

ROČNÍK/VOL. LXXII
ROK/YEAR 2019

2

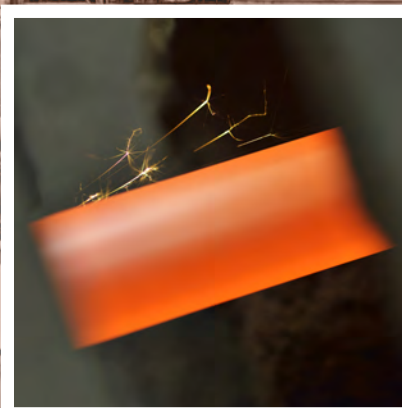
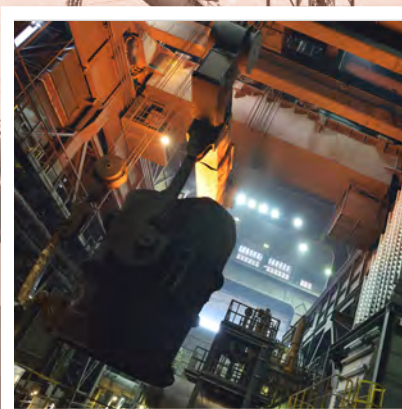
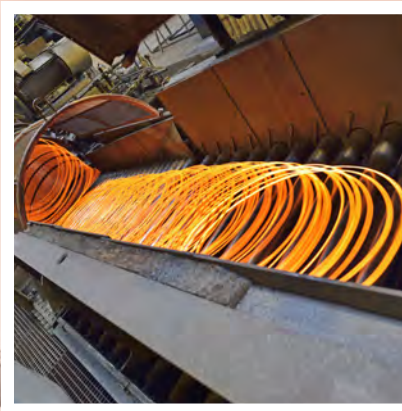


Hutnické listy

METALLURGICAL
JOURNAL

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ
ISSN 0018-8069

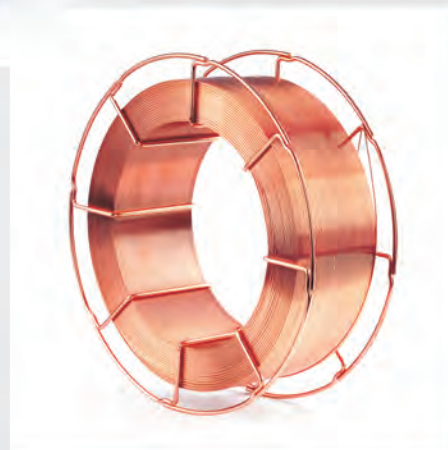
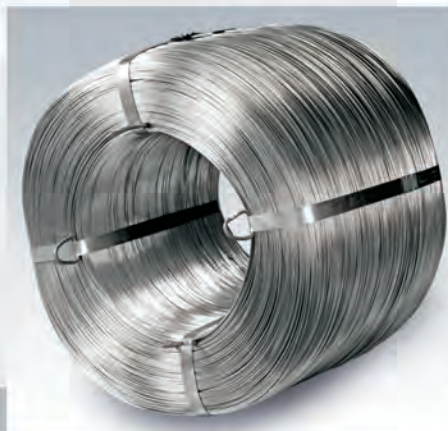




METALURGIA S.A.
RADOMSKO

Member of TRINECKÉ ŽELEZÁRNY - MORAVIA STEEL Group

We produce with passion for our customers



bare wires / galvanized wires / PVC coated wires / copper coated wires

nails / knotted wire netting / barbed wires / rods

staple wire / welding wires / bookbinding wires

heat treatment services / surface treatment services of wires and wire rods

METALURGIA SA ul. Św. Rozalii 10/12, 97-500 Radomsko, POLAND,
tel. +48 44 685 41 66, fax. +48 44 685 41 61,
e-mail: metalurgia@metalurgia.pl / www.metalurgia.pl

Registrační číslo / Registration Number
MK ČR E 18087Mezinárodní standardní číslo / International Standard Serial Number
ISSN 0018-8069

Vydavatel / Publisher

OCELOT s.r.o.
Pohraniční 693/31, 706 02 Ostrava-Vítkovice
IČ: 49245848, DIČ: CZ-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

Ing. Jan Počta, CSc.
tel.: +420 596 995 156
e-mail: j.poceta@seznam.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.
Gen. Sochora 1379
708 00 Ostrava-Poruba

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. Jana Dobrovská, CSc.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, Česká republika

Členové / Members

prof. dr. hab. inž. Leszek Blacha
prof. dr. hab. inž. Henryk Dyja
prof. Peter Filip, Ph.D., D.Sc.
prof. Kaishu Guan, Ph.D.

Ing. Henryk Huczala
prof. Ing. Vojtěch Hrubý, CSc.
prof. Ing. František Kavička, CSc.
prof. Terry C. Lowe, Ph.D.
Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.
prof. dr. hab. Maria Nowicka-Skowron
prof. Ing. Ludovít Páříšák, CSc.
Ing. Vladimír Toman
Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D.
prof. Wei SunPolitechnika Śląska, Katowice, Polsko
Politechnika Częstochowska, Częstochowa, Polsko
USA
School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai, China
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Třinec, Česká republika
Univerzita obrany, Brno, Česká republika
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Česká republika
USA
ŽďAS, a.s., Žďár nad Sázavou, Česká republika
Politechnika Częstochowska, Częstochowa, Polsko
ŽP VVC s.r.o., Podbrezová, Slovenská republika
Hutnictví železa, a.s., Praha, Česká republika
ArcelorMittal Ostrava, a.s., Ostrava, Česká republika
Faculty of Engineering, University of Nottingham, UK

Abstrakty hlavních článků jsou publikovány v české, slovenské a anglické verzi na webových stránkách Hutnických listů.

Časopis vychází 6× ročně. Cena jednotlivého čísla 200 Kč. K ceně se připočítává DPH. Roční předplatné základní 1190 Kč, studentské 20 % sleva proti potvrzení o studiu. 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 prostřednictvím listinné nebo elektronické pošty. 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., 2019

Časopis je zařazen Radou vlády ČR pro výzkum a vývoj do seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR a do mezinárodní databáze CSA Materials Research Database with METADEX, spravované firmou ProQuest, USA.

Abstracts of the main articles are published in Czech, Slovak and English version at the web site of the Metallurgical Journal.

The journal is published 6 times a year. Price of a single issue is CZK 200 without VAT. Net price of basic annual subscription is CZK 1190, student have 20% discount against the confirmation of study. Forwarding cost (postage) is added to the net price of subscription. Upon agreement with the foreign customers the subscription price, including postage, can be paid in Euro. Subscription is automatically renewed for the next year, unless the customer does not cancel it at the latest one month before the expiry of the subscription period in writing or by electronic mail. Orders are to be sent to the Editorial Office or SEND Předplatné, spol. s r.o., Ve Žlíbku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9-Horní Počernice, Czech Republic (+420 225 985 225, send@send.cz). Editorial Office provides also information on the conditions of publication of articles and on conditions of advertising.

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 electronically distributed without written permission of the publisher.

Ethical code

The learned journal 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 are must follow its wording. (The full text of the Ethical code is published at our website www.hutnickelisty.cz)

© OCELOT s.r.o., 2019

The journal was included by the Government Council for Research and Development of the Czech Republic into the list of non-impacted peer-reviewed journals published in the Czech Republic. Abstracts of its articles make part of the international database "CSA Materials Research Database with Metadex", administered by the database centre ProQuest, USA.

Obsah / Content

Úvodník / Editorial

- Ing. Jan Czudek* 5
Třinecké železářny slaví 180 let

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

Recenzované vědecké články / Peer-reviewed Scientific Papers

- Ing. Vladislav Kurka, Ph.D.; doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D.; Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.;
Ing. Zdeněk Carbol; Ing. Pavel Machovčák, Ph.D.* 7
Chrom ve strusce a jeho redukce pomocí redukčních činidel Si a C a kyslíko-palivového hořáku v atmosférické indukční tavicí peci
Chromium in Slag and its Reduction Using the Reducing Agents Si and C and an Oxygen-fuel Burner in the Atmospheric Induction Melting Furnace
- Ing. Magdalena Šmátralová, Ph.D.; Dr. Ing. Zdeněk Kuboň* 13
Modelování tepelného zpracování ocelí pro výrobu vysokopevných pružin
Modelling of Heat Treatment of Steels for the Production of High-strength Springs
- Ing. Ladislav Kander, Ph.D.; Ing. Petr Čížek, Ph.D.* 20
Nekonvenční materiálové vlastnosti kolejnic dle evropských standardů
Unconventional Material Properties of Railway Rails According to European Standards
- Mgr. Simona Gorošová; Ing. Petr Unucka, Ph.D.; Ing. Karel Malaník, CSc.; Ing. Ladislav Cvrček, Ph.D.* 25
Využití PVD povlaků pro řezné nástroje ve zdravotnictví
Use of PVD Coatings for Cutting Tools in Healthcare

Recenzované výzkumné články / Peer-reviewed Research Papers

- Ing. Tomáš Huczala, Ph.D.; Ing. Jiří Cibulka, Ph.D.; Ing. Jiří Cupek, Ph.D.; Ing. David Bocek, Ph.D.
Ing. Martin Lasota, Ing. Adam Rucki* 30
Zavedení technologie odlévání kruhových bloků průměru 600 mm pro výrobu vysokojakostních ocelí
Implementation of New Technology for Continuous Casting of Blooms with Diameter of 600 mm made of Special Alloyed High-grade Steel
- Ing. Rostislav Turoň; Ing. Petr Vitek; Ing. Petra Turoňová, Ph.D.; Ing. Radek Jurča
prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.; Ing. Stanislav Rusz, Ph.D.; Ing. Rostislav Kawulok, Ph.D.* 34
Zkoušení technologie řízeného válcování bezešvých trubek Line Pipe z konstrukční oceli X52N PSL2 a L360NE PSL2 za snížených teplot na laboratorní válcovací stolici duo VŠB – Technická univerzita Ostrava a v provozu Válcovna trub Třineckých železáren, a.s.
Testing of the Controlled Rolling Technology of the Seamless Line Pipes made from Cold Tempered Structural Steels X52N PSL2 and L360NE PSL2 at the Two-High Laboratory Rolling Mill at VŠB – Technical University of Ostrava and in the process plant of the Tube Mill of Třinecké železářny, a.s.
- Ing. Česlav Kantor; Ing. Jan Lasota; Ing. Roman Powetz; Ing. Milan Cieslar* 40
Konstrukční a materiálová optimalizace pracovní vyzdívky nalévacích pánví v podmínkách TŽ, a.s.
Construction and Material Optimizing of Refractory Linings of Pig Iron Transfer Ladles in conditions TŽ, a.s.

<i>Jaroslav Stratil</i>	43
Systém měření vnitřní geometrie průvlaku optickým zařízením	
Measuring System of Geometry of Drawing Die by Optical Device	

Informační články / Informative Articles

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

<i>Ondřej Štec</i>	47
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2018 a 2019	

Z hospodářské činnosti podniků, institucí a řešitelských pracovišť / Information on Activities of Companies, Institutions and Research Working Sites

<i>Dr. Michal Buryan</i>	49
Třinecké železářny na prahu nové éry větrné energetiky	

<i>Ing. Stanislav Tacina</i>	51
Imopra s.r.o. – dceřiná společnost Třineckých železáren	

<i>Ing. Tomáš Grulich</i>	52
Nové technologické zařízení pro broušení čel šroubových pružin	
New Production Equipment for Grinding of Coil Spring Ends	

<i>Ing. René Malysz</i>	54
Slévárny Třinec, a.s. pokračují v modernizaci technologického procesu výroby odlitků.	
Slévárny Třinec, a.s. Carry on Modernization of Casting Production Technological Proces.	

<i>Ing. Mojmír Kuthan</i>	58
Hrotička u lisu BSR1	

<i>Ing. Josef Audy, MBA</i>	61
Firma D&D Miskolc je už 8 let součástí společnosti Třinecké železářny	

<i>Ing. Daniel Omacht; Zdeněk Kubánek; Bc. Roman Doležal</i>	63
Vývoj a výroba speciálních zkušebních strojů a zařízení	

<i>Ing. Grzegorz Podolewski</i>	68
Rozrušovací manipulátor Roman 2 016	

<i>Ing. Petr Matuszek; Ing. Jan Čepec</i>	69
Modernizace 110 kV rozvodny	

<i>Ing. Miroslav Melkus</i>	71
Závěsné řetězy ve výrobním programu Řetězárna a.s	

Ze spolkového života a odborných akcí / Information on Associations and Professional Events

Bohatá historie České hutnické společnosti	75
--	----

Konference, veletrhy a výstavy / Conferences, Trade Fairs and Exhibitions

GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST 2019 77
Hotspot světové slévárenské a metalurgické techniky

Teorie a praxe výroby a zpracování oceli 78

Historie hutnictví / History of Metallurgy

Ing. Ladislav Jílek, CSc. 79
Rozvoj hutnictví v souvislosti s vývojem železnic. Část 4 – Nápravy pro železniční dvojkolí

Nová literatura / New Literature

Jaroslav Fiala, Helmar Frank, Ivo Kraus 83
Elektronová struktura a reaktivita povrchů a rozhraní (Recenze prof. Ing. Petr Louda, CSc.)

Dodavatelé příspěvků ve všeobecné části

- BOHEMIA RINGS s.r.o. • Imopra s.r.o. • HŽP a.s. • Slévárny Třinec, a.s. • Šroubárna Kyjov, spol. s r.o.
- Sajószigeti utca 4 • MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. • Strojírny a stavby Třinec, a.s.
- ENERGETIKA TŘINEC, a.s. • Řetězárna a.s. • Ocelářská unie a.s. • redakce

Inzerce

- TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. • METALURGIA S.A. RADOMSKO • MÉDEA, a.s., Praha,
- TŘINECKÁ PROJEKCE, a.s. • VŠB-Technická univerzita Ostrava

Úvodník

Třinecké železářny slaví 180 let

V letošním roce, přesně 1. dubna 2019, je tomu 180 let od prvního odpichu slévárenského železa v tehdejší dřevouhelné vysoké peci v Třinci. Toto datum se stalo milníkem v historii hutnictví v beskydském regionu. O tři roky později byla dostavěna slévárna a v roce 1845 pak přibyla smaltovna. Původním výrobním sortimentem železáren byla kamna, plotny na kuchyňské pece, lité nádoby, kanalizační litina, sloupky, schodiště, ploty, balkonové mříže, okenní rámy, náhrobní kříže, odlitky pro strojírenství a umělecká litina. Ocenění za kvalitní produkty se přitom dočkaly železářny velmi brzy, a to již v roce 1845 na průmyslové výstavě ve Vídni, kde obdržely zlatou medaili.

Kromě bohatých zásob dřeva, vody, železné rudy a vápence na tehdejších panství Těšínské komory stála za rozkvětem hutní výroby také strategická poloha Třince, která umožnila jeho napojení na Košicko-bohumínskou dráhu. Rozvoj kvalitní dopravní dostupnosti znamenal koncentraci ostatních hutí Těšínské komory do výhodněji položených železáren v Třinci. Třinecká huť se tak postupně stala největším i nejmodernějším závodem Těšínské komory.

V roce 1906 se staly Třinecké železářny majetkem Báňské a hutní společnosti, která se přičinila o jejich další modernizaci. Ve dvacátých letech 20. století patřily k nejmodernějším hutním závodům s uzavřeným hutním výrobním cyklem ve střední Evropě; například zdejší válcovna byla elektrifikována jako první na světě. V roce 1929 představoval podíl Třineckých železáren na československé výrobě surové oceli 23 % a válcovaného materiálu dokonce 31 %. Z tohoto období pochází také ochranná známka „tři kladiva v kruhu“, která doprovází třinecké hutní výrobky dodnes.

Rozvoj Třineckých železáren pokračoval i v době socialismu. V 80. letech 20. století dosáhly Třinecké železářny díky významným investicím do kyslíkové konvertorové ocelárny, blokového a sochorového kontinuit historicky nejvyšší výroby oceli a válcovaného materiálu.

V roce 1996 se majoritním vlastníkem Třineckých železáren stala akciová společnost Moravia Steel. Nově byla formulována mise a vize společnosti, zásadním způsobem se změnila firemní strategie. Jejím základem se stalo trvalé zvyšování přidané hodnoty válcovaných výrobků a jejich zhodnocování ve výrobních řetězcích.

Dnes jsou Třinecké železářny nejmodernější českou hutní firmou, která je již desátým rokem v řadě největším výrobcem oceli v České republice. Spolu s desítkami dceřiných společností vytváří jedno z nejvýznamnějších průmyslových uskupení ve střední Evropě.

Od roku 1996 vynaložily Třinecké železářny na investice téměř 30 miliard korun, přičemž více než 9 miliard korun směřovalo do ekologických projektů. Právě díky investicím jsme byli schopni rozšířit vyráběný sortiment směrem k větší finalizaci výrobků a zachovat si naše postavení na trhu.

Naši konkurenceschopnost udržujeme jak zaváděním nejmodernějších technologických postupů, pořizováním nových investic, tak i řešením celé řady výzkumně-vývojových projektů soustředujících se na technologie od prvovýroby až po zpracování konečného produktu či polotovaru. Konkurenceschopnost posilujeme také rozšiřováním skupiny o další dceřiné společnosti, které jsou zpravidla finálními zpracovateli našich polotovarů do hotových výrobků. Většina našich výrobních dceřiných společností se představuje v tomto vydání Hutnických listů.

Třinecké železářny se nacházejí v průmyslovém regionu, který je neodmyslitelně spjatý již řadu generací s řemeslnou tradicí a technickým umem lidí. Naši zaměstnanci se proto umí poprat s řadou technologických problémů vznikajících při realizaci nových projektů, které jsou v jiných firmách téměř neřešitelné. Jsme si proto vědomi důležitosti kvalitních a technicky vzdělaných zaměstnanců, jelikož právě oni jsou základem našeho budoucího růstu a rozvoje.



Výzkum a vývoj v Třineckých železárnách se dlouhodobě orientuje na optimalizaci výrobních nákladů, zavedení nových technologií v celém výrobním toku až po finalizaci ocelových produktů. Ročně řešíme zhruba dvacet pět, především vnitropodnikových výzkumných a vývojových projektů s aktivní spoluprací v oblasti základního a aplikovaného výzkumu. Důležitými partnery pro nás jsou kolegové z Materiálového a metalurgického výzkumu v Ostravě, VÚHŽ v Dobré, stejně jako akademici z vysokých škol, např. VŠB-TU v Ostravě, VUT v Brně nebo VŠCHT v Praze.

Výzkumné a vývojové projekty doplňují činnosti spojené s řešením tzv. nosných programů společnosti, které jsou nástrojem neustálé kontroly kvality výroby v součinnosti s požadavky zákazníka. Jsou to tyto nosné programy:

- oceli pro sochorovou válcovnu Kladno
- výroba trubek
- oceli z elektroocelárny
- tyčové oceli z kontijemné a střední tratě pro automobilový průmysl
- šroubářské oceli
- pružinové oceli
- tažená ocel
- řetězové oceli
- ložiskové oceli
- předlitky pro přímé dodávky a oceli pro nápravy
- kolejnice
- dráty z kontidrátové trati
- nakládání s odpady a vedlejšími produkty

Vysoká úroveň konkurenceschopnosti Třineckých železáren, důraz na trvalé investice do modernizace, rekonstrukce a oprav, kvalifikovaní a kompetentní zaměstnanci i dlouhodobá hutnická tradice a rozvíjená společenská zodpovědnost, to vše jsou významné předpoklady úspěšnosti Třineckých železáren také v budoucích letech.

Ing. Jan Czudek
generální ředitel a předseda představenstva
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s.



Chrom ve strusce a jeho redukce pomocí redukčních činidel Si a C a kyslíko-palivového hořáku v atmosférické indukční tavicí peci

Chromium in Slag and its Reduction Using the Reducing Agents Si and C and an Oxygen-fuel Burner in the Atmospheric Induction Melting Furnace

Ing. Vladislav Kurka, Ph.D.¹; doc. Ing. Petr Jonšta, Ph.D.¹; Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.¹; Ing. Zdeněk Carbol²; Ing. Pavel Machovčák, Ph.D.²

¹ MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Regionální materiálově technologické výzkumné centrum Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava - Vítkovice, Česká republika

² VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s., Vítkovice 3020, 703 00 Ostrava, Česká republika

prezentuje návrh, provedení a vyhodnocení experimentů redukce chromu ze strusky. Práce byly provedeny na základě teoretického výpočtu a jeho porovnáním s výsledky skutečně dosažené redukci. Cílem je redukce chromu ze strusky o vysokém obsahu Cr_2O_3 pomocí redukčních činidel – uhlíku ve formě antracitu a křemíku ve formě ferosilitiny FeSi . Experimentální tavby v atmosférické indukční tavicí peci byly provedeny s použitím kyslíko-palivového hořáku, který byl navržen a vyroben speciálně pro tyto experimenty. Střední obsahy prvků v tavenině během redukce byly (hm. %): 16 Cr, 5 Ni a 1 Mo. Technologie redukce chromu ze strusky byla navržena a experimentálně realizována za účelem její přenositelnosti na velký metalurgický agregát EOP.

Klíčová slova: antikorozi ocel; struska; chrom; uhlík; křemík; ferosilicium

At present, all metallurgical companies make an effort to minimize the costs and hence the energy intensity of production. First, due to the reduction of production costs and also due to competitiveness. In the production of melt from alloyed chromium waste, an electric arc furnace (EAF) leads to oxidation of chromium and its loss to slag in the form of Cr_2O_3 . Depending on the Cr waste used, the losses are usually around 30-60% where the slag contains up to 13-15% of Cr_2O_3 . Reverse reduction of chromium from slag to melt is difficult in the EAF and, above all, time-consuming and consequently energy intensive. For this reason, experimental fluxes used, which were aimed at chromium slag to reduce chromium back to the melt using a carbon-reducing agent in the form of anthracite and silicon in the form of ferroalloys. The paper presents the design, implementation and evaluation of experiments aimed at reduction of chromium from slag. The experiments were based on the theoretical calculation and its comparison with the really achieved reduction. The aim is to reduce chromium from Cr_2O_3 slag by reducing carbon in the agents in the form of anthracite and silicon in the form of FeSi . Experimental melts in the atmospheric induction melting furnace were performed using an oxygen-fired burner designed and manufactured for these experiments. The mean content of the elements in the melt during the reduction was 16% Cr, 5% Ni and 1% Mo. Technology of reduction of chromium from slag was designed and experimentally implemented to a large metallurgical EAF. Technology of reduction of chromium from slag was designed and verified by experimental melts under the conditions of the company MATERIAL AND METALLURGICAL RESEARCH Ltd. The technology was designed to be transferable to an EAF of the company VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY Ltd. Verification of the technology was carried out on the steel grade X4CrNiMo16-5-1 with the chemical composition it has in the EAF, when it is produced from recycled chromium alloyed metal waste. The evaluation shows that the largest reduction of chromium from slag by 62% was achieved using a three-fold reduction dose. The dose contained 5.1 kg C and 11.7 kg C for 45 kg of slag and 1,000 kg of melt, first dosed with Si and after 10 minutes dosing with C.

Key words: stainless steel; slag; chromium; carbon; silicon; ferrosilicon

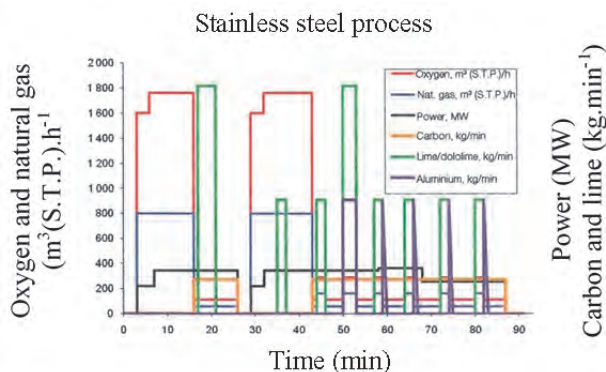
Z důvodu zvýšení konkurenceschopnosti snižují metalurgické společnosti své výrobní náklady a také energetickou náročnost výroby. Při výrobě taveniny z legovaného chromového odpadu (dále jen Cr odpad) dochází v elektrické obloukové peci (dále EOP) k oxidaci chromu a jeho ztrátám do strusky ve formě Cr_2O_3 . Dle použitého Cr odpadu se ztráty pohybují většinou kolem 30 – 60 %, kdy struska obsahuje až 13 – 15 % Cr_2O_3 . Zpětná redukce chromu ze strusky do taveniny je v EOP obtížná a především časově a proto také energeticky náročná. Z tohoto

důvodu byly provedeny experimentální tavby, které měly za cíl z chromové strusky redukovat chrom zpětně do taveniny pomocí redukčního činidla uhlíku ve formě antracitu a křemíku ve formě ferosilitiny.

1. Technologické možnosti redukce

V metalurgických agregátech se pro redukci chromu ze strusky do taveniny používají redukční přísady, které mají vyšší afinitu ke kyslíku než chrom. Je to především uhlík,

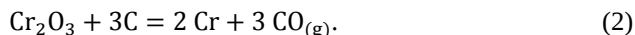
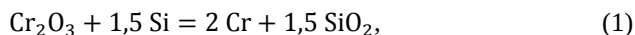
křemík a hliník. Redukční přísady na strusku musí mít velký reakční povrch, aby došlo k intenzivnějším a rychlejším redukčním reakcím. Například autor [1] ve své práci uvádí použití hliníku o velikosti granulí 1–2 mm s dávkováním rychlostí $50 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ o celkové dávce 10 kg Al na tunu oceli. Průběh technologie výroby a především dávkování hliníku a uhlíku do taveniny ve společnosti BGH při výrobě antikorozních ocelí prezentuje obr. 1.



Obr. 1 Typické schéma procesu při výrobě antikorozních ocelí ve společnosti BGH s dávkováním hliníku a uhlíku

Fig. 1 Typical diagram of process at production of stainless steels in the company BGH with dosing of aluminium and carbon

Autor [2] uvádí, že na začátku oxidační periody musí být obsah křemíku v tavenině 0,3 % Si. Důvodem je přednostní oxidace křemíku před chromem, a tím zamezení ztrát chromu do strusky. Zpětná redukce chromu pomocí křemíku a uhlíku se řídí níže uvedenými chemickými reakcemi [3, 4]:



Z hlediska termodynamického je zpětná redukce chromu ze strusky do taveniny závislá na teplotě, chemickém složení strusky a chemickém složení taveniny. Autor [5] prezentuje níže uvedené termodynamické reakce rovnováhy touto chemickou rovnicí:

$$\log (\% \text{Cr})_{\text{slag exp.}} = 4,887 - \frac{8866}{T} + 0,340 \log [\% \text{Cr}] - 0,178 \log [\% \text{Si}] - 1,721 \log B, \quad (3)$$

kde B je bazicita strusky vyjádřená vztahem

$$B = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}. \quad (4)$$

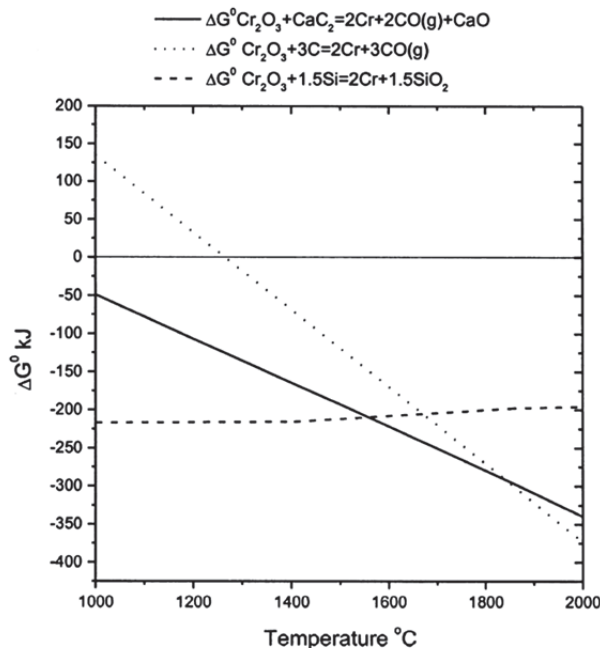
Dle autora [5] však existuje značný rozdíl mezi vypočítanými rovnovážnými stavy a skutečnými údaji z průmyslové praxe. Z tohoto důvodu autor navrhuje následující termodynamickou rovnici získanou ze statistického vyhodnocení dat z průmyslové praxe:

$$\log (\% \text{Cr})_{\text{slag ind.}} = 1,118 + \frac{949}{T} - 0,550 \log [\% \text{Cr}] - 0,154 \log [\% \text{Si}] - 0,508 \log B, \quad (5)$$

kde B je bazicita strusky vyjádřená vztahem

$$B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}, \quad (6)$$

Teplotní závislost Gibsovy energie pro redukci chromu pomocí karbidu vápníku, uhlíku a křemíku prezentuje autor [3] v grafu na 0. Z obrázku vyplývá, že se s rostoucí teplotou zvyšuje účinek redukce chromu ze strusky pomocí karbidu vápníku (CaC_2) a uhlíku a že redukce pomocí křemíku není na teplotě až tak závislá. Dále jsou popsány experimentální tavby redukce Cr ze strusky do taveniny.



Obr. 2 Teplotní závislost Gibsovy energie pro redukci chromu karbidem vápníku, uhlíkem a křemíkem

Fig. 2 Temperature dependence of Gibbs energies for chromium reduction with calcium carbide, carbon and silicon

2. Redukce chromu ze strusky

Na základě teoretických rozborů byla navržena a na experimentálních tavbách ověřena technologie redukce chromu ze strusky. Technologie byla navržena pro podmínky společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. (dále jen MMV), a to tak, aby byla přenositelná na intenzifikovanou elektrickou obloukovou pec (dále jen EOP) společnosti VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. (dále jen VHM). Experimentální tavby byly realizovány v MMV na poloprovozní atmosférické indukční tavicí peci (dále jen IP) s kyslíko-palivovým hořákem, který simuluje podmínky v EOP ve společnosti VHM (obr. 3). KPH byl napájen čistým kyslíkem a propan-butanem. Hladina taveniny byla kryta sibalovými deskami.

Bylo provedeno celkem 7 sad experimentů na tavenině oceli X4CrNiMo16-5-1. Normované chemické složení oceli X4CrNiMo16-5-1 je uvedeno v tab. 1. Chemické složení bylo modifikováno na podmínky v EOP a je v tab. 1 označeno jako X4CrNiMo16-5-1EOP. Toto chemické složení bylo stěžejní pro experimenty v MMV.



Obr. 3 Atmosférická indukční tavící pec s kyslíko-palivovým hořákem v průběhu experimentální tavby se zakrytým kelímkem pomocí sibalových desek

Fig. 3 Atmospheric induction melting furnace with oxygen-fuel burner during an experimental heat with crucible covered by sibal plates

Pro plné převedení technologie výroby z poloprovozních experimentů prováděných v MMV na metalurgický agregát EOP ve VHM byly pro experimentální tavby v MMV použity vsázkové suroviny, legující a struskotvorné přísady a redukční přísady C a FeSi ze společnosti VHM. Protože pro každý experiment byl použit odlitý ingot z předchozího experimentu, nejsou zcela stejné vstupní podmínky.

V nově vyrobeném kelímku indukční pece (IP) pro hmotnost vsázky 1750 kg bylo pro každou sérii experimentů nasazeno celkem cca 1000 kg vsázky a legujících přísad. Těsně před plným roztavením vsázky byla na hladinu vnesena struska o hmotnosti 45 kg, což odpovídá 4,5 % hmotnosti taveniny. Chemické složení externě dodané strusky pro experimenty prezentuje tab. 20. Pro lepší roztavení a pokrytí hladiny taveniny byla struska v MMV ručně rozdrčena ze zrnitosti cca 250 – 300 mm (obr. 4) na zrnitost cca 20 – 50 mm (obr. 5). Struska bezprostředně po vnesení poslední dávky je vyobrazena na obr. 6.

Tab. 1 Chemické složení oceli značky X4CrNiMo16-5-1 podle normy a pro laboratorní experimenty, které je shodné s chemickým složením oceli v provozní EOP (hm. %)

Tab. 1 Chemical composition of the standardised steel grade X4CrNiMo16-5-1 according to standard and for laboratory experiments, which is identical with the chemical composition in operational EAF (wt.%)

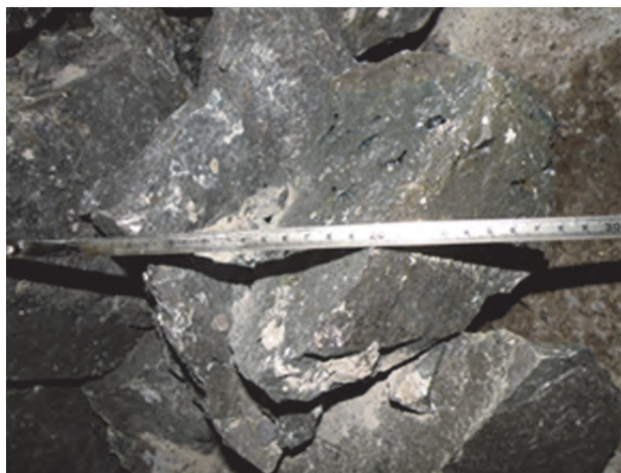
		C	Mn	Si*	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N
Norma	min	-	-	-	-	-	4,00	15,00	0,80	-	0,0200
	max	0,06	1,50	0,70	0,040	0,030	6,00	17,00	1,50	-	-
Experimenty v MMV (X4CrNiMo16-5-1EOP)	min	0,15	0,25	0,25	-	-	4,50	15,00	0,90	-	-
	max	0,20	0,35	0,35	0,025	0,020	5,50	16,50	1,20	0,10	-

* Obsah Si byl u sedmého experimentu dvojnásobný: 0,60 % Si.

Tab. 2 Chemické složení externě dodané strusky pro experimenty redukce Cr ze strusky (hm. %)

Tab. 2 Chemical composition of externally supplied slag for Cr slag reduction experiments (wt.%)

	C	S	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	MgO	CaF ₂	Na ₂ O	Zn	K ₂ O	BaO	Nb ₂ O ₅
Obsah komponent	0,12	0,034	12,95	0,01	0,47	2,97	15,87	0,21	3,12	24,63	21,27	0,01	8,94	8,72	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,47



Obr. 4 Zrnitost strusky 250 – 300 mm pro experimenty před rozdrčením

Fig. 4 Slag granularity of 250 – 300 mm for experiments prior to crushing



Obr. 5 Zrnitost strusky 20 – 50 mm pro experimenty po ručním drčení

Fig. 5 Slag granularity of 20 – 50 mm for experiments after manual crushing



Obr. 6 Struska na hladině taveniny bezprostředně po nasazení poslední dávky ze 45 kg

Fig. 6 Slag on the melt meniscus right after charging the last charge of 45 kg

Okamžitě po vnesení strusky na hladinu taveniny byla přidána struskotvorná přísada Topex s vysokým obsahem MgO , která se standardně používá v EOP ve VHM pro zvýšení životnosti vyzdívky pece. Příklad přísady Topexu o zrnitosti 20 – 30 mm (obr. 7) byla v kelímku smíchána se struskou a poté byl zapnut KPH pro plné a rychlé roztavení strusky. Po roztavení strusky za cca 20 min. a zahřátí taveniny na teplotu $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$ (obr. 8) byl odebrán tzv. nultý vzorek kovu a strusky na chemickou analýzu.

Podle teoretického výpočtu je pro plnou redukci chromu z externě dodané chromové strusky zapotřebí buď $1,7\text{ kg C}$, nebo $3,9\text{ kg Si}$. Redukční přísada C byla dávkována ve formě antracitu a redukční přísada Si byla dávkována ve formě ferosilicia $FeSi$, obě se zrnitostí 1 – 3 mm. Obě složky dohromady tvořily jednu dávku redukčních přísad.

Po roztavení strusky v kelímku IP byly u prvního až pátého experimentu vneseny najednou redukční přísady C a Si. Tato dávka se u každého dalšího experimentu násobila. U prvního experimentu $1\times$, u druhého experimentu $2\times$ atd. až do pátého experimentu. U šestého experimentu byla vnesena trojnásobná redukční dávka s tím, že byl nejprve dávkován pouze Si a teprve po odběru 3. vzorku kovu a strusky (po 10. minutě) byl C dávkován. U sedmého experimentu byla vnesena trojnásobná dávka, která obsahovala najednou C a Si, ale v průběhu experimentu byl obsah Si v tavenině dvojnásobný oproti předchozím a dosahoval hodnoty $0,6\text{ }\%$ Si.

Redukční přísady byly vnášeny při zapnutém příkonu do kyslíko-palivového hořáku na hladinu strusky. Následně byly intenzivním mícháním vpraveny do celého objemu strusky. Po 5 minutách od vnesení redukční dávky bylo vizuálně pozorováno natavení redukčních přísad. V této etapě byly odebrány první vzorky kovu a strusky na chemickou analýzu. Odběr vzorků kovu a strusky na chemickou analýzu a měření teploty taveniny bylo prováděno po 5 minutách, celkově do 30 minut od vnesení první redukční dávky.

Po ukončení každé sady experimentů byla tavenina odlita z IP do lící pánve a následně na atmosférickém lícím poli

byla pod ochrannou atmosférou argonu odlita spodem do kokilové sestavy V2A.



Obr. 7 Struskotvorná přísada Topex

Fig. 7 Flux Topex

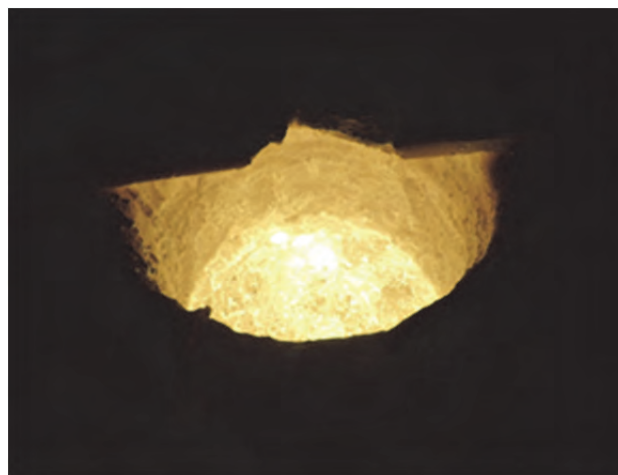


Fig. 8 Roztavená struska v kelímku indukční pece

Fig. 8 Molten slag in crucible of induction furnace

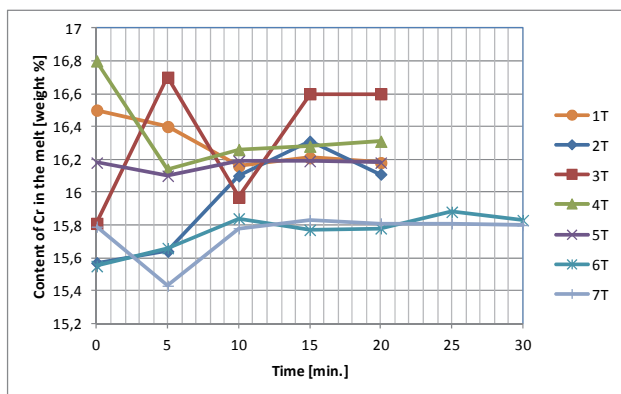
3. Vyhodnocení redukce chromu ze strusky

Při vyhodnocení průběhu obsahu chromu v tavenině (obr. 9) a především průběhu obsahu Cr_2O_3 ve strusce (obr. 10) je patrné, že největší redukční schopnost měla dávka s trojnásobným obsahem C a $FeSi$. Ze strusky se vyredukovalo celkem $53\text{ }\%$ Cr (obr. 11). Při dávkování trojnásobné redukční dávky, kdy se nejprve dávkoval Si a po 10 minutách C, se zvýšila redukce Cr ze strusky na $62\text{ }\%$.

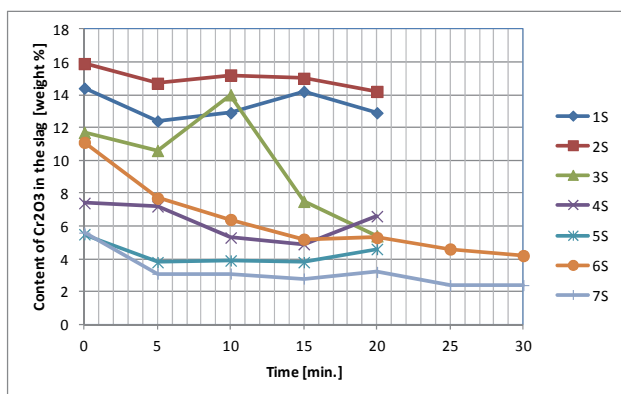
Přepočteme-li ve 3. experimentu celkovou změnu obsahu Cr v tavenině před a po redukci, vychází navýšení Cr o $8,42\text{ kg}$ tab. 3 a obr. 12). Ve strusce se však snížil obsah chromu pouze o $1,94\text{ kg Cr}$ (tab. 4 a obr. 12). Z obr. 11 a 12 a z tab. 3 a 4 je patrné, že v 1., 4. a potažmo i 5. experimentu se snížil obsah chromu jak ve strusce, tak v tavenině. Ve 2. a 3. experimentu obsah Cr neúměrně narostl v tavenině oproti úbytku ve strusce. Proto bylo provedeno vybourání kelímku IP a stěny kelímku byly podrobeny chemické analýze na výskyt Cr. Části výdusky

kelímku prezentuje obr. 13. Na fotografii zlomků výdusky je patrná penetrace kovu, pravděpodobně chromu, který v průběhu experimentů penetruje do výdusky, čímž se chrom nekontrolovatelně vrací zpět do taveniny, což zkrusluje výsledky jeho analýzy v tavenině. K přechodu chromu ze strusky však nedochází, takže hodnoty jeho analýzy ve strusce jsou brány jako platné.

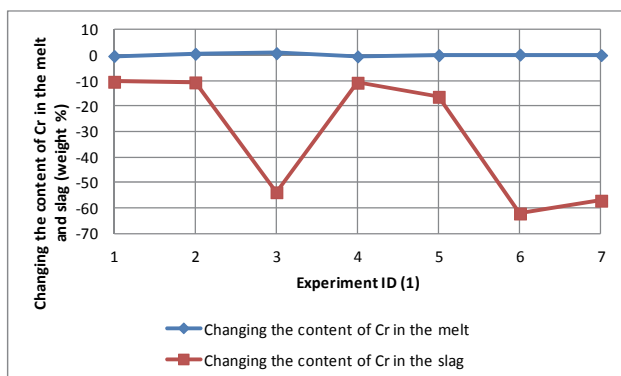
Na základě výsledků poloprovozních zkoušek a výše uvedených úvah se jako nejdůležitější považuje snížení obsahu Cr_2O_3 ve strusce, které je největší u šestého experimentu s trojnásobnou redukční dávkou C a Si (nejprve Si a poté C) a postupným dávkováním.



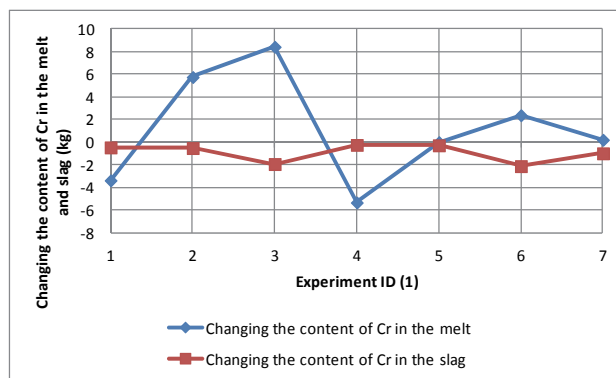
Obr. 9 Průběh obsahu Cr v tavenině u všech experimentů
Fig. 9 Evolution of Cr content in the melt in all experiments



Obr. 10 Průběh obsahu Cr_2O_3 ve strusce u všech experimentů
Fig. 10 Evolution of Cr_2O_3 content in the slag in all experiments



Obr. 11 Celková změna obsahu Cr v tavenině a strusce ve všech experimentech
Fig. 11 Total change of the Cr content in the melt and slag in all experiments



Obr. 12 Celková změna obsahu Cr v tavenině a strusce ve všech experimentech

Fig. 12 Total change of the Cr content in the melt and slag in all experiments



Obr. 13 Vybouraná stěna kelímku IP; červená část byla v kontaktu s taveninou, bílá část přiléhala k plášti kelímku

Fig. 13 Pulled down wall of the IP crucible; the red part was in contact with the melt, the white part was adjacent to the crucible shell

Tab. 3 Změna chemického složení a hmotnosti Cr v tavenině oceli v průběhu jednotlivých experimentů

Tab. 3 Change of chemical composition and mass of Cr in the molten steel during individual experiments

Odebrané vzorky taveniny	Doba odběru (min.)	Obsah Cr v tavenině v jednotlivých experimentech						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
		(hm. %)						
1	0	16,5	15,57	15,81	16,8	16,18	15,55	15,79
2	5	16,4	15,64	16,7	16,14	16,1	15,66	15,43
3	10	16,16	16,1	15,97	16,26	16,19	15,84	15,78
4	15	16,21	16,31	16,6	16,28	16,19	15,77	15,83
5	20	16,18	16,11	16,6	16,31	16,18	15,78	15,81
6	25	-	-	-	-	-	15,88	15,81
7	30	-	-	-	-	-	15,83	15,8
Jednotky		Experimenty						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Hmotnost taveniny	(kg)	1056	1065	1066	1089	1075	1034	1018
Změna obsahu Cr v tavenině	(hm. %)	-0,32	0,54	0,79	-0,49	0,00	0,23	0,02
	(kg)	-3,38	5,75	8,42	-5,34	0,00	2,38	0,20

Tab. 4 Změna chemického složení a hmotnosti Cr_2O_3 a Cr ve strusce v průběhu jednotlivých experimentů (záporné hodnoty znamenají úbytek)

Tab. 4 Change of chemical composition and weight of Cr_2O_3 and Cr in slag during individual experiments (negative values represent the loss)

Odebrané vzorky strusky	Doba odběru	Obsah Cr_2O_3 ve strusce v jednotlivých experimentech						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	(min.)	(hm. %)						
1	0	14,4	15,9	11,7	7,4	5,5	11,1	5,6
2	5	12,4	14,7	10,6	7,2	3,8	7,7	3,1
3	10	12,9	15,2	14,0	5,3	3,9	6,4	3,1
4	15	14,2	15,0	7,5	4,9	3,8	5,2	2,8
5	20	12,9	14,2	5,4	6,6	4,6	5,3	3,2
6	25	-	-	-	-	-	4,6	2,4
7	30	-	-	-	-	-	4,2	2,4
	Jednotky	Experimenty						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Hmotnost taveniny	(kg)	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Změna obsahu Cr_2O_3 ve strusce	(hm. %)	-1,50	-1,70	-6,30	-0,80	-0,90	-6,90	-3,20
	(kg)	-0,68	-0,77	-2,84	-0,36	-0,41	-3,11	-1,44
Změna obsahu Cr v tavenině	(hm. %)	-0,46	-0,52	-1,94	-0,25	-0,28	-2,12	-0,99
	(kg)	-10,42	-10,69	-53,85	-10,81	-16,36	-62,16	-57,14

4. Závěr

Technologie redukce chromu ze strusky byla navržena a ověřena na experimentálních tavebách v podmínkách společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. Návrh technologie byl proveden tak, aby byla přenositelná na elektrickou obloukovou pec (EOP) společnosti VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. Ověření technologie bylo provedeno u oceli X4CrNiMo16-5-1, přičemž její chemické složení odpovídalo poměrům výroby v EOP s využitím vratného kovového odpadu legovaného chromem

Z hodnocení poloprovozních taveb vyplývá, že největší redukci chromu ze strusky ve výši 62 %, se docílilo při použití trojnásobné redukční dávky. Dávka obsahovala

5,1 kg C a 11,7 kg C na 45 kg strusky a 1000 kg taveniny, kde nejprve bylo dávkováno Si a po 10 minutách dávkováno C. Vizuální posouzení všech odebraných vzorků strusek potvrdilo, že struska s použitím trojnásobné dávky u třetího, šestého a sedmého experimentu vykazuje nejvyšší tekutost a lze usuzovat na nejvyšší styčnou reakční plochu mezi taveninou a struskou.

