

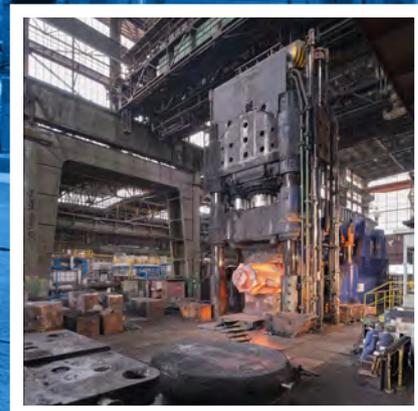


Hutnické listy

METALLURGICAL
JOURNAL

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

WWW.HUTNICKELISTY.CZ
ISSN 0018-8069





Z Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství se stala Fakulta materiálově-technologická.

Druhá nejstarší fakulta VŠB – Technické univerzity Ostrava nese od 23. října 2018 nový název. „Nové jméno fakulty by mělo lépe vyjádřit její současné zaměření,“ zdůvodňuje potřebu změny její děkanka prof. Jana Dobrovská. Původně Hutnická fakulta se skoro před třiceti lety přejmenovala na Fakultu metalurgie a materiálového inženýrství. Od této doby se však oborově rozrostla a tento název neodpovídal celé šíři jejího zaměření. Jako jediná z fakult VŠB-TUO se zabývá i technologiemi chemickými a nový název toto lépe vyjadřuje. I pro potenciální nové studenty by měl být pochopitelnější. „Studenti si u nás mohou vybrat z rozsáhlé nabídky studijních oborů. Technologie jdou v dnešní době rychle dopředu a my jsme součástí tohoto vývoje na úrovni základního výzkumu i při aplikacích v průmyslu,“ shrnuje podstatu fakulty její děkanka. Součástí fakulty je i unikátní pracoviště Regionální materiálově-technologické výzkumné centrum zaměřené na přípravu vysoce čistých materiálů, speciálních slitin, biomedicínských materiálů, vývoj materiálů pro vysokoteplotní aplikace a energetiku a dalších řešení materiálově technologické problematiky.

Změna názvu fakulty je poměrně náročný legislativní úkon. Jemu však ještě předcházela dlouhá diskuse uvnitř samotné akademické obce fakulty. Z více variant nakonec zvítězila právě Fakulta materiálově-technologická. Poté proběhlo schválení na akademickém senátu fakulty, později i na „velkém“ senátu univerzity a nakonec byla změna odsouhlasena i na MŠMT. Nový název fakulty tak nabyl platnosti dne 23. 10. 2018.

– z tiskové zprávy –

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, PhD.

Ing. Ludvík Martínek, Ph.D.

prof. dr. hab. Maria Nowicka-Skowron

prof. Ing. Ludovít Pariřák, CSc.

Ing. Vladimír Toman

Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D.

prof. Wei Sun

Politechnika 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

ŽDAS, 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., 2018

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., 2018

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

Recenzované výzkumné články / Peer-reviewed Research Papers

- Mgr. Vlastimil Novák; doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D.; doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.* 3
Ing. Lubomíra Drozdová; prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
Effect of Chromium on the Surface Tension of Fe-C-Cr Model Alloys
Vliv chromu na povrchové napětí Fe-C-Cr modelových slitin
- prof. Ing. Zdeněk Jonšta CSc.; doc. Ing. Petr Jonšta Ph.D.; Ing. et Ing. Taťána Fenclová* 8
Měření změny pH na čele trhliny a rozvoj korozního praskání pod napětím
u vysocepevných martenzitických ocelí
Measurement of pH Factor Change at the Crack Tip and the Development of Stress Corrosion Cracking of High
Strength Martensitic Steels
- Ing. Petr Kawulok, Ph.D.; Bc. Michal Kempny; prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.; Ing. Rostislav Kawulok, Ph.D.* 13
Ing. Stanislav Ruzs, Ph.D.; Ing. Petr Opěla, Ph.D.; Ing. Vojtěch Ševčák
Vliv výchozího strukturního stavu a parametrů ohřevu na tvařitelnost středně uhlíkové oceli
Effect of the Initial Structural State and of the Heating Parameters on Formability of the Medium-carbon Steel

Informační články / Informative Articles

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

- Ondřej Štec* 19
Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2017 a 2018

Ze života škol / Information on Activities of Universities

- Ostravské Noci vědců se zúčastnilo osm tisíc návštěvníků 21
Študuj na fakultě budoucnosti 22

Historie hutnictví / History of Metallurgy

- Ing. Ladislav Jílek, CSc.* 23
Rozvoj hutnictví v souvislosti s vývojem železnic. Část 1 – Vývoj kolejnic

Společenská kronika / Social Chronicle

- Ing. Milan Hajduk, CSc. se dožil 90 let 26

Hutnictví ve světě / Metallurgy in the World 28

Dodavatelé příspěvků ve všeobecné části

- VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Regionální materiálově technologické výzkumné centrum
- Ocelářská unie a.s.
- redakce

Inzerce

- P-D Refractories CZ a. s.
- VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická

Recenzované výzkumné články

Měření změny pH na čele trhliny a rozvoj korozního praskání pod napětím u vysocepevných martenzitických ocelí

Measurement of pH Factor Change at the Crack Tip and the Development of Stress Corrosion Cracking of High Strength Martensitic Steels

prof. Ing. Zdeněk Jonšta CSc.; doc. Ing. Petr Jonšta Ph.D.; Ing. et Ing. Taťána Fenclová

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Regionální materiálově technologické výzkumné centrum, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

Článek se zabývá studiem korozního praskání vysocepevných ocelí ve vodném prostředí s hodnotou pH faktoru v rozmezí 5,5 – 12,0. K experimentálním zkouškám byly použity vzorky s jednostranným vrubem a únavovou trhlinou, iniciovanou u kořene vrubu. Změny pH faktoru na čele trhliny byly měřeny antimonovou elektrodou. Hodnoty pH faktoru na čele trhliny klesaly až na hodnotu 2,0. Současně bylo provedeno porovnání odolnosti proti koroznímu praskání ocelí u dvou typů a sice v jednom případě za podmínek vývinu nízkoteplotní popouštěcí křehkosti a ve druhém po optimalizovaném tepelném zpracování, tzn. bez vývinu popouštěcí křehkosti.

Klíčová slova: korozní praskání; nízkoteplotní popouštěcí křehkost; pH faktor; interkrystalické porušení

High-strength steels are materials with higher yield and tensile strength, which allows their use for structures with lower weight. Due to that fact, the high-strength steels are used in many industries, e. g. in automotive, military, power engineering, petrochemical, and mining. One of the predominant failures of high-strength steels is stress corrosion cracking (SCC). The SCC is characterized by initiation and stable crack growth rate due to the simultaneous effect of tensile stress and long-term exploitation in aqueous environment. Initiation and stable crack growth rate, due to the SCC, occur when environmental characteristics, stress state and material properties simultaneously reach certain critical levels. The stable crack growth rate is characterized by the presence of the stress intensity factor threshold value. The SCC is affected by a number of factors that can be divided into three groups. The stress mode, especially the stress state at critical points of the steel structure (static or cyclic tensile stress, residual stress), strain rate and frequency of cycling are included into the first group. The second group involves properties of aqueous environment and temperature mode and the third group involves metallurgical factors, the yield stress and heat treatment. The SCC is related to electrochemical reactions, especially to changes in the pH factor at the tip of the growing crack. The presented paper is focused on the SCC of two high-strength steels used in power engineering. The steels were studied after quenching and tempering, one of the steels was prone to tempered martensite embrittlement. The goal of the work was to study the influence of corrosion environment near the crack tip, in order to deepen the knowledge of the mechanisms of the SCC processes of high-strength steels. In this context, attention was primarily focused on the study of changes in the pH factor of the solution near the crack tip during the corrosion tests with the use of different pH baselines.

