,51 % po 200 000 ranách a výraznější pokles na 0,67 % po 280 000 ranách. Po 400 000 ranách došlo k nárůstu porozity na 1,31 % a vyrovnání trendů s odlitky K3. Obdobně došlo tedy k mírnému poklesu na 1,24 % po 520 000 ranách a výraznému poklesu na 0,51 % po 600 000 ranách následovanému jen mírnou změnou porozity na hodnotu 0,48 % po 700 000 ranách.

Z uvedených obrázků a grafů je patrné, že míra porozity a počet dutin vykazují v průběhu životnosti formy určité trendy společně pro odlitky K3 a K4. Ovšem velikost jednotlivých dutin se zdá být na opotřebením formy nezávislá, v odlitcích je vždy přítomno velké množství mikroporozity a v některých náhodných případech dochází k výskytu řádově větších dutin.

Tyto větší dutiny mohou být i příčinou rozdílu mezi počtem dutin a celkovou porozitou, který je patrný při srovnání jejich grafů na obr. 5 a obr. 6. Při výskytu jedné

velké dutiny v odlitku, tak jak je ilustrováno na obr. 4 dochází k nárůstu celkového objemu porozity, ovšem celkový počet dutin vzroste pouze o jednu, což je při celkovém počtu dutin v řádech tisíců neznatelné.

## Závěr

Výpočetní tomografií byl hodnocen výskyt porozity v zinkových odlitcích označených K3 a K4. Odlitky byly vyrobeny tlakovým litím ze zinkové slitiny ZP0410. Byly hodnoceny odlitky odebírané v průběhu životnosti formy až do opotřebením formy po 700 000 výrobních ranách (cyklech).

Hodnocením trojrozměrné rekonstrukce rozložení dutin v odlitku bylo zjištěno, že ve všech odlitcích se vyskytuje mikroporozita v jejich celém objemu. Větší dutiny se vyskytují v okolí středového otvoru, kde je nejvyšší tloušťka stěn.

Z pohledu množství dutin a porozity bylo zjištěno, že odlitky K3 a K4 se do 400 000 ran chovají odlišně. Počet dutin u odlitku K3 stabilně stoupá, u odlitku K4 dochází střídavě k poklesům a nárůstům. Po 400 000 ranách dochází k postupnému poklesu počtu dutin v obou odlitcích z hodnot okolo 4800 až na hodnoty pod 2000 při 700 000 ranách.

Porozita v odlitku K3 nejprve výrazně stoupá, poté mírně klesá a opět mírně stoupá. Porozita v odlitku K4 nejprve stoupá, poté výrazněji klesá a opět stoupá. Po opotřebením 400 000 ran dochází u obou odlitků obdobně jako u počtu dutin k postupnému poklesu z hodnot okolo 1,25 % až k hodnotám 0,4 % při 700 000 ran.

Bylo ukázáno, že výpočetní tomografie je robustní metodou pro komplexní hodnocení porozity v zinkových odlitcích. Další plánované práce zahrnují srovnání

výsledků výpočetní tomografie jednak s metalografickými řezy odlitků a dále s numerickými simulacemi výskytu porozity.

### Poděkování

Tato práce vznikla v rámci řešení projektu FW03010323: „Výzkum a vývoj tvarových forem z vytvrditelných ocelí pro lití zinkových slitin při aplikaci moderních technologií aditivní výroby, tepelného zpracování, povrchových úprav a numerických simulací“ v rámci programu TREND, financovaného Technologickou agenturou ČR.

### Literatura

- [1] ARMILLOTA, A., FASOLI, S. and GUARINONI, A. Cold flow defects in zinc die casting: prevention criteria using simulation and experimental investigations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 85 (2016), 605-622. DOI 10.1007/s00170-015-7959-4.
- [2] WANG, L., TURNLEY, P. and SAVAGE, G. Gas content in high pressure die castings. *Journal of Materials Processing Technology*. 211 (2011), 9, 1510-1515. DOI 10.1016/j.jmatprotec.2011.03.024.
- [3] BONOLLO, F., GRAMEGNA, N. and TIMELLI, G. High-Pressure Die-Casting: Contradictions and Challenges. *JOM*. 67 (2015), 5, 901-908. DOI 10.1007/s11837-015-1333-8.
- [4] KONG, L.X., SHE, F.H., GAO, W.M., NAHAVANDI, S. and HODGSON, P.D. Integrated optimization system for high pressure die casting processes. *Journal of Materials Processing Technology*. 201 (2008), 629-634. DOI 10.1016/j.jmatprotec.2007.11.250.
- [5] JIA, Z.X., LI, J.Q., LIU, L.J. and ZHOU, H. Performance enhancements of high-pressure die-casting die processed by biomimetic laser-remelting process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 58 (2012), 421-429. DOI 10.1007/s00170-011-3420-5.
- [6] JI, S., WATSON, D. and FAN, Z. X-Ray Computed Tomographic Investigation of High Pressure Die Castings. In *Light Metals 2017*. Trondheim: The Minerals, Metals & Materials Society, 2017, 861-866. DOI 10.1007/978-3-319-51541-0\_104.
- [7] CAO, L., LIAO, D., SUN, F., CHEN, T., TENG, Z. and TANG, Y. Prediction of Air Entrapment Defect During Zinc Alloy High Pressure Die Casting Based on Gas-Liquid Multiphase Flow Model. In *Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design*. Albufeira: INEGI/FEUP, 2017, 167-180.
- [8] LEE, S.G., GOKHALE, A.M., PATEL, G.R. and EVANS, M. Effect of process parameters on porosity distributions in high-pressure die-cast AM50 Mg-alloy. *Materials Science and Engineering: A*. 427 (2006), 99-111. DOI 10.1016/j.msea.2006.04.082.
- [9] OTÁHAL, V. *Vady odlitků Atlas Vad Železné a neželezné slitiny*. Brno: Technicko-ekonomické poradenství. 2008.
- [10] BLONDHEIM, D. and MONROE, A. Macro Porosity Formation: A Study in High Pressure Die Casting. *International Journal of Metalcasting*. 16 (2021), 1, 330-341. DOI 10.1007/s40962-021-00602-x.
- [11] NICOLETTO, G., ANZELOTTI, G. and KONEČNÁ, R. X-ray computed tomography vs. metallography for pore sizing and fatigue of cast Al-alloys. *Procedia Engineering*. 2 (2010), 1, 547-554. DOI 10.1016/j.proeng.2010.03.059.
- [12] NICOLETTO, G., KONEČNÁ, R. and FINTOVA, S. Characterization of microshrinkage casting defects of Al-Si alloys by X-ray computed tomography and metallography. *International Journal of Fatigue*. 41 (2012), 39-46. DOI 10.1016/j.ijfatigue.2012.01.006.
- [13] VOORT, G.F.V. *ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructures*. Materials Park: ASM International, 2004.
- [14] GASPAR, S., MAJERNIK, J., TUPAJ, M. and PODARIL, M. Comparison of Porosity of Casts Produced by HPDC and VPDC Technologies. *MM Science Journal*. March 2022, pp. 5566-5570. DOI 10.17973/MMSJ.2022\_03\_2022005.
- [15] PINTA, M., SOCHA, L., GRZYC, K., SVIŽELOVÁ, J. and KOZA, K. Quality Assessment of Aluminium Castings Using Computed Tomography. *Engineering Proceedings*. 64 (2024), 1. DOI <https://doi.org/10.3390/engproc2024064006>.

## OKD uzavírá rok 2024 se ziskem a vstupuje do posledního roku těžby

Těžební společnost OKD vytěžila v roce 2024 ze dvou lokalit Dolu ČSM 1 202 000 tun uhlí a vyrazila v nich 7223 metrů chodeb. Rok uzavře s kladným hospodářským výsledkem, nad plánem EBITDA ve výši 404 milionů korun. Letošní rok je posledním rokem těžby uhlí v ostravsko-karvinském revíru. V plánu je připravit 2810 metrů chodeb a vydobýt 1 145 000 tun uhlí. Těžba bude ukončena po vytěžení posledních porubů v prvním čtvrtletí 2026. Poté bude následovat technická likvidace dolu, která potrvá přibližně tři roky. Veškeré náklady související s ukončením těžby bude společnost hradit z vlastních prostředků. Po ukončení hornické činnosti plánuje další podnikání.

„Ve světle složité tržní situace v Evropě, kdy se uhlí jako nosič energie k výrobě elektřiny a tepla prosazuje stále hůře a je postupně nahrazováno plynem či energií z obnovitelných zdrojů, je zisk v řádu stovek milionů korun nepochybně velmi dobrý výsledek,“ uvedl Roman Sikora, generální ředitel a předseda představenstva OKD. Přesnou výši zisku zveřejní společnost poté, co výsledky potvrdí audit.

Letos plánuje OKD vyrazit 2,8 kilometru chodeb a vytěžit z nich 1,145 milionu tun uhlí. Těžba bude probíhat postupně v 6 porubech.

„Očekáváme, že přípravy porubů budou dokončeny v červnu, vybaveny technologiemi budou do konce srpna a poté již bude na obou lokalitách Dolu ČSM probíhat pouze těžba. Poslední poruby dotěžíme v lednu či únoru 2026. Následně zahájíme technickou likvidaci dolu,“ doplnil David Hájek, ředitel provozu OKD.

Na technickou likvidaci a dohodnutý sociální program vynaloží společnost OKD 4,7 miliardy korun. Po ukončení hornické činnosti chce dále podnikat v oblasti výroby uhelných směsí a zelené energie. Plán podnikání musí ještě potvrdit jediný akcionář, společnost PRISKO, a Ministerstvo financí.

– z tiskové zprávy –

## Využití konvertorové strusky a odpadních slévárenských písků jako náhrady přírodního kameniva ve vysokopevnostním betonu

### Utilization of converter slag and waste foundry sands as a substitute for natural aggregate in high-strength concrete

Ing. Piotr Zubek<sup>1,2</sup>; prof. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.<sup>2</sup>; Ing. Jiří Šafrata, Ph.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Trinec, Česká republika

<sup>2</sup> VŠB – TUO, Hornicko-geologická fakulta, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

<sup>3</sup> BETOTECH, s.r.o., Místecká 1121, 703 83 Ostrava – Vítkovice, Česká republika

*Tento článek se zabývá využitím vedlejších produktů z Trineckých železáren, konkrétně ocelářské strusky a odpadních slévárenských písků (OSP), jako náhrady přírodního kameniva při výrobě vysokopevnostních betonů. Cílem výzkumu bylo navrhnout a ověřit dvě směsi betonu, z nichž v první (Směs 1) bylo 100 % přírodního kameniva nahrazeno ocelářskou struskou a v druhé (Směs 2) bylo veškeré přírodní kamenivo nahrazeno kombinací ocelářské strusky s OSP ve stejném objemovém poměru. Výsledky ukázaly, že Směs 1 dosáhla pevnostní třídy C 70/85 a byla klasifikována jako vysokopevnostní beton. Směs 2, i přes snahu optimalizovat její složení, dosáhla pouze pevnostní třídy C 35/40, což není dostatečné pro zařazení mezi vysokopevnostní betony.*

*Během výzkumu bylo zjištěno, že přítomnost OSP v betonu vedla k nežádoucím reakcím způsobeným obsahem hliníku v OSP. Tyto reakce měly za následek expanzi směsi a vznik mikrotřelin v raných stádiích tuhnutí betonu. Tento efekt byl potvrzen během smršťovacích zkoušek. Zkoušky mrazuvzdornosti prokázaly, že ani jedna ze směrů nedosáhla minimálních požadavků pro mrazuvzdornost, což ukazuje na potřebu další optimalizace. Výsledky zkoušek poukazují na potenciální možnost využití průmyslových odpadů ve stavebnictví a na potřebu dalších kroků ke zvýšení udržitelnosti a odolnosti betonu.*

**Klíčová slova:** vedlejší produkty, ocelářská struska, odpadní slévárenské písky, vysokopevnostní beton, průmyslové odpady, udržitelnost

*This paper explores the utilization of by-products from Trinecké železářny, specifically converter slag and waste foundry sands (WFS), as a substitute for natural aggregates in high-strength concrete mixtures. The research aimed to design and verify two concrete mixtures: the first (Mixture 1) used 100% basic oxygen furnace slag as a natural aggregate replacement, while the second (Mixture 2) combined basic oxygen slag and WFS in equal proportions. The results demonstrated that Mixture 1 achieved strength class C 70/85 and could be classified as high-strength concrete. In contrast, Mixture 2, despite optimization efforts, only reached strength class C 35/40, which is insufficient for high-strength classification.*

*The study found that the presence of WFS in the concrete mixture led to undesirable reactions due to its aluminum content, resulting in expansion and micro-cracking during the early curing phase. This effect was confirmed through shrinkage tests. Frost resistance tests indicated that neither mixture met the minimum requirements for frost resistance, highlighting the need for further optimization. A potential solution could involve the use of shrinkage-reducing admixtures, though their effectiveness would require experimental validation. The findings of this study underscore the potential for using industrial waste in construction and the need for further measures to enhance the sustainability and durability of concrete mixtures.*

**Key words:** by-products, steel slag, waste foundry sands, high-strength concrete, industrial waste, sustainability

## Úvod

Využití konvertorové strusky jako částečné i plné náhrady přírodního kameniva v betonu je v rámci výzkumu a vývoje v Trineckých železárnách a. s. již úspěšně ověřeno. Přínosem uplatnění strusek jako kameniva není pouze šetření přírodních zdrojů kameniva a snížení nákladů na výrobu betonu, ale také solidifikace vedlejšího produktu

z výroby oceli, který často nespňuje kritéria pro využívání odpadů k zasypávání dle Tabulky č. 5.2 ve Vyhlášce č. 273/2021 Sb.

Dceřiná společnost Trineckých železáren, a. s. – Slévárny Trinec, a. s. je producentem odpadních slévárenských písků (OSP), pro které hledá uplatnění.

Spotřeba slévárenských písků v ČR činí přibližně 800 000 tun ročně. Recyklováno je pouze necelých 10 %. V praxi

se lze setkat s využitím OSP do směsí s vodním sklem, bentonitových směsí, cementových směsí. Ve světě je také časté použití k překryvání a neutralizaci materiálů na skládkách komunálních odpadů, k produkci cementu, jako plnivo v asfaltových směsích a jako ostřivo v cihlářském průmyslu.[1] Odpadní písky se dále využívají jako přísada do půdy nebo v tzv. bezpůdných substrátech pro pěstování rostlin. Agentura pro ochranu životního prostředí ve Spojených státech amerických podporuje jejich využití v zemědělství, protože bylo prokázáno nízké environmentální riziko a zlepšení fyzikálních vlastností půdy. [2] OSP mohou obsahovat kontaminanty jako těžké kovy či fenoly, proto je důležité před jejich využitím provést vhodné testy kvality, aby bylo zajištěno, že splňují ekologické a zdravotní normy.[3] Podmínkou pro jednotlivá uplatnění odpadních slévárenských písků je dané aplikaci vyhovující chemické složení a stabilní kvalita.

Na základě možnosti využití zkušeností získaných výzkumem a vývojem v Třineckých železárnách, a. s. v oblasti náhrady přírodního kameniva vedlejšími produkty z metalurgických procesů bylo navrženo ověřit možnost přidávku odpadních slévárenských písků do betonových směsí. Vzhledem k jemné granulometrii slévárenských písků bylo navrženo vytvořit recepturu betonu s vysokým obsahem

cementu, který bude možno klasifikovat jako vysokopevnostní beton. Přínosem velmi jemné frakce písků v maltách a betonech je plnění funkce mikrokameniva (zrna velikosti max. 125  $\mu\text{m}$ ), které se podílí na tvorbě cementového tmelu, což zvyšuje nepropustnost pro vodu a odolnost vůči chemické korozi.

### Stanovení vlastností použitých druhotných surovin

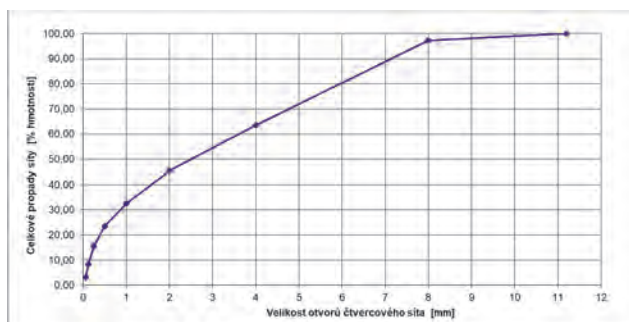
Pro experimentální výzkum byla použita konvertorová ocelárenská struska (LKS) fr. 0/8 mm a odpadní slévárenský písek (OSP) fr. 0/4 mm ze společnosti Třinecké železářny, a.s. U vzorku LKS a OSP byly provedeny testy stanovení zrnitosti dle ČSN EN 933-1 a stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti dle ČSN EN 1097-6. Stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti bylo provedeno pyknometrickou metodou, výsledky jsou obsahem tab. 1.

Dále byla provedena zrnitostní analýza OSP fr. 0/4 mm a LKS fr. 0/8 mm. Výsledky této analýzy jsou vyjádřeny pomocí křivky zrnitosti obou použitých druhotných surovin z TŽ, a. s. na obr. 1 a 2.

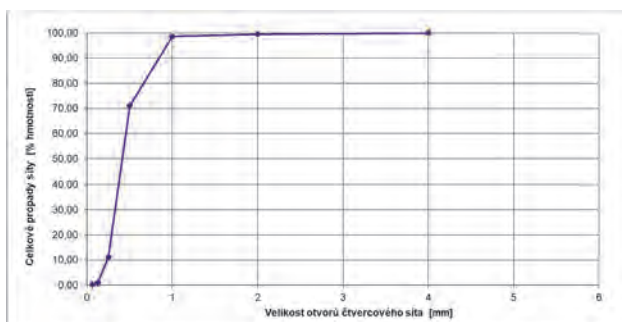
Tab. 1 Objemová hmotnost a nasákavost LKS fr. 0/8 mm a OSP fr. 0/4 mm

Tab. 1 Bulk density and water absorption of basic oxygen furnace slag fraction 0/8 mm and OSP fraction 0/4 mm

Parametr		LKS fr. 0/8 mm	OSP fr. 0/4 mm
$\rho_a$	zdánlivá objemová hmotnost zrn	3,720	2,852
$\rho_{rd}$	objemová hmotnost zrn po vysušení v sušárně	3,298	2,788
$\rho_{ssd}$	objemová hmotnost zrn vodou nasycených a povrchově osušených	3,411	2,810
WA <sub>24</sub>	nasákavost	3,44	0,80
$\rho_p$	objemová hmotnost zrn kameniva předem vysušeného	3,67	2,839



Obr. 1 Křivka zrnitosti ocelárenské strusky (LKS) fr. 0/8 mm  
Fig. 1 Grain size distribution curve of basic oxygen furnace slag fraction 0/8 mm



Obr. 2 Křivka zrnitosti odpadního slévárenského písku (OSP) fr. 0/4 mm  
Fig. 2 Grain size distribution curve of basic oxygen furnace slag fraction 0/4

### Návrh receptury betonové směsi

Použití OSP v betonu může za určitých okolností vést k riziku alkalicko-křemičité reakce (AKR), která způsobuje tzv. alkalicko-křemičité rozpínání. Tato reakce nastává, když alkalické hydroxidy z cementu reagují s reaktivními formami oxidu křemičitého, přítomnými v některých pískách, což vede ke vzniku expanzivního gelu. Tento gel může absorpcí vody způsobovat praskliny

a narušení struktury betonu. Mezi faktory ovlivňující riziko AKR u slévárenských písků patří zejména obsah oxidu křemičitého a dalších chemických sloučenin. Vysoký podíl oxidu křemičitého je spojen se zvýšeným rizikem výskytu jeho reaktivních forem jako opál nebo tridymit, které jsou reaktantem v AKR, což přímo ohrožuje integritu betonu. [3-5] Další problematickou složkou jsou alkalické oxidy ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) v cementu, kdy cement s vyšším obsahem alkálií má větší tendenci k iniciaci AKR. Vliv na průběh

a rychlost AKR má také přítomnost vlhkosti, teplota prostředí, propustnost betonu a další.[6] Pro minimalizaci rizika pozdního narušení integrity betonu AKR byla do navržených receptur přidána mikrosilika (křemičitý prach). Použití mikrosiliky je účinnou metodou k prevenci AKR v betonu. Mikrosilika funguje jako pucolán, což znamená, že reaguje s hydroxidem vápenatým v betonové směsi, čímž vytváří stabilní kalcium-silikát-hydrát (C-S-H). Mikrosilika zabraňuje AKR v betonu snížením pH, které zabrání rozpouštění reaktivních křemičitanových složek písků, zvýšením hustoty a podporou tvorby C-S-H gelů, které blokují reaktivní složky a zabraňují tvorbě expanzivního gelu.[7]

Návrh receptury směsi vysokopevnostního betonu na bázi ocelářenské strusky a OSP byl zároveň proveden se zámě-

rem dosažení dostatečných pevností tvrdého betonu umožňujících jeho klasifikaci jako vysokopevnostní beton, tj. dosažení min. pevnostní třídy betonu C50/60. Pro návrh receptur vysokopevnostního betonu s min. pevnostní třídou C50/60 a 100% náhradou přírodního kameniva vedlejšími produkty (druhotnými surovinami) z Trineckých železáren, a.s. byla jako pojivo využita jemně mletá vysokopevnostní granulovaná struska Kotouč Štramberk a portlandský struskový cement CEM II/A-S 42,5R. Jako superplastifikační přísada byl zvolen produkt MasterEase 1030 a pro modifikaci viskozity betonu byl použit RheoMATRIX 100. Pro možnost určení vlivu OSP v receptuře betonové směsi byly navrženy 2 receptury – receptura vysokopevnostního betonu s OSP (tab. 3) a porovnávací receptura vysokopevnostního betonu bez OSP (tab. 2).

Tab. 2 Receptura Směsi 1 – porovnávací receptura HSC na bázi LKS fr. 0/8 mm

Tab. 2 Mix design of Mixture 1 – comparative HSC mix based on basic oxygen furnace slag fraction 0/8 mm

Složky	Dávka v kg na 1 m <sup>3</sup>
Portlandský struskový cement CEM II/A-S 42,5R	505
Jemně mletá vysokopevnostní struska Kotouč Štramberk	202
Křemičitý úlet – mikrosilika	30
Ocelářská struska (LKS) fr. 0/8 mm TŽ, a.s.	1924
Odpadní slévárenský písek (OSP) fr. 0/4 mm TŽ, a.s.	-
Superplastifikátor – MasterEase 1030	14,14
Přísada modifikující viskozitu betonu – RheoMATRIX 100	0,13
Voda	205

Tab. 3 Receptura Směsi 2 – receptura HSC na bázi LKS fr. 0/8 mm a OSP fr. 0/4 mm

Tab. 3 Mix design of Mixture 2 – HSC mix based on basic oxygen furnace slag fraction 0/8 mm and WFS fraction 0/4 mm

Složky	Dávka v kg na 1 m <sup>3</sup>
Portlandský struskový cement CEM II/A-S 42,5R	482
Jemně mletá vysokopevnostní struska Kotouč Štramberk	193
Křemičitý úlet – mikrosilika	29
Ocelářská struska (LKS) fr. 0/8 mm TŽ, a.s.	992
Odpadní slévárenský písek (OSP) fr. 0/4 mm TŽ, a.s.	768
Superplastifikátor – MasterEase 1030	17,13
Voda	203

## Výroba zkušebních těles

Za účelem zjištění vlastností zatvrdlého vysokopevnostního betonu dle navržených receptur Směsí 1 a 2 (viz tab. 2 a 3) byla vyrobena zkušební tělesa pro zkoušky betonu. Celkem bylo zamícháno 240 dm<sup>3</sup> betonové směsi a vyrobeno 94 ks zkušebních těles. Z toho 36 ks krychlí o hraně 100 mm, 24 ks válců průměru 100 mm a výšky 200 mm, 30 ks hranolů rozměrů 100×100×400 mm a 4 žlaby pro stanovení smrštění.

Do míchacího bubnu bylo nadávkováno plnivo a mikrosilika a byla přidána polovina záměsové vody. Doba promíchání uvedených složek činila 120 s. Následovalo přidání požadovaného množství cementu a jemně mleté vysokopevnostní strusky a druhá polovina vody. Doba míchání činila

120 s. Dále byly přidány přísady v požadovaném množství a betonová směs byla míchána po dobu 300 s. Celková doba přípravy jedné záměsi činila 540 s.

Formy zkušebních těles byly plněny ve dvou vrstvách, přičemž jedna vrstva byla hutněna po dobu 8 s na vibračním stolku. Celková doba hutnění čerstvého betonu činila 16 s. Po zhutnění vrchní vrstvy byl přebytečný beton odstraněn zednickou lžící a povrch zahrazen hladítkem do vodorovna s povrchem formy. Upravený povrch zkušebních těles byl chráněn folií, aby bylo zabráněno odpařování vody z čerstvého betonu a nedošlo k nenarušení procesu hydratace cementu. Odbednění zkušebních těles bylo provedeno vždy druhý den a zkušební tělesa byla následně uložena do vodní lázně o teplotě 20 °C.

## Zkoušky čerstvého betonu

### Stanovení konzistence

Stanovení konzistence čerstvé betonové směsi, bylo provedeno zkouškou sednutí kužele dle ČSN EN 12350-2. Zkouška sednutí kužele byla provedena ihned po zamíchání betonové směsi. Výsledky jsou zpracovány v tab. 4.

Tab. 4 Naměřené hodnoty zkoušky sednutí kužele pro Směs 1 a 2  
Tab. 4 Measured slump test values for Mixture 1 and 2

Receptura	Sednutí kužele ihned po zamíchání [mm]	Stupeň sednutí
Směs 1	280	S5
Směs 2	180	S4

Hodnota sednutí kužele pro Směs 1 (LKS) odpovídá stupni sednutí S5, tj. velmi tekuté směsi. Hodnota sednutí kužele pro Směs 2 (LKS + OSP) odpovídá stupni sednutí S4, tj. směsi tekuté.

### Stanovení objemové hmotnosti a obsahu vzduchu v čerstvém betonu

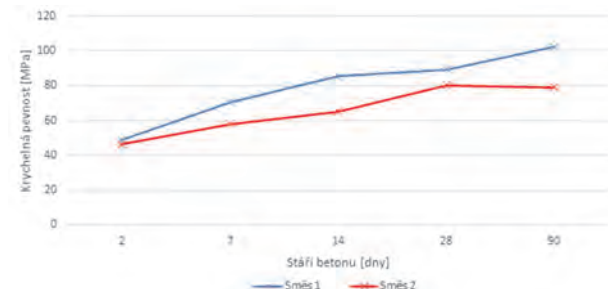
Zkouška objemové hmotnosti čerstvého betonu a obsahu vzduchu v čerstvém betonu byly provedeny podle ČSN EN 12350. Výsledky jsou prezentovány v tab. 5.

Tab. 5 Objemová hmotnost a obsah vzduchu v čerstvém betonu  
Fig. 5 Bulk density and air content in fresh concrete

Receptura	Objemová hmotnost [kg·m <sup>-3</sup> ]	Obsah vzduchu [%]
Směs 1	2760	1,7
Směs 2	2590	2,0

### Krychelná, hranolová a válcová pevnost zatvrdlého betonu

Krychelná pevnost zatvrdlého vysokopevnostního betonu byla testována po 2, 7, 14, 28 a 90 dnech, vždy na 1 sadě zkušebních těles (1 sada byla tvořena 3 zkušebními tělesy). Hranolová a válcová pevnost byla testována pouze po 28 a 90 dnech, rovněž na 1 sadě 3 zkušebních těles. Před vlastní zkouškou byly vždy zjištěny rozměry zkušebního tělesa, jeho hmotnost a vypočítaná objemová hmotnost. Naměřené hodnoty krychelných pevností jsou prezentovány na obr. 3, hodnoty hranolových a válcových pevností naměřené po 28 a 90 dnech tvrdnutí betonu jsou obsahem tab. 6.



Obr. 3 Krychelné pevnosti zkušebních těles betonu  
Fig. 3 Cube compressive strength of concrete test specimens

Z grafického vyjádření krychelné pevnosti vysokopevnostního betonu na bázi vedlejších produktů z Třineckých železáren, a.s. je patrné, že Směs 2 (na bázi LKS a OSP) dosahuje nižších hodnot v porovnání se Směsí 1 (na bázi LKS). Byl pozorován velmi vysoký nárůst počátečních pevností, kdy po 2 dnech byly hodnoty krychelné pevnosti betonů vyrobených podle navržených receptur téměř vyrovnané. Výrazný rozdíl v krychelných pevnostech byl patrný po 7 dnech stáří betonu, kdy rozdíl mezi hodnotami krychelné pevnosti testovaných směsí činil 12,7 MPa (cca 18 %). Po 28 dnech dosáhla krychelná pevnost navržené směsi s OSP 80,3 MPa, což je o 9,1 MPa (cca 10 %) horší výsledek ve srovnání s referenční směsí bez OSP. Největší rozdíl v pevnostech srovnávaných betonů byl stanoven po 90 dnech, kdy je patrný výrazný nárůst krychlené pevnosti Směsi 1 zatímco u Směsi 2 s obsahem OSP již k dalšímu nárůstu nedošlo. Po 90 dnech tvrdnutí betonu byla pevnost bez OSP o 22 % vyšší

Tab. 6 Hranolové a válcové pevnosti zkušebních těles betonu  
Tab. 6 Prism and cylindrical strengths of concrete test specimens

Receptura	Hranolová pevnost [MPa]		Válcová pevnost [MPa]	
	po 28 dnech	po 90 dnech	po 28 dnech	po 90 dnech
Směs 1	75,0	75,0	88,4	99,1
Směs 2	67,4	70,8	41,2	45,8

Z naměřených hodnot krychlených, hranolových a válcových pevností je možno stanovit poměr  $f_{c, prism} / f_{c, cube}$  a poměr  $f_{c, cylinder} / f_{c, cube}$ . Výsledky jsou prezentovány v tab. 7.

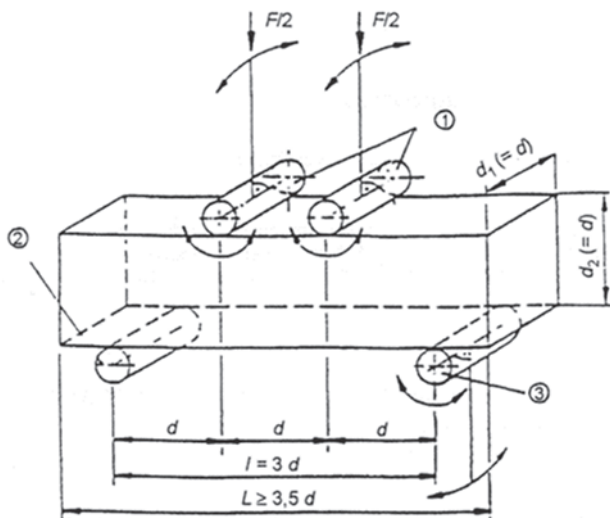
Tab. 7 Hodnoty poměrů pevností po 28 a 90 dnech  
Tab. 7 Prismatic and cylindrical strengths of concrete test specimens

Receptura	Poměr $f_{c, prism} / f_{c, cube}$		Poměr $f_{c, cylinder} / f_{c, cube}$	
	po 28 dnech	po 90 dnech	po 28 dnech	po 90 dnech
Směs 1	0,84	0,73	0,99	0,97
Směs 2	0,84	0,89	0,51	0,59

Z tab. 7 je patrné, že hodnota poměru  $f_{c, prism} / f_{c, cube}$  po 28 dnech je stejná pro Směs 1 a 2. Po 90 dnech je patrné snížení tohoto poměru u Směsi 1. Toto snížení je dáno vyšší hodnotou krychlené pevnosti po 90 dnech. Z tab. 7 je dále zřetelné, že hodnota poměru  $f_{c, cylinder} / f_{c, cube}$  po 28 a 90 dnech je téměř totožná pro Směs 1 a 2. Při porovnání hodnot poměru  $f_{c, cylinder} / f_{c, cube}$  mezi Směsí 1 a 2 je již patrný výrazný rozdíl. Tento rozdíl je způsoben nízkou hodnotou válcové pevnosti Směsi 2 po 28 a 90 dnech. Výrazné snížení hodnoty válcové pevnosti u Směsi 2 je způsobeno přidávkou OSP. OSP způsobuje expanzi betonu v čerstvém stavu spojenou se vznikem podélných trhlin ve struktuře betonu. Tyto trhliny vznikající během tuhnutí čerstvého betonu způsobují výrazný pokles zejména válcové pevnosti po 28 a 90 dnech.

## Pevnost v tahu za ohybu

Zkouška pevnosti betonu v tahu za ohybu byla provedena v souladu s ČSN EN 12390-5. Pevnost v tahu za ohybu byla stanovena po 28 a 90 dnech stáří betonu, vždy na 1 sadě zkušebních těles vyrobených dle navržených receptur. Jako zkušební tělesa byly použity hranoly o rozměru 100×100×400 mm. Za účelem realizace zkoušky bylo vyrobeno 6 ks hranolů. Před vlastní zkouškou byly zjištěny rozměry tělesa, jeho hmotnost a objemová hmotnost. Schéma zatížení zkušebních hranolů při zkoušce pevnosti v tahu za ohybu je uvedeno na obr. 4.



Obr. 4 Uspořádání zatěžování zkušebního tělesa dvěma břemeny  
Fig. 4 Loading arrangement of the test specimen with two loads

Výsledky zkoušek pevnosti v tahu za ohybu vysokopevnostního betonu jsou prezentovány v tab. 8.

Tab. 8 Pevnosti v tahu za ohybu zkušebních těles betonu  
Tab. 8 Flexural tensile strengths of concrete test specimens

Receptura	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	
	po 28 dnech	po 90 dnech
Směs 1	9,4	9,9
Směs 2	8,1	8,6

Tab. 9 Výsledky zkoušky mrazuvzdornosti zkušebních betonových trámčů  
Tab. 9 Frost resistance test results of concrete beam specimens

Receptura	Typ trámčů	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Součinitel mrazuvzdornosti	Pevnost v tlaku na koncích trámčů [MPa]
Směs 1	komparační	9,4	0,638	84,2
	zmrazované	6,0		89,3
Směs 2	komparační	8,1	0,679	69,3
	zmrazované	5,5		69,7

Z uvedených výsledků součinitele mrazuvzdornosti je evidentní, že vysokopevnostní beton na bázi ocelářské strusky (Směs 1) a na bázi ocelářské strusky a OSP (Směs 2) není mrazuvzdorný pro 100 zmrazovacích cyklů, jelikož hodnota součinitele mrazuvzdornosti nedosahuje v ČSN 73 1322 uvedené limitní hodnoty 0,75. Vyšší

Z výsledků zkoušek je patrné, že pevnost v tahu za ohybu po 28 dnech referenční směsi bez OSP je ve srovnání se směsí s OSP o 1,3 MPa (cca 14 %) vyšší. Stejný rozdíl pevností mezi směsmi byl zachován i po 90 dnech tvrdnutí betonu. Srovnáním hodnot válcových pevností v intervalu 28 a 90 dnů lze u Směsi 1 pozorovat patrný nárůst pevnosti v tahu za ohybu o 0,5 MPa (cca 5 %). U Směsi 2 je také patrný nárůst pevnosti v intervalu 28 a 90 dnů o 0,5 MPa (cca 6 %).

## Mrazuvzdornost navržených betonů

Stanovení mrazuvzdornosti vysokopevnostního betonu připraveného na bázi ocelářské strusky (Směs 1) a ocelářské strusky v kombinaci s OSP (Směs 2) bylo provedeno v souladu s ČSN 73 1322 po 28 dnech stáří zkušebních těles. Pro realizaci této zkoušky byly vyrobeny 2 sady zkušebních hranolů o rozměru 100×100×400 mm od každé směsi. Sady vyrobených zkušebních těles pro zkoušku mrazuvzdornosti po 28 dnech byly uloženy po dobu 25 dnů ve vlhkém prostředí a 3 dny ve vodě. Jedna sada vždy sloužila jako komparační a nepodléhala zmrazovacím cyklům. Druhá sada byla zatížená 100 zmrazovacích cyklů. Zmrazování a rozmrazování zkušebních těles se konalo ve zmrazovacích cyklech, při kterých byla teplota mrazicího prostředí v rozmezí -15 °C až 20 °C. Jeden zmrazovací cyklus se skládal ze 4 hodin zmrazování a dvou hodin rozmrazování. Při zmrazování se zkušební tělesa ukládala do prostoru, který měl předem požadovanou teplotu, při rozmrazování byla zkušební tělesa ukládána do vody o teplotě 20 °C. Zkušební hranoly byly před prvním vložením do mrazicího prostoru vytaženy z vody, povrchově osušeny, zváženy a hodnoty byly zapsány. Dále byly podrobeny 100 zmrazovacím cyklům.

V tab. 9 jsou prezentovány výsledky zkoušky mrazuvzdornosti. V případě referenční směsi bez OSP je patrný pokles pevnosti v tahu za ohybu po zmrazování o 3,7 MPa (cca 36 %), v případě směsi s OSP je pak pokles pevnosti v tahu za ohybu po zmrazování roven hodnotě 2,6 MPa (cca 32 %). Součinitel mrazuvzdornosti, který byl vypočítán, jako poměr hodnoty aritmetického průměru pevnosti zmrazovaných trámčů v tahu za ohybu k hodnotě aritmetického průměru pevnosti porovnávacích trámčů v tahu za ohybu dosahuje hodnoty 64 % pro referenční Směs 1 a 68 % pro Směs 2 obsahující OSP.

hodnota součinitele mrazuvzdornosti směsi s přidavkem OSP je pravděpodobně dána jejich jemnou granulometrií, kdy fungují jako tzv. mikro kamenivo (zrna do 125 μm) a zvyšují tak nepropustnost pro vodu, potažmo mrazuvzdornost a odolnost vůči chemické korozi.

