# Energeticky úsporné systémy pro chlazení horkých povrchů a hydraulické odstranění okují

# Energy-efficient Systems for Cooling Hot Surfaces and Hydraulic Removal of Scale

**doc. Ing. Petr Kotrbáček, Ph.D.** [1]; **doc. Ing. Michal Pohanka, Ph.D.** [1]; **Ing. Martin Zachar** [1]; **Ing. Pavel Beran** [2]; **Bc. Lubomír Charvát** [2]

[1] Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Laboratoř přenosu tepla a proudění, Technická 2, 616 69 Brno, Česká republika

[2] SIGMA DIZ spol. s r.o., Jana Sigmunda 313, 783 49 Lutín, Česká republika

*Stanovení reálných okrajových podmínek chlazení je základním předpokladem pro využití numerických modelů sloužících k optimalizaci a řízení vybraných dějů v oblasti hutnictví. Pro získání těchto okrajových podmínek byl vypracován postup, kdy vstupní informace o chlazení jsou získávány na základě experimentů. Poté je provedeno zpracování experimentálně získaných dat a jsou vytvořeny funkce, které vhodným způsobem popisují okrajové podmínky chlazení. Znalost průběhů teplot během chlazení umožňuje určení součinitele přestupu tepla mezi horkým povrchem a chladicím médiem. Reálné okrajové podmínky umožňují následnou optimalizaci chladicích sekcí a návrh finálních konfigurací. Ke zjištění okrajových podmínek jsou využívána unikátní laboratorní zařízení, která dovolují nastavení takových podmínek chlazení, které jsou blízké podmínkám ve válcovnách. V příspěvku jsou uvedeny příklady optimalizace chlazení pracovních válců, příklady návrhů sekcí pro in-line tepelné zpracování kovů a postup při navrhování vysokotlakého ostřiku okují.*

***Klíčová slova:*** *okrajové podmínky; válcování; chlazení válců; tepelné zpracování; hydraulické odstranění okují*

*Determination of real boundary cooling conditions is a fundamental requirement for numerical models and simulations to optimize and control selected processes in metallurgy. To obtain these boundary conditions, a special method has been developed. The input temperature history of cooling is obtained from experiments. The measured data are then mathematically evaluated. Realistic boundary conditions, as the heat transfer coefficient between hot surface and the coolant, allow next optimization of the cooling sections and the design of their configurations. To realize the cooling test, unique laboratory equipment was developed. It allows setting of cooling conditions close to the plant conditions. The paper presents examples of optimization of working roll cooling, examples of design of sections for in-line heat treatment of metals and procedure for designing a new high-pressure descaling sections. The methodology proposed by the Laboratory of Heat Transfer and Flow of the Brno University of Technology is typically used to determine the heat transfer coefficient on the surface of high-temperature material in the applications of heat treatment, cooling of rolls of hot rolling mills and high-pressure descaling. The methodology makes it possible to identify the effect of nozzle water jets on the heat transfer coefficient or on removal of high-temperature scale and leads to optimization of cooling and descaling for industrial partners.*

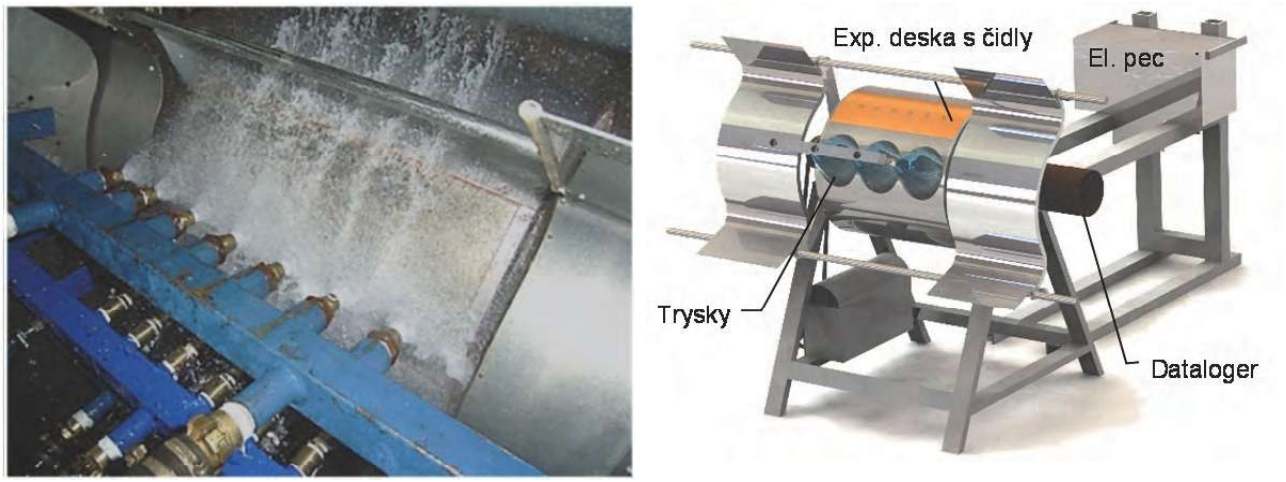
***Key words:*** *boundary conditions; rolling; roll cooling; heat treatment; hydraulic descaling*

## 1. Chlazení pracovních válců

Významnou oblastí ocelářského průmyslu, skýtající značný prostor pro optimalizaci chlazení a značné energetické úspory, jsou provozy válcoven tlustých plechů. Dříve byla při návrzích chlazení pracovních válců těchto válcoven využívána buď strategie vysokých průtoků, kdy mělo být dosaženo dobrých chladicích účinků zalitím válců vodou, nebo strategie vysokých tlaků, které měly bez ohledu na energetickou náročnost chladicích systémů prodloužit životnost válců. Tento postup je však velmi nehospodárný a často kontraproduktivní. Tlustá vrstva vody brání dynamickému působení vodních paprsků z trysek, a tím i intenzivnímu chlazení. Současně je velmi problematická i regulace takového systému. Zdálo se, že v této oblasti nelze již nic zásadního změnit, a to byla i strategie výrobců zařízení a dodavatelů trysek. Moderní výzkumné metody vyvinuté a úspěšně používané v Laboratoři přenosu tepla a proudění VUT v Brně však prokázaly, že existuje značný prostor na zlepšení současného stavu. Návrhy nových chladicích systémů válců jsou založeny na optimalizaci procesu. To znamená dosáhnout co nejvhodnější chladicí charakteristiky při minimální energetické náročnosti. Při návrhu nového chlazení se využívá propojení výpočtů teplotního zatížení válců s laboratorním měřením chladicích účinků různých typů a konfigurací vodních trysek. Údaje o přenosu tepla jsou nezbytné pro navrhování a řízení chladicích sekcí [1 – 3].