Použitím jedné vsázkové suroviny pro všechny experimenty byly ovlivněny startovací podmínky experimentů, především chemické složení taveniny, které ovlivnilo i chemické složení strusky po roztavení. Výsledky byly proto také hodnoceny trendově.

Na základě provedených experimentálních taveb byl proveden návrh, ověření a následně vypracování technologie „Redukce chromu ze strusky v indukční tavicí peci pomocí redukčních činidel C a Si“, která dnes slouží jako ověřená technologie pro provozní podmínky EOP.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci čerpání a užití institucionální podpory na Dlouhodobý a koncepční rozvoj výzkumné organizace v roce 2019, poskytovatel Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.

Literatura

- [1] STUBBE, G., HARP, G., SCHMIDT, D., SEDLMEIER, M. Neue Technologie zur Chromrückgewinnung aus Elektrolichtbogenfenschlacken. *Stahl und Eisen*, (2011) 5, 45-50.
- [2] ARH, B., TEHOVNIK F. The Oxidation and Reduction of Chromium of Stainless Steels in an Electric Arc Furnace. *Metallurgia*, 50 (2011), 179-182. ISSN 0543-5846.
- [3] BJORKVALL, J., ANGSTROM, S., KALLIN, L. Reduction of Chromium Oxide Containing Slags Using CaC_2 Injection. In *the 7th International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts*, South African Institute of Mining and Metallurgy, Cape Town, South Africa, 25-28 January 2004.
- [4] MEYER, W., REZENDE, M. A., MURAN, A. et al. Modernization of the Electric Arc Furnace of Cell 1 at Villares Metals. In *the 38th International Symposium*, May 20th to 23rd, 2007, Belo Horizonte, MG, Brazil.
- [5] GUO, M., DURINCK, D., JONES, P. T., HEYLEN, G., HENDRICKX, R., BAETEN, R., BLANPAIN, B., WOLLANTS, P. EAF Stainless Steel Refining - Part I: Observational Study on Chromium Recovery in an Eccentric Bottom Tapping Furnace and a Spout Tapping Furnace. *Process Metallurgy - Steelmaking*, 78 (2007) 2.

Globální oddělení výzkumu a vývoje dostalo grant na superpočítač

Firemní měsíčník AMO – březen 2019, str. 12. Zprávy ze skupiny ArcelorMittal Amerika

Globální oddělení výzkumu a vývoje ArcelorMittal je jedním z držitelů grantu od instituce pro využívání vysoce výkonného počítače ve výrobě. Ta oznámila federální dotaci ve výši 1,2 mil. dolarů pro státní a soukromé projekty, jejichž cílem je řešení klíčových výrobních problémů v ocelářství a ve výrobě hliníku s využitím superpočítače. Výzkumná spolupráce mezi ArcelorMittal USA a státní laboratoří Lawrence Livermora bude využívat vysoce výkonný počítač a strojové učení, které by umožnilo energeticky úspornou výrobu ocelových bramb bez vad.

Modelování tepelného zpracování ocelí pro výrobu vysokopevných pružin

Modelling of Heat Treatment of Steels for the Production of High-strength Springs

Ing. Magdalena Šmátralová, Ph.D.; Dr. Ing. Zdeněk Kuboň

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava - Vítkovice, Česká republika

Příspěvek se věnuje modelování tepelného zpracování oceli 51CrV4 a 52CrMoV4, jehož cílem bylo definovat podmínky, za jakých je možné dosáhnout požadovaných mechanických vlastností vysokopevných pružin. Pro modelování tepelného zpracování bylo využito kalícího dilatometru DIL 805A, který umožňuje přesnou simulaci navržených režimů tepelného zpracování a z dilatometrických záznamů pak získávat poznatky o průběhu fázových transformací probíhajících v průběhu ohřevu a ochlazování materiálu, které se projevují rozměrovou změnou v důsledku změn v krystalové mřížce. Simulace byly prováděny pro různé parametry kalení, včetně rychlostí ohřevu a absence výdrže na austenitizační teplotě a také pro variantu s tzv. dohřevem, kdy je pružina z důvodu poklesu teploty během její výroby znovu zahřátá na austenitizační teplotu a pak zakalena. Výsledky simulací jednak potvrdily důležitost výdrže na teplotě austenitizace, jednak existenci vratné transformace na perlit, k níž dochází při opakovaném ohřevu.

Klíčová slova: modelování tepelného zpracování; dilatometr; ocel 51CrV4; ocel 52CrMoV4

The paper deals with modelling of heat treatment of high-strength spring steels 51CrV4 and 52CrMoV4 aimed at the definition of conditions that must be set in order to achieve the required material properties. Heat treatment was modelled by means of DIL 805A quenching dilatometer that enabled an accurate and step-by-step simulation of the heat treatment procedure and acquisition of detailed knowledge of phase transformations occurring during the heating and cooling of the tested material. The phase transformations during heating and cooling of a heat-treated material are manifested by the dimensional changes that occur as a result of changes in the crystal lattice. The simulations were carried out for various parameters of quenching, including heating rates and dwell time at austenizing temperature and also for the situation when the finished spring is re-austenized owing to the temperature drop during manipulation and winding of it. The importance of dwell time at austenizing temperature was demonstrated by the insufficient hardness of quickly heated and immediately quenched samples. Dilatometric measurements performed in reheated specimens revealed another phase transformation that appeared during reheating. The undercooled austenite transforms into pearlite during reheating due to a long time of necessary technological operations and subsequent heating to the reheating temperature, which is longer than the corresponding incubation period of pearlite (S-curve in the CCT diagram). This explains the experimentally observed fact that the transformation does not occur during cooling to any intermediate operation temperature, but only during reheating, when reversed transformation into pearlite and back into austenite occurs. Depending on the heating parameters, the respective transformation curves for the formation of pearlite and bainite are shifted to the left due to the limited dissolution of the carbides and uncompleted stabilization of austenite.

Key words: modelling of heat treatment; dilatometer; steel 51CrV4; steel 52CrMoV4

Klasické vysokopevné nízkolegované oceli patří mezi hojně využívané kovové materiály v technické praxi. Přestože patří k široce prostudovaným materiálům, pořád existují způsoby jejich tepelného zpracování, u kterých je nutno rozšířit poznatky o jejich chování a výsledných vlastnostech. Tato skutečnost souvisí s vývojem techniky i snižováním hmotnosti konstrukcí, kdy jsou vlastnosti materiálů využívány velmi blízko svého limitu. Tyto vlastnosti mohou být kromě chemického složení významně ovlivněny také mikrostrukturou, která je právě řízená tepelným zpracováním. Optimalizace postupu tepelného zpracování pochopitelně musí vycházet ze znalostí průběhu a charakteru fázových transformací konkrétního materiálu. Termodynamika a kinetika fázových transformací,

určující povahu výsledných produktů při rozpadu austenitu během plynulého ochlazování při normalizačním žhání nebo kalení, je citlivou funkcí rychlosti ochlazování z teploty austenitizace. Teplotně-časové vymezení procesů, probíhajících při anizotermickém rozpadu austenitu v průběhu ochlazování, má prvořadý význam pro specifikaci tepelného režimu a optimálních postupů tepelného zpracování reálných výrobků z dané oceli, umožňujících spolehlivé dosahování komplexu požadovaných vlastností, zejména mechanických [1 – 3]. K tomuto účelu se běžně využívá diagram anizotropického rozpadu austenitu – ARA diagramu dané oceli. V něm lze vymezit teplotně-časové oblasti, ve kterých vznikají jednotlivé produkty transformace podchlazeného austenitu (ferit,

perlit, bainit, martenzit) a na jeho základě lze zvolit také parametry ochlazování reálných výrobků, které povedou k získání požadované mikrostruktury, a tedy i výsledných vlastností hotových výrobků.

Fázové transformace probíhající v průběhu ohřevu a ochlazování materiálu při tepelném zpracování se projevují objemovou změnou, k níž dochází v důsledku změn krystalové mřížky. Tyto transformace lze zaznamenat pomocí dilatometrického záznamu, tedy na křivce závislosti prodloužení zkušební tyče na teplotě, kde se v oblasti mřížkových transformací projeví zlomy, z nichž se vyhodnocuje teplota přeměny. Dilatometrická měření se pak většinou doplňují metalografickým rozbořem, který potvrdí typ a výsledný produkt fázové transformace, a také měření tvrdosti. Všechny tyto výsledky se pak stávají součástí konstrukce diagramu anizotropního rozpadu oceli (ARA diagramu) dané značky oceli.

1. Studium strukturních přeměn oceli 51CrV4 a 52CrMoV4, diagram ARA

Ocel 51CrV4 a 52CrMoV4 patří do skupiny nízkolegovaných chrom-vanadových, resp. chrom-molybden-vanadových ocelí používaných pro výrobu zušlechťovaných pružin. Vstupním materiálem pro tyto pružiny jsou tyče kruhového průřezu s loupáním povrchem dle ČSN EN 10277-1 [4]. Jakost obou ocelí je definována v ČSN EN 10089-1 [5]. Při optimalizaci postupu tepelného zpracování a sestavení návrhu jeho konkrétních režimů se zpravidla jako první krok sestavuje ARA diagram včetně stanovení teplot fázových přeměn A_{c1} a A_{c3} , resp. teploty počátku martenzitické transformace M_s . Pro sestavení diagramu anizotropického rozpadu obou značek oceli byly použity vzorky za tepla válcovaných a loupáných tyčí, jejichž chemické složení je uvedeno v tab. 1. V rámci konstrukce ARA diagramu byly experimentálně stanoveny i teploty fázových přeměn, které jsou rovněž uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Chemické složení oceli 51CrV4 a 52CrMoV4 (hm. %)

Tab. 1 Chemical composition of steel 51CrV4 and 52CrMoV4 (wt. %)

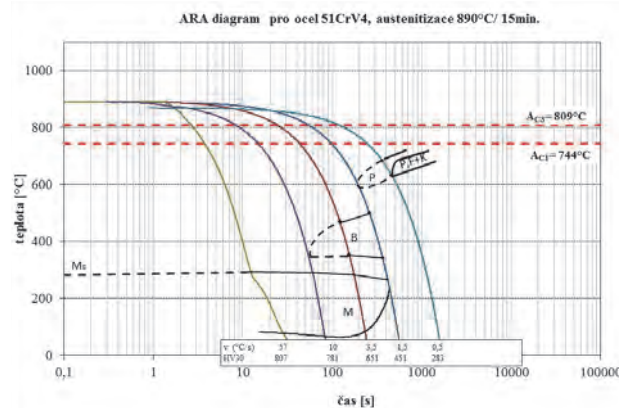
Ocel	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
51CrV4	0,53	1,02	0,3	0,013	0,012	1,15	-
52CrMoV4	0,52	1,03	0,28	0,017	0,007	1,07	0,21
Ocel	V	Al	N	H ₂	A _{c1}	A _{c3}	
51CrV4	0,159	0,003	0,0066	1,9 ppm	744 °C	809 °C	
52CrMoV4	0,113	0,003	0,0058	1,7 ppm	745 °C	786 °C	

Podle doporučení normy DIN 17014-3 byla při měření použita rychlost ohřevu a ochlazování vzorku pro stanovení teplot fázových přeměn $3\text{ °C} \cdot \text{min}^{-1}$ s výdrží na austenizační teplotě po dobu 15 min [6].

Pro konstrukci samotného diagramu anizotermického rozpadu austenitu této oceli byla zvolena teplota austenitizace 890 °C pro ocel 51CrV4 a 870 °C pro ocel 52CrMoV4 s výdrží na teplotě 15 min. Pro sestavení jednotlivých ochlazovacích křivek ARA diagramu byly

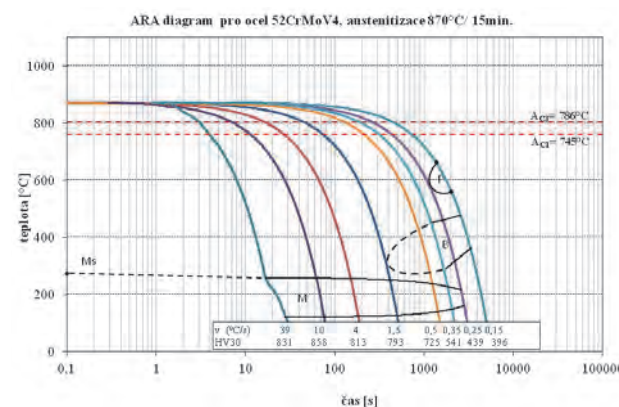
použity rychlosti ochlazování v intervalu zhruba od $50\text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,15\text{ °C} \cdot \text{min}^{-1}$. Získané výsledky jsou pochopitelně platné pouze pro chemické složení daných taveb ocelí a aplikované podmínky austenitizace. Umožňují však poměrně přesný přehled na přeměnu obou těchto ocelí i v obecnějším měřítku.

Na obr. 1 je zobrazen ARA diagram oceli 51CrV4 sestavený na základě provedených dilatometrických měření, metalografických analýz a měření tvrdosti. V diagramu jsou vymezeny oblasti teplotně a časově ohraničující výskytu feritu a karbidů, perlitu, bainitu a martenzitu. Ocel získává po ochlazování z teploty austenitizace rychlostí vyšší než $10\text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$ plně martenzitickou strukturu s hodnotami tvrdosti okolo 800 HV. Při poklesu ochlazovací rychlosti ve struktuře nejprve roste podíl bainitu na úkor martenzitu a tvrdost klesá až k 450 HV. Při rychlostech ochlazování menších než asi $1,5\text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$ nahrazuje martenzitickou i bainitickou transformaci přeměna na perlit, při dalším poklesu rychlosti ochlazování vzniká směs perlitické struktury a feritu s karbidy za dalšího poklesu tvrdosti.



Obr. 1 ARA diagram oceli 51CrV4, teplota $M_s = 283\text{ °C}$ stanovená výpočtem podle [7]

Fig. 1 CCT diagram for steel 51CrV4, temperature $M_s = 283\text{ °C}$ calculated according to [7]

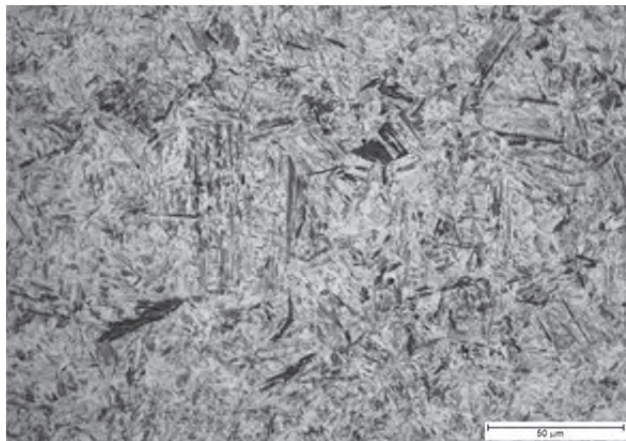


Obr. 2 ARA diagram oceli 52CrMoV4, teplota $M_s = 274\text{ °C}$ stanovená výpočtem podle [7]

Fig. 2 CCT diagram for steel 52CrMoV4, temperature $M_s = 274\text{ °C}$ calculated according to [7]

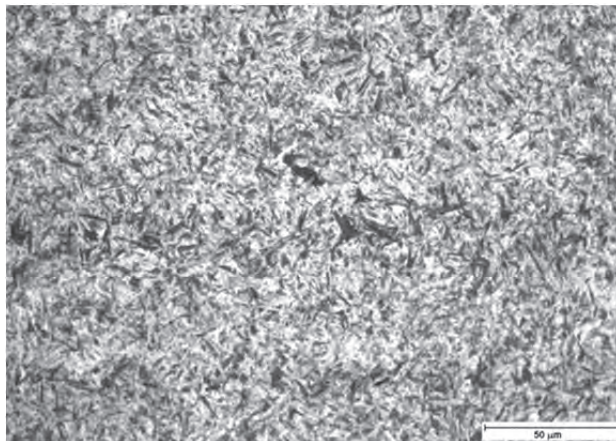
Obr. 2 ukazuje ARA diagram oceli 52CrMoV4. Oproti oceli 51CrV4 je počátek transformace na bainit posunut až k rychlosti ochlazování okolo $1,5\text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$, ovšem tvrdost martenzitu se (i s ohledem na prakticky stejný obsah

uhlíku) pohybuje rovněž okolo 800 HV. Podobně jako u předešlé oceli se snižuje tvrdost s klesající ochlazovací rychlostí spolu s rostoucím podílem bainitu ve výsledné struktuře, a to až na 440 HV. Při rychlostech ochlazování menších než asi $0,25\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$ nastává plná přeměna na perlit, spojená s dalším poklesem tvrdosti.



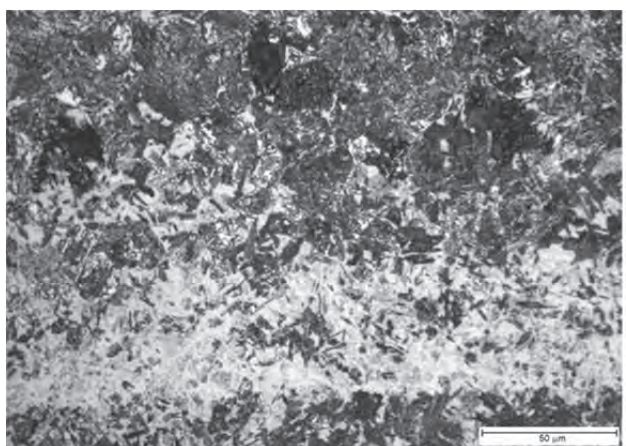
Obr. 3 Martenzitická struktura oceli 51CrV4, rychlost ochlazování $v = 10\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 3 Martensitic microstructure of the steel 51CrV4, cooling rate $v = 10\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$



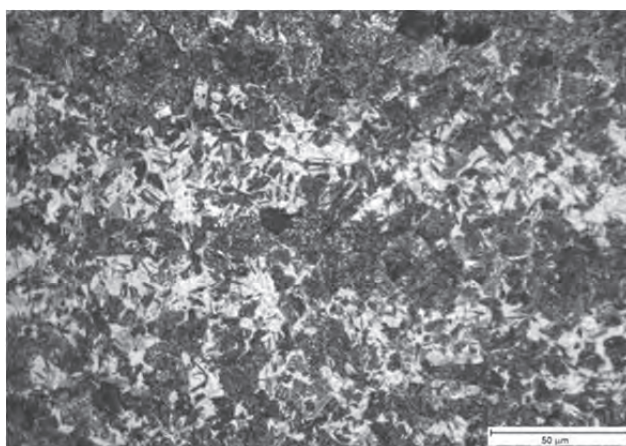
Obr. 4 Martenzitická struktura oceli 52CrMoV4, rychlost ochlazování $v = 1,5\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 4 Martensitic microstructure of the steel 52CrMoV4, cooling rate $v = 1.5\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$



Obr. 5 Smíšená martenziticko-bainitická struktura, ocel 51CrV4, rychlost ochlazování $v = 1,5\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 5 Mixed microstructure of martensite and bainite, steel 51CrV, cooling rate $v = 1.5\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$



Obr. 6 Převážně perlitická struktura, ocel 52CrMoV4, rychlost ochlazování $v = 0,25\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 6 Predominantly pearlitic microstructure, steel 52CrMoV4, cooling rate $v = 0.25\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$

Obou ocelí se pro výrobu pružin používá v zušlechtném stavu, konkrétně ve stavu po kalení a popouštění, a je tedy jasné, že přítomnost jak perlitu, tak ani feritu není pro daný účel ve struktuře pružin přijatelná. Z ARA diagramu oceli 51CrV4 lze odvodit, že oblast výskytu perlitického nosu se za daných podmínek austenitizace vyskytuje v blízkosti teploty 600 °C a v časech cca 200 s. Oblast bainitického nosu je posunuta k teplotě okolo cca 350 °C a krátkým časům těsně nad 50 s. Naproti tomu u oceli 52CrMoV4, jejíž prokalitelnost je vlivem působení molybdenu významně vyšší, lze výskyt bainitu očekávat při teplotě okolo 300 °C až téměř po 400 s a přítomnost perlitu pak při 600 °C až po 1000 s.

Ze sestrojených ARA diagramů tak vyplývá, že pro zajištění jednofázové martenzitické struktury je nezbytné, aby byla ocel 51CrV4 ochlazovaná rychlostí vyšší, než je $10\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$, tedy aby z teploty cca 900 °C poklesla pod teplotu M_s v čase kratším než asi 60 s, kdežto u oceli 52CrMoV4 postačí čas až asi 7krát delší.

2. Modelování tepelného zpracování

V technické praxi mnohdy není nutné sestavovat celý ARA digram. Pro řešení konkrétního problému stačí vybraná dílčí měření zahrnující nejdůležitější oblasti

změn mikrostruktury. Lze tak vlastně provádět modelování jednotlivých režimů tepelného zpracování s tou výhodou, že v případě kalícího dilatometru lze velmi přesně (zpravidla přesněji, než bývá obvykle stanoveno během provozního měření) zadávat jednotlivé etapy tepelného zpracování a vzorek zkoumaného materiálu je zde tepelně zpracován režimem platným pro daný výrobek. Ze záznamu dilatační křivky a proběhlých fázových změn lze rovněž usuzovat na finální mikrostrukturu a na základě výsledků měření tvrdosti pak odhadnout i úroveň mechanických vlastností. Jistou nevýhodou tohoto zařízení však je, že u tepelně zpracovaných vzorků nelze získat informace o křehkolomových vlastnostech, neboť vzorečky jsou velmi malé – mají rozměry $\varnothing 4 \times 10$ mm.

2.1 Vliv rychlosti ohřevu a doby prodlevy

V rámci studia transformační odezvy obou ocelí 51CrV4 i 52CrMoV byl sledován vliv rychlosti ohřevu a doby prodlevy na austenitizační teplotě na průběh fázových přeměn během kalení. Obecně platí, že pro dosažení optimálních materiálových vlastností zušlechtné oceli je nutno nejen ohřát tuto ocel nad teplotu přeměny A_{c3} , ale také jí poskytnout dostatek času pro rozpuštění karbidů a stabilizaci austenitu. V případě, že ocel při austenitizaci nedosáhne optimální kondice, neodpovídá její výsledná struktura ani mechanické vlastnosti předpokladům, jak je patrné z údajů v tab. 2 a 3 a na obr. 6 až 10, které ukazují dilatační změny v průběhu modelování tepelného zpracování obou ocelí dvěma rychlostmi ohřevu (10 a 30 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$) na teplotu austenitizace 920 $^{\circ}\text{C}$ bez anebo s výdrží pouhých 20 s na teplotě austenitizace a s následným ochlazením rychlostí odpovídající kalení do oleje.

Tab. 2 Parametry modelového TZ oceli 51CrV4, mikrostruktura a výsledky měření tvrdosti

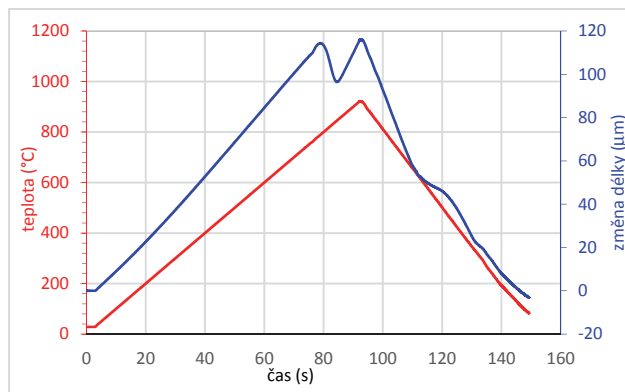
Tab. 2 Heat treatment parameters of steel 51CrV4, microstructure and results of hardness testing

Teplota ($^{\circ}\text{C}$)	Rychlost ohřevu ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)	Výdrž na teplotě	Kalení	Mikrostruktura	HV 30
920	10	bez výdrže	olej	P+B+M	339
920	30	bez výdrže	olej	P+B+M	258
920	30	20 s	olej	B+M	564

Tab. 3 Parametry modelového TZ oceli 52CrMoV4, mikrostruktura a výsledky měření tvrdosti

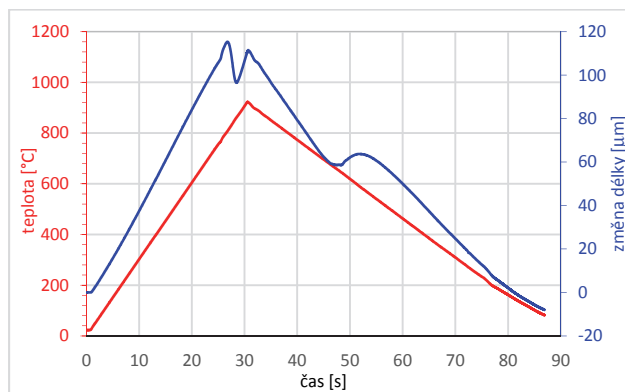
Tab. 3 Heat treatment parameters of steel 52CrMoV4, microstructure and results of hardness testing

Teplota ($^{\circ}\text{C}$)	Rychlost ohřevu ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)	Výdrž na teplotě	Kalení	Mikrostruktura	HV 30
920	10	bez výdrže	olej	M (+B)	653
920	30	bez výdrže	olej	M (+B)	590



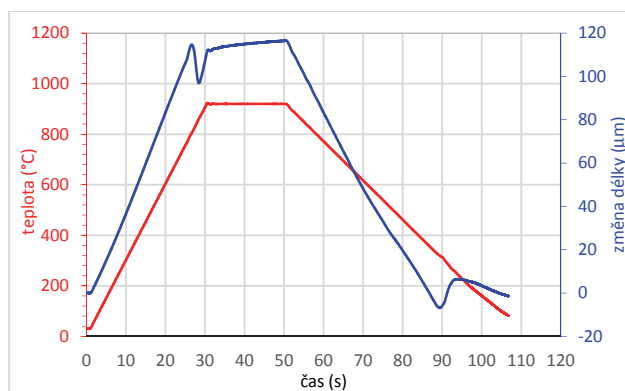
Obr. 6 Dilatační křivka ohřevu a ochlazování oceli 51CrV4, teplota austenitizace 920 $^{\circ}\text{C}$, rychlost ohřevu 10 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, kalení do oleje

Fig. 6 Heating and cooling dilatation curve of the steel 51CrV4, austenizing temperature 920°C , heating rate $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, hardened in oil



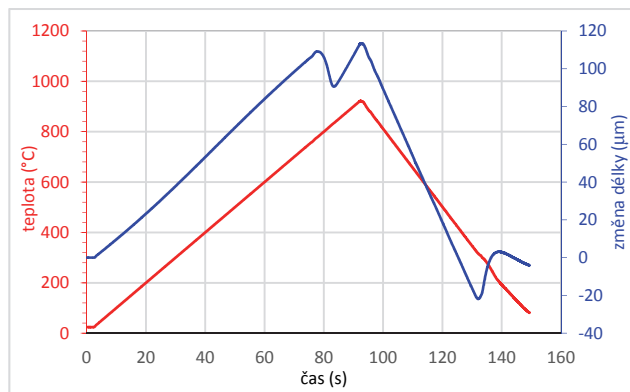
Obr. 7 Dilatační křivka ohřevu a ochlazování oceli 51CrV4, teplota austenitizace 920 $^{\circ}\text{C}$, rychlost ohřevu 30 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, kalení do oleje

Fig. 7 Heating and cooling dilatation curve of the steel 51CrV4, austenizing temperature 920°C , heating rate $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, hardened in oil



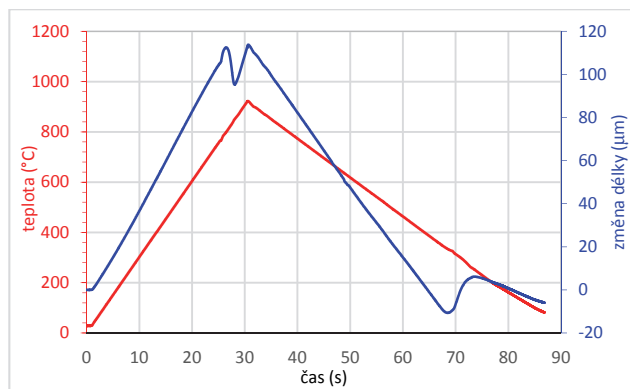
Obr. 8 Dilatační křivka ohřevu a ochlazování oceli 51CrV4, teplota austenitizace 920 $^{\circ}\text{C}$, rychlost ohřevu 30 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, výdrž na teplotě 20 s, kaleno do oleje

Fig. 8 Heating and cooling dilatation curve of the steel 51CrV4, austenizing temperature 920°C , heating rate $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, dwell time 20 s, hardened in oil



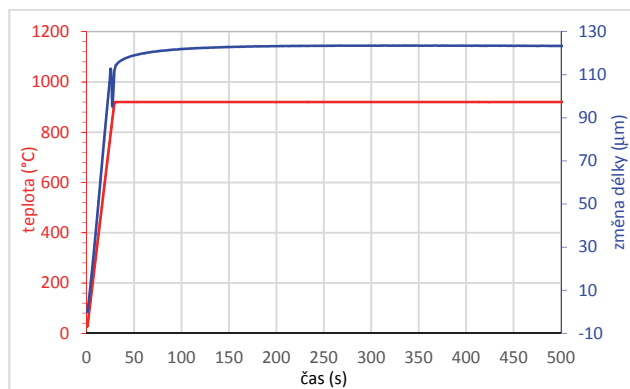
Obr. 9 Dilatační křivka ohřevu a ochlazování oceli 52CrMoV4, teplota austenitizace 920 °C, rychlost ohřevu 10 °C·s⁻¹, bez výdrže, kaleno do oleje

Fig. 9 Heating and cooling dilatation curve of the steel 52CrMoV4, austenizing temperature 920 °C, heating rate 10 °C·s⁻¹, no dwell time, hardened in oil



Obr. 10 Dilatační křivka ohřevu a ochlazování oceli 52CrMoV4, teplota austenitizace 920 °C, rychlost ohřevu 30 °C·s⁻¹, výdrž na teplotě 20 s, kaleno do oleje

Fig. 10 Heating and cooling dilatation curve of the steel 52CrMoV4, austenizing temperature 920 °C, heating rate 30 °C·s⁻¹, dwell time 20 s, hardened in oil



Obr. 11 Dilatační křivka oceli 52CrMoV4 s výdrží 15 min na teplotě 920 °C, rychlost ohřevu 30 °C·s⁻¹

Fig. 11 Dilatation curve with dwell time of 15 minutes at temperature of 920 °C, heating rate 30 °C·s⁻¹

Z dilatačních záznamů je zřejmé, že aplikovaný režim simulace indukčního ohřevu, zejména teplota, je z pohledu transformace na austenit dostatečný. Transformace feritu na austenit spojená se změnou mřížky z KSC na KPC, což je hlavní příčina dilatačních změn, proběhne úplně. Evidentně jiná je však situace s rozpuštěním karbi-

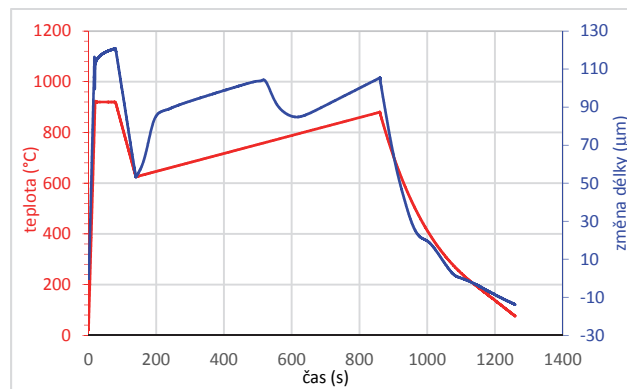
dů a následnou stabilizací austenitu. Pro tyto procesy (hlavně ale rozpuštění karbidů) je zapotřebí při teplotě 920 °C asi 4 až 5 min. výdrže na austenitizační teplotě, jak dokládá záznam z dilatometru pro ocel 52CrMoV4 (obr. 11). Zhruba až do tříseté sekundy výdrže na teplotě 920 °C jsou zaznamenány dilatační změny, které doprovázejí po transformaci feritu na austenit rozpouštění karbidů.

Absence této etapy během austenitizace oceli vede ke zcela jinému chování oceli, protože uhlík, který je během kalení vázaný v karbidech, se nemůže zúčastnit tvorby martenzitu a navíc váže legující prvky, a snižuje tak prokalitelnost oceli [8]. Bez výdrže na teplotě neproběhne stabilizace austenitu, což vede ke vzniku vícefázové struktury během ochlazování, a tím i k výraznému poklesu tvrdosti v zakaleném stavu (tab. 2 a 3).

2.2 Vliv opakovaného ohřevu na austenitizační teplotu

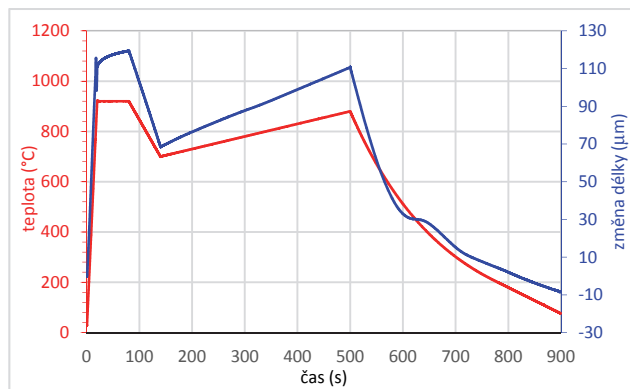
Během výroby pružin a s ní související manipulací s výrobky dochází nevyhnutelně k jejich ochlazování. Toto ochlazení může být tak značné, že prakticky znemožní provést zakalení pružiny bezprostředně po navíjení bez negativního ovlivnění výsledných vlastností pružiny. Jednou z možností, jak se s tímto problémem vypořádat, je zařazení opakovaného ohřevu na teplotu austenitizace po navíjení a před kalením. Při tomto tzv. dohřevu je pružina bezprostředně po navíjení vložena do pece vyhřáté nad teplotu A_{c3} a je proveden její opakovaný ohřev. Dalším krokem při modelování tepelného zpracování proto bylo zjistit, jak se tento prakticky používaný postup odráží ve struktuře, resp. i vlastnostech obou ocelí.

Zásadní otázkou při modelování bylo, zda a za jakých podmínek může během takového ochlazení tyče nebo pružiny docházet k fázovým transformacím, a jaký mají tyto transformace vliv na výsledné vlastnosti pružin. Výsledky provedených simulací ukázaly, že pokud je pružina během manipulace ochlazená pod teplotu 700 °C, během následujícího dohřevu nevyhnutelně dochází k fázové transformaci (obr. 12), zatímco při ochlazení nad tuto teplotu zůstává ve struktuře stále austenit jako jediná fáze (obr. 13).



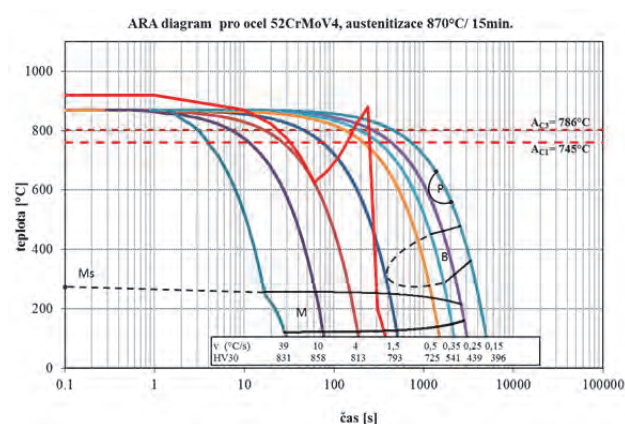
Obr. 12 Dilatační křivka oceli 51CrV4, dohřev z teploty 625 °C, kaleno do oleje

Fig. 12 Dilatation curve of the steel 51CrV4, reheated from 625 °C, hardened in oil



Obr. 13 Dilatační křivka oceli 51CrV4, dohřev z teploty 740 °C, kaleno do oleje

Fig. 13 Dilatation curve of the steel 51CrV4, reheated from 740 °C, hardened in oil

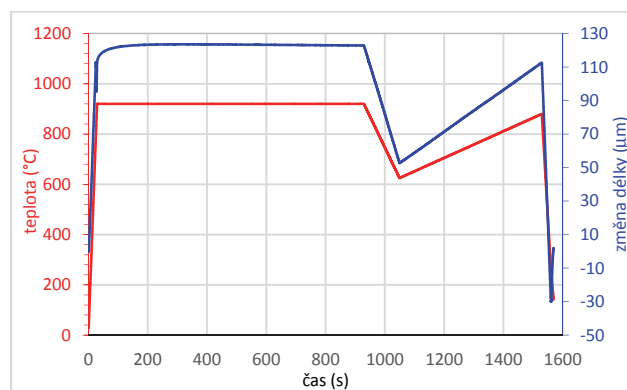


Obr. 14 ARA diagram oceli 51CrV4 se zakreslenou křivkou simulovaného režimu tepelného zpracování

Fig. 14 CCT diagram of the steel 51CrV4 with the curve representing simulated heat treatment mode

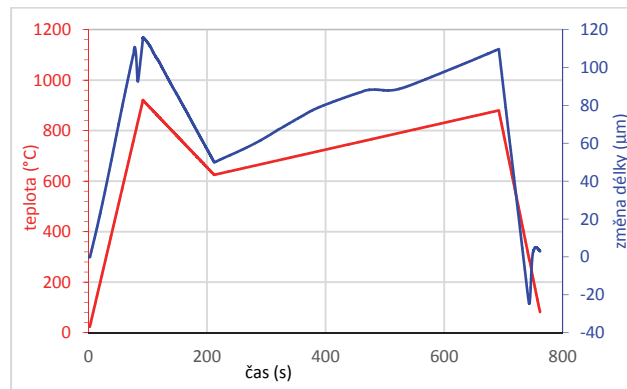
Během dohřevu dochází k transformaci podchlazeného austenitu na perlit. To je dáno tím, že v součtu doby ochlazování pružiny během technologických operací spojených s dobou jejího navinutí a následného dohřevu se materiál nachází v teplotní oblasti transformace na perlit déle, než odpovídá příslušné inkubační periodě (S-křivka pro vznik perlitu v ARA diagramu). To vysvětluje experimentálně pozorovanou skutečnost, že k transformaci nedochází během ochlazování na žádnou mezioperační teplotu, ale až během opětovného ohřevu, kdy proběhne jak přeměna na perlit (doprovázená pozitivní dilatací a skokovým nárůstem rozměrů vzorku), tak i zpětná transformace perlitu na austenit, který je za dané teploty jedinou stabilní fází. V závislosti na parametrech ohřevu pak mohou být příslušné transformační křivky pro vznik perlitu (a bainitu) posunuty doleva vlivem omezeného rozpuštění karbidů a nedokonalé stabilizace austenitu. To se týká obou ocelí, ale překvapivější je u oceli 52CrMoV4, kde jsou kritické časy pro vznik perlitu a bainitu řádově vyšší než u oceli 51CrV4. Situace ochlazování oceli s následným dohřevem je zakreslena do ARA diagramu oceli 52CrMoV4 (červená křivka) na obr. 14 a ukazuje, že podle tohoto ARA diagramu by ocel 52CrMoV4 měla být v průběhu celého simulovaného

procesu dohřevu stále austenitická. Vysvětlení, proč tomu tak není, zřejmě spočívá v rozhodujícím vlivu molybdenu v tuhém roztoku na prokalitelnost oceli. Pokud během austenitizace nedojde k úplnému rozpuštění karbidů bohatých molybdenem, je jeho vliv na prokalitelnost potlačen a ocel se chová podobně jako značka 51CrV4. Tuto teorii potvrzují modelové výsledky, kdy po výdrži na teplotě austenitizace po dobu 15 minut (obr. 15) nedošlo během dohřevu k žádné transformaci, zatímco při aplikaci režimu bez výdrže, resp. jen s krátkodobou výdrží, byla transformace na perlit během dohřevu zaznamenána (obr. 16).



Obr. 15 Dilatační křivka oceli 52CrMoV4, výdrž na teplotě 15 minut, dohřev z teploty 625 °C, kaleno do oleje

Fig. 15 Dilatation curve of the steel 52CrMoV4, dwell time 15 min, reheated from 625 °C, hardened in oil



Obr. 16 Dilatační křivka oceli 52CrMoV4, bez výdrže, dohřev z teploty 625 °C, kaleno do oleje

Fig. 16 Dilatation curve of the steel 52CrMoV4, no dwell time, reheated from 625 °C, hardened in oil

Závěr

Výsledky modelových experimentů, které byly získány pomocí kalického dilatometru DIL 805A, umožnily shrnout a zpřesnit poznatky o průběhu fázových přeměn během tepelného zpracování vysokopevné pružinové oceli 51CrV4 a 52CrMoV4. Vyhodnocení dilatometrických křivek spolu s analýzou tepelně zpracovaných vzorků poskytlo některé nové poznatky o chování těchto ocelí během tepelného zpracování, které mohou být s výhodou využity i v technické praxi.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci čerpání a užití institucionální podpory na Dlouhodobý a koncepční rozvoj výzkumné organizace v roce 2019, poskytovatel Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.

Literatura

- [1] BROOKS, C. N. *Principles of the Heat Treatment of Plain Carbon and Low Alloy Steels*. Metals Park: ASM International, 1996, 498 s. ISBN 0-81770-538-9.
- [2] GOMEZ M., RANCEL L., ESCUDERO E, MEDINA S. F. Phase Transformation under Continuous Cooling Conditions in Medium Carbon Microalloyed Steels. *Journal of Materials Science & Technology*, 30 (2014) 5, 511–516.
- [3] PLATT, G. K. *Hardenability, Transformation and Precipitation Effects in Vanadium Steels*. (Ph.D. Thesis) Sheffield: Sheffield Hallam University, 1988. Dostupné na: <http://shura.shu.ac.uk/20235/>
- [4] ČSN EN 10277-1 Lesklé ocelové výrobky - Technické dodací podmínky - Část 1: Všeobecně. Český normalizační institut, 2008.
- [5] ČSN EN 10089 Oceli válcované za tepla na zušlechťené pružiny - Technické dodací podmínky. Český normalizační institut, 2006.
- [6] DIN 17014-3 - Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen Kurzanlage, 1976.
- [7] ANDREWS, K. W.: Empirical formulae for the calculation of some transformation temperatures. *Journal of the Iron and Steel Institute*, 203 (1965) 721–727.
- [8] Transformation and Hardenability in Steels. In *CLIMAX Molybdenum Company of Michigan symposium*, Proc. of Symp., 1967. 212 s.



Výroba oceli v Česku loni vzrostla o desetinu, ale dovoz rostl ještě rychleji, na rekordních 7,5 milionu tun

Praha, 19. března 2019 – V roce 2018 se v Česku vyrobilo 5 mil. tun surové oceli. Dovoz do ČR i do EU byl loni nejvyšší v historii. Domácí spotřeba loni dosáhla 7,2 mil. tun. Čína vyrobila rekordních 928 mil. tun, což je přes polovinu světové produkce oceli.

Česká výroba a obchod

V loňském roce české podniky vyrobily 5 mil. tun surové oceli, což je o desetinu víc než v roce 2017. Tradičně se dařilo výrobcům trubek, kteří jich vyrobili přes půl mil. tun, tedy stejně jako mnohem větší Francie.

Český export vzrostl meziročně o 6 % na 4,9 mil. tun, přičemž jeho hodnota dosáhla díky zaměření na sofistikovanější výrobky rekordu: 108 miliard korun. Objem dovážené oceli bohužel rostl ještě rychleji a dosáhl historického maxima: 7,5 mil. tun. „Z loňských čísel je patrné, že se nám daří zvyšovat hodnotu exportu, ale i to, že dovozy do Česka i Evropy jsou na rekordní úrovni kvůli přetrvávající nadkapacitě v Číně a dalších rozvíjejících se zemích,“ říká **Daniel Urban**, ředitel Ocelářské unie.

Klíčovým trhem pro českou ocel zůstává Evropa, kam mířilo plných 89 % exportu. Německo je pak nejen naším největším odběratelem s 24 %, ale zároveň i dodavatelem s podílem 21 % z celkového objemu dovozu.

Rekordní dovozy do Evropy, čínský atak na miliardu tun

Pozici největšího světového producenta oceli potvrdila Čína, která vyrobila 928 mil. tun, což je přes polovinu globální produkce a o 100 mil. tun víc než rok předtím. Výroba v zemích EU dosáhla loni 168 mil. tun, což je méně než v roce 2017, ale stále víc než americká a ruská produkce dohromady (87 a 72 mil. tun). Evropa loni dovezla rekordních 43 mil. tun a dovážená ocel dále vytlačovala evropskou produkci. USA a EU zůstávají zdaleka největšími cílovými trhy pro cizí ocel, když dohromady dovezly 75 mil. tun výrobků, tj. pětikrát víc než Čína.

EU v únoru zavedla v reakci na americká cla konečná ochranná opatření, která budou platit až do 30. 6. 2021.

„Čeští oceláři nejsou z ochranných opatření nijak nadšeni, nicméně když politická krátkozrakost přivedla svět na kraj obchodní války, není jiná možnost než se bránit,“ vysvětluje **Jan Czudek**, prezident Ocelářské unie.

V dalších dvou letech Ocelářská unie očekává zpomalování evropské ekonomiky včetně klíčových sousedních zemí, což negativně ovlivní i české oceláře

– Tisková zpráva –

Nekonvenční materiálové vlastnosti kolejnic dle evropských standardů

Unconventional Material Properties of Railway Rails According to European Standards

Ing. Ladislav Kander, Ph.D.; Ing. Petr Čížek, Ph.D.

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

V článku jsou shrnuty a porovnány výsledky zkoušek nekonvenčních vlastností vyžadované při kvalifikaci kolejnic na základě zkušebních metod uvedených v evropských standardech. Laboratoř únavových a křehkolomových vlastností společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o. disponuje mnohaletými zkušenostmi s testováním nekonvenčních vlastností materiálů kolejnic, které zahrnují únavové zkoušky při konstantní amplitudě deformace, měření lomové houževnatosti a rychlosti šíření trhliny. Tyto užité vlastnosti byly v minulosti zjišťovány na nelegovaných C-Mn ocelích pro výrobu kolejnic zahraničních výrobců. Zkoušené značky ocelí R260, R350HT a R350LHT vykazují odlišné pevnostní charakteristiky. Stejně zkoušky byly provedeny i u kolejnic z materiálu IH350 z produkce TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a. s. za účelem porovnání výsledků se zahraničními výrobci.

Klíčová slova: Vignolovy kolejnice; lomová houževnatost; rychlost šíření únavové trhliny

Paper summarizes methodology for qualification of railway rails on the base of test method prescribed in European standards. Laboratory of fatigue and fracture behavior of MATERIAL AND METALLURGICAL RESEARCH Ltd. has a long-term experience with testing of unconventional properties of materials used for the production of railway rails, namely fatigue test at constant strain amplitude, measurement of fracture toughness and measurement of fatigue crack growth rate. These properties were tested in the past on railway rails of foreign producers made of R260, R350HT and R350LHT steels. Subsequently, the same test methods were applied to railway rails made of IH 350 steel in TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. Fatigue tests confirmed sufficient fatigue lifetime of all materials for qualification according to European standards. In the case of fracture toughness measurement only a small decrease in stress intensity factor was observed between room temperature and -20 °C. Fracture toughness at -20 °C is comparable with all studied materials. Finally, the fatigue crack growth rate determined on railway rails made of IH350 for two levels of stress intensity factor amplitude is also comparable with values of other materials. All unconventional properties were in accordance with the requests prescribed in EN 13674-1 standard for railway applications. Macrostructure analysis revealed central segregation located in rail web. This fact seems to be the only difference in comparison with other materials. However, it is necessary to note that the area of this segregation is small enough to meet the requests prescribed by CN 12-16D for this type of railway rail.