### Stanovení smrštění betonu

Stanovení smrštění betonu bylo provedeno korýtkovou metodou pro Směs 1 a 2, kdy pro výrobu zkušebních těles byly použity 2 ks žlabu rozměrů 100×60×1000 mm od firmy Schleibinger. Zkušební tělesa pro zkoušku smrštění

byla uložena po dobu 8 dnů ve vlhkém prostředí a od 8 dne do 98 dnů v laboratorním prostředí při teplotě 21,0 °C. Parametry vzorků betonu vyrobeného dle receptur Směsi 1 a 2 pro zkoušku smrštění betonu jsou prezentovány v tab. 10. Hodnoty smrštění betonu vyrobeného dle receptur Směsi 1 a Směsi 2 jsou zpracovány v tab. 11.

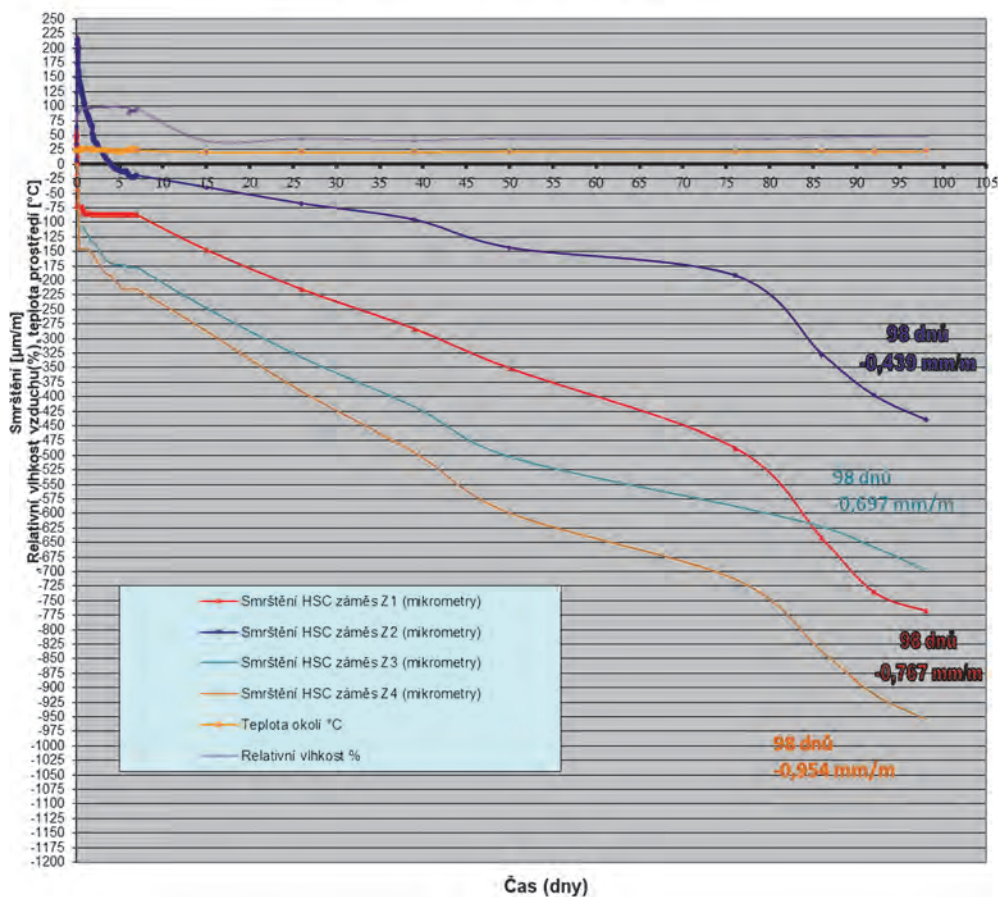
Tab. 10 Parametry vzorků betonu vyrobeného pro stanovení smrštění betonu  
Tab. 10 Parameters of concrete samples prepared for determining concrete shrinkage

Receptura	Označení záměsi	Objem záměsi	Sednutí kužele	Objemová hmotnost	Obsah vzduchu	Pevnost v tlaku	
		[dm <sup>3</sup> ]	[mm]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[%]	7d	28d
Směs 1	3	40	280	2810	2,7	70,7	89,4
	4	40	290	2720	0,7		
Směs 2	1	40	140	2610	2,9	58,0	80,3
	2	40	170	2590	1,4		

Tab. 11 Hodnoty smrštění betonu po 28 a 90 dnech  
Tab. 11 Concrete shrinkage values after 28 and 90 days

Receptura	Označení záměsi	Smrštění [mm·m <sup>-1</sup> ]		Průměrné smrštění [mm·m <sup>-1</sup> ]	
		28d	98d	28d	98d
Směs 1	3	0,345	0,697	0,376	0,826
	4	0,407	0,954		
Směs 2	1	0,226	0,767	0,149	0,604
	2	0,072	0,440		

### Smrštění betonu HSC záměsi Z1,Z2,Z3,Z4



Obr. 5 Průběh expanze a smršťování betonu během 98 dnů  
Fig. 5 Expansion and shrinkage behavior of concrete over 98 days

U receptury Směsi 2 (na bázi LKS a OSP) byl před smršťováním pozorován proces expanze. V případě záměsi Z1 proces zvyšování objemu trval 0,13 dne a max. hodnota prodloužení činila  $0,056 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-1}$ , v případě záměsi Z2 rostl objem 4 dny a max. hodnota prodloužení činila  $0,217 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-1}$ . Průměrná hodnota bobtnání činí  $0,137 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-1}$ . Grafické znázornění délkových změn zkušebních těles během 98denní zkoušky je obsahem obr. 5.

## Závěr

Závěrem lze konstatovat, že výzkum zaměřený na využití vedlejších produktů z Trineckých železáren pro výrobu vysokopevnostních betonů přinesl zajímavé poznatky. Směs 1, obsahující ocelářenskou strusku, splnila požadavky na zařazení do pevnostní třídy C 70/85, což dokládá její vhodnost pro použití jako vysokopevnostní beton. Směs 2, která zahrnovala kombinaci ocelářské strusky a odpadních slévárenských písků (OSP), dosáhla pouze pevnostní třídy C 35/40, což ukazuje na nedostatečnou pevnost pro klasifikaci jako vysokopevnostní beton.

Výsledky výzkumu naznačují, že přídavek OSP s sebou přináší určitá rizika, jako je bobtnání a s tím související vznik mikrotrhlin během počátečního tuhnutí, což negativně ovlivňuje konečné mechanické vlastnosti betonu. Tento nežádoucí efekt je pravděpodobně způsoben reakcemi spojenými s obsahem hliníku, který může v přítomnosti vody a hydroxidu vápenatého reagovat za uvolňování vodíku, což vede ke vzniku plynů a následným mikrotrhlinám ve struktuře betonu. Tato skutečnost byla potvrzena během zkoušek smrštění, kde byla u směsi s OSP pozorována expanze v prvních hodinách zrání betonu.

Mrazuvzdornost obou směsí neodpovídala stanoveným požadavkům, což znamená, že je třeba hledat další způsoby

zlepšení odolnosti betonu vůči cyklickému zmrazování, například použitím vhodných přísad nebo optimalizací receptur.

Dalším směrem výzkumu by mohlo být experimentální ověření účinnosti protismršťovacích přísad, které by mohly přispět ke snížení smršťování a zlepšení celkové výkonnosti betonu na bázi OSP. Tyto kroky by mohly přispět k širšímu a efektivnějšímu využití průmyslových odpadů v oblasti stavebnictví, což by vedlo ke snížení environmentální zátěže a vyšší udržitelnosti stavebních materiálů.

## Literatura

- [1] Odpady Online. Formovací směsi ze sléváren [online]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/formovaci-smesi-ze-slevaren/>
- [2] United States Environmental Protection Agency. Beneficial Uses of Spent Foundry Sands [online]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/smm/beneficial-uses-spent-foundry-sands>
- [3] FRONTIERS. Beneficial Use of Spent Foundry Sands [online]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/journals/built-environment/articles/10.3389/fbuil.2024.1386511/full>
- [4] Springer. Study on Waste Foundry Sand in Construction [online]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10064-024-03638-5>
- [5] MDPI. Advances in the Utilization of Foundry Sands [online]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/13/6420>
- [6] University of Wisconsin. Beneficial User Guidelines for Foundry Sand [online]. Dostupné z: <https://rmrc.wisc.edu/wp-content/uploads/2012/11/Bradshaw-No.-59-Part-4-Updated-Beneficial-User-Guidelines-Foundry-Sand2.pdf>
- [7] Understanding Cement. Alkali-Silica Reaction [online]. Dostupné z: <https://www.understanding-cement.com/alkali-silica.html>
- [8] iMaterialy.cz. Reakce hliníku a čerstvé cementové či anhydritové směsi [online]. Dostupné z: [https://imaterialy.cz/rubriky/beton/reakce-hliniku-a-cerstve-cementove-ci-anhydritove-smesi\\_45268.html/](https://imaterialy.cz/rubriky/beton/reakce-hliniku-a-cerstve-cementove-ci-anhydritove-smesi_45268.html/)

## Země BASICu trvají na diskusi o evropském CBAM

Země BASIC (Brazílie, Jižní Afrika, Indie a Čína) trvají na diskusi o evropském mechanismu zavedení hraničních uhlíkových daní. První plenární zasedání klimatické konference OSN COP29 v Baku bylo přerušeno, protože tyto státy požadovaly, aby byla do programu zařazena „jednostranná opatření omezující obchod související se změnou klimatu“, jako je CBAM. Předsedající země však rozhodla, že se o tématu bude diskutovat neformálně. Spor zdůrazňuje napětí mezi zeměmi s rozdílnými klimatickými programy a omezeným časem na dohodu o klíčových otázkách. Mnoho rozvojových zemí, které jsou silně ovlivněny CBAM, také vyjádřily své obavy a kritiku.

V červenci tohoto roku skupina BASIC uvedla, že kroky podniknuté bohatými zeměmi k zavedení hraničních uhlíkových daní a dotací narušujících obchod jsou „diskriminační“. Velká část jejich vývozu směřuje do EU, což činí tyto ekonomiky zranitelnými. Jihoafrická republika tento mechanismus opakovaně označila za diskriminační, Indie zvažovala odvetná opatření a Čína vyvolala obavy ve WTO.

Vzhledem k budoucímu rozšíření a zpřísnění předpisů CBAM povede tento nástroj k restrukturalizaci globálních dodavatelských řetězců. Stane se tak, pokud obchodní partneři EU nebudou připraveni splnit přísnější klimatické ambice. Přístup na evropský trh pro společnosti ze třetích zemí se sníží, zatímco konkurence na trzích, které nemají vlastní mechanismy, poroste.

*Zdroj S&P Global*

## Vliv aplikovaného faktoru intenzity napětí na lomové chování předzatížených C(T) těles v prostředí vysokotlakého vodíku

### Effect of Applied Stress Intensity Factor on Fracture Behaviour of Preloaded C(T) Specimens in High-pressure Hydrogen Environment

Ing. Petr Čížek, Ph.D.<sup>1</sup>; Ing. Marek Dobiáš<sup>1,2</sup>; doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, Vítkovice, 703 00 Ostrava, Česká republika

<sup>2</sup> Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Katedra materiálového inženýrství a recyklace, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

*Jedním z vysoce aktuálních témat v oblasti materiálového inženýrství je studium odolnosti konstrukčních ocelí vůči vodíkovému zkrěhnutí. Toto téma nachází své uplatnění v oblasti skladování vodíku v tlakových lahvích a zásobnících, kde je při vývoji a optimalizaci materiálů použitých k jejich výrobě možné dosáhnout nemalých ekonomických úspor. Optimalizace může například směřovat ke zvýšení pevnostních vlastností materiálu tlakové láhve, a tím možnosti redukce tloušťky jejich stěny. To však může negativně ovlivnit jeho odolnost vůči vodíkové křehkosti. Studium křehkolomových vlastností konstrukčních ocelí v prostředí vysokotlakého vodíku nabývá na významu i v oblasti transportu vodíku či zemního plynu. V souvislosti s plánovaným využitím vodíku jako alternativního zdroje energie, případně s jeho přimícháváním do zemního plynu za účelem snížení uhlíkové stopy, směřuje zájem provozovatelů ke studiu připravenosti stávající plynárenské infrastruktury na uplatňování této strategie. V obou případech se experimentální stanovení odolnosti materiálu vůči vodíkovému zkrěhnutí dle příslušných standardů provádí několika odlišnými technikami založených na bázi lomové houževnatosti při statickém zatížení a využívajících zkušebních těles s počáteční únavovou trhlinou, které jsou v zásadě velmi podobné pro případ hodnocení tlakových lahví i plynovodního potrubí. Přesto je z literatury i referencí od vlastních výrobců známo, že použitá zkušební metoda má nezanedbatelný vliv na výsledné parametry. Předložený článek se zaměřuje na hodnocení lomového chování na předepnutých C(T) tělesech, která byla zatížena na různé hodnoty faktory intenzity napětí a následně exponována v prostředí vysokotlakého vodíku. Dosažené výsledky byly následně porovnány s metodou pomalého statického zatěžování těles tohoto typu v prostředí vysokotlakého vodíku a posouzena byla relevance použitých metod při zachování konzervativnosti výsledků. Nedílnou součástí hodnocení je v případě zkoušek zaměřených na výskyt vodíkové křehkosti i fraktografická analýza lomových ploch metodou rádkovací elektronové mikroskopie.*

**Klíčová slova:** vodíkové zkrěhnutí; lomová houževnatost; tlakové láhve

*One of the latest actual topics in the field of materials engineering is study of the resistance of structural steels to hydrogen embrittlement. This topic finds its application in the field of hydrogen storage in cylinders and tanks, where considerable economic savings can be achieved by developing and optimizing the materials used for their production. Optimization can, for example, be directed towards increasing the strength properties of the cylinder material and thus the possibility of reducing the wall thickness. However, this may adversely affect its resistance to hydrogen embrittlement. The study of brittle fracture properties of structural steels in high-pressure hydrogen environments is also becoming increasingly important in the field of hydrogen or natural gas transport. In the context of the planned use of hydrogen as an alternative energy source, or its blending into natural gas to reduce the carbon footprint, distributors are interested in studying the readiness of existing gas infrastructure to implement this strategy. In both cases, the experimental determination of the material's resistance to hydrogen embrittlement according to the relevant standards is performed by several different techniques based on fracture toughness measurement under static loading and using pre-cracked compact tensile specimens, which are in principle very similar for the case of both cylinder and pipeline evaluation. Nevertheless, it is known from the literature and references from the manufacturers themselves that the test method used has a non-negligible influence on the resulting parameters. The present paper focuses on the evaluation of the fracture behavior on prestressed C(T) specimens that have been loaded to different values of stress intensity factors and subsequently exposed in a high-pressure hydrogen environment. The results obtained were subsequently compared with the slow static loading method for bodies of this type in a high-pressure hydrogen environment and the relevance of the methods used was assessed while keeping the results conservative. Fractographic analysis of the fracture surfaces by scanning electron microscopy is an integral part of the evaluation in the case of hydrogen embrittlement tests.*

**Key words:** hydrogen embrittlement; fracture toughness; pressure vessels

## 1. Úvod

Odolnost oceli vůči vodíkovému zkrěhnutí patří aktuálně mezi často řešené problémy v materiálovém inženýrství. Vliv působení vysokotlakého vodíku na základní materiál i svarové spoje je předmětem zájmu výrobců tlakových lahví nebo zásobníků na skladování a přepravu vodíku, výrobců armatur, provozovatelů plynárenské infrastruktury a dalších odvětvích zabývajících se přímo vodíkovým hospodářstvím nebo aplikacemi spojenými s přimícháváním vodíku do zemního plynu.

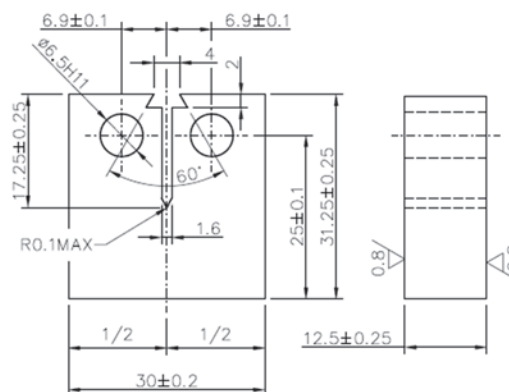
Obecně je uplatnění mechanismu vodíkového zkrěhnutí závislé na mnoha faktorech. Prvním z nich jsou mikrostrukturní charakteristiky materiálu. Například martenzitické oceli jsou výrazně náchylné k vodíkovému zkrěhnutí, méně pak feritické oceli a korozivzdorné austenitické oceli se dají považovat za velmi odolné. V mikrostruktuře má silně nepříznivý vliv na odolnost oceli vůči vodíkovému zkrěhnutí výskyt sulfidických (např. MnS) i oxidických nekovových vměstků. Z tohoto důvodu je nutné omezit obsah S, P a kyslíku. Kromě toho je známo, že protáhlé vměstky jsou horší než vměstky kulového tvaru. Z pohledu chemického složení je pak příznivý obsah niklu a manganu, tedy austenitotvorných prvků. Vliv tepelného zpracování je důležitý zejména u nízkolegovaných ocelí, kde významnou roli hraje popouštěcí teplota. Při aplikaci vyšší popouštěcí teploty dochází ke snížení pevnostních vlastností, a tím pak i ke zvýšení odolnosti vůči vodíkovému zkrěhnutí [1].

Vodíková křehkost je ve své podstatě typem koroze pod napětím, velmi důležitý je tak vliv napětíových charakteristik působících na materiál, případně na čele přítomné trhliny. Bylo pozorováno, že transport vodíku do materiálu se uskutečňuje především pomocí dislokací. Je tak důležité, pokud možno co nejvíce eliminovat oblasti s lokálním nárůstem plastické deformace. V práci [2] byla rovněž pozorována silná závislost prahových hodnot počátku subkritického šíření trhliny na rychlosti zatěžování v prostředí vysokotlakého vodíku. S rostoucí rychlostí zatížení se zvyšovaly prahové hodnoty faktory intenzity napětí. Pro vodíkové křehnutí není, na rozdíl například od celkové koroze, doba expozice až tak významným parametrem. Jak bylo uvedeno, vodík je transportován pomocí dislokací a jeho kritické koncentrace lze dosáhnout za velmi krátkou dobu.

Existují různé normalizované přístupy k hodnocení odolnosti oceli vůči vodíkovému zkrěhnutí, které jsou popsány v normách ČSN EN ISO 11114-4 [3] nebo ASME BPVC-VIII.3 [4]. Standard ČSN EN ISO 11114-4 popisující zkušební metody pro stanovení prahových hodnot faktoru intenzity napětí předepisuje jeho experimentální stanovení pomocí tří odlišných postupů.

Při hodnocení metodou A je vystaveno zkušební těleso tvaru tenkého disku postupně rostoucímu tlaku vodíku až do okamžiku jeho porušení.

Metody B a C pak využívají zkušebních těles typu  $\frac{1}{2}$  C(T) známých ze zkoušek lomové houževnatosti, když jejich základní rozměry jsou znázorněny na obr. 1.



Obr. 1 Zkušební těleso typu C(T) používané pro stanovení hodnoty faktoru intenzity napětí v prostředí vysokotlakého vodíku

Fig. 1 C(T) specimen used for determination of stress intensity factor in high-pressure hydrogen environment

Tyto metody jsou však principiálně zcela odlišné. Při metodě B je zkušební těleso upnuto do čelistí zkušebního stroje a vystaveno působení vysokotlakého vodíku o tlaku odpovídajícímu designovému tlaku láhve. Počáteční únavová trhlinka je stupňovitým zatížením rozevírána s nárůstem faktoru intenzity napětí o  $1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  v každém kroku a s výdrží 20 minut až do okamžiku detekovaného přírůstu trhlinky nebo porušení zkušebního tělesa. Metoda C využívá jiného postupu, když je zkušební těleso nejprve na vzduchu předepnuto na úroveň faktoru intenzity napětí vycházejícího z jeho meze pevnosti v tahu a následně je exponováno v prostředí vodíku po dobu minimálně 1000 hodin. Po ukončení expozice je vzorek dolomen a metodou řádkovací elektronové mikroskopie je zjišťována délka přírůstu počáteční únavové trhlinky. Aby byl materiál vyhovující, nesmí tento přírůstek přesáhnout délku 0,25 mm.

V experimentálním programu tak bylo provedeno posouzení vlivu způsobu a rychlosti zatěžování na odolnost oceli 34CrMo4, jež je typickou představitelkou materiálu pro výrobu tlakových lahví určených pro skladování a přepravu vysokotlakého vodíku. Zkoušky byly prováděny na modelovém výrobku tlakové láhve, jejíž chemické složení odpovídalo požadavkům na ocel této jakosti dané standardem ČSN EN ISO 683-2, viz tab. 1.

Pozorovaná mikrostruktura byla řádkovitá a velmi nehomogenní, vyskytovaly se v ní oblasti feritu, bainitu i martenzitu.

Tab. 1 Chemické složení experimentálního materiálu z oceli 34CrMo4 (hm. %)

Tab. 1 Chemical composition of experimental material of 34CrMo4 (wt. %)

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo
Požadavky ČSN EN ISO 683-2	0,30-0,37	0,100-0,400	0,60-0,90	≤ 0,025	≤ 0,035	0,90-1,20	≤ 0,400	0,150-0,300
Kontrolní chemická analýza	0,35	0,302	0,78	0,003	<0,001	1,13	0,114	0,203

## 2. Výsledky zkoušek a jejich diskuse

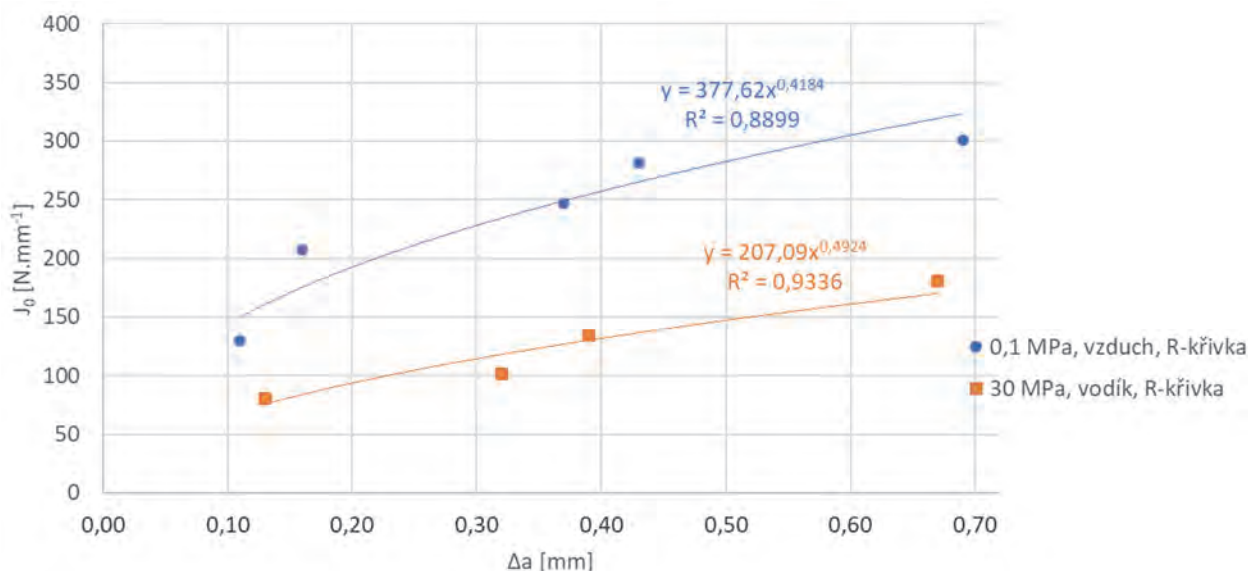
Experimentální program navázal na zkoušky provedené v rámci práce [5]. Základem bylo sestavení J-R křivky na vzduchu. Předpokládaným lomovým chováním oceli 34CrMo4 na vzduchu je stabilní šíření tvárné trhliny. Toto chování je zpravidla experimentálně popsáno pomocí tzv. J-R křivek, závislosti parametru lomové houževnatosti (J-integrál, kritické rozevření čela trhliny) na stabilním přírůstku trhliny. Tato křivka je sestavena na základě zatěžování sady minimálně pěti zkušebních těles, přičemž každé z nich je zatíženo na odlišné rozevření trhliny a je tedy dosaženo různých délek přírůstku trhliny. Každé zkušební těleso je po dosažení zvoleného zatížení odlehčeno, dolomeno v kapalném dusíku a pod měřicím mikroskopem je změřena délka přírůstku trhliny. Pro každé těleso je rovněž vypočítán z normalizovaných vztahů pro měření lomové houževnatosti její příslušný parametr vycházející ze silových poměrů. Výsledkem je pak J-R křivka popsána mocninnou funkcí.

Totéž měření bylo následně provedeno v prostředí vysokotlakého vodíku o tlaku 300 bar, který odpovídá pracovnímu tlaku navržené tlakové láhve. Jak bylo uvedeno v teoretickém přehledu o parametrech majících vliv na vodíkové křehnutí, zkušební rychlost byla o více než jeden řád nižší než u zkoušek na vzduchu. Měření bylo prováděno v akreditované zkušební laboratoři č. 1300 společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o. s použitím patentovaného vodíkového autoklávu vlastního návrhu i výroby, který byl zabudován do servohydraulického zkušebního zařízení MTS 100 kN. Zkušební těleso bylo nejprve upnuto do čelistí stroje,

následně byl autokláv uzavřen, propláchnut dusíkem a vakuován na tlak nižší než 130 Pa. Poté byl autokláv zaplněn vodíkem na požadovaný pracovní tlak. Po jeho dosažení a 30minutovém syčení bylo spuštěno zatěžování pomalou rychlostí pohybu pístnice zkušebního stroje při současném zaznamenávání závislosti posuv – síla.

Jak je patrné z obr. 2, lomové chování v prostředí vysokotlakého vodíku při statickém zatěžování s rostoucím rozevřením trhliny je významně horší. Nižší je tedy i iniciační hodnota faktoru intenzity napětí. Tato iniciační hodnota je stanovena jako faktor intenzity napětí odpovídající přírůstku trhliny 0,2 mm a činí  $151 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  pro prostředí vodíku a  $211 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  na vzduchu.

Jak bylo naznačeno v úvodním přehledu, norma ČSN EN ISO 11114-4 předepisuje 3 metody stanovení iniciačních hodnot faktoru intenzity napětí, přičemž jejich výsledky se mezi sebou liší. To bylo popsáno např. v práci [6], kde byly na konstrukční oceli pro výrobu tlakových lahví porovnávány metody B a C. Při následování postupu metody C, tedy předeptnutí zkušebních těles na vzduchu, 1000 - hodinové expozici ve vodíku a změření přírůstku trhliny vykazoval materiál velmi dobrou odolnost vůči stabilnímu růstu trhliny. Na lomové ploše nebyl pozorován žádný přírůstek trhliny. K odlišnému chování došlo při aplikaci metody B, kdy byla zkušební tělesa zatěžována stupňovitým a postupně rostoucím zatížením navyšovaném v každém kroku o  $1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ . Při zatěžování docházelo k výraznému rozvoji trhliny při faktoru intenzity napětí hluboko pod úrovní na vzduchu předeptnutých zkušebních těles dle metody C. V některých případech byla dokonce tělesa porušena náhlým nestabilním lomem, přičemž toto lomové chování nelze při aplikacích v tlakových lahví akceptovat.



Obr. 2 J-R křivky na vzduchu a ve vodíku stanovené metodou pomalého rostoucího zatěžování  
Fig. 2 J-R curves determined by slow loading rate in the air and high-pressure hydrogen environment

Navazující experimentální práce na oceli 34CrMo4 a shrnuté v tomto článku tak vedly k pokusu o hodnocení vlivu volby faktoru intenzity napětí na předeptnutých tělesech. Ke zkouškám bylo použito 10 zkušebních těles

typu  $\frac{1}{2}$  C(T), která byla předeptnuta na různé úrovně faktoru intenzity napětí. Zatížení bylo zvoleno na základě záznamu síla vs. rozevření trhliny na tělese zatíženém na vzduchu, a to tak, aby byla následně ve vodíku

exponována tělesa jak s předpokladem ostré trhliny (zvolené předepnutí v oblasti lineární části diagramu síla vs. rozevření) i výskytem více či méně výrazné plastické oblasti před čelem únavové trhliny. Na tomto místě je nutné podotknout, že norma ČSN EN ISO 11114-4 předepisuje zatížení těles striktně dle vztahu (1). Tento vztah je poměrně zjednodušený, když prakticky nezohledňuje např. hodnotu meze kluzu v tahu vyjadřující počátek plastických deformací materiálu a mající vliv na tvorbu a velikost plastické zóny na čele počáteční únavové trhliny.

$$K_{IAPP} = 90 \cdot \frac{R_m}{960} \quad (1)$$

kde:  $K_{IAPP}$  je aplikovaný faktor intenzity napětí při předepnutí vzorků, [ $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ]

$R_m$  - mez pevnosti v tahu, [MPa]

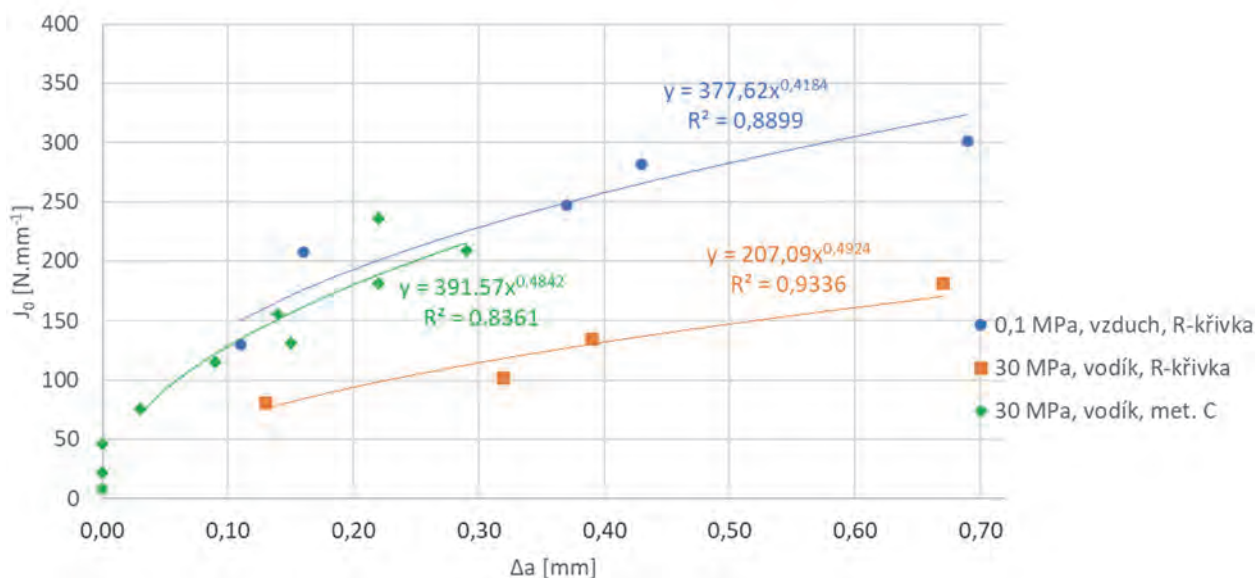
Seznam zatížených zkušebních těles je uveden v tab. 2.

Studovaný materiál disponuje mezi pevnosti v tahu 830 MPa a mezi kluzu 661 MPa. Dle vztahu (1) by tak mělo být zkušební těleso zatíženo na aplikovaný faktor intenzity napětí  $78,6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ . Tyto normou předepsané parametry reprezentuje přibližně těleso APK-14. V práci [5] však na zkušebním tělese zatíženém přesně dle vztahu (1) nebyl na lomové ploše pozorován žádný stabilní přírůstek. Dvě zkušební tělesa byla zatížena ještě pod tuto hodnotu a vyjadřovala stav ostré trhliny bez přítomnosti výrazné plastické zóny na čele trhliny. Další zkušební tělesa byla zatížena na vyšší faktory intenzity napětí. V těchto případech však již bylo podstoupeno riziko iniciace růstu trhliny právě již při zatěžování vzorku na vzduchu a bez vodíkové expozice.

Tab. 2 Seznam zatížených zkušebních těles  
Tab. 2 List of pre-loaded test specimens

Označení	$K_{IAPP}$ [ $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ]
APK-11	64,3
APK-12	115,4
APK-13	42,2
APK-14	84,0
APK-15	94,7
APK-16	105,2
APK-17	108,5
APK-18	105,5
APK-19	112,3
APK-20	113,8

Předepnutá tělesa byla následně zafixována klíny a exponována ve vodíku o tlaku 300 bar po dobu 1000 hodin. Po jejich vyjmutí z autoklávu a dolomení byly proměřeny délky stabilních přírůstků a pro ilustraci vyneseny do výchozích J-R křivek z obr. 2. Porovnání je znázorněno na obr. 3. Z tohoto obrázku je patrné, že naměřené výsledky jsou v relativně dobrém souladu s J-R křivkou stanovenou na vzduchu. Přírůstek trhliny byl přitom pozorován až počínaje zatížením vzorku APK-15 s aplikovaným faktorem intenzity napětí  $94,7 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ . Bylo tedy potvrzeno, že normou předepsané předepnutí zkušební tělesa nevedlo k iniciaci růstu trhliny. Naměřený soubor dat však bylo nutné doplnit i fraktografickým rozbořem, jehož účelem bylo posouzení vlivu vodíku na subkritický růst trhliny.



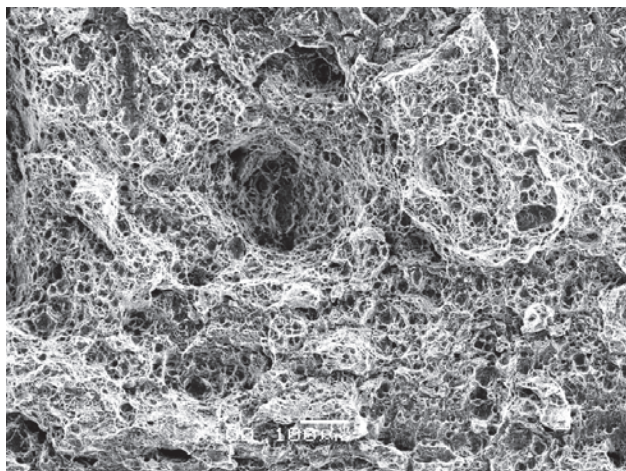
Obr. 3 J-R křivky doplněné o soubor výsledků dosažených na předepnutých C(T) tělesech po 1000 - hodinové expozici ve vodíku o tlaku 300 bar  
Fig. 3 J-R curves with data set of pre-loaded C(T) specimens after 1000 hrs. exposure in high-pressure hydrogen environment

V oblasti stabilního růstu trhliny na zkušebních tělesech zatěžovaných na vzduchu byl dle předpokladů pozorován transkrystalický tvárný lom s jamkovou morfologií (obr. 4). Toto chování je typické pro konstrukční oceli podobných jakostí.

Odlišné lomové chování bylo zjištěno na zkušebních tělesech zatěžovaných v prostředí vodíku o tlaku 300 bar za použití metod měření lomové houževnatosti (J-R křivky). V oblasti přírůstku trhliny byla lomová plocha tvořena jemným transkrystalickým štěpným lomem. Tento

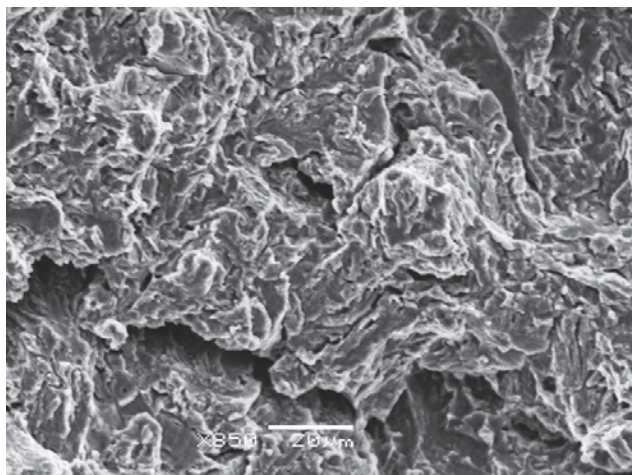
typ lomového chování je méně příznivý, ale vysvětluje sníženou iniciační hodnotu pro počátek stabilního šíření trhliny i polohu J-R křivky ve vodíku ve srovnání s J-R křivkou na vzduchu. Dokumentace lomové plochy na vybraném zkušebním tělese zatěžovaném ve vodíku je uvedena na obr. 5.