Hutnické listy č. 4/2019, roč. LXXII
ISSN 0018-8069

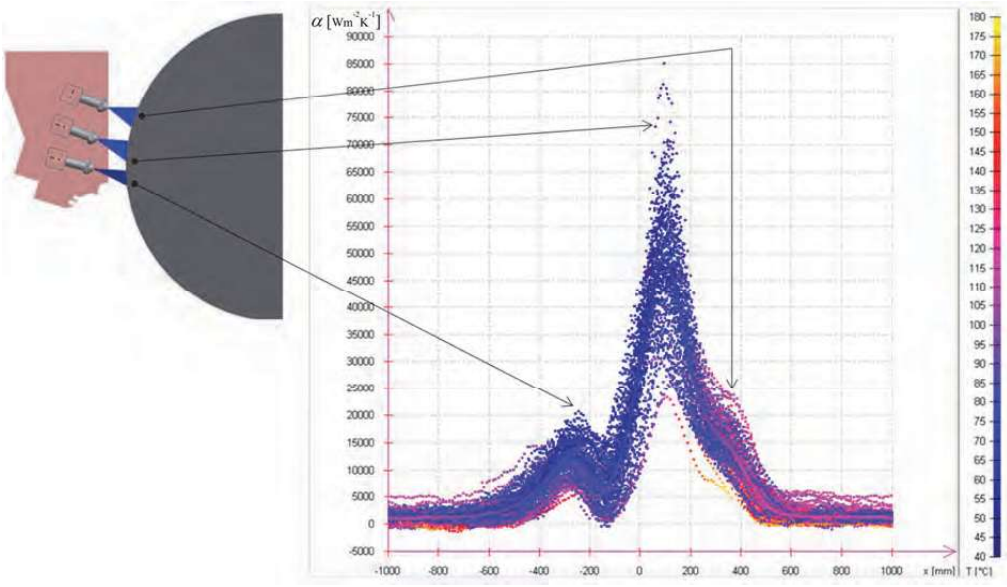
Laboratorní měření je využito ke zjištění průběhu teplot během chlazení. Tyto teploty slouží jako vstupní parametry pro výpočet skutečných hodnot součinitele přestupu tepla $\alpha$, který odpovídá intenzitě chlazení. Celý postup umožňuje optimalizaci i velmi složitých chladicích sekcí. Nasazení optimalizovaných chladicích systémů přináší značné úspory z pohledu prodloužení životnosti válců, zvýšení kvality a užitných vlastností vývalků a snížení spotřeby chladicí vody o 25 – 60 %, což představuje jak úspory energie, tak i úspory v počtu trysek a času nutného na údržbu chladicích systémů. Obr. 1 zobrazuje experimentální válec pro určení součinitele přestupu tepla při chlazení válců. Zařízení se skládá z měřicí desky osazené teplotními čidly schopnými zaznamenávat velmi rychle změny teplot. Údaje o podpovrchové teplotě a poloze snímačů jsou zaznamenávány do datalogeru a slouží jako vstupní hodnoty do inverzní úlohy. Pomocí inverzní úlohy jsou vypočítány tepelné toky, povrchové teploty a součinitel přestupu tepla.



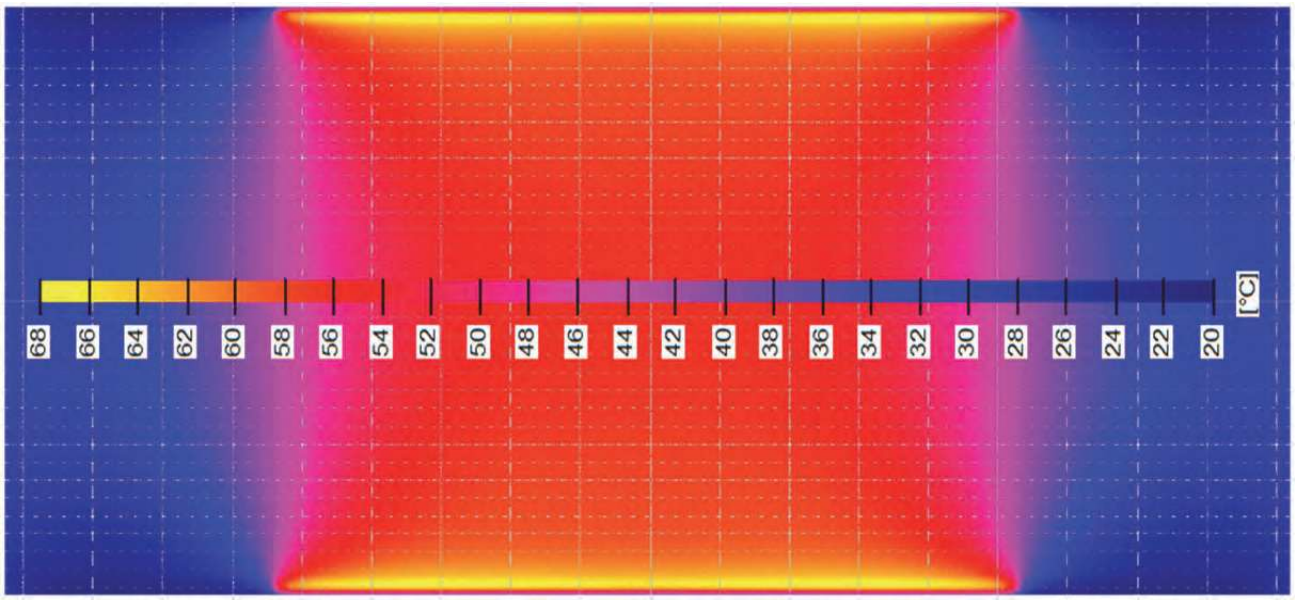

Obr. 1 Experimentální válec pro určení součinitele přestupu tepla
Fig. 1 Experimental roll serving for determination of heat transfer coefficient

Na obr. 2 je uveden příklad vyhodnocení experimentu s víceřadým vodním chlazením. Graf zobrazuje průběh součinitele přestupu tepla $\alpha$ v závislosti na poloze teplotního snímače zabudovaného těsně pod povrchem válce. Průběhy součinitele přestupu tepla mohou být využity jak pro porovnání různých konfigurací chlazení, tedy pro optimalizaci chladicích sekcí, tak i pro matematickou simulaci válcování a výpočet teplotního pole ve válci.