Key words: Vignole rails; fracture toughness; fatigue crack growth rate

V současné době jsme svědky neustále rostoucích technických požadavků na užité vlastnosti značné části produkce hutních a strojírenských podniků. Tlak na užité vlastnosti a současně i na cenu působí v celé řadě průmyslových segmentů, zejména od automotive až po energetické strojírenství, a projevuje se i v segmentu hutní výroby, do níž patří produkce kolejnic.

Požadavky na vysoké užité vlastnosti, charakterizované nekonvenčními materiálovými charakteristikami, jako jsou únavové vlastnosti, kinetika růstu trhlin, křehkolomové vlastnosti, jsou odběrateli významně akcentovány a nepochybně souvisí i s aplikacemi výrobků typu kolejnic v takzvaných severních drahách v regionu severoamerického kontinentu a Skandinávie, kde jsou samozřejmě vyžadovány vyšší požadavky na jejich užité vlastnosti, a to zejména na křehkolomové vlastnosti.

Protože srovnání pouhých základních mechanických vlastností a základní metalografické rozborů již rozhodně nemohou s relevantní určitostí stanovit kvalifikaci daného výrobce kolejnic z pohledu požadavků drážních inspekčních orgánů, jsou výrobci kolejnic nuceni k prokázání způsobilosti zejména v oblasti tzv. nekonvenčních materiálových vlastností provádět úpravy technologie výroby tak, aby těchto nekonvenčních vlastností bylo dosaženo.

Základní požadavky drážních orgánů jsou shrnuty v několika obecně platných standardech těchto výrobků [1, 2], které se v současné době posouvají do kvalifikace zejména únavových a křehkolomových vlastností. Ty jsou charakterizovány jak minimální lomovou houževnatostí a rovněž minimálním požadavkem na únavové vlastnosti, tak také požadavky na maximální rychlost růstu únavové trhliny.

Tento článek sumarizuje výsledky měření nekonvenčních charakteristik. Tato měření byla provedena na řešitelském pracovišti společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o. v minulých letech na výrobcích typu kolejnic, produkovaných různými evropskými výrobci. Článek shrnuje výsledky dosažené v období cca 3 let při systematické práci na výše uvedené téma. Největší pozornost byla v rámci této práce věnována především hodnocení křehkolomových vlastností charakterizovaných hodnotou lomové houževnatosti.

1. Experimentální materiál a zkušební metody

Zkušebním materiálem byly kolejnice z devíti taveb oceli IH350 profilu 136RE z produkce Třineckých železáren, a. s. (TŽ, a.s.). Jedná se o nízkolegovanou eutektoidní ocel s přibližným obsahem 0,8 % uhlíku, 1 % manganu a 0,7 % chromu. Zkouškou tahem byla naměřena mez pevnosti v rozmezí 1183 – 1258 MPa a mez kluzu v poměrně širokém intervalu 629 – 782 MPa. Ověření křehkolomových vlastností těchto kolejnic bylo provedeno dle standardu ČSN EN 13674-1 [1] předepisujícího požadavky na provozní vlastnosti Vignolových železnič-

ních kolejnic pro 9 tříd nelegovaných ocelí tepelně zpracovaných i nezpracovaných. V laboratoři únavových a křehkolomových vlastností MMV byly rovněž v minulosti dle tohoto standardu zkoušeny kolejnice z materiálů R260, R350HT a R350LHT produkované dalšími evropskými výrobci. Dosažené výsledky jsou navzájem porovnány.

Hodnocení materiálových vlastností kolejnic zahrnovalo zejména následující zkušební metody:

- hodnocení makrostruktury a mikrostruktury kolejnice,
- zkouška únavy s konstantní amplitudou deformace,
- měření statické lomové houževnatosti za pokojové teploty i za teploty -20 °C,
- měření rychlosti růstu únavové trhliny.

2. Výsledky zkoušek a jejich diskuse

Makrostrukturní rozbor byl proveden na příčném řezu kolejnic. Makrostruktura byla vyvolána leptáním v 10 % roztoku HNO₃. Ve všech případech byla ve středu stojiny kolejnice pozorována středová segregace (obr. 1) [3].



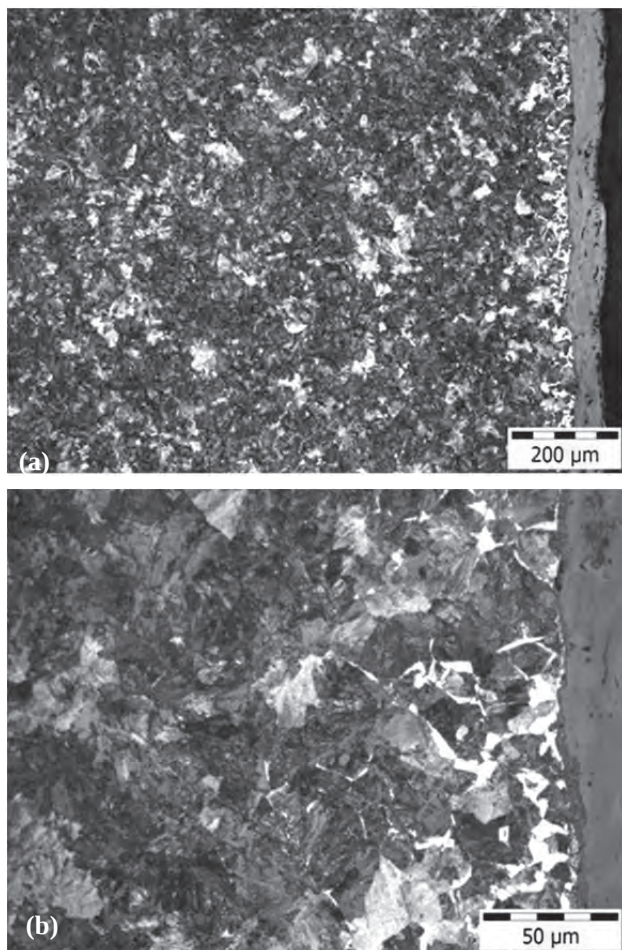
Obr. 1 Středová segregace ve stojině kolejnic
Fig. 1 Central segregation in rail webs



Specifikace CN 12-16D [4] předepisuje maximální délku této stojinové páskovitosti 2,5 inch. Ani v jednom případě studovaných kolejnic nebylo této kritické délky dosaženo. Při porovnání s dalšími materiály pro výrobu kolejnic (R260, R350LHT) však byly středové segregace pozorovány jen v kolejnicích z materiálu IH 350 vyrobených v TŽ.

Mikrostrukturní rozbor stojiny kolejnice prokázal ve všech případech výskyt perlitické struktury s lokálně přítomnými ostrůvky či tenkým filmem světlého kontrastu, u nichž nelze s jistotou určit, zda se jedná o ferit, či sekundární cementit. Zároveň bylo prokázáno částečné oduhličení na obou protilehlých površích stojiny v hloubce cca 100 μm. Oduhličení o podobné hloubce

bylo pozorováno i u kolejnic zahraniční provenience (obr. 2) [3].



Obr. 2 Oduhličení na povrchu stojiny při zvětšení (a) 100×, (b) 500×
Fig. 2 Decarburization on the surface at (a) magn. 100×, (b) magn. 500×

Zkoušky únavy při konstantní amplitudě deformace byly provedeny dle ČSN ISO 1099 [5] na servohydraulickém zkušebním zařízení SHIMADZU Servopulser 250 kN užitím hladkých válcových zkušebních těles o průměru 7 mm, odebraných v podélném směru z hlavy kolejnice v souladu s předpisy [1, 2]. Tělesa byla zatěžována střídavým tvarem cyklu (součinitel asymetrie cyklu $R = -1$) o amplitudě deformace 0,135 % a s frekvencí 17 Hz. Kvalifikačním kritériem pro splnění požadavku na únavovou životnost materiálu kolejnice dle ČSN ISO 13674-1 je dosažení počtu $5 \cdot 10^6$ únavových cyklů bez porušení zkušebního tělesa [1]. Materiály kolejnic ze všech taveb tuto podmínku splnily. Stejně tak tomu bylo i u materiálů R260, R350LHT a R350HT zahraničních výrobců.

Měření statické lomové houževnatosti musí být dle [1] prováděno na tělesech typu SE(B) tloušťky $B = 25$ mm a šířky $W = 40$ mm zatěžovaných v trojbodovém ohybu. Zkušební tělesa byla odebrána ze středu hlavy kolejnice, v hloubce 2 mm pod její pojezdovou plochou. Do nich pak byla následně únavovým zatížením nacyklována počáteční únavová trhлина tak, aby finální hodnota faktoru

intenzity napětí v konečném stádiu přípravy únavové trhliny nepřevyšovala hodnotu $22 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Vlastní měření lomové houževnatosti bylo provedeno při dvou teplotách dle standardu ASTM E399 [6]. Ze sady tří zkušebních těles z každé kolejnice byly dvě zkoušky provedeny při pokojové teplotě, třetí těleso bylo zkoušeno při teplotě -20°C za účelem porovnání s ostatními testovanými materiály. Dle normy ČSN EN 13674-1 [1] je měření lomové houževnatosti předepsáno pouze pro teplotu -20°C . Pro měření bylo využito servohydraulické zkušební zařízení MTS 500 kN. Tělesa byla zatěžována rychlostí pohybu příčnicku $0,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Rozevření vrubu bylo měřeno sponovým snímačem. U zkoušek za snížené teploty byla teplota měřena NiCr-Ni termočlánekem přibodovaným na zkušební tělese v blízkosti trhliny. Zkušební těleso bylo chlazeno v lihové lázni a ponecháno na teplotě zkoušení po dobu 30 minut.

Prvotním výsledkem měření lomové houževnatosti je záznam síla-rozevření vrubu (obr. 3), z něhož se určí tzv. předběžná hodnota faktoru intenzity napětí K_Q . Při splnění podmínek rovinné deformace, tvaru trhliny a dalších zatěžovacích parametrů lze tuto hodnotu považovat za hodnotu lomové houževnatosti K_{IC} . Srovnání výsledných předběžných hodnot faktoru intenzity napětí K_Q kolejnic z materiálu IH350 s materiály R260, R350LHT a R350LT zahraničních výrobců při teplotě -20°C je uvedeno v tab. 1. V tab. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty K_Q spolu se směrodatnou odchylkou z 9 vzorků z materiálu IH350 reprezentujících 9 taveb, a 15 vzorků z materiálů kolejnic zahraničních výrobců. Naměřené hodnoty K_Q nelze považovat za K_{IC} z důvodu nesplnění požadavku zkušebního standardu, podle kterého poměr mezi maximální silou $P_{\max}$ a silou P_Q použitou pro výpočet předběžné hodnoty faktoru intenzity napětí nesmí překročit hodnotu 1,10.

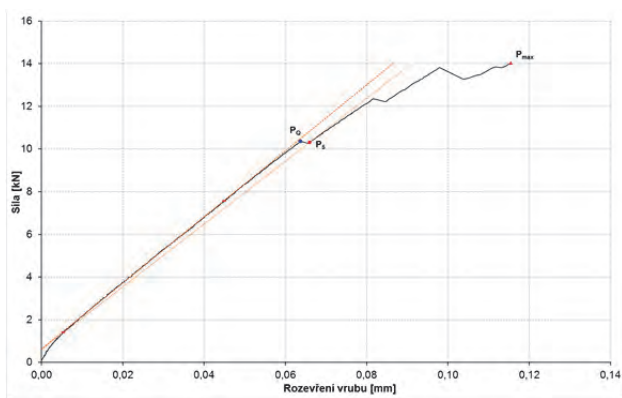
Tab. 1 Porovnání lomové houževnatosti kolejnic z materiálu IH350 s dalšími materiály pro výrobu kolejnic při zkušební teplotě -20°C

Tab. 1 Comparison of fracture toughness of railway rails made of IH350 steels with other railway rail materials

Zkušební materiál	K_Q při teplotě - 20 °C	K_Q při teplotě + 20 °C	Minimální požadovaná hodnota K_Q při teplotě -20 °C
	(MPa·m ^{1/2})		
IH350	30,7 ± 3,2	36,3 ± 2,7	26,0
R260	39,5 ± 1,3	-	
R350LHT	32,7 ± 1,3	-	
R350HT	33,4 ± 2,0	-	30,0

V tab. 1 jsou rovněž uvedeny požadavky na minimální hodnotu K_Q při teplotě -20°C dle normy ČSN EN 13674-1 [1]. Z této tabulky je rovněž patrné, že všechny hodnocené kolejnice různých výrobců splňují s velkou rezervou požadavky na úroveň lomové houževnatosti a že z pohledu odolnosti vůči náhlému nestabilnímu lomu jsou kolejnice z materiálu IH350 vyrobené v TŽ, a. s. zcela rovnocenné s kolejnicemi dalších evropských výrobců.

Kromě zkušební teploty $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ předepisované normou [1] bylo rovněž provedeno měření lomové houževnatosti při pokojové teplotě. Dosažené výsledky na 18 vzorcích z 9 taveb, shrnuté rovněž v tab. 1, prokázaly, že při snížení teploty na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází jen k nepatrnému snížení lomové houževnatosti, což svědčí o tom, že lomová houževnatost v tomto teplotním intervalu odpovídá úrovni spodních prahových hodnot. V některých případech byla dokonce lomová houževnatost při snížené teplotě uvnitř rozptylu hodnot při pokojové teplotě. V záznamu síla vs. rozevření vrubu lze za obou zkušebních teplot rovněž pozorovat výskyt nestabilního lomového chování, které se projevuje tzv. pop-iny svědčícími o lokálním výskytu kritických částic spouštějících štěpení. Grafický záznam zkoušky s výskytem pop-inů je uveden na obr. 3.



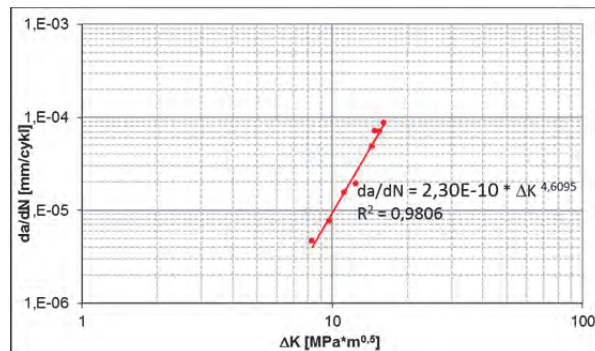
Obr. 3 Grafický záznam síla vs. rozevření vrubu v ose zatěžování
Fig. 3 Test record force vs. load line displacement

Další významnou nekonvenční charakteristikou, která je významným faktorem při kvalifikaci kolejnic, je rychlost šíření únavové trhliny, která má být stanovena v předepsaném intervalu rozkmitu faktoru intenzity napětí. Zkušební metoda stanovená normou ČSN EN 13674-1 [1] předepisuje cyklické zatěžování vzorku typu SEN(B) o tloušťce $B = 20\text{ mm}$ a šířce $W = 45\text{ mm}$ v trojbodovém ohybu při pokojové teplotě a součiniteli asymetrie cyklu $R = 0,5$. Zkouška je standardně prováděna v rozsahu rozkmitu faktoru intenzity napětí cca $8 - 15\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Z naměřených výsledků je sestavena mocninná závislost rychlosti šíření únavové trhliny da/dN na faktoru intenzity napětí ΔK dle Parisova vztahu, v němž je N počet zatěžovacích cyklů a a je délka trhliny. Kolejnice je vyhovující, jestliže změřená rychlost šíření únavové trhliny nedosahuje předepsaných maximálních přípustných hodnot při dvou hodnotách rozkmitu faktoru intenzity napětí ΔK , a to 10 a $13,5\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Zkoušení se provádělo na servohydraulickém zkušebním zařízení MTS 500 kN dle ČSN ISO 12108 [7] v režimu řízení síly. Přírůstky trhliny byly měřeny na optickém měřicím mikroskopu na obou površích zkušebního tělesa. Zatěžovací hladiny síly byly voleny tak, aby bylo možné sestavit mocninnou křivku závislosti rychlosti šíření trhliny na rozkmitu faktoru intenzity napětí ve tvaru Parisova zákona. Z ní byla následně vypočítána rychlost růstu trhliny pro oba sledované faktory intenzity napětí.

Aproximovaná mocninná křivka sestavená na jednom zkušebním tělese z materiálu IH 350 je pro ilustraci uvedena na obr. 4.



Obr. 4 Příklad stanovení závislosti rychlosti šíření únavové trhliny na rozkmitu faktoru intenzity napětí v oblasti Parisova vztahu na materiálu IH 350

Fig. 4 Example of determination of fatigue crack growth rate dependence as a function of stress intensity factor range according to the Paris law on IH 350 steel

Naměřené rychlosti růstu únavové trhliny pro předepsané rozkmity faktoru intenzity napětí a jejich porovnání s hodnotami kolejnic z materiálů R260, R350LHT a R350HT jsou uvedeny v tab. 2 a tab. 3. Hodnoty rychlostí růstu únavové trhliny v tab. 2 a tab. 3 jsou vypočítány jako průměrné hodnoty z 9 zkušebních těles z materiálu IH350, reprezentujících 9 taveb, a dále 3 zkušebních těles z 1 tavby z ostatních materiálů zahraničních výrobců. V tabulkách jsou rovněž uvedeny maximální přípustné rychlosti šíření. Na obr. 5 je uvedeno porovnání rychlostí růstu únavové trhliny pro kolejnice z 9 taveb z materiálu IH350 z produkce TŽ a výše uvedených materiálů zahraničních výrobců.

Tab. 2 Rychlost růstu únavové trhliny při $\Delta K = 10\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

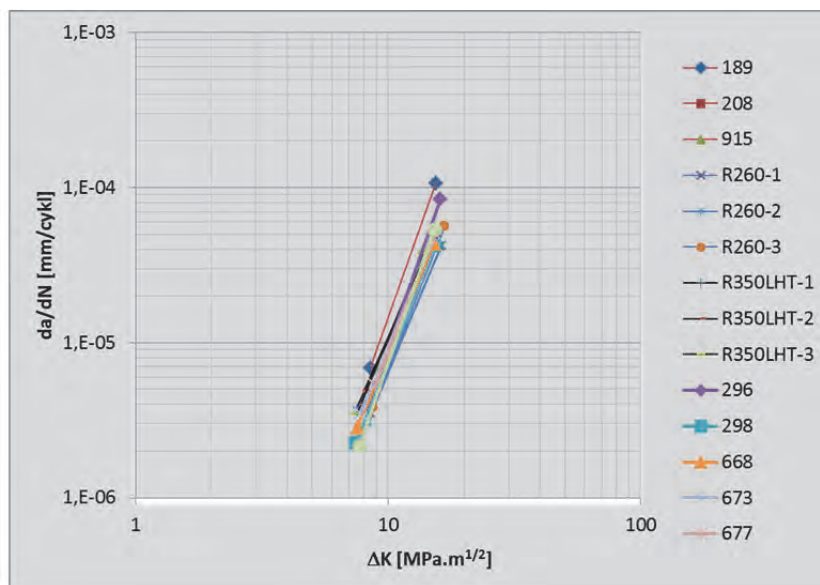
Tab. 2 Fatigue crack growth rate at $\Delta K = 10\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

Zkušební materiál	da/dN při $\Delta K = 10\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$	Maximální přípustná da/dN při $\Delta K = 10\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$
	m/10 ⁹ cyklů	
IH350	9,19	17,0
R260	6,64	
R350LHT	10,48	
R350HT	8,97	

Tab. 3 Rychlost růstu únavové trhliny při $\Delta K = 13,5\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

Tab. 3 Fatigue crack growth rate at $\Delta K = 13,5\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

Zkušební materiál	da/dN při $\Delta K = 13,5\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$	Maximální přípustná da/dN při $\Delta K = 13,5\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$
	m/10 ⁹ cyklů	
IH350	32,11	55,0
R260	21,90	
R350LHT	31,10	
R350HT	30,22	



Obr. 5 Rychlost růstu únavové trhliny pro různé materiály kolejnic
Fig. 5 Fatigue crack growth rate for different railway rails materials

Z tab. 2 a 3 a obr. 5 je patrná srovnatelnost odolnosti materiálů kolejnice vůči šíření únavové trhliny. Rovněž je z tab. 2 a 3 zřejmé, že všechny zkoušené materiály splňují podmínku pro maximální rychlost šíření trhliny. Z výsledků měření kinetiky růstu trhlín je rovněž patrné, že při obou hodnocených úrovních rozkmitu faktoru intenzity napětí vykazuje nejnižší hodnoty rychlosti růstu kolejnice R260; hodnota je cca o 30 % nižší než u ostatních hodnocených kolejnic.

Závěr

Článek shrnuje postup pro stanovení užitečných vlastností materiálů pro výrobu kolejnic dle evropského standardu ČSN EN 13674-1 [1] a porovnává získané výsledky nekonvenčních vlastností (lomové houževnatosti, vysokocyklové únavy a kinetiky růstu únavových trhlín) jednotlivých kolejnic pocházejících od různých evropských výrobců. Na kolejnicích z materiálu IH350 z produkce TŽ, a.s. bylo provedeno hodnocení makrostruktury i mikrostruktury a následně realizovány zkoušky nekonvenčních únavových vlastností, jmenovitě únavová zkouška při konstantní amplitudě deformace, měření lomové houževnatosti a měření rychlosti růstu únavové trhliny.

Hodnocení makrostruktury na kolejnicích z materiálu IH350 odhalilo středové segregace vyskytující se na stojinách všech testovaných kolejnic. Délka stojinové páskovitosti však u žádné kolejnice nepřesáhla maximální povolenou délku 2,5 inch. Mikrostrukturním rozбором kolejnic bylo pozorováno částečné oduhličení na obou protilehlých povrchích stojiny o hloubce přibližně 100 μm . Podobné oduhličení však bylo rovněž pozorováno i u kolejnic z jiných sledovaných materiálů.

Při únavové zkoušce s amplitudou celkové deformace 0,135 % nedošlo k porušení zkušebního tělesa ani při

$5 \cdot 10^6$ cyklů, a to u žádné hodnocené kolejnice. Byl pozorován pouze nepatrný pokles lomové houževnatosti při snížení teploty zkoušení na -20°C . Při porovnání se zahraničními kolejnicemi z materiálů R260, R350LHT a R350HT, které byly zkoušeny dle ČSN EN 13674-1 [1] pouze při -20°C , bylo dosaženo podobných hodnot lomové houževnatosti, které s rezervou splňují požadované minimální hodnoty.

Rychlost růstu únavové trhliny je pro všechny studované kolejnice z materiálu IH350 dostatečně nízká, aby splnila požadavky stanovené v normě [1]. Zároveň bylo zjištěno, že odolnost materiálu IH350 vůči šíření únavové trhliny je srovnatelná s dalšími zkoušenými kolejnicemi zahraniční provenience z materiálů R260, R350LHT a R350HT.

Výsledky zkoušení křehkolomových vlastností lze tedy shrnout do závěru, že výrobky tuzemského producenta dosahují požadovaných úrovní nekonvenčních vlastností a jsou z tohoto pohledu naprosto srovnatelné s dalšími evropskými výrobci.

Literatura

- [1] ČSN EN 13674-1: Železniční aplikace - Kolej - Kolejnice - Část 1: Vignolovy železniční kolejnice o hmotnosti 46 kg/m a větší, 2017.
- [2] IRST-12-2009: Indian Railway Standard Specification for Flat Bottom Rails, 2011.
- [3] Čížek P. *Hodnocení materiálových vlastností kolejnic profilu 136RE z oceli IH350*. (Technická zpráva T-37/2018) Ostrava: MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s. r. o., říjen 2018.
- [4] CN 12-16D: CN Specification for the Manufacture of Steel Rail, 2006.
- [5] ČSN ISO 1099:2018: Kovové materiály - Zkouška únavy - Metoda řízení osově síly, 2018.
- [6] ASTM E399-17: Standard Test Method for Linear-Elastic Plain-Strain Fracture Toughness K_{IC} of Metallic Materials, Annual Book of Standards, Sec. 3, Vol. 03.01, 2018.
- [7] ČSN EN ISO 12108: Kovové materiály - Zkoušení únavy - Metoda růstu únavové trhliny, 2013.

Využití PVD povlaků pro řezné nástroje ve zdravotnictví

Use of PVD Coatings for Cutting Tools in Healthcare

Mgr. Simona Gorošová¹; Ing. Petr Unucka, Ph.D.¹; Ing. Karel Malaník, CSc.²; Ing. Ladislav Cvrček, Ph.D.³

¹ VÚHŽ a.s., Dobrá 240, 739 51 Dobrá, Česká republika

² MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava - Vítkovice, Regionální materiálově technologické centrum, detašované pracoviště VÚHŽ a.s., 739 51 Dobrá, Česká republika

³ ČVUT v Praze, Jugoslávských partyzánů 1580/3, 160 00 Praha 6 – Dejvice, Česká republika

Příspěvek pojednává o hodnocení vybraných povlaků připravených rozdílnými technologiemi a využívaných ve zdravotnictví z pohledu korozní odolnosti. Povlaky byly testovány na korozní odolnost během sterilizace parou. Sterilizace v parním sterilizátoru potvrdila dobrou korozní odolnost substrátu i povlaku TiN (PVD a PACVD), testu nevyhověl povlak TiNbN a TiN vyrobený technologií PVD bez iontového čištění (EI). Následná expozice vzorku s povlakem TiN ve fyziologickém roztoku prokázala citlivost tohoto povlaku na dobu výdrže v tomto prostředí. Po 6 hodinách ve fyziologickém roztoku povlak nevykazoval známky korozního napadení, po 15 hodinách se objevily známky korozního napadení. Povlakované nástroje by proto měly být do 30 minut po použití při operaci mechanicky očištěny a opláchnuty od čistících chemikálií. Tato informace by měla být uvedena v příbalovém letáku konkrétního zdravotnického prostředku.

Klíčová slova: PVD a PACVD povlaky; TiN coating; SEM/EDX mikroanalýza; profilová elementární analýza; korozní odolnost; zdravotnictví

The paper deals with the evaluation of selected coatings prepared by different technologies and used in healthcare from the point of view of corrosion resistance. The chemical composition of the coatings was verified by GDOES. The area of corrosion attack was observed by SEM, and the chemical composition of corrosion products was verified by EDX spectroscopy. The coatings were tested for corrosion resistance during steam sterilization. Sterilization in the steam sterilizer confirmed good resistance of the substrate and the TiN coating to corrosion (PVD and PACVD). Signs of the corrosive attack appeared in TiNbN coating and TiN produced by PVD technology without EI (ion purification). Therefore, it is desirable to include EI in the coating process. The increase in corrosion resistance by the addition of niobium has not been confirmed. The following exposure of the samples in the physiological saline solution demonstrated the sensitivity of the TiN coating on the duration of dwell in physiological saline solution. After 6 hours in a physiological saline solution, the coating showed no signs of corrosion; after 15 hours there were signs of corrosion. With the increasing duration of sample exposure in a physiological saline solution, the extent of corrosion attack increases. Corrosion is caused by chloride ions present in a physiological saline solution. These coatings can be used in healthcare, with some limitations. Coated tools should be mechanically cleaned and rinsed with cleaning chemicals within 30 minutes after surgery. This information should be included in the package leaflet of the particular medical device. However, there are high risks of corrosive products entering the patient during surgery.

Key words: PVD and PACVD coatings; TiN coating; SEM/EDX microanalysis; profile elemental analysis; corrosion resistance, healthcare

Moderní technologie povrchových úprav, jako je PVD (Physical Vapour Deposition), je stále více využívána v oblasti konečných povrchových úprav strojních dílů, řezných, lisovacích a střížných nástrojů, v tribologických aplikacích apod. Využití povlaků na bázi nitridu titanu se objevuje také ve speciálních oborech, jako je výroba zdravotnických prostředků (implantáty, řezné nástroje, díly instrumentária). Tyto povlaky se vyznačují vysokou tvrdostí (až 4000 HV), nízkým součinitelem tření (0,1 – 0,5) nebo dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí a slouží u řezných nástrojů ke zvýšení odolnosti proti abrazi a přilnavosti obráběných materiálů. Všeobecně však neslouží jako protikorozní ochrana. U opakovaně používaných nástrojů v lékařství je však korozní odolnost nutná,

protože nástroje jsou před každým použitím čištěny a sterilizovány. Zacházení se zdravotnickými prostředky je v Evropské unii, resp. v České republice regulováno právními a technickými normami, např. zákonem č. 286/2014 Sb. o zdravotnických prostředcích, řadou vyhlášek a nařízení vlády, např. č. 54/2015 Sb. o technických požadavcích na zdravotnické prostředky, přičemž výrobci mají jednak ohlašovací povinnost o své činnosti vůči Státnímu ústavu pro kontrolu léčiv, dále musí být pro zdravotnický prostředek uváděný na trh vydáno prohlášení o shodě a certifikace notificační osobou. Výrobci a dodavatelé se pak řídí dalšími předpisy, jako např. ČSN EN ISO 14971 – Aplikace řízení rizika na zdravotnické prostředky či ČSN EN ISO 10993-1

Biologické hodnocení zdravotnických prostředků atd. Každá změna ve výrobě zdravotnických prostředků tak prochází velmi komplexním posouzením.

Pro aplikaci povlaku byla jako nástroj zvolena košíčková fréza (obr. 1), určená pro frézování dutiny v pánevní kosti na osazení implantabilní jamky kyčelní kloubní náhrady, vyrobená z korozivzdorné oceli 1.4021. Pro testování byl zvolen povlak typu TiN, vyznačující se typicky zlatou barvou. Slitiny titanu jsou biologicky kompatibilní s živou tkání, což byl velký problém dříve používaných korozivzdorných ocelí či slitiny CoCrMo. Přesto se s rostoucí sterilitou životního prostředí člověka začínají objevovat dříve nezvyklé alergické reakce na titan a jeho slitiny. V budoucnu tak bude třeba hledat další možné technické slitiny z jiných, zatím plně biokompatibilních kovů, jako např. z niobu či tantalu. Titano-nitridový povlak deponovaný na povrchu řezného nástroje přináší kromě vyšší životnosti ostří také barevné odlišení určité rozměrové řady nástrojů při zachování vysoké biologické kompatibility. Tento povlak byl vývojově jedním z prvních používaných povlaků pro povrchovou úpravu řezných nástrojů pro obrábění kovu i dřeva (frézy, vrtáky, závitníky). Frézy používané při operacích jsou v krátkodobém styku s tělem pacienta, a to s kostí, tkání a tělními tekutinami, včetně fyziologického roztoku používaného při vyplachování operačních ran.

Povlak TiN byl nanesen metodou obloukového napařování na zařízení Hauzer Fx1200 s tloušťkou 6 μm . Následně byly frézy otestovány přímo v rámci reálných operací v nemocnici. Nástroje byly vždy před použitím mechanicky očištěny v chemickém roztoku Getinge Clean – Universal Detergent a následně opakovaně sterilizovány při teplotě 137 $^{\circ}\text{C}$ v parním sterilizátoru.



Obr. 1 Košíčková fréza
Fig. 1 Basket cutter

Roztok Getinge Clean je mírně alkalický prací prostředek pro dezinfekci ve sterilizátorech, v ultrazvukových koupelích a pro ruční čištění zdravotnických prostředků. Je vhodný pro použití na povrchy odolné proti alkáliím, jako je korozivzdorná ocel, keramika, sklo, odolné plasty a měkké kovy. Hodnota pH dosahuje u tohoto přípravku 10,9. Bylo zjištěno, že po několikanásobném použití pracího prostředku se objevily korozní spodiny na

povrchu nástrojů. Korozní zplodiny prostupovaly z povrchu povlaku až k povrchu nástroje. Po chemickém odstranění povlaku TiN zůstávaly korozní zplodiny na povrchu frézy a bylo nutno je odstranit mechanicky.

Metody a materiál

Pro ověření korozní odolnosti byly provedeny následující analýzy a testy: elementární analýzy, profilová analýza, testy korozní odolnosti.

Zkorodovaná košíčková fréza byla podrobena SEM/EDX analýze (skenovací elektronový mikroskop s energiově disperzním analyzátozem). SEM k zobrazování využívá pohyblivého svazku urychlených elektronů, který dopadá na vzorek. Při interakci elektronů se vzorkem vzniká mnoho druhů záření. Záření jsou detekována a jsou vytvořeny různé typy obrazů, které poskytují informace o vzorku. Skenovací mikroskop s energiově disperzním analyzátozem se využívá pro analýzu prvkového složení vzorků. Tato metoda je založená na detekci charakteristického rentgenového záření, které je vysíláno atomy vybuzenými dopadem svazku elektronů [1].

K ověření korozní odolnosti a jejich příčin, bylo realizováno experimentální ověření korozní odolnosti povlaků nanášených metodami PVD a PACVD. Důvodem je sledování vlivu technologických parametrů jednotlivých technologií (teplota, způsob depozice, iontové čištění povrchu před povlakováním, chemické složení) na korozní odolnost. U technologie PACVD je pak důležité ověřit vliv obsahu chlóru v povlaku, který je součástí tetrachloridu titanu, který je zdrojem iontů titanu pro povlak. Pro testy byl vybrán následující zkušební materiál (povlaky na základním materiálu 1.4021):

- čistý substrát 1.4021;
- TiN (nanesen na zařízení Ruebig metodou PACVD), ozn. 222;
- TiN (nanesen na Hauzer Fx850 obloukovým napařováním), ozn. A105;
- TiN bez zařazení iontového čištění ozn. EI (nanesen na Hauzer Fx850 obloukovým napařováním), ozn. A118;
- TiNbN (nanesen na PVD Hauzer Fx850 obloukovým napařováním), ozn. A124;
- DLC (Diamond Like Carbon), (nanesen na PVD Hauzer Fx850), ozn. A120.

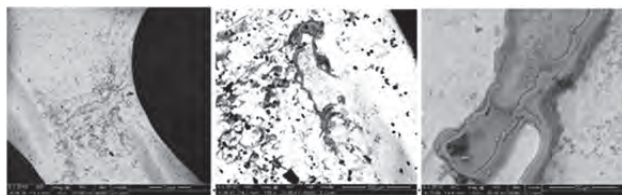
Chemické složení povlaků, které může ovlivnit biokompatibilitu povlakovacího systému, bylo ověřeno optickou emisní spektrometrií s doutnavým výbojem (GD-OES). K nevhodným prvkům pro zdravotnické aplikace se řadí některé kovy, popř. jejich ionty, např. hliník, kobalt, ale také chrom. K buzení emisních spekter se využívá výbojka pracující v režimu doutnavého výboje. Vzorek je umístěn do excitačního zdroje a je vodivě spojen s katodou. Výbojka se uvnitř odčerpá, napustí pracovním plynem (Ar, tlak řádově stovky Pa) a vloží se vysoké napětí (1000 V). Uvnitř výbojky vznikne doutnavý výboj, kde vzorek plní funkci katody. Ionty

argonu z plazmatu jsou urychlovány elektrickým polem k povrchu vzorku a vyraží atomy z krystalové mřížky vzorku. Vyražené atomy v plazmatu s velkou koncentrací volných elektronů jsou excitovány při srážkách a při jejich deexcitaci dochází k vysílání charakteristického záření. Povrchové vrstvy vzorku jsou odprašovány postupně. Tento proces poskytuje informaci o rozložení daného prvku v závislosti na hloubce. Je tedy měřen hloubkový koncentrační profil prvků ve vzorku [2 – 4].

První korozní test modeloval sterilizaci. Sterilizace byla prováděna při teplotě 137 °C v autoklávu po dobu 60 minut. Celý proces byl 10x opakován. Následně bylo pozorováno korozní napadení na povrchu povlaku (vždy jen na čelní straně). Pro druhý korozní test, který modeloval citlivost na fyziologický roztok, byl vybrán vzorek s povlakem TiN (PACVD), ozn. 222. Expozice ve fyziologickém roztoku probíhala při laboratorní teplotě po dobu 6, 15, 30 a 50 hodin.

Výsledky zkoušek

Pomocí SEM byly pořízeny snímky korozních produktů na košíčkové fréze při různém zvětšení (obr. 2). V tab. 1 jsou uvedeny výsledky stanovení majoritních prvků pomocí EDX analýzy matrice košíčkové frézy. Chemické složení nástroje odpovídá materiálu 1.4021.



Obr. 2 Oblast koroze na košíčkové fréze při zvětšení 30×, 100×, 1000× (SEM, 20 kV, BSED)

Fig. 2 Corrosion area on basket cutter at magnification 30×, 100×, 1,000× (SEM, 20 kV, BSED)

Tab. 1 Chemické složení matrice košíčkové frézy

Tab. 1 Chemical composition of the basket cutter matrix

Prvek	Hmotnostní %	Atomová %
C	3,8	15,3
Cr	12,4	11,6
Fe	83,8	73,1

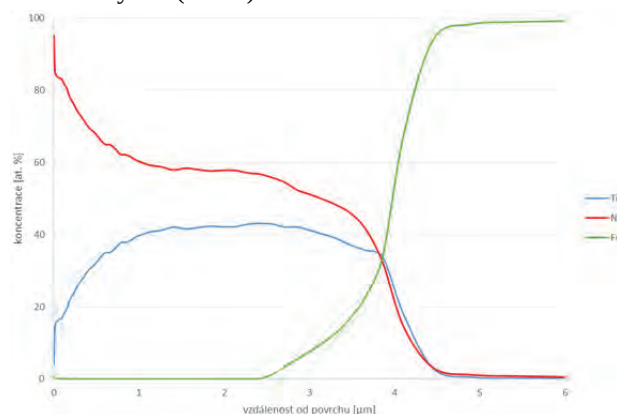
Tab. 2 Chemické složení v oblasti koroze na košíčkové fréze

Tab. 2 Chemical composition in the area of corrosion on basket cutters

Prvek	Hmotnostní %	Atomová %
C	4,1	10,8
O	24,8	48,4
Na	0,6	0,8
Si	0,4	0,4
P	0,5	0,4
Cl	0,4	0,4
Cr	1,5	0,9
Mn	0,5	0,3
Fe	67,2	37,6

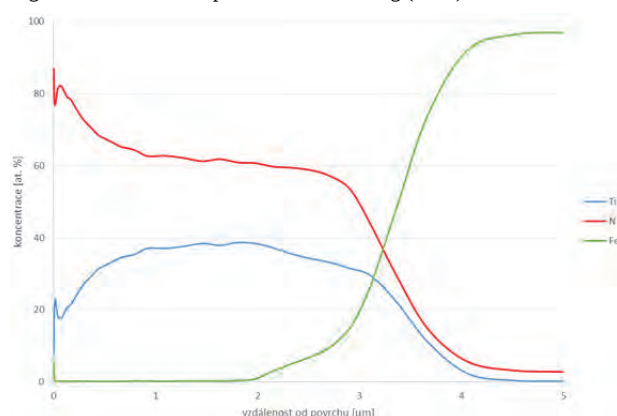
SEM/EDX analýza v oblasti koroze (tab. 2) poukázala na přítomnost dalších prvků, jako např. Na, P, především pak Cl. Obsah Cl⁻ v povlaku ve vodném korozním prostředí za přístupu vzduchu má negativní dopad na korozní odolnost povlaku [5].

Metodou GD-OES byl změřen koncentrační profil povlaku TiN nanášený technologií PVD (obr. 3) a PACVD (obr. 4). U povlaku TiN nanášeného metodou PACVD byla prokázána také přítomnost chloru EDX analýzou (obr. 5).



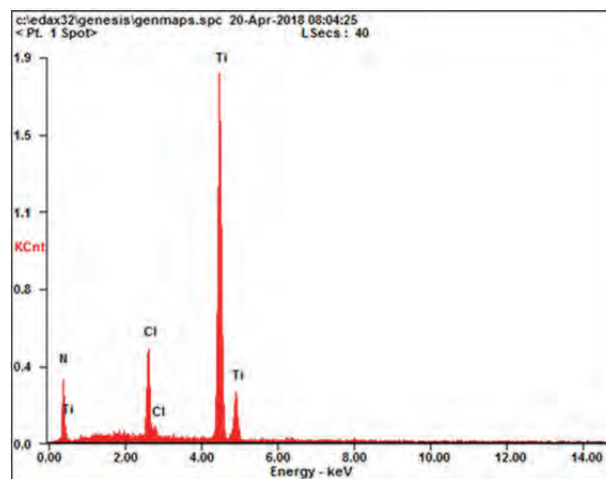
Obr. 3 Koncentrační profil TiN povlaku (PVD)

Fig. 3 Concentration profile of TiN coating (PVD)



Obr. 4 Koncentrační profil TiN povlaku (PACVD)

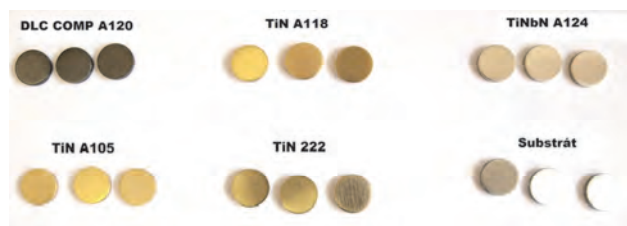
Fig. 4 Concentration profile of TiN coating (PACVD)



Obr. 5 Chemické složení TiN (PACVD) povlaku s obsahem chlóru

Fig. 5 Chemical composition of TiN coating (PACVD) with chlorine content

Uvedené vzorky (obr. 6) byly podrobeny opakované sterilizaci. Sterilizace probíhala při teplotě 137 °C v autoklávu s destilovanou vodou po dobu 60 minut, celý proces byl 10x opakován. Výsledky procesu opakované sterilizace jsou uvedeny v tab. 3.



Obr. 6 Výchozí stav vzorků před procesem opakované sterilizace
Fig. 6 The initial state of the samples before the sterilization process

Povrch vzorků byl nakonec vyhodnocen dle stupně ochrany dle ČSN EN ISO 10289 (tab. 4). Všechny typy povlaků, kromě povlaku TiN (PVD bez iontového čištění EI) a TiNbN (PVD), byly bez vad. Povlak TiN (PVD bez EI) vykazoval značné korozní napadení stupně 2. O tři stupně lépe dopadl povlak TiNbN (PVD). Je zřejmé, že povlak nanesený bez iontového čištění povrchu nástroje má nižší korozní odolnost a dokazuje nutnost zařazení tohoto technologického kroku do přípravy nástroje.

Tab. 3 Hodnocení vzorků po procesu opakované sterilizace dle ČSN EN ISO 10289

Tab. 3 Evaluation of samples after repeated sterilization according to ČSN EN ISO 10289

Vzorek	Technologie	Ozn.	Koroze Y/N	Stupeň ochrany Rp
základní materiál	-	1.4021	N	10
povlak TiN	PVD	B120	N	10
povlak TiN	PVD bez EI	A118	Y	2
povlak TiN	PACVD	222	N	10
povlak TiNbN	PVD	A124	Y	5
povlak DLC	PACVD	A120	N	10

Tab. 4 Stupnice hodnocení dle ČSN EN ISO 10289

Tab. 4 Rating scale according to ČSN EN ISO 10289

Stupeň	Plocha vad (A) [%]
10	bez vad
9	$0 < A \leq 0,1$
8	$0,1 < A \leq 0,25$
7	$0,25 < A \leq 0,5$
6	$0,5 < A \leq 1$
5	$1,0 < A \leq 2,5$
4	$2,5 < A \leq 5,0$
3	$5,0 < A \leq 10,0$
2	$10 < A \leq 25,0$
1	$25 < A \leq 50$
0	$50 < A$

Na základě výsledků opakované sterilizace byl pro test expozice ve fyziologickém roztoku vybrán vzorek TiN 222 (PACVD). Vzorek byl ponechán ve fyziologickém roztoku po dobu 6, 15, 30 a 50 hodin. Po 6 hodinách ve fyziologickém roztoku vzorek nevykazoval známky korozního napadení. Po 15 hodinách vzorek vykazoval počáteční známky koroze. S rostoucím časem rozsah korozního napadení rozrůstal (obr. 7).



Obr. 7 Stav povlaku TiN222/2017 po expozici ve fyziologickém roztoku
Fig. 7 TiN222/2017 coating state after exposure in a physiological solution

Závěr

Výsledky korozního testu opakované sterilizace ukazují, že sterilizace v páře nemá vliv na vznik korozních produktů na povlaku typu TiN. Vliv úpravy technologie na vznik korozních produktů je zřejmý jen u iontového čištění. Vliv existence zbytkových iontů chloru při depozici PACVD technologií neprokázal zhoršení korozní odolnosti povlaku. Jak korozivzdorná ocel, tak povlak TiN vykazují dobrou korozní odolnost a v korozním prostředí se uplatňují především rozdíly jejich korozních potenciálů [6]. Z výsledků druhého korozního testu expozice ve fyziologickém roztoku vyplývá, že povlak TiN je citlivý na dobu výdrže ve fyziologickém roztoku. Dle literatury [5] má obsah Cl⁻ v povlaku pro vodní korozní prostředí za přístupu vzduchu negativní vliv na vznik korozních produktů. Očekávaný efekt zvýšení korozní odolnosti přidávkou niobu nebyl potvrzen [6].

Na základě této studie je doporučeno nástroje do doby 30 minut po použití mechanicky očistit a opláchnout od čistících chemikálií a je nutné tento postup uvést v příbalové informaci zdravotnického přípravku. Dodržení této podmínky není však v kompetenci výrobce. Bude také nutné zhodnotit vznik nových rizik spojených se zanesením korozních zplodin do těla pacienta po případném povlakování, jako nové technologické úpravy povrchu zdravotnických prostředků dle ČSN EN ISO 14971 [7].

Poděkování

Práce byla vytvořena v rámci projektu TA04010100 s názvem: Tribologické povlaky se zvýšenou korozní ochranou pro ortopedické a traumatologické aplikace poskytnutý Technologickou agenturou České republiky ze 4. veřejné soutěže programu ALFA a při řešení projektu č. LO1203 "Regionální materiálově technologické výzkumné centrum - program udržitelnosti" financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- [1] VODÁREK, V. *Metody studia struktury*. Studijní materiál. Ostrava: VŠB-TUO, 2012, 172 s. ISBN 978-80-248-2559-5.
- [2] WEISS, Z. *Optická spektrometrie s doutnavým výbojem (GD-OES)*. Informační materiál. LECO Instrumente Plzeň, spol. s r.o., Plzeň, 2004, 12 s.
- [3] MALANÍK, K., GABOR, R. Hodnocení povrchových vrstev a povlaků. *Hutnické listy*, 69 (2016), 3, 47–51, ISSN 0018-8069.
- [4] FALTÝNKOVÁ, L., GABOR, R. Stanovení koncentrace prvků v závislosti na analyzované hloubce s využitím techniky GD-OES. *Hutnické listy*, 67 (2014), 6, 63–66, ISSN 0018-8069.
- [5] GOGOLÍN, O. *Korozní odolnost technicky významných kovů*. (Bakalářská práce) Brno: VUT v Brně, 2008, 39 s.
- [6] CVRČEK, L. *Tribologické povlaky se zvýšenou korozní ochranou pro ortopedické a traumatologické aplikace*. (Závěrečná zpráva výzkumného projektu TA04010100) Praha: ČVUT v Praze, 2017.
- [7] ČSN EN ISO 14971. *Zdravotnické prostředky – Aplikace řízení rizika na zdravotnické prostředky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

Modernizace klíčových zařízení v prvovýrobě a v druhovýrobě ArcelorMittal Ostrava

Firemní měsíčník AMO – březen 2019, str. 3.