Key words: stress corrosion cracking; tempered martensite embrittlement; pH factor; inter-granular fracture

U vysocepevných ocelí, používaných na řadu zařízení jaderné i klasické energetiky, dochází při jejich dlouhodobé exploataci za spolupůsobení vodního prostředí k výskytu trhlin o velikosti převyšující přípustné vady – ke koroznímu praskání. K iniciaci a stabilnímu růstu trhliny v důsledku procesu korozního praskání dochází v případech, kdy vlastnosti prostředí, stav napjatosti a vlastnosti materiálu dosáhnou současně jisté kritické úrovně. Ke stabilnímu růstu trhliny pak dochází při faktoru intenzity napětí vyšším, než je jeho prahová

hodnota. Proces korozního praskání ve vodních prostředích je ovlivněn celou řadou faktorů, které lze rozdělit do tří skupin. První tvoří faktory zahrnující vliv způsobu namáhání, druhou podmínky exploatace a třetí metalurgické faktory.

Proces korozního praskání souvisí s elektrochemickými reakcemi, zejména pak se změnami pH faktoru na čele šířící se trhliny [1, 2]. Pro systém vodní prostředí-ocel jsou známy dvě základní příčiny stabilního růstu trhliny

[5, 6], a to vodíkové zkřehnutí mikroobjemu materiálu před čelem rostoucí trhliny a anodické rozpouštění na čele rostoucí trhliny. Oba mechanismy mohou působit současně, neboť atomární vodík je uvolňován hydrolyzou iontů železa, tedy jako důsledek anodického rozpouštění na čele trhliny.

Hodnocení strukturně metalurgických charakteristik korozního praskání prokázalo, že u vysocepevných ocelí se strukturou nízkopopuštěného martenzitu dochází při jejich expozici ve vodním prostředí k přednostnímu výskytu interkrystalického porušení [3, 4]. Je diskutabilní, zda je možno tento výskyt při daném mechanismu porušení ovlivnit tepelným zpracováním, jinými slovy jak se charakter mikrostruktury nízkopopuštěného martenzitu podílí na rozvoji porušení při korozním praskání ve vodním roztoku.

Předložený článek se zabývá studiem rozvoje nízkoteplotní popuštěcí křehkosti v návaznosti na její odezvu na namáhání za podmínek korozního praskání u dvou typů vysocepevných ocelí, používaných na komponenty energetických zařízení. U jedné z nich je potlačen rozvoj nízkoteplotní popuštěcí křehkosti. Cílem práce je rovněž studium vlivu korozního prostředí v blízkosti čela trhliny za účelem prohloubení znalostí o mechanismu procesů probíhajících při korozním praskání vysocepevných ocelí. V této souvislosti byla pozornost přednostně zaměřena na studium změn faktoru pH roztoku v blízkosti čela trhliny při zkouškách v korozním prostředí o různé výchozí hodnotě pH.

Materiál a experimentální metoda

Ke studiu byly použity dva typy ocelí. Jako první typ zkušební materiálu byly použity vzorky oceli typu Mn-Si-Mo odebrané z tepelně mechanicky zpracovaných plechů tloušťky 14 mm. Chemické složení oceli je uvedeno v tab. 1. Použitá metoda vysokoteplotního mechanického zpracování sestávala z okamžitého zakažení plechů z doválcovací teploty 850 °C do vody v kalicím lisu a popuštění na teplotě 260 °C s následujícím ochlazením na vzduchu. Celková redukce při válcování plechu byla 65 %.

Tab. 1 Chemické složení studované oceli Mn-Si-Mo (hm.%)
Tab. 1 Chemical composition of the Mn-Si-Mo steel (wt.%)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,30	1,42	1,38	0,013	0,009	0,22	0,36	0,23

Průměrné hodnoty mechanických vlastností zkušební materiálu stanovené za normální teploty jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli Mn-Si-Mo
Tab. 2 Mechanical properties of the Mn-Si-Mo steel

R _{p0.2}	R _m	A ₅	Z	KCV
(MPa)		(%)		(J·cm ⁻²)
1490	1720	12	56	46

Druhým typem zkušební materiálu byly zkušební vzorky, odebrané z plechů tloušťky 16 mm oceli typu 30Cr2Ni2Mo. Chemické složení oceli je uvedeno v tab. 3. Zkušební materiál byl tepelně zpracován kalením z teploty 880 °C do vody a popuštěn na teplotě 250 °C s ochlazením na vzduchu.

Tab. 3 Chemické složení studované oceli 30Cr2Ni2Mo (hm.%)
Tab. 3 Chemical composition of the 30Cr2Ni2Mo (wt.%)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,32	0,55	0,32	0,012	0,010	1,95	1,82	0,32

Průměrné hodnoty mechanických vlastností po uvedeném tepelném zpracování jsou uvedeny v tab.4.

Tab. 4 Mechanické vlastnosti oceli 30Cr2Ni2Mo
Tab. 4 Mechanical properties of the 30Cr2Ni2Mo steel

R _{p0.2}	R _m	A ₅	Z	KCV
(MPa)		(%)		(J·cm ⁻²)
1600	1762	12	52	27

Měření náchylnosti ke koroznímu praskání bylo provedeno na plochých vzorcích tloušťky 10 mm a šířky 25 mm s jednostranným vrubem o vrcholovém úhlu 45°. U kořene vrubu byla iniciována únavová trhlina délky cca 2 mm. Zkoušky byly prováděny na creepových strojích. Rozevření trhliny bylo snímáno indukčním snímačem a automaticky registrováno. Zkušební vzorek byl umístěn v měrné cele z plastů a organického skla.

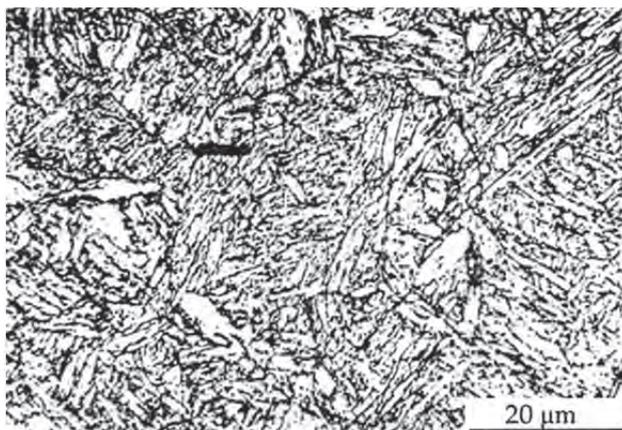
Zkoušky byly provedeny v destilované vodě a ve vodním 3,5% roztoku NaCl. Byly provedeny při výchozí hodnotě pH = 6 a po přidávku 1 M roztoku NaOH na hodnotu pH = 12. K měření pH faktoru v trhlíně byly používány antimonové elektrody vlastní konstrukce s širokým rozsahem použití. Ke každému měření bylo použito 5 dvojic elektrod.

Při zkouškách korozního praskání byl rovněž zjišťován poměr koncentrací Fe²⁺/Fe³⁺ v různých místech trhliny a vrubu měřením oxidačně-redukčního potenciálu. Zde byly antimonové elektrody nahrazeny platinovými [6].

Experimentální výsledky a diskuse

U vzorků oceli Mn-Si-Mo byla mikrostruktura po zakažení tvořena směsí laťkového a částečně deskového martenzitu a obsahovala cca 3 % zbytkového austenitu. Mikrostruktura je prezentována na obr.1.

Zkušební vzorky oceli 30Cr2Ni2Mo se po zakažení rovněž vyznačovaly mikrostrukturou laťkového a deskového martenzitu s obsahem kolem 5 – 6 % zbytkového austenitu. Vzhledem k nízkému obsahu Si došlo po popuštění martenzitické struktury na výše uvedené teplotě k rozvoji nízkoteplotní popuštěcí křehkosti. Ta je charakterizována přednostním naleptáním původních austenitických zrn po leptání ve vodním roztoku kyseliny pikrové a povrchově aktivní příměsi, jak je zřejmé z obr. 2.