Příklad výsledků simulace je zobrazen na obr. 3, kdy byl výpočet proveden na základě experimentálně zjištěných okrajových podmínek chlazení.



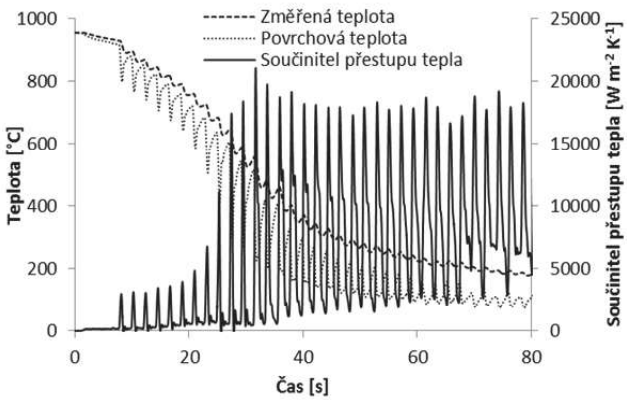

Obr. 2 Vyhodnocení výsledků měření chlazení válce. Závislost součinitele přestupu tepla ($\alpha$) na poloze snímače
Fig. 2 Evaluation of roll cooling experiment. Dependence of heat transfer coefficient ($\alpha$) on position of sensor




Obr. 3 Výpočet teplotního pole v pracovním válci na základě experimentálně zjištěných okrajových podmínek (součinitele přestupu tepla).
Fig. 3 Calculation of the temperature field inside the work roll based on the experimentally obtained boundary conditions (heat transfer coefficient)

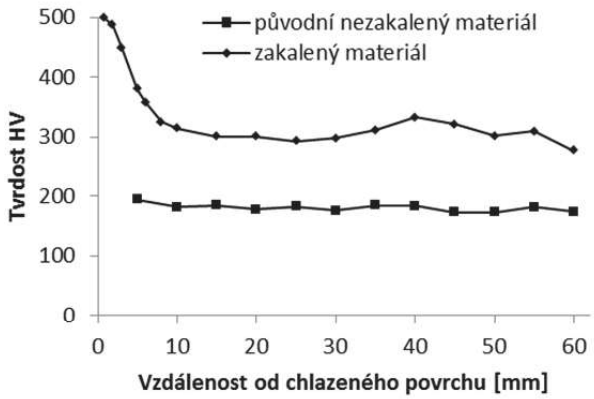
## 2. In-line tepelné zpracování

Další oblastí zpracování kovů umožňující dosažení významných energetických úspor je řízené tepelné zpracování v kombinaci s velikostí deformace v závěru tvářecího pochodu. Důraz je kladen na dosažení definované mikrostruktury výrobků, a tím dosažení lepších mechanických vlastností bez nutnosti úpravy chemického složení, tedy bez nutnosti použití drahých legujících prvků. Podstatnou výhodou in-line tepelného zpracování je úspora re-ohřevu materiálu, kdy je materiál tepelně zpracováván bezprostředně po vyválcování. Speciální experimentální zařízení postavené na řešitelském pracovišti, umožňuje nastavování různých režimů chlazení a následné vyhodnocování vlivu těchto režimů na finální strukturu chlazených vzorků. Geometrie chlazení průběhy teplot a výsledná struktura jsou v jednotlivých krocích optimalizovány [4]. Tento postup se dá s výhodou využít pro výzkum a návrhy tepelného zpracování plechů, drátů, kolejnic, trubek a dalších jednoduchých i tvarových profilů. Tepelně zpracované trubky se například používají v petrochemickém průmyslu, kde je kladen důraz na vysokou pevnost. U tepelně zpracovaných kolejnic je nutné dodržet přísné normy na homogenitu vnitřní struktury materiálu bez fázových a výrazných pevnostních změn. Pro získání požadovaných mechanických vlastností finálního produktu je vždy nezbytné nalézt vhodný chladicí režim. Tento režim se liší v závislosti na typu materiálu a podmínkách výroby. Intenzita chlazení je funkcí několika parametrů, jako je typ trysky, průtok a tlak vody, teplota vody, teplota povrchu chlazeného materiálu, kvalita povrchu a rychlost pohybu chlazeného materiálu. Dosud není k dispozici žádná funkce pro predikci chladicí intenzity, která zahrnuje všechny uvedené parametry [6]. Experimentální měření v kombinaci s inverzními výpočty okrajových podmínek při chlazení je tedy jediným způsobem, jak přesně stanovit intenzitu sprchového chlazení a nalézt vhodný chladicí režim. Změřená teplota je použita jako vstup pro inverzní úlohu vedení tepla, jejímž výstupem je časově závislá povrchová teplota a součinitel přestupu tepla (obr. 4) [7]. Příklad vlivu optimalizovaného in-line tepelného zpracování na zvýšení tvrdosti materiálu trubek je znázorněn na obr. 5 [8].