Z úvodního slova Ashoka Patila, GŘ a správce odděleného majetku ArcelorMittal Ostrava, kterým oslovil zaměstnance AMO, citujeme dvě pasáže týkající se jednak modernizačních projektů, a také současného stavu prodeje AMO.

„V letošním roce hodláme modernizovat několik našich klíčových zařízení v prvovýrobě a také v druhovýrobě. Jedním z těchto významných projektů je například rekonstrukce chladičů koksárenského plynu, která zvýší jejich výkon a sníží náklady na údržbu. Pracujeme na modernizaci spékacího pásu a také elektrostatického filtru na aglomeraci Sever. To zvýší produktivitu aglomerátu, jakožto klíčové suroviny pro vysoké pece. Na koksově probíhá ekologická investice – stavba nového odháněče čpavku, který sníží emise pod předepsané limity. Na stejném závodě pracujeme na zevrubném strojírenském projektu týkajícím se rekonstrukce obslužných strojů koksárenské baterie jedna a dvě. Ocelárna získá nový jeřáb pro surovinovou halu. Řada projektů bude také probíhat ve válcovnách dlouhých výrobků. Na hrubé válcovně hodláme rekonstruovat válcovací stolice pro střední a hotovni pořadí a realizovat další fázi rekonstrukce stávajících rovnaček. Tyto kroky odráží naši neustálou aktivitu zaměřenou na modernizaci, udržitelnost a spolehlivost, což je důležité pro naši konkurenceschopnost.“

K současnému stavu prodeje AMO: “Na stránkách Evropské komise (EK) se objevil nový dokument související s prodejem firem skupiny ArcelorMittal včetně ostravské huti a je v něm uveden jako provizorní termín rozhodnutí 26. duben 2019. Jedná se o záměr společnosti Liberty House provést akvizici podniků prodávaných skupinou AM, včetně ostravské huti a bude posuzován podle zákona o hospodářské soutěži. Nicméně tento nově podaný záměr nemá žádný vliv na současný proces schválení kupujícího, který je nezbytnou podmínkou prodeje ostravské huti. Tento proces stále samostatně pokračuje a EK pro něj nestanovila žádný konkrétní termín.“

Výzkumný a zkušební ústav ostravské huti slaví 60 let od založení. V modernizované podobě funguje dodnes.

www.arcelormittal.com/ostrava tisková zpráva z 4.4.2019

V těchto dnech si ArcelorMittal Ostrava připomíná 60 let od dob, kdy v tehdejší ostravské Nové huti v prvních měsících roku 1959 byl naplno spuštěn provoz výzkumný a zkušební ústav. Kromě vlastního výzkumu **zajišťoval od začátku veškeré zkušební aktivity od průběžné kontroly výrobních procesů po kontrolu jakosti hotových výrobků. V modernizované podobě funguje jako oddělení výzkumu a hutních a chemických laboratoří dodnes.**

Zprovoznění ústavu znamenalo pro tehdejší Novou hut' investici 45 milionů korun. Dobré technické vybavení pomohlo ke zvýšení produktivity: zatímco v roce 1960 provedly centrální laboratoře celkem 612 tisíc analytických stanovení při stavu 265 pracovníků, v roce 1964 vzrostl při 197 pracovnících počet analytických stanovení na více než 1,2 milionu. Potrubní pošta vyvinutá v ústavu se využívá v modernizované podobě dodnes. Umožňuje získávat vzorky k analýze přímo z konkrétních výrobních provozů a urychluje tak celkovou komunikaci i vývoj nových postupů. Zdejší defektoskopická laboratoř a kvantometrická stanice dokonce ve své době patřily k nejlepším v Evropě. Postupně se zřizovala další oborová pracoviště jako například koksárenský výzkum, velkotonážní ocelářské pece nebo výzkum automatizace a měřicí techniky pro hutní provozy.

Činnost výzkumu a laboratoří je i dnes nezbytnou součástí huti. Zahrnuje vše, co souvisí s vývojem nových výrobků i testováním kvality všech ocelářských i chemických výrobků, které se zde vyrábějí. Pro technický rozvoj celé huti je nepostradatelná.

Recenzované výzkumné články

Zavedení technologie odlévání kruhových bloků průměru 600 mm pro výrobu vysokojakostních ocelí

Implementation of New Technology for Continuous Casting of Blooms with Diameter of 600 mm made of Special Alloyed High-grade Steel

Ing. Tomáš Huczala, Ph.D.; Ing. Jiří Cibulka, Ph.D.; Ing. Jiří Cupek, Ph.D.; Ing. David Bocek, Ph.D.;
Ing. Martin Lasota; Ing. Adam Rucki

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec-Staré město, Česká republika

S rozvojem větrné energetiky rostou každým rokem velikosti a výkony větrných turbin. Se zvyšující se velikostí turbin, a tím i jejich jednotlivých komponent, rostou rovněž požadavky výrobců (kováren) na velikost vstupního materiálu. Třinecké železářny, a.s. (TŽ) velice flexibilně reagují na požadavky trhu a v nedávné době zavedly do svého výrobního portfolia kruhový předlitek průměru 600 mm. Byly upraveny dva lící proudy stávajícího zařízení pro plynulé odlévání ZPO1. Lící oblouk byl vybaven ohřevovou komorou umístěnou před tažně-rovnací stolicí. Komora zvýší teplotu předlitku před rovnáním průměrně o 45 °C, čímž dochází k minimalizaci vzniku povrchových trhlin způsobených rovnáním. Bez jakýchkoliv problémů je zajištěna i vnitřní jakost předlitků. Ocelárna TŽ je tak, jako jedna z mála oceláren v EU, schopna vyrobit předlitek o $\varnothing$ 600 mm. Ve spolupráci s dceřinou společností Bohemia Rings, s. r. o. tak TŽ nabízejí dodávky obrobků kroužků pro větrné elektrárny různých velikostí a typů.

Klíčová slova: velkorozměrový kruhový předlitek; plynulé odlévání; kované kroužky; větrné elektrárny

The continuous development of wind power engineering results in increased wind turbines capacities year by year. The growing size of turbines and their components is accompanied by increasing requirements of manufacturers (forging plants) for input material sizes. Třinecké železářny, a.s. responds flexibly to the market requirements by including round blooms with 600 mm diameter in its products portfolio. Two casting strands of the existing continuous casting machine 1 (CCM1=ZPO1) were adapted for this purpose. The casting machine no. 1 has undergone a number of changes of its components and investments were made for the purchase of new parts. In addition to the hardware equipment of the casting machine, the casting technology was also modified. The casting of large blooms represents a complex task from a technological point of view. Especially in the case of a radial casting machine, where the blooms are straightened during casting. With the increasing blooms size, the blooms are more susceptible to internal and surface defects. Therefore, it is necessary to appropriately set casting conditions (casting speed, casting temperature, cooling curve, etc.) to minimize central shrinkage. Furthermore, it is important to accurately set the parameters of the electromagnetic stirrer to achieve a suitable distribution of segregating elements, such as carbon. Very important is the prevention of surface defects. In this case, it is necessary to control the surface temperature of the blooms before straightening. The casting strand was provided with a heating chamber installed before the straightening machine. The chamber increases the blooms temperature before straightening by 45 °C on average, which minimizes the occurrence of surface cracks. In the final trials, the blooms showed a perfect internal quality. Třinecké železářny, a.s. steelmaking plant is thus one of a few steelworks in EU capable of making blooms with 600 mm diameter. Working in collaboration with its subsidiary company Bohemia Rings, s.r.o., TŽ, a.s. offers deliveries of machined rings of different sizes and types.

Key words: jumbo circular bloom; continuous casting; forged rings; wind turbines

V posledních letech je ve větrné energetice v celosvětovém měřítku patrný velký vývoj. Roste počet větrných farem, rostou i velikosti jednotlivých větrných turbin. V současné době jsou testovány větrné turbíny o výkonu 12 MW, u kterých dosahují velikosti rotoru průměr 220 m [1]. S rostoucí velikostí samotných turbin se zvyšují i velikosti jednotlivých ocelových komponent (ložiskové

kroužky, kroužky pro otáčení turbin, planetové převodovky atd.). Důsledkem tohoto vývoje jsou zvyšující se nároky kováren na velikost vstupní vsázky. Ingoty větších velikostí jsou pro tyto účely dlouhodobě k dispozici, nicméně narážejí na ekonomické aspekty ve srovnání s plynule litou ocelí. Pro kovářny je tak dlouhodobě ekonomicky výhodnější použití kontinuálně lité vsázky.

Nicméně odlévání velkorozměrových předlitků přináší řadu konstrukčních změn zařízení plynulého odlévání a nastavení technologie výroby [2, 3].

Požadavky trhu tak přispěly k rozhodnutí Třineckých železáren, a.s. (TŽ) o úpravě zařízení kontinuálního lití č. 1 (ZPO1). Finálního cíle úprav bylo dosaženo 16. května 2018, kdy byly odlity první předlitky průměru 600 mm. Základní parametry ZPO1 jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Parametry zařízení pro plynulé odlévání č. 1. [4]

Tab. 1 Parameters of continuous casting machine No.1 [4]

Suppliers:	Vítkovice, Clesim
Commissioning:	1989
Type:	Radial
Radius	14 m
Number of strands	5, spacing 1500 mm
Casting shapes:	Rectangular 300×350×mm Round: 320, 410, 470, 525, 600
Mould type:	Tube, radial
Stirrer:	EMS (in mould)
Secondary cooling	Water

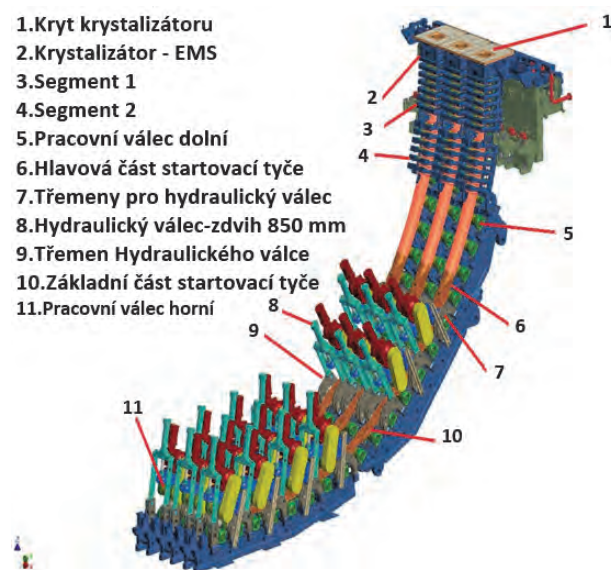
ZPO1 bylo uvedeno do provozu v roce 1989, kdy sloužilo pro odlévání pravoúhlých předlitků 320 × 250 mm, 300 × 350 mm a kruhového formátu průměru 410 mm. V roce 1999 byl do výrobního programu zaveden kruhový formát průměru 320 mm. Významným krokem bylo odlití předlitku kruhového průměru 525 mm v roce 2001 [4]. Třinecké železářny se tak staly významným dodavatelem vstupů pro další zpracování, především pro kovářny. Úpravou ZPO1 v roce 2018 se tým TŽ zařadily mezi tři evropské ocelárny, které pokryjí potřeby kováren v rozměrech $\varnothing$ 600 mm.

1. Technické a technologické parametry odlévání předlitku $\varnothing$ 600 mm

Realizace cíle odlévat předlitek průměru 600 mm zahrnovala rekonstrukci stávajícího zařízení. ZPO1 prošlo celou řadou dílčích úprav a investic do nových částí. Schématické znázornění jednotlivých konstrukčních prvků ZPO1 je patrné na obr. 1.

Nově byly pořízeny kruhové krystalizátory $\varnothing$ 600 mm, vybavené elektromagnetickým mícháním pro zajištění rovnoměrné distribuce uhlíku a středové kvality po průřezu předlitku. Dále byly vyrobeny segmenty sekundárního chlazení skládající se ze dvou samostatných zón. Chladičí voda je distribuována vodním rozvodem s tryskami. Se změnou odlévaného průměru musely být upraveny horní a spodní pracovní válce přítlačných stolic. Současně došlo

ke kompletní výměně přítlačných stolic, které nedosahovaly požadovaného zdvihu. Další důležitou komponentou, která slouží pro zahájení lití, jsou startovací tyče. Jelikož mají nový rozměr, bylo nutné upravit základní část a vyrobit novou hlavu startovacích tyčí. Kritickým bodem odlévání na radiálním licím stroji je samotné rovnání předlitků. Dochází k určitému namáhání materiálu, které je dáno chemickým složením odlévaného materiálu (a z něj odvozenými fyzikálními vlastnostmi) a teplotou před zahájením rovnání. Během ohybu a rovnání může docházet ke vzniku zárodku nebo rozvoji povrchových trhlin, které se mohou následně negativně projevit během dalšího zpracování materiálu. Celý efekt je umocněn rostoucím průměrem odlévaného předlitku. Pro snížení negativního dopadu rovnání byl licí proud č. 5 vybaven aktivní dohřevovou komorou, která je zobrazena na obr. 2.



Obr. 1 Zobrazení upravovaných dílů ZPO1

Fig. 1 Scheme of modified part of CCM1



Obr. 2 Aktivní dohřevová komora před tažně-rovnací stolicí

Fig. 2 Reheating box before straightening machine

Kromě technického vybavení a úprav ZPO1 bylo nedílnou součástí úprav nastavení technologických parametrů

během lití. Pro pilotní odlévání byla vybrána značka 42CrMo4. Je to ocel s vysokou prokalitelností, určená k zušlechťení, která je v hojné míře používána pro výrobu komponent větrných turbín i běžných těžkých výkovků. Chemické složení oceli je uvedeno v tab. 2.

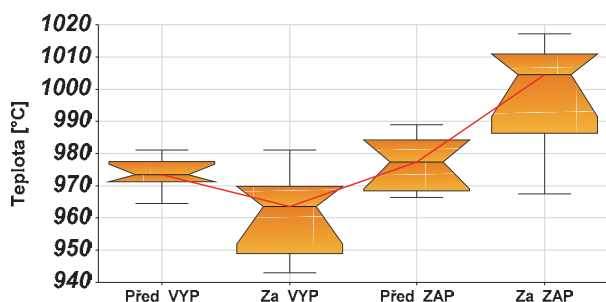
Tab. 2 Chemické složení oceli 42CrMo4 (hm. %)

Tab. 2 Chemical composition of 42CrMo4 steel grade (wt. %)

Rozsah	Chemické složení (hm. %) - 42CrMo4							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Al
Min.	0,38	0,6	0,15	xxx	xxx	0,9	0,15	0,02
Max	0,45	0,9	0,40	0,015	0,006	1,2	0,30	0,05

Surová tekutá ocel je zpracována v primárním tavicím agregátu – kyslíkovém konvertoru. Následně je rafinována na jednotlivých stanovištích sekundární metalurgie – v pánvové peci, vakuovací stanici typu RH. Na kvalitu tekuté oceli jsou kladeny přísné nároky z pohledu přesnosti chemického složení dle požadavku zákazníka, cílení úzkého rozmezí přehřátí oceli (25-45 °C) a důrazu na minimalizaci výskytu nekovových částic – vměstků.

Při provozních zkouškách byla tekutá ocel odlévána na jednom licím proudě ø 600 mm a čtyřech licích prouděch o původním průměru 525 mm. Průběh lití byl stabilní a nevykazoval odchylky od nastavených technologických parametrů. Během lití byla testována různá nastavení výkonu aktivního ohřevového boxu, který je umístěn mezi 2 a 3 tažně-rovnací stolicí (ve směru od krystalizátoru). Součástí ohřevového boxu jsou kyslíko-palivové hořáky s možností regulace výkonu. Teploty byly měřeny pomocí termovize před a za tažně-rovnací stolicí.



Obr. 3 Srovnání teplot před ohřevovým boxem a za tažně-rovnací stolicí v případě vypnutého a zapnutého ohřevového boxu

Fig. 3 Temperature differences before reheating box and after withdrawal and straightening unit in the event of switched-off and switched-on reheating box

Jak je patrné z obr. 3 v případě odlévání značky 42CrMo4, kdy je dohřevová komora vypnuta, dochází k poklesu teplot při průchodu rovnacími stolicemi v průměru o 11 °C. Teplota před ohřevovým boxem je nad 950 °C. V případě, kdy byla dohřevová komora aktivní, došlo k mírnému nárůstu teplot před samotným boxem, v průměru o 5,6 °C. Dále je patrný výrazný nárůst teploty za tažně-rovnací stolicí. Celkový nárůst teploty představuje průměrně 45 °C. Teplota předlitku po rovnání tak v průměru přesahuje 1000 °C. Nárůst teploty před rovnáním zajišťuje stav oceli mimo zónu snížené tažnosti

materiálu a vyvarování se riziku vzniku povrchových trhlin. Na vnitřní strukturní zóny nemá dohřevový box vliv.

Během lití byly odebírány vzorky pro ověření vnitřní kvality předlitku. Jednotlivé vzorky byly vybroušeny a následně byl povrch vzorků vyleptán. Pomocí tohoto postupu je možno vidět strukturní stavy v oceli vznikající po utužení. Na obr. 4 je patrný příčný makrolept předlitku s použitím elektromagnetického míchače. Účinek elektromagnetického míchání se projevil vychýlením zóny kolumnárních krystalů ve směru rotace elektromagnetického pole. Zóna kolumnárních krystalů zasahuje do vzdálenosti 130 mm od spodního rádia oblouku a 160 mm od horního rádia oblouku. Postupně přechází licí struktura do zóny, která je označována jako pásmo rovnoosých krystalů. Pásmo rovnoosých krystalů dosahuje velikosti průměru 310 mm.



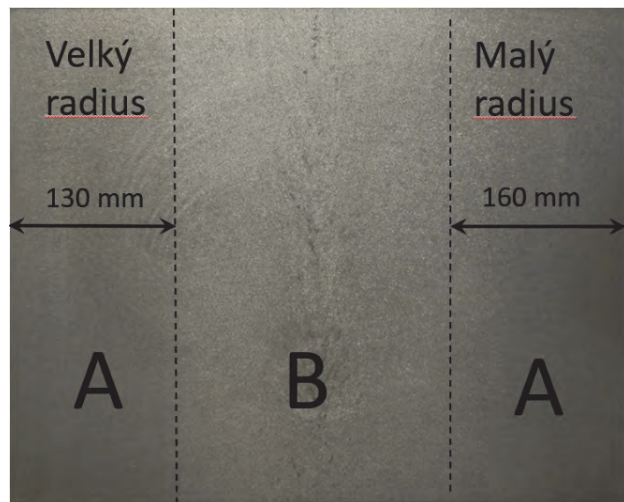
Obr. 4 Příčný makrolept předlitku ø 600 mm s použitím EMS

Fig. 4 Transverse macro-etching for blooms ø 600 mm with applied EMS

Z obr. 4 je rovněž patrné umístění pásma rovnoosých krystalů mimo střed předlitku, i přesto, že výlevka (pětiořvová-pátý otvor směřuje do tekutého jádra) z mezipánve je umístěna v krystalizátoru přesně ve středu. Tento jev lze vysvětlit radiální konstrukcí licího stroje, kdy dynamický účinek teplé oceli vystupující z výlevky působí více na malý rádius předlitku, a ovlivňuje tak tuhnutí. Ve středové části předlitku jsou pozorovatelné drobné ostrůvky utužené taveniny obohacené o segregující prvky typu uhlík, síra atd. Ve středu se nevyskytují pozůstatky staženin. To znamená, že ocel tuhla rovnoměrně a byla postupně doplňována až do finální fáze solidifikace. Je to důležitá zpětná vazba, která potvrzuje správnost nastavení licích parametrů (licí teplota a licí rychlost).

Za účelem detailnějšího posouzení vnitřní kvality předlitku bylo provedeno podélné rozřezání předlitku.

Cílem byla rovněž detekce vnitřních staženin, tvorby strukturních fází a sekrečních jevů. Na obr. 5 je zobrazen podélný řez předlitku.



Obr. 5 Podélný makrolept předlitku ø 600 mm s použitím EMS

Fig. 5 Longitudinal macro-etching for blooms ø 600 mm with applied EM

Rovněž na podélném řezu lze rozlišit zóny jednotlivých licích struktur. Zóna označena A představuje zónu kolumnárních krystalů, které vznikají intenzivním odvodem tepla v první fázi solidifikace. V zóně označené B je strukturní stav lité struktury ve formě rovnoosých krystalů. V zóně B jsou na makroleptu patrné segregace typu V, které vznikají postupným dosazováním taveniny obohacené o segregací příměsi do prázdných prostor primárních zrn. Délka podélného řezu je 50 cm. Na podélném řezu nejsou patrné výraznější vnitřní staženiny, což potvrzuje výbornou vnitřní kvalitu předlitku.

Po odlití byly předlitky děleny pálením na délky dle požadavku zákazníků. Metrová hmotnost u předlitku průměru 600 mm činí 2,22 t. Rozsah možných dodávaných délek je 2,5 – 6,4 m.

Po odlití byly kontrolovány rozměrové parametry. Významným parametrem je ovalita předlitku, která je charakterizována poměrem průměru předlitku ve vertikální a horizontální ose. Garantovaný limit je obecně v podmínkách TŽ, a.s. pro kruhové předlitky 2,5 %. V případě předlitku ø 600 mm byla průměrná hodnota ovalit 1,37 % a maximální hodnota 1,7 %.

2. Následné zpracování předlitků

Po finální kontrole byly předlitky dodány k dalšímu zpracování do dceřiné firmy Bohemia Rings, s. r. o., Zámorsk. Ze vstupního polotovaru o průměru 600 mm byl zde rozválcován kroužek o celkovém průměru 4000 mm a hmotnosti 3,8 – 4,0 t. Fotografii rozválcování znázorňuje obr. 6. Po válcování byly kroužky tepelně zpracovány a následovalo mechanické opracování dle

požadavku zákazníka. Finální vnitřní jakost materiálu byla prověřována nedestruktivní zkouškou ultrazvukem dle EN 10228-3 třída 4 (FBH max. 2 mm pro bodovou vadu). Výsledky zkoušek ultrazvukem potvrdily, že v materiálu nejsou přítomny žádné vnitřní vady.



Obr. 6 Rozválcování kroužku ve firmě Bohemia Rings, s.r.o., Zámorsk

Fig. 6 Rolling of ring in the company Bohemia Rings, s.r.o., Zámorsk

Závěr

TŽ rozšířily své portfolio výrobků o nový formát předlitků průměru 600 mm, odlévaných na dvou licích proudch stávajícího zařízení plynulého odlévání ZPO1. Ocelárna TŽ se tak stává jednou z mála v Evropské unii, která je schopna odlévat předlitky těchto velikostí.

V rámci zavedení nového formátu předlitku byla na ZPO1 provedena celá řada úprav a investic do nového zařízení. Byly nastaveny jednotlivé parametry odlévání oceli pro značky 42CrMo4 a LF2, které slouží hlavně pro potřeby kováren. Odlité předlitky vykazují výbornou vnitřní kvalitu. Stejně tak povrchová kvalita a rozměrové parametry (ovalita, přímota) naprosto splňují podmínky odběratelů. V kooperaci s dceřinou společností Bohemia Rings jsou TŽ schopny zajistit výrobu kroužků různých typů a rozměrů.

Literatura

- [1] Haliade-X Offshore Wind Turbine Platform. Available online: <https://www.ge.com/renewableenergy/windenergy/turbines/haliade-x-offshore-turbine> (accessed on 20 February 2019).
- [2] BUORO, S. ROMANELLI, G. Technological Review of the Start-up of a New Jumbo Bloom Continuous Caster for Specialty Steels. *Iron and Steel Technology*, June 2012, 39–41.
- [3] SPADACCINNI, A. et al. Technological Steel Cleanliness in Large Rolled Product Manufacturing from Jumbo Continuous Casted Product. In *Clean Steel 2018*. Budapest, Hungary, 18.-20. Sept. 2018.
- [4] CUPEK, J., BOCEK D., HUCZALA, H. 140 let výroby oceli v Třineckých železárnách. In *Iron and Steelmaking*, Horní Bečva, Česká republika, 4.-6. 10. 2017, s. 9–18, ISBN 978-80-248-4120-5.

Zkoušení technologie řízeného válcování bezešvých trubek Line Pipe z konstrukční oceli X52N PSL2 a L360NE PSL2 za snížených teplot na laboratorní válcovací stolici duo VŠB – Technická univerzita Ostrava a v provozu Válcovna trub Třineckých železáren, a.s.

Testing of the Controlled Rolling Technology of the Seamless Line Pipes made from Cold Tempered Structural Steels X52N PSL2 and L360NE PSL2 at the Two-High Laboratory Rolling Mill at VŠB – Technical University of Ostrava and in the process plant of the Tube Mill of Třinecké železářny, a.s.

Ing. Rostislav Turoň¹; Ing. Petr Vítek¹; Ing. Petra Turoňová, Ph.D.¹; Ing. Radek Jurča¹; prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.²; Ing. Stanislav Rusz, Ph.D.²; Ing. Rostislav Kawulok, Ph.D.²

¹ TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a. s., Průmyslová 1000, 73970 Třinec-Staré město, Česká republika

² VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově technologická, 17. listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

Příspěvek se zabývá jednou z etap aplikovaného výzkumu a vývoje v oblasti tváření bezešvých trubek vyráběných v provozu Válcovna trub TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a. s. s cílem zlepšit pevnostní vlastnosti u mikrolegovaných ocelí C – Line Pipe ocelí X52 (dle API spec. 5L) a L360 (dle ISO 3183). Cílem experimentálního teplotně řízeného válcování bylo dosáhnout zjemnění struktury a mírného zvýšení pevnostních charakteristik po následném normalizačním žitání a ochlazování sprchováním bezešvých trubek s tloušťkou stěny nad 30mm dle požadavků normy API spec. 5L, ISO 3183 a zároveň EN 10208. Válcování probíhalo za různého teplotního režimu (konvenční režim v teplotním rozmezí 1050 – 1100 °C a režim řízeného válcování v teplotním rozmezí 830 – 960 °C). U laboratorních experimentů byly stanoveny i teploty fázových přeměn pomocí dilatometrického modulu plastometru Gleeble 3800. Výsledky experimentů prokázaly příznivý vliv snížené doválcovací teploty na zjemnění mikrostruktury. Došlo ke zjemnění zrna s hodnotami $G = 9 - 10$ při válcování za nižších teplot oproti hodnotám $G = 7 - 8$ u konvenčního způsobu válcování bez snížených teplot. Zásadním zjištěním bylo, že snížení doválcovacích teplot nevede k evidentnímu zvýšení meze kluzu či pevnosti po normalizačním žitání. To vedlo k rozhodnutí pro vytvoření technického návrhu a realizaci funkčního prototypu pro řízené ochlazování trubek po normalizaci s dosažením vhodné struktury, zvýšení pevnostních charakteristik s žádným nebo minimálním dopadem na křehkolomové vlastnosti materiálu, a to ve středu tloušťky stěny.

Klíčová slova: mikrolegované oceli; Line Pipe oceli; řízené ochlazování trubek

The paper deals with one of the stages of applied research and development in the area of seamless tube forming and it is aimed at the improvement of the strength properties of microalloyed carbon steels - Line Pipe of the grades X52 (according to the API spec. 5L) and L360 (pursuant to ISO 3183) of the operations of the Tube Mill of TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a.s. The goal of the experimental controlled temperature rolling was to achieve the structure refinement, a slight increase in the strength characteristics after subsequent normalization annealing and cooling by spraying seamless tubes at wall thicknesses above 30mm pursuant to the API spec. 5L, ISO 3183, as well as EN 10208. It has been shown that laboratory rolling on rolling two-high mills with calibrated cylindrical surfaces on flat wall patterns of 6.3 - 10-20 - 30 - 40 mm and rolling of tubes on pilgrim stand with a diameter of 273 mm and the wall thickness of 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 mm. Rolling took place under a different temperature mode (a conventional mode in the temperature range of 850 - 960°C). For the laboratory experiments, phase transition temperatures were determined using the Gleeble 3800 dilatometric plastometer module. The experiment results have shown the effect of a reduced finishing temperature on the microstructure refinement. The grain size was refined with $G = 9 - 10$ when rolling at lower temperatures compared to $G = 7 - 8$ for conventional rolling. As the fundamental finding, the rolling temperature reduction did not lead to an obvious increase in yield strength or the strength after normalization annealing. This findings led to the decision to create a technical design and implement a functional prototype for the controlled pipe cooling after normalization to achieve a suitable structure, increased strength characteristics with no or minimal impact on the brittle fracture material properties, in the wall thickness centre.

Key words: microalloyed steels; Line Pipe steels; controlled cooling of pipes

Na vlastnosti oceli a ocelových výrobků jsou kladeny neustále se zvyšující nároky, a to i v době využívání progresivních neželezných slitin a kompozitních materiálů. Výroba bezešvých trubek válcovaných za tepla na zastaralých, energeticky náročných tratích typu Mannesmann a Stiefel patří v porovnání s válcováním drátu, pásů nebo profilů na moderních vysokokapacitních tratích mezi finančně nákladná odvětví v oboru tváření materiálu.

Nové technologické trendy v tváření a tepelném zpracování spočívají ve zvýšení kvality materiálu a efektivity jeho výroby. To platí, jak pro oceli s vyšší přidanou hodnotou (oceli určené k zušlechťení), tak i pro konstrukční oceli používané ve strojírenství, energetice, stavebním, petrochemickém nebo plynárenském průmyslu.

Konstrukční oceli jsou v současnosti nosným produktem provozu Válcovna trub TRINECKÝCH ŽELEZÁREN, a. s. (dále jen VT) a tvoří cca 67 % z celkové produkce tohoto provozu. Oceli skupiny C jsou vyráběny v konvertorové ocelárně a jejich normované chemické složení udává tab. 1. Podle zvyklostí výrobce se označují jako ocel CMODV (ocel mikrolegovaná V), popř. ocel CMODNb (ocel mikrolegovaná Nb), obě s přídavkem N. Základ jejich chemického složení spočívá ve vhodné kombinaci mikrolegujících prvků, která vede k:

- substitučnímu nebo intersticiálnímu zpevnění feritu,
- zjemnění zrna a zablokování růstu austenitického zrna při opětovném ohřevu trubek po válcování na poutnické stolici a před samotnou kalibrací,
- procesu vytvrzování precipitací nitridů a karbidů typu V(CN), VN, VC nebo CrC6 [1 – 3].

Tab. 1 Norma pro chemické složení zkoumaných ocelí (hm. %)

Tab. 1 Standard for chemical composition of the investigated steels (wt. %)

Ocel	C	Mn	Si	Al	Cr	V	Nb	N
Ocel CMODV	0,17-0,18	1,00-1,25	0,17-0,23	0,020-0,050	0,16-0,21	0,020-0,060	–	0,0070-0,0120
Ocel CMODNb	0,14-0,18	1,00-1,25	0,17-0,23	0,020-0,050	0,16-0,21	–	0,020-0,050	0,0070-0,0120

U trubkových ocelí s uvedeným chemickým složením se používá označení E355, P355, S355 dle evropských norem EN (případně norem DIN) s různými přívlasky dle účelu použití. Do této skupiny patří oceli Line Pipe s využitím pro rozvody médií v petrochemickém a plynárenském průmyslu, jako např. X52 (dle normy API spec. 5L) a L360 (dle norem ISO 3183, EN 10208). Tyto oceli jsou dodávány ve dvou základních úrovních, a to PSL 1 a PSL 2.

Úroveň PSL 1 zajišťuje normovanou úroveň kvality pro potrubí. Úroveň PSL 2 má dodatečné povinné požadavky na chemické složení, vrubovou houževnatost, pevnostní vlastnosti a dodatečné požadavky na NDT kontrolu. Požadavky, které nejsou označeny specifickou PSL, platí pro obě úrovně (PSL 1 i PSL 2). V případě ostatních, výše uvedených požadavků se používá označení PSL 1 nebo PSL 2. Způsob dodání je rovněž u těchto ocelí pro bezešvé trubky specifikován. Pro označení PSL 1 se uvádí dodávka ve stavu: válcováno; normalizačně válcováno; termomechanicky válcováno; normalizačně žíháno; normalizačně žíháno a popouštěno; kaleno a popouštěno bez přípony označující daný stav. U ocelí pro označení PSL 2 se užívá označení:

- pro stav válcovaný R,
- pro stav normalizačně válcováno, normalizačně tvářeno, normalizačně žíháno nebo normalizačně žíháno a popouštěno N,
- pro stav kaleno a popouštěno Q,
- pro stav termomechanicky válcováno nebo obecně termomechanicky tvářeno M [4].

Ve VT jsou trubky vyráběny v obou úrovních označení PSL 1 a PSL 2, avšak v současnosti nikoliv pro použití v kyselém prostředí pod označením H (odolnost materiálu v sirovočíslovém prostředí).

Rozbor stávající provozní technologie

Doposud se ve VT nejčastěji používá technologie normalizačního žíhání v krokové peci na trati Velký Mannesmann a Malý Mannesmann (dále jen VM a MM) s řízeným ochlazováním ve sprchách po kalibraci bezešvých trubek (obr. 1). U sprchového zařízení prozatím není možná změna tlaku a množství ochlazovací vody. Tato technologie nedosahuje trvale stabilních hodnot meze kluzu pro již zmiňované značky oceli Line Pipe, a to především u trubek s tloušťkou stěny nad 30 mm a s vnějším průměrem nad 273 mm.



Obr. 1 Řízené ochlazování bezešvých trubek na trati Velký Mannesmann

Fig. 1 Controlled cooling of seamless tubes on the Big Mannesmann rolling mill

Problém s nedostatečným dosahováním požadavků norem tkví v těchto třech aspektech:

- Požadavky na vícenásobnou certifikaci kladou na výrobce zvýšené nároky při dodržení širšího rozsahu pevnostních charakteristik současně podle více norem, a to vždy pro daný výrobek v příslušném rozměrovém rozsahu (např. mez kluzu pro S355 / E355 / P355 / X52 / L360).
- Existuje odlišnost přístupu ke stanoveným rozmezím požadovaných pevnostních hodnot podle jednotlivých norem s ohledem na tloušťku stěny bezešvé trubky (tab. 2).

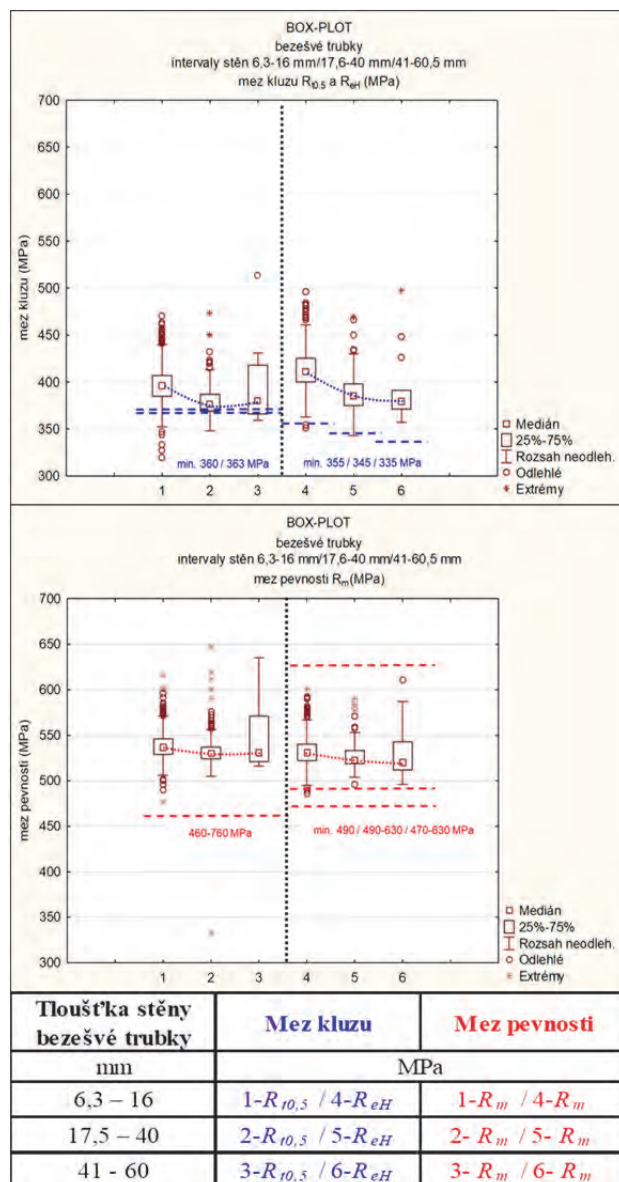
Tab. 2 Požadavky na dosažení hodnot meze kluzu R_e (MPa) dle příslušných norem

Tab. 2 Requirements for achievement of yield strength values R_e (MPa) according to the applicable standards

Tloušťka stěny bezešvé trubky	Norma	
	API spec. 5L / ISO 3183	EN 10297 / EN 10216 / E10210
(mm)	Typ meze kluzu	
	$R_{t0,5}$	R_{eH} nebo $R_{p0,2}$
	(MPa)	
6,3 – 16	360 – 530/350 – 510	min. 355
17,5 – 40		min. 345
41 – 60		min. 335

Požadavky na způsob odběru těles pro tahovou zkoušku jsou odlišné. Pravidla pro tahovou zkoušku oceli X52 a L360 se řídí normou ASTM A370 a platí, že osa kruhového zkušebního tělesa pro zkoušku tahem musí být ve středu tloušťky stěny t (vzdálenost $t/2$). U ostatních jmenovaných značek konstrukčních trubkových ocelí musí být osa kruhového zkušebního tělesa pro zkoušku tahem dle EN ISO 377 ve vzdálenosti $t/4$ od vnějšího povrchu trubky. To platí pro podélný i příčný směr zkušebních těles kruhového průřezu.

Z porovnání meze kluzu dle metodiky zkoušení ASTM A370 a EN ISO 377 u trubek vyrobených na VM (obr. 2), které byly stanoveny dle požadavků příslušných norem, že především v intervalech tloušťky stěny 17,5 – 40 a 41 – 60,5 mm (BOX-PLOT skupiny 2 a 3) jsou hodnoty $R_{t0,5}$ nevyhovující, což představuje cca 10 % z celkového počtu zkoušek. Takto postiženy jsou především stěny trubek 30 mm a výše. Naopak u R_{eH} jsou výsledky pozitivní. Je zde patrný i pokles hodnot pevnostních parametrů s rostoucí tloušťkou stěny, a to výraznější u zkoušení dle EN ISO 377 než dle ASTM A370. Na to reagují normy přípustností poklesu předepsaného minima meze kluzu. Mez pevnosti dosahuje vyhovujících hodnot shodně v obou variantách napříč celou škálou tloušťky stěn. Rozsah statisticky hodnoceného datového souboru N pro jednotlivé intervaly tloušťky stěn se pohybuje mezi 450 až 1336 zkouškami a zahrnuje vybrané údaje z období let 2015 – 2017 (zdroj: werkportal/VT/Zkušební listy).



Obr. 2 Srovnání dosahované úrovně meze kluzu dle typu (nahore) a meze pevnosti dle typu (dole) pomocí BOX-PLOT (STATISTICA-StatSoft)

Fig. 2 Comparison of achieved yield point level by the type (above) and tensile strength by the type (below) with the use of the BOX-PLOT (STATISTICA-StatSoft)

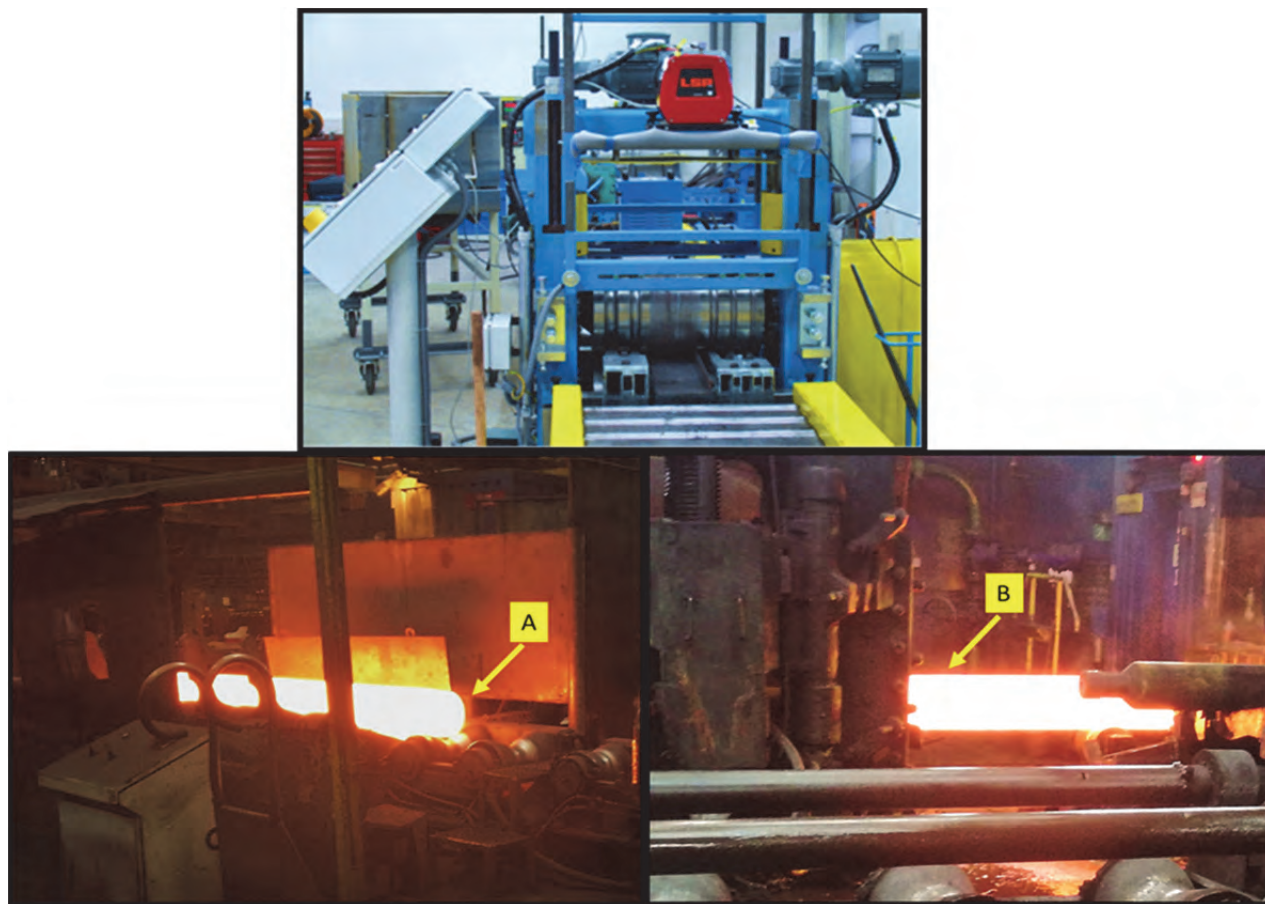
Experimentální práce

Pro zlepšení plnění požadavků na pevnostní charakteristiky výše zmiňovaného rozměrového sortimentu bylo v rámci interního výzkumného projektu provedeno experimentální teplotně řízené válcování a ochlazování, a to:

- na laboratorní válcovací stolici duo s kalibrovánými válci pro tváření kruhových tyčí, kde speciální stůl s armaturami za hladkou částí pracovních válců umožňuje simulovat válcování bezešvých trubek; simulace byla provedena na vzorcích tloušťky stěny 6,3 – 10 – 20 – 30 – 40 mm (obr. 3 nahore),

b) na provozní poutnické stolici tratě VM v provozu VT, kde byly válcovány trubky o průměru 273 mm a

tloušťky stěny 10 – 20 – 30 – 40 – 50 – 60 mm (obr. 3 dole).



Obr. 3 Nahoře: Válcovací stolice s válci určenými pro tváření kruhových tyčí v Ústavu modelování a řízení tvářecích procesů VŠB-Technická univerzita Ostrava

Dole: Výběhová strana děrovací stolice VM s měřením teploty v místě A a vstupní strana poutnické válcovací stolice VM s měřením teploty v místě B v provozu VT

Fig. 3 Above: Rolling mill with cylinders designed for forming of round bars in the Institute of modelling and control of forming processes at the VŠB-Technical University of Ostrava

Below: Outlet side of the pilgrim mill VM with measuring of temperature in the place A and inlet side of pilgrim mill VM with measuring of temperature in place B in production mill VT

Po tomto válcování v obou případech bylo zařazeno normalizační žhání a řízené ochlazování pod sprchami. Průběh každého experimentu na laboratorní stolici byl řízen povrchovou teplotou provalku měřenou těsně před stolicí i za stolicí dvojicí teplotních skenerů Landscan. V provozní praxi na VM bylo válcování řízeno pomocí dosažené povrchové teploty vyděrovaného předvalku v hlavové části předvalku za děrovací stolicí a na povrchu vyděrovaného předvalku před vstupem do poutnické stolice (stacionární pyrometr a přenosný pyrometr). Povrchová teplota jak vzorku pro řízené válcování v laboratorní stolici, tak i kruhových děrovaných předvalků pro válcování před vstupem do poutnické stolice se pohybovala mezi 830 a 960 °C. Ve srovnání s tím jsou běžně užívané povrchové teploty provozního doválcování před poutnickou stolicí v rozmezí 1050 – 1100 °C.

Cílem válcování bylo zjemnění struktury a zároveň mírné zvýšení pevnostních charakteristik po následném normalizačním žhání a kalibraci. U laboratorních

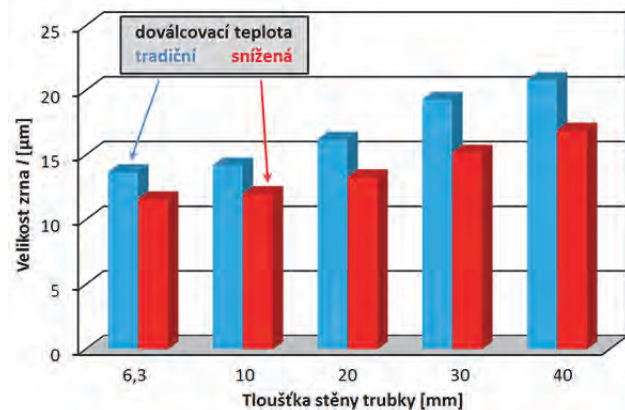
experimentů byly stanoveny i teploty fázových přeměn pomocí dilatometrického modulu plastometru Gleeble 3800 a to po tříminutové austenitizaci na teplotě 950 °C a při rychlostech ochlazování 0,2 a 0,7 °C·s⁻¹.

U laboratorního válcování byly zvoleny snížené teploty posledních dvou úběřů simulujících válcování na poutnické stolici, a to na základě výsledků dilatometrických experimentů. Byly použity dva typy konstrukčních ocelí: ocel A a ocel C (ocel CMODV).

Diskuse výsledků

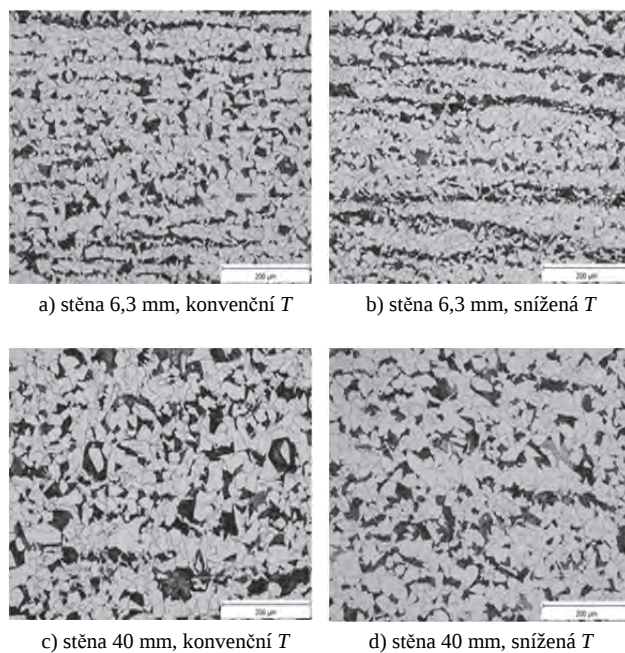
U laboratorních experimentů pro všechny tloušťky stěny bylo zaznamenáno relativní zjemnění mikrostruktury snížením doválcovací teploty oproti tradičním doválcovacím teplotám (obr. 4). Z hlediska predikce strukturotvorných procesů při ochlazování z doválcovací teploty lze předpokládat, že jemnější výsledné zrna je

u mikrolegované oceli C dosahováno brzdicím účinkem jemných částic (nejspíše karbonitridů vanadu, precipitujících zřejmě až při teplotách pod 800 °C) na růst zrna v průběhu ochlazování hotového vývalku [5]. Struktura konečné fáze byla převážně feriticko-perlitická (obr. 5).