Obr. 1 Mikrostruktura oceli Mn-Si-Mo
Fig. 1 Microstructure of the Mn-Si-Mo steel



Obr. 2 Mikrostruktura oceli 30Cr2Ni2Mo
Fig. 2 Microstructure of the 30Cr2Ni2Mo steel

Souhrnné výsledky změn pH faktoru u oceli Mn-Si-Mo při jejich různé výchozí úrovni jsou uvedeny v tab. 5. Pro upřesnění informace o probíhajících změnách výchozí úrovně pH faktoru jsou v dané tabulce uvedeny rovněž údaje o hodnotách pH faktoru v objemu roztoku.

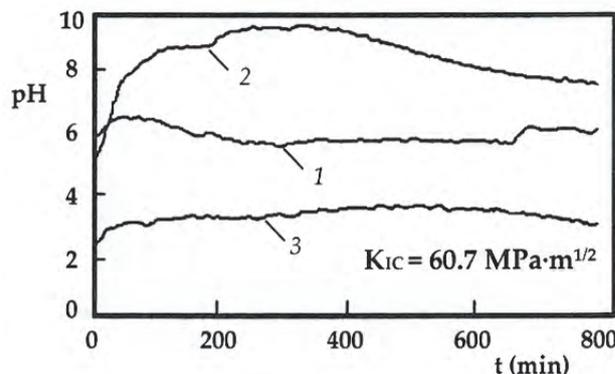
Tab. 5 Hodnoty pH stanovené při zkoušce korozního praskání za napětí

Tab. 5 pH values of stress corrosion cracking tests

Korozní roztok	Objem		Čelo trhliny		Čelo vrubu	
	pH _{poč.}	pH _{kon.}	pH _{min.}	t (min.)	pH _{max.}	t (min.)
3,5 % NaCl neutrální	6,54	6,32	2,7	20	12,0	400
	6,07	6,37	2,9	20	9,5	220-350
	6,40	7,43	1,5	-	9,5	-
3,5 % NaCl alkalický	12,07	11,17	3,6	1500-1800	13,5	320
	12,16	11,20	1,9	350-650	13,1	200
	11,40	-	1,5	0-50	-	-
dest. H ₂ O	5,50	6,05	2,8	1600-2200	7,5	200
H ₂ O alkal.	12,15	13,13	1,2	3300	12,7	-

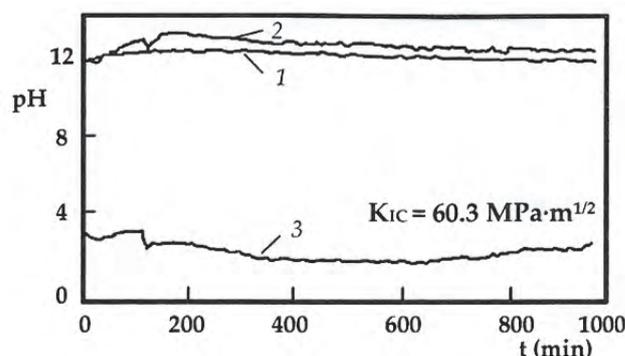
Časové průběhy naměřených hodnot pH faktoru během zkoušek korozního praskání v 3,5% vodném, neutrálním a

alkalizovaném roztoku NaCl, jsou pro obě výchozí úrovně pH = 6 a pH = 12 prezentovány na obr. 3 a 4.



Obr. 3 Časový průběh naměřených hodnot pH faktoru pro výchozí úroveň pH = 6

Fig. 3 Time flow of the measured values of pH factor for the baseline pH = 6



Obr. 4 Časový průběh naměřených hodnot pH faktoru pro výchozí úroveň pH = 12

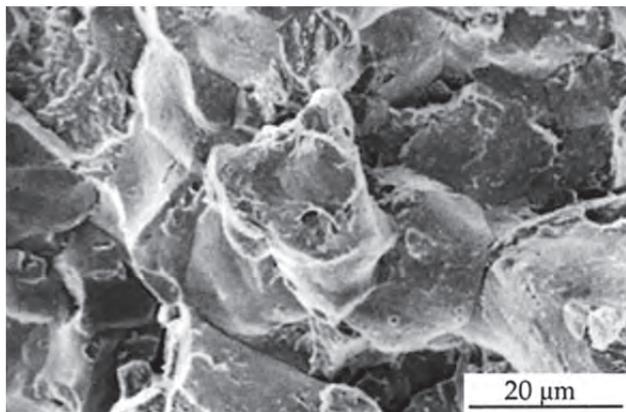
Fig. 4 Time flow of the measured values of pH factor for the baseline pH = 12

Křivka 1 představuje naměřené hodnoty změn pH faktoru snímané v horní části vrubu, křivka 2 u čela vrubu a křivka 3 v těsné blízkosti čela trhliny. Rozdíly v minimálních naměřených hodnotách pH faktoru jsou způsobeny rozdílnou polohou měrné antimonové elektrody vzhledem k čelu trhliny. Tato skutečnost vychází ze zkušenosti, že nejnižší hodnoty byly zjištěny v případech, kdy čelo šířící se trhliny probíhalo místem snímací polohy antimonové elektrody [7, 8].

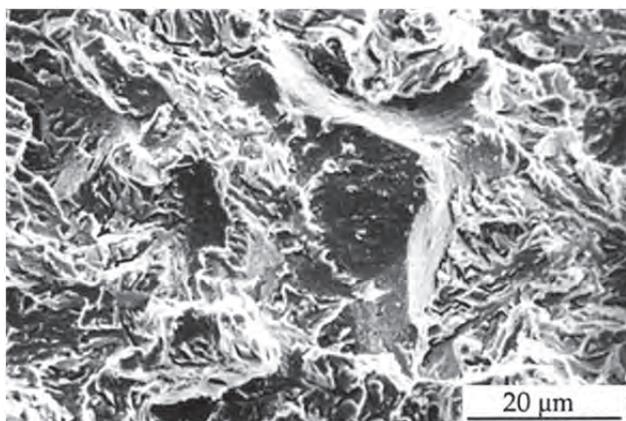
Z prezentovaných výsledků vyplývá vznik významného okyselení roztoku na čele trhliny a vývin atomárního vodíku. To je u oceli Mn-Si-Mo, optimalizované tepelně zpracované z hlediska výskytu neodstranitelné popouštěcí křehkosti, příčinou možného zkehnutí matrice [9, 10].

Po zaplnění trhliny korozním roztokem dochází na jejím čele k rozpouštění železa. Ionty Fe²⁺ se přítomným kyslíkem oxidují na Fe³⁺. V malém objemu trhliny dojde ke zvýšení koncentrace kovových iontů a k poklesu pH faktoru roztoku při jejich hydrolyze. K ještě výraznějšímu snížení hodnoty faktoru pH dochází pravděpodobně při adsorbci iontů OH⁻ na čerstvě obnaženém povrchu železa.

Elektrony uvolněné při oxidaci železa redukují ionty H^+ na atomární vodík, který se adsorbuje na povrchu oceli a přednostně podél hranic zrn výchozího austenitu difunduje do matrice. Při dosažení kritické koncentrace vodíku v matrici před čelem trhliny dojde k interkrystalické dekohezi, jak je zřejmé z obr. 5. Interkrystalické porušení při zkouškách korozního praskání ve vodních roztocích bylo lokalizováno v poměrně úzké oblasti v těsné blízkosti čela únavové trhliny. S rozvojem trhliny dochází ke vzrůstu faktoru intenzity napětí na jejím čele a ke zrychlení jejího rozvoje. V důsledku toho je možno vedle oblastí interkrystalického porušení detekovat na lomové ploše i oblasti kvazištěpného porušení (obr. 6), neboť materiál před čelem trhliny se nestačí v dostatečné míře nasýtit vodíkem [7, 11].