Obr. 4 Experimentálně změřená teplota, vypočtená povrchová teplota a součinitel přestupu tepla
Fig. 4 Experimentally measured temperature, calculated temperature and heat transfer coefficient

Hutnické listy č. 4/2019, roč. LXXII
ISSN 0018-8069

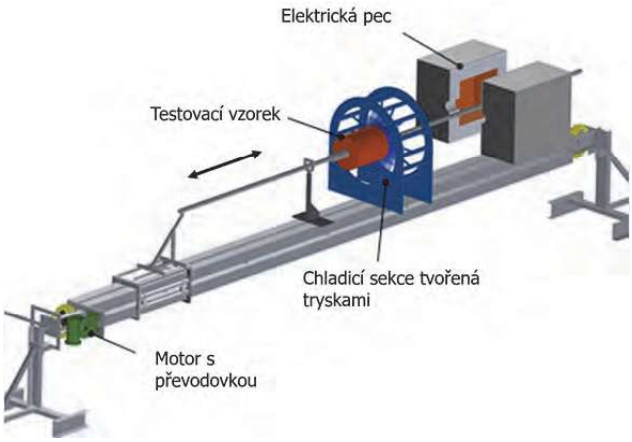



Obr. 5 Zvýšení tvrdosti trubky před a po tepelném zpracování
Fig. 5 Increase of the tube hardness after heat treatment

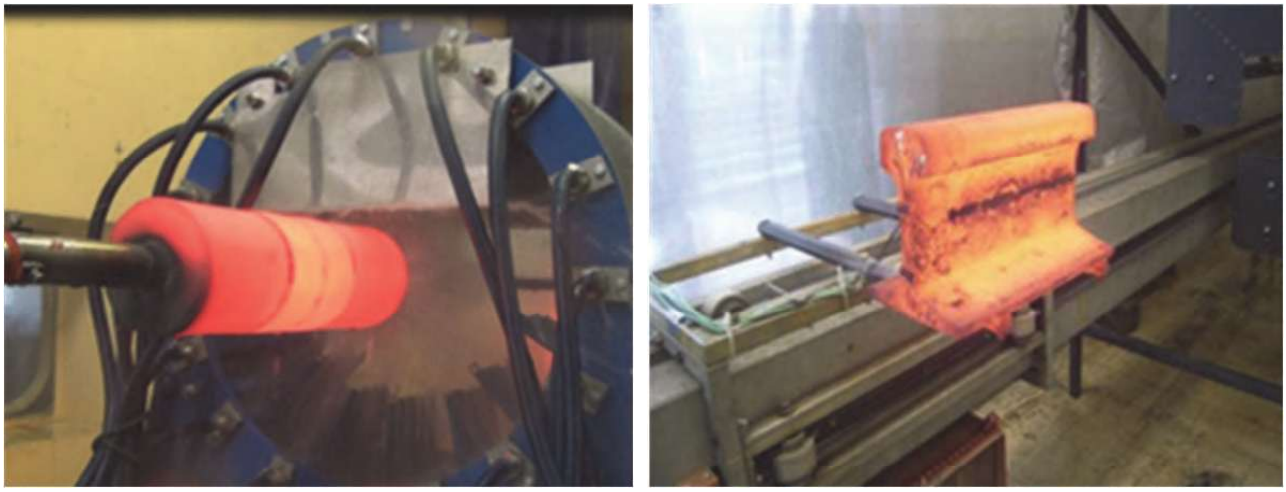
Schéma laboratorního zařízení navrženo pro výzkum chladicích sekcí a in-line tepelné zpracování vzorků ukazuje obr. 6.

Konkrétní případy optimalizace chlazení profilů, zde bezešvé trubky a kolejnice, pomocí laboratorních chladicích zkoušek jsou znázorněny na obr. 7. Tyto sekce svojí geometrií respektuji provozní podmínky a po jejich laboratorním testování lze přistoupit ke konstrukci poloprovozních a provozních chladicích sekcí.

V Laboratoři přenosu tepla a proudění VUT v Brně byla vyvinuta metodika pro návrh in-line tepelného zpracování ocelových profilů a trubek [9, 10]. Metodika využívá kombinace numerického modelování, laboratorního měření a v poslední fázi vývoje také ověřovacích provozních měření. Tato metodika minimalizuje množství drahých provozních experimentů a eliminuje možné konstrukční chyby.



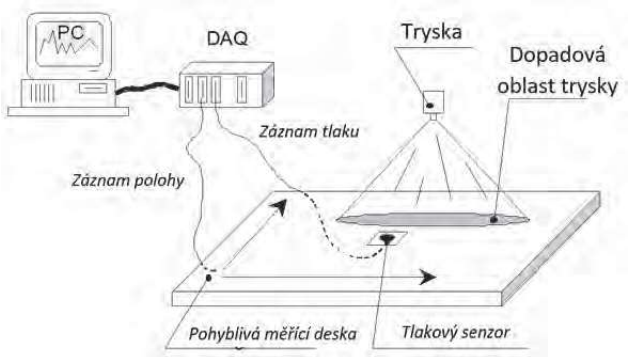

Obr. 6 Schéma laboratorního zařízení pro návrhy a optimalizaci chladicích sekcí pro vývalky
Fig. 6 Diagram of the laboratory test rig for designing and optimization of cooling sections for rolled products



Obr. 7 Optimalizace chlazení trubek (vlevo), optimalizace chlazení kolejnic (vpravo)
Fig. 7 Optimization of tube cooling (left), optimization of rail cooling (right)

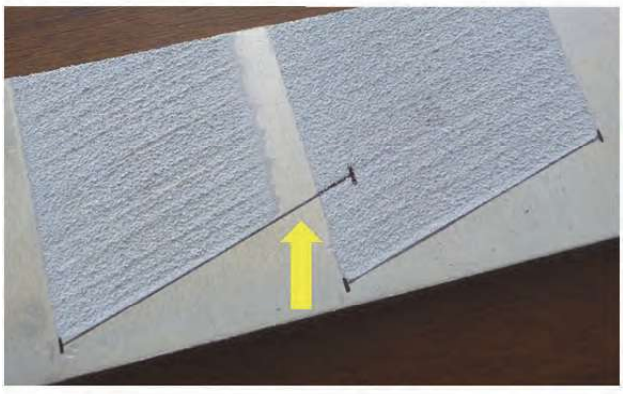
## 3. Hydraulické odstranění okují

Experimentální výzkum hydraulického odstranění okují byl motivován jednak požadavky průmyslu na nalezení optimálních parametrů ostřiku a dále pak snahou o teoretický popis a porozumění mechanismu odokujení [11]. Při konstrukci sekcí pro ostřik okují je nutné navrhnout typ trysek, jejich rozteče, vzdálenosti od povrchu čištěného materiálu, úhly natočení a tlaky vody. Provozní experimenty jsou drahé a mohou navíc vést ke značným finančním ztrátám. Proto je nutné optimalizovat uvedené parametry na základě laboratorních měření. Ke studiu účinků vysokotlakých ostřiků jsou využívány tři přístupy. V prvním kroku jsou proměřeny impaktní tlaky vodních paprsků z trysek ve vysokém rozlišení. Experimentální zařízení vlastní konstrukce využívá snímač s průměrem 0,2 mm zabudovaný do ostřikávané plochy (obr. 8).