Obr. 4 Vliv doválcovací teploty T_{dov} a tloušťky stěny simulované trubky na velikost výsledného zrna

Fig. 4 The effect of finishing temperature T_{dov} and wall thickness of the simulated tube on the final grain size



Obr. 5 Mikrostruktura vývalku z oceli C dle laboratorních doválcovacích teplot a tloušťky stěny

Fig. 5 The microstructure of a C-steel rolled product as a function of laboratory rolling temperatures and wall thickness

Výsledky dilatometricky určené teploty fázových přeměn pro jednotlivé rychlosti ochlazování shrnuje tab. 3.

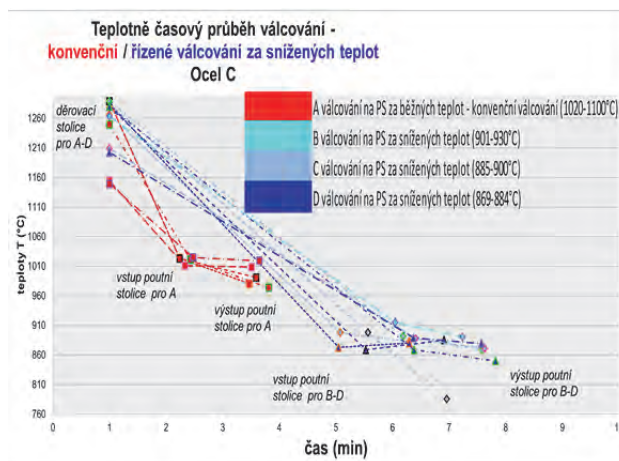
Tab. 3 Dilatometricky určené teploty fázových přeměn

Tab. 3 Dilatometrically determined phase transformation temperatures

Rychlost ochlazování	A_{r3}	A_{r1}
(°C·s ⁻¹)	(°C)	
0,2	814	657
0,7	793	636
0,2	793	628
0,7	767	616

Pevnostní vlastnosti obou ocelí vcelku mírně klesají s rostoucí tloušťkou stěny simulované trubky. Nedá se jednoznačně říci, že by snížení doválcovacích teplot vedlo k evidentnímu zvýšení meze kluzu či pevnosti.

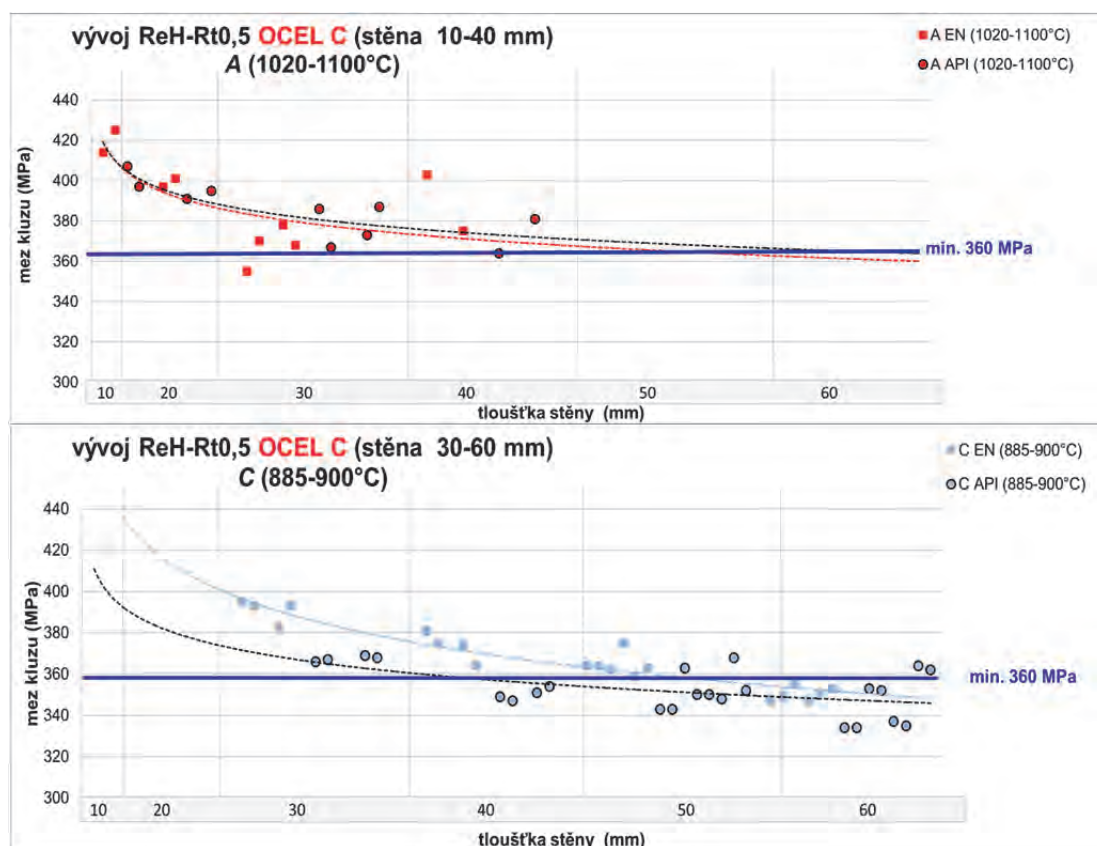
Z teplotně časového průběhu válcování na poutnické stolici tratě VM (obr. 6) a z podobnosti dosažených výsledků teplotního obrazu u termočlánekového měření po průřezu stěny části předvalku po normalizačním ohřevu lze usuzovat na stále vyšší teploty předvalku ve středu tloušťky stěny před poutnickou stolicí. Toto zjištění pak v kombinaci se zařazením následného normalizačního ohřevu v traťové krokové peci před kalibrací a řízeným ochlazováním trubek dává předpoklad tvorby nehomogenity struktury z hlediska velikosti zrna po průřezu stěny trubky.



Obr. 6 Teplotně časový průběh válcování na poutnické stolici

Fig. 6 Temperature-time course of rolling on pilger mill

U trubek po válcování byly provedeny tahové zkoušky dle metodiky ASTM A370 a EN ISO 377. Z grafů na obr. 7 je patrné, že mez kluzu u trubek s tloušťkou stěny nad 30 mm nedosahuje požadované úrovně.



Obr. 7 Ukázka výsledků Rt0.5 a ReH u tahových zkoušek dle tloušťky stěny pro oceli C

Fig. 7 Example of tensile test results (for Rt0.5 and ReH) for different wall thickness for carbon steels

Závěr

Bylo provedeno laboratorní válcování na válcovací stolici duo s kalibrovacími válci na plochých vzorcích tloušťky stěny 6,3 – 10 – 20 – 30 – 40 mm a provozní válcování trubek na poutnické stolici trubky o průměru 273 mm a tloušťky stěny 10 – 20 – 30 – 40 – 50 – 60 mm. Válcování probíhalo za různého teplotního režimu (konvenční režim v teplotním rozmezí 1050 – 1100 °C a režim řízeného válcování v teplotním rozmezí 830 – 960 °C). U laboratorních experimentů byly stanoveny i teploty fázových přeměn pomocí dilatometrického modulu plastometru Gleeble 3800, a to po třiminutové austenitizaci na teplotě 950 °C a při rychlosti ochlazování 0,2 a 0,7 °C·s⁻¹.

Došlo ke zjemnění zrna s hodnotami $G = 9 - 10$ při válcování za nižších teplot oproti hodnotám $G = 7 - 8$ u konvenčního způsobu válcování bez snížených teplot.

Zásadním zjištěním bylo, že snížení doválcovacích teplot nevede k evidentnímu zvýšení meze kluzu či pevnosti po normalizačním žihání.

Z pohledu zatížení válcovací stolice a opotřebení válců při válcování trubek s většími rozměry je přínos této technologie vzhledem k možným dodatečným nákladům na údržbu zařízení nulový.

S využitím teoretických poznatků v tvorbě mikrostruktury zaručující zvýšení pevnostních vlastností, praktických výsledků laboratorních zkoušek při simulaci tváření a ochlazování a numerického modelování fázových transformací bylo přistoupeno k návrhu a realizaci provozního zařízení pro transformaci struktury s tvorbou acikulárního feritu s žádným nebo minimálním dopadem na křehkolomové vlastnosti materiálu. Tato technologie má zvýšit pevnostní parametry ve středu tloušťky stěny bezešvých trubek.

Literatura

- [1] TUROŇ, R., DÄNEMARK, J., TUROŇOVÁ, P. Materiálově-technologický pohled na výrobu a zpracování bezešvých trubek pro zvláštní aplikace. *Hutnické listy*, 64 (2011) 4, 54–57.
- [2] PICKERING, F. B. The Formation of Sigma in Austenitic-Stainless steels, Precipitation Processes in Steel. *Iron and Steel Institute, Special Report 64* (1958) 118–124.
- [3] PAN, T., CHAI, X., SU, H., YANG, C. Precipitation Behavior of V-N Microalloyed Steel at Normalizing Process. In *Tools for Materials Science & Technology*, MS&T Pittsburgh, USA, Wiley-TMS, 1. ed., 12.-16. Oct. 2014.
- [4] API Specification 5L, 46. vyd., účinnost: 1.11.2018, Errata 1, květen 2018, 9 a 26.
- [5] SCHINDLER, I., RUSZ, S., KAWULOK, R., KAWULOK, P., OPĚLA, P. aj. *Laboratorní válcování oceli S235J2H a S355J2H simulující řízené válcování trubek*. (Závěrečná zpráva ke smlouvě o dílo HS 6061556) Ostrava: VŠB-TU Ostrava, FMMI, září 2015, s. 37.

Konstrukční a materiálová optimalizace pracovní vyzdívky nalévacích pánví v podmínkách TŽ, a.s.

Construction and Material Optimizing of Refractory Linings of Pig Iron Transfer Ladles in conditions TŽ, a.s.

Ing. Česlav Kantor¹; Ing. Jan Lasota¹; Ing. Roman Powetz¹; Ing. Milan Cieslar²

¹ REFRASIL, s.r.o., Průmyslová 720, 739 61 Třinec, Česká republika

² TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec-Staré město, Česká republika

V rámci rozšíření produkce vysocejakostních ocelí na konvertorové ocelárně v TŽ, a.s. bylo uvedeno do provozu zařízení na odsíření surového železa v nálevací pánvi. Tato nová technologie přispěla ke zvýšení sortimentu vyráběných jakostí, avšak zároveň přispěla ke snížení životnosti vyzdívky nálevací pánve. Vystal úkol najít vhodné řešení pro zvýšení životnosti vyzdívky nálevací pánve a její provozní spolehlivosti. Článek popisuje historický vývoj v oblasti konstrukčních řešení a použití různých materiálů v jednotlivých částech nálevací pánve. V článku jsou analyzovány faktory, jež ovlivňují životnost nálevacích pánví v podmínkách TŽ, a.s. Je zde prezentováno použití nového druhu materiálu na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-SiC-C}$ (ASC materiály) s pryskyřičnou vazbou. V závěru jsou shrnuty a porovnány dosažené výsledky konstrukční a materiálové optimalizace vyzdívky nalévacích pánví v TŽ, a.s.

Klíčová slova: nalévací pánev; vysocehlinité tvarovky; životnost dna a stěny; odolnost vůči korozi

In the past, new facility for desulphurization of pig iron was put in operation in converter shop in TŽ. This new technological process upgraded the level of steel production in TŽ but at the same time the service lives of pig iron ladles decreased. The main objective of the project is to find a solution for improved service lives, reliability and safety of the iron ladles. In order to optimize linings, the wear in particular zones should even. That is why, the iron ladle lining concept comprised three zones, i.e. bottom – wall (metal zone) - slag zone. Spherical ladle was to reduce the wear in the critical point of the bottom: the impact area of hot metal. The working lining of the bottom was made of andalusite and bauxite bricks. As mentioned above, the wall was divided into metal zone and slag zone. In the old days, when iron ladles served only for the transport of pig iron, the working lining of the walls was made of fireclay bricks with the Al_2O_3 content over 40 %. To increase service life of the walls, fireclay bricks were replaced by andalusite based bricks, however, later on bauxite bricks became standard. The intense desulphurization process, i.e. thermal stress and erosion (unknown to such an extent before) limit applicability of standard lining. Although fired andalusite and bauxite bricks have high thermal and oxidation resistance, they are rather easily wetted by slag and, therefore, are sensitive to corrosion. Compared to standard high alumina products for pig iron ladles, the ASC bricks show improved both corrosion resistance, in particular. Essential properties of the new product (ASC bricks) are thermal and structural spalling resistance (effect of C and SiC). Combination of the andalusite spherical bottom, the wall made of ASC bricks and repairing of linings by shootcreting, was the output of the project. Field tests, run in TŽ, confirmed that ASC bricks could level the wear, increase the service lives of the slag zone, and generally the pig iron ladles service lives up to over 1,200 heats.

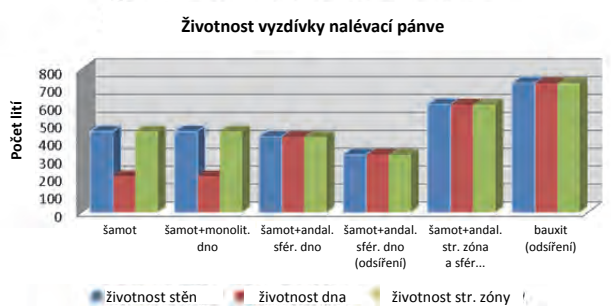
Key words: pig iron transfer ladles; high alumina bricks; lifetime of bottom and wall; corrosion resistance

Transportní nádoby pro surové železo neslouží pouze k transportu surového železa od vysoké pece k agregátu pro zkujňování, ale i ke snížení obsahu síry, fosforu a křemíku v surovém železe. Ke snížení obsahu těchto nežádoucích prvků jsou používány: okuje (ke snížení obsahu Si), CaC_2 nebo CaO v kombinaci s MgO (ke snížení obsahu S, F). Nové technologie měly významný vliv na efektivnost výroby vysokojakostních ocelí. Známý je fakt, že tyto technologické procesy probíhající v transportních nádobách (nalévací pánve, pojízdný mísič) mají negativní vliv na životnost vyzdívky těchto agregátů a jejich celkový provoz.

V roce 2008 bylo v Třineckých železárnách, a. s. (TŽ) uvedeno do provozu zařízení pro odsíření surového železa. Cílem této investiční akce bylo rozšíření možností produkce vysokojakostních ocelí na konvertorové ocelárně v TŽ. Nové technologické procesy probíhající v nálevací pánvi byly příčinou snížené životnosti vyzdívky. Životnost pracovní vyzdívky nálevací pánve je dána více faktory. Kromě provozních podmínek je životnost agregátu dána materiálovým a konstrukčním řešením vyzdívky. Dalším faktorem, který ovlivňuje provozování nálevací pánve, je technologie oprav vyzdívky v průběhu provozování tohoto agregátu.

Optimalizace vyzdívky nalévací pánve

Po uvedení zařízení pro odsíření surového železa do provozu nastal problém se sníženou životností vyzdívky nalévací pánve. Řešení tohoto problému se zaměřilo na materiálové a konstrukční řešení pracovní vyzdívky dna a stěny pánve.



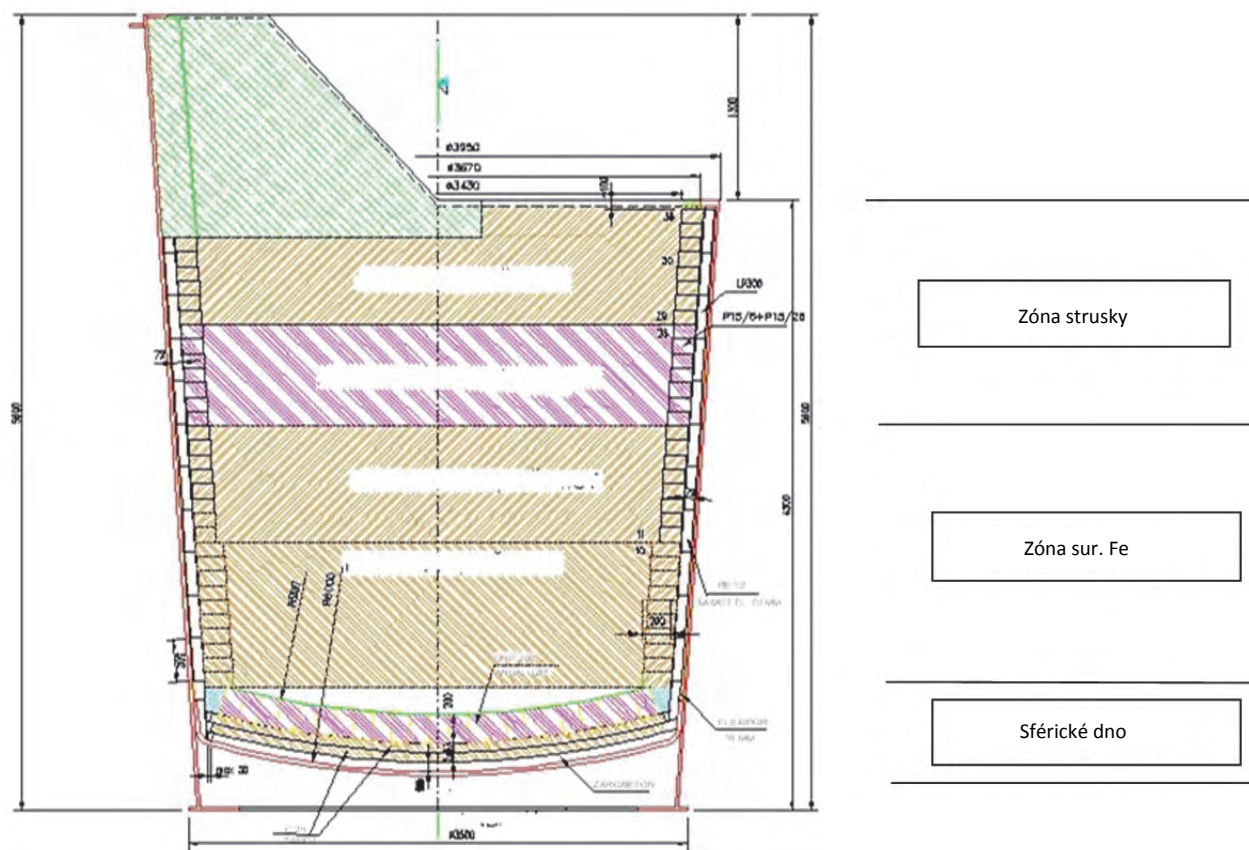
Obr. 1 Životnost dna a stěny (zóna kov a struska)
Fig. 1 Lifetime of bottom and wall (metal and slag zone)

Konstrukční řešení dna do sférického tvaru mělo eliminovat kritickou oblast, tj. oblast dopadu tekutého kovu při plnění pánve. Během provozních zkoušek byly zkoušeny tvarovky na bázi andaluzitu a bauxitu.

Stěny pánve byly rozděleny na zónu kovu a strusky. Pro vyzdění obou těchto zón byly použity tvarovky na bázi andaluzitu a bauxitu. Dosažené výsledky z provozního sledování životnosti materiálu jsou znázorněny na obr. 1.

Z obrázku je patrné, že ze všech vyzkoušených materiálů dosáhly nejdelší životnosti tvarovky zhotovené z vysocehlinitých směsí na bázi andaluzitu a bauxitu.

Ve druhé etapě optimalizace byl vývoj vyzdívky zaměřen na stěnu pánve, a to konkrétně na kritickou oblast – zónu strusky. Strusková zóna tvoří 40 % celkové plochy stěny pánve. Na základě dostupných výsledků použití různých materiálů na struskovou zónu v evropských ocelárnách a na základě laboratorních testů byly použity nepálené tvarovky na bázi Al_2O_3 -(SiO_2)-SiC-C (ASC materiály) s pryskyřičnou vazbou. Vyzdívka nalévací pánve je znázorněna na obr. 2.



Obr. 2 Nalévací pánve na surové železo
Fig. 2 Pig iron transfer ladle

ASC materiály

ASC materiály, jejichž chemické složení udává tab. 1, ve srovnání s šamotovými nebo vysocehlinitými tvarovkami mají větší odolnost vůči korozi a zároveň lépe snášejí

tepelné šoky. Vlivem působení grafitu a SiC je dominantní vlastností ASC tvarovek vysoká odolnost proti korozi a odlupování. Grafit se vyznačuje chemickou odolností, vysokou tepelnou vodivostí a zároveň nízkou roztažností, což je podmínkou pro zmíněnou odolnost

vůči korozi a odlupování. SiC plní zároveň roli antioxidantu a brání spalování C uvnitř tvarovek.

ASC materiály jsou používány v různých modifikacích, v různých částech vyzdívky. Modifikace mají zvýraznit nebo naopak zredukovat některou vlastnost důležitou pro danou zónu. Například oxidace SiC na povrchu tvarovek je důležitá pro tvorbu ochranné vrstvy.

Tab. 1 Parametry ASC materiálů tří výrobců A, B, C

Tab. 1 Propertis of ASC materials of three producers A, B, C

Parametry	Jednotka	Výrobce		
		A	B	C
Al ₂ O ₃	(%)	77,0	77,0	73,0
SiO ₂		11,0	7,0	6,5
SiC		5,0	10,0	7,0
C		7,0	12,0	9,0
OH*	(g·cm ⁻³)	3,00	2,80	2,78
PZ**	(%)	9,0	7,0	10,9
PTL***	(MPa)	90	50	35

Poznámka: *objemová hmotnost, ** pórovitost zdánlivá, *** pevnost v tlaku za studena.

Tepelná vodivost ASC materiálu dosahuje hodnoty 1,7 – 2,1 W·m⁻¹·K⁻¹ při teplotě 800 °C, a je tedy vyšší ve srovnání s pálenými šamotovými nebo vysocelnitými tvarovkami. Tuto vlastnost je nutné kompenzovat použitím vhodných izolačních materiálů při zdění pánve.

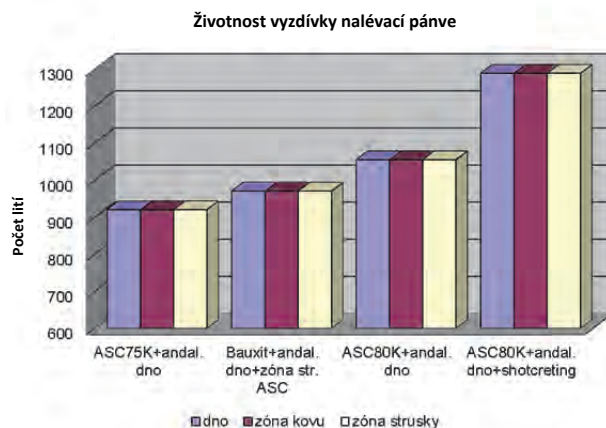
Použití kovového Al jako antioxidantu pro ochranu grafitu významně zvyšuje odolnost proti průniku strusky do vyzdívky. Al má vysokou afinitu ke kyslíku, reaguje s SiO₂ za přítomnosti C přičemž vzniká Al₂O₃ a SiC. Přítomnost C a SiC zabraňuje průniku strusky do vyzdívky.

Použití ASC materiálů

Vlastnosti ASC materiálů byly ověřeny na konvertorové ocelárně v TŽ. Jejich testování probíhalo ve třech etapách. Jako první byla testována následující varianta: andaluzitové sférické dno, stěny vyzděny ASC75K materiálem – dosažená životnost 920 lití. Druhá etapa byla realizována v kombinaci andaluzitové sférické dno – stěna (zóna tekutého kovu) bauxitová – stěna (strusková část) ASC materiál – dosažená životnost 970 lití. Třetí etapa – andaluzitové sférické dno, stěny vyzděny ASC80K materiálem (vylepšená verze ASC75K) – dosažená životnost 1055 lití.

Jak již bylo výše zmíněno, životnost vyzdívky nalévací pánve ovlivňuje také použitá technologie oprav. S cílem

navýšit životnost nalévací pánve je od roku 2014 aplikována opravářská hmota na pracovní vyzdívku (shotcreting) v době odstavení pánve. Hmota je aplikována většínou 2× během životnosti vyzdívky, a to po cca 600 tavebách a následně po cca 900 tavebách. Dosažené výsledky jsou znázorněny na obr. 3. Z obrázku je zřejmé, že použití opravářských hmot výrazně navyšuje životnost vyzdívky nalévacích pánví v podmínkách TŽ, a. s.



Obr. 3 Životnost dna, stěny (zóna kov a zóna struska)

Fig. 3 Lifetime of bottom and wall (metal and slag zones)

Závěr

Po uvedení zařízení pro odsíření surového železa do provozu vznikl problém se sníženou životností pracovní vyzdívky nalévacích pánví. Snížená životnost byla řešena konstrukční a materiálovou optimalizací vyzdívky. Cílem této akce bylo eliminovat sníženou životnost pracovní vyzdívky provozovaných pánví po zavedení procesu odsíření na ocelárně v TŽ. Nejlepším řešením v podmínkách třínekové ocelárny je kombinace vyzdívky: sférické andaluzitové dno – stěna vyzděna tvarovkami na bázi ASC materiálu a aplikace opravářských hmot během odstavení pánve. Dosažené výsledky životnosti vyzdívek od doby zavedení procesu odsíření surového železa jsou 320 až 1288 lití, což představuje významné zlepšení provozování nalévacích pánví. Maximum odlitých taveb 1288 představuje historicky nejlepší provozní výsledek.

Literatura

- [1] NARUSE, Y. Trends of Steelmaking Refractories. *Transactions ISIJ*, 24 (1984), 783–798.
- [2] TOMŠŮ, F., PALČO, Š. ASC a AMC záruzdorné materiály. Bratislava (2011).
- [3] HONG, L., SAHAJWALLA, V. High temperature performance of Al₂O₃-2007, *Iron and Steel Technology Conference*, 1 (2007).

Systém měření vnitřní geometrie průvlatku optickým zařízením

The Internal Geometry Measuring Dies System by an Optical Device

Jaroslav Stratil

ŽDB DRÁTOVNA a.s., Jeremenkova 66, Pudlov, 735 51 Bohumín, Česká republika

Výroba tažných průvlatků ze slinutých karbidů je z pohledu času a počtu technologických operací velmi náročný proces. Vnitřní geometrie jádra průvlatku, která je klíčový parametr, se tvoří v poslední fázi výroby. Pokud ve finální fázi výroby proběhne nepřesné obrobení, dochází tedy k velkým ekonomickým ztrátám. Tomu lze předcházet přesnějším měřením v průběhu výrobního procesu. ŽDB DRÁTOVNA a.s. je společnost, která má více než 130letou tradici s důrazem na kvalitu vyrobených drátů. Nárok na kvalitu taženého drátu ze strany jejich odběratelů stále rostou, a proto je nutno hledat další možnosti vývoje za pomoci modernizace. Vzhledem k tomu, že ŽDB DRÁTOVNA a.s. disponuje i provozem, který vyrábí průvlatky ze slinutých karbidů wolframu a zásobuje jimi plně všechny své tažirenské provozy, je stejný důraz kladen i na tento nástroj, jehož kvalita se promítá na finálním drátu. Jedna z možností, jak zlepšit kvalitu průvlatků určených pro tažení drátů, byla modernizace měření vnitřní geometrie průvlatku.

Klíčová slova: průvlak; karbid wolframu; slinování; optické měření

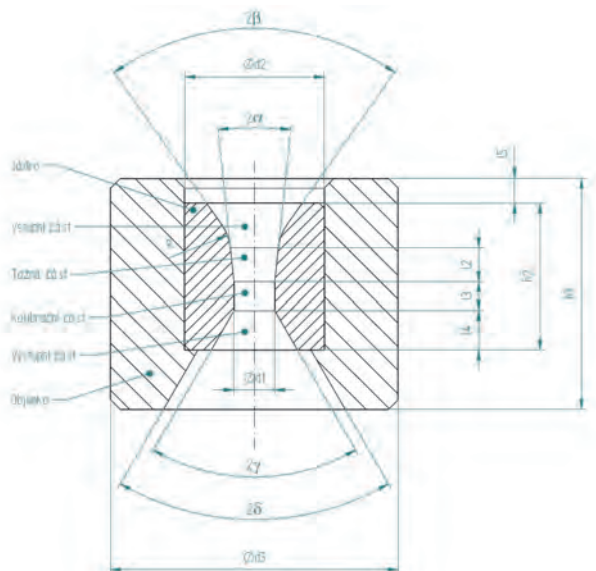
From the point of time view and technological operations, the production of the drawing dies from sintered carbide is very demanding production process, and the key parameter - internal core geometry is formed in the final phase of production. There is a significant economic loss in case of the inaccurate final machining process. This inaccurate final machining process can be avoided by more accurate measurement during the manufacturing process. ŽDB Drátovna a.s. is a company with more than 130 year tradition with an emphasis on quality and production of the wires, and because the customer demands and requirements are still increasing, so it is necessary to look for opportunities for development through modernization. ŽDB Drátovna a.s. has its own production of drawing dies from sintered wolfram-carbide and supplies dies to all own drawing plants. Therefore drawing dies are produced with a big emphasis on quality because the quality is reflected on the final drawn wire. One of the option to improve quality of the wire drawing dies is a modernization on the field of measurement of internal dies geometry. With this intention was acquired optical measuring device Conoptica which using laser technology to capture individual parameters inside of die core. The software is able to calculate the length of the calibration part, or angle of the drawing part of the die, for example. In the past all the geometry measurements were performed by analogous way using device PS 200M from company Sandvic. A needle was placed into the die to carry the internal geometry profile on the paper. Subsequently had to be used a template for subtraction of the core tensile angle with an accuracy $\pm 0,1^\circ$. Currently we are able to measure with an accuracy $\pm 0,1^\circ$. For measuring of the calibration cylinder diameter was needed to use calibers of the appropriate size. Using a caliber was not possible to detect the ovality of the bearing (calibration cylinder), or possible offset to the die case. Currently these deviations can be numerically monitored. The new measuring device now allows a very accurate diameter and ovality on 0,0001mm. All measurements can be done on final die even during its production. Regular evaluation shows that the costs of acquiring optical measurement equipment was return over a five-year period.

Key words: drawing die; tungsten carbide; sintering; optical measurement

Pracovním nástrojem pro tažení ocelových drátů je tzv. průvlak (obr. 1), který je umístěn v tažném boxu linky určené k tažení drátu. Za permanentního mazání tažným práškem dochází v tomto nástroji k redukci průřezu drátu. Průvlak, určený k tažení ocelového drátu, se skládá z ocelové objímky a jádra z karbidu wolframu, případně diamantu. Samotné jádro průvlatku je z pohledu vnitřní geometrie rozděleno do několika částí, které přímo ovlivňují mechanické vlastnosti drátu. Dvě hlavní část jsou tažná a kalibrační. Zde se nastavuje úhel, délka tažného kužele, délka kalibrační části a průměr kalibračního válce včetně jeho ovality a vyosení vůči ose průvlatkové objímky.

Tvrdokovová směs, která se používá pro výrobu průvlatkových jader je tvořena z karbidu wolframu s příměsí 4 – 10 % kobaltu jako pojiva. Po procesu slinování se u těchto směsí pohybuje tvrdost v rozmezí 1350 – 1850 HV30. U některých směsí může být přidán dle aplikace i TiC + TaNbC. Tento prášek je nutno za pomoci matrice a lisu ztuhnout do surového stavu tak, aby byl při finálním procesu výrobek minimálně broušen. Soudržnost materiálu před lisováním zaručuje plastifikátor, např. parafín, který v určitém množství tato směs také obsahuje. Dalším krokem výroby je slinování vylisované směsi ve vakuové peci, kde se plastifikátor

vypařuje. Při teplotě 1450 °C dochází k natavení kobaltu, který nasatí směs jemných částic karbidu wolframu. Kobalt rozpouští malou část karbidu a ta opět při ochlazení samostatně vykryštalizuje [1]. Slinutý surogát je poté připraven k finálnímu broušení a leštění, které mu dává požadované finální parametry vnitřní geometrie.



Obr. 1 Geometrie tažného průvlatku
Fig. 1 Drawing die geometry

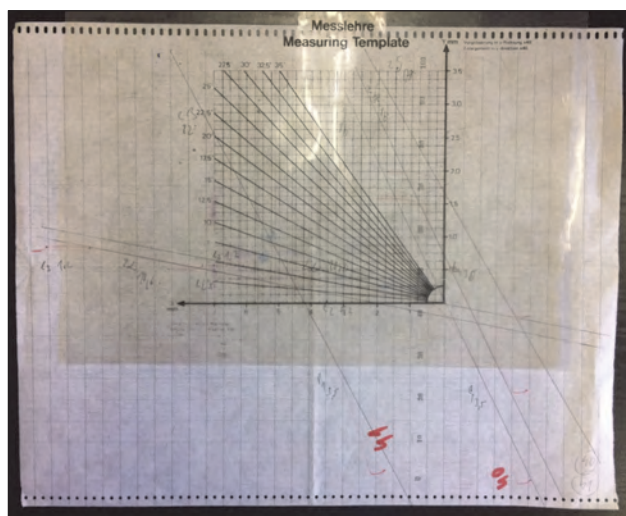
Měření vnitřní geometrie

V minulosti bylo možno kontrolovat úhel tažného kužele a délku kalibru pouze analogovou metodou. K tomu sloužil měřicí přístroj Sandvik PS 200M (obr. 2). Do průvlatku se umístila jehla, která přenášela v měřítku profil vnitřní geometrie na papír (obr. 3) a poté se za pomoci šablony měřil úhel s přesností $\pm 1^\circ$ (nyní $\pm 0,1^\circ$) a délka tažného kužele. Průvlatky s vnitřním průměrem pod 0,5 mm nebylo možno tímto způsobem analyzovat vůbec.

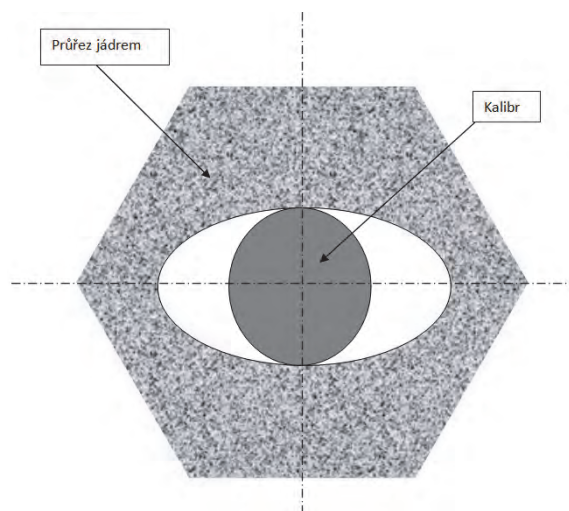


Obr. 2 Měřicí zařízení SANDVIK PS 200M
Fig. 2 Measuring device SANDVIK PS 200M

Nejdůležitějším rozměrem celého průvlatku je vnitřní průměr kalibračního válce. Tento parametr bylo možno zjistit vložním příslušného kalibru (válečkové měrky) se jmenovitým průměrem. Tolerance průměru se tímto způsobem měření pohybovala v řádech setin milimetrů. Při použití kalibru ale nebylo možné zjistit, s jakou ovalitou (obr. 4) byl vnitřní průměr nabroušen, protože prošel pouze v případě, že malá poloosa pomyslné elipsy měla požadovaný rozměr. Vychýlení osy kalibračního válce nebylo možno odhalit vůbec. Jelikož se v minulosti kontrolovaly hotové průvlatky pouze kalibrem, docházelo k situacím, že vnitřní průměr jádra zdánlivě vyhověl, ale pro tažení drátu byl nepoužitelný. Vadný průvlak byl odhalen až při provozní aplikaci.



Obr. 3 Příklad protokolu z měření
Fig. 3 Measurement protocol

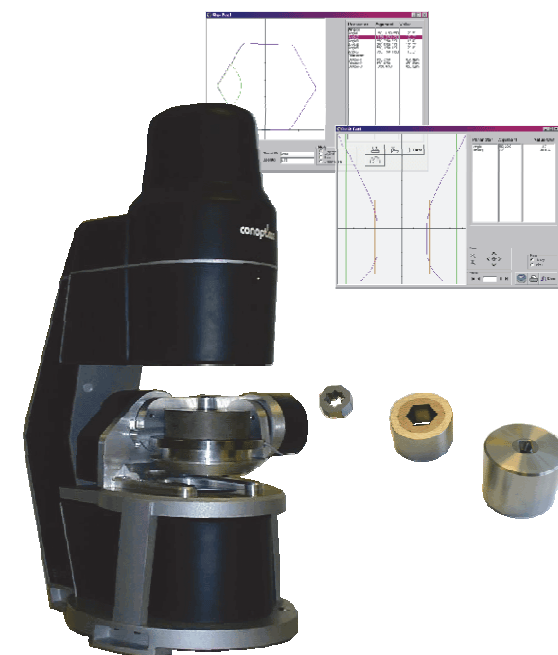


Obr. 4 Ovalita kalibračního válce
Fig. 4 Cylinder ovality

Rozvoj měřicí metody

V roce 2013 se společnost ŽDB DRÁTOVNA a.s. rozhodla investovat do zařízení využívající nejnovější technologie, které jsou dostupné v současné době.

V minulosti se využívalo kalibrů a analogových metod ke zjištění základních parametrů průvlastu. Rozlišovací schopnost tímto způsobem však byla naprosto nevyhovující. Za pomoci kalibrů pracovník byl schopen zjistit, zda je průvlast vyroben s požadovaným vnitřním průměrem, ale nebyl schopen odhalit případnou ovalitu. Kalibry bylo nutno pořizovat v rozměrech pro kompletní škálu rozměrů odstupňovaných po setinách milimetrů a cena celé sady se pohybovala ročně v řádech stovek tisíců korun. Horší kvalita vyrobených průvlastů, které prošly výstupní kontrolou, byla mnohdy odhalena až při použití ve výrobě taženého drátu. Proto se přistoupilo k pořízení dvou optických zařízení od norské firmy Conoptica (obr. 5), na kterých lze měřit kompletní sortiment průvlastů s kruhovým i profilovým otvorem. Současně bylo pořízeno i zařízení, které využívá optické metody měření k třídění průvlastů dle požadovaných tolerancí [2]. Zařízení pracuje v automatizovaném režimu a tímto způsobem se krátí doba broušení. Přístroj separuje hotové průvlasty od rozpracovaných a současně určuje i stupeň rozpracovanosti. Zařízení Conoptica CU11 pracuje v rozsahu průměrů 0,02 – 7,00 mm, CU20 v rozsahu průměrů 0,8 – 54,0 mm a třídící zařízení CU4 v rozsahu průměrů 0,02 – 7,00 mm. Geometrie průvlastu se rozděluje do čtyř hlavních částí, a to vstupní, tažné, kalibrační a výstupní. U tažné části se měří úhel a délka tažného kužele a dále délka, průměr a ovalita tažného (kalibračního) válce. Vzhledem k principu měření lze zjistit možné odchýlení osy tažného kužele od osy celého průvlastu, které může mít za následek vliv na vnitřní pnutí v taženém drátu. Optické zařízení Conoptica naklání vložený průvlast v horizontální ose pod úhlem, který lze uživatelsky měnit. Za pomoci laseru promítá profil stěny na snímací senzor umístěný pod optikou, kterou lze nastavit do několika úrovní zvětšení.

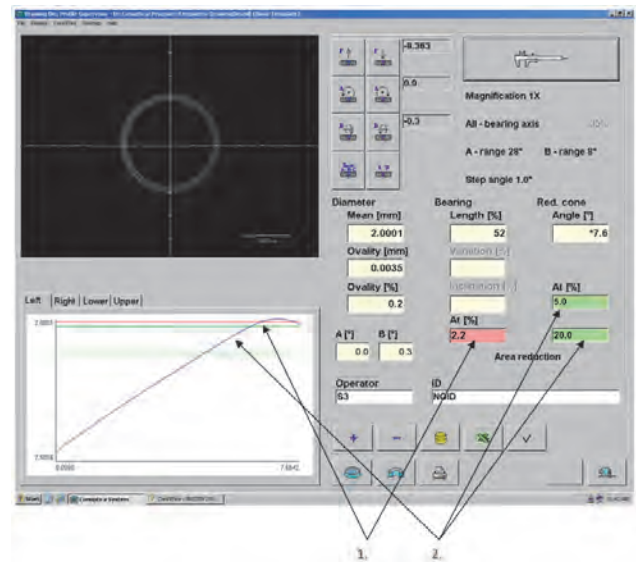


Obr. 5 Měřicí zařízení Conoptica CU20
Fig. 5 Measuring device Conoptica CU20

Postup měření a vyhodnocování

Měřicí přístroj CU11 a CU20 využívá laserový paprsek k prosvícení vnitřního profilu průvlastu, který je snímán optickým senzorem. V průběhu prosvěcování je průvlast nakláněn ve čtyřech osách, a tím zařízení získává statisticky nej přesnější data o vnitřní geometrii. Počet os a úhel naklonění lze uživatelsky měnit. Po ukončení měření je zobrazen na monitoru výsledek měření v číselné i grafické podobě s možností tisku protokolu o měření.

Pro správné měření musí obsluha umístit průvlast na elektromagnetický držák a za pomoci náhledu vycentrovat střed díry do středu naznačeného kříže na obrazovce. Dále je nutno zvolit vhodné zvětšení a případně nastavit hranice „At“ (zelená hranice pro měření úhlu tažného kužele). Nastavením „At“ jsou stanoveny hranice 5 % a 20 % CU11, 10 % a 25 % CU20 (obr. 6). V případě, že nemá linie 2 uvnitř zelených hranic přímý směr, musí dojít ke korekci, aby nedošlo ke zkreslení měření úhlu. Možné úpravy jsou posunutí hranice, nebo zvětšené rozpětí. Toto platí u obou zařízení.



Obr. 6 Nastavení hranice „At“
Fig. 6 Border setting „At“

Nastavením „At“ (červená hranice pro měření a výpočet kalibračního válce) je pevně stanoveno 2,2 % u zařízení CU20. Zařízení CU11 má standardně nastaveno 2,2 %, ale v případě, že se nenachází červená hranice v bodě, kde končí tažný kužel (linie 1), je nutná korekce. Nastavení je částečně závislé na obsluze, která posuzuje daný graf. Stiskem ikony se symbolem posuvky se potvrdí nastavené hodnoty a zahájí se měření. Veškerá nastavení byla analogově ověřena na zařízení Sandvik PS 200M.

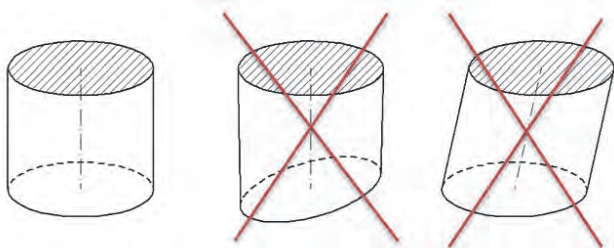
Pro zajištění maximální přesnosti měření dochází k pravidelné kalibraci obsluhou. Po vložení kalibračního průvlastu lze spustit automatickou kalibraci, která je zakončena záznamem naměřených hodnot. Jednou ročně se provádí velká kalibrace pracovníkem firmy Conoptica, který dále prohlíží stav mechanických částí a aktualizuje software. Výsledkem odborné kalibrace je kalibrační

atest, ve kterém je mimo jiné i záznam o odchylkách, které prokazují stav zařízení po dlouhodobém užívání.

Dílčí výsledky a diskuse

V prvním roce provozu zařízení se projevilo snížení produktivity při výrobě průvleků, které bylo způsobeno zaučováním obsluhy, a paradoxně také větší rozlišovací schopností měřicího zařízení tím, že více odhaluje nedostatky geometrie průvleků, které při starém způsobu měření nebyly patrné. Nyní je stoprocentně kontrolována produkce průvleků, a to i během broušení, které zaručuje maximální kvalitu a přesnost vnitřní geometrie průvleku. Nejmarkantnější přínos je patrný při výrobě ocelových kordů do pneumatik, kde byl výrazně snížen počet přetrhů na vyrobenou tunu, které způsobovaly dlouhé provozní prostoje. Pravidelné vyhodnocování ukázalo, že náklady na pořízení zařízení pro optické měření byly navraceny v období pěti let. Nyní měřicí zařízení šetří náklady na pořízení měřicích kalibrů, které bylo dříve nezbytné používat, a současně byl snížen počet vadných kusů průvleků, které bylo nutno přepracovat.

Pořízení nového měřicího zařízení mělo zásadní dopad na neshodnou výrobu. Výkonová norma produkce průvleků určených pro výrobu ocelových kordů do pneumatik byla sice snížena o 30 % za směnu, zato nyní vnitřní geometrie 100% vyhovuje předepsaným hodnotám. Zároveň, se do procesu výroby drátu nedostane žádný kus průvleku, který by vykazoval vyosení jádra vůči ose pouzdra. Dalším parametrem, který je nyní možno sledovat, je souosost jádra s pouzdrem průvleku. Lze určit, zda je jádro vychýleno z osy, nebo má dokonce nerovnoměrný kalibrační kužel. Vychýlení může způsobit kovová tříška nebo okuj na dně otvoru pouzdra z předchozích technologických operací. Při tažení drátu se pak tato vada projevuje zbytkovým vnitřním pnutím drátu, které je nežádoucí a způsobuje potíže při dalším zpracování. Příkladem jsou ohýbané drátěné díly, které po vsazení do šablony vykazují tvarové odchylky (obr. 7).



Obr. 7 Příklady tvarových odchylek kalibračního válce
Fig. 7 Example of shape deviations of the calibration cylinder

Ve srovnání s rokem 2013, kdy byly zahájena implantace měřicího zařízení, klesla spotřeba průvleků v provozu Ocelové kordy a snížila se spotřeba průvleků za současného zvýšení kvality vyráběného drátu. To vedlo k poklesu počtu přetrhů drátů v procesu slaňování ocelových kordů. Samozřejmě se snížením počtu přetrhů během slaňování vzrostlo využití strojů a navýšilo celkovou kapacitu výrobního zařízení. Na tažení drátu bylo možné v rámci údržby stanovit prediktivní periodu výměn celých sad průvleků. Tím bylo zabráněno neočekávaným výměnám a prostojům.

Tab. 1 Srovnání provozně-ekonomických parametrů v jednotlivých letech využívání optického měření (%)

Tab. 1 Comparison of operational-economical parameters in individual years of using of optical measuring (%)

Rok , používání	Pokles spotřeby průvleků	Pokles počtu přetrhů při slaňování kordů	Zvýšení využití strojů
1.	39	43	12,5
2.	35	25	6
3. a 4.	22	20	0*

* Z důvodu jiných příčin došlo k poklesu využití slaňovacího stroje

Závěr

Nové měřicí zařízení Conoptica dovoluje přesnější měření průměru na 0,0001 mm a odhalení ovality na 0,0001 mm. Dále je schopno přesného měření délky kalibračního válce (v minulosti nepřesné) a měření tažného úhlu s tolerancí na 0,1°. Dovoluje docílit souosost jádra s pouzdrem průvleku a celkově dosahuje vyšší přesnosti měření. Využívá se při mezioperační kontrole brusice pro snížení vnitřní neshodné výroby. V neposlední řadě, se projevilo nové zařízení v nákladech na měření s pětiletou návratností.