Konečně poslední část fraktografických analýz byla věnována zkušebním tělesům zatížených na rozdílné velikosti faktoru intenzity napětí a exponovaných 1000 hodin v prostředí vodíku o tlaku 300 bar. K hodnocení byla vybrána tělesa s menšími i většími přírůstky trhliny, které odpovídali i aplikovaným zatěžovacím parametrům. Na zkušebních tělesech byly naměřeny stabilní přírůstky v rozmezí od 0 do 0,29 mm. Pokud byl stabilní přírůstek pozorován, byl ve všech případech bez ohledu na hodnotu aplikovaného zatížení před vodíkovou expozicí tvořen transkrystalickým tvárným lomem s jamkovou morfologií. Jedná se tedy o stejný typ lomového chování jako na vzduchu. Dokumentace lomové plochy na zkušebním tělese APK-12 s největším rozevřením trhliny je uvedena na obr. 6.



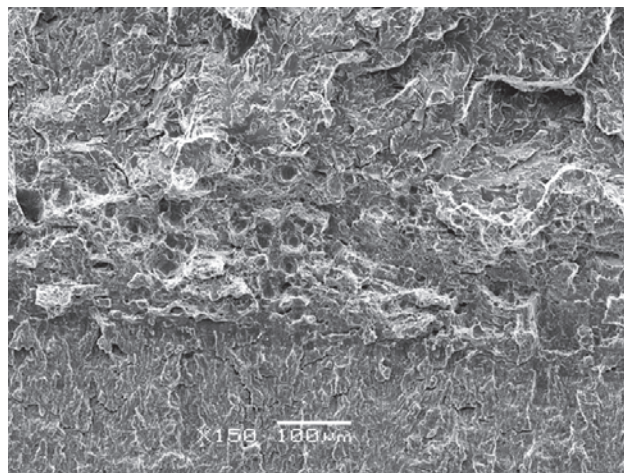
Obr. 4 Transkrystalický tvárný lom s jamkovou morfologií pozorovaný na zkušebním tělese zatíženém na vzduchu

Fig. 4 Transcrystalline ductile fracture with pitting morphology observed in the sample loaded in the air



Obr. 5 Transkrystalický štěpný lom detekovaný v oblasti přírůstku trhliny na zkušebním tělese zatěžovaném ve vodíku

Fig. 5 Transcrystalline cleavage fracture detected in the stable crack growth area of a test specimen loaded in hydrogen



Obr. 6 Oblasti počáteční trhliny, jejího stabilního přírůstku tvořeného transkrystalickým tvárným lomem a oblast dolomení na vzorku APK-12 ( $K_{IAPP} = 115,4 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ )

Fig. 6 Areas of the initial crack, its stable crack growth formed by transcrystalline ductile fracture and the area of final break on sample APK-12 ( $K_{IAPP} = 115,4 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ )

Z prezentovaných výsledků je zřejmé, že významnou roli pro hodnocení křehkolomového chování konstrukčních ocelí používaných pro výrobu tlakových lahví hraje použitá metoda zkoušení. Metoda C dle ČSN EN ISO 11114-4 využívá zatěžování zkušebních těles s počáteční únavovou trhlinou, na nichž se během vodíkové expozice nemění velikost vnějšího aplikovaného zatížení. Předepnutí vzorků je dáno normalizovaným vztahem (1), který je velmi obecný a jak je z výsledků zřejmé, jeho relevance je více než diskutabilní. Například závislost prahových hodnot faktoru intenzity napětí na mezi kluzu byla přitom prokázána v práci [7] na širší škále materiálů s různými mezemi kluzu a při tlaku vodíku 103 MPa s výsledkem, že prahová hodnota faktoru intenzity napětí klesá s rostoucí mezí kluzu. Pro zkoušky bylo dále použito 10 vzorků, které byly zatíženy na rozdílné hodnoty faktoru intenzity napětí, přičemž na tělese zatíženém na faktor intenzity napětí dle vztahu (1) nebyl pozorován žádný přírůstek trhliny. Poloha bodů v J-R křivkách odpovídající 10 předepnutým tělesům po 1000 - hodinové expozici totiž v podstatě odpovídá J-R křivce naměřené na vzduchu a vzhledem k výskytu transkrystalického tvárního lomu se lze domnívat, že k přírůstku trhliny došlo právě již při předepnutí zkušebních těles na vzduchu. Naopak přítomnost menší plastické zóny před čelem trhliny odpovídající nižším faktorům intenzity napětí nevede k významnějším projevům vodíkové křehkosti, protože na těchto tělesech nedošlo k šíření trhliny, a to žádným mechanismem.

Jak je tedy zřejmé, stanovení prahových či iniciačních hodnot faktoru intenzity napětí v prostředí vysokotlakého vodíku je velmi komplexní proces, v němž rozhodující roli hraje historie, způsob a rychlost zatěžování a rovněž prostředí, ve kterém probíhá zatěžování zkušebních těles. Významný vliv přitom hrají deformace akumulované na čele trhliny při statickém předepnutí zkušebních těles, které mohou následně ovlivňovat lomové parametry pro iniciační hodnoty faktoru intenzity napětí. V literatuře jsou rovněž uváděny hypotézy pro absenci subkritického růstu

trhliny při faktorech intenzity napětí vyšších než prahových. Jednou z nich je vodíkem indukované větvení čela počáteční trhliny, přičemž vzniklá napěťová a deformační pole působí proti šíření trhliny [8]. Dalším fyzikálním procesem ovlivňujícím šíření počáteční trhliny je otupení jejího čela vlivem působícího napětí při předzátížení, a tím snížení napětí na čele trhliny [7].

### 3. Závěr

Předložený článek se zabývá vlivem vlivu působení vodíku na stanovení iniciačních hodnot faktoru intenzity napětí na konstrukční oceli 34CrMo4 a přímo navazuje na dříve prováděné experimentální práce v této oblasti. Tato ocel patří mezi typické představitelky pro výrobu tlakových lahví, které jsou certifikovány dle standardu ČSN EN ISO 11114-4. Ten obsahuje tři zkušební metody, přičemž minimálně dvě z nich ověřované v laboratořích společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o. vedou ke zcela rozdílným naměřeným parametrům. Již dříve bylo prokázáno, že použití metody C sestávající z 1000 - hodinové expozice předepnutých zkušebních těles vede k významně lepším výsledkům, tedy k vyšším iniciačním hodnotám. Velikost předzátížení těles je přitom dána poměrně zjednodušeným vztahem vycházející z jediného parametru, a to meze pevnosti v tahu. V experimentální části bylo použito 10 vzorků, které byly zatíženy na různé hodnoty faktory aplikovaného faktoru intenzity napětí. Na tělesech se zatížením odpovídajícím normalizovanému vztahu nedošlo k žádnému šíření trhliny, na výše zatížených tělesech již byl přírůstek pozorován, nicméně na lomových plochách zkušebních těles byla v oblasti přírůstku trhliny zjištěna transkrystalická štěpná morfologie, která spíše popírá šíření působením vysokotlakého vodíku. Naopak metodou pomalého zvyšujícího se zatížení zkušebních těles za současného působení vysokotlakého vodíku pomocí technik pro měření lomové houževnatosti bylo dosaženo výrazně nižších iniciačních hodnot a lomová plocha tvořena transkrystalickým štěpným lomem poukazuje na mnohem výraznější vliv spolupůsobení vodíku.

Vzhledem k tomu, že v technologickém procesu plnění a vypouštění tlakových lahví jsou tyto vystaveny účinku spolupůsobení mechanického zatížení a vodíkového prostředí, se jeví použití metody se statickým a pomalu se navyšujícím zatížením in-situ ve vodíku jako relevantnější. Minimálně je lze označit jako konzervativnější z pohledu naměřených nižších hodnot, což je důležité především pro zajištění bezpečnosti jejich provozu.

### Poděkování

*Tento příspěvek vznikl v rámci Institucionální podpory dlouhodobého a koncepčního rozvoje výzkumné organizace v roce 2024, kterou poskytlo Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.*

### Literatura

- [1] NIBUR, K. A., SOMERDAY, B. P., SAN MARCHI, Ch., FOULK J. W. III, DADFARNIA, M. and SOFRONIS, P. The Relationship Between Crack-Tip Strain and Subcritical Cracking Thresholds for Steels in High-Pressure Hydrogen Gas, *The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International*, 2012.
- [2] GANGLOFF, R.P. Hydrogen Effects on Materials Behavior and Corrosion, Deformation Interactions, *The Minerals, Metals and Materials Society*, Warrendale, PA, (2003), pp. 477–97.
- [3] ISO 11114-4: 2018 *Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 4: The test methods for selecting metallic material resistant to hydrogen embrittlement*, 2018.
- [4] ASME BPVC VIII.3-2021: *Alternative Rules for Construction of High Pressure Vessels*, 2021.
- [5] DOBIÁŠ, M., ČÍŽEK, P. a JONŠTA, P. Přístupy k hodnocení lomové houževnatosti konstrukčních ocelí v prostředí vysokotlakého vodíku, *Hutnické listy*, 76 (2023) 4-6, ISSN 0018-8069, 2023.
- [6] ČÍŽEK, P. and KANDER, L. *Fracture Behavior of 34CrMo4 Steel In High-Pressure Hydrogen Environment*, In *METAL 2020, 29<sup>th</sup> International Conference on Metallurgy and Materials*, 2020, s. 597-602. Brno.
- [7] LONGINOW, A. W. and PHELPS, E. H. *Corrosion*, 31 (1975), pp. 404–12.
- [8] NIBUR, K. A., SOMERDAY, B.P., SANMARCHI, Ch, and BALCH, D.K. In: *Proceedings of 2008 ASME Pressure Vessels and Piping Division, Conference*, PVP2008-61298, 2008.

## Trumpova agenda ocelářského průmyslu

Znovuzvolení prezidenta Donalda Trumpa v roce 2024 má významné důsledky pro americký ocelářský průmysl. Očekává se, že jeho politika „Amerika na prvním místě“, včetně cel a obchodních omezení, bude v nadcházejících letech utvářet podobu tohoto sektoru. Ve své kampani kladl prezident Trump důraz na revitalizaci americké výroby, přičemž ocelářský průmysl hrál ústřední roli v jeho ekonomické vizi. Jeho znovuzvolení tak slibuje pokračování a potenciální rozšíření politik implementovaných během jeho prvního funkčního období, včetně zachování a případné zvýšení cel na dovoz oceli, podpory domácí výroby oceli, řešení obchodní nerovnováhy zejména s Čínou a potenciálního blokování zahraničních akvizic amerických ocelářských společností.

Stav ocelářského průmyslu USA v roce 2024:

- Roční výroba oceli - 86 milionů metrických tun
- Zaměstnanost ocelářského průmyslu - 85.300 pracovníků
- Dovoz oceli - 26 milionů metrických tun
- Vývoj oceli - 7 milionů metrických tun

*Zdroj: Steel Industry News*

## Influence of temperature and working rolls rotational speed of the rolling mill on the qualitative properties of seamless N80 steel tubes

### Vliv teploty a rychlosti otáčení pracovních válců děrovací stolice na kvalitativní vlastnosti bezešvých trubek z oceli N80

doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D.<sup>1,2</sup>; Ing. Jan Kander<sup>1,2</sup>; Ing. Roman Noga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, Vítkovice, 703 00 Ostrava, Česká republika

<sup>2</sup> Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Katedra materiálového inženýrství a recyklace, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

*The formability of seamless tube production, specifically the initial step of the Mannesmann process—referred to as punching—was investigated through laboratory physical modeling using a "Universal Rolling Mill" at MATERIAL & METALLURGICAL RESEARCH Ltd. The material studied was a medium-carbon V-Ti-N microalloyed N80 steel. The experiments were conducted at four different heating temperatures and at varying rotational speeds of the working rolls, with all other rolling mill parameters kept constant. In terms of deformation parameters, the most pronounced necking of the punched sample, particularly at both ends, was observed with an increase in temperature and strain rate. The applied torque exhibited a decrease with rising temperature and lower working roll speeds. Additionally, both the punching duration and total electrical power consumption showed a reduction as temperature increased and deformation rate was elevated.*

**Key words:** Laboratory physical modelling, punching, seamless tubes, N80 carbon steel, temperature, working rolls rpm

*Tvařitelnost bezešvých trubek, konkrétně počáteční krok Mannesmannova procesu – děrování – byla zkoumána laboratorním fyzikálním modelováním pomocí „univerzální válcovací stolice“ ve společnosti MATERIÁLOVÝ & METALURGICKÝ VÝZKUM, s.r.o. Studovaným materiálem byla středně uhlíková V-Ti-N mikrolegovaná ocel N80. Experimenty byly prováděny při čtyřech různých teplotách ohřevu a při různých rychlostech otáčení pracovních válců, přičemž všechny ostatní parametry válcovací stolice byly udržovány konstantní. Z hlediska deformačních parametrů bylo pozorováno nejvýraznější úžení vyděrovaného vzorku, zejména na obou koncích, se zvýšením teploty a rychlosti deformace. Aplikovaný kroutící moment vykazoval pokles s rostoucí teplotou a nižšími rychlostmi otáčení pracovních válců. Doba děrování a rovněž celková spotřeba elektrické energie se snižovaly se zvýšením teploty a zvýšením rychlosti deformace.*

**Klíčová slova:** Laboratorní fyzikální modelování, děrování, bezešvé trubky, N80 uhlíková ocel, teplota, rychlost otáčení pracovních válců

## 1. Introduction

N80 steel, as specified by API 5CT, is primarily used in the production of seamless pipes for oil and gas environments. The key properties of N80 steel include high strength, toughness, and resistance to corrosion caused by injected gases and fluids. The steel has broad chemical composition requirements and is available in two primary forms: normalized or hot-rolled (N80-1) and quenched and tempered (N80-Q) [1-3].

The first forming operation in the production of hot-rolled seamless tubes using the Mannesmann process is the punching of a full cylinder. This process, known as cross-rolling, is performed on a machine equipped with two eccentrically mounted double-cone working rolls and a supporting cylinder [4]. Additionally, a punch mandrel is placed in the gap between the rolls. The semi-finished

product fed into the punching process can be a block, billet, or ingot with a full circular cross-section, or a semi-finished product with an axial bore. The punching process itself relies on the Mannesmann effect [5-7]. The punch mandrel helps smooth and expand the resulting cavity to the required dimensions. The outcome of the punching operation is a “perforated billet,” which serves as the semi-finished product to the next forming stage, known as rolling on a pilgrim’s stool [8-12]. Subsequent steps in the production process include calibration, heat treatment, finishing operations, and testing [13-17].

The subject of the present article is evaluation of the parameters involved in the physical modeling of punching a solid semi-finished product [18]. This is carried out using laboratory-scale punching equipment designed to simulate the production of seamless pipes, specifically a scale model of the Mannesmann rolling mill. Punching tests on the

laboratory rolling mill are conducted using solid samples or samples with a centrally pre-drilled circular cross-section.



Fig. 1 Laboratory rolling mill  
Obr. 1 Laboratorní válcovací stolice

The rolling mill allows for precise adjustment of the axes of the working rolls in relation to the punching axis, achieved through both the cross angle and the forming

angle. Additionally, the system provides the capability to adjust punching roller speeds within a range of 0 to 120 rpm. It is equipped with automated measurement systems to record various parameters, such as forces acting on the punching rollers, torques, forces on the mandrel bearing, roller speeds, electric current input, and others.

Fig. 1 presents a general view of the laboratory rolling mill from the entrance side. For sample heating, an electric resistance furnace is employed, which allows for the selection of different heating modes and the tracking of heating progress via a control computer. The furnace operates in an inert atmosphere to ensure controlled thermal conditions during testing.

This paper builds upon the authors' previous publications at MMV Company, which focused on the verification of punching process parameters [19], the impact of mandrel shape and positioning on punching technology [20], and the influence of process parameter settings on the dimensional characteristics of punched samples [21], among other related studies.

## 2. Experimental material and procedures

A series of 16 punching tests, varying heating temperature and rotational speeds of the working rolls, were conducted on a Mannesmann laboratory rolling mill. The heating temperatures ranged from 1240°C to 1300°C, in 20°C increments, and the roll speeds were set at 60 rpm and 120 rpm. To minimize process variability, each test was performed twice. The material used for the experiments was N80 carbon steel, as detailed in Tab. 1. The test samples, with a diameter of 70 mm and a length of 190 mm, were produced from a continuously cast billet with a diameter of 410 mm. The front circular side of each sample was machined with a conical bore to improve alignment with the punching mandrel. This conical feature helps reduce eccentricity during the punching process [22].

Tab. 1 Chemical composition of N80 steel  
Tab. 1 Chemické složení oceli N80

Element	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	V	Ni	Mo	Ti	Al	W	Nb	B	N	Sn	H	As	Co	Sb
[wt. %]	0.39	1.39	0.24	0.014	0.004	0.02	0.06	0.17	0.05	0.016	0.002	0.024	0.01	0.001	0.0006	0.008	0.002	0.0001	0.002	0.003	0.001

All punched samples were measured (Fig. 2), with specific attention to their minimum and maximum lengths, and diameters at the front, middle, and rear of the samples. Measurements were taken at two points around the circumference, separated by a 90° rotation, as outlined in Tab. 2. Based on these measurements, elongation and narrowing values were calculated for the front, middle, and rear sections of each punched sample (Tab. 3).

Additionally, the total punching time, torque values, forces acting on the work rolls, forces opposing the punching mandrel, and electrical current were recorded (Tab. 3). From these data, maximum and average values were

calculated, along with the total current consumption for punching each individual sample (Tab. 4).



Fig. 2 Punched steel samples  
Obr. 2 Vyděrované vzorky oceli

Tab. 2 Experimental conditions and sample dimensions  
Tab. 2 Podmínky experimentu a rozměry vzorků

Sample	RPM	Temp.	min. length	max. length	$\phi$ front1	$\phi$ front2	$\phi$ middle1	$\phi$ middle2	$\phi$ back 1	$\phi$ back 2
	[min <sup>-1</sup> ]	[°C]	[mm]							
1	120	1300	336	342	66.88	66.85	67.29	67.43	67.36	67.52
2	120	1300	338	340	66.92	67.13	67.46	67.56	67.36	67.23
3	60	1300	328	331	68.21	68.22	68.57	68.52	67.70	67.76
4	60	1300	340	343	66.74	66.81	67.70	67.76	67.77	67.76
5	120	1280	339	345	66.35	66.64	66.98	67.27	67.08	67.19
6	120	1280	347	350	66.09	66.23	67.29	67.33	66.94	66.92
7	60	1280	330	335	68.03	68.21	68.48	68.53	67.37	67.22
8	60	1280	330	333	68.30	68.28	68.88	68.86	67.21	67.56
9	120	1260	344	347	66.53	66.51	67.27	67.33	67.07	67.10
10	120	1260	330	334	67.62	67.91	68.26	68.35	67.75	67.86
11	60	1260	329	333	67.59	67.55	68.12	68.16	67.71	67.64
12	60	1260	333	335	67.92	68.02	67.88	67.82	67.45	67.47
13	120	1240	337	340	66.88	67.09	67.72	67.78	67.53	67.66
14	120	1240	340	343	66.70	66.79	67.67	67.84	67.59	67.52
15	60	1240	333	336	68.36	68.28	67.71	67.6	67.41	67.33
16	60	1240	315	320	69.80	70.12	70.37	70.12	68.17	68.11

Tab. 3 Total elongation, narrowing in different regions and total punching time  
Tab. 3 Celkové prodloužení, úžení v různých oblastech vzorku a celková doba děrování

Sample	elongation	narrowing front	narrowing middle	narrowing back	time
	[-]	[%]			[s]
1	1.78	4.48	3.77	3.66	7.4
2	1.78	4.25	3.56	3.86	7.1
3	1.73	2.55	2.08	3.24	11.9
4	1.80	4.61	3.24	3.19	12
5	1.80	5.01	4.11	4.09	7.9
6	1.83	5.49	3.84	4.39	8.0
7	1.75	2.69	2.14	3.86	12.3
8	1.74	2.44	1.61	3.74	12.5
9	1.82	4.97	3.86	4.16	8.1
10	1.75	3.19	2.42	3.14	8.0
11	1.74	3.47	2.66	3.32	12.4
12	1.76	2.90	3.07	3.63	12.4
13	1.78	4.31	3.21	3.44	8.4
14	1.68	4.65	3.21	3.49	8.4
15	1.66	2.40	3.35	3.76	12.7
16	1.61	0.06	-0.35	2.66	12.8

Tab. 4 Experimental conditions and sample dimensions  
Tab. 4 Podmínky experimentu a rozměry vzorků

Sample	max. torque	mean torque	max. axial force	mean axial force	max. press. force	mean press. force	max. current	mean current	elect. consumption
	[Nm]		[kN]				[A]		[As]
1	3948	2960	16.54	13.10	99.53	86.49	83.13	66.75	988
2	4181	2999	16.76	13.46	100.59	87.22	87.96	67.65	961
3	3962	2878	17.55	13.37	97.79	84.78	83.22	63.69	1516
4	4412	2962	18.48	14.07	100.16	85.81	91.72	65.58	1574
5	4473	3203	17.45	14.01	106.32	90.91	95.28	71.38	1128
6	4735	3356	18.64	15.33	109.00	91.9	98.39	74.20	1187
7	4190	3024	19.40	14.72	101,90	87.3	87.60	66.76	1642
8	4159	3031	18.48	14.79	102.22	87.08	87.71	66.75	1669
9	4763	3417	19.35	15.86	111.06	93.08	101.56	74.97	1215
10	4601	3347	19.87	15.76	108.36	92.42	95.45	73.65	1178
11	4977	3286	21.12	16.58	110.03	90.93	102.13	72.03	1786
12	4520	3268	20.46	16.28	107.25	91.07	95.39	71.45	1772
13	4762	3494	20.59	16.72	112.16	95.46	102.59	76.77	1290
14	5023	3591	21.59	17.50	111.15	96.3	103.85	78.4	1317
15	4882	3448	21.45	16.82	109.01	92.61	100.41	74.34	1888
16	4830	3195	22.04	17.25	106.21	90.13	99.59	69.96	1791

The measured and calculated data were further analyzed and presented graphically in Fig. 3 to 11. Fig. 3 and 4 illustrate the temperature and rotational speed (rpm) dependence for the front, center, and rear sections of the punched samples. A clear trend is observed, where the rate of narrowing increases with both higher temperature and rpm. Fig. 5 shows the narrowing for each sample at the front, center, and rear; a negative value indicates material expansion. Figure 6 presents the effect of rpm and heating temperature on the overall elongation of the punched samples. A distinct increase in elongation is observed with higher temperature and rpm. At 120 rpm, the increase in elongation with temperature is less pronounced compared to tests conducted at 60 rpm.

The relationship between current consumption, rpm, and temperature is presented in Fig. 7, revealing a trend of reduced current consumption with increasing temperature and higher rpm. Fig. 8 and 9 illustrate the impact of rpm and temperature on the maximum and average forces acting on the work rolls. These figures show a gradual decrease in force with decreasing rpm and increasing temperature. Fig. 10 and 11 depict the effects of rpm and temperature on the maximum and average axial forces acting on the punch. In this case, the effect of rpm is minimal, with axial forces increasing slightly at higher rpm. However, as temperature increases, axial forces decrease.

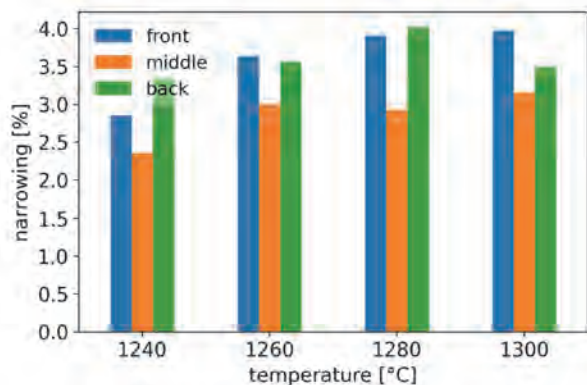


Fig. 3 Dependence of narrowing on temperature  
Obr. 3 Závislost úžení na teplotě

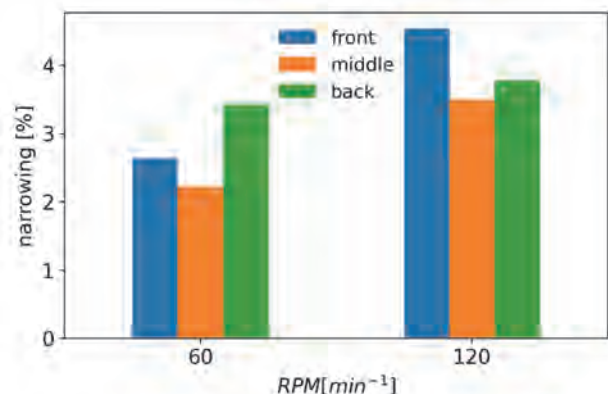


Fig. 4 Dependence of narrowing on work rolls speed  
Obr. 4 Závislost úžení na rychlosti otáčení prac. válců

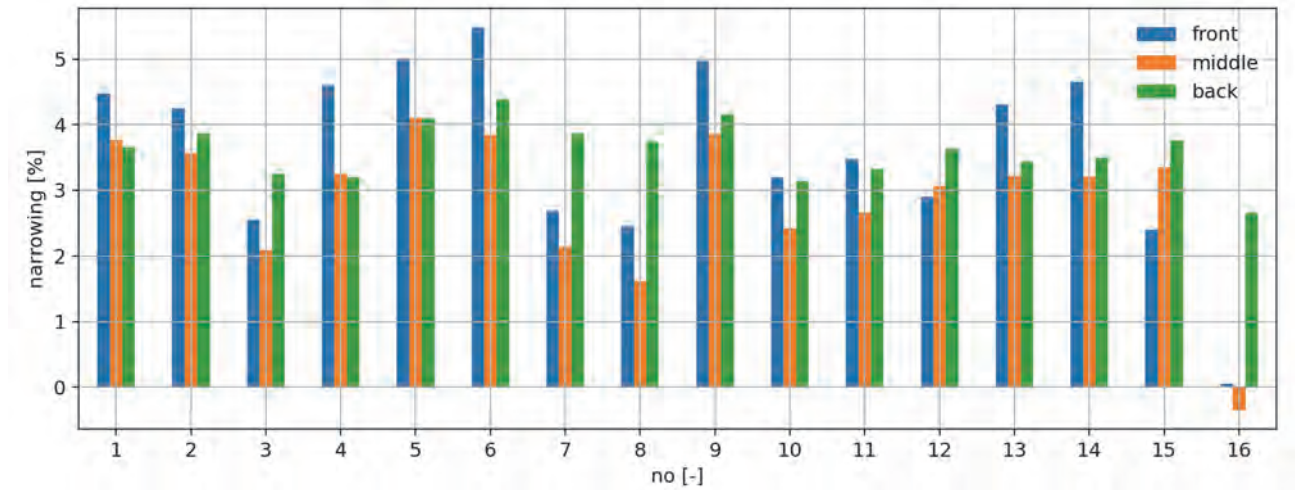


Fig. 5 Narrowing in different locations of all samples  
Obr. 5 Úžení všech vzorků v různých oblastech

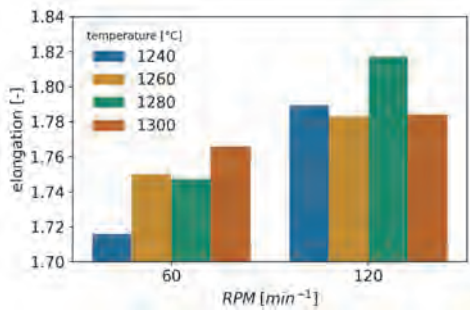


Fig. 6 Rolling elongation dependence on rolling speed for different temperatures  
Obr. 6 Závislost prodloužení na rychlosti válcování pro různé teploty

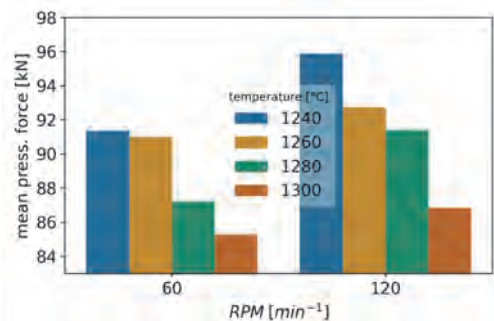


Fig. 9 Mean pressing forces dependence on working rolls speed  
Obr. 9 Závislost průměrných tlačných sil na rychlosti válcování

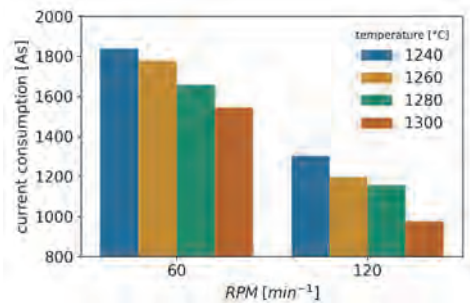


Fig. 7 Current consumption dependence on rolling speed for different temperatures  
Obr. 7 Závislost elektrické spotřeby na válcovací rychlosti pro různé teploty

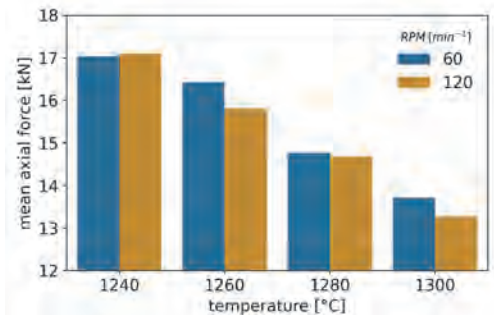


Fig. 10 Axial forces dependence on temperature  
Obr. 10 Teplotní závislost axiálních sil

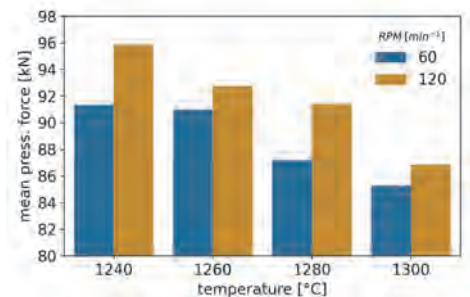


Fig. 8 Mean pressing forces dependence on temperature  
Obr. 8 Závislost průměrných tlačných sil na teplotě

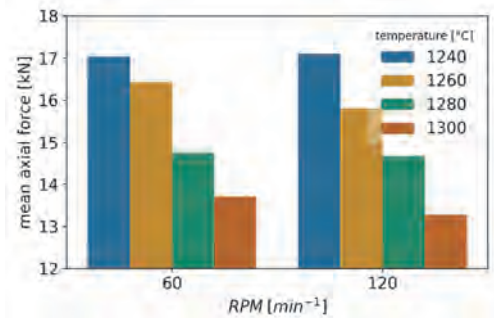


Fig. 11 Axial forces dependence on speed of working rolls  
Obr. 11 Závislost axiálních sil na rychlosti válcování

### 3. Conclusion

This article presents the findings from punching experiments conducted on N80 carbon steel. The study focuses on identifying and mapping the trends of both measured and calculated parameters within the punching process, with heating temperature and rotational speed (rpm) selected as key variables. A significant observation from the tests at 120 rpm was a reduction in current consumption by approximately 40%, which was required for punching complete semi-finished products. The impact of heating temperature, however, was found to be less significant in comparison. As both temperature and rpm were increased, a corresponding rise in elongation and material narrowing was observed. Other notable trends include: an increase in elongation with higher rpm and temperature; a reduction in both average pressing force and axial force with increasing rpm; and a decrease in pressing and axial forces as temperature increased. These significant trends have been documented. The use of a laboratory rolling mill for physical simulations of the punching process has proven to be an optimal approach for investigating the interrelationships and trends among these various parameters. The findings will be expanded to include additional steel grades, allowing for a comparative analysis of final parameters across different materials. The primary objective of these tests is to simulate real-world industrial conditions, particularly in the production of seamless tubes, on a laboratory scale, with the ultimate goal of translating laboratory-based insights into practical industrial applications.

#### Acknowledgement

“This paper was created as a part of the drawing and use of institutional support for Long-term and conceptual development of a research organization in 2024, provided by the Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic.”

#### References

- [1] XU, Tianhan, et al. Study on the static and dynamic fracture mechanism of different casing-drilling steel grades. *Materials characterization*, (2012), 67: 1-9.
- [2] LOPEZ, D. A.; PEREZ, T. and SIMISON, S. N. The influence of microstructure and chemical composition of carbon and low alloy steels in CO<sub>2</sub> corrosion. A state-of-the-art appraisal. *Materials & Design*, (2003), 24.8: 561-575.
- [3] CHELGHAM, Fatiha, et al. Effects of Temperature on Microstructure and Corrosion behavior of API N80 Carbon Steel. *Asian Journal of Research in Chemistry*, (2021), 14.1: 61-66.
- [4] WÓJCIK, Ł. and PATER, Z. Physical simulation of the Mannesmann effect in the rolling process. *Archives of Metallurgy and Materials* (2019), 1369-1375-1369-1375.
- [5] SKRIPALENKO, M. M., et al. Mannesmann piercing of ingots by plugs of different shapes. *Materials Science and Technology*, (2016), 32.16: 1712-1720.
- [6] SHU, Chang, et al. Influencing factors of void closure in skew-rolled steel balls based on the floating-pressure method. *Materials*, (2019), 12.9: 1391
- [7] ZHENG, Zhenhua. Experimental Study on Cross Wedge Rolling of 21-4N Heat Resistant Steel. *Metals*, (2019), 9.1: 39. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 86 (2016), pp. 2-10.
- [8] AN, Ning and HAI, Liu. Finite Element Analysis of Rolling Process for Pilger Mill. In: *Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd*, (2014). p. 1420-1423
- [9] OSIKA, J. and LIBURA, W. Mathematical model of tube cold rolling in pilger mill. *Journal of Materials Processing Technology*, (1992), 34.1-4: 325-332
- [10] POCIECHA, D., et al. Analysis of tube deformation process in a new pilger cold rolling process. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, (2014), 14.3: 376-382.
- [11] FROLOV, Ya V.; MAMUZIĆ, I. and DANCHENKO, V. N. The heat conditions of the cold pilger rolling. *Metallurgija*, (2006), 45.3: 179-184.
- [12] LEE, Sang-Kon and LEE, Kyung-Hun. Profile Design of the Grooved Die and Rolling Force Prediction in the Cold Pilger Rolling Process. *Applied Sciences*, (2021), 11.23: 11265.
- [13] HU, Z. L., et al. Microstructure and mechanical properties of Al-Cu-Mg alloy tube fabricated by friction stir welding and tube spinning. *Scripta Materialia*, (2012), 66.7: 427-430.
- [14] CHEN, Dong, et al. Online Cooling System and Improved Similar Self-adaptive Strategy for Hot-rolled Seamless Steel Tube. *ISIJ International*, (2021), ISIINT2021-013.
- [15] ZHANG, Zicheng, et al. Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of TRIP seamless steel tube. *Materials Transactions*, (2012), 1203261608-1203261608.
- [16] SEGURA, Alejandra, et al. Influence of anisotropy for the characterization of internal imperfections in pipes by ultrasonic non-destructive testing. *NDT. net*, (2009), 5: 2009.
- [17] YAMANO, Masaaki, et al. Non-destructive Inspection Technique for Assuring the High-end Quality of Our Pipes and Tubes. *Nippon Steel & Metal Technical Report No. 397*, (2013), 125-130.
- [18] UNUCKA, P. and NOGA, R. Physical modelling of seamless tubes producing. In *Metal 2013*, Brno: Tanger, 2013
- [19] NOGA, R., UNUCKA, P. and VINDYŠ, M. Ověřování procesních parametrů děrování na laboratorní válcovací stolici. *Hutnické listy*, 67 (2014) 4, 36–39. ISSN 0018-8069.
- [20] UNUCKA, P., NOGA, R., TUROŇ, R. and JURČA, R. Ověřování procesních parametrů děrování na laboratorní válcovací stolici. *Hutnické listy*, 67 (2014) 6, 51–54. ISSN 0018-8069.
- [21] NOGA, R., JONŠTA, P., LIŠKA, M., TUROŇ, R. and JURČA, R., Vliv nastavení parametrů laboratorní děrovačí stolice na rozměry vyděrovaného polotovaru oceli 4130. *Hutnické listy*, 72 (2019) 5, 29–34. ISSN 0018-8069.
- [22] MURILLO-MARRODÁN, Alberto, et al. Analysis of wall thickness eccentricity in the rotary tube piercing process using a strain correlated FE model. *Metals*, (2020), 10.8: 1045.
- [23] NOGA, R. and JONŠTA, P. Physical modeling of the seamless micro-alloyed steel tubes production depending on the different temperatures and rpm speeds of the working rolls. *METAL 2024*, Brno: Tanger, 2022.