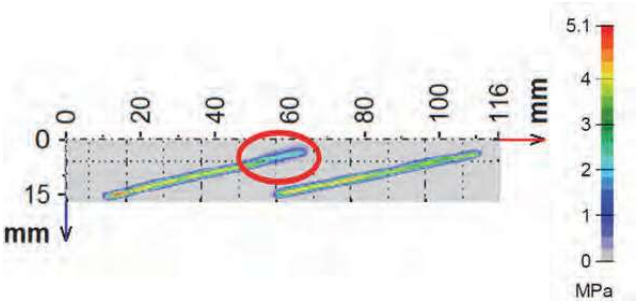

Obr. 8 Schéma měření impaktních tlaků
Fig. 8 Diagram of impact pressure measurement

Vizualizace mechanických účinků vodních paprsků z trysek může být následně doplněna také tzv. erozivním testem. Erozivní test dobře znázorňuje problematickou oblast překryvu paprsků trysek (tzv. overlapping). Na obr. 9 jsou zakresleny konečné polohy paprsků trysek, které zároveň znázorňují jejich šířku. Směr pohybu hliníkové desky je označen žlutou šipkou. Po vyhodnocení erozivního působení paprsků vysokotlakých trysek je patrné, že oblast s výrazným úbytkem impaktního tlaku se nachází nejen v oblasti překryvu trysek, ale i vedle ní, v oblasti zvané „washout" (obr. 9). Zde dochází k deformaci a oslabení vodního paprsku paprskem, který byl v kontaktu s pohybujícím se povrchem jako první. Tento jev nastává v oblasti, kde voda odražená od čištěného povrchu s velkou energii naráží do vodního paprsku sousedící trysky.



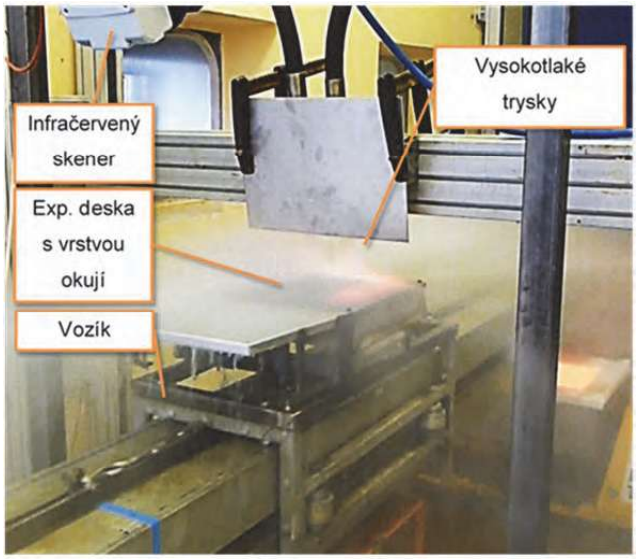
Obr. 9 Erozivní test vysokotlakých trysek
Fig. 9 Erosion test of high pressure nozzles

Vypovídající schopnost tohoto erozivního testu ovšem nemůže nahradit proměření impaktních tlaků vysokotlakých trysek. Z grafu na obr 10 je patrné, že ovlivnění impaktních tlaků paprsků trysek není ohraničeno pouze oblastí překryvu, ale pokračuje ještě zhruba 10 mm za tuto oblast směrem k sousedící trysce, která je v kontaktu s čištěným povrchem později. V této vedlejší oblasti, vyznačené v grafu červeným oválem, nemusí být zajištěno dostatečné odstranění okují a může docházet k povrchovým vadám (tzv. tygřím pruhům).




Obr. 10 Výsledky měření distribuce impaktních tlaků dvojice trysek
Fig. 10 Result of impact pressure distribution measurements of the pair of nozzles

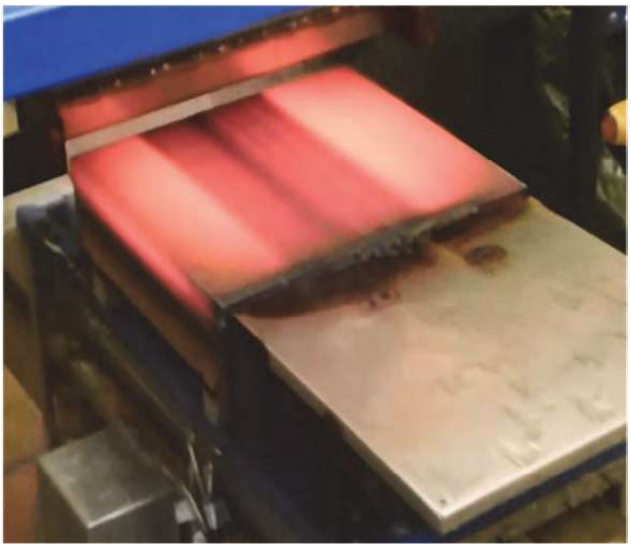
Dalšími testy, využívanými při studiu vysokotlakých ostřiků, jsou testy za pohybu vzorků. Jsou to zkoušky kvality ostřiků, kdy jsou vyhodnocovány povrchy experimentálních vzorků a jsou určovány podíly odstraněných okují pro různé parametry ostřiků a pro různé režimy vysokoteplotní oxidace vzorků (obr. 11).




Obr. 11 Zařízení pro testy zaměřené na kvalitu povrchu po odstranění vysokoteplotních okují
Fig. 11 Test devices focused on surface quality after removal of high temperature scales

Detail experimentální desky po průjezdu vysokotlakým ostřikem je zobrazen na obr. 12. Experimentální deska je po průjezdu vychlazena v ochranné atmosféře a je vyhodnocen podíl zbylých okují ve stopách trysek. Tento podíl a stopa trysky jsou dobře patrné na snímku experimentální desky se zamraženými okujemi, které na povrchu zůstaly po průjezdu pod vysokotlakou tryskou (obr. 13). Tloušťka vrstev okují je měřena elektromagnetickou sondou kalibrovanou pomocí elektronového mikroskopu.