Literatura

- [1] AGTE, C., PETRDLÍK, M. *Tvrdé kovy, přehled výroby a vlastností slinutých karbidů*. Technická příručka, Praha: ROH-PRÁCE-vydavatelství knih, 1951.
- [2] Conoptica AS, dostupné na <http://www.conoptica.com>

Zprávy z Ocelářské unie a.s.

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2018 a 2019

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	leden	únor	leden-únor	leden		únor		leden-únor	
	2018	2019	2019	2018	2019/18	2018	2019/18	2018	2019/18
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
KOKS									
ČR	155,23	143,89	299,12	159,39	97,39	138,91	103,59	298,30	100,28
AGLOMERÁT									
ČR	424,97	417,68	842,65	531,20	80,00	501,47	83,29	1 032,67	81,60
SUROVÉ ŽELEZO									
ČR	352,31	310,77	663,07	363,08	97,03	330,59	94,00	693,67	95,59
SUROVÁ OCEL									
ČR	439,67	397,53	837,20	434,45	101,20	399,15	99,60	833,60	100,43
KONTISLITKY									
ČR	407,48	366,45	773,93	408,78	99,68	375,24	97,66	784,03	98,71
BLOKOVNY									
ČR	53,86	53,86	107,72	45,30	118,91	47,93	112,38	93,23	115,55
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
ČR	438,88	380,04	818,92	468,81	93,61	430,87	88,20	899,68	91,02
TRUBKY									
ČR	30,12	35,19	65,31	44,71	67,38	38,87	90,52	83,58	78,14
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
ČR	21,68	16,82	38,50	20,51	105,70	17,38	96,80	37,89	101,62
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
ČR	1,38	1,07	2,45	1,37	100,73	1,16	92,18	2,54	96,80

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha - Ondřej Štec

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2018 a 2019

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	únor	březen	leden- březen	únor		březen		leden-březen	
	2018	2019	2019	2018	2019/18	2018	2019/18	2018	2019/18
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
KOKS									
ČR	143,89	153,83	452,95	138,91	103,59	154,45	99,60	452,75	100,04
AGLOMERÁT									
ČR	417,68	459,91	1 302,56	501,47	83,29	535,04	85,96	1 567,71	83,09
SUROVÉ ŽELEZO									
ČR	310,77	321,94	985,01	330,59	94,00	355,57	90,54	1 049,24	93,88
SUROVÁ OCEL									
ČR	397,53	395,28	1 232,49	399,15	99,60	420,58	93,99	1 254,18	98,27
KONTISLITKY									
ČR	366,45	365,57	1 139,50	375,24	97,66	397,31	92,01	1 181,34	96,46
BLOKOVNY									
ČR	53,86	48,90	156,62	47,93	112,38	52,91	92,41	146,14	107,17
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
ČR	380,04	427,39	1 246,31	430,87	88,20	474,89	90,00	1 374,57	90,67
TRUBKY									
ČR	35,19	39,43	104,74	38,87	90,52	39,55	99,69	123,13	85,06
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
ČR	16,82	18,18	56,67	17,38	96,80	19,99	90,93	57,88	97,92
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
ČR	1,07	1,19	3,64	1,16	92,18	1,26	94,22	3,80	95,94

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

Zpracoval: Ocelářská unie a.s. Praha - Ondřej Štec

Z hospodářské činnosti podniků, institucí a řešitelských pracovišť

Třinecké železářny na prahu nové éry větrné energetiky

Dr. Michal Buryan

BOHEMIA RINGS s.r.o., Zámorsk 10, 565 43 Zámorsk, Česká republika

Třinecké železářny, a.s. svou loňskou akvizicí společnosti Bohemia Rings s.r.o., dříve Brück AM s.r.o., se sídlem a výrobním závodem ve východočeském Zámorsku, vstoupily do dalšího průmyslového oboru – větrné energetiky. Bohemia Rings vyrábí za tepla válcované bezešvé ocelové kruhy do průměru 4000 mm a jejím hlavním odbytištěm je právě tento sektor. Tento článek je vedle představení výrobně-technologických možností společnosti Bohemia Rings zaměřen na historický vývoj a aktuální trendy ve větrné energetice.

Třinecké železářny, a.s. svou loňskou akvizicí společnosti Bohemia Rings s.r.o., dříve Brück AM s.r.o., se sídlem a výrobním závodem ve východočeském Zámorsku, vstoupily do dalšího průmyslového oboru – větrné energetiky. Bohemia Rings vyrábí za tepla válcované bezešvé ocelové kruhy do průměru 4000 mm a jejím hlavním odbytištěm je právě tento sektor. Tento článek je vedle představení výrobně-technologických možností společnosti Bohemia Rings zaměřen na historický vývoj a aktuální trendy ve větrné energetice.

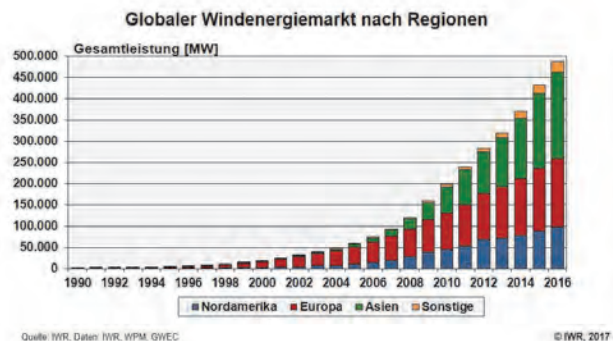
Bohemia Rings

Za tepla válcované bezešvé ocelové kruhy jsou dodávány s rozličnou mírou jejich dalšího zpracování formou třískového obrábění. Jako vstupní materiál slouží výhradně kruhové formáty ocelových předlitků ve formě ingotů nebo kontislitků. Po loňském uvedení kontilitů pro bloky o průměru 600 mm v Třineckých železárnách, a.s. do provozu se společnost může opřít o vysoce kvalitní třineckou ocel pro téměř kompletní portfolio vyráběných artiklů pro větrnou energetiku. Jedná se o komponenty pro ložiska větrných elektráren, převážně listová ložiska, dále azimutová ložiska a hřídelová ložiska. Celková roční produkce Bohemia Rings činí cca 20 000 kroužků o průměrech od 500 mm do 4 m, z čehož přibližně jedna polovina, tedy 10 000 kroužků, nachází uplatnění ve výše uvedených typech ložisek pro větrnou energetiku. Vzhledem k tomu, že se u těchto artiklů jedná o kroužky o průměrech 2 m a větších, představuje tato část produkce významný podíl na produkované tonáži. Vyjádřeno tedy v podílu na celkových tržbách společnosti, tvoří produkce pro sektor větrné energetiky více než 80 %. Z povahy technologie a výrobních zařízení, kterými Bohemia Rings disponuje, zůstane i do budoucna sektor větrné energetiky pro společnost stěžejním průmyslovým odvětvím.

Pohled do historie

Samotná myšlenka využití energie z proudící vzduchové hmoty je stará několik staletí, kdy větrné mlýny sloužily k přeměně větrné energie na mechanickou práci. Větrná energetika, jak ji známe dnes, se řadí mezi vůbec nejmladší průmyslové obory. Její počátky lze nalézt v sedmdesátých letech – v době ropných krizí. Tehdy se začaly rozšiřovat úvahy o využití alternativních zdrojů energie vedoucích ke snížení energetické závislosti na fosilních palivech. V té době se také řada strojírenských koncernů (Siemens, General Electric atd.), ale také menších společností vyrábějících energetická zařízení (např. Vestas), začala věnovat vývoji technologií pro větrné elektrárny a formovat toto průmyslové odvětví. Další výrobci, dnes již etablovaní giganti v oboru (Enercon, Senvion, Nordex, Goldwind a řada dalších), vstoupili na trh ke konci 80. a v průběhu 90. let minulého století. Počátky sériové výroby větrných generátorů lze tedy datovat na přelom těchto let. V té době měly generátory jmenovitý výkon 250 – 400 kW a průměr rotoru 30 – 40 m.

Je bezpochyby, že bez státní podpory by vznik a rozvoj tohoto oboru nebyl vůbec možný. První instalace větrných parků probíhaly v Německu a v Kalifornii, tedy v zemích, které jako první zavedly subvence pro podporu této technologie. Ke státní podpoře přistoupila v průběhu následujících let celá řada dalších vyspělých ekonomik, což umožnilo rychlý rozvoj tohoto oboru. Rostl nejen počet výrobců větrných generátorů, ale také jejich velikost a efektivita. Dnes začínají větrné generátory na jmenovitém výkonu 2 MW a průměry rotorů se pohybují od 100 m a více. Celkový instalovaný výkon ve světě tak dosahuje vysokých hodnot, jak ukazuje obr. 1.



Obr. 1 Globální instalovaný výkon větrných elektráren dle regionů podle [1]

Diagram na obr. 1 vyjadřuje vývoj celkového instalovaného výkonu ve větrné energetice v průběhu posledních tří dekád s rozdělením dle regionů. Z diagramu je patrné, že do roku 2008 bylo nejvíce instalovaného výkonu z větrné energie v Evropě, tedy převážně díky subvencím a garancím výkupních cen tzv. zelené energie. V posledních deseti letech zažívá větrná energetika prudký rozmach v Asii, především Číně a Indii. Novým regionem, kde se začíná větrná energetika prosazovat, je jižní Amerika.

Větrná energetika dnes

Z uvedeného diagramu taktéž vyplývá, že přibližně jednou za pět let dojde ke zdvojnásobení instalovaného výkonu větrných elektráren. V roce 2017 činil celkový instalovaný výkon 539 GW, což odpovídá cca 3,5 % celosvětové spotřeby elektrické energie. Pro srovnání, v Evropské unii činí tento poměr 11,6 %. Na absolutní špici je Dánsko, země, která je považována za kolébkou větrné energetiky a kde sídlí největší výrobce větrných elektráren Vestas. Zde je z větrné energie kryta téměř polovina celkové produkce elektrické energie [2].

Hodnocení produkce větrných elektráren počtem vyrobených jednotek, ukazuje, že k jejímu zdvojnásobení dochází přibližně jednou za osm let. Tato disproporce je dána stále rostoucím jmenovitým výkonem na jednotku větrného generátoru. Dnes jsou nejprodávanejšími typy elektrárny o výkonu 2,0 – 2,3 MW a průměru rotoru 100 – 116 m [3].

Problémy s kolísajícím zatížením elektrických rozvodných sítí a hrozba jejich kolapsu z 90. let jsou minulostí. Průměry rotorů se od té doby téměř ztrojnásobily, což dnes umožňuje výrobu elektrické energie i při nízkých rychlostech proudění vzduchu. S vývojem technologie a neustálým snižováním výrobních nákladů se provoz větrných elektráren dnes stává stále více nezávislý na dotacích ve formě garantovaných výkupních cen elektřiny. Novým trendem jsou elektronické aukce, kde zájemci o provozování větrných aukcí soutěží o co nejnižší státní podporu. Například společnost EnBW, německý dodavatel energie, vysoutěžil v roce 2018 instalaci a provoz větrného parku off-shore zcela bez subvencí, takže

bude dodávat elektrický proud do sítě za aktuální tržní ceny [4] Tento případ dokazuje, že větrná energetika je díky dostatečně vyvinuté a době se prosazující technologii s živostností agregátů více než 20 let na cestě k plné konkurenceschopnosti s tradičními zdroji energie. Nově zřízené větrné elektrárny vyrábějí elektřinu již dnes levněji, než např. nově vybudované uhelné elektrárny.

Větrné elektrárny mají dnes modulární koncepci, tzn. jeden typ generátoru s daným jmenovitým výkonem je možné osadit několika typy rotorů o rozdílné velikosti, čímž lze elektrárnu pro danou lokalitu výstavby optimálně navrhnout. Například elektrárny o výkonu 3,5 MW mohou být osazeny rotory o průměrech od 100 do 140 m. Velikost rotoru má pak logicky vliv velikost použitých listových ložisek. Například pro rotory o průměru 132 m vyrábí Bohemia Rings ložiskové kroužky o středním průměru 2,9 m. Jestliže je průměrný výkon jednoho, v současnosti vyrobeného větrného generátoru 2,5 MW, činí celosvětová produkce přibližně 20 tisíc elektráren. Z toho vyplývá celková potřeba kroužků pro listová a azimutová ložiska v počtu 160 000 kusů. Tato ložiska jsou v drtivé většině případů konstruována jako dvoukomponentová ložiska. Trinecká ocel je tak v podobě ložiskového kroužku Bohemia Rings součástí každé šestnácté větrné elektrárny na světě.

Výhled do budoucna

V současné době se větrná energetika nachází ve fázi změny. Důvodem je postupné utlumování subvencí a již zmiňované elektronické aukce. Tato opatření, kterých jsme svědky asi od roku 2016, vyvíjejí u dodavatelů tlak na snižování výrobních nákladů a ceny napříč celým dodavatelským řetězcem. V posledních dvou letech byli výrobci větrných generátorů nuceni snižovat stavy zaměstnanců, zavádět úsporná opatření a relokovat výrobu. Není také vyloučeno, že v následující době dojde mezi výrobci větrných elektráren k dalším akvizicím nebo fúzím.

Na druhou stranu se vlivem rostoucí konkurence-schopnosti větrné energie otevírá prostor k výstavbě větrných parků v regionech a zemích, které žádnou formu podpory regenerativních zdrojů energie nenabízejí. O stále rostoucí potřebě elektrické energie není pochyb. Z větrné energie se tak dnes stává zcela soběstačný, nezávislý a perspektivní zdroj energie. Dle predikce organizace GWEC (Global Wind Energy Council) lze v roce 2019 opět očekávat růst vyprodukovaného globálního výkonu a prolomení jeho hranice na hodnotu 60 GW v roce 2020.

Literatura

- [1] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien IWR.de
- [2] Global Wind Energy Council gwec.net
- [3] Zdroj: FTI Intelligence fticonsulting.com
- [4] Kathrin Witsch, handelsblatt.de. [cit. 8.04.2018]

Imopra s.r.o. – dceřiná společnost Třineckých železáren

Ing. Stanislav Tacina

IMOPRA s.r.o., U dvora 217, 687 51 Nivnice, Česká republika

Společnost Imopra s.r.o. patří od roku 2002, kdy byla založena, k významným výrobcům dílů z hliníku na Slovensku. Zkušenosti s podnikáním v oblasti opracování dílů pro automobilový průmysl ale získávali původní majitelé, otec a syn Moštěkovi, již od roku 1995, kdy se zabývali opracováním duralových dílů pro tento průmysl. Dalším klíčovým milníkem v historii společnosti je výstavba nových prostor v Nivnici, která byla dokončena v roce 2005. V roce 2017 byla tato původně rodinná firma zakoupena novým vlastníkem – Třineckými železárnami, a. s. a začleněna do skupiny TŽ-MS.

Výrobní portfolio

Společnost Imopra dodává opracované díly z hliníkových profilů a extruzí výhradně pro automobilový průmysl, přičemž jednotlivých typů výrobků je přibližně 80. Měsíční produkce se pohybuje okolo 500 000 kusů těchto dílů. Jednotlivé díly se využívají jako spojovací komponenty v chladicí soustavě a klimatizační jednotce automobilu. Přibližně třetina celkové produkce směřuje na zahraniční trhy do Německa, Maďarska a Francie.

Společnost Imopra patří charakterem svých dodávek v rámci dodavatelského řetězce do skupiny TIER 2. To znamená, že nedodává díly přímo konečnému výrobcí automobilů (tzv. OEM – Original Equipment Manufacturer), ale jeho subdodavatelům (TIER 1). Komplettní chladicí a klimatizační jednotky jsou při konečné montáži využívány předními světovými výrobci automobilů z Německa, Itálie i Japonska.



Situace na trhu automotive v České republice v posledních letech

Dle agentury Czech Invest má Česká republika jednu z největších koncentrací automobilové výroby, designu, výzkumu a vývoje na světě. Podle údajů Sdružení automobilového průmyslu AutoSAP bylo v České republice v roce 2016 vyrobeno 127 osobních aut na 1000 obyvatel, což zemi řadí na přední místo mezi světovými lidry ve výrobě automobilů. Celkem bylo v roce 2016 v České republice vyrobeno 1,35 milionu vozů. Znamená to, že Česká republika je pátým největším výrobcem motorových vozidel v Evropě a v regionu střední a východní Evropy je největším producentem osobních vozidel. Automobilový průmysl u nás zaměstnává více než 150 tisíc lidí a tvoří přes 20 % průmyslové výroby a zároveň i přes 20 % vývozu. V zemi působí více než polovina ze 100 špičkových globálních TIER1 dodavatelů pro automobilový průmysl, což jen podtrhuje jeho dlouhodobé zaměření na kvalitu [1].

Závěr

Společnost Imopra má dobré postavení na trhu a vzhledem k dlouhodobým obchodním vztahům vynikající výchozí pozici k plnění cílů. V současné době je sektor automotive jedním z nejdynamičtěji se rozvíjejícím trhem, na kterém lze v rámci průmyslu působit. I přes tyto výhody však musí čelit stávajícím i budoucím výzvám tohoto vysoce tržního prostředí, jako je nedostatek kvalifikovaných pracovníků, postupný přechod na plnou automatizaci a robotizaci výroby a nejnověji i plnění náročných požadavků a norem na emisních limitů a bezpečnosti nových automobilů.

Literatura

- [1] Automobilový průmysl. <https://www.czechinvest.org/cz> [online]. [cit. 2018-10-23]. Dostupné z: <https://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-investory/Klicove-sektory/Automobilovy-prumysl>

Nové technologické zařízení pro broušení čel šroubových pružin

New Production Equipment for Grinding of Coil Spring Ends

Ing. Tomáš Grulich

HŽP a.s., Dolní 3137/100, 796 01 Prostějov, Česká republika

Společnost HŽP a.s. je tradičním výrobcem za tepla vinutých šroubových pružin. Za téměř 70 let existence společnosti prošla konstrukce pružin, technologie výroby i zařízení, na kterém se pružiny vyrábějí výraznými proměnami. Jedním ze základních předpokladů zachování konkurenceschopnosti společnosti v evropském i celosvětovém měřítku je trvalé zvyšování produktivity, která pomáhá kompenzovat dlouhodobě rostoucí výrobní náklady zejména na materiál, energii a mzdy. Pomáhá k tomu pořízování moderních strojů, které sdružují více operací. Investice do nové brusky čel šroubových pružin, kterou článek popisuje, snížila výrazným způsobem spotřebu lidské práce na tuto operaci a zlepšila stabilitu procesu.

Klíčová slova: šroubová pružina; broušení

The company HŽP a.s. is a traditional producer of hot-wound coil springs. During almost 70 years of existence of the company, design as well as production techniques and machines changed significantly. One of the most essential premises for being able to compete on European, as well as global market is continuous increase of productivity, which compensates for continuous increases of material, energy and labor costs. It is supported by investments to modern production equipment, which can make more production steps in one cycle. Start of production on new spring end grinder, the description of which is given in this article, decreased operator time devoted to end grinding and improved the spring quality.

Key words: coil spring; grinding

Ocelové pružiny jsou jedním ze základních stavebních kamenů podvozků železničních vozidel. Zachycují a tlumí rázy, které vznikají při provozu vozidla, případně plní další funkce při vedení vozu po trati. Podle použití na konkrétním typu vozidla existuje nepřeberné množství různých typů a konstrukčních řešení pružin. Pro nejčastěji používané a vyráběné nákladní vozy existují mezinárodně standardizované typy.

Nejrozšířenějším typem podvozkových pružin u nákladních železničních podvozků jsou šroubové tlačné pružiny.

1. Šroubové pružiny

Konstrukce a výroba šroubových tlačných pružin pro kolejová vozidla je standardizována. Požadavky jsou zakotveny v předpisech mezinárodní železniční unie (UIC 822), mezinárodních standardech (EN 13906-1 a EN 13298) a řadě oborových standardů.

Jedná se o válcové šroubové pružiny s uzavřenými přilehlými konci, jejichž čela jsou z důvodu spolehlivého přenosu zatížení zabroušena v délce cca $\frac{3}{4}$ závitu do roviny (obr. 1). Kvalita zabroušení čel je klíčová pro dosažení správného geometrického tvaru pružiny (kolmost a rovnoběžnost čel) a zejména charakteristiky. Pružina musí při definovaném zatížení vykazovat přesně tolerovanou hodnotu výšky.

Výrobu standardizovaných typů lze považovat za velkosériovou. Pro potřeby prvovýroby a náhradních dílů se vyrábějí statisíce kusů ročně.



Obr. 1 Šroubové tlačné pružiny
Fig. 1 Helical compression springs

2. Technologie broušení čel pružin

Broušení čel pružin je v technologickém postupu z důvodu snahy o dosažení co nejpřesnějších rozměrových tolerancí zařazeno za zušlechťování a předsedání. Struktura materiálu je při broušení tvořena popuštěným martenzitem o tvrdosti 45-50HRC.

Při broušení s moderními brusnými kotouči dochází v praxi k odběru až 80 kg základního materiálu pružiny za hodinu. Popsaná materiálová struktura je velmi citlivá na vznik spálenin, které v kombinaci s provozním zatížením způsobují lomy v závěrných závitech. Z toho důvodu se pro broušení tohoto typu pružin používá výhradně tzv. mokré broušení, tj. broušení s chlazením intenzivním proudem chladicí kapaliny.

3. Tradiční brusky

Zavedená a několik desetiletí používaná koncepce brusek různých výrobců spočívá v upnutí obrobku (pružiny) do prizmatického hydraulického svěráku a broušení čelem brusného kotouče (obr. 2). Provedení různých výrobců se liší způsobem zajištění přitlaku a vzájemného pohybu nástroje (kotouče) a obrobku. Po dobroušení jedné strany operátor pružinu ručně otočí a proces se opakuje na opačném konci pružiny.



Obr. 2 Způsob upnutí pružiny pro broušení
Fig. 2 Method of gripping the spring for grinding

Výhodou tohoto postupu je jeho univerzálnost. Jedním typem upínacího prizmatu a kotouče lze obsáhnout široký rozsah rozměrů. Při změně produkce se pouze přestavují řezné parametry.

Ve velkých sériích je to ale proces málo produktivní, a to vzhledem k potřebě asistence operátora a častého upínání pružin. V jednom broušicím cyklu lze obrábět podle velikosti (vnějšího průměru) jen 2 – 8 pružin současně.

4. Nová dvoukotoučová bruska

Vzhledem k nárůstu objemu výroby a trvalé snaze o automatizaci a zvýšení produktivity realizovala společnost HŽP a.s. investici do koncepčně nové brusky.

Bruska je osazena 2 protiběžnými brusnými kotouči a 2 otočnými karusely (obr. 3). Do každého z nich je možno upnout podle velikosti 12 – 36 pružin. Při broušení se karusel otáčí mezi kotouči a obě čela pružin jsou broušena současně.



Obr. 3 Nová dvojitá bruska čel šroubových pružin
Fig. 3 New double grinder for helical spring fronts

Při provozu se vždy brousí na jednom karuselu uvnitř a druhý karusel je vyložen vně stroje. Po dobu cyklu broušení (cca 20 min.) provádí operátor vyjímání obroušených pružin z předchozího cyklu a upínání nezpracovaných pružin. Po dokončení cyklu se karusely vymění. Bruska tudíž brousí takřka nepřetržitě.

Vzhledem k objemu materiálu, který se odebírá z pružin, byla bruska vybavena automatickou 2stupňovou filtrací chladicí kapaliny. První stupeň je tvořen magnetickým odlučovačem pro separaci kovových obrusů, druhý stupeň odlučuje nekovové obrusy na tkaninových filtrech. Výrazně se tím snižuje potřeba výměny náplně řezné kapaliny.

Výkon jedné dvojitě brusky v podmínkách HŽP a.s. nahradil 4 jednoduché brusky s obsluhou a pracovištěm předřezání.

Při zkušebním provozu se rovněž potvrdily výsledky experimentálních broušení v oblasti kvality provedených před nákupem stroje. Došlo k výraznému zlepšení opakovatelnosti výroby, zejména v dosažení přesnosti výšky pružiny, ale i ostatních geometrických parametrech.

Bruska úspěšně absolvovala zkušební provoz. Svým výkonem i kvalitou produkce plní požadované parametry.

Závěr

Článek popisuje nový stroj (brusku), který společnost HŽP a.s. uvedla do provozu. V porovnání s původním stavem bruska výrazným způsobem zvýšila produktivitu výroby a zlepšila kvalitu.

Slévárny Třinec, a.s. pokračují v modernizaci technologického procesu výroby odlitků

Slévárny Třinec, a.s. Carry on Modernization of Casting Production Technological Proces

Ing. René Malysz

Slévárny Třinec, a.s., Průmyslová 1001, Staré město, 739 61 Třinec, Česká Republika

Příspěvek je věnován investičním akcím a modernizaci technologií výroby odlitků z oceli, litin s lupínkovým a kuličkovým grafitem a odlitků z Cu a Al slitin ve Slévárnách Třinec, a.s. Požadavky trhu na náročnější materiály, komplikovanější konstrukce, zlepšené vlastnosti jak vnitřní, tak povrchové kvality vyžadují změnu výrobních procesů a technologií. Z výše uvedených důvodů bylo ve Slévárnách Třinec, a.s. přistoupeno k postupné modernizaci provozů v oblasti výroby formovacích směsí, postupech ručního a strojního formování, tepelného zpracování a mimopecního zpracování tekutého kovu. Také modernizace dokončovací operací v cídírnách pomáhá zabezpečit požadovanou kvalitu a produktivitu práce při současném snížení fyzické náročnosti.

Klíčová slova: průběžný vířivý míšič; modifikační stanice TRF; žíhací pec; brousicí manipulátor „ANDROMAT AMX 40“; středofrekvenční indukční pec

Market requirements regarding castings are developing simultaneously with modernization of technologies where casted parts are used. There is remarkable progress in utility characteristics requirements in such fields as iron and steel industry, engineering industry, power industry, road and railway transport, mining, production, and raw material processing, and others. Requirements for demanding materials, more complex assemblies, improved properties of internal and external surface quality are stricter. Therefore the reaction to change production processes and technologies is needed. Slévárny Třinec, a.s. proceeded to progressive modernization of those sections, which were in past mainly focused on production of casted spare parts for iron and steel industry. Portion of casting production for variety areas of industry and for export increased, therefore company invested in innovation of moulding mixture production, manual and machine moulding processes, heat treatment, and finishing operations in grinding shops. These steps helped to improve productivity, and lowered physically strenuous technological procedures of production of steel castings, flake graphite cast iron, spheroidal graphite cast iron, and castings made of copper, and aluminium alloys.

Key words: Swire mixer; modifying station TRF; annealing furnace; grinding manipulator ANDROMAT AMX 40; medium frequency electrical induction furnaces

Slévárnoství v Třinci má dlouholetou tradici. První slévárna zde byla postavena roku 1842, tedy tři roky po založení Třineckých železáren. Slévárny měly vždy důležité místo ve výrobním toku, vždyť dokonce prvních třicet let existence železáren bylo veškeré železo, vyrobené ve vysokých pecích, zpracováno právě ve slévárnách. V roce 1999 vznikla dceřiná společnost Třineckých železáren – Slévárny Třinec, a.s. Výroba odlitků je v současné době soustředěná do slévárny litin, slévárny oceli a neželezných kovů. Společnost disponuje vlastní dřevomodelárnou, kovomodelárnou a střediskem opracování.

Za poslední dva roky se Slévárny Třinec, a.s. investičně zaměřily na zdokonalování ve výrobě formovacích směsí a mimopecního zpracování tekutého kovu. Proto byla v roce 2016 v provozu šedé litiny I a II zahájena velká investiční akce a to instalace nových průběžných vířivých míšičů od firmy WÖHR. Typ WDS – dvoutubusový míšič, který dávkuje křemenné ostřívo s výkonem 20-50 t/hod, chromitové ostřívo s výkonem 3-10 t/hod. Pojízdný vířivý míšič, typ WPFS KÄNGURU – dvoutubusový míšič

s dávkováním 20-50 t/hod u křemenného ostříva a 3-10 t/hod u chromitového ostříva (obr. 1). Typ WES – jednotubusový míšič s výkonem 3-10 t/hod u křemenného ostříva se nachází v provozu šedé litiny II (obr. 2). Velkou výhodou těchto míšičů oproti stávajícím je jednoduchá obsluha, výkon a ekonomické využití.

Tyto vlastnosti se projevují obzvláště na kvalitě zhotovené formovací směsi, na minimální spotřebě pojiva a tvrdidla, na krátkých průběhových a mísicích časech a na jednoduché obsluze. Pomocí různých délek a úhlů transportního ramene může být pracovní rozpětí průběžných vířivých míšičů v obsažené ploše a ve výšce optimalizováno dle našich požadavků. Na průběžných míšicích se připravuje formovací směs, kde ostřivem je křemenný písek, chromitový písek a pojivem je furanová pryskyřice s aktivátorem. Před instalací nových průběžných míšičů ve slévárně šedé litiny I a ruční formovně slévárny šedé litiny II se používala formovací směs na bázi křemenný písek – vodní sklo. Nevýhodou této směsi byly vady na odlitcích: připečeniny, trhliny,

vyboulenniny, rozplavený písek. Směs měla po odlití horší mechanickou regenerovatelnost, a tím nižší využití regenerátu. Přechodem na furanové formovací směsi jsme získali nižší spotřebu pojiva, dobrou ovladatelnost vytvrzování směsi a využití až 95 % regenerátu. Součástí přípravy formovací směsi je její regenerace. Naše nová regenerační jednotka má kapacitu 10 t/hod (obr. 3). Separace chromitu je čtyřstupňová, s dochlazováním regenerátu na teplotu max. 25 °C, kde první stupeň je osazen silným magnetem pro oddělení chromitové frakce od křemenné, v dalších stupních je chromit dále zbaven jemných podílů a neaktivního chromitu [1, 2].



Obr. 1 Vířivý míšič, typ WPFS KÄNGURU
Fig. 1 Swire mixer, type WPFS KÄNGURU



Obr. 2 Vířivý míšič, typ WES
Fig. 2 Swire mixer, type WES

Další z investičních akcí v provozu slévárny šedé litiny I bylo vybudování nové modifikační stanice, kde probíhá očkování a modifikace. Tekutý kov je nejprve nataven v elektrické indukční peci a následně zpracován v modifikační stanici TRF od firmy EUROMAC (obr. 4 a 5). Jedná se o modifikaci litiny pomocí plněného profilu, která nahradila dosud používanou polévací metodu. Samotná modifikace probíhá v uzavřené komoře, kde je do modifikační pánve pomocí dvou dvoužilových podavačů injektován plněný profil. To znamená, že je možné podávat současně 4 profily: 3 modifikační a 1 očkovací o průměru 13 nebo 16 mm. Kapacita pánví je

8 t a 20 t pro modifikaci a 30 t pro očkování. Pánev je v průběhu modifikace přikrytá víkem ze žárobetonu.



Obr. 3 Regenerační jednotka
Fig. 3 Recovery unit



Obr. 4 Modifikační stanice TRF
Fig. 4 Modifying station TRF



Obr. 5 Modifikační stanice TRF v provozu
Fig. 5 Modifying station TRF in operation

Zplodiny vzniklé při zpracování jsou odsávány a zachyceny v suchých látkových filtrech. Celý proces modifikace je automaticky řízen PLC se softwarem provádějícím výpočet dávkování plněného profilu. Výhodou této metody je přesné dávkování modifikační předslitiny a tím i možnost výroby všech druhů tvárné litiny [3].



Obr. 6 Žíhací pec – zapnutá
Fig. 6 Annealing furnace – switched on

V těchto dnech Slévárny Trinec, a.s. dokončily realizaci významné investiční akce. Jedná se o novou vozokomorovou žíhací pec v provozu šedé litiny I (obr. 6 a 7), která umožní firmě dodávat odlitky s vyšší přidanou hodnotou. Tato pec je určena k tepelnému zpracování odlitků pro

železniční dopravu, hutních válců a jiných odlitků, do maximální celkové hmotnosti vsázky 120 tun a při maximální teplotě v peci do 1050 °C. Rozsah pracovních teplot je v rozmezí 100 °C – 950 °C. Rozložení teplot ve vnitřním prostoru pece je ± 5 °C. Pec je vytápěna směsným plynem, s počtem hořáků 20 ks. Směsný plyn je míchán ze čtyř plynů: vysokopecního, koksárenského, konvertorového a zemního. Míchání je prováděno na konstantní spalovací poměr. Výhřevnost je 8300 kJ/Nm³, provozní tlak je 2,5 kPa. Pro zapalovací hořáky je zde proveden přívod zemního plynu. Rozměry pece jsou: vnitřní šířka 4000 mm, vnitřní délka 7000 mm, vnitřní výška 3400 mm měřeno nad podkladky vozu, výška podkladek na pecním voze je 400 mm.



Obr. 7 Žíhací pec se vsázkou
Fig. 7 Annealing furnace with batch

Odtah spalin je řešen novým odtahovým potrubím a novým komínem umístěným mimo halu. Pec je vybavena chladicím systémem, který je koncipován tak, aby byly splněny požadované gradienty pro chlazení. Je použito chlazení přes hořáky řízené obdobně jako při ohřevu – podle žádané teploty v jednotlivých zónách. Tento systém je doplněn soustavou chladicích trysek umístěných mezi dolními a horními hořáky, které jsou vyrobeny ze žáruvzdorné oceli [4, 5].

V provozu slévárny oceli nám od roku 2017 usnadňuje práci v cídírně brouscí manipulator „ANDROMAT AMX 40“ (obr. 8). Základní stroj se skládá z pracovní kabiny a tří pracovních ramen poháněných hydraulickým agregátem s vodním chlazením. Stroj pracuje ve třech osách: natáčení horizontální 160° (vlevo 90°, vpravo 70°), naklání vertikální 90°, naklápění 215°. ANDROMAT je vybaven také brusnou a řeznou hlaví. Součástí základního stroje jsou dva kolové otáčecí stoly s pohonem se třemi elektrickými převodovými motory, nosnost 100 kN, průměr otočného stolu 3000 mm, rychlost pojezdu s břemenem cca 10 m/min. Brusná hlava je konstruována s ohledem na rychlou výměnu nástroje a je vybavena zpětnovazebním hlášením síly tlaku, pro citlivé řízení tlaku kotouče na odlitek. Max. otáčky 6000 ot/min., výkon pohonu 75 kW, s plynulou regulovatelností rychlosti a výkonu, včetně možnosti reverzace otáček.



Obr. 8 ANDROMAT AMX 40
Fig. 8 ANDROMAT AMX 40

Hlavní výhodou brouscího ANDROMATU je zvýšení propustnosti toku výroby cídírnou, zvýšení mechanizovaného podílu procesu výroby odlitků, zlepšení hygienických pracovních podmínek a snížení výskytu nemocí z povolání [6].



Obr. 9 Středofrekvenční EIP 2 × 200 kg
Fig. 9 Medium frequency IF 2 × 200 kg

Ve slévárně neželezných kovů byly dvě tavicí plynové pece nahrazeny středofrekvenční elektrickou indukční tavicí pecí se dvěma výtlačnými kelímky od společnosti

Inductotherm, které nataví až 200 kg bronzu za cca 30 minut na teplotu 1150 °C nebo 60 kg slitiny hliníku za cca 25 minut na teplotu 750 °C. Nominální výkon pece je 175 kW a nominální frekvence je 1000 Hz (obr. 9). Realizací této investiční akce došlo k zvýšení kvality odlévaného kovu, snížení nákladů na výrobu odlitků, zvýšení produktivity práce, snížení fyzické náročnosti a ekologické zátěže provozu a v neposlední řadě možnost zvýšení výroby odlitků z Cu a odlitků z Al slitin [7].

Závěr

Článek popisuje pokračující modernizaci technologického procesu výroby odlitků ve Slévárnách Třinec, a.s. včetně investičních akcí, které se týkaly instalací nových průběžných vířivých mísičů, mimopecního zpracování tekutého kovu v provozu šedých litin, výstavby nové žíhací pece, modernizace ve slévárně neželezných kovů a přechodu z ručního broušení na broušení mechanizované. Díky těmto investičním akcím se zvýší produktivita práce, sníží fyzická náročnost, náklady na výrobu odlitků a ekologická zátěž provozů.

Poděkování

Investiční akce pod názvem: Inovace procesu formování a výroby odlitků na slévárnách šedých litin. Inovace odlitků pro železniční dopravu. Inovace výroby odlitků z barevných kovů. Tyto investiční akce byly spolufinancovány z prostředků Operačního programu Podnikání a Inovace pro konkurenceschopnost.

Literatura

- [1] Technická dokumentace k průběžným vířivým mísičům WÖHR.
- [2] WÖHR CZ s.r.o. In: Průběžný vířivý mísič pro výrobu forem [online]. [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: gwoehr.de/cz/prubezny-virivy-misic/
- [3] MPŘ pro modifikační kabinu s plněným profilem, odstruskovadlo a filtrační zařízení F5.
- [4] MPŘ pro vozovou žíhací pec v provozu šedé litiny I.
- [5] JANČÍK, Petr. Inovace odlitků pro železniční dopravu – žíhací pec s řízeným ochlazením v peci. Ostrava, 2016.
- [6] Úvodní technické informace pro mechanické broušení odlitků z ocelolitin. Třinec, 2015.

ArcelorMittal a partnerská organizace Dow budou spolupracovat na inovativním projektu snižování CO₂

Firemní měsíčník AMO – březen 2019, str.12. Zprávy ze skupiny ArcelorMittal Evropa

ArcelorMittal a společnost Dow Benelux zahájí zkoušky na novém pilotním zařízení, které bude oddělovat dioxidy (CO₂) a oxid uhelnatý (CO) z plynů vznikajících při výrobě oceli. Zařízení se nachází v areálu v přístavu ArcelorMittal Gent.

Tento proces má za cíl zachytávat CO₂ a skladovat ho pro další využití. To umožní zhodnocení tohoto plynu jakožto suroviny pro chemický průmysl.

Hrotička u lisu BSR1

Ing. Mojmír Kuthan

Šroubárna Kyjov, spol. s r.o., Jiráskova 987/50, 697 01 Kyjov, Česká republika

Se záměrem postavení nové kovací linky přišlo vedení v 2. polovině roku 2013, a to jako s jedním z hlavních úkolů pro udržení kvality a výrobní kapacity výroby hákových šroubů v podniku Šroubárna Kyjov spol. s r.o. (ŠK). Nová linka měla nahradit morálně a technicky zastaralou linku BSR2. Úkol byl rozdělen na tři samostatné funkční celky, a to na výstavbu kovacího lisu, zavedení hrocení ústřížků a přípravu drátu. Kovací lis postavilo dle zkušeností s provozem a konstrukcí již dvou předešlých lisů středisko údržby ŠK, vývoj a konstrukci nové hrotičky připadl středisku technický rozvoj ŠK a přípravu drátu provedla dodavatelská firma Strojírny a stavby Třinec.



Obr. 1 Celkový pohled na linku pro hrocení BSR1

Zadání požadovaných parametrů pro konstrukci nové linky pro hrocení ústřížků (obr. 1) v nové kovací lince BSR1 mělo tyto parametry:

- průměr hroceného materiálu 18 – 24 mm
- délka hrocených ústřížků 80 – 210 mm
- rychlost hrocení 60 – 63 $\text{ks} \cdot \text{min}^{-1}$, dle rychlosti kovacího lisu
- délka obrobení hrany ústřížku 3 – 4 mm
- vrcholový úhel obrobení hrany ústřížku 60°.

Stávající způsob hrocení byl pro novou konstrukci linky BSR1 nevhodný, a to z několika důvodů:

- Řízení hrotičky je postaveno na systému přenosu řídicí kapaliny pro všechny její funkční části, a to principem přenosu síly z pístu na píst přes náhon vačky pohánějící píst. Tento systém řízení nebylo možné použít z důvodu již nevyráběných pístů a rozsahu požadovaných průměrů a délek ústřížků.

- Vzhledem k požadované rychlosti hrocení a použití hroticí hlavy osazené rychlořeznou ocelí (Radeco) by nedosahovala nová hrotička požadované kvality obrobení ústřížků pro následnou výrobu na lince BSR1.

Z těchto popsaných důvodů středisko Technického rozvoje ŠK vypracovalo novou koncepci hrotičky pro novou kovací linku BSR. Analýzou všech požadavků zadání bylo pro konstrukci použito dvou obráběcích jednotek od firmy Suhner. Počet jednotek byl dán dle výpočtu času potřebného pro obrobení kusu s ohledem na maximální možný úběr na jednu otáčku obráběcího vřetene a součtem všech potřebných vedlejších (manipulačních) časů celého zařízení. Proto byl navržen:

- | | |
|--|---|
| – počet obráběcích jednotek | 2 |
| – otáčky vřetene | 2000 – 2500 $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| – výkon vřetene | 5 kW |
| – velikost posuvu na jednu otáčku | 0,2 – 0,3 mm |
| – počet obráběcích hlav | 2 |
| – počet břitových destiček v jedné hlavě | 2 |

Prioritou při konstrukci nového zařízení byla kvalita obrobení ústřížku. Její dodržení však ubíralo ze všech potřebných vedlejších (manipulačních) časů. Proto byla vyloučena možnost použití hydrauliky pro řízení z důvodu její pomalosti. Koncepční návrhy pro volbu hydraulického systému nabídli dodavatelé hydrauliky.

Z nabídek vyplynulo, že nasazení hydrauliky vůči stávajícímu systému řízení by bylo jednak pomalejší a jednak i dražší cca o 1 mil. Kč. Proto bylo použito pro řízení všech funkčních částí kombinace pneumatických válců a servopohonů.

Hrotička se skládá z těchto konstrukčních celků:

1. zařízení pro rozdělování kusů do levého a pravého stroje (obr. 2),
 - hroticí stroj levý (obr. 3), který obsahuje zařízení pro zasouvání do transportního kola,
 - zařízení pro odměřování délky ústřížku s doražením na referenční polohu,
 - zařízení pro přítlak pro upnutí při hrocení (obr. 4),
 - samostatnou obráběcí jednotku Shuner,
 - vyhazovač obrobených ústřížků na průběžný pás,
2. hroticí stroj pravý, který je stejný jako levý, jen zrcadlově konstruovaný.



Obr. 2 Zařízení pro rozdělování kusů



Obr. 3 Hroticí stroj levý



Obr. 4 Zařízení pro přítlak pro hrocení

Popis pracovní činnosti: Ústřižky přijíždějící po průběžném dopravníku od nůzek jsou rozdělovány dle potřeby do zásobníků levého a pravého hroticího stroje. Ústřižky jsou následně zasouvány ze zásobníku do transportního kola, odkud jsou postupně přenášeny přes stanoviště pro kontrolu délky ustřiženého kusu, pozici hrocení až po pozici vyhození opět na totožný průběžný dopravní pás vedoucí do lisu BSR1.

Pro přesné nastavení hroticí jednotky Shuner bylo zvažováno použití hydraulického systému s použitím proporcionálních ventilů. Vzhledem k současným trendům v oboru obráběcích strojů používajících pro nastavení

kuličkových šroubů a také vzhledem k ceně hydrauliky s proporcionálními ventily bylo rozhodnuto použít na tomto zařízení pro přesné nastavení kuličkový šroub.

Posledním a velmi závažným problémem bylo vyřešení svěru obráběného kusu na transportním talíři při najetí obráběcí hroticí jednotky. Celkový pracovní takt hrotičky je totiž 60 – 63 kusů za minutu a z tohoto důvodu pro výsledný čas upnutí a uvolnění kusu v lůžku transportního kotouče vychází maximální možný čas jen 0,32 s pro upnutí a 0,27 s pro uvolnění. Za předpokladu tak krátkých časů a potřeby dostatečné síly se jevil systém s použitím hydraulických válců jako nevyhovující. Toto hledisko bylo impulsem k hledání jiného systému upnutí, jehož výsledkem bylo velmi neobvyklé řešení. Tím je použití kuličkového šroubu k vyvození dostatečné přitlačné síly na obráběný kus. Šroub je přes pružnou spojku poháněn 2kW servopohonem s momentovým řízením pohybu. Pro zachycení axiálních sil je šroub zakomponován v dostatečně robustním vedení, připomínajícím multiplikátor. Momentové řízení pohybu kuličkového šroubu umožňuje variabilní nastavení svěrné síly.

Celé zařízení je dílem středisko Technického rozvoje ŠK po stránce jak strojí konstrukce, kompletního projektu návrhu mazání, projektu pneumatického ovládání, tak i systému řízení (software i návrh použitých komponent měření a regulace), pro které byl kompletně použit modulární řídicí systém OMRON komunikující s periferními jednotkami po sběrnici EtherCat

- Projekt byl realizován od podzimu roku 2016 do konce roku 2017. Zahrnoval všechny projektové stupně, a to od ideového návrhu, konkrétního konstrukčního zpracování až po vydání výrobní výkresové dokumentace, dále zajištění výroby a kooperace s externími firmami při výrobě dílů, montáži, osazení všech měřicích, regulačních a ovládacích zařízení až po instalaci a prvotní oživení v provozu přímo v kováčské lince BSR1.

V současné době je zařízení společně s ostatními strojnými celky kováčské linky BSR1 ve zkušebním provozu.

Poděkování

Technický rozvoj Šroubárny Kyjov by rád tímto vyjádřil své poděkování firmě OMRON, Mgr. Kamilu Feitlovi za technickou podporu a osobní účast při uvádění zařízení do provozu, firmě

A.P.O. za vstřícný a rychlý přístup k montáži a uvedení linky do provozu, Ing. Milanu Hanákovi z tažírny oceli TŽ ve Starém Městě za poskytnutí potřebných vstupních informací při zahájení řešení projektu.

Zpracování kovů inspirované hvězdami

EMO Hannover 2019: Astrofyzikové chystají optimalizaci frézování

O veletrh EMO Hannover 2019 se začínají zajímat dokonce astrofyzikové. Dr. Theo Steininger a Dr. Maksim Greiner z Garchingu, absolventi doktorského studia Ústavu astrofyziky Maxe Plancka v Garchingu, vytvořili software využívající umělou inteligenci (AI) a nejnovější analytické metody uplatňované v astrofyzice. Po úspěšném nasazení softwaru při montáži dveří u předního výrobce automobilů nyní chtějí dobývat také oblast zpracování kovů. Věřící, že v září Hannoveru objeví možnosti konkrétního využití svého chytrého softwaru.

Nový přístup ke statistice mladého podnikatele z Garchingu umožňuje vyhodnocování obrábění v reálném čase. Jedná se však o hudbu budoucnosti, protože automobilový průmysl prozatím projevil zájem jen o metodiku. Pozornost se například soustředí na systém umělé inteligence, který by umožňoval přesný a stabilnější proces montáže dveří a omezil repase.

Obtížné určování konečné pozice

Bílá kniha obou vědců popisuje zadání: "Stanovit montážní pozici dveří vozidla je obtížné. V době instalace nejsou nalakované ani dveře ani karoserie. Chybí okna, příslušenství a těsnění. Je třeba umět předvídat a dokázat vykompenzovat vliv všech faktorů na pozici dveří, jako je deformace a vyšší hmotnost, a dosáhnout tak potřebnou koncovou pozici. Pracovníci proto musí dveře po montáži pokaždé manuálně vyrovnávat."

Řešení astrofyziků, kteří v Garchingu založili firmu Erium GmbH, spočívá ve spojení strojové inteligence se znalostmi a zkušenostmi odborníků z výroby. Na základě těchto informací je chytrý software založený na umělé inteligenci schopen vypočítat ideální montážní pozici už od prvních vyrobených vozidel.