## Úprava povrchu slitiny Ti-6Al-4V s využitím mikroobloukové oxidace a fyzikální depozice par

### Surface modification of Ti-6Al-4V alloy using micro-arc oxidation and physical vapour deposition

prof. Ing. Jana Seidlerová, CSc.<sup>1,2</sup>; Ing. Roman Gabor, Ph.D.<sup>2</sup>; Mgr. Petr Běčák<sup>2,3</sup>; Ing. Michaela Tokarčíková, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Katedra chemie fyzikálně-chemických procesů, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

<sup>2</sup> VŠB – Technická univerzita Ostrava, Centrum nanotechnologií CEET, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

<sup>3</sup> VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Katedra materiálového inženýrství a recyklace, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika

*Titanium and its alloys are now widely used in many fields, from the automotive and aerospace industries to medicine. Among the most important alloys is Ti-6Al-4V, which is used in medicine to produce a wide range of implants and surgical instruments. Yet there is scope for improving their properties for a particular implant, especially in the manufacture of large joints. Improving the tribological and anti-corrosion properties of the surface can significantly aid osseointegration, ensure longer lifetime as well as contribute to improving the patient's quality of life. The way to achieve this is by surface treatment of the alloy, which can be carried out by various processes including micro-arc oxidation (MAO) and the physical vapour deposition (PVD) or a combination of these. MAO technology, by its nature, allows the character of the resulting ceramic layer to be altered by several adjustable parameters. The first step in practical application of the above-mentioned alloy surface treatment procedure is to study the chemical and phase composition and roughness of the resulting layer. Ceramic layers were prepared on samples of the above alloy under MAO conditions and by combinations of PVD and MAO in the liquid alkaline electrolyte environment with the addition of glycerine. The roughness evaluation showed that it depends on the working voltage and pulse cycle MAO process. After the initial surface treatment by PVD, a surface with higher roughness parameters was formed after MAO application compared to the surface formed by direct application of MAO technology to the alloy surface.*

**Key words:** Ti-6Al-4V alloy; microarc oxidation; physical surface treatment; surface modification; surface roughness

*Titan a jeho slitiny nacházejí v současnosti široké uplatnění v mnoha oborech od automobilového a leteckého průmyslu až po medicínu. Ze slitin patří mezi nejvýznamnější slitina Ti-6Al-4V, která se používá v lékařství na výrobu celé řady implantátů a chirurgických nástrojů. Přesto se otevírá prostor pro zlepšení jejich vlastností pro konkrétní implantát, zejména při výrobě velkých kloubů. Zlepšení tribologických a antikoročních vlastností povrchu může výrazně zlepšit osteointegraci, zajistit delší životnost i přispět ke zvýšení kvality života pacienta. Cestou k uvedenému cíli je povrchová úprava slitiny, kterou lze provádět různými postupy, mezi něž patří také mikrooblouková oxidace (MAO) a fyzikální depozice par (PVD) nebo jejich kombinace. Technologie MAO svou podstatou dovoluje několika nastavitelnými parametry měnit charakter vzniklé keramické vrstvy. Prvním krokem praktické aplikace uvedeného postupu úpravy povrchu slitiny je studium chemického a fázového složení a drsnosti vzniklé vrstvy. Na vzorcích uvedené slitiny byly v podmínkách MAO a kombinacemi PVD a MAO připraveny keramické vrstvy v prostředí kapalného alkalického elektrolytu s přísadkou glycerinu. Z hodnocení drsnosti vyplynulo, že závisí na pracovním napětí a cyklu pulzu MAO. Po prvotní úpravě povrchu fyzikální depozicí par byl po aplikaci MAO vytvořen povrch s vyššími parametry drsnosti ve srovnání s povrchem, který vznikl přímou aplikací technologie MAO povrch slitiny.*

**Klíčová slova:** slitina Ti-6Al-4V; mikrooblouková oxidace; fyzikální depozice par; modifikace povrchu; drsnost povrchu

## 1. Úvod

Titan a jeho slitiny mají v moderních technologiích stále velké uplatnění. Podle typu krystalické mřížky se rozdělují na  $\alpha$ ,  $\alpha+\beta$  a  $\beta$ . První skupinu tvoří komerčně čistý titan

(označovaný jako Grade 1,2,3 a 4) s odlišným obsahem kyslíku. Slitina  $\alpha+\beta$  (Grade 5) titanu s hliníkem a vanadem (Ti-6Al-4V), která je svými vlastnostmi, jako vysoká pevnost a korozní odolnost, předurčená pro široké využití. Limitní hodnoty jejího složení uvádí tab. 1 [1].

Tab. 1 Minimální a maximální obsahy složek ve slitině Ti-6Al-4V  
Tab. 1 The minimum and the maximum element contents in Ti-6Al-4V alloy

Složka	C	N	O	H	Fe	Ti	Al	V
[hm. %] min	-	-	-	-	-	Bilance	5,5	3,5
[hm. %] max	0,08	0,05	0,2	0,125	0,4	Bilance	6,75	4,5

Pro dosažení požadovaných mechanických vlastností ji lze tepelně zpracovat, což zvyšuje její univerzálnost. Využívá se v automobilovém a leteckém průmyslu pro konstrukci komponent, které vyžadují vysokou pevnost a nízkou hmotnost. Vyniká korozní odolností i vůči mořské vodě, a proto se využívá při konstrukci lodí. Lze ji najít také ve sportovním vybavení, např. u rámu kol nebo golfových holí. Z jejich vlastností nelze opomenout také biokompatibilitu, která ji předurčuje pro využití ve zdravotnictví, jak pro výrobu chirurgických nástrojů, tak především implantátů (zubních, kloubních náhrad, ortopedických destiček a šroubů a kardiovaskulárních stentů) [2]. Vedle již uvedených vlastností Ti-6Al-4V slitiny je její předností podpora osteointegrace, čili podpora růstu kostní tkáně, což zlepšuje integraci s kostí a urychluje hojení.

Povrchové vlastnosti titanových slitin lze měnit technologiemi povrchových úprav, které zlepšují jejich vlastnosti pro konkrétní aplikace [3]. V oblasti technologie povrchových úprav se úspěšně používá a neustále vyvíjí technologie mikroobloukové oxidace (MAO), známá také pod názvem plazmová elektrolytická oxidace (PEO) [4]. Tato technologie poskytuje výjimečné ochranné vlastnosti produktům a také jim propůjčuje jedinečný vzhled. MAO významně zvyšuje odolnost materiálů proti korozi, tvrdost a odolnost proti opotřebení vytvořením keramického povlaku na kovových površích. Úspěšně se aplikuje také na výrobky určené pro medicínské aplikace [5-8]. Srovnání předností a nedostatků technologie MAO s anodickou oxidací úpravy povrchu slitiny je shrnuto v tab. 2 [8].

Tab. 2 Porovnání technologie MAO s anodickou oxidací úpravy povrchu  
Tab. 2 Comparison of MAO technology with anodic oxidation surface treatment

Technologie	Přednosti	Nedostatky
<b>Anodická oxidace</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zvyšuje tvrdost a tloušťku filmu</li> <li>Mění barvu povrchu</li> <li>Zvyšuje přilnavost a odolnost proti oteru povrchu</li> <li>Levné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nepříznivé pro životní prostředí</li> <li>Dlouhá doba nanášení</li> <li>Přísné požadavky na předúpravu</li> </ul>
<b>MAO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Film má vynikající odolnost proti korozi, vysokou pevnost, dobrou přilnavost a rovnoměrnou distribuci</li> <li>Vhodné pro složité povrchy</li> <li>Snadné pro provedení a kontrolu</li> <li>Dobrý poměr cena výkon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vykazuje drobné vady - mikrotrhliny, mikropóry a výtokové kanály</li> <li>Rychlý nárůst teploty elektrolytu může ztížit stabilní nanášení</li> <li>Vysoké teploty elektrolytu mohou vést k nadměrnému vybíjení, vedoucí k nerovnoměrné povrchové topografii filmu</li> </ul>

Podstata technologie MAO spočívá v tvorbě velmi tenké porézní oxidické vrstvy s proměnlivou hustotou v důsledku vytváření obloukových výbojů v kapalném elektrolytu. Vzniklá oxidická vrstva je robustní a její vlastnosti (např. tloušťka, porozita i korozní odolnost aj.) lze přizpůsobit specifickým požadavkům použití, díky nastavitelným parametrům technologie. Tato vrstva pak výrazně zlepšuje základní vlastnosti titanové slitiny tím, že snižuje riziko potenciálního uvolňování škodlivých iontů z objemového materiálu [9] a zvýšením odolnosti materiálu proti korozi [10]. Tyto vlastnosti ovlivňují interakci mezi kovovým implantátem a okolními buňkami [11]. Kromě toho je metoda MAO relativně levná a není škodlivá pro životní prostředí a lidský organismus [12].

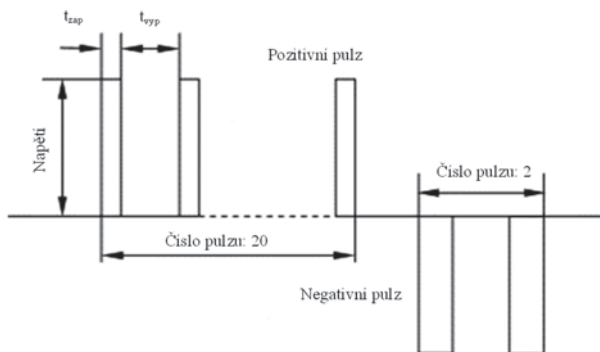
Předložená publikace je zaměřena na porovnání vlastností povrchu slitiny Ti-6Al-4V po její úpravě technologií MAO a její kombinace s předúpravou povrchu technologií

fyzikální depozice par (PVD). Hodnocena byla morfologie povrchu, chemické a fázové složení s ohledem na postup přípravy povrchové vrstvy.

## 2. Experimentální část

### 2.1 Použité zařízení

Výroba keramických povlaků na povrchu slitiny byla provedena metodou MAO na poloprovozní jednotce se zdrojem (DEHOR-elspec. Litvínov s.r.o., Česká republika) se střídavým proudem o výkonu 65 kW. Uvedené zařízení dovoluje nastavovat na sobě nezávisle parametry pulzů pomocí příslušných elektronických zesilovačů, což poskytuje velkou flexibilitu pro přípravu konkrétní mikrostruktury povlaku. Celý proces probíhá v prostředí kapalného elektrolytu, jehož složení rovněž ovlivňuje chemické složení a vlastnosti výsledného povrchu.



Obr. 1 Pracovní schéma pulzního výstupu jednotky mikroobloukové oxidace

Fig. 1 The diagram of the pulse output of the micro-arc oxidation unit

Z volitelných parametrů technologie (napětí, proud, frekvence a pracovní cyklus) je pracovní cyklus pulzů dominantním faktorem pro regulaci charakteristik povrchového výboje. Na obr. 1 je znázorněno schéma pulzního výstupu mikroobloukové oxidační napájecí jednotky. Pracovní cyklus pulzu ( $D_t$  v %) je definován vztahem (1):

$$D_t = \frac{t_{zap}}{t_{zap} + t_{vyp}} \cdot 100 \quad (1)$$

kde:  $t_{zap}$  je doba zapnutí pulzu [ms]

$t_{vyp}$  je doba vypnutí pulzu [ms].

Celý proces úpravy povrchu zahrnuje několik kroků:

- Č. 1 Proces odmaštění (1M NaOH; 45 °C)
- Č. 2,3 Oplach (destilovaná voda, vodivost < 10  $\mu$ S/cm);

Tab. 3 Složení elektrolytů v jednotlivých experimentech

Tab. 3 Electrolytes composition

Označení elektrolytu	Složení elektrolytu	Použití v experimentu č.
A	8 g/L NaOH, 15 g/L Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O, 150 g/l glycerolu	E1-E6
B	15 g/L Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O; 8 g/L NaOH; 80 g/L glycerol	E7 a E8
C	14 g/L Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O; 8 g/L NaOH; 100 g/L glycerol	E9

Tab. 4 Pracovní podmínky jednotky MAO při jednotlivých experimentech

Tab. 4 Working conditions of the MAO unit during each of the experiments

Experiment	Napětí	$t_{zap}$	$t_{vyp}$	Frekvence	$D_t$
	[V]	[ms]			
E1	450	0,25	5	190	5
E2	400	0,25	5	190	5
E3	350	0,25	5	190	5
E4	450	0,7	7	130	9
E5	400	0,7	7	130	9
E6	350	0,7	7	130	9
E7 a E8	500	0,7	10	93	7
E9	500	0,5	10	95	5

- Č. 4 Moření (HNO<sub>3</sub> + HF);
- Č. 5,6 Oplach (destilovaná voda; vodivost < 10  $\mu$ S/cm);
- Č. 7 Proces MAO (volitelný elektrolyt; pH dle složení elektrolytu, zpravidla  $\geq 12$ );
- Č. 8,9 Oplach (destilovaná voda; vodivost < 10  $\mu$ S/cm).

## 2.2 Popis postupů experimentů

K experimentálním pracím byly použity vzorky slitiny Ti-6Al-4V (hm. %) (5,5 Al; 4,5 V; 0,3 Fe; 0,15 Si; 0,1 C; 0,05 N; 0,015 H; 0,15 O; Ti dočet) o průměru 15 mm a tloušťce 2,6 mm. Všechny vzorky byly před vlastním experimentem vždy vyleštěny v odstředivém vibrátoru HV20 pomocí plastových mlecích koulí KF 10 a takto upravené vzorky byly považovány na východiskové (substrát-E01). S cílem porovnání charakteru upraveného povrchu slitiny v závislosti na postupu její přípravy, byla metoda MAO aplikována dvěma postupy způsobem:

- a) přímo na vzorky substrátu, přičemž MAO byla aplikována za různých podmínek procesu (experimenty E1-E6),
- b) povrch substrátu slitiny byl nejprve upraven PDV technikou napařením Ti (experiment E7), TiZr (experiment E8) a ZrN (experiment E9) a teprve poté byla použita úprava povrchu procesem MAO.

V jednotlivých experimentech byl po optimalizaci procesu použit elektrolyt o složení uvedeném v tab. 3 za použití volitelných parametrů MAO uvedených v tab. 4.

## 2.3 Metody charakterizace povrchové vrstvy slitiny

Připravené vrstvy na vzorcích slitiny byly studovány skenovací elektronovým mikroskopem s energiově disperzním spektrometrem (SEM/EDX) JEOL JSM-7610F Plus (JEOL, Japonsko). Snímky povrchu byly zobrazeny v režimu sekundárních elektronů (SE) a zpětně odražených elektronů (BSE). Stanovení prvkového složení povlaku bylo provedeno k SEM připojenému energiově disperzního rtg. spektrometru EDX (EDX, ULTIM MAX 65 mm<sup>2</sup>, Oxford Instruments, Anglie).

Detailní morfologie povrchu byla zobrazena pomocí mikroskopie atomárních sil (AFM) LiteScope™ (Nenovision s.r.o., Česká republika) metodou 3D CPEM. Plocha vzorku byla zobrazena optickým 3D senzorem IF-SensorR25 (Bruker Alicona, Rakousko). Drsnost

povrchu byla hodnocena jako aritmetický průměr absolutních hodnot profilu výšek ( $R_a$ ) a největší výška profilu ( $R_z$ ) a byla změřena v kontaktním režimu kontaktním profilometrem Talysurf 50 (Taylor Hobson, Anglie) a mikroskopem atomárních sil (AFM, Solver NEXT, NT-MDT).

Fázová struktura povlaků byla provedena práškovou rentgenovou difraktometrií (XRPD) pomocí přístroje Rigaku Ultima IV (Rigaku Innovative Technologies Europe s.r.o.) při ozáření  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1,542 \text{ \AA}$ , při 40 kV a 40 mA), vybaveného difraktometrem se scintilačním detektorem. Měření byla prováděna v reflexním režimu, vzorky byly lisovány v rotačním držáku – goniometru s Braggovou-Brentanovou geometrií v rozsahu  $2\theta$  od 10 do  $100^\circ$ , krok  $0,02^\circ$ , rychlost snímání  $1^\circ \cdot \text{min}^{-1}$ . Fázové složení bylo vyhodnoceno pomocí databáze PDF 2 Release 2014 (International Centre for Diffraction).

### 3. Výsledky a diskuse

#### 3.1 Chemické a fázové složení povrchů

Výsledky chemické analýzy povrchů provedené EDX analyzátozem shrnuje tab. 5.

Tab. 5 Chemické složení povrchových vrstev po aplikaci metody MAO (E1-E6) a PVD s MAO (E7-E9)

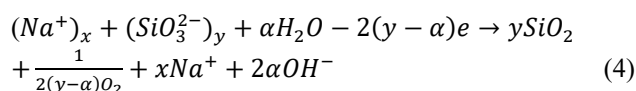
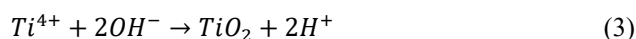
Tab. 5 The chemical composition of MAO (E1-E6) and PVD with MAO (E7-E9) coatings samples.

Experiment	Obsah prvku [hm. %]					
	O	Al	Si	Ti	V	Zr
E1	75,0	1,5	7,6	15,2	0,6	-
E2	74,2	1,8	5,0	18,3	0,7	-
E3	63,9	1,9	2,5	19,2	0,8	-
E4	75,5	1,4	9,1	13,4	0,5	-
E5	75,1	1,8	6,2	16,3	0,6	-
E6	73,8	2,2	3,1	20,1	0,7	-
E7	76,7	-	13,9	9,4	-	-
E8	76,0	-	3,2	2,5	-	18,3
E9	59,4	0,5	13,7	17,3	0,4	8,7

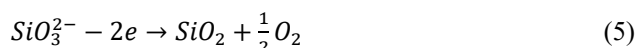
Z výsledků experimentů E1-E6 vyplývá, že složení vrstvy ovlivňuje použité napětí a pracovní cyklus. Nejvýrazněji byl ovlivněn obsah Si, který s klesajícím napětím a stejné frekvenci rovněž klesal, naopak obsah Al, Ti a V vzrůstal. Změny ve složení jsou důsledkem celkové dodané energie, intenzity a doby výskytu dielektrických mikrovýbojů, ve kterých se tavilo různé množství  $(\text{SiO}_3)^{2-}$  [13,14]. Pokud byl povrch slitiny nejprve upraven PVD technikou a následně byla aplikována technologie MAO, zvýšil se

v povrchové vrstvě výrazně obsah Si na úkor Ti i přes to, že na povrchu byla vrstva napařeného Ti (E7) technologií PVD. Pokud byl substrát pokrytý Ti a Zr (E8), převažoval v povrchové vrstvě Zr a kyslík. Obsah kyslíku v povrchové vrstvě klesl, a naopak vzrostl obsah Ti u aplikace technologie MAO na předem upravený povrch ZrN (E9). Obsah Si se pohyboval ve srovnatelné hodnotě.

Záznam identifikovaných fází v povrchové vrstvě vzorků E1-E7 včetně substrátu je znázorněn na obr. 2. Uvedené sloučeniny jsou výsledkem reakcí mezi složkami elektrolytu a substrátem – slitinou Ti-6Al-4V, která byla v systému zapojena jako anoda:

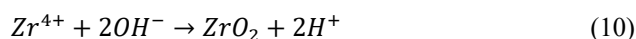
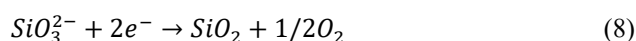
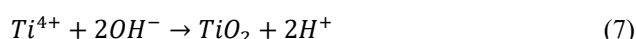


Je-li  $\alpha = 0$ , pak se uplatňuje reakce:

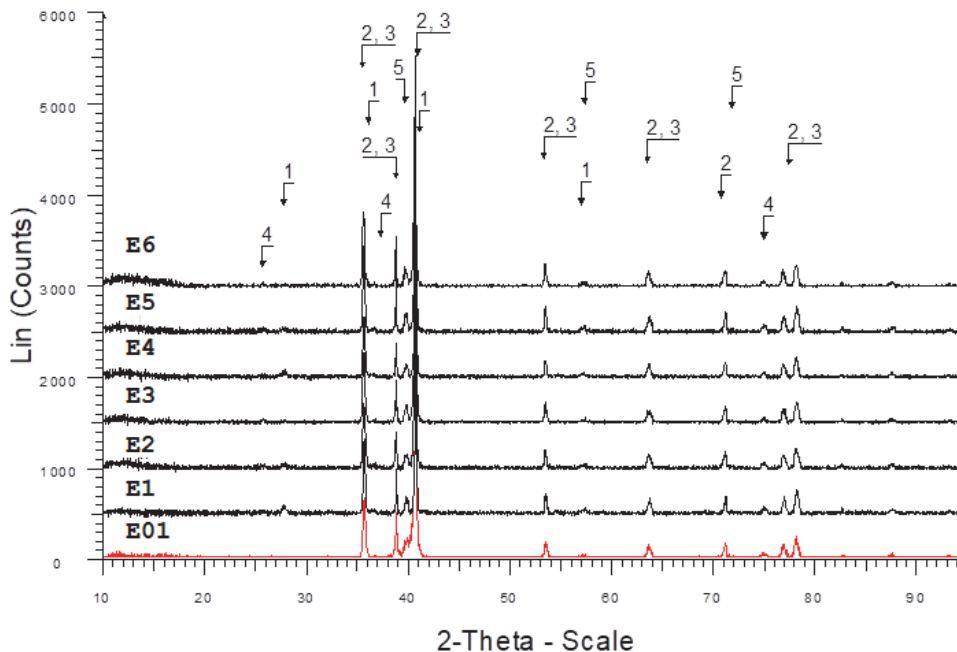


Křemík přítomný v elektrolytu je v povlaku zabudován ve formě oxidu zjištěného pomocí XRPD (viz obr. 2), k čemuž může dojít v důsledku vysokých lokálních teplot přesahujících teplotu tání  $\text{TiO}_2$  [15,16]. Kromě zjištěných krystalických fází může být křemík v povlaku přítomen také v amorfni formě, kterou nelze rentgenovou difrakcí detekovat [17].

V případě, že povrch slitiny je předem pokryt Zr, je pravděpodobné, že vznikají v obou případech (E8 a E9) sloučeniny na bázi křemíku a titanu ( $\text{ZrSiO}_4$  a  $\text{ZrTiO}_4$ ) podle chemických rovnic (6) až (12):

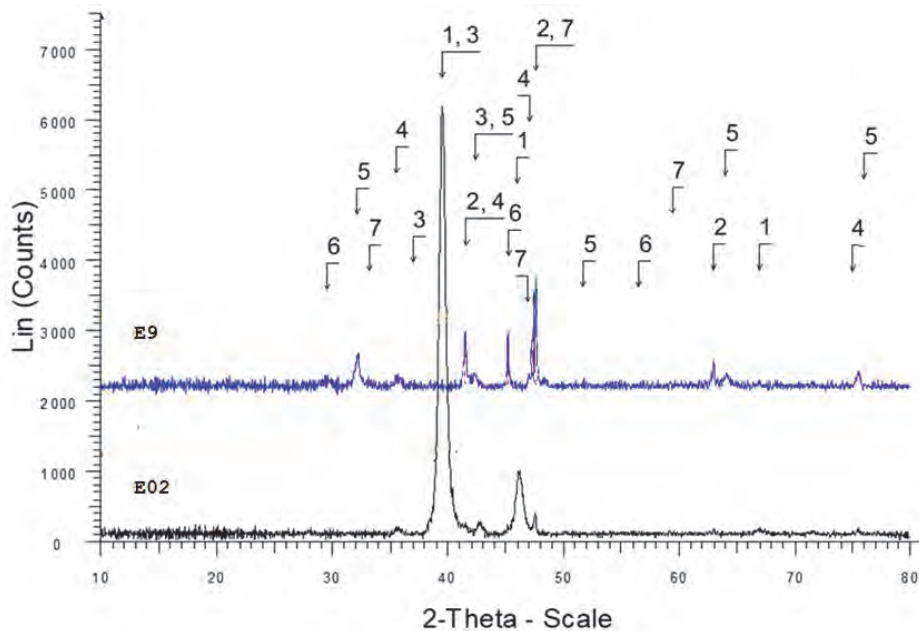


Přítomnost uvedených sloučenin byla u vzorku E9 potvrzena XRPD (viz obr. 3) ve shodě s publikovanými pracemi [18, 19].



Obr. 2 Záznam spekter rentgenové difrakce povrchu slitiny před (E01) a po aplikaci MAO (E1-E6); 1 – TiO<sub>2</sub> (rutil); 2 – titan(α+β); 3 – AlTi<sub>3</sub>; 4 – Al<sub>4</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>12</sub>; 5 – Ti<sub>0,75</sub>V<sub>0,25</sub>

Fig. 2 XRPD patterns surface before (E01) and after MAO treatment (E1-E6); 1 – TiO<sub>2</sub> (rutile); 2 – titan(α+β); 3 – AlTi<sub>3</sub>; 4 – Al<sub>4</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>12</sub>; 5 – Ti<sub>0,75</sub>V<sub>0,25</sub>



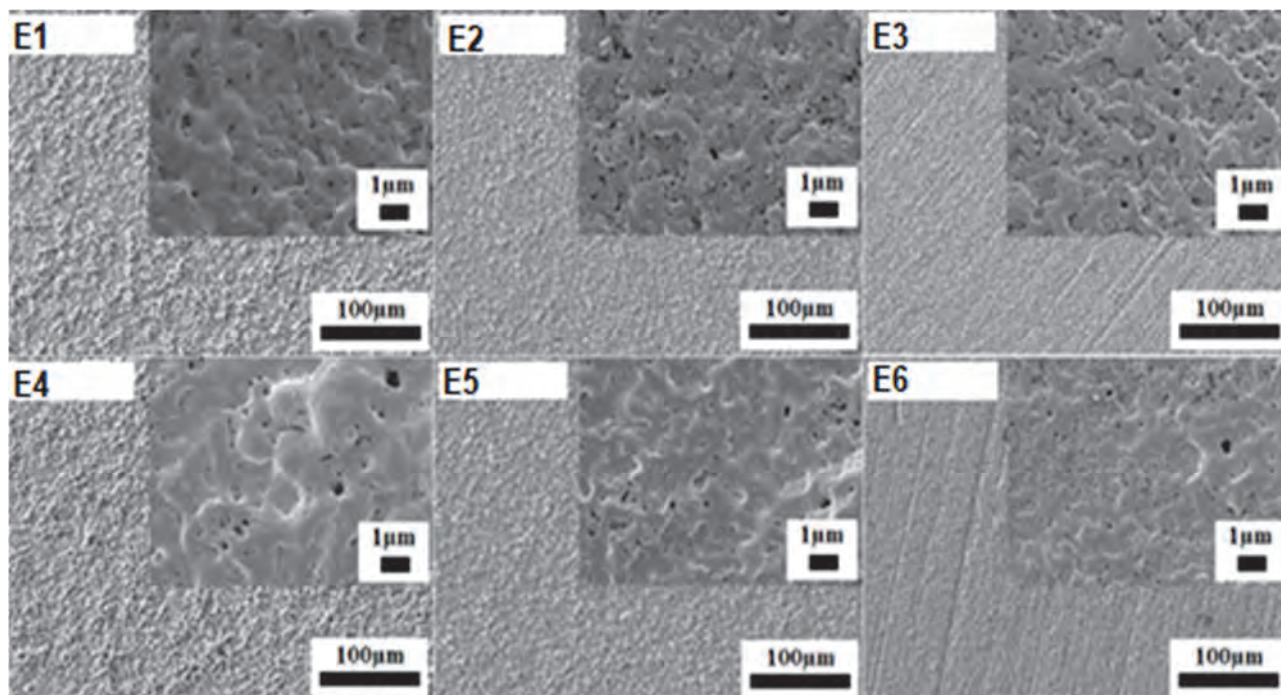
Obr. 3 Záznam spekter rentgenové difrakce povrchu slitiny po nanesení ZrN metodou PVD (E02) a po následném procesu MAO (E9); 1 – ZrN, 2 – ZrSiO<sub>4</sub>; 3 – Zr<sub>n</sub>O<sub>m</sub>; 4 – ZrTiO<sub>4</sub>; 5 – TiO<sub>2</sub> (rutil); 6 – TiO<sub>2</sub> (anatase); 7 – AlSi<sub>3</sub>Ti<sub>2</sub>

Fig. 3 XRPD patterns surface coating by ZrN (E02) and after MAO treatment (E9); 1 – ZrN, 2 – ZrSiO<sub>4</sub>; 3 – Zr<sub>n</sub>O<sub>m</sub>; 4 – ZrTiO<sub>4</sub>; 5 – TiO<sub>2</sub> (rutile); 6 – TiO<sub>2</sub> (anatase); 7 – AlSi<sub>3</sub>Ti<sub>2</sub>

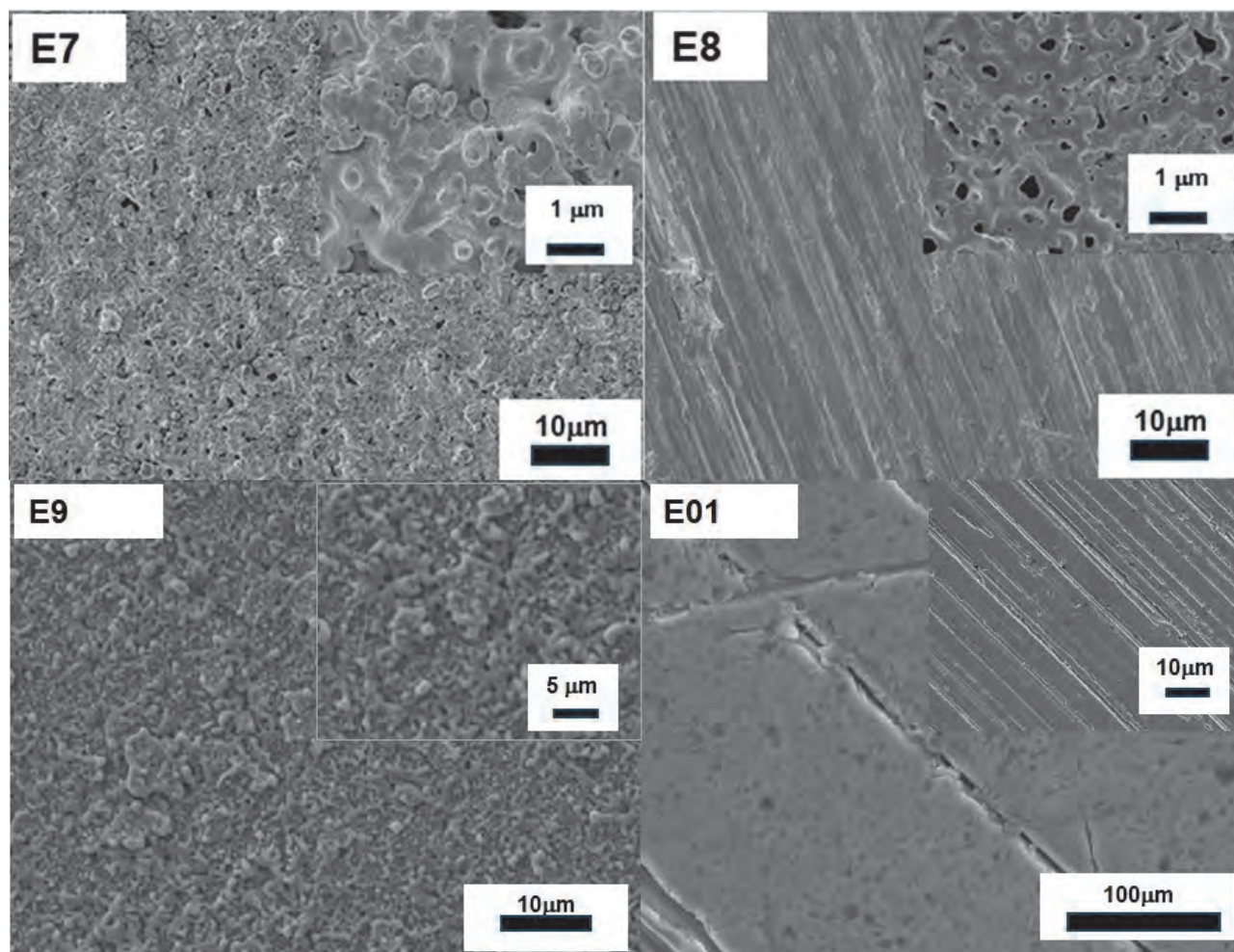
### 3.2. Hodnocení povrchu vytvořených vrstev

Povrch jednotlivých vzorků po aplikaci technologie MAO a kombinaci PVD a MAO skenovací elektronovou mikroskopií v různých zvětšeních jsou znázorněny na obr. 4 a 5. Z porovnání snímků povrchu upraveným technikou MAO (obr. 4) je patrná jejich podobnost při použití stejného pracovního napětí (E1 a E4; E2 a E5; E3 a E6). Zcela odlišná struktura vznikla po použití MAO na povrch

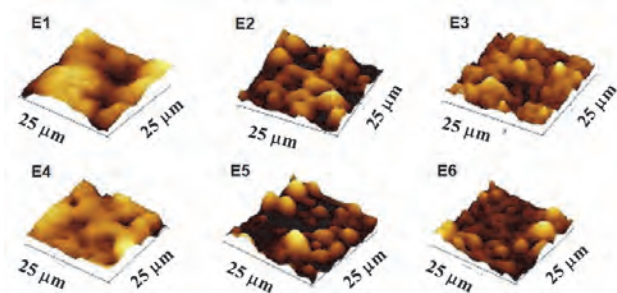
pokrytý Ti, TiZr nebo ZrN (E7-E9) pokud ji pozorujeme pod 400násobným zvětšením. Z detailního zobrazení povrchu (zvětšení 5000×, vložené obrázky v pravém horním rohu snímků SEM na obr. 4 a 5) je zřejmé, že jednotlivé struktury vykazují podobné rysy, lišící se velikostí a množstvím pórů. Tato skutečnost je patrná i ve srovnání se snímkem povrchu substrátu uvedeným na obr. 5, pod označení E01.



Obr. 4 Snímky SEM povrchu upravené Ti-6Al-4V slitiny procesem MAO za různých podmínek v experimentech E1-E6  
Fig. 4 SEM images of Ti-6Al-4V alloys after MAO coating, experiments E1-E6 and substrate surface (E01)



Obr. 5 Snímky SEM povrchu upravené Ti-6Al-4V slitiny po aplikaci PVD a MAO v experimentech E7-E9 a povrch substrátu (E01)  
Fig. 5 SEM images of Ti-6Al-4V alloys after coating PVD and MAO, experiments E7-E9 and substrate surface (E01)

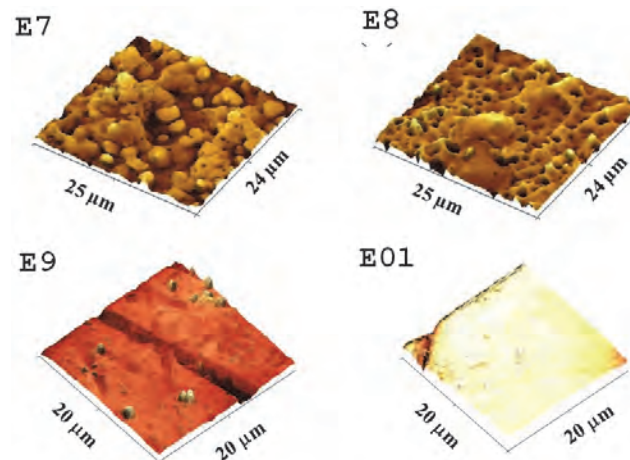


Obr. 6 Morfologie povrchu vzorků Ti-6Al-4V slitiny upravená MAO za různých podmínek získané AFM, vzorky z experimentu E1-E6

Fig. 6 Morphology of MAO coating of Ti-6Al-4V alloys - AFM images, experiments E1-E6

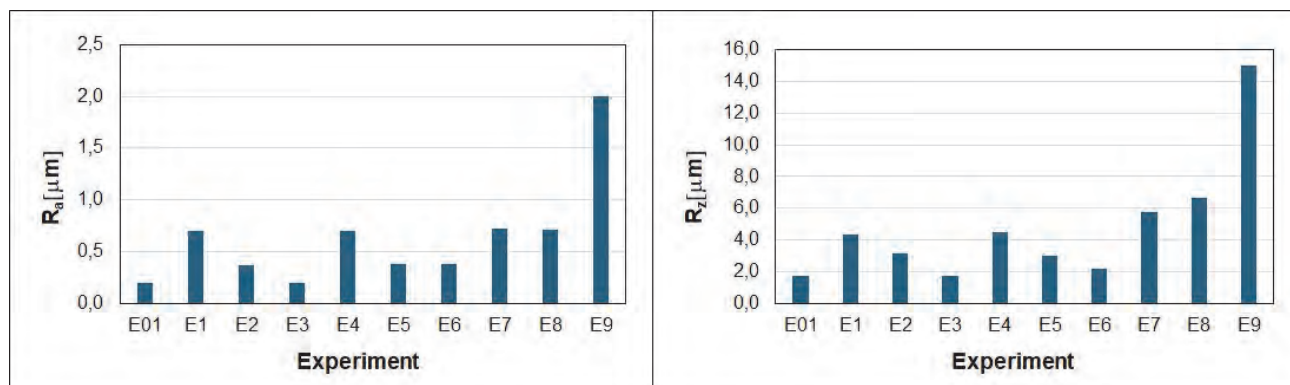
Detailně byla morfologie povrchu sledována mikroskopem atomárních sil (viz obr. 6 a 7). V souladu se snímkem SEM je patrné, že povrch připravený technikou PVD napařením ZrN a po té upravený technikou MAO je nejméně pórovitý, ale na rozdíl od ostatních vzorků povrchů je sporadicky pokrytý nerovnostmi. Z pohledu drsnosti právě povrch tohoto vzorku vykazuje nejvýraznější parametry  $R_a$  a  $R_z$ , které jsou shrnuty na obr. 8 ve srovnání s ostatními vzorky a povrchem substrátu – vyleštěné povrchu slitiny Ti-6Al-4V (E01). Z porovnání parametrů drsnosti dále

vyplývá, že větší drsnost povrchu vznikla u vzorků, které byly nejprve upraveny technikou PVD a následně byla aplikována mikrooblouková oxidace. Při použití stejné hodnoty pracovního cyklu se drsnost povrchu s rostoucím pracovním napětím zvětšuje (E1-E6).