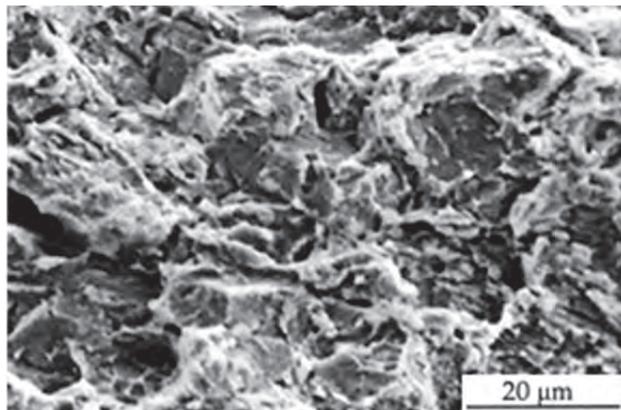


Obr. 5 Lomová plocha oceli Mn-Si-Mo v těsné blízkosti čela trhliny
Fig. 5 Fracture area of the Mn-Si-Mo steel near the crack tip



Obr. 6 Lomová plocha oceli Mn-Si-Mo 2 mm za čelem únavové trhliny
Fig. 6 Fracture area of the Mn-Si-Mo steel 2 mm behind the fatigue crack tip

V dalším průběhu rozvoje trhliny dochází ke zrychlení jejího růstu, což následně vede k zeslabení účinku vodíku a při finálním porušení k eliminaci výskytu interkrystalického porušení. Lomové plochy pak mají převážně kvazištěpný charakter, jak je zřejmé z obr. 7.

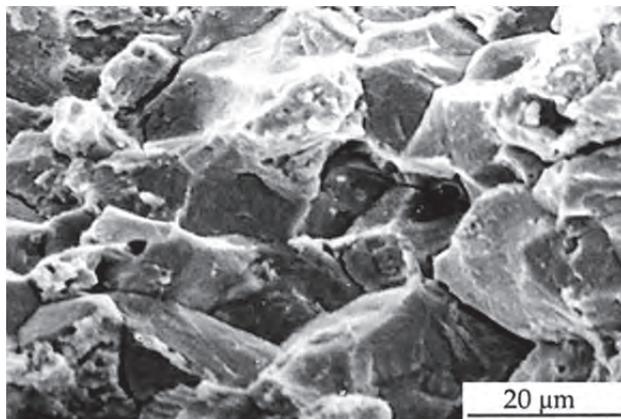


Obr. 7 Lomová plocha oceli Mn-Si-Mo po finálním dolomení
Fig. 7 Final fracture area of the Mn-Si-Mo steel

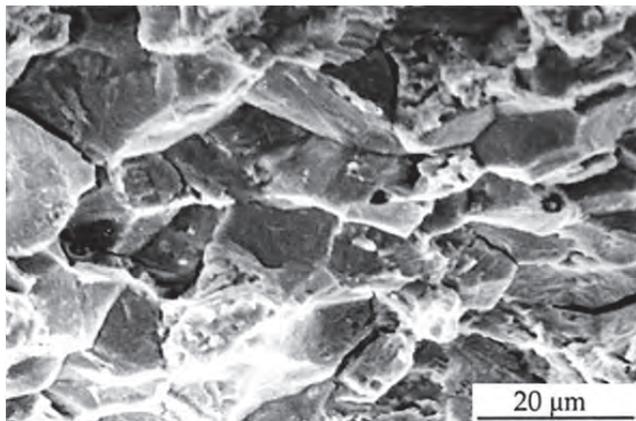
V případě oceli 30Cr2Ni2Mo, u níž došlo k vývinu nízkoteplotní popouštěcí křehkosti (obr. 2), byly inkubační doby pro vznik porušení podstatně kratší. V porovnání s prvním typem oceli docházelo k porušení zkušebních vzorků ve velmi krátkých časových úsecích.

Pro zkoušení odolnosti proti koroznímu praskání byla použita pouze jedna varianta korozního prostředí, a sice 3,5% vodní roztok NaCl o hodnotě faktoru $pH = 6$. Lomová plocha v těsné blízkosti únavové trhliny vykazovala prakticky výhradně interkrystalické křehké porušení, jak je zřejmé z obr. 8. V porovnání s prvním typem oceli bylo možno zaznamenat určitý rozdíl, neboť v případě oceli typu Mn-Si-Mo (obr. 5) lze i při výrazné interkrystalické dekohezi zaznamenat přítomnost malé lokální oblasti transkrystalického porušení.

Lomový povrch oceli 30Cr2Ni2Mo uvedený na obr. 9, pořízený ve stejné vzdálenosti od čela trhliny jako u prvního typu oceli dle obr. 6, vykazuje rovněž zcela interkrystalický charakter. Tento charakter si lomová plocha předmětné oceli zachovávala při zvoleném faktoru intenzity napětí až do finálního dolomení ve vzdálenosti cca 7 mm od čela trhliny. Charakter lomové plochy finálního porušení byl obdobný prvnímu typu oceli na obr. 7.



Obr. 8 Lomová plocha oceli 30Cr2Ni2Mo v těsné blízkosti čela trhliny
Fig. 8 Fracture area of the 30Cr2Ni2Mo steel near the crack tip



Obr. 9 Lomová plocha oceli 30Cr2Ni2Mo 2 mm za čelem únavové trhliny

Fig. 9 Fracture area of the 30Cr2Ni2Mo steel behind the fatigue crack tip

Naměřené experimentální výsledky ukázaly, že u oceli 30Cr2Ni2Mo postačuje z důvodu rozvoje nízkoteplotní popouštěcí křehkosti a s ní spojené apriorní intergranulární dekoheze minoritní obsah adsorbovaného vodíku difundujícího do matrice k vyvolání interkristalického štěpného porušení, a to do značné vzdálenosti od čela únavové trhliny. Vývin popouštěcí křehkosti je významnou degradační charakteristikou vysocepevných ocelí se strukturou popuštěného martenzitu.

Závěr

Předložený příspěvek je zaměřen na analýzu podmínek rozvoje korozního praskání vysocepevných ocelí ve vodním prostředí o různých počátečních hodnotách faktoru pH. U ocelí typů Mn-Si-Mo a 30Cr2Ni2Mo byly po dvou variantách tepelného zpracování získány údaje o modifikaci elektrochemických charakteristik na čele trhliny a v jejím objemu. Získané výsledky rozšiřují znalosti o lokalizovaných korozních procesech vedoucích k zpřesnění modelu korozního praskání při změnách faktoru pH na čele trhliny.

Z porovnání náchylnosti studovaných ocelí k rozvoji korozního praskání vyplynulo, že náchylnost k tomuto mechanismu porušení závisí na parametrech předešlého tepelného zpracování. Při rozvoji nízkoteplotní popouštěcí křehkosti se výrazně zkracuje inkubační perioda

a zrychluje rozvoj porušení oproti stavu optimalizovaného tepelného zpracování, kdy náchylnost k interkristalickému porušení je lokalizována do těsné blízkosti čela únavové trhliny.

Poděkování

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

Literatura

- [1] LYNCH, S. P. Hydrogen Embrittlement (HE) Phenomena and Mechanisms; Raja, V.; Shoji, T. (Eds.); *Stress Corrosion Cracking: Theory and Practice*. Woodhead Pub.: Philadelphia, USA; 2011, 90-129.
- [2] DJUKIC, M. B. Hydrogen Embrittlement of Low Carbon Structural Steels. *Procedia Materials Science*, (2014) 3, 1167-172.
- [3] Hirth, J. P. Effect of Hydrogen on the Properties of Iron and Steel. *Metall. Trans. A.*, (1980) 11, 861-890.
- [4] JONŠTA, P., MATOCHA, K., JONŠTA, Z., KOŠTIAL, P., JANČÍKOVÁ, Z. Influence of Test Method used to Evaluate Resistance of C-Mn Steel to Hydrogen Induced Cracking. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 44 (2013) 5, 360-363.
- [5] SHIPILOV, S., A. Mechanisms for Corrosion Fatigue Crack Propagation. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.* 25 (2002) 3, 243-259. doi: 10.1046/j.1460-2695.2002.00447.
- [6] JONŠTA, P., MATOCHA, K., ROŽNOVSKÁ, G., PŘÍKASKÝ, M. The Influence of Mechanical Stress Methods for Evaluation of Microalloyed Steel Resistance to Stress Corrosion Cracking. *Corrosion and Material Protection*, 54 (2010) 4, 199-203.
- [7] SOJKA, J. *Resistance of Steels to Hydrogen Embrittlement*; VSB-TU Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering: Ostrava, Czech Republic, 2007, p. 108.
- [8] SUNG, J. K., HWAN, G. J., KYOO, Y. K. Effect of Post-weld Heat Treatment on Hydrogen-Assisted Cracking Behavior of High Strength Process Pipe in a Sour Environment. *Scripta. Materialia* 2012, 67, 895-898.
- [9] BUENO, A. H. S., MOREIRA, E. D., GOMES, J. A. C. P. *Eng. Fail. Anal.* 36 (2014) 423-431. doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.11.012.
- [10] LYNCH, S. P. Mechanisms of Hydrogen Assisted-cracking - a Review; Moody, N. R.; et al. (Eds.); *Hydrogen Effects on Material Behavior and Corrosion Deformation Interactions*. TMS: Warrendale, PA 2003, 449-466.
- [11] WANG, J. Q., ATTRENS, A. Microstructure and Grain Boundary Microanalysis of X70 Pipeline Steel. *Journal of Mater. Sci.*, 38 (2003) 2, 323-330. doi.org/10.1023/A:1021169700779.