"Významnou úlohu hraje rychlé strojové učení," říká Theo Steininger. "Flexibilní neuronové sítě vyžadují velmi mnoho dat. My naopak vyjdeme s malým množstvím dat na rozdíl od typických zadání big data, která jsou spojena s velkou technickou náročností a vyžadují rychlé výkonné počítače. Pokud se pracuje s malým množstvím dat, je technická náročnost relativně triviální. Aktuálně stačí laptopy. Pro práci s algoritmy, provedení analýzy a přípravu dat v reálném čase jsou však nutné mnohem nákladnější technologie. „Před spuštěním softwaru problém analyzujeme se zákazníkem a spolu s jeho odborníky definujeme cíle a jednotlivé kroky procesu optimalizace,“ vysvětluje Theo Steininger.

„Abstrahujeme a vysvětlujeme program skutečnosti, které jsou odborníkům jasné, jako například Ohmův zákon, zrychlení jako derivace rychlosti podle času, atd.“ říká astrofyzik. „Pro neuronovou síť to jsou nesnadné souvislosti, které se učí až prostřednictvím dat.“ Některá zadání jsou ještě obtížnější a experti je umí ověřovat v procesu. Například jestli deformace dveří aut probíhá v důsledku použití nových těsnících pásů skutečně podle předpovědí učiněných na základě zkušeností. "Naše metoda se liší od běžné metody podle zásady: Poskytněte nám data a my si s nimi poradíme," zdůrazňuje T. Steininger. "Člověk je pro nás středobodem a jeho odborné znalosti jsou základem analýzy."

Metoda se zatím využívá především v automobilovém průmyslu, její autoři však počítají s jejím uplatněním i při třískovém obrábění. Konkrétně u frézovacích vřeten, jejichž rotační vlastnosti se zhoršují opotřebením

Startupy na veletrhu EMO Hannover

Veletrh EMO Hannover pomáhá i letos mladým a inovativním podnikům prosadit inovace postupů a výrobků na trhu. V rámci Startup Area vznikne mezinárodně obsazená plocha young tech enterprises @ EMO Hannover. Startupy z Německa budou mít také možnost prezentovat se na společném stánku zkušených firem s podporou spolkového ministerstva hospodářství. Fórum přednášek a referátů a velký prostor pro networking přinese mnoho nových nápadů a myšlenek.

Firma D&D Miskolc je už 8 let součástí společnosti Třinecké železářny

Ing. Josef Audy, MBA

Sajószigeti utca 4, 3527 Miskolc, Magyarország

Něco z historie

V průběhu historického vývoje se Třinecké železářny postupně orientovaly na rozšiřování svého původního výrobního portfolia a zvyšování přidané hodnoty vytvářením navazujících výrobních řetězců s cílem přiblížit se co nejvíce finálnímu spotřebiteli.

Jedním z článků tohoto řetězce je dnes i firma D&D Drótáru Zrt., která se 21. února 2011 stala 100% dceřinou společností Třinecké železářny.a.s..

Historie společnosti D&D se datuje od roku 1912 a v letošním roce je to tedy už 107 let od jejího založení. Současný sortiment výroby pro stavební průmysl je ve firmě vyráběn od roku 1982. Součástí skupiny TŽ-MS je D&D už více než 7 let. Chtěli bychom při této příležitosti prezentovat její postupný vývoj a růst v rámci této skupiny a nastínit její záměry a cíle do budoucna.



Nové začátky

Začátky fungování dceřiné společnosti D&D v letech 2011 a 2012 byly složitější. Odpadl sice problém s nedostatkem vstupů, neboť veškerý sortiment výrobků mohl být vyráběn z třineckého válcovaného drátu, ale objevily se technologické problémy související s přetřhy drátu během jeho zpracování a firma navíc nebyla v dobré ekonomické kondici.

Problematickou přetřhu se podařilo postupně vyřešit úpravou technologických parametrů v průběhu zpracování výrobků a úzkou spoluprací s techniky v Třineckých železářnách, kteří vyladováli parametry válcovaného

drátu. Rovněž jsme v této souvislosti změnili dodavatele průvlaků, kdy jsme přešli na dodávky z ŽDB Drátovna a optimalizovali celý proces moření VD, tažení drátů a slaňování pramenců včetně skladování materiálu na vstupu i výstupu.

S málo efektivními ekonomickými parametry to byl však už „běh na delší trať“. Ten souvisel i s nízkými počátečními objemy výroby (rok 2011: 45,1 kt, rok 2012: 49,1 kt), které jsme postupným získáváním tržních pozic začali navyšovat. Rovněž jsme se zaměřili na oblast výrobních nákladů, tzn. na úsporná a racionalizační opatření, která by přispěla ke zvýšení provozního hospodářského výsledku. V první řadě jsme řešili potenciální úspory energií. Týkalo se to např. optimalizace počtu infrazářičů pro vytápění provozních hal, řízeného vyhřívání mořících lázní a dalších drobnějších akcí. Následným krokem pak byla modernizace a změna řídicího programu mořírny a přechod na kaskádovitý způsob moření VD, který nám umožnil krokovým mořením v méně koncentrované kyselině ušetřit až 25 % původního objemu používané kyseliny solné a zlepšila se tak i kvalita povrchu mořeného válcovaného drátu.

Léta 2013 až 2015

V roce 2013 se nám podařilo prodat 54,1 kt, a to i přesto, že na stavebním trhu přetrvávala nízká poptávka z důvodu úsporných opatření a omezení přílivu peněz do stavebnictví. I když se dařilo zvyšovat objemy prodeje, hospodářské ukazatele byly i nadále neuspokojivé.

Proto jsme v březnu 2013 jmenovali tým na snižování nákladů ve všech oblastech hospodaření. Jeho činnost průběžně přinášela významné finanční efekty. Tento tým byl rozpuštěn až v polovině roku 2016, kdy už jeho ztrati své opodstatnění. V tomto roce jsme poprvé překročili rozepsaný plán provozního zisku a materiálové i režijní náklady se dostaly na požadovanou nízkou úroveň.

Významný byl pro nás i rok 2014, kdy jsme se územně osamostatnili a nebyli dále závislí na cizích zdrojích mimo skupinu TŽ-MS. Začali jsme fungovat jako samostatný výrobní celek. V srpnu 2014 jsme se přemístili do vlastní administrativní budovy a ušetřili za původní pronájem cizích prostorů i částku, která souvisela s nižšími energetickými a provozními náklady nové budovy. Dokončili jsme také ohraničení našeho pozemku výstavbou části nového oplocení.

Na přelomu let 2014/2015 jsme pak realizovali další úspornou investici. Jednalo se o výstavbu nové artézské studny hluboké více než 180 m, která nám zajistila plnou soběstačnost ve spotřebě průmyslové vody. Do té doby jsme čerpali vodu ze studny umístěné mimo naše území. Z pohledu prodeje našich výrobků jsme rok 2014 uzavřeli v objemu 56,8 kt.

Rok 2015 potvrdil, že jsme se vydali správným směrem. Výroba a prodej narostly na 59,0 kt a ekonomika se dále zvedala. Pokračovali jsme v hledání dalších možností, jak ještě snižovat náklady. Realizovali jsme např. ověřovací výstavbu 1. části úsporného LED osvětlení výrobních hal, zaměřili jsme se také na práci s odpady, kde se nám podařilo podstatným způsobem snížit poplatky za vypouštění odpadních vod.

V oblasti prodeje jsme se začali cíleně zaměřovat na blízký balkánský trh, který se začal postupně probouzet a kde se nám nabízely přínosy díky nízkým přepravním nákladům.

V roce 2015 se nám podařilo navýšit objemy prodeje na tomto trhu oproti roku 2014 o 20 %.

Příznivé ekonomické období

V roce 2016 jsme celkem prodali 63,4 kt našich výrobků. Při tomto objemu se začaly příznivě projevit dopady naší strategie, že postupným získáváním tržních pozic a navyšováním objemů výroby a prodeje zlepšíme i provozní ekonomiku.

Začali jsme si ale také uvědomovat, že je nutné udržovat krok s konkurencí a investovat do obnovy strojního parku tak, abychom mohli dále garantovat potřebné technické parametry našich výrobků a dodávat na čas, podle potřeb našich zákazníků. Proto byly v roce 2016 investiční prostředky vynakládány zejména na akce související s obnovou a modernizací výrobního zařízení. Jen do této oblasti bylo směřováno více než 46 % našich plánovaných investičních prostředků. Současně jsme se také zabývali průběhem výrobních procesů a možnostmi zlepšování pracovních podmínek a zvyšování bezpečnosti práce. Cílem bylo minimalizovat fyzickou zátěž obsluhy strojů a zatraktivnit takto provozní pracoviště pro nově příchozí pracovníky, kterých bylo v té době nedostatek. V roce 2016 jsme také dokončili II. etapu nového LED osvětlení výrobních hal, která přinesla další snížení spotřeby elektrické energie. Nejdůležitější investiční akcí roku bylo v říjnu 2016 podepsání kontraktu na dodávku nového drátotahu s italskou firmou Mario Frigerio. Stroj byl dodán v červnu 2017 a během července 2017 byl předán do plného provozu. V roce 2017 jsme prodali celkem 67,3 kt našich výrobků, k tomu už podstatnou měrou přispěl i nový drátotah.

Vraťme se ale ještě o rok zpět. Rok 2016 také potvrdil smysluplnost budování výrobních řetězců a výhody uplatňované synergie mezi dcerami v rámci skupiny. Při požáru mořírny v ŽDB Drátovna jsme spolupracovali při

zajišťování části dodávek mořeného válcovaného drátu. V roce 2016 jsme do Bohumína dodali více než 4,4 kt a v roce 2017, kdy se tam v polovině roku rozjela nová mořírna, to bylo přes 3,6 kt. A v rámci další oboustranné spolupráce a výměny informací se podařilo zlepšit některé výrobní postupy a např. využívat kvalitnější výrobní nástroje. I to přineslo nemalé technologické a finanční efekty.



Současnost a záměry do budoucna

Rok 2018 byl zatím hospodářsky nejlepším rokem v novodobé historii firmy, tzn. od doby jejího převzetí skupinou TŽ-MS.

Pokud chceme udržet a posílit naši současnou pozici 4. největšího evropského výrobce tohoto sortimentu, nesmíme v současné evropské konkurenci zapomínat na budoucnost. Chceme dále modernizovat výrobu a zvyšovat její efektivitu rychlým servisem zákazníkům a dodávkami JIT (just in time). Naším cílem je vyrábět výrobky špičkové kvality, plně konkurenceschopné v Evropě i ve světě.

V této souvislosti připravujeme další investiční akce na nákupy nových zařízení. Vloni jsme podepsali kontrakt na dodávku nového slaňovacího stroje, který by se měl rozjet na přelomu I. a II. čtvrtletí 2019. Po jeho uvedení do chodu se naše roční výrobní kapacity zvýší až na úroveň 77,5 kt. Následně se připravujeme na nákup dalšího drátotahu, jehož zprovoznění plánujeme na rok 2020. Po realizaci tohoto nákupu a plánované kooperaci s ŽDB Drátovna, která se týká využívání mořících kapacit, budou naše výrobní možnosti dosahovat úrovně 85 až 90 kt, ale to už se ocitáme někde okolo roku 2025.

Věříme, že i v roce 2025 budeme nadále platným a přínosným článkem výrobního řetězce skupiny TŽ-MS a svým podílem tak přispějeme k úspěchu celé skupiny.

Na závěr bychom chtěli popřát naší mateřské společnosti, ať se dále úspěšně rozvíjí do budoucna, upevňuje a posiluje své tržní pozice a má vždy dostatek zákazníků, kteří budou mít zájem nakupovat její výrobky.

Vývoj a výroba speciálních zkušebních strojů a zařízení

Ing. Daniel Omacht; Zdeněk Kubánek; Bc. Roman Doležal

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava - Vítkovice, Česká republika

Nedílnou součástí výzkumné organizace Materiálový a metalurgický výzkum s.r.o. (MMV) je již po mnoho let oddělení Vývoje a výroby speciálních zkušebních strojů a zařízení. Úkolem tohoto oddělení je podpora aplikovaného výzkumu, tedy realizace experimentálních a teoretických prací směřujících k získávání nových poznatků zcela jednoznačně zaměřených na specifické, předem stanovené cíle využití v praxi.

Oddělení je složeno ze strojních, elektro a softwarových specialistů a má vcelku široký záběr. V posledních letech se však zaměřuje především na oblast nekonvenčního zkoušení materiálu (stanovení mechanických, křehkolomových či creepových vlastností ocelí), in-situ odběru vzorků z pracujících strojních součástí převážně v energetickém průmyslu, ale v neposlední řadě také na realizaci speciálních tepelně-technických měření.

Oddělení se aktivně podílí na řešení mnoha výzkumných úkolů, úkolů technického rozvoje či výzkumných projektů. Výsledky práce jsou prezentovány na domácích a mezinárodních výstavách a konferencích. Mnohé z vyvinutých zařízení byly registrovány na úřadu průmyslového vlastnictví ve formě patentu, užitého nebo průmyslového vzoru. Poznátka získaná při vývoji nových zařízení jsou využívány také při návrhu zkušebních předpisů či nových zkušebních norem.



Obr. 1 SPUTT 500 v.5.5

Mezi nejúspěšnější vyvinuté zařízení bezesporu patří SPUTT 500 (obr. 1).

Toto zařízení bylo oceněno na třech mezinárodních výstavách vynálezů, a to nejvyšším oceněním – zlatou medailí (obr. 2). V dnešní době je zařízení komerčně vyráběné a bylo dodáno zákazníkům po celém světě. Mezi naše spokojené zákazníky se řadí i přední americká firma EPRI (Energy Power Research Institute), která už používá dvě zařízení z MMV.



Obr. 2 Ocenění z mezinárodní výstavy „Innovations, patents and Inventions“

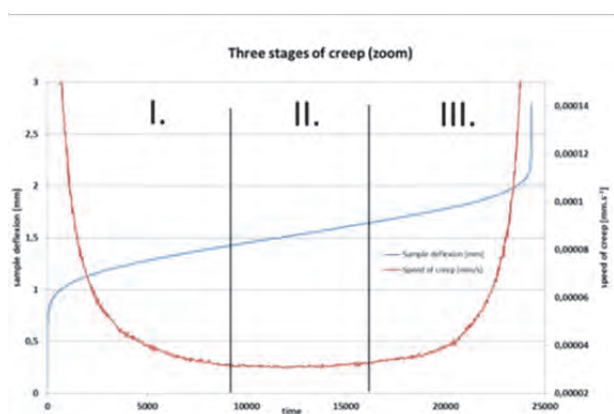
SPUTT 500 je plně automatické a slouží ke stanovení zbytkové životnosti strojních součástí pracujících za zvýšených teplot pomocí zkoušení miniaturizovaných vzorků metodou penetračního testu.

Zařízení je plně automatické. Při jeho výrobě byly použity nejnovější materiály, snímače a měřicí technika. Maximální teplota zkoušení je 800 °C, přičemž teplota vzorku, kterým je disk o průměru 8 mm a tloušťce 0,5 mm (obr. 3), je měřena přímo na jeho povrchu pomocí termočlánku typu S. Zkušební vzorek byl uložen do zkušební patrony a penetrován keramickým razníkem, který vtlačuje vzorek do keramické zápusky. Aby test nebyl ovlivněn vznikem okují, je vzorek umístěn v ochranné atmosféře argonu. Průtok plynu je řízen digitálně ovládaným průtokoměrem.



Obr. 3 Tvar a velikost zkušební vzorku

Výsledkem creepového testu je doba do lomu, tedy doba, za kterou razník penetruje vzorek. Průběh křivky (obr. 4) je automaticky zaznamenán a uložen v řídicím systému stroje a slouží pro další vyhodnocení.



Obr. 4 Průběh creepového testu

Stanovení životnosti materiálu při jeho provozu za zvýšených teplot se vyhodnocuje na základě několika takovýchto testů provedených za různých zatěžovacích podmínek.

Největší předností creepového stroje SPUTT 500 je skutečnost, že na rozdíl od konvenčních creepových strojů používá vzorek, který je miniaturní a je ho možné získat bezvrubovým odběrem ze strojní součásti přímo za provozu, a tedy bez nutnosti jejích následných oprav (obr. 5).



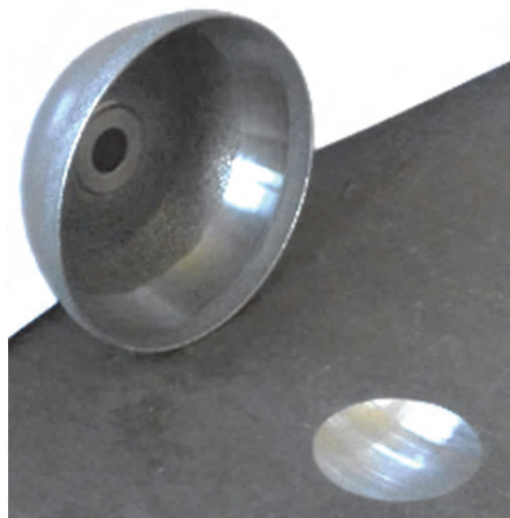
Obr. 5 Příklady aplikace bezvrubového odběru vzorku

Pro tento způsob odběru pracovníci oddělení vyvinuli mobilní odběrové zařízení ESTIM (obr. 6).



Obr. 6 Odběrové zařízení ESTIM

Principem odběru je rotující nástroj ve tvaru misky (obr. 7), který je při rotaci současně naklápěn.



Obr. 7 Místo odběru

Odpor řezu v materiálu je průběžně monitorován řídicím systémem a rychlost řezu dle toho automaticky nastavována (obr. 8).



Obr. 8 Automatický systém odběru vzorku

Odběr vzorku předpokládá použití systému ESTIM v náročných provozních podmínkách s velmi dobrou mobilitou celého zařízení. Proto jednotlivé části systému byly uloženy do tří kompaktních, vysoce odolných kufrů s přehledným uspořádáním (obr. 9).

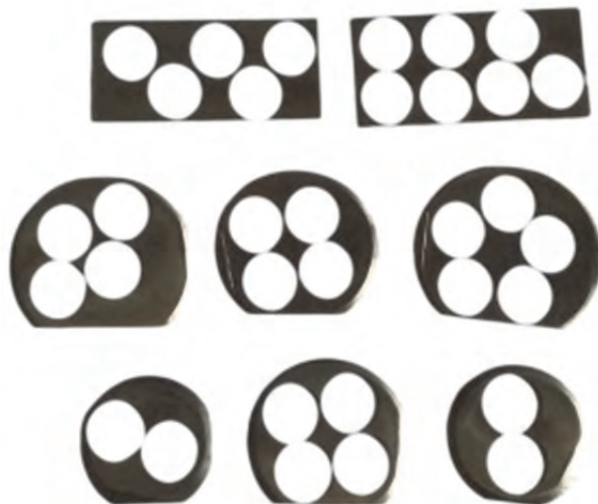


Obr. 9 Uložení stroje ESTIM

Jednotlivé kufrы obsahují nezbytné součásti používané při odběru vzorku, jako např. upínací mechanismus „Spider“, čerpadlo pro chlazení vzorku, úchylkoměr se stojanem sloužící pro kontrolu řezného nástroje, prodlužovací kabely, nezbytné náhradní díly apod.

Zařízení ESTIM je již několik let aktivně používáno v několika evropských institucích.

Odebraný materiál ve tvaru vrchlíku o rozměrech cca 23 mm a tloušťce 3,2 mm je dále třeba upravit do tvaru zkušební vzorku. Dělení vrchlíku se provádí elektrojiskrovým řezáním. Ze získaných planžet o tloušťce 0,7 mm je vystřížen vzorek o průměru 8 mm (obr. 10), který je dle přesně stanoveného postupu broušen a následně vyleštěn do finální tloušťky $0,5 \pm 0,005$ mm. Pro rychlou a přesnou přípravu SPT vzorků byly vyvinuty přípravky pro vystřížení a broušení (obr. 11).



Obr. 10 Zbytek planžety po vystřížení vzorků



Obr. 11 Přípravek pro broušení (vlevo) a pro vystřížení SPT vzorku (vpravo)

Miniaturizované vzorky jsou využívány také v zařízení CRYOSET. Jeho vývoj započal v roce 2008, přičemž bylo vytvořeno několik verzí. Zařízení prošlo náročným testováním a ověřováním. CRYOSET je určen pro stanovení mechanických a křehkolomových vlastností materiálů a umožňuje zkoušet za pokojové a nízkých teplot až do -196 °C. Chlazení vzorku je realizováno tekutým dusíkem. Originalita konstrukčního řešení spočívá v měření teploty vzorku přímo na jeho povrchu a automatické regulaci jeho teploty pomocí dávkování tekutého dusíku speciální sondou umístěnou v Dewarově nádobě (obr. 12). Rozvodná soustava transportuje tekutý dusík do zkušební komory (obr. 13) se zkušebním trnem, kde je kontinuálně měřeno protažení vzorku snímané v závislosti na protlačovací síle.



Obr. 12 Dewarova nádoba s tekutým dusíkem a dávkovací sondou

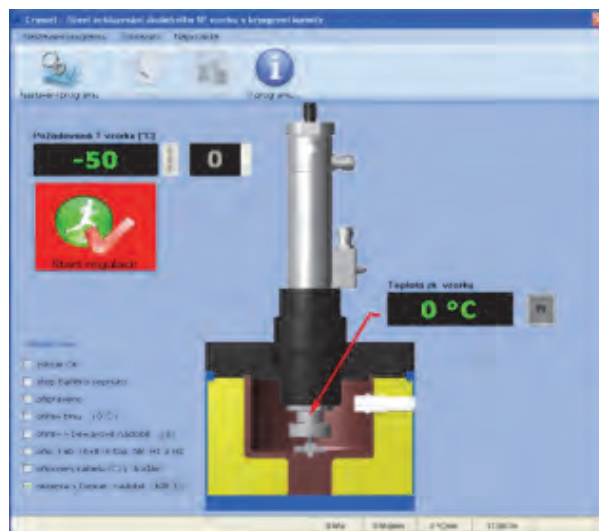


Obr. 13 Kryogenní komora se zkušební trnem

Obr. 14 ukazuje řídicí jednotku pro stanovení mechanických a křehkolomových vlastností materiálu CRYOSET. Řízení je plně automatické. Software je uživatelsky velmi jednoduchý (obr. 15). Stačí nastavit požadovanou teplotu vzorku a systém ji automaticky zvolí a udržuje po stanovenou dobu. Zároveň monitoruje chod celého systému, přičemž data o stavu jednotlivých snímačů jsou ukládána do paměti s možností tisku protokolu.

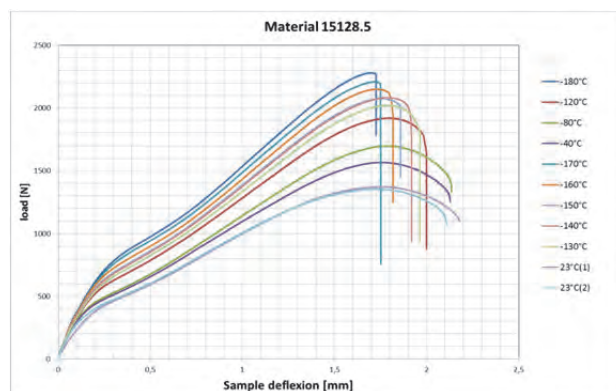


Obr. 14 Řídicí jednotka CRYOSET



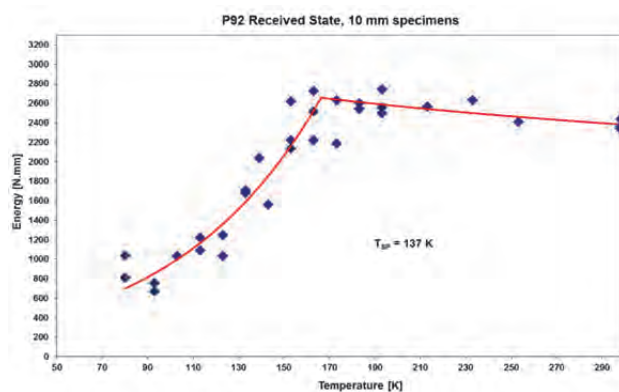
Obr. 15 Příklad výstupu řídicího softwaru CRYOSET na monitoru

Podmínkou použití zařízení CRYOSET je jeho instalace do statického elektromechanického stroje. Výsledkem testu je grafické znázornění závislosti zkušební síly na protažení vzorku (obr. 16)



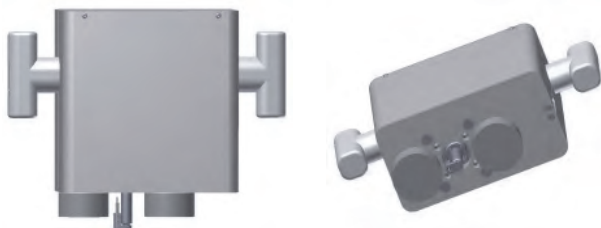
Obr. 16 Závislost zkušební síly na protažení vzorku

Vyhodnocení přechodové teploty T_{sp} je znázorněno na obr. 17 a je dáno závislostí energie na zkušební teplotě (plocha pod křivkou v grafu energie- T_{sp}).



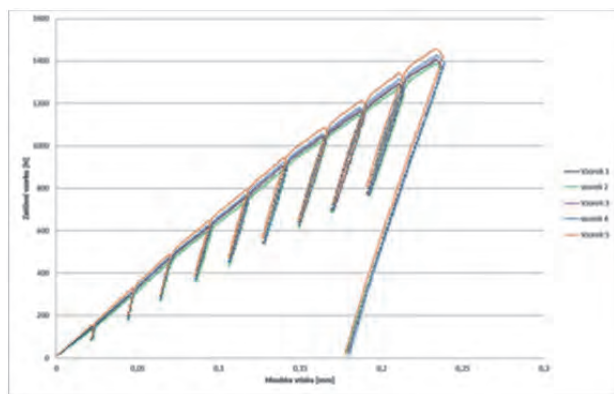
Obr. 17 Stanovení přechodové teploty T_{sp}

V roce 2016 započal vývoj instrumentovaného přenosného tvrdoměru MABIT (obr. 18).



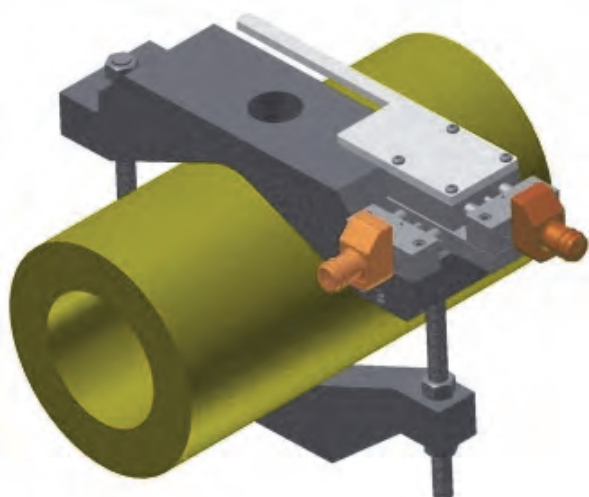
Obr. 18 Tvrdoměr MABIT

Zařízení je určeno ke stanovení mechanických vlastností materiálu (R_e , R_m , HRB, HRC, HV) pomocí ABI testu (obr. 19).



Obr. 19 Grafický průběh ABI testu

V rámci vývoje zařízení MABIT bylo navrženo a odzkoušeno několik variant konstrukcí. Pro použití v provozních podmínkách byl vyvinut upínací přípravek s možností přesného polohování vtisku, a to s přesností $\pm 0,01$ mm (obr. 20, 21).



Obr. 20 Přípravek pro upnutí tvrdoměru MABIT s polohováním místa vtisku



Obr. 21 Aplikace tvrdoměru MABIT v provozních podmínkách

V současné době probíhá fáze testování celého zařízení s využitím materiálů, sloužících jako etalony o známých mechanických vlastnostech.

Cílem tohoto článku bylo čtenáře Hutnických listů rámcově seznámit s tím, čím se oddělení Vývoje a výroby zkušebních strojů a zařízení MMV zabývá. Ve skutečnosti je však náplň tohoto oddělení mnohem širší, další její aktivity budou publikovány v následujících číslech.

Poděkování

Tato práce vznikla v rámci čerpání a užití institucionální podpory na Dlouhodobý a koncepční rozvoj výzkumné organizace v roce 2019, poskytovatel Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.

Literatura

- [1] CEN WORKSHOP AGREEMENT "Small Punch Test method for Metallic Materials" CWA 15627:2007 D/E/F, Dec. 2007.
- [2] HURST, R. Experiences with the European Code of Practice for Small Punch Testing for Creep, Tensile and Fracture Behaviour. In *3rd Conference SSTT*, Graz, Austria, 2014.
- [3] *Standard for Small Punch Creep Test*. Edited by The Committee on High Temperature Strength of Materials, the Society of Materials Science, Japan, Sept. 2012.
- [4] ECISS/TC 101 "Metallic Materials – Small Punch Test Method", European Standard – Working Document, AFNOR, Dec. 2017.
- [5] BISBEE, L.H., MERCALDI, D.W., PARKER, J.D. SSam – a System for Nondestructive Materials Sampling. In: *COMADEM 91*, Ed. Raj B.K.N., Rao and A.D.Hope, IOP Publishing, United Kingdom, 1991.

Rozrušovací manipulátor Roman 2 016

Ing. Grzegorz Podolewski

Strojírny a stavby Třinec, a.s., Průmyslová 1038, Staré město, 739 61 Třinec

Rozrušovací manipulátor Roman 2 016 je určen pro vybourávání staré žárové vyzdívky uvnitř torpédových míšičů surového železa. Manipulátor konstrukčně vychází z původního, 30 let starého stroje. Došlo u něj k modernizaci jednotlivých částí, a to od pásového podvozku s pojezdovými hydromotory a otočným ramenem s rotačním přípojem umožňujícím neomezený rozsah otáček, přes výkonné LED světlomety až po bezdrátové ovládání stroje. Z hlediska ochrany životního prostředí a vlivu na obsluhu došlo k výrazné inovaci použitím hydraulického sbíjecího kladiva, které na rozdíl od původního pneumatického typu nevyfukuje silný proud stlačeného vzduchu a nevíří prach z vyzdívky.

Pracovním nástrojem je účinné hydraulické kladivo umístěné na konci teleskopického otočného ramene. Manipulátor nejprve vybourá licí otvor míšiče a následně vjede dovnitř. Uvnitř míšiče postupně odstraňuje opotřebenou vyzdívku. Obsluha řídí stroj pomocí bezdrátového dálkového ovládání z bezprostřední blízkosti. Stroj je k tomu vybaven výkonným osvětlením. V případě poruchy bezdrátového ovládání lze samotný ovladač propojit s manipulátorem kabelem. Pro stabilizaci stroje uvnitř geometricky nepravidelného a válcového prostoru míšiče slouží hydraulicky vyklápěná zadní ramena a přední radlice. Výborná průchodnost vybouranou vyzdívkou a zároveň obratnost v malém prostoru je zajištěna odolným ocelovým pásovým podvozkem s napínacím zařízením.



Jednotlivé pohyby stroje jsou zajištěny hydraulickým systémem s plněným minerálním olejem HM-46S. Systém je rozdělen na rozvod manipulátoru a hydraulický agregát, přičemž obě části jsou spolu propojeny svazkem hadic o délce přibližně 10 m, která je určena vzdáleností místnosti pro parkování agregátu od míšiče. Hydraulický agregát obsahuje nádrž s kompletním vybavením: dva

hydrogenerátory, dva topné ohříváče, odlehčovacím bloky a ventily pro ovládání pojezdu pohyblivé plošiny, která se přisunuje k míšiči. Ocelový rám agregátu umožňuje transport pomocí paletovacího vozíku a zároveň nese elektrickou rozvodnou skříň. Na stěně parkovací místnosti je umístěn vzduchový hydraulický chladič pro chlazení hydraulického oleje.

Hydraulický systém je vybaven nouzovou funkcí. V případě poruchy kteréhokoliv hydrogenerátoru jej lze pomocí příslušného kulového ventilu nahradit zbývajícím hydrogenerátorem a nouzově provést nutné úkony pro vyjetí manipulátoru z míšiče.



Parametry manipulátoru:

Rozměry (délka, šířka, výška)	2692/1040/1488 mm
Hmotnost	2288 kg
Rychlost pojezdu	0,1 m·s ⁻¹
Rychlost otáčení ramene	6 min ⁻¹
Otáčení ramene	360° (neomezeno)
Výkyv ramene	62°
Výsuv výložníku	500 mm
Výkyv kladiva	100°
Výkyv radlice	24°
Výkyv nohy	96°
Tlaky v hydraulickém systému	18 a 7 MPa
Pohonné elektromotory	15 + 5,5 kW, 50Hz, 500 VAC, 1475 min ⁻¹

Zařízení je vyrobeno pro použití v uzavřené hale. Běžná pracovní teplota je + 5-až + 40 °C.

Modernizace 110 kV rozvodny

Ing. Petr Matuszek; Ing. Jan Čepec

ENERGETIKA TŘINEC, a.s., Průmyslová 1024, Staré Město, 739 61 Třinec

ENERGETIKA TŘINEC, a.s., (ET) dceřiná společnost Třineckých železáren, a.s., (TŽ) zabezpečuje výrobu a distribuci energetických médií zejména pro technologii hutní výroby TŽ. Jedná se o elektřinu, teplo v páře, horké a teplé vodě, dmýchaný a stlačený vzduch, provozní vody. ET dále zajišťuje distribuci a úpravu hutních topných plynů, které vznikají jako druhotný energetický zdroj při výrobě v TŽ, a pro doplnění energetické bilance nákup zemního plynu a jeho distribuci. Společnost dále dodává teplo pro vytápění areálu TŽ, ale také pro město Třinec a blízké okolí.

Jednou z rozhodujících energetických komodit pro naše odběratele je elektrická energie, která je dodávána prostřednictvím lokální distribuční sítě (dále LDS) na napěťových hladinách 110, 22 a 6 kV. LDS je propojena s distribuční sítí ČEZ Distribuce 110 kV prostřednictvím 3 vstupních rozvodů. Jednou z nejvýznamnějších je rozvodna T4 – 110 kV (dále T4), kde jsou zaústěna venkovní vzdušná vedení jak z české, tak i polské elektrizační soustavy.

Stávající rozvodna T4 je konstruována jako zapouzdřená plynem izolovaná (SF6) dvousystémová rozvodna s podélným dělením o 12 polích typu RZF 945 EJF Brno. Čtyři pole tvoří přívozy ze vstupních 110 kV linek, pět polí jsou vývody na výkonové transformátory a zbývající tři pole představují podélnou a dvě příčné spojky. Systém chránění je realizován převážně dnes již zastaralými typy elektromechanických a elektronických ochranných. Hlavními důvody pro rozhodnutí o náhradě technicky i morálně dožitého zařízení novým moderním, při zachování technické koncepce rozvodny v řešení GIS (zapouzdřená plynem izolovaná rozvodna), byly nedostupnost náhradních dílů a omezený rozsah dostupných servisních úkonů na provozovaném zařízení, jakož i stoupající četnost poruch. Na základě technickoekonomického srovnání dostupných technologií GIS od rozhodujících světových výrobců bylo zvoleno řešení Siemens, typ 8DN8 123 kV.

Nová moderní technologie GIS a jednotlivá vstupní vedení a vývody na transformátory budou umístěny do nově postavené haly a postupně přepojovány ze stávající rozvodny na rozvodnou novou tak, aby nedošlo k žádnému omezení dodávek elektrické energie koncovým spotřebitelům.

Smlouva na generální dodávku díla byla podepsána se společností AUTEK, a.s. v červenci 2017. Jejimi rozhodujícími subdodavateli jsou:

- TŘINECKÁ PROJEKCE, a.s. – realizační projekt stavební části a autorský dozor
- SIEMENS, s.r.o. – výroba, dodávka a instalace GIS a ochranných
- SPIE Elektrovod, a.s. – kabeláže vvn
- Elektromont Brno, a.s. – kabeláže vn a nn
- ELVAC a.s. – řídicí systém
- ZOWADA, a.s. – stavební část

Ostatní projekční práce, dodávky a montáže, jakož i celkovou koordinaci díla, zabezpečuje generální dodavatel díla.

Po podpisu smlouvy byly ihned zahájeny potřebné projekční práce v rozsahu všech provozních souborů a stavebních objektů a objednány rozhodující komponenty s dlouhou dodací lhůtou. Zařízení staveniště bylo investorem předáno v srpnu 2017. Následně byly provedeny nezbytné přeložky a zahájeny stavební práce na spodní stavbě budoucí nové haly rozvodny. Montáž ocelové konstrukce byla zahájena v náročných zimních podmínkách, konkrétně v únoru 2018.

Aktuálně je v nové hale nainstalována kompletní technologie všech polí GIS včetně řídicích skříní. Současně je taktéž již dokončena montáž kabeláže signálové výměny mezi poli GIS a řídicími skříněmi. Po usazení všech polí probíhají intenzivní práce v oblasti parametrizace ochranných a postupného zprovoznování řídicího systému „Mikrodispečink“ pro dálkové monitorování a ovládání rozvodny z velínu střediska „Rozvod VN“ Energetiky Třinec. Velmi důležitým okamžikem bylo první uvedení rozvodny pod napětí, konkrétně v říjnu 2018.

Je velmi pozitivní, že dosud nedošlo k žádným vážným skluzům v dodávkách rozhodujících komponent a nevykytly se ani zásadní technické problémy ve fázi montáže a oživení. Zhotovitel díla plní všechny rozhodující postupové kroky v souladu se smluvním harmonogramem.

Mezi budoucí postupové milníky zejména patří:

- listopad 2018 - duben 2019 – postupné přepojování jednotlivých přírodních vedení a vývodů na výkonové transformátory;
- květen 2019 – předání a převzetí díla.

Nová hala byla stavebně připravena pro montáž technologie rozvodny a zahájení ustavování jednotlivých polí GIS v květnu 2018.



Energetika Třinec - betonáž základové desky



Energetika Třinec - montáž ocelové konstrukce



Energetika Třinec nova GIS rozvodna 1



Energetika Třinec – nová GIS rozvodna 2



Energetika Třinec – finální stav rozvodny

Realizací výstavby nové moderní rozvodny dojde ke zvýšení spolehlivosti napájení hutních agregátů TŽ. Rozvodna T4 tak bude patřit k nejmodernějším uzlům provozované lokální distribuční sítě Energetiky Třinec.

Závěsné řetězy ve výrobním programu Řetězárna a.s.

Ing. Miroslav Melkus

Řetězárna a.s. Polská 48, 790 81 Česká Ves, Česká republika



Certifikace závěsných řetězů do 400 °C

V roce 2017 získala Řetězárna a.s. výrobní certifikát pro možnost užívání značky kvality $\kappa 45-10$ pro poslední možné řetězy a příslušenství ze svého výrobního portfolia. Jde o prestižní výrobní certifikát v oblasti závěsných, vázacích řetězů a příslušenství, které dostávají pouze významné a ověřené řetězárny z celého světa. Tento certifikát uděluje oborová zkušebna BG-Prufzert, Seligmannallee 4 D-30173 se sídlem v německém Hannoveru.

Certifikát s označením $\kappa 45-10$ byl Řetězárně a.s. udělen na technologicky nejobtížnější výrobky-závěsné řetězy v pevnostní třídě 10 vyráběné, dle mezinárodního předpisu PAS 1061, které zajišťují vysokou bezpečnost a zejména použitelnost při teplotách až do 400 °C.

Řetězy dle tohoto předpisu jsou určeny pro nejnáročnější pracovní prostředí. Z tohoto důvodu je při jejich výrobě kladen velký důraz na materiálové, provozní a výstupní zkoušky a kontroly. Mezi předepsané požadavky patří mj. tahová a ohybová zkouška, únavová zkouška, rázová vrubová práce při minusových teplotách, zkouška odolnosti proti korozi pod napětím, zkouška chování materiálu, zkouška na vyhrátí a jiné. Nelze ani uvést všechny požadované zkoušky a sledované parametry, které jsou obsahem poměrně širokého elaborátu označeného Pas 1061.



Obr.1 Řetěz 10x30 PAS 1061

Je velmi obtížné, aby řetěz vyhověl všem uvedeným zkouškám. To potvrzuje i fakt, že výrobní certifikát s označením $\kappa 45-10$ v pevnostní třídě 10 dle předpisu PAS 1061 smí používat pouze pět řetězárů z celého světa!

Pro výrobu tohoto řetězu musela Řetězárna a.s. ve spolupráci s TŽ a.s. také vyvinout novou ušlechtilou ocel. Aby

se využilo jedinečných vlastností této oceli v koncovém výrobku-řetězu, museli pracovníci ŘČV a.s., TŽ a.s. navrhnout, realizovat nové technologické a výrobní procesy pro dosažení tohoto úspěchu.

Úspěšnou certifikací těchto závěsných řetězů se Řetězárna a.s. definitivně zařadila do absolutní technologické špičky ve svém oboru výroby svařovaných vysokopevnostních článkových řetězů.

Legislativa prodeje článkových řetězů

Každý řetěz, který je určen pro účely zvedání a je dovezen do zemí EU musí vyhovět SMĚRNICI EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2006/42/ES (vztahuje se na strojní zařízení, vyměnitelná zařízení, bezpečnostní součásti, příslušenství pro zdvihání, řetězy, lana a popruhy, snímatelná mechanická převodová zařízení a neúplná strojní zařízení. Umožňuje volný pohyb strojních zařízení, která odpovídají evropským požadavkům na ochranu zdraví a bezpečnost, po celé EU. To znamená, že při používání strojních zařízení a styku s nimi jsou pracovníci i veřejnost dobře chráněni). Řetězárna a.s. zjistila, že mnozí dodavatelé prodávající v EU řetězy k účelu zvedání nesplňují požadavky této směrnice. Převážně jde o uvádění nepravdivých údajů v dokumentu „Prohlášení o shodě“ - neshodu mezi dodaným řetězem a příslušnou normou.

Uvádění nesprávných údajů dodavatel nejen že porušuje směrnici vydanou Evropského parlamentu, ale i ohrožuje zdraví a majetek osob, který tento řetěz provozují!

Vysokopevnostní řetězy pro účely zvedání, které se standardně používají v EU, jsou vyráběné dle normy:

- EN 818-2+A1; Řetězy střední tolerance pro řetězové vázací prostředky - jakostní třída 8 (800MPa). Koeficient bezpečnosti 4:2,5:1 (trhací síla / zkušební síla / nosnost). Řetěz zkoušený. Teplotní limity -40°C až 400°C.
- EN 818-7+A1; Řetěz s přesnou tolerancí pro řetězová zdvihadla - jakostní třída T (800MPa) provedení:
 - T - zušlechtné. Ručně ovládaná zdvihadla nebo zdvihadla s motorovým pohonem s nízkými rychlostmi, které nepracují v abrazivních pracovních podmínkách. Koeficient bezpečnosti 4:2,5:× (trhací síla / zkušební síla / nosnost dle pohonu ISO 4301-1). Řetěz kalibrováný, zkoušený. Teplotní limity -40°C až 200°C.

- DAT – kalené, hloubka zakalení – do $\varnothing 8\text{mm}$ ($0,04 \times \text{dn}$) a nad $\varnothing 8\text{mm}$ včetně ($0,03 \times \text{dn}$). Zdvihač s motorovým pohonem, která mají vysoké rychlosti v kombinaci s vysokou pracovní kapacitou, kde se požaduje odolnost proti oděru pro zvýšení životnosti řetězu. Koeficient bezpečnosti 4:2,5:x (trhací síla / zkušební síla / nosnost dle pohonů ISO 4301-1). Řetěz kalibrovaný, zkoušený. Teplotní limity -20°C až 200°C .
- DT – kalené, hloubka zakalení – do $\varnothing 8\text{mm}$ ($0,05 \times \text{dn}$) a nad $\varnothing 8\text{mm}$ včetně ($0,04 \times \text{dn}$). Zdvihač s motorovým pohonem používaná v abrazivních pracovních podmínkách. Koeficient bezpečnosti 4:2,5:x (trhací síla / zkušební síla / nosnost dle pohonů ISO 4301-1). Řetěz kalibrovaný, zkoušený. Teplotní limity -10°C až 200°C .
- předpis PAS 1061; Řetězy z kruhové oceli pro vázací řetězy – jakostní třída 10 (1000MPa). Koeficient bezpečnosti 4:2,5:1 (trhací síla / zkušební síla / nosnost). Řetěz zkoušený. Teplotní limity -40°C až 380°C .
- EN 818-2+A1 s pevnostními parametry T10 – řetěz se vyrábí pod podnikovou normou např. Řetězárna a.s. PN 46-17 - Řetězy střední tolerance pro řetězové vázací prostředky - jakostní třída 10 (1000MPa). Koeficient bezpečnosti 4:2,5:1 (trhací síla / zkušební síla / nosnost). Řetěz zkoušený. Teplotní limity -20°C až 200°C .

Požadavky těchto norem a předpisů jsou dány tak, aby plně vyhověly bezpečnostním požadavkům při daných provozních podmínkách, které jsou ve strojírenství, v zemědělství, ve stavebnictví, v hornictví apod.



Obr. 2 Řetěz 4x12 EN 818-7

Někteří dodavatelé vysokopevnostních řetězů pro účely zvedání hrubě porušují požadavky těchto norem a předpisů, a to převážně:

- volí nevhodnou ocel např. Mn ocel. Legující prvky jako jsou Ni, Cr, Mo (předepisují normy) jsou zvolené proto, aby hotový řetěz po tepelném zpra-

cování vyhovoval nejen mechanickým vlastnostem, ale také měl požadovanou tažnost, houževnatost a neohrožilo nebezpečí únavových lomů.

- ocel neobsahuje žádný nebo nepatrný obsah Al, norma předepisuje min. 0,025%, neuklidněnou ocel – křehnutí řetězu vlivem stárnutí oceli, velmi nebezpečné – u řetězu může dojít k nečekanému lomu.

Zvolení správného vysokopevnostního řetězu pro účely zvedání dle příslušné normy nebo předpisu lze dvojím způsobem:

1. Dle výrobního certifikátu s označením κ -jde o prestižní výrobní certifikát v oblasti závěsných, vázacích řetězů a příslušenství, které dostávají pouze významné a ověřené řetězárny z celého světa. Tento certifikát uděluje oborová zkušebna BG-Prufzert, Seligmannellee 4 D-30173 se sídlem v německém Hannoveru. Zkušebna BG-Prufzert ověřuje nejen dodržení všech požadavků příslušné normy, ale také výrobní a zkušební zařízení, technologii výroby apod. Certifikát s označením $\kappa 45$ může Řetězárna a.s. používat na řetězy, které spadají pod normu EN818-2, EN 818-7 a PAS1061. Na řetězy dle EN 818-2 s pevnostními parametry T10 se výrobní certifikát κ neuděluje – přesto se doporučuje vybírat tento řetěz mezi výrobci řetězů, kteří mají výrobní certifikát κ na řetězy EN 818-2 a PAS 1061 popř. i na EN 818-7 – jde o ověřené kvalitní výrobce řetězů!

2. Dle ověření požadovaných parametrů (jedná se o stručný výpis)

- EN 818-2+A1 – rozměry, mechanické hodnoty (prodloužení při přetržení, zkušební a trhací zatížení, ohybovou zkoušku) v dodaném stavu i při zahřátí na 400°C s dobou prodlevy na teplotě 1hod. a ochlazení na vzduchu atd.

Ocel musí být ukladněná a stabilizovaná a musí obsahovat Ni min. 0,4%, Cr min. 0,4% nebo Mo min. 0,15%, Al min. 0,025%, S max. 0,025%, P max. 0,025%.

- EN 818-7+A1 –

- jakost T – rozměry, mechanické hodnoty (prodloužení při přetržení, zkušební a trhací zatížení, ohybovou zkoušku), povrchovou tvrdost atd.