Obr. 7 Morfologie povrchu vzorků Ti-6Al-4V slitiny upravená procesem PDF a MAO získané AFM, vzorky z experimentu E7-E9, E01 povrch substrátu

Fig. 7 Morphology of PDF and MAO coating of Ti-6Al-4V alloys - AFM images, experiments E7-E9, E01 AFM image of substrate



Obr. 8 Parametry drsnosti  $R_a$  (vlevo) a  $R_z$  (vpravo) připravených povrchů slitiny Ti-6Al-4V v jednotlivých experimentech v porovnání se substrátem (E01)

Fig. 8 The roughness parameters  $R_a$  (left) and  $R_z$  (right) of the prepared Ti-6Al-4V alloy surfaces in individual experiments compared to the substrate (E01)

#### 4. Závěr

Použití slitiny titanu Ti-6Al-4V, která se využívá v řadě oborů, lze rozšířit její povrchovou úpravou s cílem zlepšení tribologických a antikoročních vlastností povrchu. Cestou k uvedenému cíli je povrchová úprava slitiny postupy, mezi něž patří také mikrooblouková oxidace a fyzikální depozice par nebo jejich kombinace. Technologie MAO svou podstatou dovoluje několika nastavitelnými parametry měnit charakter vzniklé keramické vrstvy. Vlastnosti nových povrchů se pak hodnotí z pohledu chemického a fázového složení, morfologie, tribologických vlastností, příp. smáčivosti nebo bakteriální odolnosti. Na vyleštěných površích vzorků slitiny Ti-6Al-4V byly v podmín-

kách MAO a kombinacemi PVD a MAO připraveny keramické vrstvy v prostředí kapalného alkalického elektrolytu s přídavkem glycerinu. Vzniklé povrchy byly hodnoceny rentgenovou difrakcí, skenovací elektronovou mikroskopií, mikroskopií atomárních sil a byly určeny parametry drsnosti  $R_a$  a  $R_z$ . Z provedených experimentů vyplývá, že drsnost povrchu lze výrazně ovlivnit použitým napětím techniky MAO a hodnotou pracovního cyklu pulzu. Aplikace metody MAO na povrch slitiny předem upravený PVD zvyšuje hodnoty drsnosti, ale na výsledném povrchu snižuje množství pórů. Vzniklé vrstvy obsahují oxidy titanu (rutil i anatas), oxid křemíku a sloučeniny Ti, Al a V je-li MAO aplikována přímo na slitinu Ti-6Al-4V. Po úpravě povrchu metodou PVD napařením Zr, ZrTi nebo

ZrN mohou vznikat také sloučeniny Zr, Ti a O nebo Zr, Si a O. Předmětem dalšího výzkumu bude studium tribologických a antikoročních vlastností připravených vrstev na základě kterých bude možné určit jejich případné praktické využití.

### Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu *Materiály a technologie pro udržitelný rozvoj v rámci Operačního programu Jana Amose Komenského financovaného Evropskou unií a ze státního rozpočtu České republiky (č. CZ.02.01.01/00/22\_008/0004631)* a přispěním projektu *Aplikace nízkoteplotního plazmatu za účelem redukce plynných emisí TAČR (č. FW10010383)*.

### Literatura

- [1] Přehled vlastností titanových slitin | Cetima.cz. dostupný z [www.cetima.cz/o-titanu/view/prehled-vlastnosti-titanovych-slitin/](http://www.cetima.cz/o-titanu/view/prehled-vlastnosti-titanovych-slitin/)
- [2] NAJAFIZADEH, M., YAZDI, M. BOZORG, S., GHASEMPOUR-MOUZIRAJI, M., HOSSEINZADEH, M., ZARRABIAN, M. and CAVALIERE, P. Classification and applications of titanium and its alloys: A review. *Journal of Alloys and Compounds Communications*. (2024), **3**, 100019. ISSN 2950-2845. DOI 10.1016/j.jacomc.2024.100019.
- [3] GAO, K., ZHANG, Y., YI, J., DONG, F. and CHEN, P. Overview of Surface Modification Techniques for Titanium Alloys in Modern Material Science: A Comprehensive Analysis. *Coatings*. (2024), **14**(1). ISSN 2079-6412. DOI 10.3390/coatings14010148.
- [4] GABOR, R., MALANÍK, K., MARVAN, J., DOUBKOVÁ, M., PAŘÍZEK, M., BAČÁKOVÁ, L. and DROBÍKOVÁ, K. Research and Development of Technological Application of Microarc Oxidation of Titanium Alloy Ti6Al4V. *Metallurgical Journal*. (2016), **4**(0018–8069), 4–12. ISSN 0018-8069.
- [5] TIAN, M., GUAN, Y., ZHAO, F., XIONG, Y., BAI, J., ZHAO, W., JIA, X., GUO, H. and SAN, H. Review of the Processing Parameters of the Plasma Electrolytic Oxidation on Titanium Alloys for Biological Application. *Paradigm Academic Press*. (2025), **4**(1), 1–20. ISSN 2788-7030. DOI 10.56397/IST.2025.01.01.
- [6] MING, X., WU, Y., ZHANG, Z. and LI, Y. Micro-Arc Oxidation in Titanium and Its Alloys: Development and Potential of Implants. *Coatings*. (2023), **13**(12). DOI 10.3390/coatings13122064. ISSN 2079-6412.
- [7] DESHMUKH, S., CHAD, A. and GHORPADE, R. Bio-mechanical analysis of porous Ti-6Al-4V scaffold: a comprehensive review on unit cell structure in orthopaedic application. *Biomedical Physics & Engineering Express*. 10 (2024), **6**. DOI 10.1088/2057-1976/ad8202.
- [8] WEN, X., LIU, Y., XI, F., ZHANG, X. and KANG, Y. Micro-arc oxidation (MAO) and its potential for improving the performance of titanium implants in biomedical applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. (2023), **11**. ISSN 2296-4185. DOI 10.3389/fbioe.2023.1282590.
- [9] HANAWA, T. Metal ion release from metal implants. *Mater. Sci. Eng. C*, **24**, 745–752. DOI org/10.1016/j.msec.2004.08.018 (2004).
- [10] SANTOS-COQUILLAT, A. et al. Bioactive multi-elemental PEO-coatings on titanium for dental implant applications. *Mater. Sci. Eng. C*, **97**, 738–752. DOI org/10.1016/j.msec.2018.12.097 (2019).
- [11] LIU, X., CHU, P. and DING, C. Surface modification of titanium, titanium alloys, and related materials for biomedical applications. *Mater. Sci. Eng. R Rep.* **47**, 49–121. DOI org/10.1016/j.mser.2004.11.001 (2004).
- [12] WANG, Y. M., JIA, D. C., GUO, L. X., LEI, T. Q. and JIANG, B. L. Effect of discharge pulsating on microarc oxidation coatings formed on Ti6Al4V alloy. *Materials Chemistry and Physics*. (2005), **90**(1), 128–133. DOI 10.1016/j.matchemphys.2004.10.025. ISSN 0254-0584.
- [13] KALUĐEROVIĆ, M. R., SCHRECKENBACH, J. P. and GRAF, H. L. Titanium dental implant surfaces obtained by anodic spark deposition – From the past to the future. *Materials Science and Engineering C*. (2016), **69**, 1429–1441. ISSN 09284931. DOI 10.1016/j.msec.2016.07.068.
- [14] SERRUYS, Y., SAKOUT T. and GORSE, D. Anodic oxidation of titanium in 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> studied by Rutherford backscattering. *Surface Science* 1993, **282**, 279–287.
- [15] AN, L., MA, Y., LIU, Y., SUN, L., WANG, S. and WANG, Z. Effects of additives, voltage and their interactions on PEO coatings formed on magnesium alloys. *Surface and Coatings Technology*. (2018), **354**, 226–235. DOI 10.1016/j.surfcoat.2018.09.026. ISSN 0257-8972.
- [16] WEI-CHAO, G., GUO-HUA, L., HUAN, C., GUANG-LIANG, C., WEN-RAN, F., GU-LING, Z. and SI-ZE Y. Investigation of morphology and composition of plasma electrolytic oxidation coatings in systems of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>-NaOH and (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>-NaOH. *Journal of Materials Processing Technology*. (2007), **182**(1–3), 28–33. ISSN 0924-0136. DOI 10.1016/j.jmatprotec.2006.07.002.
- [17] KHANMOHAMMADI, H., ALLAHKARAM, S. R. and TOWHIDI, N. Microstructural, corrosion and mechanical behavior of two-step plasma electrolyte oxidation ceramic coatings. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*. (2017), **27**(10), 2225–2233. ISSN 2210-3384. DOI 10.1016/S1003-6326(17)60248-6.
- [18] SONG, K., FAN, J., LI, W., JIANG, J., XU, Z. and ZHANG, C. Effect of ZrO<sub>2</sub> types on ZrSiO<sub>4</sub> formation. *Ceramics International*. (2019), **45**(17), 23444–23450. DOI 10.1016/j.ceramint.2019.08.048. ISSN 0272-8842.
- [19] FAWRIN, H., MARLINA, L. A., HUTAMA, A. S. and TRISUNARYANTI, W. Investigations of the influence of non-metal dopants on the electronic and photocatalytic properties of ZrTiO<sub>4</sub> by density functional theory calculations. *Computational Condensed Matter*. 2021, **29**. DOI 10.1016/j.cocom.2021.e00607. ISSN 2352-2143.

## Evropský ocelářský průmysl přislíbil další podpurná opatření

Stefan Sejourne, kandidát Evropské komise na výkonného viceprezidenta pro prosperitu a průmyslovou strategii, slíbil další opatření na ochranu ocelářského sektoru, aby se uvolnily investice do dekarbonizace. Vyslechly ho čtyři výbory Evropského parlamentu a v odpovědi na otázky poslanců řekl, že ocelářský průmysl by mohl získat další podporu od Evropské investiční banky.

Sejourne ve svém projevu oznámil nadcházející Pakt čistého průmyslu, který má položit základy průmyslové politiky, která je relevantní pro současnost. Zdůraznil, že EU by měla současně usilovat o dekarbonizaci a reindustrializaci. Kandidát vyzval k zaměření na strategická odvětví s největším potenciálem a socioekonomickým dopadem, na pomoc při snižování cen energií a na rozvoj předních trhů pro produkty, jako jsou elektromobily a tepelná čerpadla.

Zdroj GMK

# Informační články

## Stavba plně robotizované kovací linky s lisem 4000 tun

### Construction of a Fully Fobotic Forging Line with a 4000 ton Press

Pavel Feilhauer

MSV Metal Studénka, a.s., Tomáška 859, 742 13 Studénka, česká republika

Koncem loňského roku byla v MSV Metal Studénka zahájena výstavba jedné z nejvýznamnějších investic firmy za poslední roky, stavba plně robotizované kovací linky s lisem 4000 tun. Během prvních 5 měsíců roku 2024 byly prováděny především náročné stavební práce spojené se stavbou základů nové linky. Současně se pracovalo na přípravě základů pro vodní hospodářství, zajišťující chlazení oteplené vody z nové linky a práce spojené s instalací nového trafá a přívodů VN a NN el. kabelů. Hlavní stavební práce byly ukončeny v polovině května 2024.

V červnu a červenci, po ukončení stavebních prací, pokračovaly intenzivně práce spojené s instalací potrubních rozvodů chladicí vody, VN a NN elektro kabelů, datových kabelů, rozvodů plynu a stlačeného vzduchu. Aby se všechny rozvaděče a zařízení linky vešly do určeného prostoru v hale kovárny, musela být nově vybudována ocelová konstrukce, na kterou byly postupně instalovány a zapojovány rozvaděče jednotlivých strojů a zařízení, odtahové ventilátory pro dochlazovací dopravník a další zařízení.



Jednou s nejsložitějších operací byl dovoz 3 lisů a jejich ustavení na základy. Nejtěžší část, stojan hlavního lisu, vážil 120 tun a jeho převoz v areálu naší firmy, a především v hale kovárny byl logisticky velmi náročný.

Během června a července se tak postupně podařilo úspěšně instalovat na základy a následně připojit na energie a média všechna zařízení linky: ostříhovací lis LDO 500, kovací lis LMZ 4000, předkovací lis LZK 1000, manipulační roboty,

dochlazovací dopravník, indukční ohřev, zařízení pro odsávání zplodin a zařízení pro automatické mazání

zápustek. Současně se zprovoznilo vodní hospodářství pro chlazení oteplené vody.



V druhé polovině července byly zahájeny práce na oživení celé linky a oživení komunikace mezi centrálním řídicím systémem linky a dílčími zařízeními. Bylo namontováno ochranné oplocení a zakrytovány všechny technologické a energo kanály.

I přes tyto náročné činnosti a nečekané překážky se podařilo dodržet harmonogram celého projektu a oživit linku v plánovaném termínu.

V průběhu následujících měsíců, po vydání rozhodnutí o zkušebním provozu, budou na lince připravovány, odlaďovány a zkoušeny technologie pro jednotlivé výkovky, které se budou na lince vyrábět. Do plného, sériového provozu by linka měla být uvedena v 1. kvartále 2025. Věříme, že linka s kapacitou 4000 tun výkovku za rok bude pro naši firmu velkým přínosem a otevře nám dveře k novým a zajímavým zakázkám, z nových výrobních segmentů.



# Zprávy z ocelářské unie a.s. Praha

## Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2023 a 2024

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	Červenec	Srpen	Leden-Srpen	Červenec		Srpen		Leden-Srpen	
	2024	2024	2024	2023	2024/23	2023	2024/2023	2023	2024/2023
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
<b>KOKS</b>									
ČR	66,03	64,03	513,86	100,10	65,96	101,27	63,23	918,87	55,92
<b>AGLOMERÁT</b>									
ČR	226,50	243,10	1 831,60	330,61	68,51	342,04	71,07	2 832,45	64,66
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
ČR	177,11	172,26	1 372,78	226,56	78,18	239,15	72,03	1 994,87	68,82
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
ČR	229,34	222,64	1 775,30	283,10	81,01	302,13	73,69	2 516,35	70,55
<b>KONTISLITKY</b>									
ČR	213,64	210,02	1 654,50	267,65	79,82	284,74	73,76	2 379,92	69,52
<b>BLOKOVNY</b>									
ČR	50,39	53,19	387,89	53,82	93,63	53,50	99,41	387,34	100,14
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
ČR	217,45	198,68	1 862,34	292,52	74,34	230,05	86,36	2 323,02	80,17
<b>TRUBKY</b>									
ČR	14,39	10,63	127,13	22,23	64,74	19,57	54,31	216,89	58,61
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
ČR	15,05	11,67	137,33	16,36	92,01	12,34	94,60	131,40	104,51
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
ČR	0,88	1,21	8,73	1,09	80,68	1,01	119,74	9,20	94,90

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha – Jiří Dufek



## Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2023 a 2024

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	Srpen	Září	Leden-Září	Srpen		Září		Leden-Září	
	2024	2024	2024	2023	2024/23	2023	2024/2023	2023	2024/2023
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
<b>KOKS</b>									
ČR	64,03	60,77	574,63	101,27	63,23	98,32	61,81	1017,19	56,49
<b>AGLOMERÁT</b>									
ČR	243,10	177,40	2009,00	342,04	71,07	223,16	79,49	3055,61	65,75
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
ČR	172,26	125,68	1498,46	239,15	72,03	168,89	74,42	2163,77	69,25
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
ČR	224,79	166,33	1941,63	302,13	74,40	207,72	80,07	2724,07	71,28
<b>KONTISLITKY</b>									
ČR	210,02	150,60	1805,10	284,74	73,76	193,61	77,79	2573,53	70,14
<b>BLOKOVNY</b>									
ČR	53,19	37,80	425,69	53,50	99,41	47,17	80,15	434,50	97,97
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
ČR	199,38	205,71	2068,75	230,05	86,67	110,62	185,95	2433,65	85,01
<b>TRUBKY</b>									
ČR	10,63	15,39	142,52	19,57	54,31	26,01	59,17	242,90	58,67
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
ČR	11,67	13,13	150,46	12,34	94,60	13,46	97,56	144,86	103,86
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
ČR	1,21	0,00	8,73	1,01	119,74	1,00	0,00	10,20	85,57

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha – Jiří Dufek



## Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2023 a 2024

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	Září	Říjen	Leden- Říjen	Září		Říjen		Leden-Říjen	
	2024	2024	2024	2023	2024/23	2023	2024/2023	2023	2024/2023
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
<b>KOKS</b>									
ČR	60,77	64,72	639,34	98,32	61,81	82,30	78,63	1099,49	58,15
<b>AGLOMERÁT</b>									
ČR	177,40	150,20	2159,20	223,16	79,49	274,99	54,62	3330,60	64,83
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
ČR	125,68	118,22	1616,68	168,89	74,42	201,11	58,78	2364,87	68,36
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
ČR	166,33	152,18	2093,81	207,72	80,07	253,15	60,12	2977,22	70,33
<b>KONTISLITKY</b>									
ČR	150,60	138,48	1943,58	193,61	77,79	236,86	58,46	2810,40	69,16
<b>BLOKOVNY</b>									
ČR	37,80	51,03	476,72	47,17	80,15	50,16	101,74	484,67	98,36
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
ČR	205,71	234,43	2303,17	110,62	185,95	281,65	83,23	2715,30	84,82
<b>TRUBKY</b>									
ČR	15,39	18,32	160,84	26,01	59,17	24,23	75,59	267,13	60,21
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
ČR	13,13	14,72	165,18	13,46	97,56	15,73	93,60	160,59	102,86
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
ČR	1,16	1,29	11,18	1,00	115,85	1,28	100,23	11,49	97,33

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha – Jiří Dufek



## Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2023 a 2024

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	Říjen	Listopad	Leden- Listopad	Říjen		Listopad		Leden-Listopad	
	2024	2024	2024	2023	2024/23	2023	2024/2023	2023	2024/2023
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
<b>KOKS</b>									
ČR	64,72	62,98	702,33	82,30	78,63	80,53	78,21	1180,02	59,52
<b>AGLOMERÁT</b>									
ČR	150,20	224,30	2383,50	274,99	54,62	210,80	106,41	3541,40	67,30
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
ČR	118,22	175,76	1792,44	201,11	58,78	156,83	112,07	2521,71	71,08
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
ČR	152,18	231,20	2325,01	253,15	60,12	201,70	114,63	3178,92	73,14
<b>KONTISLITKY</b>									
ČR	138,48	215,99	2159,57	236,86	58,46	187,29	115,33	2997,68	72,04
<b>BLOKOVNY</b>									
ČR	51,03	43,18	519,90	50,16	101,74	47,21	91,47	531,87	97,75
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
ČR	234,43	246,83	2550,00	281,65	83,23	238,63	103,43	2953,93	86,33
<b>TRUBKY</b>									
ČR	18,32	23,86	184,69	24,23	75,59	25,63	93,10	292,76	63,09
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
ČR	14,72	14,71	179,89	15,73	93,60	14,48	101,59	175,07	102,75
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
ČR	1,29	1,27	12,45	1,28	100,23	1,13	112,40	12,61	98,68

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha – Jiří Dufek



## Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2023 a 2024

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	Listopad	Prosinec	Leden-Prosinec	Listopad		Prosinec		Leden-Prosinec	
	2024	2024	2024	2023	2024/23	2023	2024/2023	2023	2024/2023
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
<b>KOKS</b>									
ČR	62,98	64,77	767,09	80,53	78,21	75,92	85,31	1255,95	61,08
<b>AGLOMERÁT</b>									
ČR	224,30	229,35	2612,85	210,80	106,41	216,90	105,74	3758,30	69,52
<b>SUROVÉ ŽELEZO</b>									
ČR	175,76	172,48	1964,93	156,83	112,07	160,47	107,48	2682,18	73,26
<b>SUROVÁ OCEL</b>									
ČR	231,20	222,93	2547,94	201,70	114,63	205,40	108,53	3384,32	75,29
<b>KONTISLITKY</b>									
ČR	215,99	210,40	2369,97	187,29	115,33	192,65	109,21	3190,33	74,29
<b>BLOKOVNY</b>									
ČR	43,18	48,20	568,11	47,21	91,47	48,13	100,15	580,00	97,95
<b>VÁLCOVANÝ MATERIÁL</b>									
ČR	242,51	180,34	2726,03	238,63	101,63	172,82	104,35	3126,75	87,18
<b>TRUBKY</b>									
ČR	23,86	18,73	203,42	25,63	93,10	9,01	207,81	301,77	67,41
<b>TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL</b>									
ČR	14,71	11,58	191,46	14,48	101,59	9,07	127,68	184,13	103,98
<b>STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ</b>									
ČR	1,27	0,80	13,25	1,13	112,40	0,48	166,39	13,10	101,17

POZNÁMKA: \*) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha – Jiří Dufek



# EUROPEAN GREEN DEAL

## SMĚRY EVROPSKÉHO HUTNICTVÍ K „ZELENÉ OCELI“

Ing. Jaroslav PINDOR, Ph.D.

OCELOT s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

### Třinecké železárny dají na dekarbonizaci 25 miliard. Potřebujeme co nejvíc zelené elektřiny, říká expert

Rozhovor s vedoucím oddělení inovací Třineckých železáren Jiřím Mravcem.

Zdroj: <https://www.obnovitelne.cz>

Místo vysokých pecí bude ocel v Třinci už za pár let vyrábět elektrická oblouková pec. Jde ale jen o jedno z opatření, kterými oceláři chtějí snížit své emise.

Těžký průmysl patří mezi největší producenty emisí skleníkových plynů a ocelárny a železárny nejsou výjimkou. Výroba kvalitní oceli je ale pro evropské hospodářství kriticky důležitá a neobejde se bez ní ani zelená transformace. Ostatně výrobky s původem v Třinci najdeme i třeba ve větrných elektrárnách.

Nyní Třinecké železárny, podnik s téměř 200letou tradicí, stojí před zásadním mezníkem. Během příštích šesti let potřebuje investovat 25 miliard korun, aby snížil své emise o desítky procent a dokázal nadále držet krok se zahraniční konkurencí.

„Největší výzva bude zvládnout celý projekt investičně a technologicky tak, aby zapadl tady do našeho areálu. Představte si to jako obrovskou rekonstrukci domu za jeho plného provozu,“ říká v rozhovoru pro Obnovitelně.cz Vedoucí oddělení inovací Třineckých železáren Jiří Mravec.

### Máte za cíl snížit emise do roku 2030 o 55 procent proti roku 1990. Jak jste zatím pokročili?

Od roku 1990 jsme už snížili emisní náročnost naší výroby z hlediska produkce CO<sub>2</sub> o 15 procent. Pokud bychom se bavili o emisích prachových částic nebo oxidů síry, ty jsme za tu dobu snížili dokonce o 90 a více procent.

### To znamená, že musíte za pouhých šest let snížit emise skleníkových plynů z provozu ještě o 40 procent oproti stávajícímu stavu?

Ano, jde o zhruba 1 a půl milionu tun CO<sub>2</sub> ročně. Nicméně pokud chceme udělat radikální krok a snížit emise skleníkových plynů o 55 procent oproti roku 1990, musíme výrazně zasáhnout do technologie výroby oceli. Největší

investiční projekt, který nás čeká v dalších čtyřech až pěti letech, je transformace prvovýroby.

### Jak velká je teď uhlíková stopa jedné tuny vaší oceli?

Nejčastěji uvádíme číslo asi 1,6 tuny CO<sub>2</sub> na tunu oceli. Jde o emise Scope 1 a 2, tedy o přímé emise z našich komínů a dopravních prostředků plus emise ze spotřebovaných energií.



Areál u hranic s Polskem má délku skoro sedm kilometrů.  
Zdroj: Třinecké železárny

Pokud srovnáváme ostatní producenty, kteří vyrábějí stejným způsobem jako my, tedy z železné rudy, jsme na úrovni evropské i světové špičky. Pokud bychom započítali i Scope 3, tedy nepřímé emise, jsme na úrovni 2,2 nebo 2,3 tuny CO<sub>2</sub> na tunu oceli. Tam už jsou ale započítány všechny emise, které ani nemáme reálně pod kontrolou, proto se nejčastěji uvádí jen Scope 1 a 2.

Jestliže se bavíme o snížení o 40 procent oproti současnému stavu, chceme se do roku 2030 dostat pod jednu tunu CO<sub>2</sub> na jednu tunu oceli.

### Čím více zelené elektřiny, tím lépe pro oceláře

### Můžete představit konkrétní opatření, kterými chcete snížit emise ve Scope 1 a 2?

Naš transformiční projekt zahrnuje výstavbu nové elektrické obloukové pece, dále přechod na výrobu oceli ze šrotu a zároveň uzavření jedné části stávající rudné prvovýroby. To je Scope 1, tedy snížení emisí skutečně proudících z našich komínů.

U Scope 2 bude hodně záviset na emisním faktoru energetického mixu v distribuční síti. To se odrazí hlavně na emisní náročnosti elektrické obloukové pece, kterou si v tomto případě můžeme představit jako elektroauto.

U normálního benzináku jdou emise přímo z výfuku, u elektromobilu záleží na tom, jak je vyrobená elektřina, kterou dobíjím. Proto je pro nás klíčové, aby elektřina v České republice byla vyráběna s co nejnižší uhlíkovou stopou. Díky tomu klesnou emise i v naší výrobě.

Elektrickou pec bychom rádi spustili koncem roku 2028. Představuje pro nás zásadní technologii pro náš dekarbonizační projekt, díky které budeme moci vyrábět nízkoemisní ocel pouze za využití šrotu a elektřiny.

**Elektrické obloukové pece byly historicky mnohem nákladnější na provoz než běžné vysoké pece. Jak vám tato změna bude vycházet ekonomicky?**

Ano, dříve tomu tak bylo, nicméně dnes už to z hlediska provozních nákladů vychází v podstatě na stejno. Závisí samozřejmě na vývoji nákladů na elektřinu. Kdybychom v roce 2022 neměli zafixované ceny a museli v té době nakupovat na burze, tak by oblouková pec byla strašně drahá.



Výroba jedné tuny oceli vyprodukuje po započtení Scope 1, 2 i 3 asi 2,3 tuny emisí CO<sub>2</sub>  
Zdroj: Třinecké železářny

Ale při dnešních normálnějších cenách bychom se nákladově pohybovali na úrovni běžné vysoké pece. Navíc Evropská unie skrze emisní povolenky vytváří podmínky pro to, aby ocel z vysokopeční cesty zdražila, protože za emisní povolenky budeme muset platit více peněz.

**Na druhou stranu, teď se objevují zprávy o tom, že svět zaplavuje levná čínská ocel, protože tam věci jako emisní povolenky neřeší. Jak se připravujete na takovou formu konkurence, která nebude zatížená západními podmínkami?**

Nezbývá nám než dělat kvalitní výrobky, poskytovat našim zákazníkům kvalitní servis a doufat, že zákazníci za kvalitu zaplatí. Jinou možnost nemáme. Pokud evropský zákazník půjde jenom po ceně a bude mu jedno, odkud ocel pochází, a pokud Evropa neochrání svůj trh, jako to dělá Amerika například prostřednictvím cel nebo kvót, budeme to mít samozřejmě těžké.

Investujeme do modernizace, snažíme se zvýšit svou konkurenceschopnost, ale těžko můžeme čelit firmám ze zemí, kde jsou podmínky výroby úplně jiné.

## Jako obří rychlovarná konvice

**Co se týče emisí Scope 2, tedy z energetiky, plánujete jít snižování emisí naproti nějakou vlastní cestou, například výstavbou vlastních OZE nebo přímými nákupy čisté elektřiny prostřednictvím PPA kontraktů?**

Zhruba 60 procent elektřiny a velké množství dalších energií, jako například stlačený vzduch nebo teplo, nám dodává naše dceřiná firma Energetika Třinec. Tato společnost má vlastní velký transformační projekt, kdy postaví úplně novou paroplynovou elektrárnu s možností spalování směsi vodíku.

Nová elektrárna bude v provozu v roce 2027. Nebude samozřejmě přímo zásobovat pec, ale bude posílat energii do celého areálu, potažmo do celého Třince. Představuje pro nás ale jeden dostupný nízkoemisní zdroj.

Další potřeby se budeme snažit pokrýt prostřednictvím PPA kontraktů na přímý nákup zelené elektřiny. Půjde minimálně o část produkce pro vybrané zákazníky. Zbytek energií budeme nakupovat klasicky na trhu.



Ocel z Třince míří třeba do větrných elektráren  
Zdroj: Třinecké železářny

Nepočítáme s výstavbou velkého fotovoltaického nebo větrného parku. Nemáme pro to úplně vhodné podmínky. Nějaké soláry máme na vlastních střechách, v okolí máme připravené větší pozemní fotovoltaické elektrárny, ale nepůjde určitě o zdroje, které by dokázaly zásobovat tak obrovské agregáty, jako je třeba elektrická oblouková pec.

Představte si to jako obří rychlovarnou konvici, tak velkou, že bude muset být napojená na páteřní vedení, kde bude mít rezervovaný příkon 150 MW. Ročně se bavíme o spotřebě přes 600 GWh elektřiny. Oproti současnému stavu nám spotřeba elektřiny naroste asi o 30 procent. A je v našem zájmu, aby co nejvyšší podíl byl s garancí bezemisního původu a samozřejmě za rozumnou cenu.

**Když se ale podívám tady po vašem třineckém areálu, vidím tu spoustu hal s velkými plochami střech. Plánujete třeba projekt právě na výstavbu střešních fotovoltaik přímo tady v místě spotřeby?**

Snažíme se je budovat na těch provozech, které jsou pro to vhodné, a to ať už tady v Třinci, v Ostravě nebo jinde. Problém je často nosnost střech, které můžou být starší a nejsou konstruovány na to, aby unesly velkou fotovoltaiku. A není úplně jednoduché dělat rekonstrukci střechy teď za plného provozu.

I přes tyto překážky ale nějaké fotovoltaiky máme, byť vzhledem k celkové náročnosti výroby pokrývají jen zlomek spotřeby.

Jednu máme přímo tady v třineckém areálu, druhou velkou v areálu Energetiky. Také máme velkou elektrárnu ve Starém městě u Uherského Hradiště, kde jsme stavěli novou halu. Další aktuálně stavíme na válcovně v Ostravě a plánujeme mít fotovoltaiku i na Kladně.

## Dekarbonizace závisí na modernizaci dopravy

**Zbývají nám zmínit ještě emise Scope 3, tedy u dodavatelů. Jak se vám daří snižovat tuto oblast?**

Je to náročné, protože nad tím nemáme plnou kontrolu. Do budoucna to závisí třeba na dekarbonizaci dopravy u našich dodavatelů i zákazníků. Kde to jde, volíme transport po železnici.

Nicméně často to bez kamionů nejde. Například právě šrot, kterého budeme využívat mnohem více, je spíše lokální surovina, u které je výhodnější dovážet ji na krátkou vzdálenost do Třince kamiony. Takže surovina, která u nás v Třinci vede k dekarbonizaci, může mít paradoxně negativní dopad na část našich Scope 3 emisí kvůli způsobu dopravy. Železnou rudu k nám dopravují dlouhé vlaky sice z větších vzdáleností, ale vlastně ekologičtějším způsobem.

Samozřejmě se ptáme dodavatelů na jejich uhlíkovou stopu. Uhlí se snažíme využívat lokální a nevozit ho z Austrálie. Železnou rudu se také snažíme vozit vlakem, místo abychom ji kupovali v Austrálii nebo v Brazílii. Takže ve srovnání s jinými podniky, které vozí suroviny přes půl světa, jsou naše emise poměrně nízké.



*Emise lze v ocelářství snížit větším využitím šrotu  
Zdroj: Třinecké železářny*

## Těžba uhlí v Česku končí, odkud ho budete potom brát?

V největší míře z Polska. Černé uhlí se v procesu výroby surového železa nedá nahradit. Neslouží jako palivo, ale

jako redukční činidlo. Jakmile OKD ukončí těžbu, přesuneme se nejspíš k dodavateli nedaleko našich hranic, takže transport nebude dlouhý.

## Když si to všechno shrneme, co pro vás bude největší výzva v dekarbonizaci?

Největší výzva bude zvládnout celý projekt investičně a technologicky tak, aby zapadl tady do našeho areálu. Není to vůbec snadné, areál není historicky uzpůsobený na takovou změnu, na přemístění kolejí, infrastruktury, energií, médií. Představte si to jako obrovskou rekonstrukci domu za jeho plného provozu.

**Kromě technologie jde ale také o financování. Ted' je na stole dohoda mezi státem a Moravskoslezským krajem o tom, že vám veřejný sektor poskytne na dekarbonizaci dotační podporu. Kolik peněz budete potřebovat?**

Náklady na dekarbonizaci Třineckých železáren, zejména tedy pořízení elektrické obloukové pece, vyčísľujeme na zhruba 25 miliard korun. Podpora, která je běžná v západní Evropě a na kterou cílíme i my, by měla být minimálně ve výši 50 procent nákladů. Jedná se o investiční dotaci, abychom stihli provést vše v takto krátkém čase. Nejde ale jen o samotnou výši podpory, ale také o podmínky dotace, abychom dokázali zůstat konkurenceschopní vůči ostatním firmám v Evropě.



*Vlakovou lodí Třineckých železáren jsou kolejnice využitelné třeba právě v nízkoe emisní dopravě  
Zdroj: Třinecké železářny*

Memorandum se státem a krajem máme podepsané, nicméně zatím jde o obecnou deklaraci zájmu. My si vážíme toho, že nás vláda bere jako zodpovědnou firmu, ale nemáme nic konkrétně přiděleno ani přislíbeno.

Zbytek prostředků plánujeme financovat z vlastních zdrojů nebo prostřednictvím bankovních úvěrů. Banky nás sice vnímají jako spolehlivého partnera, ale samozřejmě si hlídají své riziko a získání dotace je pro ně důležitým signálem. Těžký průmysl navíc nemá tak vysoké marže jako třeba IT firmy, není schopen velké investiční akce financovat z vlastních zdrojů, proto také potřebuje státní podporu.

## Co bude teď vaším nejbližším krokem ve snižování emisí?

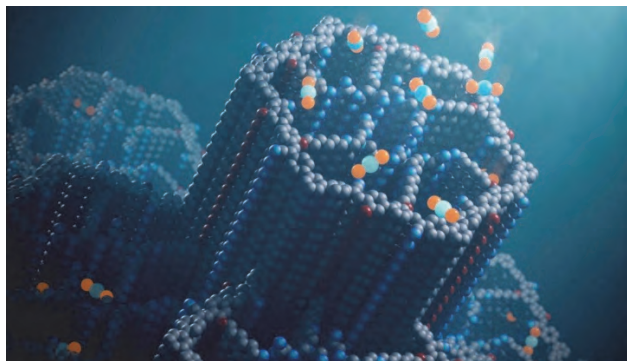
Začátkem září jsme zahájili stavbu nové briketovací linky na železorné brikety. Půjde o náhradu za aglomeraci, která ušetří desetitisíce tun emisí ročně hlavně díky tomu, že nahradí teplý proces za studený. Díky tomu ušetříme i výrazné množství paliva.

## Revoluční materiál COF-999 pro zachycování CO<sub>2</sub> ze vzduchu přináší naději v boji s klimatickou změnou

Zdroj: <https://insmart.cz/...box>

**Vědci představili revoluční materiál pro přímé zachycování oxidu uhličitého ze vzduchu, který by mohl významně přispět k řešení klimatické krize. Nová technologie představuje zásadní pokrok v oblasti přímého zachycování uhlíku ze vzduchu (direct air capture, DAC) a nabízí dosud nevídanou účinnost a stabilitu. Jakých výsledků vědci dosáhli?**

V centru objevu stojí nově vyvinutý materiál nazvaný COF-999 (covalent organic framework-999). Jde o porézní krystalickou strukturu s pravidelně rozmístěnými vnitřními póry, které jsou vybaveny aminovými skupinami. Tyto skupiny interagují s molekulami CO<sub>2</sub> procházejícími materiálem a zachycují je na svém povrchu procesem známým jako adsorpce.



Nový porézní materiál COF-999 s šestihrannou strukturou, kde modré a oranžové kuličky znázorňují zachycené molekuly CO<sub>2</sub>. Foto: Se souhlasem UC Berkeley.

„Vzali jsme prášek tohoto materiálu, umístili ho do trubice a nechali jsme jím procházet běžný venkovní vzduch z Berkeley. Výsledek byl ohromující – materiál kompletně vyčistil vzduch od CO<sub>2</sub>,“ uvedl vedoucí výzkumu profesor Omar Yaghi z Kalifornské univerzity v Berkeley.

### 200 gramů materiálu dokáže odstranit až 20 kilogramů CO<sub>2</sub>.

Výzkumný tým prokázal, že pouhých 200 gramů nového materiálu dokáže za rok odstranit ze vzduchu až 20 kg oxidu uhličitého. COF-999 vykazuje několik pozoruhodných vlastností. Materiál disponuje vysokou kapacitou zachycení CO<sub>2</sub>, když dokáže pohltit 0,96 mmol/g v suchých podmínkách, přičemž při 50% relativní vlhkosti se tato hodnota více než zdvojnásobí na 2,05 mmol/g. **Proces zachycování CO<sub>2</sub> je navíc velmi rychlý – materiál**

**dosáhne poloviny své maximální kapacity již za pouhých 18,8 minuty.** Významnou výhodou je také nízká teplota potřebná pro regeneraci materiálu, která činí pouze 60 °C. Materiál se také vyznačuje mimořádnou stabilitou, když si zachovává plnou účinnost i po 100 cyklech adsorpce a desorpce.