Effect of Chromium on the Surface Tension of Fe-C-Cr Model Alloys

Vliv chromu na povrchové napětí Fe-C-Cr modelových slitin

Mgr. Vlastimil Novák; doc. Ing. Lenka Řeháčková, Ph.D.; doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.; Ing. Lubomíra Drozdová; prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.

VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Regional Materials Science and Technology Centre, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, Czech Republic

The presented paper is focused on the experimental study of the surface tension of selected Fe-C-Cr model alloys. The surface tension was measured by the sessile drop method in the temperature interval from the melting point of the given model alloys to the temperature of 1,600°C. The effect of the temperature and the chemical composition on the surface tension of the model alloys was studied. Therefore, the model alloys with different chromium content (0.92 – 4.76 wt. %) were chosen for an examination of this influence. Experimental surface tension measurements were repeated for each sample and then statistically evaluated by statistical computing environment R (R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>) to assess the reproducibility of the measured data. During evaluation of the surface tension dependence on temperature, it has been shown that the surface tension of the alloys increased slightly with the increasing temperature, i.e. that the temperature coefficient of the surface tension $d\sigma/dT$ was positive. The positive character of the temperature coefficient can be attributed to the presence of the surface active elements, especially the sulphur, in the selected samples. It was found that the surface tension of the alloy samples also raised with the increasing chromium content.

Key words: Fe-C-Cr alloys; surface tension; sessile drop method; effect of chromium

Předložený příspěvek je zaměřen na experimentální studium povrchového napětí vybraných Fe-C-Cr modelových slitin. Povrchové napětí vybraných slitin bylo měřeno pomocí jedné z kontaktních metod – metodou ležící kapky v pozorovací vysokoteplotní trubkové peci Clasic. Daná měření probíhala v teplotním intervalu od teploty likvidu modelové slitiny do teploty 1600 °C během ohřevu s rychlostí 5 °C·min⁻¹. Jednotlivé modelové slitiny byly během experimentu v kontaktu s vysoce čistým Al₂O₃ (korundovým) substrátem. Byl studován především vliv teploty a chemického složení na povrchové napětí. Pro vyšetřování vlivu chromu byly vybrány modelové slitiny, které se vzájemně lišily jeho obsahem. Obsah chromu ve vyšetřovaných slitinách se pohyboval v intervalu 0,92 – 4,76 hm. %. Z důvodu reprodukovatelnosti naměřených dat byla jednotlivá experimentální měření povrchového napětí vždy pro konkrétní vzorek několikrát opakována a poté statisticky vyhodnocena. Statistické analýzy byly uskutečněny prostřednictvím počítačového programu R (R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>). Při posouzení závislosti povrchového napětí na teplotě se ukázalo, že povrchové napětí daných slitin mírně vzrůstá s rostoucí teplotou a teplotní koeficient povrchového napětí $d\sigma/dT$ je pozitivní. Tento jev lze přičíst obsahu povrchově aktivních prvků, především síry ve vybraných vzorcích. Pozitivní charakter teplotního koeficientu povrchového napětí se projevil nejvýrazněji u vzorků 2 – 4, jejichž obsah povrchově aktivních prvků (kyslík, síra) byl nejvyšší. Zde povrchové napětí statisticky významně vzrůstalo s rostoucí teplotou (celkový F-test, p-hodnota $\ll 0,010$). Takřka konstantní závislost na teplotě se projevila u vzorku 5, který obsahoval nejméně povrchově aktivních prvků. Statisticky vyhodnocen byl také vliv obsahu chromu na povrchové napětí, který se ukázal jako statisticky významně odlišný (Kruskal-Wallisův test, p-hodnota $\ll 0,001$). Bylo pozorováno, že povrchové napětí zkoumaných vzorků se s rostoucím obsahem chromu zvyšuje.

Klíčová slova: Fe-C-Cr slitiny; povrchové napětí; metoda ležící kapky; vliv chromu

The surface tension of Fe-alloys is one of the essential parameters that influence the steel processes. The knowledge of this thermophysical quantity leads to a better insight to various phenomena associated with refining, casting, welding processes including the separation of inclusions from steel to slag, spreading of inclusions in slag and others. However, its experimental determination is usually complicated, time-consuming, costly, and it also brings practical difficulties that make it

more challenging. Mainly, methodological differences in experimental procedures between different laboratories and research groups are a significant source of discrepancy in the determination. There are several very different surface tension measurements techniques, for example, the sessile drop, maximum bubble pressure, pendant drop, capillary rise and levitation methods (electromagnetic, electrostatic and aerodynamic levitation). Presently, many thermodynamic and empirical

models for the calculation of a given quantity exist. Nonetheless, not all models can be used for multi-component systems in wide temperature and concentration range [1, 2]. Therefore, experimental data are irreplaceable.

In principle, the surface tension or surface energy arise from a phenomenon that atoms near a free surface have partially empty coordination shells, which require higher energy states than the atoms in the bulk of the solution. In a multicomponent alloy, atoms energy state of which is affected least by the surface, are segregated to the surface region, and this reduces the magnitude of the surface energy. Elements such as oxygen, sulphur, selenium are among the strongly surface-active elements in metallic melts. They markedly influence surface tension due to their low solubility [3 – 5].

Moreover, elements like chromium and other metallic alloying elements can also affect the surface tension, although to a lesser degree. It is because they possess smaller magnitudes of the energy changes associated with their segregation.

Regarding the effect of chromium, it has already been investigated by several researchers. However, a scientific standpoint on whether to include chromium among surface-active elements is vague. Trefyakova et al. investigated the dependence of surface tension on chromium content (up to 1 wt. % Cr) in Fe-Cr-O systems. In this case, the minimum surface tension occurred when the melt was the most microheterogeneous. The presence of chromium increased surface tension due to its ability to penetrate between the clusters, which made the melt more uniform [6]. The influence of chromium on surface tension was also investigated by Li and Mukai [7, 8]. They found that chromium slightly increases surface tension. Further, the chromium possesses a strong affinity to oxygen and facilitates its adsorption.

Therefore, at higher concentrations (above 10 wt. %) oxygen lowers the surface tension of Fe-Cr-O systems [9].

The presented work is focused on the experimental study of temperature and concentration dependencies of the surface tension of selected Fe-C-Cr model alloys with different chromium content. The surface tension was determined by the sessile drop method when the molten alloy was in contact with the alumina substrate.

1. Experimental

1.1 Samples preparation

Five model alloys (samples 1 – 5) were selected and used for experimental measurement of the surface tension by the sessile drop method. The chemical composition of chosen alloys is shown in Tab. 1. From the given alloys, samples of the diameter 5 mm, height 5 mm and weight approximately 0.7 g were prepared. Each sample was thoroughly mechanically polished before the experiment to remove surface oxides and then purified in acetone.

Tab. 1 Chemical composition of the investigated alloys before experimental trials (wt. %)

Tab. 1 Chemické složení zkoumaných slitin před experimentem (hm. %)

Sample	Cr	C	O	S	Mn	W	Co
1	0.924	0.344	0.0021	0.0675	0.056	–	0.013
2	1.925	0.345	0.0187	0.0521	0.049	0.015	0.020
3	2.970	0.342	0.0195	0.0522	0.050	0.024	0.020
4	3.772	0.335	0.0167	0.0545	0.053	0.028	0.014
5	4.760	0.340	0.0015	0.0062	0.042	0.044	0.010

Contents of other elements (Ni, Si, Ti, Mo, P, Al, Cu and Zr) present in alloys were below 0.005 wt. %. The rest was represented by iron.