Ocel musí být ukladněná a stabilizovaná a musí obsahovat Ni min. 0,4%, Cr min. 0,4% nebo Mo min. 0,15%, Al min. 0,025%, S max. 0,025%, P max. 0,025%.

- jakost DAT – rozměry, mechanické hodnoty (prodloužení při přetržení, zkušební a trhací zatížení, ohybovou zkoušku), odolnost proti únavě (min. 2 000 000 cyklů), hloubku zakalení, povrchovou tvrdost atd.

Ocel musí být ukladněná a stabilizovaná a musí obsahovat Ni min. 0,7%, Cr min. 0,4% nebo Mo min. 0,15%, Al min. 0,025%, S max. 0,025%, P max. 0,025%.

- jakost DT – obdobné jako u jakosti DAT

- předpis PAS 1061 – rozměry, mechanické hodnoty (prodloužení při přetržení, zkušební a trhací zatížení, ohybovou zkoušku) v dodaném stavu i při zahřátí na 380°C s dobou prodlevy na teplotě 1hod. a ochlazení na vzduchu, odolnost proti únavě (min. 20 000 cyklů), rázovou vrubovou práci, odolnost proti korozi, zkouška chování materiálu při teplotě 200°C, 250°C, 300°C a 350°C atd.

Ocel musí být uklidněná a stabilizovaná a musí obsahovat Ni min. 0,7%, Cr min. 0,5%, Mo min. 0,3%, Al min. 0,025%, S max. 0,015%, P max. 0,015% (součet S+P max. 0,025%).

EN 818-2+A1 s pevnostními parametry T10 (PN 46-17) – obdobné jako u EN 818-2 pouze zvýše-

nými mechanickými hodnoty o +25% (nosnost, zkušební a trhací zatížení).

Ke každému vysokopevnostnímu řetězu pro účely zvedání by měl zákazník obdržet:

- Prohlášení o shodě
- Návod na používání
- Inspekční certifikát

Materiálový atest není sice požadován, ale poctivému výrobcí řetězu by nemělo dělat žádný problém ho poskytnout.

Další informace na www.retezarna.cz

Technologie s pēchovacím provozem v ruské koksovně

SMS group newsletter 01/2019, str. 77

Koksárenské baterie s pēchovacím provozem umožňují použití levnějších surovin pro výrobu kvalitního koksu.

Severstal a Paul Wurth nedávno podepsali kontrakt na výstavbu nového koksárenského komplexu v integrovaném hutním závodu Severstal v Čerepovci na severovýchodě Ruska. Jádrem nového komplexu jsou dvě nové značkové koksárenské baterie s pēchovacím provozem, pro které Paul Wurth vypracoval projektovou dokumentaci. Nyní Severstal potvrdil svou důvěru k Paul Wurthovi a následně objednal dodávku klíčových zařízení nutných pro garanci výkonu nového závodu a také autorský dozor po dobu výstavby.

Společně se dvěma koksárenskými bateriemi („Blok 1“ a „Blok 2“) budou nové koksárenské technologie a technická řešení firmy Paul Wurth použity také ve třech nových systémech suchého hašení koksu, na všech strojích koksárenské baterie, na pomocných zařízeních pro přípravu uhlí a manipulaci s koksem a také na odlučovači dehtu. Dodávky firmy Paul Wurth budou zahrnovat kritická a patentovaná zařízení a systémy jako jsou dveře koksovacích komor, žáruvzdorné materiály, stroje a SOPRECO® systém pro řízení tlaku v jedné komoře.

Dvě baterie (2 x 56 koksovacích komor o výšce 6, 25 m) jsou projektovány na celkovou výrobu 1,4 mil. tun koksu. Pracují s pēchovacím provozem a jsou vybaveny moderní koksovací technologií firmy Paul Wurth jako je např. inovativní bezdýmný sázeční systém. Budou to první ruské koksárenské baterie se slibnou technologií, které umožní Severstalu používat levnější uhlí při zachování kvality koksu. Firma také již od stadia projekce aplikuje přísná kritéria pro ochranu životního prostředí; kontrakt tudíž obsahuje relevantní technologická řešení. Nový komplex bude uveden do provozu v září 2021.

Rozšíření rozměrové řady kontisliťků odlévaných na kontilitě ve Vizag Steel

SMS group newsletter 01/2019, str. 80

Ocelárna Visakhapatnam Steel Plant (VSP) v indickém Visakhapatnamu uvedla úspěšně do provozu nové kontilitě, které dodala společnost SMS Concast ze skupiny SMS group. Pětiproudé kontilitě s poloměrem 12 m má projektovanou výrobnost 1 mil. t/rok a pokrývá velký rozsah značek ocelí od běžných uhlíkových ocelí až po ložiskové oceli pro bezešvé trubky a oceli pro železniční kola. Nové kontilitě odlévá kruhové kontisliťky o průměru 410 a 450 mm a rozšiřuje tím sortiment čtvercových kontisliťků 200 mm společnosti Vizag Steel. Kontilitě, které bylo hladce uvedeno do provozu, má všechny technologické charakteristiky, které jsou požadovány pro výrobu ocelí nejvyšší kvality včetně lití ponornou tryskou s řízením hladiny pomocí elektromechanického stoperu, hydraulické oscilace krystalizátoru, elektromagnetického míchání v krystalizátoru a na konci a systému značení výrobku. Moderní automatizační systémy Level 1 a Level 2 zajišťují efektivní provoz kontilitě s minimálními personálními nároky na řízení a monitorování všech požadovaných procesních parametrů a na sběr všech klíčových dat o výrobku pro digitální sledování výroby a jakosti. S tímto novým moderním vybavením může Vizag Steel dále posílit své postavení na trhu tyčí speciální kvality (SBQ).

PROJEKTOVÁNÍ – ZKUŠENOST, KVALITA A RYCHLOST ZA PŘIJATELNOU CENU



to je projektová organizace TŘINECKÁ PROJEKCE, a.s. Představujeme Vám projektovou a inženýrskou organizaci, která vznikla dne 9. 11. 1994 zápisem do obchodního rejstříku v Ostravě a jejíž začátky můžeme spatřovat již v roce 1958.

TŘINECKÁ PROJEKCE, a.s. je organizace složená z kvalifikovaných a zkušených autorizovaných projektantů, technických a obchodně-ekonomických pracovníků, kteří navazují na dlouholetou tradici od roku 1958 v oblasti projektování staveb, rekonstrukcí, modernizací, technických inovací a inženýrských činností.

TRENDY V PROJEKTOVÁNÍ

Od samotných počátků, kdy na rýsovacích deskách byly myšlenky projektantů zhmotňovány tuhou na pauzovací papír, jsme prošli všemi etapami vývoje projektování až do současné doby zpracování zakázky na výkonných výpočetních jednotkách vybavených legálním špičkovým softwarem.

Kromě bohatých zkušeností v oblasti projektování staveb a technologií, moderního softwarového vybavení pro trojrozměrné modelování, je jednou z nejsilnějších devíz společnosti komplexnost procesu projektování, což umožňuje zpracování zakázky v celém jejím rozsahu pomocí vlastních projektantských profesí – odbornosti strojní, stavební, ocelových konstrukcí, technologických rozvodů, vzduchotechniky, tepelné techniky a elektro.

TŘINECKÁ PROJEKCE, a.s.
s tradicí od roku 1958
Držitel certifikátu ISO 9001 : 2008
PROJEKTOVÁNÍ - INŽENÝRSKÁ ČINNOST

PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA STAVEB V OBORECH:

- technologická zařízení
- dopravní a manipulační zařízení
- zařízení válcoven a finální výroby
- energetická a vzduchotechnická zařízení
- elektro, MaR a ASŘ
- ocelové konstrukce
- pozemní a průmyslové stavby,
- kanalizační sítě, rozvody plynu, vody a dálk. vytápění

Míru 274, Kanada, 73 961
IČO: 47677741 • DIČ: CZ47677741
tel.: +420 558 384 111 • www.tp.trz.cz

SGS
TŘINECKÁ PROJEKCE, a.s.
ISO 9001:2008

Od roku 2000 jsme nositeli certifikátu kvality ISO 9001/2008 udělovaného švýcarskou aditorskou společností SGS.

CO NABÍZÍME

Našim zákazníkům nabízíme kvalitní zpracování všech stupňů projektové dokumentace, odborných výpočtů, technických pomoci a studií jejich investorských záměrů, rekonstrukcí a modernizací.



Ze spolkového života a odborných akcí



Česká hutnická společnost, z. s.
Průmyslová 1034
739 61 Třinec - Staré Město



180
1839-2019

Bohatá historie České hutnické společnosti

Připomínáme si 180 let od založení Třineckých železáren, a. s., a možná by bylo zajímavé při této příležitosti přiblížit také historii a činnost České hutnické společnosti, z. s. (dále ČHS). Spolek sdružující jednotlivce i organizace v oblasti hutnictví a příbuzných oborů vznikl oficiálně v roce 1989, ale jeho historie je mnohem delší. Význam oborů hutnictví a slévárenství ovlivnilo už založení Vysoké školy báňské v roce 1849. Následně vznikaly cechovní společnosti, ve kterých se dodnes sdružují zejména absolventi a lektori této školy. Cechovní organizace měly svůj velký význam a v současné době si připomínáme symbolické přijetí do cechu, zejména pravidelnou akcí Skok přes kůži.

Hutníci měli ve světě i v naší republice vždycky velkou snahu se sdružovat, a tak spolupůsobit na rozvoj odvětví. Šlo zejména o obory hutnictví a slévárenství, které byly v roce 1955 začleněny do nově vznikající zájmové organizace Československé vědecko-technické společnosti. Ta byla nejdříve začleněna pod ČSA a od roku 1958 pak byla přičleněna pod odborovou organizaci. V dalším období byly vytvářeny sekce a odborné skupiny na celostátní a krajské úrovni a současně také pobočky v podnicích, výzkumných ústavech a na školách.

Podnikové pobočky sdružovaly až čtyři tisíce členů a počet organizovaných konferencí, seminářů a tematických cest je velmi obtížné číselně vyjádřit. Ještě dnes jsou k dispozici materiály z těchto aktivit a ke sborníkům se často odborná veřejnost s nostalgii vrací.

V roce 1989 se i přes velkou snahu nepodařilo podnikové pobočky zachovat. Základem dnešní organizace ČHS jsou odborné skupiny i individuální členové. Sídlo společnosti bylo z Prahy přestěhováno do Třince, a to hlavně díky dobré spolupráci s Třineckými železárnami.

V současné době je evidováno 21 odborných skupin a zhruba 1100 členů, kteří jsou zaměstnanci více než 10 společností, ústavů a vysokých škol.

Hlavní náplní činnosti organizace je zvyšování odborné úrovně a vzdělanosti všech členů v technologických novinkách v hutnictví a příbuzných oborech a také odborná pomoc při vývoji a zavádění nových technologií a inovací v oblasti výrobní, snižování výrobních nákladů a řešení environmentální problematiky, získávání zkušeností ze zahraničí a aplikace získaných poznatků do podmínek českého hutnictví a souvisejících oborů.

Velkým přínosem je trvalá spolupráce s obdobně zaměřenými společnostmi v sousedních zemích – VDEH v Německu, SITPH v Polsku a rovněž SHS na Slovensku.

Česká hutnická společnost je stálým členem komise pro organizaci odborných ocelářských konferencí v Evropě a ve světě a zástupci ČHS se každoročně účastní setkání evropských a světových hutnických společností. V Düsseldorfu se schvaluje kalendář mezinárodních akcí, zejména termíny konání konferencí a jejich odborné náplně.

ČHS sdružuje odborníky, kteří mají zájem prezentovat a publikovat výsledky své práce a podílí se na vydávání dnes již jediného odborného periodika v České republice časopisu Hutnické listy, který je zaměřen právě na hutnictví. Aktivita ČHS podporují také technické vzdělávání. Organizace již deset let oceňuje úspěšné diplomové práce v oboru a studentům s dobrými výsledky ve škole zajišťuje možnost uplatnění teoretických poznatků v praxi.

Díky spolupráci se zahraničními společnostmi mají členové i nečlenové ČHS možnost prezentovat výsledky své vynálezecké a tvůrčí práce na světových výstavách

patentů a vynálezů. Za poslední období bylo vystavovaným exponátům uděleno více než 20 zlatých, stříbrných a bronzových medailí. Naši technici se prezentovali na mimo jiné na těchto mezinárodních výstavách a veletrzích: Brusels – Eureka, IWIS ve Varšavě, INNOWACJE v Gdaňsku, Tesla Test v Novém Sadu, Archimedes v Moskvě, IENA v Norimberku a na výstavách v Bělehradu a v Plovdivu.

Vrcholem aktivity ČHS v oblasti vynalezectví a zlepšovatelů byla v letech 2016 a 2018 organizace mezinárodní výstavy INVENT ARENA v Třinci, na které byly prezentovány nové techniky patentů, vynálezů, průmyslových vzorů a technických novinek z 22 zemí Evropy, Asie a Afriky. Tento veletrh zhlédlo zhruba šest tisíc návštěvníků.

Velmi oblíbenou společenskou akcí jsou Hutnické pivní slavnosti, letos v květnu se uskutečnil již jejich 22. ročník.

Kromě členů ČHS se jich pravidelně účastní zástupci družebních zahraničních hutnických sdružení, představitelé technických vysokých škol, ministerstva průmyslu a obchodu i veřejného života.

Česká hutnická společnost je dobrovolnou stavovskou organizací, která se při pohledu do minulosti za svou činnost rozhodně nemusí stydět. Ba naopak. Za své hovoří stovky úspěšných akcí, mezinárodních konferencí, tematických cest, ale i společenských akcí.

Závěrem si lze jen přát, aby činnost všech odborných skupin v rámci České hutnické společnosti byly vnímány jako nedílná součást při plnění náročných úkolů výroby a zejména kvality hutních výrobků.

Jan Kobielusz
Předseda ČHS, z. s.

Korporace United States Steel zveřejnila výsledky roku 2018

www.usssk.sk tisková zpráva z 31.1.2019

Dne 30.1.2019 United States Steel Corporation oznámila čistý zisk za rok 2018 ve výši 1 115 mil. USD, který po úpravě představoval 957 mil. USD. Pro srovnání, v roce 2017 dosáhla korporace čistý zisk 387 mil. USD, který po úpravě představoval 341 mil. USD.

Za 4. čtvrtletí 2018 zveřejnila korporace čistý zisk 592 mil. USD, který po úpravě představoval 324 mil. USD. Pro porovnání, za 4.Q 2017 byl čistý zisk 159 mil. USD, který po úpravě představoval 136 mil. USD.

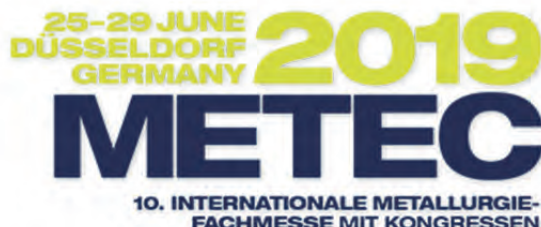
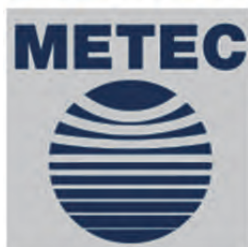
Segment U. S. Steel Europe vykázal za 4.čtvrt. 2018 zisk před úroky a zdaněním ve výši 62 mil. USD, za celý rok 2018 359 mil. USD. Ve 4.Q 2018 dosáhly kapitálové výdaje 41 mil. USD a výrobní kapacity byly využívány na 96 %.

„Těší nás dobré výsledky, které jsme zaznamenali v roce 2018, a také důležitý pokrok, který jsme dosáhli v souvislosti s našimi strategickými cíli,“ řekl prezident U. S. Steel a CEO David B. Burritt. „Povzbuzuje nás efektivnost investic, které realizujeme a dále se soustředíme na zlepšení naší provozní a obchodní výkonnosti s cílem podněcovat dlouhodobou tvorbu hodnot pro naše akcionáře.“

Korporace očekává v 1.Q 2019 upravený zisk před zdaněním, úroky, odpisy a amortizací (EBITDA) ve výši přibližně 225 mil. USD.

V evropském segmentu se očekává v 1.Q 2019 pokles zisku před zdaněním, úroky, odpisy a amortizací (EBITDA) oproti 1.Q 2018, hlavně kvůli menším objemům, vyšším cenám vstupních surovin a nepříznivé změně směnného kurzu USD / EUR.

Výstavy, veletrhy, konference



GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST 2019

Hotspot světové slévárenské a metalurgické techniky

Düsseldorf se pod heslem „The Bright World of Metals“ stane opět po čtyřech letech centrem světové slévárenské a metalurgické techniky: přibližně 2.000 vystavovatelů se od 25. do 29. června 2019 představí na předních mezinárodních oborových veletrzích GIFA, METEC, THERMPROCESS a NEWCAST. Toto veletržní kvarteto pokrývá celé spektrum slévárenské techniky a odlitků, metalurgie a tepelného zpracování v celosvětově jedinečné šířce a hloubce záběru. Právě toto téměř kompletní pokrytí trhu je jedinečnou předností veletrhů v Düsseldorfu. „Global players“ a přední společnosti trhu jsou zastoupeni stejně jako malé, inovativní podniky. Ve dvanácti halách prezentují vystavovatelé aktuální megatrendy, inovace a nejnovější technologie. Tak obsáhlý přehled přes dění v oboru nezískají odborní návštěvníci pravděpodobně na žádném jiném veletrhu světa. Odpovídající bude v roce 2019 i mezinárodní dosah veletrhů: více než polovina z očekávaných sedmdesáti osmi tisíc odborných návštěvníků přijede na tento komplex veletrhů ze zámoří a Evropy. V Düsseldorfu můžete na čtyřech předních světových veletrzích získat kompletní přehled, vyměnit si názory s experty a dodavateli a spoluutvářet aktuální trendy pro trhy budoucnosti.

Druhým důležitým pilířem úspěchu veletrhů, známých též pod sloganem: „The Bright World of Metals“, je jejich odborný doprovodný program s mezinárodními kongresy a oborovými setkáními, např. GIFA-Treff, European Steel Technology and Application Days/ESTAD, European Metallurgical Conference/EMC, sympóziu THERMPROCESS nebo NEWCAST FORUM. Velkou roli hrají i udílené ceny jako NEWCAST Award a specializované výstavy, jako například expozice výzkumného společenství Industrieofenbau e.V. pro různé průmyslové obory.

Svou premiéru má specializovaná výstava Additive Manufacturing na veletrhu GIFA v hale 13. Ať už ve výrobě modelů, forem a jader či v oblasti přímého tisku kovů – slévárnám a jejich subdodavatelům se díky aditivním technologiím otevírají nové možnosti. Z veletrhu GIFA vzejdou silné impulzy především pro e-mobilitu a oblast lehkých konstrukcí pro automobilový průmysl.



ecoMetals & ecoMetals Trails

S kampaní ecoMetals se kvarteto düsseldorfských veletrhů ujímá aktuálního a stále důležitějšího tématu. V ohnisku pozornosti stojí efektivní využívání zdrojů a energií, ochrana klimatu a inovativní technologie a produkty. Vystavovatelé, kteří prezentují produkty, řešení nebo technologie k alespoň jednomu z těchto témat, mohou své exponáty přihlásit u příslušných pracovníků veletrhů. Návštěvníci se o nabídce vystavovatelů k tématu ecoMetals mohou informovat prostřednictvím speciální brožury k tomuto tématu nebo přímo online. Kromě toho mohou návštěvníci se zájmem o speciální exponáty stejně jako v roce 2015 využít komentovaných prohlídek.

Další informace – a také vstupenky – lze získat na adresách www.gifa.de, www.metec.de, www.thermprocess.de a www.newcast.de, resp. na stránkách www.tbwom.com.

35. ročník konference Teorie a praxe výroby oceli

Ve dnech 4. až 5. dubna 2019 se konala v Rožnově pod Radhoštěm tradiční, již 35. ocelářská konference s mezinárodní účastí pod názvem „Teorie a praxe výroby a zpracování oceli“.

Konferenci zahájil úvodním slovem prof. Ing. Jiří Bažan, CSc., garant konference. Poté vystoupil prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., proděkan Fakulty materiálově-technologické Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, který uvítal účastníky konference jménem vedení fakulty. Jako zvaný řečník vystoupil RNDr. Jaroslav Raab se svou přednáškou "21. STOLETÍ – NOVÁ VÝZVA PRO OCELÁŘSTVÍ". První den byl tradičně zakončen společenským večerem.

Konference se zúčastnilo celkem 105 odborníků z výrobních podniků, organizací, vysokých škol a výzkumných ústavů – 83 účastníků z České republiky, 17 ze Slovenska, 1 z Polska, 1 z Rakouska a 3 z Itálie. Bylo předneseno 30 příspěvků. Mezi hlavní témata odborných referátů patřila mimo jiné technologie primární výroby oceli, plynulé odlévání oceli, sekundární metalurgie a odlévání ingotů. K dalším tématům úzce navazujícím na primární výrobu a zpracování oceli byl průmysl 4.0, vnitřní čistota a kvalita oceli, fyzikální a numerické modelování procesů, využití žárovzdorných materiálů a optimalizace výrobních procesů. Mnohé z přednášek prezentovaly výsledky projektů podporovaných z operačních programů vědy a výzkumu MPO ČR a MŠMT ČR. Všechny prezentace doprovázela bohatá diskuse, která neformálně pokračovala i v rámci společenského setkání.



Zahájení konference a úvodní slovo profesora Jiřího Bažana, odborného garanta konference

Zvláštní poděkování patří sponzorům konference: TESCANA, Olympus, ŽDAS, a.s., TSI System, s.r.o., RMS, s.r.o., HOBRA-Školník, s.r.o., Promat, s.r.o., kteří přispěli ke zdárnému odbornému i společenskému průběhu setkání specialistů.

Organizační výbor konference



Celkový pohled do sálu zaplněného účastníky konference

Historie hutnictví

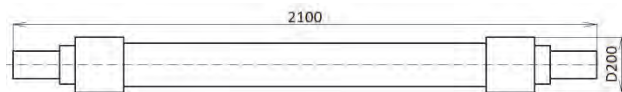
Rozvoj hutnictví v souvislosti s vývojem železnic

Část 4 – Nápravy pro železniční dvojkoli

Ing. Ladislav Jílek, CSc.

Svaz kováren České republiky, z.s., Ostrava, Česká republika

Vyrábí se několik typů železničních náprav: pro osobní vozy, nákladní vagony, lokomotivy, rychlovlaky, tramvaje a další železniční prostředky. Železniční náprava je jednoduchá součást rotačního tvaru. Je to osazený výkovek o délce až 2500 mm o průměru 160 až 240 mm. Běžný typ nápravy ukazuje obr. 1. Náprava má dvě zesílená místa zvaná sedla, na které se nasazují kola. Konce jsou zúžené do čepů, na něž se nasazují ložiska.



Obr. 1 Náprava pro běžný železniční vůz

I když jde o jednoduchý výkovek, je nutné uplatnit při jejich výrobě technický um. Je to dáno dvěma důvody. Na jedné straně se na jakost nápravy kladou vysoké nároky, které se zvyšují s tím, jak se zvyšuje rychlost vlaků; nápravy se vyrábějí ve velkých sériích, a požaduje se tedy, aby výrobní linka měla vysoký výkon. Na druhé straně však současně výrobní linky musí umožňovat i výrobu malého počtu náprav vyráběných jako náhradní díly.

Nároky na jakost vedou k tomu, že se nápravy vyrábějí v tvářeném, nikoliv litém stavu. Požadavky na vysokou produktivitu vedly k tomu, že se postupně při výrobě náprav začaly využívat tři způsoby tváření. Výchozí polotovár je většinou blok vyválnovaný z ingotu. Plynule odlévané slitky mnohdy nezaručují dostatečnou vnitřní čistotu vykované nápravy.

1. Volné kování

Výkovky tohoto typu se běžně kovaly na velkých bucharech. Po druhé světové válce se začaly stavět menší hydraulické lisy a převedlo se na ně i kování železničních náprav. Na vykování železniční nápravy je vhodný lis o síle okolo 1 MN. Pro zvýšení výrobnosti se začaly používat manipulátory a lisy s výměnnými kovadly, opatřenými tvarovými kovadly s kruhovým výřezem. Průměr výřezu u jednotlivých kovadel postupně odpovídá

průměrům jednotlivých osazení. Pokud je u lisu jeden manipulátor, v průběhu kování se rozkovek otočí a manipulátor ho uchopí za druhý konec.

V posledních letech došlo k dalšímu zvýšení výkonu takovýchto linek na kování náprav. Dnes se na těchto linkách používají dva manipulátory, lisy mají zvýšenou kadenci kování a jsou doplněny měřidly rozměrů výkovků v průběhu kování.

I když jsou dnes k dispozici výkonnější postupy tváření náprav železničních vozů, výroba náprav volným kováním má stále své nezastupitelné místo, protože zajišťuje nejlepší protváření materiálu, jak bude uvedeno v následující části. Proto byla nedávno vybudována nová linka pro výrobu železničních náprav v Mogilevském metalurgickém závodě (MMZ) v Bělorusku, vybavená kovacím lisem [1].

2. Kování na radiálním kovacím stroji

Radiální kovací stroj se používá pro kování dlouhých výkovků hlavně z ušlechtilých ocelí. Takovýto stroj byl popsán i v [2, 3]. Tento stroj je vhodný i ke kování náprav pro železniční vozy. Jelikož má vysokou kadenci úderů, kovou se železniční nápravy jako dvojkusy nebo trojkusy, jak ukazuje obr. 2.



Obr. 2 Kování železniční nápravy na radiálním kovacím stroji jako vícenásobný výkovek

Díky vysoké kadenci úderů a díky tomu, že při kování není třeba měnit kovadla, jako je tomu při kování na lisu, dosahuje se vyšší výrobnosti. Na druhé straně při kování na lise jsou lépe protvářené osové partie. Vyplývá to z porovnání charakteru působení kovadel znázorněném na obr. 3 a 4.

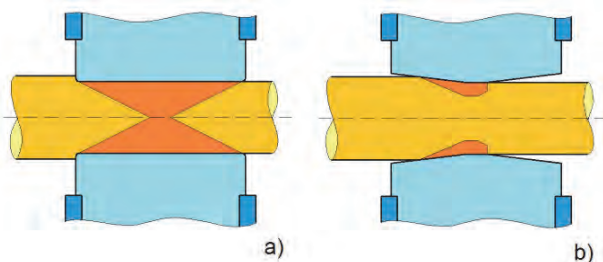


a)



b)

Obr. 3 Nástroje používané při kování náprav a) na hydraulickém lisu b) na radiálním kovacím stroji [1]



a)

b)

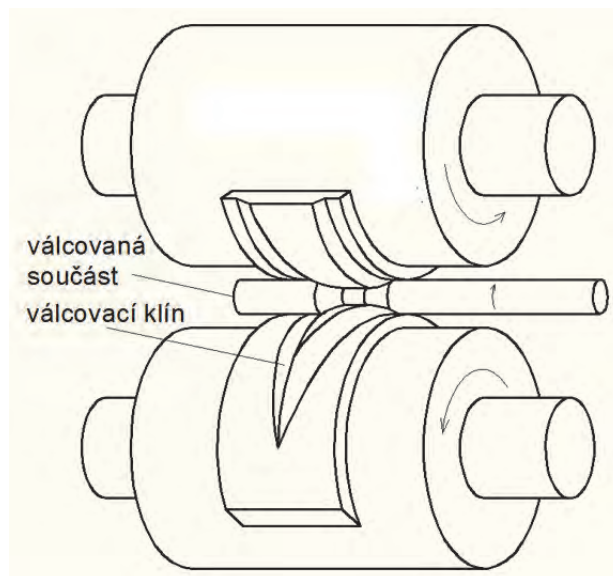
Obr. 4 Oblasti ztlížené deformace při kování náprav a) na lisu, b) na radiálním kovacím stroji

Je vidět, že při volném kování jsou oblasti ztlížené deformace mnohem větší a zasahují až do osy kovaného kusu. Při radiálním kování tomu tak není a v osové oblasti působí tahové napětí, které je zodpovědné za menší provázení v této části výkovku.

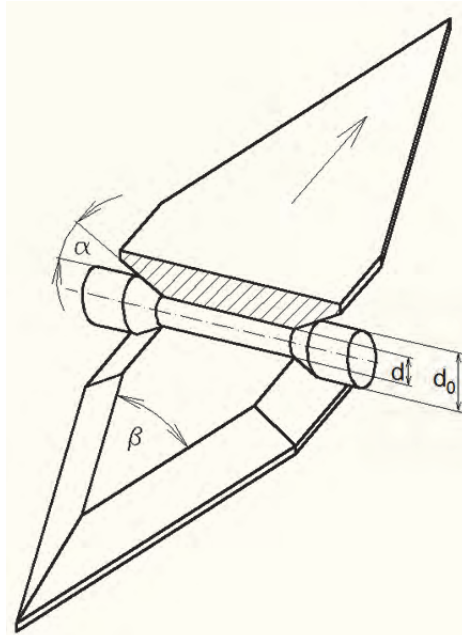
3. Příčné klínové válcování

Příčné klínové válcování (PKV) se začalo uplatňovat v kovárnách v 70. letech minulého století. U nás vyvíjelo příčné klínové válcování s rotačním pohybem nástrojů, v Německu se téměř současně řešilo příčné klínové

válcování s lineárním pohybem nástrojů. Principy těchto postupů jsou znázorněny na obr. 5 a 6.



Obr. 5 Schéma příčné klínové válcovačky s rotačním pohybem nástrojů



Obr. 6 Schéma příčné klínové válcovačky s lineárním pohybem nástrojů

Tváří se dvěma nástroji, jejichž pracovní část má tvar klínu o vrcholovém úhlu β , boky jsou skloněny pod úhlem α . Klíny na nástrojích jsou orientovány proti sobě. Nástroje se pohybují směrem proti sobě a klíny na výchozím materiálu, kterým je hladká tyč o průměru d_0 , přetváří část tyče na zmenšený průměr d , a to v délce, která odpovídá šířce klínů na nástrojích. Uvedený postup se rychle rozšířil a dnes se takto běžně vyrábějí jednak předkovky pro zápustkové kování a jednak hotové rotační výkovky. Více se rozšířily válcovačky s rotačním pohybem. Výroba příslušných nástrojů je sice složitější, ale dosahuje se vyšších výkonů. Ovšem na největších strojích PKV bylo možné dosud válcovat součásti

do průměru asi 100 mm a délky asi 1000 mm. Nyní je již k dispozici příčná klínová válcovačka s lineárním pohybem nástrojů ve vodorovném směru, která je schopna válcovat železniční nápravy. Detail pracovního prostoru tohoto stroje ukazuje obr. 7.



Obr. 7 Pohled do pracovního prostoru válcovačky pro příčné klínové válcování železničních náprav [1]

Výhodou tohoto postupu je vysoká produktivita. Porovnání s ostatními postupy uvádí tab. 1.

Tab. 1 Porovnávání výrobnosti u jednotlivých postupů výroby náprav

Výrobní zařízení	Výrobnost (ks/h)
Běžný hydraulický lis s jedním manipulátorem	5
Hydraulický lis s výměnou nástrojů a dvěma manipulátory	14
Radiální kovací stroj	30 – 40
Axiální válcovačka s hříbovitými válci	60
Příčná klínová válcovačka	60 – 120

Mezi výrobním zařízením v tab. 1 je uvedena axiální válcovačka s hříbovitými válci, která se vyráběla v někdejším Sovětském svazu [4]. Byl vyroben jen omezený počet kusů a jejich výroba se nerozšířila.

Je vidět, že vzestup výrobnosti je vysoký. Stejně roste i přesnost výrobků a současně klesají i přídatky na obrábění. Nápravy vyválcované na PKV mají dobrou přímost, není třeba dodatečně rovnat. Vnitřní jakost náprav se však nejlépe dosahuje volným kováním.

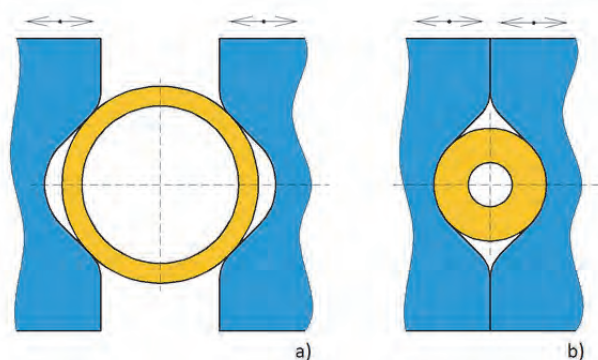
4. Výroba dutých náprav

V zájmu snížení hmotnosti někdy zákazníci požadují duté nápravy. Lze je vyrábět třemi postupy. Nejjednodušší způsob je vykovat plnou nápravu a do ní zhotovit osový vývrt, jak ukazuje obr. 8. Ovšem nedosáhne se optimální tvar z hlediska zatížení nápravy.

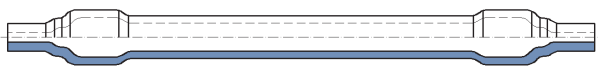


Obr. 8 Dutá náprava vyrobená provrtáním plné nápravy

Druhou možností je vyjít z tlustostěnné válcované trubky nebo dutého kruhového polotovaru vyrobeného protlačováním, přičemž jeho vnější průměr odpovídá největšímu průměru duté nápravy. Tento polotovar se překove. Překování je možné provádět na radiálním kovacím stroji nebo na redukovacím stroji, který je určen k profilování trubek. Princip práce tohoto stroje ukazuje obr. 9. Výsledná náprava je znázorněna na obr. 10. Při redukci průměru se zvětšuje tloušťka stěny, takže v místě, kde má náprava nejmenší průměr, je největší tloušťka stěny, což je nevýhoda této technologie. Situace je tedy právě opačná než v předchozím případě, kdy je v místě nejmenšího průměru nejmenší tloušťka stěny. Další nevýhodou tohoto postupu jsou poměrně velké přechodové poloměry mezi jednotlivými osazeními.

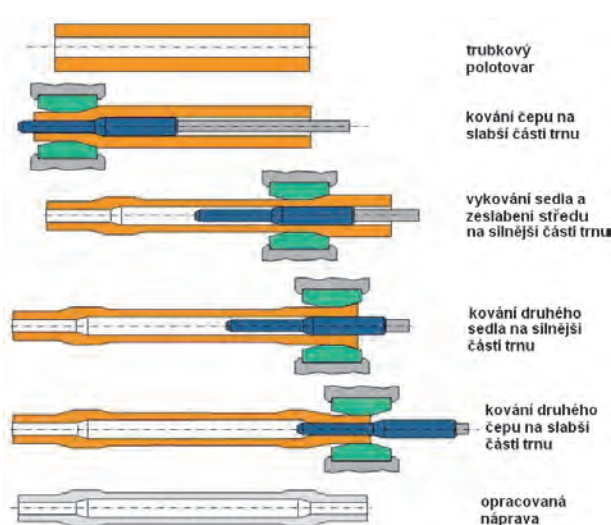


Obr. 9 Princip zmenšování průměru dutého polotovaru v redukovacím stroji



Obr. 10 Dutá náprava vyrobená na redukovacím stroji

Nejvhodnější tvar nápravy se získává při redukování dutého polotovaru na radiálním kovacím stroji (RKS) s použitím trnu. Postup je znázorněn na obr. 11.



Obr. 11 Postup kování duté nápravy pro vagony [5]

Vychází se opět z dutého polotovaru, který se redukuje na radiální kovacím stroji. Používá se trn dvou průměrů a vnitřní dutina pak může mít rovněž dva průměry. Při kování plných náprav na RKS se kovou dvojkusy nebo trojkusy, jak bylo uvedeno výše. Při popsaném postupu kování se však kove jen jednoduchý kus. Jednak je třeba obracet nápravu a vsunout trn z druhé strany, jednak se musí zamezit tomu, aby se trn ohříval na nepřipustnou teplotu. Řez vykovanou nápravou je uveden na obr. 12.



Obr. 12 Náprava vykováná radiálním kováním s použitím trnu [6]

5. Dokončovací práce

Nápravy se většinou vyrábějí z oceli s obsahem uhlíku asi 0,3 %. Tepelně se zpracovávají normalizací nebo kalením a popouštěním, a to v závislosti na požadovaných mechanických vlastnostech. Vnitřní kvalita náprav se zjišťuje ultrazvukovou zkouškou a případně se provádějí i další zkoušky podle přání zákazníka.

Pro obrábění je třeba mít k dispozici alespoň tři soustruhy, aby stačily opracovat nápravy vyrobené na kovacím lisu. U linek využívajících RKS nebo příčnou klínovou válcovačku je třeba soustruhů více.

Závěr

Výroba náprav má za sebou více než 150letou tradici. Během této doby se přešlo od kování na bucharu ke kování na hydraulickém lisu a pak na další tvářecí stroje. Je to pěkná ukázka vývoje techniky tváření v tomto období. Výroba náprav se nevyvíjela, jen pokud jde o technologii tváření, ale také soustavně rostly nároky na kvalitu náprav, což souvisí s růstem rychlosti vlaků.

Literatura

- [1] Bonora, R., Baldassi, M., Di Stefano, C. Flexible, Integrated Forging Complex for Railway Axles, Forging, (2018) Jan./Feb. Dostupné na <http://www.forgingmagazine.com/forming/flexible-integrated-forging-complex-railway-axles/> (cit. 19. 2. 2018)
- [2] JÍLEK, L. Historie a současnost radiálního kování. *Kovárenství*, (2014) 51, 7–14.
- [3] JÍLEK, L. KWARTENG O: Provozní aplikace radiálních kovacích strojů.. *Hutnické listy*, 67 (2014) 5, 77–81.
- [5] HAŠEK, V. *Kování*. Praha, SNTL, 1965, 406 s.
- [6] WIESER, R. GFM Radial Forging for Tubular products and Special Applications. In *13th International Forgemasters Meeting*, ref. 6.1, Sheffield, UK, 2006.

Modernizace automatizace hotovního spojitého pořadí válcovny pásů za tepla v Srbsku u skupiny HBIS

SMS group newsletter 01|2019, str. 135 - 137

Po úspěšné 40 denní rekonstrukci přípravného pořadí teplé válcovny pásů (včetně vertikální stolice) skupiny HBIS v srbském Smederevu, dostala firma SMS group S.p.A., dceřinná firma SMS group, dne 1.6.2018 kontrakt na modernizaci automatizace hotovního spojitého pořadí. Kontrakt má být ukončen za pouhých 12 měsíců.

Dodávka SMS group bude zahrnovat instalaci nové X-Pact® procesní automatizace, která bude zahrnovat technologické řídicí systémy na existující válcovně pásů bez jakýchkoliv mechanických úprav. Zařízení bude ovládáno novým X-Pact® Vision HMI systémem. Modernizace se týká úseku válcovny od vstupu do hotovního pořadí (včetně ostřihu konců rozvalku) až po výstupní stranu hotovního pořadí a bude se týkat hlavně následujících oblastí - vlastního hotovního pořadí, chladicího úseku a koncových nůžek. Systémová architektura bude zahrnovat nové SMS procesní modely pro Level 2 na fyzikálně – matematické bázi a to model výpočtu úběrových plánů pro nastavení hotovního pořadí, model pro řízení profilu a rovinnosti pásů a model pro optimalizaci použití chladicí sekce. Nový Level 2 systém poskytuje nastavení pro nový Level 1 systém. Prostřednictvím svých sofistikovaných adaptačních procedur je to samoučící systém. Obsahuje výpočty nastavení, sběr dat, adaptační informace a reporting.

Pro zajištění hladkého náběhu po odstávce válcovny provede SMS na jaře 2019 obsáhlý test procesní simulace.

K hlavním cílům tohoto modernizačního projektu patří zlepšení kvality výrobků, zvýšení výroby a produktivity, snížení výrobních nákladů.

Nová literatura

Jaroslav Fiala, Helmar Frank, Ivo Kraus

Elektronová struktura a reaktivita povrchů a rozhraní

(Recenze prof. Ing. Petr Louda, CSc.)

Citát „There's Plenty of Room at the Bottom (Tam dole je spousta místa)“ od Richarda Feynmana (1918 – 1988) charakterizuje ještě velké množství poznatků o živé i neživé přírodě, které lidstvo teprve objeví.



Povrch pevné fáze je dominantní oblastí interakce látky s prostředím. Je rozhodujícím faktorem chování jednotlivých skupin materiálů, a tedy významnou oblastí studia v oboru povrchového inženýrství. Skvělá kniha Jaroslava Fialy, Helmara Franka a Ivo Krause se věnuje právě problematice povrchů pevných látek. Vnitřní uspořádání struktury materiálů je dáno rozhraním krystalické stavby pevné fáze. Struktura, její vady a vnitřní rozhraní jsou určujícími parametry chování pevné látky. Povrchy významně ovlivňují fyzikální, mechanické, chemické, biologické a další vlastnosti technických materiálů.

Kniha vyšla roku 2018 v nakladatelství ČVUT Praha a má 399 stran. Kromě úvodu sestává ze tří částí: Elektronová struktura povrchů a rozhraní, Reaktivita povrchů a rozhraní a Biogramy průkopníků fyziky povrchů a rozhraní.

První část charakterizuje vliv elektronové struktury na chování pevných látek. Vysvětluje reaktivitu vnějšího povrchu i vnitřních mezipovrchů. Zde se projevuje heterogenita vnitřního uspořádání látky. Vzhledem k tomu, že se uspořádání atomů na rozhraní liší od uspořádání uvnitř krystalů, mají atomy na rozhraní vyšší elektrochemický potenciál, který může být využit při různých reakcích, jichž se látka zúčastňuje. Analýza procesů, ke kterým dochází redistribucí elektronů na rozhraní látek, umožňuje predikci uplatnění materiálů s takovými elektrochemickými vlastnostmi v technické praxi.

Emise elektronů, jakož i kvantová fyzika, mají, přímý dopad na polovodičovou techniku a technologii. Těžko si dnes umíme představit náš život bez informačních a komunikačních technologií. Řízený transfer elektronů je základní funkcí přechodových procesů včetně optoelektroniky.

Nově představené struktury uhlíku, jako je grafen či nanotrubičky, přinesou další miniaturizaci elektromechanických systémů, a tedy další rozvoj v této sféře.

Druhá část knihy představuje vliv geometrie a chemického složení na reaktivitu rozhraní. Reaktivita je tím větší, čím má látka větší povrch. Platí zde tedy, že na velikosti záleží, neboli čím je měrný povrch větší, tím je materie reaktivnější. To známe z explozí prachových částic uhlí, hořčíku atd. Dalším faktorem ovlivňujícím reaktivitu povrchů je absence atomů ve volném prostoru, a tedy menší vazebné síly ve struktuře a následné vychýlení atomů z uzlových bodů původní stabilizované struktury. Povrchové napětí výrazně ovlivňuje chování látky a pro různé technické aplikace je určujícím aspektem jejich použitelnosti. Pro praktické použití např. v oblasti tepelného zpracování kovů je významná

rekrytalizace, což je přechod polykrystalického systému do rovnovážného stavu. Rekrystalizace je časově strukturovaný proces spontánní reorganizace prostorové struktury materiálu, aktivovaný mechanicky, tepelně či strukturně.

Dalším povrchovým dějem s výrazným praktickým dopadem je tribologie. Zde je zkoumána interakce kontaktních povrchů těles s prostředím, jímž může být pevná fáze, kapalina či plyn. Otěr, eroze, kavitace a další poškození povrchu jsou pojmy, které mají značný technický, ekonomický i bezpečnostní rozměr.

Třetí část knihy s názvem „Biogramy průkopníků fyziky povrchů a rozhraní“, seznamuje čtenáře s 18 vědci, kteří se významně zasloužili o materiálový rozvoj. Je signifikantní, že ten nejstarší z nich – Benjamin Franklin (1706 – 1790), mimochodem autor Ústavy Spojených států a s mírným zpožděním nezávisle na našem Prokopu Divišovi vynálezcem bleskosvodu, vytvořil, v rámci

výzkumu rozhraní, na hladině londýnského rybníku nanovrstvu oleje. Jeho nejmladší následovník, Rus Konstantin Sergejevič Novoselov (*1974), společně se svým ruským kolegou A. K. Gejmem (*1958) během svého působení v Manchesteru popsali nanovrstvu uhlíku grafen, za což oba v roce 2010 převzali Nobelovu cenu. Tedy Američan a Rus v časovém oblouku několika století posunuli naše poznání v nanovrstvách na britském území.

Monografie rozebírá vztah atomárního uspořádání struktury povrchů a jeho funkcionality. Autor této recenze by si velmi přál, aby tato kniha inspirovala další následovníky všech 18 představených badatelů, a nejen těch, k touze poznávat nepoznané ve fascinujících strukturách atomární úrovně. Současně vysoce vyzdvihuje kompetenci autorů knihy Fialu, Franka, a Krause, kteří čtivě představili základní principy povrchového inženýrství, a to s cílem vnořit studenty, výzkumníky, techniky i laiky do nanosvěta kolem nás.



Hutní keramika HK

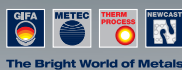
12. ročník konference žárovzdorných a tepelně izolačních materiálů

OZNÁMENÍ & VÝZVA K PODÁNÍ PŘEDNÁŠEK
3. - 4. října 2019
Wellness Hotel Energetic****
Rožnov p. Radhoštěm, Česká republika

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

© 2018 TANGER, spol. s r.o.

METEC

The Bright World of Metals

metec.com
tbwom.comDÜSSELDORF/GERMANY
25-29 JUNE 2019**METEC**10TH INTERNATIONAL METALLURGICAL
TRADE FAIR WITH CONGRESSES**Ni**
worldwide**eco Metals**
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

**METEC &
4TH ESTAD
2019**
JUNE 24-28

Emc 2019
JUNE 23 - 26
Klíčová technologie metalurgie

METEC je v oblasti kovářenské techniky největší světovou přehlídkou výroby a zpracování surového železa, oceli a neželezných kovů.

Teorie se setkává s praxí

Doprovodné akce jako 4th European Steel Technology and Application Days (ESTAD) jsou diskusními fóry pro nové technologie a využití oceli na nejvyšší světové úrovni.

Vítejte v Düsseldorfu!

Informace pro návštěvníky,
prodej vstupenek, komplexní cestovní služby:
Veletrhy Brno, a. s. – Miroslav Kožnar – Výstaviště 1 – 603 00 Brno
Tel. +420 541 159 190 – GSM +420 602 594 810
mkoznar@bvz.cz

www.bvv.cz/veletrhy-v-zahranici/cestovni-sluzby

**Messe
Düsseldorf**

KVALITA
PROVĚŘENÁ
ČASEM QUALITY
THROUGH THE AGES



KONTISLITKY	BLOKY	BRAMY	SOCHORY	KOLEJNICE	DROBNÉ KOLEJIVO
ÚHELNÍKY ROVNORAMENNÉ	KRUHOVÁ, ČTVERCOVÁ A ŠESTIHRANNÁ OCEL				
TYČE TAŽENÉ A LOUPANÉ	PLOCHÁ A ŠIROKÁ OCEL	VÁLCOVANÝ DRÁT			
TAŽENÝ DRÁT	OCELOVÉ BEZEŠVÉ TRUBKY				

CAST BLOOMS AND BILLETS	BLOOMS	SLABS	BILLETS	RAILS
RAILWAY ACCESSORIES	EQUAL ANGLES	ROUND, SQUARE, AND HEXAGONAL STEEL		
DRAWN AND PEELED BARS	FLAT BARS AND UNIVERSAL PLATES			
WIRE ROD	DRAWN WIRE	SEAMLESS STEEL TUBES		



TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Třinec
tel.: +420-558-531 111, fax: +420-558-331 831

WWW.TRZ.CZ