Když je materiál nasycen oxidem uhličitým, nastává proces desorpce – uvolnění zachyceného CO<sub>2</sub>. K tomu stačí materiál zahřát na poměrně nízkou teplotu 60 °C. Během tohoto procesu se zachycený CO<sub>2</sub> uvolní v koncentrované podobě, což umožňuje jeho další zpracování nebo trvalé uložení pod zem. Po ochlazení je materiál připraven na další cyklus zachycování. Testy prokázaly mimořádnou stabilitu materiálu, který si zachovává plnou účinnost i po 100 takovýchto cyklů adsorpce a desorpce.

Chceme se však CO<sub>2</sub> zbavit úplně? To určitě ne. Určitá hladina CO<sub>2</sub> v atmosféře je pro život nezbytná. Oxid uhličitý hraje klíčovou roli v lidském těle – reguluje dýchání, pH krve a je nezbytný pro přenos kyslíku do tkání. Rostliny ho zase potřebují pro fotosyntézu. Proto není cílem CO<sub>2</sub> z atmosféry zcela odstranit, ale snížit jeho koncentraci na úroveň, která byla v době před průmyslovou revolucí. Tehdy šlo přibližně o 280 ppm. Při této koncentraci fungovaly přírodní systémy Země stabilně po tisíce let a vědci předpokládají, že by snížení hodnot dokázalo opravit řadu přírodních mechanismů.

### Dostaneme koncentrace zpátky do dob před průmyslovou revolucí?

„Zachycování CO<sub>2</sub> z průmyslových zdrojů je způsob, jak zpomalit klimatickou změnu. Přímé zachycování ze vzduchu je metoda, jak se vrátit ke koncentracím CO<sub>2</sub>, jaké byly před 100 a více lety,“ vysvětluje Zihui Zhou, první autor studie. Současná koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře přesahuje 420 ppm a očekává se její další nárůst až k 500-550 ppm. Technologie jako COF-999 by mohly pomoci snížit tyto hodnoty zpět na 400 nebo dokonce 300 ppm.

Výzkumný tým plánuje využít techniky strojového učení k dalšímu vylepšení této technologie. „Tento COF má silnou chemicky a tepelně stabilní strukturu, vyžaduje méně energie a prokázali jsme, že vydrží 100 cyklů bez ztráty kapacity. Žádný jiný materiál nevykazuje takové vlastnosti. Je to v podstatě nejlepší materiál pro přímé zachycování CO<sub>2</sub> ze vzduchu, jaký současně existuje.“

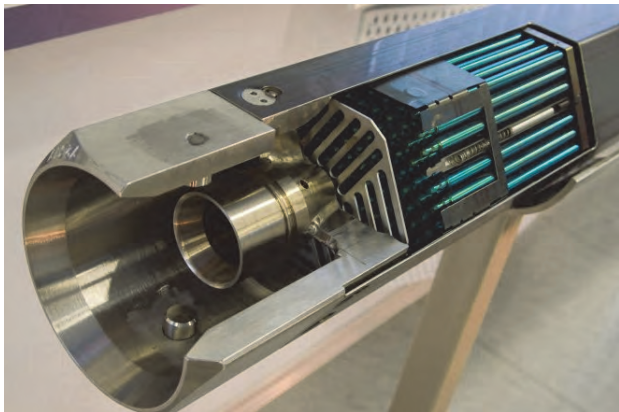
I přes tento významný pokrok zůstává klíčovým krokem v boji proti klimatické krizi snižování emisí a dodržování Pařížské dohody. Výsledky výzkumu byly publikovány v prestižním vědeckém časopise Nature.

## Zlaté ručičky. Češi vyvinuli vlastní modulární jaderný reaktor

Zdroj: <https://www.newstream.cz/...box>

Češi vyvinuli vlastní verzi modulárního jaderného reaktoru. Projekt DAVID SMR, na jehož vývoji se podíleli

jaderní vědci z Česka, se zaměřuje na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Fungovat může ve vybraných průmyslových odvětvích, k odsolování mořské vody či k zajištění dodávek elektřiny nebo jako chlazení pro datacentra, uvedla společnost Czechatom, která je hlavním dodavatelem systému.



Práce na projektu začaly v roce 2018, letos v létě tvůrci dokončili první fázi předlicenčního posouzení u technické podpory ukrajinského regulátora SSTC NRS. **Projekt se zaměřuje na minimalizaci emisí v teplárenství v bývalém východním bloku a Skandinávii.** V globálním měřítku podle tvůrců může fungovat ve vybraných průmyslových odvětvích, ale nekonkuruje přímo technologiím velkých výrobců, které se primárně zaměřují na výrobu elektrické energie.

### Výkon až 400 megawattů

Modulární reaktor DAVID SMR je zařízení postavené na principu tlakovodních reaktorů, které jsou využívány v českých jaderných elektrárnách Dukovany a Temelín a většině jaderných elektráren na světě. **Poskytnout má výkon 50 megawattů.** V praxi by měl být instalován v párech, v případě nasazení čtyř párů dosáhne celé energetické zařízení výkonu 400 megawattů.

Hlavním investorem projektu je společnost Witkowitz Atomica, dodavatelem firma Czechatom. „Energetičtí praktici chtějí otázku dekarbonizace odvětví řešit až po zajištění dostatečné energie pro běžný chod státu, vzhledem k tomu, že dnes nám hrozí blackouty, potažmo kolaps průmyslu a tím pádem i ekonomiky, který má potenciál vyústit i v násilí ve společnosti. Já věřím, že lze trefit celé toto hejno jednou ranou. DAVID SMR energetiku decentralizuje, dekarbonizuje a všestranně posílí. Bude to také významný vývozní artikl. Je to české řešení, vznikající v široké mezinárodní spolupráci, s globálním dopadem,“ sdělil předseda představenstva společnosti Czechatom Martin Groch.

Zástupci projektu letos podepsali například společný záměr s vládou indického státu Maháráštra, která plánuje nasazení flotily SMR.

S využitím modulárních reaktorů počítá do budoucna i Česká republika. Polostátní společnost ČEZ připravuje první modulární reaktor na výrobu elektřiny v Temelíně. Na vývoji chce **spolupracovat s firmou Rolls-Royce**, s níž v příštím týdnu uzavře oficiální partnerství. Modu-

lární reaktory by měly v tuzemském energetickém mixu doplňovat velké jaderné bloky a do budoucna by měly nahradit stávající uhelné zdroje.

### PRE staví na Sokolovsku svou dosud největší fotovoltaickou elektrárnu

Pražská energetika, a. s., zahájila v Novém Sedle na Sokolovsku stavbu své dosud největší fotovoltaické elektrárny (FVE).

### Podnikatel Wichterle kupuje výrobce turbín pro vodní elektrárny Litostroj

Strojírenská skupina Wikov Industry podnikatele Martina Wichterleho se dohodla na koupi předního světového výrobce turbín pro vodní elektrárny Litostroj včetně dceřiných firem v zahraničí. Hodnotu převzetí Litostroje s ročními tržbami okolo dvou miliard korun Wikov neuvedl. Vypořádání transakce je naplánované na přelom listopadu a prosince.

### Dillinger a ROGESA vybírají Midrex a Primetals pro hlavní projekt dekarbonizace

#### Závod MIDREX Flex vyrobí 2,0 milionů tun DRI ročně

Zdroj: <https://www.midrex.com/...ct/>

**CHARLOTTE, NC, USA (11. října 2024)** – Německý výrobce oceli Dillinger a ROGESA podepsaly smlouvu se společnostmi Midrex Technologies, Inc. (Midrex) a Primetals Technologies na dodávku nového výrobního komplexu, včetně přímo redukovaného železa (DRI) závod a závod na elektrickou obloukovou pec EAF Ultimate. Řešení od společností Midrex a Primetals podpoří Dillingerův cíl snížit emise CO<sub>2</sub> o 4,8 milionu tun ročně do šesti let.

Společnosti Dillinger a ROGESA, součást SHS – Stahl-Holding-Saar (SHS), zahájily ambiciózní projekt přeměny zelené oceli, který má nahradit současnou výrobní trasu ve vysokých pecích v Dillingenu. Mít jednoho dodavatele pro kompletní řadu zařízení na výrobu železa a oceli s sebou přináší pro Dillinger a ROGESA několik výhod, zejména souvisejících s realizačními pracemi a na míru šitými konstrukčními prvky pro umístění nových závodů vedle stávajícího vybavení.

„Toto partnerství se společnostmi Midrex a Primetals představuje důležitý stavební kámen na cestě k výrobě oceli šetrné ke klimatu zde v Německu,“ řekl Dr. Peter Maagh, technický ředitel společnosti Dillinger. „Jsme přesvědčeni, že s tak zkušeným a spolehlivým partnerem dokážeme úspěšně spustit náš projekt dekarbonizace Power4Steel podle plánu.“

Závod MIDREX Flex® je navržen tak, aby produkoval železo s přímou redukcí za tepla (HDRI) i za studena s přímou redukcí železa (CDRI) s roční výrobní kapacitou 2 miliony tun. Konsorcium společností Midrex a Primetals

Technologies je zodpovědné za konstrukci a dodávky mechanických, elektrických a automatizačních zařízení. Mechanický rozsah zahrnuje systém manipulace s materiálem, úpravnu vody, pomocná zařízení a školící a poradenské služby. Primetals Technologies také dodá kompletní základní (úroveň 1) a systém optimalizace procesů (úroveň 2). Expertní systém DRIPAX, který je součástí rozsahu automatizace procesů, zajišťuje trvale vysokou kvalitu vyrobeného DRI.

„Přechod na výrobu zelené oceli neproběhne přes noc, uvidíme postupný proces směrem k uhlíkové neutralitě,“ řekl Andreas Viehböck, vedoucí Upstream Technologies ve společnosti Primetals Technologies. „Touto investicí jsou Dillinger a ROGESA připraveny dosáhnout svých střednědobých až dlouhodobých cílů v oblasti dekarbonizace. Řešení od Primetals Technologies a Midrex jim umožní postupně zvyšovat využívání vodíku a zároveň se přizpůsobovat měnícímu se energetickému prostředí. Jsme velmi rádi, že je můžeme podpořit v tomto úsilí i mimo něj.“

Technologie MIDREX Flex je navržena tak, aby fungovala při různých poměrech zemního plynu a vodíku, přičemž až 100 procent vodíku. Zpočátku bude závod pracovat se směsí zemního plynu a vodíku, což umožní snížit uhlíkovou stopu o více než 50 procent ve srovnání s výrobou železa ve vysokých pecích. Závod MIDREX Flex bude implementován se zařízením a potrubím připraveným na vodík, jako jsou tři stupně kompresorů procesního plynu. Kromě toho je vybaven horkým dopravníkem, který využívá cenné teplo HDRI pro přímé nabíjení do elektrické obloukové pece v lokalitě Dillingen. Chladicí řešení DRI umožní přepravu CDRI do závodu Saarstahl AG v německém Völklingenu. Saarstahl je také dceřinou společností SHS – Stahl-Holding-Saar.

„Rozhodnutí Dillinger a ROGESA pro technologii MIDREX Flex jim umožňuje přejít na výrobu železa na bázi vodíku tempem, které odpovídá dostupnosti dostatečné dodávky plynu a zároveň výrazně snižuje jejich současné emise CO<sub>2</sub>,“ řekl KC Woody, prezident a generální ředitel společnosti Midrex. „Výroba oceli na bázi DRI poskytuje cestu k udržitelné budoucnosti, a to jak z ekonomického, tak z hlediska životního prostředí, a naše technologická řešení nabízejí flexibilitu a výkon, aby se slib stal úspěchem.“

Dillinger Group je v popředí a skládá se z řady předních společností na trhu s těžkými plechy, včetně Dillinger a Dillinger France. Ocel vyráběná společnostmi Dillinger Group lze nalézt v náročných aplikacích, jako je sídlo francouzského deníku „Le Monde“ a nejvyšší budova Londýna „Twentytwo“, stejně jako na bezpečných kolejích evropských vysokorychlostních vlaků a ve většině automobilů vyrobených v Evropě. Dillinger Group se svým ambiciózním programem Pure Steel + primárně usiluje o dosažení uhlíkové neutrality do roku 2045.

Dillinger, ROGESA a Saarstahl získaly finanční prostředky na svůj zelený přechod z různých zdrojů, včetně německého státu a spolkové země Sársko. Finanční prostředky schvaluje Evropská unie.

**Midrex** je světovým lídrem v technologii přímé redukce železa a řešení pro trh s náhradními díly pro ocelářský průmysl. Jako vývojář procesu MIDREX® společnost Midrex již více než 50 let navrhuje, staví a servisuje závody s přímou redukcí železa (DRI). Závody MIDREX produkují přibližně 80 % celosvětově nízkého CO<sub>2</sub> DRI. Proces MIDREX je vysoce flexibilní, pokud jde o zdroje redukčních činidel, dávkování oxidu železa a možnosti vypouštění produktu. Zařízení lze nakonfigurovat tak, aby fungovaly na zemní plyn, zemní plyn s přísadkou vodíku (MIDREX Flex®) a 100% vodík (MIDREX H<sub>2</sub>™). Oxidové pelety a kusové rudy, bez ohledu na jejich obsah Fe, lze přeměnit buď na studené DRI (CDRI), horké DRI (HDRI) nebo horké briketované železo (HBI). Zařízení mohou být navržena pro studené a horké vypouštění podle uvážení operátora a jsou k dispozici osvědčené možnosti pro přepravu a nabíjení HDRI do EAF.

**Primetals Technologies, Limited**, se sídlem v Londýně, Spojené království, je průkopníkem a světovým lídrem v oblasti strojírenství, stavby závodů a poskytování služeb životního cyklu pro kovoprůmysl. Společnost nabízí kompletní portfolio technologií, produktů a služeb, které zahrnuje integrovanou elektriku a automatizaci, digitalizaci a environmentální řešení. To pokrývá každý krok řetězce výroby železa a oceli – od surovin až po hotový výrobek – a zahrnuje nejnovější řešení válcování pro sektor neželezných kovů. Primetals Technologies je společný podnik Mitsubishi Heavy Industries a partnerů s přibližně 7000 zaměstnanci po celém světě. Chcete-li se dozvědět více o Primetals Technologies, navštivte webové stránky společnosti [primetals.com](http://primetals.com).

**Dillinger** je součástí skupiny Stahl-Holding-Saar (SHS) a předního evropského výrobce tlustých plechů. Dillinger sleduje své dědictví výroby oceli více než 330 let a je skutečně globální organizací s provozem v Evropě, Americe a Asii. Pro více informací navštivte [en.dillinger.de](http://en.dillinger.de).

## Thyssenkrupp Steel volí MIDREX Flex™ pro okamžité snížení emisí CO<sub>2</sub>

Midrex Technologies, Inc. a Paul Wurth budou spolupracovat při navrhování, dodávkách a výstavbě závodu na přímou redukcí MIDREX Flex™ s kapacitou 2,5 milionu tun ročně pro společnost thyssenkrupp Steel Europe AG v jejím Duisburgu, Německo, stránky. Zařízení bude zpočátku fungovat na reformovaný zemní plyn, který obsahuje 50 % nebo více vodíku (H<sub>2</sub>) na vstupu do pece, dokud nebude k dispozici dostatečné množství H<sub>2</sub>, v té době se přejde na provoz až 100 % H<sub>2</sub>. Kromě toho bude zařízení na přímou redukcí kombinováno s pokročilou technologií skupinového tavení SMS, aby se výrazně zvýšila provozní účinnost a snížily emise CO<sub>2</sub> o více než 3,5 milionu tun ročně. Spuštění závodu je plánováno na konec roku 2026.

Technologie MIDREX Flex poskytuje flexibilitu pro provoz s různými poměry zemního plynu (NG) a vodíku (H<sub>2</sub>), až do 100 % H<sub>2</sub>. Umožní společnosti thyssenkrupp

používat zemní plyn, který již poskytuje významné úspory CO<sub>2</sub> oproti konvenčnímu způsobu výroby železa ve vysokých pecích v koksárenské peci, dokud nebude H<sub>2</sub> dostupný v dostatečném množství, což se očekává v roce 2027.

## Závod DRI na bázi vodíku je významným krokem v přeměně integrované ocelárny společnosti Thyssenkrupp na klimaticky neutrální výrobní závod.

Stephen Montague, prezident a generální ředitel společnosti Midrex Technologies, Inc., řekl: „Midrex je hrdý na to, že je na špičce v oblasti technologií, a s našimi partnery SMS Group demonstrujeme toto vedoucí postavení ve dvou prvních zelených ocelích svého druhu. Projekty. Máme dekarbonizační řešení, která lze přizpůsobit situaci každého výrobce oceli, abychom zajistili dlouhodobou udržitelnost a zároveň přispěli ke krátkodobé ziskovosti.“

Midrex a Paul Wurth také spolupracují na první světové ocelárně na zelené louce založené na zcela zelené technologii pro H<sub>2</sub> Green Steel ve švédském Bodenu. Technologie MIDREX H2™ bude použita k výrobě 2,1 milionu tun/rok HDRI a horkého briketovaného železa (HBI). Očekává se, že závod MIDREX zahájí výrobu v roce 2025 a rozběhne se během roku 2026.

### O společnosti Midrex Technologies, Inc.

Midrex je světovým lídrem v technologii přímé redukce železa a řešení pro trh s náhradními díly. Midrex již více než 50 let navrhuje, staví a servisuje závody s přímou redukcí železa (DRI). Závody založené na technologii MIDREX® Process produkují přibližně 60 % světového DRI a 80 % z šachtových pecí.

Proces MIDREX je vysoce flexibilní a zařízení lze nakonfigurovat pro provoz na zemní plyn (MIDREX NG™), zemní plyn s přídavkem vodíku (MIDREX Flex™) a 100% vodík (MIDREX H2™). Jakékoli pelety a kusové rudy oxidu železa mohou být přeměněny buď na studené DRI (CDRI), horké DRI (HDRI) nebo horké briketované železo (HBI). Kombinovaná zařízení mohou současně vypouštět CDRI a HDRI a jsou k dispozici osvědčené systémy pro dopravu a plnění HDRI do tavicí pece.

Sídlo společnosti a centrum výzkumu a vývoje technologií se nachází v Charlotte, NC, USA. Midrex Technologies má také pobočky ve Spojeném království, Číně, Indii a Spojených arabských emirátech (Dubaj).

[www.midrex.com](http://www.midrex.com).

### O skupině Paul Wurth & SMS

Paul Wurth se sídlem v Lucembursku od svého založení v roce 1870 se může ohlédnout za 150 lety excelence, během nichž se firma vyvinula v mezinárodní strojírenskou společnost a zavedeného poskytovatele technologií pro globální železářský průmysl. Jako společnost skupiny SMS

je Paul Wurth předním hráčem na trhu v oblasti projektování a výstavby kompletních vysokopečních a koksoven. Portfolio produktů Paula Wurtha doplňují závody na přímou redukcí, řešení ochrany životního prostředí a recyklační technologie.

Skupina SMS je celosvětově proslulá svými technologiemi orientovanými na budoucnost a vynikajícími službami pro kovoprůmysl. Společnost využívá svých 150 let zkušeností a svého digitálního know-how k tomu, aby tomuto odvětví nepřetržitě poskytovala inovativní produkty a procesy – a to i nad rámec své hlavní činnosti – a generuje celosvětové tržby ve výši více než 2,7 miliardy eur. SMS podporuje své zákazníky po celou dobu životního cyklu jejich závodů a umožňuje ziskové a na zdroje efektivní řetězce tvorby hodnot. Stanoveným cílem společnosti je připravit půdu pro uhlíkově neutrální a udržitelný kovoprůmysl. Skupina SMS, globální hráč s německými kořeny, má asi 14 000 zaměstnanců.

Další informace naleznete na [stránkách www.paulwurth.com](http://www.paulwurth.com) a [www.sms-group.com](http://www.sms-group.com).

Zdroj: <https://www.midrex.com/...on/>

## Jeden z největších vodíkových projektů v Evropě

Zdroj: <https://komoraplus.cz/...box>

Severoněmecký dodavatel energie EWE plánuje do roku 2027 postavit ve městě Emden v Dolním Sasku jeden z největších evropských závodů na výrobu vodíku. Řízení rozsáhlého projektu zadala společnost EWE stuttgartské poradenské společnosti Drees & Sommer SE, která se specializuje na energetiku, infrastrukturu, výstavbu a nemovitosti.

Severoněmecký dodavatel energie EWE plánuje do roku 2027 postavit ve městě Emden v Dolním Sasku jeden z největších evropských závodů na výrobu vodíku.



Foto: EWE

Drees & Sommer je speciálně pověřena vedením projektu, povolovacími procesy stavby a detailní koordinací projekčních prací. Rovněž dohlíží na výběrové řízení a zadání zakázky na elektrolyzátor, který je hlavní součástí závodu. „Jsem potěšena, že se na projektu podílí právě společnost Drees & Sommer, která je spolehlivým posky-

tovatelem služeb s dlouholetými zkušenostmi s řízením takto velkých projektů," říká Kerstin Kuwan, hlavní manažerka projektu ve společnosti EWE.

„Projekt je velmi komplexní," vysvětluje Alexander Stubnitzky, vedoucí oddělení vodíkových projektů ve společnosti Drees & Sommer. „Všechny profese musí být detailně analyzovány a zkoordinovány, protože v rámci projektu existuje mnoho kritických rozhraní, která musí být při realizaci naprosto precizně uspořádána. Projekt je mimořádně náročný nejen po technické stránce, ale i z hlediska organizace, plánování nákladů a dodržení časového harmonogramu.“ Společnost Drees & Sommer přináší rozsáhlé zkušenosti s projektovým řízením z úspěšné realizace mnoha složitých projektů obdobného rozsahu spolu s technickými znalostmi v oblasti výroby vodíku.

Plánovaná 320megawattová elektrolýza v Emdenu bude produkovat až 26 000 tun zeleného vodíku ročně pro různá průmyslová zařízení v regionu, zejména pro ocelářský průmysl. Zelený vodík se v Emdenu bude vyrábět především z větrné energie.

Kromě projektu v Emdenu plánuje společnost EWE také výstavbu elektrolýzy v Brémách o výkonu 50 megawattů. Oba projekty aktivně přispívají k předcházení přetížení rozvodné sítě a stávají se klíčovým pilířem celkové energetické transformace. Projekty jsou také součástí tzv. Clean Hydrogen Coastline (CHC), rozsáhlého vodíkového programu společnosti EWE, který integruje výrobu, přepravu, skladování a využívání ekologického vodíku. Společnost EWE v únoru 2021 úspěšně požádala spolkovou vládu o financování projektu CHC v rámci programu Významný evropský projekt společného zájmu (IPCEI). Z celkové částky 500 milionů eur je 350 milionů poskytnuto z federálních prostředků a 150 milionů z prostředků spolkové země. Celková výše investice do CHC činí více než 800 milionů eur.

Kromě výstavby výrobních závodů v Emdenu a Brémách plánuje společnost EWE přebudování plynových kavernových zásobníků v Huntorfu (Dolní Sasko) na skladování vodíku, dále výstavbu a přestavbu několika úseků potrubí a mezisektorové využití zeleného vodíku v průmyslovém odvětví, například v ocelářském průmyslu.

---

## **ExxonMobil si zachraňuje karmu největším úložištěm oxidu uhličitého v USA**

Zdroj: <https://www.osel.cz/...tml>

ExxonMobil si zachraňuje karmu největším úložištěm oxidu uhličitého v USA

Klíčový hráč v ropném průmyslu ExxonMobil pronajal 1100 kilometrů čtverečních mořského dna u texaského Galvestonu, kde hodlá ukládat masivní množství oxidu

uhličitého. Projekty tohoto typu obvykle ukládají oxid uhličitý do porézních hornin cca kilometr pod mořským dnem, kde by měl za normálních okolností vydržet miliony let.

## **Ukládání skleníkového plynu pod mořské dno. Kredit: ExxonMobil.**

Ropné společnosti jako ExxonMobil jen těžko popřou svůj významný podíl na spotřebě fosilních paliv. Nicméně, za zmínku stojí, když se od čirých manipulací posouvají ke snaze své aktivity nějakým způsobem kompenzovat. ExxonMobil si teď získal pozornost pronájmem zhruba 1100 kilometrů čtverečních mořského dna v texaských vodách u Galvestonu. Chce tam vybudovat největší úložiště oxidu uhličitého v USA.

## **Projekt Sleipner v Severním moři. Kredit: ExxonMobil.**

Výnosy z tohoto pronájmu, což by měly být miliony dolarů, budou plynout do fondu Texas Permanent School Fund, založeného v roce 1841 pro podporu veřejných škol a vzdělávání. V srpnu 2024 činil jejich zůstatek 56,8 miliard dolarů.

Podle ExxonMobilu pronajatá plocha představuje velmi důležitý prostor, který je nutný k ukládání velkého množství oxidu uhličitého do porézní horniny pod mořským dnem v oblasti Mexického zálivu. Výhodou je, že ExxonMobil provozuje největší soustavu pro přenos oxidu uhličitého ve Spojených státech a je pro ně tudíž velkoplošné ukládání oxidu uhličitého lépe zvládnutelné.

## **Plynový terminál Melkøya, Snøhvit Fields. Kredit: Janter, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.**

Ve světě již běží podobné projekty, například v Norsku Sleipner v Severním moři a Snøhvit Fields v Barentsově moři. Projekt Sleipner byl spuštěn v roce 1996 jako vůbec první svého druhu. Uskladňují tam asi 1 milion tun oxidu uhličitého ročně, přičemž skleníkový plyn vstříkují do vysoce porézního pískovce formace Utsira, která se nachází zhruba 800 metrů pod mořským dnem.

Projekt Snøhvit Fields zahájil činnost v roce 2008. Ukládají zhruba 700 tisíc tun oxidu uhličitého ročně, tentokrát ale mnohem hlouběji, asi 2600 metrů pod mořské dno. U obou zmíněných projektů jsou nad úložištěm vrstvy velmi neprostupných hornin, které zajišťují, aby oxid uhličitý opět neunikl na světlo. Oxid uhličitý se v takových úložištích obvykle udržuje v superkritickém stavu, aby se choval více jako kapalina než jako plyn, což dále snižuje možnost, že bude unikat. Pokud by k tomu přece jenom došlo, oxid uhličitý by okyslel mořské ekosystémy v okolí, což by jim moc neprospělo. Teoreticky by měl oxid uhličitý v podobných úložištích vydržet miliony let, tak snad se zadaří.

# Výstavy, veletrhy, konference

## Česká hutnická společnost, z.s.

### INVENT ARENA 2024



Mezinárodní výstava technických novinek, patentů a vynálezů INVENT ARENA 2024 se konala ve dnech 12. – 13. června 2024 v trinecké WERK ARENĚ. Akce byla obnovena po šestileté přestávce a připravovala se téměř jeden rok. Hlavním cílem bylo stejně jako v minulých letech umožnit firmám, vzdělávacím institucím i jednotlivcům prezentovat své vynálezy a také sama sebe, v neposlední řadě propagovat techniku a technické vzdělávání.

Celkový počet exponátů byl 92 a 69 exponátů přihlášených k soutěži hodnotila mezinárodní porota. Akce se zúčastnilo 57 vystavovatelů ze čtrnácti zemí, České republiky, Slovenska, Polska, Srbska, Slovinska, Švýcarska, Severní Makedonie, Tchaj-wanu, Číny, Španělska, Belgie, Itálie, Německa a Rakouska. Výstavu navštívilo 9000 návštěvníků.

Organizační tým pro rok 2024:

ČHS, z.s.	TRISIA, a. s.	ČSVZ, z.s.	ÚPV ČR
Jiří Cupek	Vojtěch Dohnal	Lukáš Zmeškal	Josef Kratochvíl
Markéta Tkadlečková	Klára Havlová	Josef Zima	Luděk Churáček
Jan Kobielus	Jana Kubiš		Miroslav Paclík
Jan Kantor	Šárka Kostková		Hana Churáčková
	Petr Bielesz		Zuzana Bělohradská
	Kateřina Myslivcová		Jana Engelová Pávková

#### Organizační tým:

ČHS – odborný dohled, oslovování vystavovatelů, spolupráce při doprovodném programu

Trisia – realizace výstavy, marketing, pronájem stánků, doprovodný program

ČSVZ – „mladý vynálezce“, komunikace s IFIA, odborná porota

ÚPV ČR – odborný garant, poháry, medaile, komunikace s WIPO

## Vítězové kategorií v hlavní soutěži

### Computer technology, telecommunications, automation, informatics

*A System and Method for Automatic Classification of UV/VIS Signals in Diagnostics of Biliary Cirrhosis and Their Application* – University of Belgrade: IHTM-Institute of national importance, Faculty of Electrical Engineering, Faculty of Technology and Metallurgy, Faculty of Medicine, Serbia

### Ecology and environmental protection

*Equipment for the processing of secondary polymer raw material (waste plastic) using a preparatory reactor* – ERVO INDUSTRY TECHNOLOGY s.r.o., ČR

### Healthcare and biotechnology

*EASEBelt Dynamic MM* – Association of Slovenian Inventors, Private researcher, Slovenia

### Chemistry and agriculture

*Triplicate resistometric sensor for measuring the corrosion rate of metals* – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ČR

### Metallurgy, engineering and construction

*Application of mechanical vacuum pumps for VAD devices in Huta Batory, Sp.o.o. Chorzów, PL* – AUTEL, a.s., ČR

### Miscellaneous

*Gun Guard – Ultimate safety of shooting ranges – Gun Guard – Bartłomiej Kurkowski & Aleksander Mielczarek, Poland*

### *Transport and energy*

*Weighing rail vehicles in motion using the fibre optic sensor system – ENVIFORM a.s., ČR*

### Young innovators (up to 26 years of age)

*Ceramic Glazes by Recycling Waste – VŠB – Technická univerzita Ostrava, Střední průmyslová škola, Obchodní akademie a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky, Frýdek-Místek, p. o., ČR*

### GRAND PRIX

*Weighing rail vehicles in motion using the fibre optic sensor system – ENVIFORM a.s., ČR*



Velmi bohatý byl také doprovodný program, který se konal na ochozu, na hlavní ploše i na venkovní ploše. Doprovodný program zajistily:

- Knihovna Třinec
- Černá Kostka
- Střední odborná škola Třineckých železáren
- Střední škola Jablunkov
- Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
- Základní škola Dany a Emila Zátokových
- Zespół Szkół Technicznych im. płk Gwidona Langera w Cieszynie
- Česká hutnická společnost, z.s.
- 365 SKI – NanoTrade – celoroční lyžování
- Horizon Educational – vodíková autíčka
- Muzeum Třinec
- Karireal – výstava veteránů
- Tatra na vodíkový pohon
- Tatra Phoenix
- Tatra 815 4x4 asistence
- Boeing letecký simulátor
- Gyroskop
- Technikiáda
- Formule Dragon e4 na elektrický pohon

Součástí doprovodného programu byl také Den s IZS, který proběhl na venkovní ploše v prvním dni výstavy. Prezentovaly se všechny složky IZS, včetně dynamických ukázek různých zásahů.

### **Odborné přednášky**

- ✓ Václav Bystrianský: Vodík – zázračná energie pro 21. století?
- ✓ Jakub Pončík: Aktuální vývoj nákladních vozidel v TATRA TRUCKS
- ✓ Roman Heide: Tradice, která zavazuje. Zejména v proměnlivé době
- ✓ Filip Hájek: Green Deal – příležitost nebo hrozba pro oceláře?
- ✓ Věra Palkovská, Adam Kurzok: Budoucnost Třince je zejména o změně myšlení
- ✓ Martin Pytloun: Voda pro život i průmysl dle požadavků ESG reportingu
- ✓ Michael Rada: INDUSTRY 5.0 a její vliv na průmysl a vzdělání
- ✓ Roman Lauš: Maso budoucnosti bez zabíjení zvířat a planety

- ✓ Jiří Šrámek: Služby a novinky v pojištění pro české firmy
- ✓ Jana Frantíková: Technologická inkubace start-upů
- ✓ WIPO: Protecting your inventions internationally: Patent Cooperation Treaty (PCT) for V4

V press centru proběhl seminář České společnosti pro technickou normalizaci za účasti zhruba 35 odborníků. Třetí ročník INVENT ARENA 2024 navázal na předcházející výstavy v letech 2016 a 2018. Vzhledem k šestileté vynucené přestávce a mnoha specifikům se však dá loňská akce považovat za nultý ročník, na jehož základech budou další ročníky zase stavět.

Díky profesionální přípravě prostor a komunikaci organizačního týmu byly zajištěny kvalitní podmínky pro vystavovatele. Bohatý doprovodný program a propojení s dnem IZS bylo kladně hodnoceno návštěvníky z řad veřejnosti, kteří se i přes nepřízeň počasí dostavili v rekordním počtu. Studenti ocenili velké množství praktických ukázek nových technologií a prezentaci nabídky studijních oborů. Na akci přijala pozvání řada odborníků a osobností, která obohatila program o zajímavé přednášky. Díky intenzivní propagaci se značka INVENT ARENA dostala do širokého povědomí v online i offline prostoru, k čemuž přispěla efektivní marketingová komunikace a spuštění moderních webových stránek. Pozitivní ohlas a úspěšná realizace akce položily základy pro další spolupráci s významnými partnery, například ÚPV nebo IFIA.

INVENT ARENA 2024 přinesla velké množství pozitivních dojmů, ale také dostatek prostoru ke zlepšení. Doporučení pro příští ročník se orientují na lepší interní organizaci projektu, posílení vztahů s významnými partnery a intenzivnější komunikaci s vystavovateli s daleko delším časovým předstihem. Co se týká externích faktorů, je potřeba využít aktuální zájem veřejnosti o technologie i zájem asijských investorů a také připravované projekty Cirk Arena a EOP, které pomohou zvýšit atraktivitu a návštěvnost příštího ročníku, který se uskuteční v termínu 17.—18. června 2026. Více na: [www.inventarena.cz](http://www.inventarena.cz)

*Ing. Jiří Cupek, Ph.D.  
předseda předsednictva ČHS, z.s.*



## Školení pracovníků kyslíkové konvertorové ocelárny TŽ

Již XXXI. ročník Školení pracovníků kyslíkové konvertorové ocelárny Třineckých železáren proběhl ve středu 16. října 2024. Technologického semináře se zúčastnilo více než 70 pracovníků ocelárny, kteří si vyslechli 10 odborných přednášek členů České hutnické společnosti, z.s. V rámci technologického semináře byly prezentovány témata od vývoje konvertorového procesu, rekapitulace investičních akcí v poslední dekádě, týkající se problematiky odlévání na ZPO s následnou výrobou ocelových drátů a jejich použití až po současné aktuální téma řešení uhlíkové stopy.

Více než čtyřicet let provozování kyslíkové konvertorové ocelárny ovlivnilo životy všech jejích zaměstnanců, kteří dokázali úspěšně čelit mnoha provozním problémům a trvale vylepšovali chod ocelárny i kvalitu vyráběné oceli.



*Ing Tomáš Huczala, Ph.D.  
člen České hutnické společnosti, z.s., garant akce*

## Swiss Steel kvůli slabé poptávce zruší 800 pracovních míst

Ocelář Swiss Steel Group zruší asi 800 pracovních míst ve Švýcarsku i v zahraničí kvůli slabé poptávce v evropském průmyslovém sektoru, nízké úrovni výroby a omezeným prognózám růstu.

Jak bylo uvedeno, tyto kroky jsou zaměřeny na zajištění dlouhodobé optimalizace a bezpečnosti výrobních závodů Swiss Steel ve Švýcarsku, Německu a Francii. Doplnují současnou strategii a program restrukturalizace SSG 2025, který již dosáhl značných úspor nákladů. V první polovině roku 2025 se počet zaměstnanců Swiss Steel Group sníží na necelých 7 tisíc lidí. Ve Švýcarsku bude v závodě Emmenbrück zrušeno 130 ze 750 pracovních míst, což se dotkne výroby a administrativních oblastí.

*Zdroj: Swiss Steel*

## Mezinárodní vědecká konference Modern Metallurgy

V prostorách unikátního Muzea hutnictví v Chorzowě v Polsku se ve dnech 25. až 27. září 2024 uskutečnila konference Modern Metallurgy, dříve známa pod názvem Iron and Steelmaking. Organizace konference se ujala letos Politechnika Śląska z Katovic. Mezi partnery konference patřily již tradičně TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. společně s ČESKOU HUTNICKOU SPOLEČNOSTÍ, z.s., jež se také konference aktivně zúčastnila, a dokonce měla své zástupce i ve vědeckém výboru konference. Jak už inovovaný název konference napovídá, zaměření konference reflektuje změny v hutnictví, a kromě tradiční výroby oceli byly proto odborné přednášky rozšířeny o oblasti výroby a zpracování i neželezných kovů, recyklaci kovových odpadů a dekarbonizaci hutního průmyslu. Konference se zúčastnilo přibližně 80 registrovaných účastníků. Přednášky zazněly v polštině, češtině, slovenštině a angličtině. Protože je metalurgie aktuálně pod velkým tlakem, o to víc má konání takové akce větší význam. Velké poděkování proto patří organizátorům konference, partnerům a pochopitelně všem účastníkům, bez jejichž podpory by nebylo možné konferenci zrealizovat v takovém rozsahu.

*prof. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.  
členka České hutnické společnosti*



*Muzeum hutnictví v Chorzowě v Polsku*

## Mezinárodní konference STEELSIM 2025

V termínu 2.- 4. září 2025 se v Třinci uskuteční mezinárodní vědecká konference 11th International Conference on Modelling and Simulation of Metallurgical Processes in Steelmaking (STEELSIM 2025). Hlavním cílem konference STEELSIM 2025 je prezentace zkušeností odborníků z oblasti optimalizace výroby železa a oceli pomocí fyzikálního a numerického modelování, simulací, matematických modelů, termodynamických výpočtů, statistických modelů i příbuzných metod. Očekává se, že konference přivítá více než 100 odborníků z celého světa jak z akademické sféry, tak průmyslové praxe, a bude předneseno více než 40 odborných příspěvků.