The high purity Al_2O_3 (99.8 %) plate ($37.3 \times 44.7 \times 2.0$ mm) was used as a substrate (a non-wettable plate) in this study. Each Al_2O_3 plate was annealed at the temperature of 1150°C for 6 hours. The surface was cleaned with acetone, dried and used without touching the surfaces to avoid possible contamination.

1.2 Measurement of surface properties

Experimental determination of surface tension by the sessile drop method was carried out in the observation high-temperature tube furnace Clasic (Fig. 1). The temperature range has been set from the melting point of the alloy to the temperature of 1600°C . The method is based on automatic recognition of the geometric shape of a liquid metal sessile drop, which is in contact with a non-wetting surface.

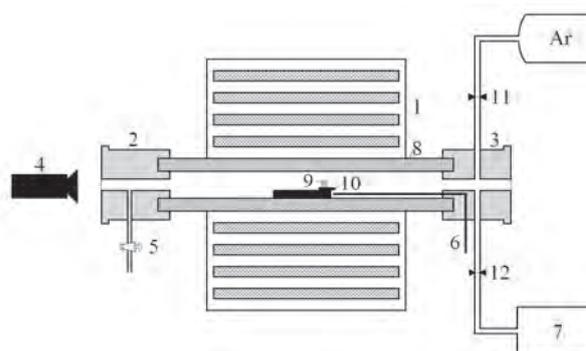


Fig. 1 Schematic illustration of the observation furnace Clasic
1) heating elements, 2) front flange, 3) rear flange, 4) CCD camera, 5) high-vacuum stopcock, 6) type B thermocouple, 7) vacuum pump, 8) alumina tube, 9) sample, 10) alumina substrate, 11) gas inlet, 12) gas outlet

Obr. 1 Schématické zobrazení pozorovací pece Clasic
1) topné elementy, 2) přední příruba, 3) zadní příruba, 4) CCD kamera, 5) vakuový ventil, 6) termočlánek typu B, 7) vakuová pumpa, 8) korundová trubice, 9) vzorek, 10) korundová podložka, 11) přívod plynu, 12) odvod plynu

Shapes of experimental drops were fitted to the solution of the Laplace-Young equation. This Laplace's method uses the global information provided by the shape of the investigated object.

Prepared sample (alloy/ Al_2O_3 substrate) was placed in the workspace of the furnace, which was hermetically sealed and then evacuated to approximately 0.1 Pa and washed with argon (> 99.9999%). This step was repeated several times. The heating rate was $5^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, and the maximum reached temperature measured by a thermocouple Pt-13 % Rh/Pt was $1,600^\circ\text{C}$. The experiment was carried out under an inert atmosphere of argon to prevent oxidation of the sample during measurement. The images of the forming process of the metallic melt drop during heating were captured by the camera CANON EOS 550D and then saved in the PC. The statistical analysis of surface tension measurements was carried out by the computing environment R (R Development Core Team, 2018).

2. Results and discussion

The temperature dependencies of the surface tension of examined Fe-alloys samples were measured successively to confirm the repeatability of the results and to assure their statistical evaluation. Figs. 1 – 5 show the dependencies of the surface tension on temperature for individual samples, each measured three times. The linear model is represented by a solid line. Besides, the figures contain a plot of confidence interval which covers with a 95 % reliability the expected mean surface tension observed at a given temperature and a 95 % prediction interval, at which the surface tension (individual observation) is located with 95 % reliability at a given temperature (dotted line).

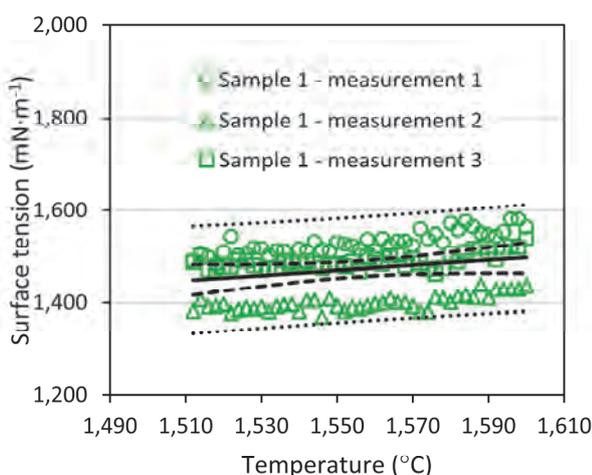


Fig. 2 Temperature dependencies of the surface tension for the sample 1 (0.924 wt. % Cr)

Obr. 2 Teplotní závislosti povrchového napětí pro vzorek 1 (0,924 hm. % Cr)

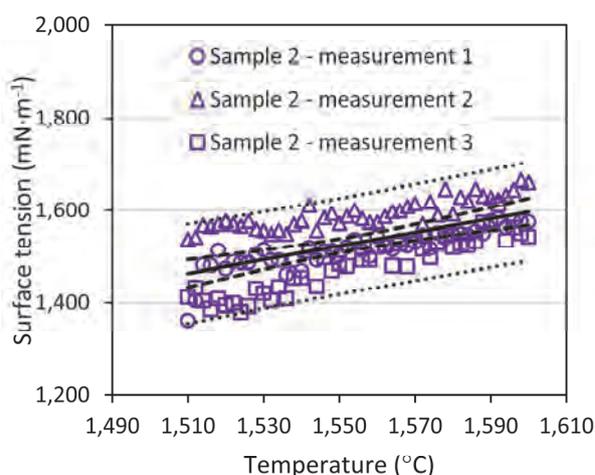


Fig. 3 Temperature dependencies of the surface tension for the sample 2 (1.925 wt. % Cr)

Obr. 3 Teplotní závislosti povrchového napětí pro vzorek 2 (1,925 hm. % Cr)

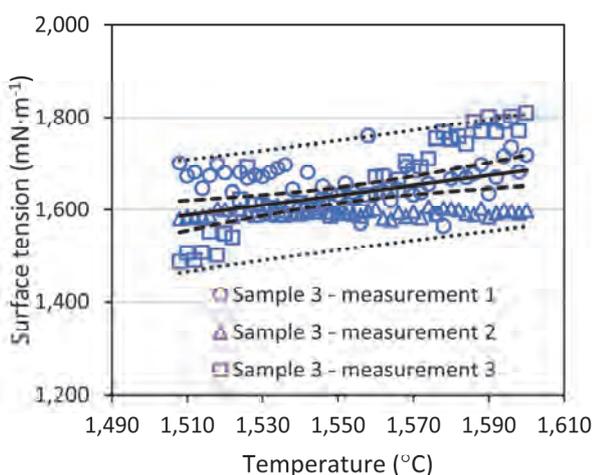


Fig. 4 Temperature dependencies of the surface tension for the sample 3 (2.970 wt. % Cr)

Obr. 4 Teplotní závislosti povrchového napětí pro vzorek 3 (2,970 hm. % Cr)

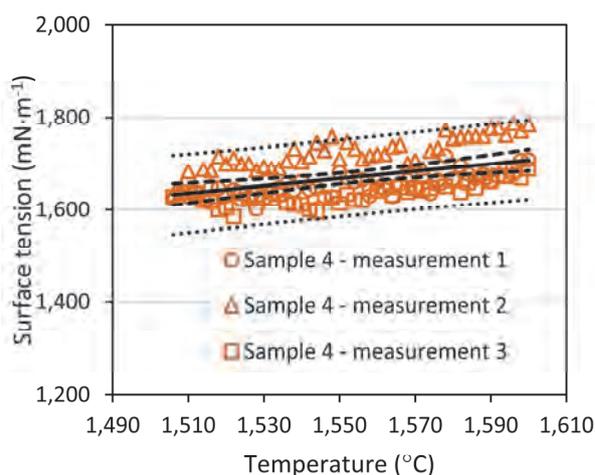


Fig. 5 Temperature dependencies of the surface tension for the sample 4 (3.772 wt. % Cr)