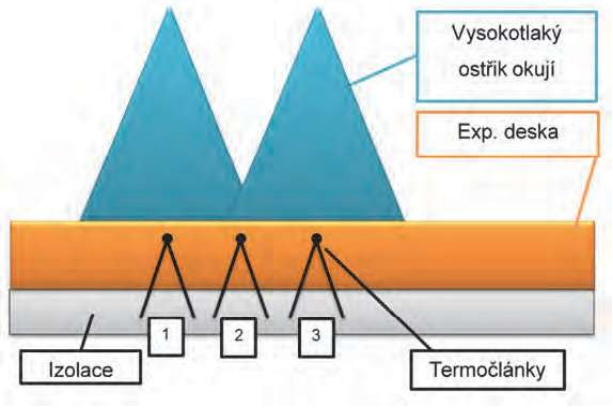
Hutnické listy č. 4/2019, roč. LXXII
ISSN 0018-8069



Obr. 12 Experimentální deska po průjezdu pod tryskami
Fig. 12 Experimental plate after passage under the descaling nozzles

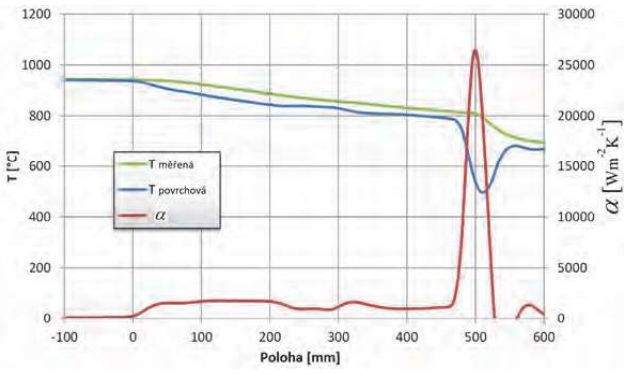
Obr. 13 Experimentální deska se zamraženou strukturou okují
Fig. 13 Experimental plate with frozen scale structure

Další laboratorní měření umožňuje zkoumat teplotní ovlivnění ostřikovaného povrchu. Vzorek je osazen snímači a po ohřevu projíždí pod vysokotlakými tryskami. Je zaznamenávána poloha vzorku a průběhy teplot blízko ostříkávaného povrchu. Změřené teploty slouží jako vstupní parametry pro inverzní úlohu a pomocí ní je vypočítán součinitel přestupu tepla. Pomocí prováděných teplotních experimentů je možné získat informace o intenzitě přenosu tepla. Pomocí simulací je poté možné zjistit vliv změny nastavení ostřiku okují na teplotní režim provalků. V případě problémů s dodržením teplot provalku je možné provést optimalizaci nastavení trysek. Obr. 14 znázorňuje schéma laboratorního měření podpovrchových teplot. Experimentální deska se zabudovanými termočlánky projíždí pod dvojicí trysek a jsou zaznamenávány poklesy teplot v osách paprsků trysek a v oblasti překrývání.




Obr. 14 Schéma měření podpovrchových teplot při vysokotlakém ostřiku okují
Fig. 14 Diagram of temperature measurement in case of high pressure descaling

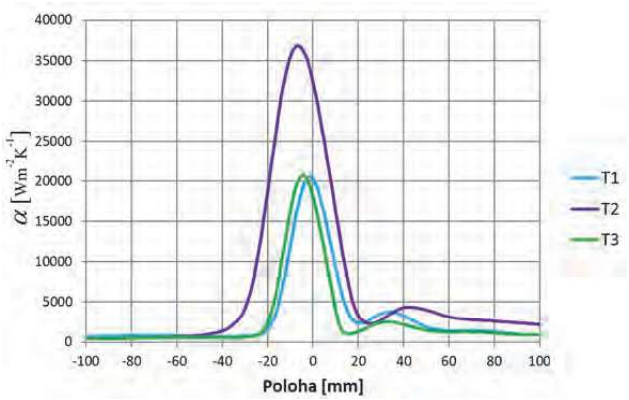
Příklad výsledků měření je uveden na grafu (obr. 15) Z termočlánku číslo 1, získáváme měřenou podpovrchovou teplotu znázorněnou v grafu zelenou křivkou. Tvar křivky odpovídá průběhu experimentu, kdy pozorujeme pozvolný pokles měřené teploty při přesunu desky z pozice 0 mm do pozice vysokotlakového ostřiku (500 mm). Od polohy 500 mm měřená teplota prudce klesá z hodnoty 800 °C na zhruba 700 °C. Tento průběh změřených teplot slouží jako vstupní hodnoty pro inverzní úlohu. Pomocí inverzní úlohy jsou dopočítány povrchové teploty (modrá křivka) a součinitel přestupu tepla $\alpha$ (červená křivka).




Obr. 15 Závislost podpovrchové (měřené) a povrchové (vypočítané) teploty a součinitele přestupu tepla na poloze experimentální desky vůči tryskám při vysokotlakém ostřiku okují v oblasti překrývání trysek
Fig. 15 Dependence of (measured) and surface (calculated) temperature and heat transfer coefficient on the position of the experimental plate relative to the nozzles at high-pressure descaling in the overlap area of the nozzles

Porovnáním průběhů součinitele přestupu tepla v polohách termočlánků ve stopě paprsků trysek (T1 a T3) a v oblasti překrývání paprsků (T2) je zřejmé, že oblast překrývání paprsků trysek se kromě poklesu impaktního tlaku vyznačuje výrazným nárůstem součinitele přestupu tepla (obr. 16). Pro standartní natočení

trysek 15° (tzv. offset angle) a pro úhel natočení kolektoru 15° proti směru pohybu provalku prochází termočlánek T2 oblastí, která je tvořena nejen dvojicí dopadových stop trysek, ale i velmi turbulentním prouděním mezi těmito tryskami. Následkem toho je maximální hodnota součinitele přestupu tepla v oblasti překrývání trysek téměř dvojnásobná. Další důležitou charakteristikou oblasti překrývání paprsků trysek je její šířka. Tato oblast je nejdéle v kontaktu s ostřikem. Všechny uvedené faktory přispívají k možnému podchlazení povrchu provalku v této oblasti, a proto je důležité provést experimentální měření a matematické simulace teplotního pole v provalku.