Je nutno zmínit, že právě konferenci STEELSIM založila Česká hutnická společnost v roce 2003 a tato konference se vrací ve svém 11. vydání zpět do Třince. Konference STEELSIM patří mezi koordinované konference ISSI - International Society of Steel Institutes, mezi jejíž členy patří i Česká hutnická společnost, z.s. Registrace na konferenci bude zahájena 1. ledna 2025. Více informací lze již sledovat na [www.steelsim2025.com](http://www.steelsim2025.com).



# STEELSIM 2025

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

*prof. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.  
členka České hutnické společnosti,  
předsedkyně organizačního výboru konference*

---

## SSAB dostává 126 milionů EUR na přechod na výrobu „bezuhlíkové“ oceli

Švédská ocelářská společnost SSAB dostává finanční prostředky ve výši 1,45 miliardy SEK (126 milionů EUR) z fondu Just Transition Fund, který založila Evropská unie na podporu ekologické transformace průmyslu. Financování zahrnuje také národní pomoc od Švédské agentury pro hospodářský a regionální růst.

Účelem financování je urychlit přechod na výrobu oceli s nulovými emisemi uhlíku, včetně modernizace výrobních zařízení společnosti v Luleå. Společnost plánuje nahradit tradiční vysoké pece (BF) moderními elektrickými obloukovými pecemi (EAF) a válcovnicemi, což výrazně sníží emise CO<sub>2</sub>.

Očekává se, že tato technologická transformace sníží celkové emise Švédska o 7 %, přičemž dalších 3 % má být dosaženo modernizací závodu v Ökseläsundu. Nové výrobní závody v Luleå budou spuštěny na konci roku 2028 a továrna dosáhne plné kapacity v roce 2029. V Åkselehusundu se očekává spuštění nového EDP koncem roku 2026.

*Zdroj SSAB*

## PROJEKTOVÁNÍ A PROVOZ POVRCHOVÝCH ÚPRAV

### 50. konference s mezinárodní účastí

Ve dnech **20.-21. března 2024** se v Praze v hotelu Olšanka konala jubilejní **50. konference** s mezinárodní účastí **Projektování a provoz povrchových úprav**. Pro více než 210 účastníků bylo na programu 32 přednášek, dále 27 firem k předvedení svých produktů a služeb zvolilo výstavní stůl, 4 firmy roll-up a konečně 15 pro svoji nabídku zvolilo inzerci ve sborníku. Přednesena a diskutována byla témata od předúprav, přes vlastní povrchové úpravy se zaměřením především na lakování, galvaniku a zinkování, dalšími tématy bylo například hledání úspor při výrobě, zařízení pro testování, zkušebnictví, automatizace a robotizace především v lakovnách nebo při tryskání, a v neposlední řadě ochrana životního prostředí a zdraví lidí.

Vzhledem k jubileu konferenci zahájila za organizátory **Z. Trávníčková** příspěvkem k historii a vývoji konference. Na ni navazoval nejprve vzpomínkou na pana Jelínka (zakladatele a dlouholetého organizátora konference) a poté přednáškou na téma „Povrchová úprava muničních komponent“ **P. Szlag** (Pragochema). Výroba malorážní munice se v Česku zvýšila a na to musela zareagovat i výroba, aby se současně se zlepšením funkčnosti zvýšila i korozní odolnost povrchových úprav a zachoval se i dobrý vzhled munice. K tomu mimo jiné slouží i chemické přípravky, které byly v prezentaci představeny. Následovala přednáška s tajemným názvem „Méně je někdy více“, ve které se **J. Saseň** (Sand Team) zaměřil na srovnání různých typů abraziv, konkrétně nízkouhlíkatých broků (LC) s vysokouhlíkatým (HC) abrazivem, a to včetně ekonomického zhodnocení na základě reálných provozních dat. Tryskání se věnovala i následující přednáška **S. Zahradníka** (Wiona Czech Republic) s názvem „Nové TECH centrum společnosti WINOA v ČR“, ve které současně pozval účastníky do nového technického centra. Mimo jiné i proto, že firma díky pokročilým technologiím a odbornosti nabízí optimalizaci výběru abrazivního média a parametrů otryskávání tryskacím materiálem. Přednáška **K. Kolkové** (Kluthe CR) s názvem „Moderní předúpravní procesy KLUTHE pro udržitelný průmysl“ se naopak zaměřila na chemické předúpravy. Konkrétně na klasické předúpravní procesy, u nichž stále zlepšují parametry provozu, ale i alternativní moderní technologie, které jsou vyžadovány zejména u nových moderních lakoven s vyššími environmetálními požadavky. O tom, že v provozech je důležitá i recyklace (ekonomika, ekologie), hovořil **L. Rybář** (Technikum) v přednášce s názvem „Recyklácia znečistených rozpúšťadiel“. Tato slovenská společnost má za více než 40 let bohaté zkušenosti s recyklací různých typů organických rozpouštědel. V přednášce „Řešení pro měření tlouštěk galvanických vrstev, pasivace Ti/Zr, kontaminace lázni“ představil **P. Ševčík** nabídku společnosti BAS Rudice. Konkrétně se zaměřil na ruční spektrometry, které dokáží měřit nejen prvky nebo tloušťky vrstev, ale díky stativům i kapaliny. Mladý český start-up představil **D. Polák** (RoboTwin) v přednášce „Snadné učení robotů“. Společnost vyvíjí chytrá zařízení, která umožňují pracovníkům učit roboty bez programování, rychle a flexibilně, což si zájemci mohli u výstavního stolku firmy následně i vyzkoušet. Přednáška **G. Hájka** (Dürr Systems) „Technologie lakování bez rozprachu“ představila špičkové technologie nástřiku s téměř 100% přenosovou účinností. Speciální lakovací hlavice umožňuje velmi přesnou aplikaci barvy bez nutnosti maskování. Firma dále nabízí produkty řady „ready2integrate“, které výrazně usnadní proces instalace a zprovoznění aplikačního řešení u zákazníka. Následující přednášející **J. Gerlich** (Media CZ) se v příspěvku s názvem „Revoluční technologie elektricky poháněných membránových čerpadel Graco Quantm v procesním řízení barev a jiných kapalin“ zaměřil na novou generaci elektrických čerpadel uvedené značky, využívající revoluční technologii konstrukce elektromotoru, poskytující vysokou účinnost, točivý moment a výkon v kompaktním balení, navíc bez převodovky či spojky. Příspěvek **J. Šindeláře** „EvoKure – šetřit energii a čas“ představil revoluční nátěr, který popírá všechny doposud platné vztahy a závislosti mezi jednotlivými parametry a vlastnostmi všech doposud známých a běžně užívaných nátěrových hmot. Poskytuje robustní korozní ochranu kovových povrchů, a díky rychlému zasychání bez nutnosti přisoušení také úsporu energií a procesních časů, tím výrazně zefektivňuje procesy spoje.né s povrchovou úpravou. Nicméně technický stav zařízení je jedním z klíčových faktorů, který zásadně ovlivňuje výslednou kvalitu povrchu v práškovém lakování. Tímto tématem se zabýval **V. Med** (Watech) v přednášce s názvem „Vliv preventivní údržby na spolehlivost a ekonomiku provozu“. V dopoledním bloku ještě **A. Knaislová** (AKI) účastníkům přiblížila činnost Asociace korozních inženýrů (AKI) a také přiblížila kurzy, které asociace pořádá.

Odpolední blok zahájil **P. Goliáš** (Schlötter Galvanotechnik) v příspěvku „Slitinová lázeň zinek-nikl“, kdy obrátil pozornost posluchačů naopak ke galvanotechnice a představil výhody, ale i omezení této lázně, která je již provozována ve velkých závěsových ZnNi automatech. Tématu galvanických provozů se věnoval následně **A. Sedlmayer Szelcsányi** (Backer ELTOP) v přednášce „Výhody použití elektrických ohřivačů lázni zn. Backer ELTOP“. Představil ohřivače svislé ponorné, boční a podlahové, deskové nebo speciální výměníky. Naopak **D. Dvorský** (CorroTech Trade) v přednášce „Korozní inženýring a renovace technických zařízení“ informoval o možnostech při renovacích technických zařízení,

prodlužování jejich celkové životnosti a zejména zvyšování účinnosti rotačních zařízení, při využití kompozitních nátěrových hmot a nátěrových systémů Corrocoat a Rezorect určených pro renovace. Jedná se o modifikované pryskyřice plněné speciálními skleněnými mikrovločkami a dalšími účelovými plnivými. Následující přednáška **M. Krejčíře** (HERDING, Technika životního prostředí) s názvem „HERDING – průmyslové odsávání emisí vznikajících při povrchových úpravách“ se, jak název napovídá, věnovala odsávání a filtračním technologiím, které jsou založeny na čisté povrchové filtraci. Přičemž dodávané filtrační prvky vykazují extrémní odolnost a v závislosti na odsávaném procesu i extrémní životnost (více než 15 let). Následovala přednáška k měření a kontrole kvality povrchových úprav od **P. Nádvořníka** (TSI System), ve které představil přístroje amerického výrobce DeFelsko konkrétně v přednášce „PosiTector – jeden pro všechny, všechny (nejen) pro jednoho“. Základem tohoto systému jsou dvě základní jednotky, ke kterým se připojují sondy specializované pro jednotlivé měřicí metody (např. pro měření tloušťky povlaků na kovových i nekovových materiálech, pro měření klimatických podmínek, profilu povrchu, tvrdosti a dalších). Naopak **P. Čermák** (Ziehl-Abegg) v příspěvku „Ventilátory pro technologická zařízení“ nabídl širokou škálu axiálních a radiálních ventilátorů s AC motory i motory ECblue. Jsou používány ve vytápěcích, klimatizačních a chladírenských zařízeních, pro větrání nejen průmyslových objektů. V neposlední řadě mají svoje místo u výrobců zařízení pro povrchové úpravy, pecí, ochlazovacích linek a dalších technologií. **J. Blažek** (Surfin Technology) se ve svém příspěvku „Typy robotizace v praktických příkladech“ vrátil k tématu robotizace lakovacího procesu v práškových lakovnách. Zdůraznil, že každý typ robotizace má své přednosti a omezení, a uvedl základní podmínky pro úspěšné zvládnutí robotizace a zároveň ukázky reálných projektů. Stálíci mezi přednášejícími je **K. Kreislová** (SVÚOM), která v přednášce „Plech s žárovými slitinovými povlaky Zn-Al-Mg“, konstatovala, že tyto povlaky se v současné době rozšiřují pro celou řadu aplikací (fasádní plechy, střešní krytiny, svodidla, nosné konstrukce FVE...). Jejich výrobci uvádějí, že tyto povlaky jsou výrazně korozně odolnější než standardní povlaky žárového zinku. Tvrzení je založeno na výsledcích urychlených korozních zkoušek NSS, které jen v omezené míře simulují reálná korozní prostředí. Přesto i již provedené korozní zkoušky v různých prostředích, i když dosud relativně krátkodobé, potvrzují tyto výsledky. Nicméně doporučila vždy provést kontrolu kvality dodávaných materiálů (dochází k výrazným rozdílům v tloušťkách povlaků, výskyt trhlin v místech ohybů apod.). Slitinové povlaky zinku s legováním Al a Mg nemají vyšší korozní odolnost v silně alkalických prostředích, a při nižších tloušťkách dochází ke koroznímu napadení podkladové oceli v kratší době expozice. Následující příspěvek spoluautorů **D. Šrom**, **K. Sternadelová** (VŠB – TU Ostrava) a **R. Siostrzonek** (ViaKont) byl prezentován jen ve sborníku – „Vliv úpravy hran podkladového materiálu na vlastnosti ochranných povlaků“. **L. Mindoš** (SVÚOM) se v přednášce s názvem „Urychlené korozní zkoušky s akcelerovanou migrací VOC z vrstvy organických povlaků“ zaměřil na ověření vlivu migrace vysokovroucích VOC z epoxidových nátěrových vrstev na jejich ochranné vlastnosti, a to i u starých nátěrů. Zato poslední přednášející prvního dne **R. Bureš** (VŠCHT Praha) popsal průběh analýzy a hledání příčiny korozního poškození na chladícím okruhu k vzduchotechnickým jednotkám, které se objevilo po neúměrně krátkém čase.

První den byl zakončen již tradičně **společenským večerem**, který sloužil k výměně zkušeností i navázání nových kontaktů.

Druhý den jednání zahájily dvě přednášky autorek ze slovenských Košic. Příspěvek **J. Brezinové** (TU v Košiciach) zněl „Výskum tribologických vlastností novej generácie viacvrstvových nanostrukturovaných PVD povlakov“. Autoři se v něm zaměřili především na 3 typy duplexních povlaků, které analyzovali. Na základě experimentálních výsledků byla pak stanovena doporučení pro praxi. **A. Guzanová**, a kol. (TU v Košiciach) se v přednášce s názvem „Aplikácia organosilanov pri príprave povrchov na lepenie materiálův“ zaměřila na výzkum vlivu přípravy povrchu pozinkovaných a nepozinkovaných ocelových plechů před lepením i na to, jak se únosnost spojů a jejich odolnost proti degradaci v korozním prostředí zlepšila při použití organosilanové pasivace. Následující příspěvek **J. Drápely** (Galatek) „Robotické lakování koreb ve firmě Schwarzmüller“ přiblížil posluchačům lakovací linku s robotickým nanášením kapalných hmot na sklápěcí korby návěšů nákladních automobilů v uvedené společnosti. Vlastní lakování probíhá tak, že díl v kabině při lakování stojí, zatímco roboti se pohybují horizontálně (po sedmé ose). Přednáška **J. Opletala** (MR Media) na téma „Zvlhčování vzduchu a chlazení / Nejlepší klima pro lidi, materiál a životní prostředí“ vysvětlovala význam právě zvlhčování a chlazení vzduchu, kdy mezi nesporné výhody patří kromě snížení teploty, také snížení prašnosti



ve vzduchu, kdy mezi nesporné výhody patří kromě snížení teploty, také snížení prašnosti

a elektrostatického náboje, často i snížení zápachu, dále snížení nemocnosti zaměstnanců, včetně menší únavy, zlepšení soustředění apod. **P. Strzyž** (AČSZ) měl letos příspěvek s názvem „Svařování rozměrných pozinkovaných konstrukcí a jejich navrhování“. Obsahem byl popis protikorozi ochrany ocelové konstrukce povlakem žárového zinku se zaměřením, jak navrhnout a vyrobit součást pro žárové zinkování, která se nedá pozinkovat v jednom kuse a jak následně jednotlivé díly spojit, svařit, zkompletovat a ošetřit místa, která nejsou díky např. svařování pozinkovaná. Tématu robotizace, tentokrát při tryskání, se věnoval **P. Kunert** (PKIT Praha) v příspěvku „Vynikající výkon při tryskání s maximální bezpečností“. Tryskání velkých dílů je náročný proces a není zcela bez rizika. Ale díky speciálně navrženým tryskacím robotům lze tyto práce provádět bezpečněji a také rychleji, hospodárněji a kvalitněji. Ochrana zdraví lidí při práci se věnovala **M. Hornychová** (SZÚ) v přehledové přednášce s názvem „Ochrana zdraví lidí – přehled právních předpisů“. Současně byl tento přehled zařazen i do sborníku k pozdějšímu využití a prostudování. Poslední přednášku konference autorky **H. Geiplové** (SVÚOM) „Normy, předpisy a jejich použití v praxi“ přednesla její kolegyně K. Kreislová. V příspěvku je diskutováno několik příkladů nově zhotovených povlaků protikorozi ochrany, opravy a důvody selhání protikorozi ochrany různých typů ocelových konstrukcí. Vady mohou vznikat také u konstrukcí s práškovým povlakem. Nutnost oprav již aplikovaných nátěrových systémů a systémů protikorozi ochrany pro prodloužení životnosti ocelových konstrukcí je v poslední době častá, bohužel v technických zprávách projektantů k těmto otázkám jsou uváděny velmi špatné informace, jak má tento důležitý postup vypadat. Normy, předpisy a jejich znalost jsou důležitým nástrojem, jak se vypořádat s novými návrhy protikorozi úprav.

Posledním bodem programu byla pro zájemce **exkurze do firmy Schwarzmüller s. r. o.** Žebrák na pracoviště robotického lakování. Zájem o exkurzi byl značný, nicméně nakonec se díky velké vstřícnosti pana ředitele Fritsche dostalo téměř na všechny.

-z webových stránek konference-



**51. konference**  
**PROJEKTOVÁNÍ A PROVOZ**  
**POVRCHOVÝCH ÚPRAV**

**19. - 20. března 2025, Praha,**  
**Kongresový sál hotelu Olšanka**

Konference se koná již několik let pod záštitou **Hospodářské komory ČR.**  
**Konference je určena pro široký okruh posluchačů a slouží jako ŠKOLENÍ.**

**Na program konference:** informace o technologiích a zařízeních pro povrchové úpravy, i předpisech, aby se zvýšila kvalita výrobků a zlepšila jejich konkurence-schopnost:

- aktuální právní předpisy včetně chystaných změn,
- progresivní technologie a zařízení povrchových i předpovrchových úprav v lakovnách, galvanovnách, žárových zinkovnách, včetně informací o nátěrových hmotách apod.,
- problematika provozů povrchových úprav,
- opatření týkající se ochrany životního prostředí a/nebo zdraví lidí,
- projektování povrchových úprav,
- exkurze na pracoviště povrchových úprav
- diskuzně-společenský večer.

**Možnost prezentace:** • vystoupení • stůl • banner • inzerce – sborník  
více informací najdete na:

**[www.konferencepppu.cz](http://www.konferencepppu.cz)**



# Ze života škol

## Nanotechnologie v oblasti výzkumu materiálů: Cesta k udržitelným inovacím v energetice

Nanotechnologie se stávají zásadním nástrojem pro vývoj nových materiálů, který umožňuje transformovat naše přístupy k energetice a udržitelnosti. Na Centru nanotechnologií (CNT) v rámci CEET/VŠB-TUO se zaměřujeme na využití nanomateriálů k vývoji vysoce efektivních a ekologických materiálů, které řeší globální výzvy, jako jsou vysoká energetická náročnost, emisní zátěž a udržitelnost.

V současnosti se naše výzkumné aktivity koncentrují především do dvou klíčových projektů MATUR a REFRESH, které jsou realizovány na VŠB-TUO. V těchto projektech se vědci z CNT podílejí na vývoji udržitelných nanostrukturovaných materiálů pro ukládání elektrické energie se zaměřením na baterie tak, aby minimalizovaly negativní dopad na životní prostředí. Spojení nanotechnologií s vývojem takových materiálů není jen technologickou, ale i ekonomickou revolucí. Vysoce účinné materiály mohou významně snížit náklady na výrobu a spotřebu energie a zároveň přispět k dosažení cílů v oblasti snižování emisí a ochrany životního prostředí. Naše výzkumné aktivity se zaměřují nejen na technologické inovace, ale také na praktickou implementaci těchto materiálů, což je klíčové pro jejich široké a efektivní využití.

Centrum nanotechnologií pořádá v květnu 2025 již 9. ročník mezinárodní konference *NanoOstrava*. Tato prestižní událost propojí vědecká témata na našem centru a nabídne platformu pro prezentaci nejnovějších výsledků nejen ostravských vědců, ale i odborníků z celého světa. Konference bude mít široký dosah, osloví odbornou veřejnost, firmy i výrobní podniky, a nabídne příležitost mladým, ambiciózním vědcům nahlédnout do podstaty a zákulisí vědeckého a aplikovaného výzkumu.

Využití nanotechnologií v materiálovém výzkumu představuje slibnou cestu k dosažení udržitelného rozvoje v oblasti energetiky. Naše projekty a výzkumné aktivity se významně podílejí na vývoji inovativních řešení, která mohou ovlivnit energetickou budoucnost celého světa.

prof. Ing. Gražyna Simha Martynková, Ph.D.  
ředitelka Centra nanotechnologií

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA

CENTRE FOR ENERGY  
AND ENVIRONMENTAL  
TECHNOLOGIES

NANOTECHNOLOGY  
CENTRE



## Metalurgie je naše srdeční záležitost

Přinášíme vám krátkou fotoreportáž ze zdařilé prezentační akce Katedry metalurgických technologií, která se konala 11. října 2024 v kampusu Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

Akce ukázala různé možnosti i rozsáhlou nabídku vědeckovýzkumné spolupráce jak pro komerční subjekty, tak také pro terciární sféru, a to zejména v oblastech tradičních i speciálních tvářecích a slévárenských technologií nebo v oblasti ocelářských pochodů. V současné, pro metalurgii tolik nepříznivé situaci, je prezentace našeho know-how, zkušeností a umu velmi důležitá. Využili jsme k ní také dlouholetou a úspěšnou spolupráci naší katedry s průmyslovými podniky i vědeckými institucemi. Nápad, přetavený v celodenní akci pro bezmála 40 účastníků z 10 firem a 7 vědeckých pracovišť, zahájila a zároveň zaštitila děkanka Fakulty materiálově-technologické profesorka Kamila Janovská. Zaměstnanci a studenti doktorského studia připravili excelentní přehlídku všech našich pracovišť. Návštěvníci tak mohli vidět opravdu široký metalurgický záběr katedry a rozsah funkčního technického vybavení, které tvoří základ nejen pro vědeckovýzkumné zázemí katedry, ale je také využíváno k řešení VaV projektů, nebo projektů smluvního výzkumu.



Součástí prohlídky laboratoří byly fundované výklady pracovníků Katedry metalurgických technologií a ukázky práce na jednotlivých strojích a zařízeních v reálných podmínkách. Byly diskutovány moderní trendy v metalurgii a metalurgických technologiích s propojením do dalších oborů, jako je materiálové inženýrství, energetika nebo IT. Právě interdisciplinarita znalostí spolu se současným přehledem v odborných tématech zaměstnanců katedry byla zdrojem mnoha zajímavých dotazů přímo na místě, které následně vyústily v bohatou diskuzi ještě v odpoledních hodinách.

Podívejte se s námi do laboratoří alespoň prostřednictvím fotografií.



*Slévárenská laboratoř*



*Odlévání kovu do formy*



*Poloprovozní válcovna tyčí*





*Polospojité válcovna tyčí*



*Drátotah*

*Zařízení pro extrémní plastickou deformaci*



*Plazmová pec*

*Laboratoř tváření*



*Steckelova válcovna*

*Slévárenské polotovary*

*doc. Ing. Adéla Macháčková, Ph.D.  
Katedra metalurgických technologií VŠB-TUO  
foto: archiv katedry*

# Aktuality v hutnictví

## Oceláři a odbory trvají na naléhavé ochraně ocelářského průmyslu EU

Evropská ocelářská asociace (EUROFER) a IndustriAll Europe, odborová federace, vydaly společné prohlášení o naléhavosti Akčního plánu EU pro ocel. Prohlášení přišlo před slyšením v Evropském parlamentu Stéphana Sejourna, kterého prezidentka EU Ursula von der Leyenová vybrala jako výkonného viceprezidenta Evropské komise pro prosperitu a průmyslovou strategii. Strany připravily společný soubor požadavků pro EK a členské státy bloku, který podpořili europoslanci. Požadují akční plán EU pro ocelářský průmysl, který by obnovil jeho konkurenceschopnost, chránil přechod na životní prostředí a pracovní místa.

Sejourne má za úkol předložit akční plán EU pro ocel a základní kovy. EUROFER a IndustriAll Europe trvají na tom, že tento plán by měl mít váhu a měl by být zveřejněn během prvních 100 dnů od jmenování nové Evropské komise. Jak připomněla Judith Kirton-Darling, generální tajemnice IndustriAll Europe, evropský ocelářský sektor je v krizi. Průmysl se po celé Evropě potýká s omezováním výroby, zablokováním, zavíráním a bankroty. Poznamenala, že je nutné chránit trh EU před levnou a vysokouhlíkovou ocelí a také před vysoce kvalifikovanými pracovními místy v ocelářském průmyslu. „Dekarbonizace by neměla vést k deindustrializaci a potřebujeme, aby EU zajistila rovné podmínky a stabilní budoucnost pro evropské výrobce oceli. „Ocel potřebuje Evropu a Evropa potřebuje ocel“, řekla.

Axel Eggert, generální ředitel Evropské ocelářské asociace (EUROFER), dodal, že v sázce není jen ocelářský průmysl, ale také prosperita a odolnost Evropy. V sázce jsou miliardy evropských investic do dekarbonizace. Zároveň musí výrobci oceli v EU nést náklady na energii, které jsou 2–3krát vyšší než náklady jejich hlavních konkurentů v USA a Číně. Eggert poznamenal, že akční plán EU pro ocel je nyní zapotřebí více než kdy jindy, včetně rozhodných opatření od obchodu po energetiku a vedoucí zelené trhy.

*Zdroj: EUROFER*

## Nippon Steel se snaží uzavřít dohodu s US Steel předtím, než se Trump vrátí do Bílého domu

Japonská společnost Nippon Steel doufá, že do konce roku uzavře svou dohodu o koupi US Steel v hodnotě 15 miliard dolarů dříve, než Donald Trump v lednu znovu převezme Bílý dům, uvedl Takahiro Mori, místopředseda předsta-

venstva Nippon Steel a klíčový vyjednávač dohody. Dále uvedl, že tato akvizice je základem budoucího růstu Nippon Steel.

Nippon Steel, přední japonský výrobce oceli a čtvrtý globálně největší, souhlasil s nákupem US Steel v prosinci 2023, ale čelil odporu mocných odborových svazů, Trampa a prezidenta Joea Bidena, mezi jinými. Před volbami 5. listopadu 2024 Donald Trump slíbil, že v případě znovuzvolení dohodu zablokuje.

S US Steel chce Nippon Steel zvýšit svou globální výrobní kapacitu oceli na 85 milionů tun ročně ze současných 65 milionů tun, v dlouhodobém horizontu chce produkovat více než 100 milionů tun oceli. Společnost Nippon Steel ve čtvrtek 7. listopadu 2024 revidovala svůj celoroční výhled čistého zisku na 310 miliard jenů (2 miliardy dolarů) z předchozí prognózy 340 miliard jenů kvůli ztrátám zásob v důsledku nízkých cen surovin a pomalé domácí poptávky.

*Zdroj: Reuters*

## Konflikt mezi Liberty Steel a maďarskou vládou eskaluje kvůli výpadkům společnosti Dunaferr

Maďarská vláda obviňuje společnost Liberty Steel z nevyplácení mezd a zpožděného obnovení výroby, což hrozí bankrotem. Vzťahy mezi Liberty Steel a maďarskou vládou se zhoršují v důsledku delších odstávek v ocelárně Dunaújváros a finančních potíží. Maďarská vláda nedávno varovala, že jednotka Liberty's Dunaújváros by mohla čelit bankrotu a likvidaci, pokud nebudou brzy vyřešeny problémy s výplatou mezd a obnovením výroby.

Minulý týden maďarské ministerstvo hospodářství požadovalo, aby společnost Liberty Steel okamžitě vyplatila mzdy zaměstnancům Liberty Dunaújváros, a kritizovalo společnost za neplnění závazků k obnovení výroby. Situace se vyhrotila poté, co dodavatel energie ISD Power podal počátkem října návrh na likvidaci Dunarolling Dunai Vasmű, válcovací divize závodu v Dunaújváros, kvůli nedoplatkům v dodávkách energií.

Ministerstvo hospodářství připomnělo, že až do června loňského roku dostávala Liberty Steel významnou vládní podporu, která jí umožňovala zachraňovat pracovní místa a podporovat rodiny zaměstnanců. Podle vlády však společnost nesplnila své sliby a neobnovila výrobu, místo toho „neustále klamala veřejnost“. Vláda poznamenala, že je připravena zasáhnout, aby ochránila zaměstnance a zajistila jim výplatu ze mzdového garančního fondu, pokud by firma opět nebyla schopna platit mzdy sama. Maďarská vláda v říjnu přijala usnesení, které umožňuje

urychlení konkurzního řízení a rychlé jmenování správce, který zajistí výplaty zaměstnancům.

Jde o výrazné zhoršení vztahů mezi Liberty Steel a maďarskou vládou, která ještě na začátku roku hledala společná řešení, jak udržet závod v Dunaujvaros v provozu. V říjnu Liberty uvedla, že navzdory vládní podpoře nebyla schopna zajistit provozní kapitál kvůli potížím s půjčkami od maďarských bank. Jedním z důvodů těchto potíží byla nestabilita evropského trhu s ocelí.

V současné době je vysoká pec v závodě Dunaujvaros od loňského roku nečinná a válcovací linky jsou využívány jen občas. V červnu společnost zahájila proces uzavírání dvou koksárenských baterií a v srpnu bylo oznámeno, že Čína poskytne finanční záruku 1,3 miliardy eur na modernizaci maďarského závodu, včetně přeměny na výrobu oceli elektrickým obloukem.

*Zdroj: Kallanish*

## Liberty Steel oznamuje plán restrukturalizace Specialty Steel UK

Liberty Steel oznámila plán na restrukturalizaci svého podniku Specialty Steel ve Velké Británii. Jak bylo uvedeno, navrhovaný plán výrazně sníží dluh společnosti a zvýší její schopnost uspokojovat budoucí poptávku. Divize má zajištěnou podporu plánu od svých hlavních zákazníků. Všem věřitelům bude předložen podrobný návrh a budou mít možnost o plánu hlasovat u soudu, uvedla společnost. Navrhovaná restrukturalizace nebude mít žádný dopad na zaměstnance podniku.

Společnost říká, že po realizaci plánu bude mít Specialty Steel UK lepší pozici pro získávání nového kapitálu a další rozšiřování svých operací ve strategických segmentech a výrobě produktů šetrných k životnímu prostředí. Dále také uvedla, že strategické zaměření Specialty Steel UK na speciální třídy oceli pro letectví, obranu a energetiku pomohlo zmírnit dlouhodobé problémy s konkurenceschopností, kterým čelí britský ocelářský průmysl.

Loni v lednu Liberty Steel UK oznámila svůj záměr vyrábět vysoce nákladné legované oceli ve svých závodech Specialty Steel UK v Rotherhamu, Stokesbridge a Brinsworth. Jednotka měla během roku zvýšit svou produkci, aby se do září 2023 vyrovnala. Jak bylo uvedeno, zpracovatelské závody Liberty Steel Newport a Liberty Performance Steel West Bromwich měly být uzavřeny kvůli likvidaci nerentabilních podniků, protože se měly změnit na prodejní a distribuční centra pro produkty společnosti. Plánovalo se také snížení výroby v závodě v Rotherhamu.

*Zdroj: Liberty Steel*

## Vysoké ceny energií ovlivňují polský průmysl

Vysoké ceny elektřiny stále více ovlivňují konkurenceschopnost polského průmyslu. Polský průmysl vytváří asi 1/5 národního HDP. Společnosti v zemi mají silné posta-

vení v evropských dodavatelských řetězcích a úspěšně konkurují na zahraničních trzích. Polský průmyslový sektor je však ve srovnání s ostatními zeměmi EU velmi energeticky náročný. Vysoké ceny elektřiny jsou problémem pro průmyslová odvětví, jako je chemický, kovo-dělný, těžební průmysl, paliva a energetika. Je to pro ně jedna z hlavních nákladových položek, která ovlivňuje ziskovost a konkurenceschopnost výroby.

Michał Orłowski, viceprezident pro správu a rozvoj aktiv společnosti Tauron Polska Energia, uvedl, že klíčovým prvkem vytvoření konkurenční výhody je spotřeba energie, množství a doba této spotřeby a vědomý přístup k problému. Ceny bývaly podle něj poměrně předvídatelné, ovlivněné cenou uhlí a emisemi uhlíku. Elektřina byla ve špičce dražší a jindy levnější. S větším přídavkem obnovitelných zdrojů se však zvýšily cenové výkyvy v systému. Navíc Polsko se již potýká s fenoménem negativních cen. Na druhou stranu v některých časových obdobích ceny někdy dosahují několika tisíc zlotých za MWh.

Jak bylo uvedeno, v první polovině roku 2024 byly ceny elektřiny v Polsku jedny z nejvyšších v Evropě. Podle analytiků Forum Energii to vyvolává otázku naléhavé modernizace pro polský průmysl. Klíčové jsou mimo jiné investice do energetické účinnosti. To může společně pomoci snížit jejich ekologickou stopu a snížit provozní náklady. Zpráva think-tanku WiseEuropa a nadace RE-Source Poland Hub Foundation říká, že pro udržení konkurenceschopnosti polského průmyslu jsou nutné investice do obnovitelné energie a postupné zvyšování přístupu k čisté energii. Tauron Polska Energia připravuje řadu takových projektů. Konkrétně společnost nedávno zahájila projekt výstavby větrného parku Miejska Górka s kapacitou přes 190 MW, druhého největšího v Polsku.

*Zdroj: Gramwziewone*

## Polská Alchemia se rozhodla zlikvidovat svou pobočku na výrobu trubek v Czestochowe

Představenstvo polské průmyslové skupiny Boryszew SA oznámilo rozhodnutí její ocelářské dceřiné společnosti Alchemia SA zahájit proces likvidace pobočky Rurexpol v Czestochowe. Rurexpol je výrobcem bezešvých trubek o průměrech od 121 mm do 273 mm, které se používají mimo jiné v ropném průmyslu. Společnost vyrábí také slitinové trubky pro energetiku a konstrukční trubky pro další obrábění.

Alchemia SA Holding poznamenává, že rozhodnutí bylo učiněno kvůli očekávané ztrátě schopnosti Rurexpolu konkurovat na trhu z důvodu zhoršující se situace v evropském ocelářském průmyslu, což vedlo k poklesu poptávky po produktech společnosti. Navíc poukazuje na zastaralou technologii výroby a vysoké náklady na udržení výrobní činnosti. Rovněž je třeba poznamenat, že byly zohledněny očekávané vyšší ekonomické přínosy z likvidace aktiv pobočky ve srovnání s přínosy ze zachování výrobních činností.

V roce 2023 Rurexpol vygeneroval tržby ve výši 143,5 milionu PLN a v roce 2022 – 173 milionů PLN. Podle odborů přijde kvůli likvidaci pobočky do února 2025 o práci téměř 260 lidí.

Připomínáme, že Alchemia prodává plně funkční závod na výrobu bezešvých trubek v Polsku společností Alchemia Walcownia Rur Andrzej (WRA). Aktivum prodává KRUDO Industrial, globální společnost zabývající se monetizací průmyslových aktiv. Walcownia Rur Andrzej byla letos zlikvidována. Jak již dříve bylo uvedeno ve zprávě GMK, výrobci oceli v Polsku v roce 2023 snížili produkci oceli o 13,1 % ve srovnání s rokem 2022 na 6,44 milionu tun. Země se tak umístila na 22. místě v celosvětovém žebříčku výrobců oceli podle WorldSteel Association. Loni činila průměrná měsíční výroba oceli v Polsku 536,42 tis. tun, v roce 2022 to bylo 617,25 tis. tun (meziročně -13,09 %).

*Zdroj: GMK*

## Ukrajina vyvezla za leden až říjen 1,67 milionu tun polotovaru

V lednu až říjnu 2024 zvýšili ukrajinští oceláři vývoz ocelových polotovarů o 61,8 % ve srovnání se stejným obdobím roku 2023 na 1,67 milionu tun. Vyplývá to z údajů Státní celní správy. Vývoz ukrajinských polotovarů v říjnu činil 144,13 tis. tun, což je meziměsíční pokles o 35,7 % a meziročně o 30,9 %. Průměrný měsíční vývoz v roce 2024 činil 167,4 tis. tun oproti 103,46 tis. tun v lednu až říjnu 2023. Říjnový údaj je přitom nejnižší od června letošního roku.

Hlavními exportními destinacemi ocelových polotovarů z Ukrajiny jsou Bulharsko – 512,87 tis. tun za 10 měsíců a 50,56 tis. tun v říjnu (+48,7 % m/m), Egypt – 345,85 tis. tun a 20,42 tis. /m), Turecko – 179,37 tis. tun a 20,81 tis (-45,9 % m/m) a Polsko – 117,92 tis. tun (v říjnu nedovezeno). Tržby z vývozu polotovarů za leden až říjen 2024 vzrostly o 56,3 % r/r – na 827,95 milionu USD a v říjnu – klesly o 36,7 % m/m a vzrostly o 31,1 % r/r – na 69,32 milionu USD.

*Zdroj: GMK*

## ArcelorMittal a China Oriental postaví elektroocelárnu v Číně

Globální výrobce oceli ArcelorMittal a China Oriental Group oznámili společný podnik na výstavbu elektroocelárny v Číně, jehož cílem je posílit jejich pozici na rozvíjícím se asijském trhu. Obě společnosti budou mít každá 50% podíl a očekává se, že dohoda bude formalizována v první polovině roku 2025 poté, co obdrží souhlas čínských úřadů. Společnost si tak klade za cíl získat 5 % až 10 % čínského trhu.

Projekt zahrnuje investici ve výši 660 milionů dolarů na vybudování linky na výrobu oceli v elektrické obloukové

peci a její následné válcování za tepla, která začne fungovat za 18 měsíců. V první fázi dosáhne kapacita linky 2,5 milionu tun ročně s možným zvýšením na 3,5 milionu tun. Suroviny pro výrobu bude dodávat dceřiná společnost China Oriental Hebei Jinxi Steel a podporu poskytne vláda Tangshan, provincie Qianxi.