Obr. 5 Teplotní závislosti povrchového napětí pro vzorek 4 (3,772 hm. % Cr)

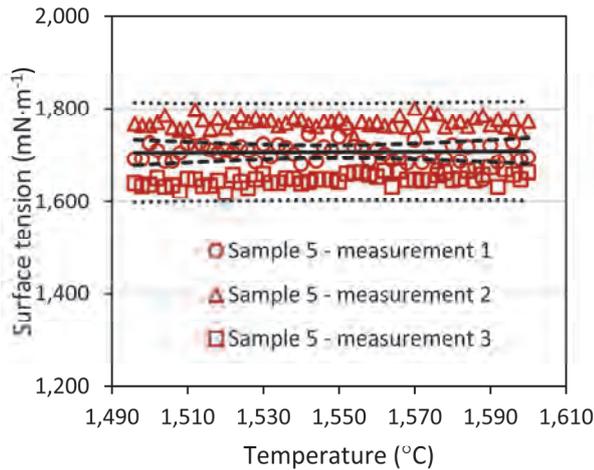


Fig. 6 Temperature dependencies of the surface tension for the sample 5 (4.760 wt. % Cr)

Obr. 6 Teplotní závislosti povrchového napětí pro vzorek 5 (4,760 hm. % Cr)

The normality of the measured data was verified by the Shapiro-Wilk test, which showed that the measured data were not normally distributed.

Tab. 2 Statistical evaluation of the surface tension dependencies on temperature

Tab. 2 Statistické vyhodnocení závislostí povrchového napětí na teplotě

Sample	$\sigma = f(T)$; σ (mN·m ⁻¹), T (°C)	F-test (p-value)
1	$\sigma(T) = 1,451 + 5.14 \cdot 10^{-1} \cdot (T - 1,512)$	0.007
2	$\sigma(T) = 1,463 + 1.48 \cdot (T - 1,510)$	<<0.001
3	$\sigma(T) = 1,586 + 1.10 \cdot (T - 1,508)$	<<0.001
4	$\sigma(T) = 1,633 + 8.01 \cdot 10^{-1} \cdot (T - 1,506)$	<<0.001
5	$\sigma(T) = 1,706 + 3.34 \cdot 10^{-2} \cdot (T - 1,496)$	0.807

The models 1–4 were statistically significant at the significance level of 5 % according to overall F-test (Tab. 2). For the sample 5 with the chromium content of 4.76%, the statistically significant influence of temperature on the surface tension was not observed (overall F-test, p-value 0.807). The surface tension, regardless of temperature, was around 1,707 mN·m⁻¹. The table also contains the equations of the surface tension dependence on temperature, which are valid in the measured temperature intervals.

Fig. 7 summarizes previous figures and shows the dependencies of the average surface tension of individual samples on temperature. From the figure, it is evident that the surface tension increases with the increasing temperature, and therefore the coefficient of surface tension $d\sigma/dT$ is positive for all observed samples. A positive coefficient of surface tension can be explained according to [10] where, based on the Gibbs adsorption theory, the free surface of a metal droplet is covered by a monolayer of surface active elements (sulphur, oxygen) with a lower surface tension than the volume phase itself.

With the increasing temperature, the surface-active elements are desorbed into the bulk of the liquid metal causing a slight increase in surface tension. This phenomenon was described for samples with higher sulphur content [11], and it is the most conspicuous at the samples 2–4, which possess the highest content of surface active elements. The minimum can be observed in the sample 5, which contains the fewest of these elements.

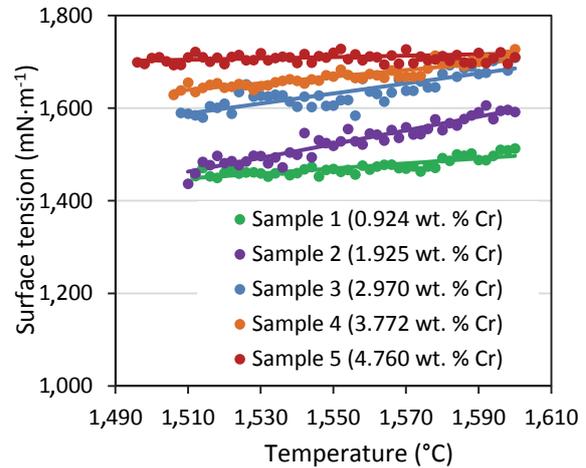


Fig. 7 Dependencies of average surface tension on the temperature for the samples 1–5

Obr. 7 Závislosti průměrného povrchového napětí na teplotě pro vzorky 1–5

The influence of chromium content on surface tension was analyzed by the Kruskal-Wallis test. Further, the effect was statistically significant because the p-value was <<0.001. The differences in surface tension were statistically significant at all observed chromium levels. This result is also illustrated by the box plot (Fig. 8).

As it can be seen from the figure, the surface tension of the examined samples increased with the increasing content of chromium assuming that surface tension dependencies on temperature are of no practical significance.

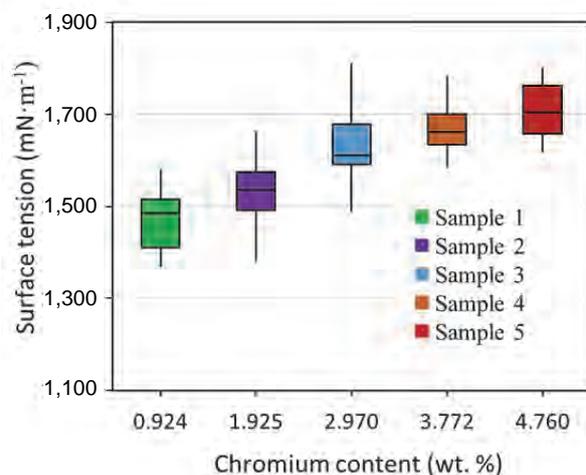


Fig. 8 Boxplot of chromium effect on the surface tension

Obr. 8 Krabicový graf znázorňující vliv chromu na povrchové napětí

Conclusions

The surface tension of three Fe-C-Cr alloys, varying in chromium content, was measured in the temperature range from the liquid temperature to 1,600°C with the following results:

- The temperature coefficient of surface tension ($d\sigma/dT$) was always positive for all samples. The obtained linear models were statistically significant at the significance level of 5 % except for the sample 5.
- The alloys composition had an impact on the values of quantities in question. The presence of sulphur and oxygen played a crucial role in this regard. This influence was particularly noticeable at the samples with higher content of these elements (2, 3 and 4) where the maximum values of the temperature coefficient of the surface tension were reached. Further, a markedly inferior content of oxygen lowered this quantity in the sample 1. On the temperature dependence of surface tension of the sample 5, it remained almost constant in the measured temperature range because of the lowest content of the surface active elements.
- The chromium content increased the values of the surface tension. This influence was confirmed by the Kruskal-Wallis test (p -value $\ll 0.001$). Further, the Dunn's test showed that no two samples had comparable surface tension (p -values $\ll 0.001$).
- Because the interaction between the melt and substrate was examined by only one of the contact methods, the obtained results will be supplemented by SEM and EDX analyzes to achieve a deeper understanding of the influence of composition and temperature on the surface tension of these model alloys.