Obr. 16 Součinitel přestupu tepla pod tryskami a v oblasti překryvu paprsků trysek

Fig. 16 Heat transfer coefficient below the nozzles and in the area of the nozzle jet overlap

Laboratorní měření poskytuje informaci o vlivu různých parametrů ostřiku na výslednou kvalitu odstranění okují a na pokles teplot provalků po hydraulickém odstranění okují. Je možné optimalizovat výběr typu trysek, nastavení tlaku ostřiku, vzdálenosti a rozteče trysek, úhel sklonu trysek a způsob překrývání vodních paprsků. Dříve byla považována oblast překrytí vodních paprsků vysokotlakých trysek (overlapping) za hlavní zdroj problémů s povrchovou kvalitou válcovaných plechů, tj. výskytem tzv. tygřích pruhů. Laboratorní výzkum však prokázal, že problematickou oblastí z pohledu významného poklesu impaktního tlaku je nejen oblast překrývání trysek, ale hlavně oblast zvaná washout. V této oblasti odokujovaný materiál prochází pouze pod jedním paprskem trysky, který je navíc deformován a oslaben odrazy vodního paprsku sousedící trysky. Lze tedy předpokládat, že zásadní vliv na vznik tygřích pruhů má právě oblast washout (obr. 9 a 10).

Na základě získaných výsledků bylo přistoupeno k návrhu nového typu ostřikového vysokotlakého kolektoru, který je v současné době testován ve firmě Liberty Ostrava a.s. na provoze Steckel. Tento nový kolektor vznikl v rámci projektu „Progresivní vysokotlaké hydraulické systémy pro těžký průmysl“ CZ.01.1.02/0.0/0.0/15 019/0004924.

## Závěr

Metodika navržená v Laboratoři přenosu tepla a proudění VUT v Brně byla využita pro zjištění součinitele přestupu tepla na povrchu materiálu s vysokými teplotami v aplikacích tepelného zpracování, chlazení pracovních válců válcoven za tepla a vysokotlakého ostřiku okují. Pro úspěšné zvládnutí výzkumu a optimalizace těchto úloh jsou využívány poznatky z problematiky přenosu a měření mnohakanálových nízkoúrovňových signálů. Pozornost je věnována konstrukci a zabudování teplotních snímačů. Naměřená data jsou dále zpracována s využitím několika specializovaných programů. V případě hledání okrajových podmínek přenosu tepla je nezbytné provedení přesného výpočtu inverzní úlohy. Výsledky získané v Laboratoři přenosu tepla a proudění jsou pravidelně publikovány a konfrontovány s výsledky českých a světových pracovišť zabývajících se danou problematikou [12] až [18].

Metodika umožňující určení působení vodních paprsků trysek na součinitel přestupu tepla a odstranění vysokoteplotních okují byla využita pro optimalizaci chladicích a odokujovacích sekcí pro průmyslové partnery. Příkladem úspěšných spoluprací je návrh tepelného zpracování trubek pro Třinecké železárny a.s., návrh tepelného zpracování H-profilu pro Primetals Technologies, Itálie. Ve válcovnách tlustých plechů je to optimalizace a rekonstrukce chlazení válců pro firmy Voestalpine Stahl GmbH, Rakousko, U. S. Steel Košice, Ltd., Slovensko a HYUNDAI STEEL, Korea. Proto-typový kolektor pro hydraulické odstraňování okují je v současné době testován ve firmě Liberty Ostrava a.s. na provoze válcovny P 1500 Steckel.

### *Poděkování*

*Příspěvek vznikl za podpory projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/15 019/0004924 a také za podpory projektu FSI-S-17-4346.*

**Literatura**

[1] KOTRBACEK, P., POHANKA, M., ZACHAR M., SCHÖRKUBER, K. W. Optimization of Work Roll Cooling in Rolling. *METEC & 4th ESTAD 2019 European Steel Technology and Application Days*, 24.-28. June 2019, CCD Congress Center Düsseldorf, Düsseldorf, Germany.

[2] KOTRBÁČEK, P., RAUDENSKÝ, M., HORSKÝ, J., POHANKA, M. Experimental Study of Heat Transfer in Hot Rolling. *Revue de Métallurgie - Cahiers d´Informations Techniques*, 7-8 (2006) 103, 333–341. ISSN 0035-1563.

[3] KOMÍNEK, J., KOTRBÁČEK, P., HORSKÝ, J. Design of Cooling Systems for Grooved Rolls. In *METAL 2016, Conference Proceedings*, 25th International Conference on Metallurgy and Materials, Ostrava: Tanger Ltd., 2016, pp. 255–260. ISBN 978-80-87294-67-3.

[4] HORSKÝ, J., RAUDENSKÝ, M., KOTRBÁČEK, P. Experimental Study of Long Product Cooling in Hot Rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, 80-81 (1998) 337–340. Available at https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013698001915. 80-81.

Hutnické listy č. 4/2019, roč. LXXII
ISSN 0018-8069

[5] KOTRBACEK, P., POHANKA, M., CHABICOVSKY M., RAUDENSKY, M. Study of Heat Transfer Distribution during Plate Heat Treatment, In *METEC & 4th ESTAD 2019 European Steel Technology and Application Days*, 24.-28. June 2019, CCD Congress Center Düsseldorf, Düsseldorf, Germany.

[6] CHABIČOVSKÝ, M., HORSKÝ, J. Factors Influencing Spray Cooling of Hot Steel Surfaces. In *METAL 2016, Conference Proceedings*, 25th International Conference on Metallurgy and Materials. Brno, 2016, pp. 77–83. ISBN 978-80-87294-79-6.

[7] HORSKÝ, J., KOTRBÁČEK, P. In-line Heat Treatment of Long Products. In *METAL 2014, Conference Proceedings*. 23rd International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: Tanger Ltd., 2014, pp. 253–258. ISBN 978-80-87294-54-3.