Kromě toho se plánuje investice ve výši 2 miliard dolarů do výroby měkkých magnetických materiálů zaměřených na nový energetický trh. Pro tento projekt poskytuje vláda města Changzhou podporu přidělováním pozemků a podporou rozvoje výrobních zařízení. Produkty tohoto závodu najdou uplatnění v automobilovém průmyslu, průmyslových motorech, domácích spotřebičích a energetice. Zahájení výroby se očekává za 26 měsíců s počáteční kapacitou 1,5 milionu tun ročně a potenciálem až 1,8 milionu tun ve druhé fázi.

V roce 2023 Čína vyrobila 1,019 miliardy tun oceli, což je o 0,6 % více ve srovnání s rokem 2022. Sestupný trend v ocelářském průmyslu v zemi se tak zastavil po dvou po sobě jdoucích letech poklesu produkce. Čínské úřady loni nevalily omezení na výrobu oceli v souladu se svými ambicemi snížit emise CO<sub>2</sub>, což přispělo ke zvýšení výroby a příjmů místních ocelářů. Letos čínská vláda plánuje pokračovat v praxi regulace výroby oceli, ale rozsah ani načasování zatím nejsou známy.

Čínský vývoz oceli v roce 2023 vzrostl o 36,2 % r/r – na 90,3 milionů tun. Dovoz oceli dosáhl 7,64 mil. tun, což je pokles o 27,6 % r/r. Dovoz železné rudy za rok vzrostl meziročně o 6,6 % na 1,179 miliardy tun.

*Zdroj: Kallanish*

## Ruští oceláři si i přes sankce udržují silné pozice na trhu EU

Navzdory sankcím si ruské ocelářské společnosti udržují konkurenceschopnou pozici na trhu EU, zejména v dodávkách bram, uvedl na Kyjevském mezinárodním ekonomickém fóru (KIEF) Olexander Vodoviz, vedoucí kanceláře generálního ředitele Metinvestu. „Rusko má nadále silnou pozici v dodávkách bram do EU“, vysvětlil. Podle společnosti Metinvest potřebují ukrajinští výrobci rovné podmínky, včetně přístupu k finančním grantům, jako mají evropské společnosti, aby splnili ekologické požadavky CBAM a mohli konkurovat ruským konkurentům. Významné finanční prostředky přidělené na modernizaci evropských oceláren jim umožňují přizpůsobit se novým standardům a zajistit si příznivé postavení na trhu.

Jak již dříve informovalo centrum GMK, v lednu až srpnu 2024 EU dovezla 3,9 milionu tun ocelových surovin ruského původu. Největší podíl na dovozu tvořily polotovary – 2,14 mil. tun, surové železo – 949,07 tis. tun a přímo redukované železo – 718,83 tis. Celkové náklady na dovoz činily 1,87 miliardy EUR.

*Zdroj: Metinvest*

## Ukrajinské námořní přístavy vyvezly v říjnu 1,4 milionu tun železné rudy

Ukrajinské námořní přístavy v říjnu 2024 více než zdvojnásobily překladku železné rudy ve srovnání s říjnem 2023, a to až na 1,4 milionu tun. Celkový nákladní obrat přístavů za měsíc činil 8 milionů tun, což je o 60 % více než v loňském roce. Tradičně většinu nákladní dopravy tvoří zemědělské produkty a ruda. Manipulace s obilím dosáhla v měsíci 5 milionů tun, meziročně o 1,5 milionu tun více.

Ukrajinský koridor hraje klíčovou roli při zajišťování exportních operací, v říjnu jím prošlo 6,8 milionu tun nákladu. Z toho bylo 4,5 milionu tun obilí. V lednu až říjnu 2024 dosáhl celkový nákladní obrat ukrajinských přístavů 82,3 milionu tun, což je téměř dvakrát více než ve stejném období loňského roku (46,1 milionu tun).

*Zdroj: tisková zpráva Ukrajinské správy námořních přístavů (USPA).*

## Nucor Louisiana dosahuje světového rekordu v produkci DRI za den

Tenova, italská společnost, která je součástí Techint Group a specializuje se na inovativní řešení pro ocelářský a těžební průmysl, oznámila, že dceřiná společnost amerického ocelářského gigantu Nucor Corporation, Nucor Steel Louisiana, LLC, vytvořila světový rekord ve výrobě přímo redukovaného železa (DRI).

V závodě ENERGIRON DR společnost dosáhla 330,3 tun DRI za hodinu, tj. 7 928 tisíc tun za den. Závod, který má roční výrobní kapacitu 2,5 milionu tun, vyvinuly společně Tenova a italský výrobce zařízení Danieli. Zástupci společnosti Tenova zdůraznili, že tento úspěch podtrhuje přínos technologie ENERGIRON ke zlepšení účinnosti a šetrnosti k životnímu prostředí ocelářského průmyslu.

Vysoký výkon ENERGIRON DRI umožňují pokročilá technická řešení, která výrazně snižují emise oxidu uhličitého ve výrobním procesu. Technologie ENERGIRON využívá k redukcí železa zemní plyn, který je méně náročný na uhlík než tradiční metody. Díky tomu je závod příkladem udržitelného přístupu v moderní metalurgii a otevírá nové možnosti pro snižování emisí v ocelářském sektoru.

*Zdroj: SteelOrbis*

## US Steel Košice snížila ve 3. čtvrtletí dodávky oceli o 6,1 % r/r

Slovenská ocelárna US Steel Košice (USSK), dceřiná společnost US Steel, snížila ve třetím čtvrtletí roku 2024 dodávky oceli o 6,1 % ve srovnání se stejným obdobím roku 2023 na 899 tisíc tun. Ve srovnání s předchozím čtvrtletím se toto číslo podle společnosti zvýšilo o 2,7 %.

Výroba oceli za období činila 970 tisíc tun, což je o 2 % méně než v červenci až září 2023 a 1 % q/q. Čtvrtletní

výroba oceli společnosti nepřesahuje 1 milion tun za druhé čtvrtletí v řadě a využití kapacity oceli je na 77-79 %. Průměrná prodejní cena za dané období činila 802 USD za tunu, což je o 5,9 % méně ve srovnání s 3. čtvrtletím 2023 a o 2,3 % mezičtvrtletně. Čisté tržby společnosti se meziročně snížily o 11 % a vzrostly o 0,1 % q/q – na 751 milionů USD.

V lednu až září 2024 dodal US Steel Košice spotřebitelům 2,846 milionu tun oceli, meziročně o 1 % méně. Výroba oceli klesla o 8,1 % r/r – na 3,03 mil. tun. Čisté tržby klesly o 11 % na 2,43 miliardy USD. Ve čtvrtém čtvrtletí USSK očekává pokles objemů prodeje a průměrných prodejních cen ve srovnání se třetím čtvrtletím. Společnost dále předpokládá negativní dopad vyšších výrobních nákladů v důsledku provozu na částečný výkon, vyšších energetických nákladů a nákladů na opravy spojených s neplánovanými odstávkami na lince kontinuálního lité č. 1. Očekává se pozitivní efekt z úpravy zásob. Vysoká pec č. 1 v USSK zůstává odstavena po plánované 30denní odstávce v srpnu, což odráží slabou poptávku. To znamená, že 1,6 milionu tun roční kapacity elektrárny je v současnosti nevyužitých.

Společnost USSK je vybavena třemi vysokými pecemi s celkovou kapacitou 5 milionů tun surového železa ročně. Závod se specializuje na výrobu za tepla válcovaných, za studena válcovaných a žárově pozinkovaných svitků. US Steel Košice vyrobila v roce 2023 4,39 milionu tun oceli, což je o 14,5 % r/r. Dodávky oceli závodu vzrostly o 3,7 % r/r – na 3,899 milionu tun. Průměrná prodejní cena klesla o 19,9 % r/r – na 873 USD za tunu.

*Zdroj: GMK*

## Thyssenkrupp snížil aktiva své ocelářské divize o 1 miliardu eur

Německý koncern Thyssenkrupp oznámil ve fiskálním roce 2023/2024 ztrátu ze snížení hodnoty dlouhodobého majetku své ocelářské divize ve výši 1 miliardy EUR. Společnost uvedla, že je to díky zhoršující se vyhlídkám pro ocelářský sektor, protože slabá poptávka a asijská konkurence poškodily německý průmysl.

Poslední odpis hutního majetku přichází v době, kdy německá společnost vyjednává s energetickým holdingem EPCG českého miliardáře Daniela Křetínského o navýšení svého podílu ve firmě na 50 %. Podle Thyssenkrupp může EPCG od dohody odstoupit, pokud jednání o poměru 50:50 selžou. V říjnu letošního roku finanční ředitel Thyssenkrupp Jens Schulte řekl, že společnost má plán B a bude usilovat o jednání s dalšími výrobci oceli o možných partnerstvích a svazcích, pokud dohoda neprojde.

Celkově německý konglomerát plánuje ve fiskálním roce 2024/2025 (končící 30. září 2025) vygenerovat čistý zisk ve výši alespoň 100 milionů eur, ve srovnání s čistou ztrátou 1,4 miliardy eur ve fiskálním roce 2023/2024. Společnost také předpovídá zvýšení provozního zisku

navzdory rostoucím nákladům v důsledku zvýšených investičních a restrukturalizačních nákladů.

V srpnu bylo oznámeno, že Salzgitter a Thyssenkrupp usilují o prodej svých podílů v Hüttenwerke Krupp-Mannesmann, integrované ocelárně, která se specializuje na výrobu bram a předvalků pro výrobu trubek.

*Zdroj: Reuters*

## Indie zvýšila dovoz oceli na sedmileté maximum v dubnu až říjnu

Indie od začátku fiskálního roku 2024/2025 (duben-říjen 2024) zvýšila svůj dovoz výrobků z válcované oceli na sedmileté maximum 5,7 milionu tun, jak vyplývá z předběžných vládních údajů. Druhý největší světový výrobce oceli si nadále zachovává svůj status čistého dovozce oceli, který vznikl ve fiskálním roce 2023/2024.

Čína je klíčovým dodavatelem válcované oceli na indický trh. Vysoká poptávka po oceli je způsobena automobilovým průmyslem a sektorem infrastruktury. Spotřeba oceli v období dosáhla sedmiletého maxima 85,7 mil. tun. Ministerstvo oceli v zemi zároveň prosazuje zavedení ochranných cel nebo daní, které by omezily rychlý růst dovozu.

Indický vývoz oceli v dubnu až říjnu 2024 vykázal opačný trend a klesl na sedmileté minimum 2,8 milionu tun. Výroba válcované oceli dosáhla 82,7 mil. tun, meziročně o 4,4 % více, a produkce oceli byla 84,9 mil. tun (+3 % r/r).

*Zdroj: Reuters*

## British Steel bude pokračovat v provozu vysokých pecí v Scunthorpe v roce 2025

British Steel, ocelářská společnost vlastněná čínskou Jingye Group, potvrdila, že její vysoké pece v Scunthorpe budou příští rok v provozu, ačkoli bylo již dříve oznámeno, že by mohly být uzavřeny do vánoc 2024. Podle mluvčího společnosti však British Steel nedávno získal suroviny, které jí umožní pokračovat v provozu v roce 2025.

V loňském roce British Steel oznámila plány na výstavbu elektrických obloukových pecí ve svých závodech Scunthorpe a Teesside. Tento krok si však vyžádal vládní podporu, která však byla odložena. Minulý týden se ministr zahraničního obchodu Spojeného království Jonathan Reynolds setkal s generálním ředitelem Jingye Group, aby prodiskutovali budoucnost závodu Scunthorpe. Vláda usiluje o ujištění, že pracovní místa ve Scunthorpe budou chráněna, pokud bude schválen záchranný balíček. Pomoc pro British Steel bude pravděpodobně pocházet z 2,5 miliardy liber přidělených vládou na podporu výrobců oceli při dekarbonizaci výroby. Předpokládá se však, že British Steel bude mít nárok na relativně malou část této částky.

Již dříve British Steel oznámila osminásobný nárůst ztrát před zdaněním v roce 2022 na 408,4 milionu GBP při obratu 1,7 miliardy GBP. V roce 2021 dosáhly ztráty společnosti 49,5 milionu GBP při obratu 1,5 miliardy GBP.

*Zdroj: BBC, The Guardian.*

## Kazachstán zakazuje vývoz ocelových předvalků a polotovarů

Od 1. prosince 2024 zakáže Kazachstán vývoz ocelových předvalků a polotovarů. Ministr průmyslu a výstavby podepsal 11. listopadu příslušný příkaz č. 389. Omezení bude platit šest měsíců a vztahuje se na přepravu sochorů (HS 7206) a polotovarů (HS 7207) všemi druhy dopravy. Cílem zákazu je stimulovat výrobu ocelářských výrobků s vyšší přidanou hodnotou v zemi. Úřady mají za cíl posílit ocelářský průmysl, zejména vytvářením podmínek pro výrobu hotových výrobků. Kazachstán zároveň 2. listopadu prodloužil zákaz vývozu železného a nezelezného šrotu o dalších šest měsíců.

Vývoz ocelových polotovarů hrál významnou roli v obchodu Kazachstánu. Například v lednu až září 2024 dodala země do Turecka 11,29 tisíce tun sochorů a 130,32 tisíce tun surového železa. Prioritou je však nyní rozvoj domácí výroby a stimulace zpracování ocelářských výrobků v místních podnicích.

Jak již bylo dříve uvedeno, v lednu až září 2024 Kazachstán zvýšil výrobu oceli o 10 % ve srovnání se stejným obdobím v roce 2023 na 3,15 milionu tun. Výroba plochých výrobků vzrostla o 21,2 % r/r – na 2,26 mil. tun.

*Zdroj: Kallanish*

## Huta Czestochowa – být či nebýt

Huta Czestochowa je polský závod s elektrickou obloukovou pecí (0,7 milionu tun surové oceli ročně) a válcovnou ploché oceli (až 1 milion tun plechů). Její historie zahrnuje různé etapy. Nejprve se vyvíjela jako tradiční integrovaná ocelárna s vysokými pecemi a pecemi s otevřenou nístějí a poté se přeměnila na závod EAF (provozní model, který je v současnosti oblíbený vzhledem k „zelenému“ přechodu).

Navzdory relativně modernímu výrobnímu zázemí byl však na společnost opět vyhlášen konkurz. Zvláštní situace vzhledem k poptávce po ploché oceli ve strojírenství, vojensko-průmyslovém komplexu a obnovitelné energii. Tento článek má za cíl rozebrat danou situaci,

## Huta Czestochowa – integrovaná ocelárna

Stavba závodu začala v roce 1896 z iniciativy polského průmyslníka Bernarda Ludwika Hantkeho. V roce 1902 měl závod již vysoké pece, ocelárnu a válcovnu. V letech 1928-1930 byla provedena první významná modernizace výroby. Během druhé světové války nebylo zařízení

závodu poškozeno, což umožnilo rychlé obnovení výroby po válce. V roce 1947 vedení připravilo první plán rozšíření, který zahrnoval stavbu otevřené výhňe s 6 pecemi a válcovnu trub. V 50. a 60. letech byly postaveny také nové vysoké pece, koksovna a aglomerace.

V letech 1969-1972 byla postavena válcovna ploché oceli – tento projekt byl tehdy považován za nejvýznamnější investici v zemi. Spuštění nových kapacit bylo spojeno s uspokojením potřeb stavby lodí a nutností omezit dovoz plechů.

Huta Czestochowa byla v 80. letech 20. století třetí největší ocelárnou v Polsku (po závodech v Krakově a Dąbrowa Górnicze) – bylo zde zaměstnáno 13 tisíc lidí. Ve stejné době byl vypracován plán modernizace pro Huta Czestochowa s cílem přeměnit ji na závod na bázi EAF.

### ***Huta Czestochowa – závod EAF a první bankrot***

V letech 1994-1997 byla v závodě postavena elektrická oblouková pec a linka na plynulé lití. Následně se začaly uzavírat další výrobní kapacity, zejména 4 koksárenské baterie, 2 linky na výrobu aglomerátu, 2 vysoké pece, otevřené nístějové pece a slévárna. Poslední vysoká pec a otevřená nístějová pec byly vyřazeny z provozu v roce 2001.

V roce 1998 se závod stal akciovou společností (Huta Czestochowa SA). 100 % akcií patřilo Státní pokladně. V rámci restrukturalizace byly ze závodu vyčleněny společnosti s majetkem nesouvisejícím s výrobou oceli (např. rezidenční nemovitosti, poliklinika, kulturní dům atd.).

1998-2001 – období krize na trhu s ocelí. Společnost Huta Czestochowa SA nebyla schopna splácet dluh spojený s výstavbou nových výrobních zařízení, a proto musela v roce 2002 společnost podat návrh na konkurz. V průběhu konkurzního řízení byl za účelem využití výrobního potenciálu závodu a zachování pracovních míst vytvořen samostatný právní subjekt (Huta Stali Czestochowa Sp. z o.o.), který si pronajal ocelárnu a válcovnu plechů. Více než 2 000 zaměstnanců závodu přešlo do práce pro novou organizaci.

Huta Stali Czestochowa spravovala aktiva závodu 3 roky, poté byla v roce 2005 část kapacit závodu na výrobu oceli spolu s 12 dceřinými společnostmi prodána strategickému investorovi – Industrial Union of Donbass (ISD). Na druhé straně vedení společnosti Huta Czestochowa SA v souladu se zákonem o státní podpoře podnikům zvláštního významu pro trh práce předložilo plán restrukturalizace. Ta byla schválena v srpnu 2003, takže konkurzní řízení bylo zastaveno. Podle restrukturalizačního plánu byla velká část dluhu odepsána a společnost Huta Czestochowa S.A. (bez výrobních aktiv) byla transformována na Regionalny Fundusz Gospodarczy S.A., která byla povinna splatit část dluhu věřitelům prodejem svých aktiv (pozemky, nemovitosti a bývalá oddělení údržby závodu). Regionalny Fundusz Gospodarczy S.A. stále existuje a nabízí pozemky investorům. Konkrétně pozemková banka v Czestochowa má více než 14 hektarů.

### ***Období ISD***

ISD zaplatila 1,252 miliardy zlotých (asi 334 milionů \$) za Huta Czestochowa a zavázala se investovat 440 milionů zlotých (118 milionů \$) do ocelárny během sedmi let. V dubnu 2006 si ISD vzala půjčku ve výši 275 milionů \$ od polského bankovního konsorcia. Na modernizaci Hutě Czestochowa bylo použito 200 milionů dolarů.

ISD také reorganizovala závod. V roce 2008 byla bývalá koksovna rozdělena do Koksownia Czestochowa Nowa, která byla v roce 2009 prodána skupině Zarmen. V roce 2011 ISD prodala válcovnu trub společnosti Alchemia Group. Huta Czestochowa se tak soustředila na výrobu ploché oceli.

V červenci 2013 ISD Huta Czestochowa uzavřela svou ocelářenskou kapacitu, protože bylo výhodnější využívat bramy z Alčevských železáren a oceláren, které je vyráběly cestou BF-BOF – náklady na takové bramy byly podle zpráv v médiích téměř o 100 \$/t nižší než u bram vyrobených z EAF oceli.

V prosinci 2014 byla výroba oceli EAF obnovena, protože nepřátelské akce v Donbasu přerušily dodávky bram z Alčevských železáren a ocelí. Zprávy z médií naznačují, že provoz elektrické obloukové pece byl nestabilní. Konkrétně byla opět zastavena v říjnu 2015 a výroba byla znovu zahájena v červnu 2016. Podle dostupných informací fungovala elektrická oblouková pec ISD Huta Czestochowa v letech 2011-2016 s nízkou výťažností (v průměru 33 %), která klesla na 2 % v roce 2014.

V květnu 2019 ocelárna ukončila výrobu. Dne 28. června podalo vedení společnosti návrh na konkurz na ISD Huta Czestochowa. Odborníci uvádějí několik faktorů, které vedly k tomuto výsledku: důsledky hospodářské recese v roce 2008, nedostatečná poptávka po výrobcích závodu (sázky na prodej ploché oceli do polských loděnic a polské automobilky se nevyplatily) a ztráta kontroly nad Alčevské železárnou, které skončily na okupovaném území.

Asi nejvýznamnějším faktorem byl vysoký dluh na úvěrech, které ISD přilákala na modernizaci jak Huta Czestochowa, tak ukrajinských podniků. Je to stejný důvod, který je spojen s prvním bankrotem polského závodu.

### ***Hledá se nový majitel***

Dne 19. září 2019 pronajal konkurzní správce závod na 12 měsíců společnosti Sunningwell International Polska z o., která koncem měsíce obnovila výrobu. V dubnu 2020 schválil konkurzní soud nabídku společnosti Sunningwell na koupi závodu za 220 milionů PLN (58,5 milionu USD). Čas pro podpis smlouvy vypršel 5. října, ale Sunningwell obchod neuzavřel, takže správce musel vypsát nové výběrové řízení. Soud souhlasil s prodloužením nájmu Sunningwellu do června 2021, ale dne 3. prosince 2020 konkurzní správce nájem předčasně ukončil, protože výroba v závodě byla na konci října zastavena.

Dne 1. prosince 2020 bylo vypsáno nové výběrové řízení na prodej ocelárny. Konkurzní správce podepsal 23. pro-

since nájemní smlouvu s Corween Investments (společnost ze skupiny Liberty Steel). Jestliže ISD dříve dodávala bramy z Alčevských železáren do Huty Częstochowa, pak Liberty zavedla dodávky bram ze svého závodu v Ostravě.

22. ledna 2021 schválil obchodní soud nabídku Corween Investments na koupi závodu za 190 milionů PLN (51,4 milionu USD). 28. května 2021 společnost Liberty uzavřela obchod a stala se novým vlastníkem Huta Częstochowa.

V říjnu 2023 však Liberty Częstochowa zastavila výrobu a poslala své zaměstnance (950 lidí) na nucenou dovolenou. Oficiálním důvodem byl nedostatek zakázek. V červenci 2024 Okresní soud v Częstochowa prohlásil konkurz na Liberty Częstochowa a jmenoval insolvenčního správce. Liberty se nechtěla vzdát a proti rozhodnutí o úpadku podala odvolání s odvoláním na dohodu o restrukturalizaci uzavřenou s věřiteli. V říjnu 2024 však soud definitivně schválil rozhodnutí o úpadku, které otevřelo cestu k nalezení nového majitele.

### **Liberty Steel v jiných evropských zemích**

Evropská média poukazují na určitý vzorec v aktivitách Liberty Steel v Evropě – během období klesajících cen oceli společnost omezuje výrobu ve svých závodech, požaduje vládní pomoc a prodává bezplatné povolenky. Zejména bankrot závodu Ostrava přímo souvisí s odmítnutím vlády přidělit neprovozujiícímu podniku bezplatné uhlíkové povolenky.

Podívejme se blíže na situaci v ostatních závodech Liberty Steel v Evropě:

Liberty Ostrava v říjnu 2023 zastavila výrobu oceli kvůli přerušení dodávek elektřiny z důvodu neplacení – společnost dluží svému dodavateli elektřiny Tameh Czech více než 2 miliardy Kč (81,8 milionu eur). V červnu 2024 soud zahájil na závod konkurzní řízení. Liberty podle informací médií hledá kupce pro nákup českého závodu.

V srpnu 2023 Liberty odstavila jedinou fungující vysokou pec v závodě Dunaferr / Dunaújváros (Maďarsko) a v červnu 2024 vyřadila z provozu dvě koksárenské baterie, čímž zcela ukončila výrobu koxu v maďarském závodě. Dne 1. října 2024 podala ISD Power žádost o likvidaci Dunarolling Dunai Vasmű (válcovna ocelárny, která byla vyčleněna do tohoto právního subjektu), protože Liberty rok neplatila za elektřinu.

Liberty Galati (Rumunsko) pravidelně vypíná svou jedinou fungující vysokou pec. Například během prvních 10 měsíců roku 2024 došlo ke 2 takovým odstávkám. BF byl mimo provoz v lednu až únoru a květnu až červenci.

V britských závodech Liberty Steel v Rotherhamu a Stocksbridge došlo k propuštění většiny zaměstnanců. Za 6 milionů 2024 vyrobila společnost Liberty Steel Rotherham přibližně 10 000 tun oceli, což znamená, že využití kapacity bylo méně než 2 %.

Liberty Liège-Dudelange (Belgie, Lucembursko) také funguje s nízkou kapacitou a společnost zvažuje jeho prodej.

Připomeňme, že Liberty Steel získala většinu svých evropských závodů od společnosti ArcelorMittal, která se před koupí italského závodu Ilva zavázala k jejich prodeji. Liberty se zavázala zaplatit 140 milionů EUR jako odloženou kompenzaci, ale ArcelorMittal tyto prostředky dosud neobdržel. V říjnu 2024 proto ArcelorMittal podala žalobu k High Court of England proti Liberty Steel East Europe a požadovala zavedení externího managementu.

### **Vyhledky Huty Częstochowa**

V současné době hledá konkurzní správce Liberty Częstochowa nového nájemce pro závod. Prioritou je spuštění výrobní kapacity před zimou. Následně je plánováno nové výběrové řízení na prodej závodu. Zájem o účast ve výběrovém řízení již projevilo několik společností. Například Steel Mont (německá obchodní společnost), Weglokoks (polský vývozce uhlí) a Metinvest (společnost s aktivy z oceli a železné rudy na Ukrajině).

Liberty Steel se i přes výše uvedené finanční problémy překvapivě hodlá zúčastnit výběrového řízení na pronájem Huty Częstochowa prostřednictvím své sesterské společnosti Poviglio, která údajně může poskytnout finanční prostředky na splacení dluhu a výplatu mezd za září. Proč se tak nestalo před zahájením konkurzního řízení, zůstává otevřenou otázkou.

Polské státní instituce budou muset rozhodnout, který z předložených návrhů je pro rozvoj podniku výhodnější. Z naší strany bychom rádi zdůraznili důležitost výběru vhodného nového majitele, který rozumí trhu a dokáže zajistit hladký provoz Huty Częstochowa. Jinak závod za pár let znovu zkrachuje.

*Zdroj GMK*

### **Nálada v německém automobilovém průmyslu se nadále zhoršuje**

Nálada v německém automobilovém průmyslu se nadále zhoršuje. Vyplývá to z říjnového průzkumu Institutu pro ekonomický výzkum (Ifo). Podle Ifo trpí nedostatkem zakázek 44,3 % dotázaných společností, což je nejvyšší procento od července 2020. Sezónně očištěný index podnikatelského klimatu pro německý automobilový průmysl v říjnu klesl na -27,7 bodu ze -23,4 bodu v září. Navíc se opět zhoršila exportní očekávání. Tento ukazatel klesl na -32,8 bodu, což je nejnižší úroveň od jara 2020. Společnosti jsou však ohledně nadcházejících měsíců méně pesimistické, neboť ukazatel obchodních očekávání v říjnu vzrostl na -27,9 bodu oproti -31,8 bodu v září.

Podle expertky na odvětví ifo Anity Wölffl se zdá, že zvýšená konkurence, zejména z mimoevropských zemí, si vybírá daň na tomto odvětví a krize v německém

automobilovém průmyslu pokračuje. Obecně platí, že evropští výrobci automobilů se potýkají s problémy kvůli vysokým výrobním nákladům, tvrdé konkurenci a stagnující poptávce po elektrických vozidlech na hlavních trzích pro tyto produkty.

Konkrétně Volkswagen v září snížil svou prognózu pro rok 2024 s odkazem na obtížné tržní prostředí a události, které nenaplnily původní očekávání. Automobilka očekává, že do konce roku dodá zákazníkům asi 9 milionů vozů, oproti 9,24 milionům v roce 2023. Tržby skupiny budou činit zhruba 320 miliard eur. V roce 2023 to bylo 322,3 mld. €, přičemž předchozí prognóza předpokládala nárůst až o 5 % r/r.

Audi Group, součást VW, nedělá prognózy, ale podotýká, že výroba je flexibilně založena na poptávce trhu po příslušném modelu. Společnost také uvedla, že se svými dodavateli oceli spolupracuje již řadu let a uzavřela s nimi rámcové smlouvy. Přímé i nepřímé nákupy oceli jsou garantovány dlouhodobými smlouvami s ocelárnami.

Skupina Mercedes-Benz dosáhla ve třetím čtvrtletí stabilního prodeje navzdory přechodu na nové produkty,

náročnému tržnímu prostředí a tvrdé konkurenci, zejména v Číně. Společnost však podotýká, že předpoklady o ekonomické situaci a vývoji automobilových trhů se stále vyznačují určitou mírou nejistoty.

Zároveň tržby skupiny Renault za prvních 9 měsíců letošního roku meziročně vzrostly o 0,8 % – na 37,7 miliardy eur. Jak je uvedeno ve společnosti, automobilka má v Evropě solidní množství objednávek za zhruba 2 měsíce předprodejů, což zejména slibuje silné čtvrté čtvrtletí.

Všeobecnému trendu ustupuje i Škoda Auto. Dodávky společnosti za prvních 9 měsíců roku vzrostly meziročně o 4,5 % na 671,3 tisíce vozů. Růst byl podpořen silným třetím čtvrtletím, kdy dodávky vzrostly meziročně o 6 %. Koncem října Volkswagen vyzval své zaměstnance ke snížení platů o 10 %. Společnost se tak snaží udržet si konkurenceschopnost a pracovní místa a získat prostředky na budoucí investice.

*Zdroj Institutu pro ekonomický výzkum (Ifo)*

---

## Stavba plně robotizované kovací linky s lisem 4000 tun

Koncem loňského roku byla v MSV Metal Studénka zahájena výstavba jedné z nejdůležitějších investic firmy za poslední roky, stavba plně robotizované kovací linky s lisem 4000 tun. Během prvních 5 měsíců roku 2024 byly prováděny především náročné stavební práce spojené se stavbou základů nové linky. Současně se pracovalo na přípravě základů pro vodní hospodářství, zajišťující chlazení oteplené vody z nové linky a práce spojené s instalací nového trafa a přívodů VN a NN el. kabelů. Hlavní stavební práce byly ukončeny v polovině května 2024.

V červnu a červenci, po ukončení stavebních prací, pokračovaly intenzivně práce spojené s instalací potrubních rozvodů chladicí vody, VN a NN elektro kabelů, datových kabelů, rozvodů plynu a stlačeného vzduchu. Aby se všechny rozvaděče a zařízení linky vešly do určeného prostoru v hale kovářny, musela být nově vybudována ocelová konstrukce, na kterou byly postupně instalovány a zapojovány rozvaděče jednotlivých strojů a zařízení, odtahové ventilátory pro dochlazovací dopravník a další zařízení.

Jednou s nejsložitějších operací byl dovoz 3 lisů a jejich ustavení na základě. Nejtěžší část, stojan hlavního lisu, vážil 120 tun a jeho převoz v areálu naší firmy, a především v hale kovářny byl logisticky velmi náročný.

Během června a července se tak postupně podařilo úspěšně instalovat na základě a následně připojit na energie a média všechna zařízení linky: ostřihovací lis LDO 500, kovací lis LMZ 4000, předkovací lis LZK 1000, manipulační roboty, dochlazovací dopravník, indukční ohřev, zařízení pro odsávání zplodin a zařízení pro automatické mazání zápustek. Současně se zprovoznilo vodní hospodářství pro chlazení oteplené vody.

V druhé polovině července byly zahájeny práce na oživení celé linky a oživení komunikace mezi centrálním řídicím systémem linky a dílčími zařízeními. Bylo namontováno ochranné oplocení a zakrytovány všechny technologické a energo kanály.

I přes tyto náročné činnosti a nečekané překážky se podařilo dodržet harmonogram celého projektu a oživit linku v plánovaném termínu. V průběhu následujících měsíců, po vydání rozhodnutí o zkušebním provozu, budou na lince připravovány, odladovány a zkoušeny technologie pro jednotlivé výkovky, které se budou na lince vyrábět. Do plného, sériového provozu by linka měla být uvedena v 1. kvartále 2025. Věříme, že linka s kapacitou 4000 tun výkovku za rok, bude pro naši firmu velkým přínosem a otevře nám dveře k novým a zajímavým zakázkám, z nových výrobních segmentů.

– z tiskové zprávy –



## INFORMACE

Konference přináší novinky z legislativy a oboru povrchových úprav **FORMOU ŠKOLENÍ.**

**51. konference se koná v Hotelu OLŠANKA**

Táboritská 23, 130 00 Praha 3

**Spojení:** tramvaj č. 5, 9, 15 a 26 do zastávky Olšanské nám.; nebo autobus 175 a 136 / nebo metro „A“ stanice Flora – 10 min pěšky nebo tram č. 5.

**Přihláška ke stažení na webu pořadatele.**

**Termín zaslání přihlášek do 12. 3. 2025.**

### Konferenční poplatek:

- 6 150,- Kč (zahrnuje organizační náklady, sborník, 2x občerstvení + diskuzní večer)
- 5 100,- Kč (bez diskuzního večera)

Pořadatel není plátcem DPH.

**Informace o ubytování a parkování** – web pořadatele.

### POŘADATELÉ:

Dr. Zdeňka Trávníčková, CSc.  
+ kolektiv spolupracovníků  
Kamelova 1, 106 00 Praha 10  
mob: +420 728 333 171  
IČ: 71344802  
konferencepppu@seznam.cz



# 51. konference s mezinárodní účastí PROJEKTOVÁNÍ A PROVOZ POVRCHOVÝCH ÚPRAV

19. - 20. března 2025  
v Hotelu Olšanka, Praha 3

## POZVÁNKA

51 let tradice – záruka spolehlivosti a kvality

Konference se koná ve spolupráci s Asociací korozních inženýrů, Českou společností povrchových úprav, Asociací českých a slovenských zinkoven, Asociací výrobců nátěrových hmot ČR, Cechem malířů, lakýrníků a tapetářů vědecko-výzkumnými ústavy, vysokoškolskými pracovišti, státními orgány, českými i zahraničními firmami, mediálními partnery.

Konference se koná pod záštitou **Hospodářské komory ČR.**

**Konference je určena pro široký okruh posluchačů,**

pracovníky i majitele lakoven, autolakoven, galvanizoven, zinkoven, mistry a technology povrchových úprav, zástupce strojírenských a stavebních firem, projekčních kanceláří, pracovníky marketingu, výrobce/distributory nátěrových hmot a aplikační techniky, požární a bezpečnostní techniky, pracovníky kontrolních orgánů, odborných škol a další zájemce.

Akce **slouží jako ŠKOLENÍ** v oblasti aktuálních právních předpisů týkajících se povrch. úprav a přináší informace o nových technologiích a materiálech.

Materiály z konference budou ve **sborníku** v elektronické formě, který má přiřazeno číslo ISBN.

### PARTNEŘI



MSV 2025



Bulletin AKI

[www.konferencepppu.cz](http://www.konferencepppu.cz)

Společnost BRAINTRAST, s.r.o. byla založena v roce 2000. Nabízíme provádění služeb v oblasti průmyslové automatizace. Obsahem těchto služeb je návrh a realizace projektů MaR a ASŘ, odborné poradenství, dodávky komponent průmyslové automatizace, průmyslové IT včetně periférií, zhotovení aplikačního software pro PLC a vizualizaci technologických procesů. Dále provádíme realizaci kamerových a ESZ systémů, realizaci technologických, počítačových a bezdrátových sítí. Provádíme rovněž služby v oblasti výpočetní techniky, tj. dodávky a servis IT, periférií a digitální techniky, poskytování systémové podpory, tvorbu a servis webových stránek. Na dodané produkty a služby poskytujeme záruční i pozáruční servis.

Jedním z hlavních cílů společnosti je neustálé zvyšování kvality poskytovaných služeb zákazníkům. Pro podporu tohoto cíle bylo zavedení systému řízení jakosti dle norem řady ISO 9001, který firma získala v roce 2001.

Nabízíme služby, které jsou navrženy na míru aktuálním potřebám zákazníků, na vysoké technické úrovni a s vysokým zákaznickým servisem.

### **DODÁVKY**

Odborné poradenství v oblasti průmyslové automatizace,  
návrh a pracování projektové dokumentace projektů ELEKTRO, MaR a ASŘ,  
realizace projektů, dodávka komponent, výroba a montáž rozvaděčů elektro a ASŘ,  
realizace technologických, počítačových a bezdrátových sítí,  
realizace kamerových a ESZ systémů.

### **SOFTWARE**

Návrh a realizace řízení technologických procesů,  
tvorba aplikačního SW pro PLC a HMI aplikace, včetně odladění a uvedení do provozu.

### **VÝPOČETNÍ TECHNIKA**

Dodávky a servis IT včetně periférií a digitální techniky,  
poskytování systémové podpory, tvorba a servis webových stránek.

### **SERVIS A SLUŽBY**

Údržba a opravy MaR a ASŘ včetně pohotovostní služby,  
provádění výchozích a pravidelných elektrorevizí dle ČSN,  
provádění kalibrací měřicích okruhů,  
oprava regulátorů Brown Boveri a ČKD pro EOC (elektrické obloukové pece),  
výroba a repase šoupátek pro EOC (elektrické obloukové pece).

**BRAINTRAST, s.r.o., Frýdecká 488, 739 61 Třinec**

**Provozovna: Průmyslová 1006 (areál Třineckých železáren, a.s.), 739 61 Třinec**

**Kontakt: tel.: +420 558 535 191, +420 602 785 114, e-mail: info@braintrast.cz**

**<http://braintrast.cz/>**