[8] RAUDENSKÝ, M., CHABIČOVSKÝ, M., TUROŇ, R. Development and Plant Verification of Tube Quenching Unit. In *7th International Congress on Science and Technology of Steelmaking*, Milano: Associazione Italiana di metallurgia, 2018, pp 1–8. ISBN 978-88-98990-14-6.

[9] HNÍZDIL, M., KOTRBÁČEK, P. Heat Treatment of Rails. *Materiali in tehnologije*, 51 (2017) 2, 329–332. ISSN 1580-2949.

[10] CHABIČOVSKÝ, M., HORSKÝ, J., RAUDENSKÝ, M., HNÍZDIL, M., KOTRBÁČEK, P. Design of Quenching Units for Heat Treatment of Tubes. In *European Conf. on Heat Treatment 2015* and *22nd IFHTSE Congres*. Milano: Associazione Italiana di metallurgia, 2015, pp. 1–9. ISBN 978-88-98990-03-0.

[11] RAUDENSKÝ, M., HORSKÝ, J., HORÁK, A., POHANKA, J., KOTRBÁČEK, P. Hydraulic Descalingw Improvement, Findings of Jet Structure on Water Hammer Effect. *Revue de Métallurgie*, 2 (2007) 104, 84–90. ISSN 1156-3141.

[12] WENDELSTORF, J., SPITZER, K.-H., WENDELSTORF, R. Spray water cooling heat transfer at high temperatures and liquid mass fluxes, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 51 (2008) 19-20, 4902–4910.

[13] KRZYZANOWSKI, M., BEYNON, J.-H. Modelling the Boundary Conditions for Thermo Mechanical Processing, Oxide Scale Behaviour and Composition Effects, *Modelling Simulation Material Science Engineering*, (2000), p. 8.

[14] CEBO-RUDNICKA, A., MALINOWSKI, Z. Identification of heat flux and heat transfer coefficient during water spray cooling of horizontal copper plate, (2019) *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 145, November 2019, Article number 106038.

[15] BERNARDIN, J.D., MUDAWAR, I. The leidenfrost point: Experimental study and assessment of existing models, *Journal of Heat Transfer*, 121 (1999) 4, 894–903.

[16] SMETANA, B., ŽALUDOVÁ, M., ZLÁ, S., DOBROVSKÁ, J., TKADLEČKOVÁ, M., KLUS, P., ROSYPALOVÁ, S. Possibilities of heat capacity measurement of metallic systems. In *METAL 2012, Conference Proceedings,* 21st International Conference on Metallurgy and Materials, Ostrava: Tanger Ltd., pp. 652–658. ISBN 978-80-87294-31-4.

[17] YAO, S.C., COX, T.L., A general heat transfer correlation for impacting water sprays on high-temperature surfaces, *Experimental Heat Transfer*, 15 (2002) 4, 207–219.

[18] RIVALLIN, J., VIANNAY, S., General principles of controlled water cooling for metallurgical on-line hot rolling processes: Forced flow and sprayed surfaces with film boiling regime and rewetting phenomena, *International Journal of Thermal Sciences*, 40 (2001) 3, 263–272.

# Ostravská huť sníží výrobu oceli o dvacet procent, propouštět nebude

*16. července 2019, www.lidovky.cz , ČTK*

Ostravská huť ze skupiny Liberty Steel dočasně sníží výrobu oceli o 20 procent. Pokles produkce neovlivní zaměstnanost, ale pracovníci budou ve větší míře čerpat dovolené nebo budou přesouváni na jiné činnosti. Snížení firma dosáhne zpomalením tempa výroby, odstavení výrobních zařízení nechystá.

Firma dočasný pokles výroby zdůvodňuje růstem cen surovin i povolenek $CO_2$ a také dovozem oceli ze zemí mimo Evropskou unii, který považuje za neférový.

Předseda Základní organizace OS KOVO v ostravské huti Petr Slanina řekl, že nový vlastník o situaci s odboráři jednal a je skutečně důsledkem stavu na trhu.

Skupina Liberty Steel převzala řízení podniku počátkem července, kdy byl dokončen prodej huti původně vlastněné skupinou ArcelorMittal indického miliardáře Lakšmího Mittala. Proces prodeje podniku byl složitý a odbory vůči němu měly výhrady. Odboráři se obávali, že prodej může huť trvale poškodit. Při převzetí huti novým vlastníkem ale uvedli, že jejich obavy jsou menší než na začátku prodeje. Kapacita výroby podniku je 3,6 milionu tun oceli, v současnosti vyrábí ročně 2,2 milionu tun.

Podle generálního ředitele ostravské huti Ašóka Patila nebyly poslední měsíce pro ocelářský průmysl v Evropě příznivé a huť na ně musí reagovat dočasným snížením výroby. Cena poplatků za $CO_2$ jen za poslední rok a půl stoupla o 264 procent, cena rudy se od počátku roku zvýšila o 65 procent, dovoz levné oceli vzrostl o 13 procent a dosáhl čtvrtiny celkového objemu spotřeby oceli v EU. A navíc Evropská komise nyní navýšila kvóty na dovoz oceli o dalších pět procent, navzdory už tak složité situaci na trhu a oslabujícím ekonomikám EU.

Podle mluvčí podniku dovoz levné oceli do Evropy vzrostl meziročně na 39,2 milionu tun, přičemž celková spotřeba oceli v EU loni činila 164 milionu tun. „Každá čtvrtá tuna spotřebovaná v Evropě je vyrobena ve třetích zemích, kde výrobci nemusejí dodržovat žádné emisní limity, ani nejsou součástí programů na snižování produkce $CO_2$, tudíž vyrábějí s podstatně nižšími náklady. V prostředí, kde nemáte nastavena stejná pravidla pro všechny účastníky soutěže, je dlouhodobě těžké konkurovat," uvedl Patil.

Slanina řekl, že vedení podniku aktuální situaci s odbory konzultovalo. „Bohužel ta situace je špatná, ale je to otázka trhu. Nevnímáme to, že by to byl problém převzetí firmy, ale vnímáme to vyloženě jako problém trhu ve všech evropských hutních podnicích," uvedl Slanina. Dodal, že navýšení kvót na dovoz oceli je nepochopitelný krok. „Je to něco, co je proti ocelářství a vnímáme to tak, že asi nějaké jiné lobby zapracovalo. Je to likvidace ocelářství v Evropě," míní Slanina.