Acknowledgements

This paper was created within the frame of the project No. LO1203 "Regional Materials Science and Technology

Centre - Feasibility Program" funded by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

References

- [1] EGRY, I., RICCI, E., NOVAKOVIC, R., OZAWA, S. Surface Tension of Liquid Metals and Alloys – Recent Developments. *Advances in Colloid and Interface Science*, 159 (2010) 2, 198–212.
- [2] CHEN, L., LEE, J. H., CHEN, C. F. On the Modeling of Surface Tension and its Applications by the Generalized Interpolation Material Point Method. *Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 66 (2012) 6, 199–224.
- [3] McNALLAN, M., DEBROY, T. Effect of Temperature and Composition on Surface Tension in Fe-Ni-Cr Alloys Containing Sulfur. *Metallurgical Transactions B*, 22 (1991) 4, 557–560.
- [4] MOROHOSHI, K., UCHIKOSHI, M., ISSHIKI, M., FUKUYAMA, H. Effects of carbon and oxygen on Fe-C-O melt surface tension. *ISIJ International*, 53 (2013) 8, 1315–1319.
- [5] OZAWA, S., MOROHOSHI, K., HIBIYA, T. Influence of Oxygen Partial Pressure on Surface Tension of Molten Type 304 and 316 Stainless Steels Measured by Oscillating Droplet Method Using Electromagnetic Levitation. *ISIJ International*, 54 (2014) 9, 2097–2103.
- [6] TRET'YAKOVA, E.E., KLIMENKOV, E.A., BAUM, B.A., TYAGUNOV, G.V. Influence of Chromium on Surface Tension of Iron with Various Oxygen Contents. *Steel in the USSR*, 15 (1985) 8, 391–392.
- [7] LI, Z., ZEZE, M., MUKAI, K. Surface Tension and Wettability of Liquid Fe-16mass% Cr-S Alloy with Alumina. *Materials Transactions*, 44 (2003) 10, 2108–2113.
- [8] MUKAI, K., LI, Z., ZEZE, M. Surface Tension and Wettability of Liquid Fe-16mass% Cr-O alloy with alumina. *Materials Transactions*, 43 (2002) 7, 1724–1731.
- [9] YOSHIKAWA, T., YAMAMOTO, K., TANAKA, T., MORITA, K. Consideration on Effects of Surface-Active Components on Surface Tensions of Molten Alloys. *Journal of High Temperature Society*, 32 (2006) 5, 289–294.
- [10] DUBBERSTEIN, T., HELLER, H., KLOSTERMANN, J., SCHWARZE, R., BRILLO, J. Surface tension and density data for Fe-Cr-Mo, Fe-Cr-Ni, and Fe-Cr-Mn-Ni steels. *Journal of Materials Science*, 50 (2015) 22, 7227–7237.
- [11] LI, Z., MUKAI, K., ZEZE, M., MILLS, K. C. Determination of the Surface Tension of Liquid Stainless Steel. *Journal of Materials Science*, 40 (2005) 9, 2191–2195.

Na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava byla podepsána smlouva na modernizaci HPC systémů pro IT4Innovations národní superpočítačové centrum

Na VŠB – Technické univerzitě Ostrava byla v listopadu 2018 podepsána smlouva na modernizaci HPC systémů pro IT4Innovations národní superpočítačové centrum. Jedná se o rozšíření klastru Anselm a dodá jej společnost Atos IT Solutions and Services, s.r.o. Superpočítač bude mít nově teoretický výkon přesahující 800 teraflopů za sekundu, bude tedy více než 8krát výkonnější než jeho předchůdce, který byl spuštěn v roce 2013. Výpočetní kapacity systémů, které provozuje IT4Innovations, jsou v rámci grantových soutěží k dispozici celé vědecké komunitě České republiky. Termín dodání nového stroje je duben 2019.

V náročném soutěžním dialogu, jehož vítězem se stala firma Atos, byl kladen důraz nejen na cenu, ale také na použití nejvyspělejších momentálně dostupných technologií. Čeští vědci tak získají přístup k nejmodernější generaci procesorů Intel a také k nejvýkonnějším GPU akceleratorům od firmy NVIDIA.

„Poptávka českých vědců po výpočetních zdrojích převyšuje naši momentální dostupnou kapacitu zhruba o 100 %. Tato modernizace navýší naše kapacity a pomůže nám tento problém řešit. Čeští vědci současně dostanou k dispozici stroj s nejmodernějšími technologiemi, což jim umožní si tyto technologie osvojit a držet tak krok se světem,“ vysvětlil Vít Vondrák, ředitel IT4Innovations.

– z tiskové zprávy –

Vliv výchozího strukturního stavu a parametrů ohřevu na tvařitelnost středně uhlíkové oceli

Effect of the Initial Structural State and of the Heating Parameters on Formability of the Medium-carbon Steel

Ing. Petr Kawulok, Ph.D.; Bc. Michal Kempny; prof. Ing. Ivo Schindler, CSc.; Ing. Rostislav Kawulok, Ph.D.; Ing. Stanislav Rusz, Ph.D.; Ing. Petr Opěla, Ph.D.; Ing. Vojtěch Ševčák

VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Regionální materiálové technologické výzkumné centrum, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

S využitím tahových zkoušek za tepla byl zkoumán vliv výchozího strukturního stavu a parametrů ohřevu na tvařitelnost nelegované středně uhlíkové oceli. Jedna sada vzorků byla vyrobena z tyčí kruhového průřezu válcovaných za tepla. Jejich výchozí strukturu tvořila jemnozrnná homogenní směs feritu a perlitu. Tyto vzorky byly ohřívány přímo na zvolené teploty deformace. Druhá sada vzorků byla vyrobena z podpovrchové oblasti plynule litého sochoru, jehož struktura byla tvořena hrubými perlitickými bloky, které byly lemovány jemným feritickým síťovím. Tyto vzorky pak byly jednotně předeřívány na teplotu 1300 °C a následně byly řízeně ochlazovány na zvolené teploty deformace. Tahové zkoušky byly provedeny při konstantních rychlostech tažení 1000 a 0,1 mm·s⁻¹. S klesajícími teplotami deformace docházelo k nárůstu pevnostních vlastností zkoumané oceli při obou zvolených rychlostech tažení a v obou výchozích strukturních stavech. Výchozí hrubozrnná litá struktura vykazovala menší pevnostní vlastnosti v celém rozsahu aplikovaných teplot a ovlivnila tvařitelnost zkoumané oceli jen při nejvyšších teplotách deformace. Při nižších teplotách deformace litý stav překvapivě vykazoval téměř vždy mírně vyšší tažnost. Kromě toho ve dvoufázové feriticko-austenitické oblasti vykazovaly vzorky z protvářeného výchozího stavu zvýšenou tažnost za tepla, což bylo zřejmě způsobeno deformací probíhající přednostně ve feritické fázi.

Klíčová slova: středně uhlíková ocel; mikrostruktura; smluvní pevnost za tepla; tažnost za tepla

The effect of initial structural state and heating parameters on hot formability of non-alloyed medium-carbon steel was investigated by tensile tests performed with the use of plastometer Gleeble 3800. Two sets of samples were prepared for these tests. The first set of samples was made from hot rolled rods and their initial structure was formed by fine-grain homogeneous mixture of ferrite and pearlite. Tensile tests of these samples were performed after their heating directly to the deformation temperatures. The second set of samples was made from continuously cast billet and their structure was formed by coarse blocks, which were lined with relatively fine ferrite mesh. These samples were uniformly preheated to temperature of 1300°C and after their controlled cooling to the chosen deformation temperatures they were deformed by tensile. The initial structural state and selected heating mode influenced the austenitic grain size of investigated steel, which was confirmed by metallographic analyses. The tensile tests were performed at constant tensile rate of 1,000 and 0.1 mm·s⁻¹, which corresponded to the mean strain rate of 75 s⁻¹, respectively 0.01 s⁻¹. Decrease of the deformation temperatures leads to the increase in strength properties of investigated steel for both chosen tensile rates (1,000 and 0.1 mm·s⁻¹), respectively for both strain rates (75 s⁻¹ and 0.01 s⁻¹). The initial coarse-grained cast structure showed, in comparison with the initial fine-grained formed structure, lower strength properties in the whole range of applied deformation temperatures and strain rates. The initial coarse-grained cast structure negatively influenced hot formability of the investigated steel, in comparison with the initial fine-grained formed structure, only at the highest deformation temperatures. At lower deformation temperatures the initial cast structural state surprisingly showed almost always slightly higher ductility. In addition in the two-phase ferritic-austenitic region the samples from the initial formed structural state showed an increase of hot ductility, which was probably caused by the deformation occurred preferably in the ferritic phase. The deformation temperatures above 1,300°C lead to significant decrease of hot ductility due to overheating and burning of the investigated steel.

Key words: medium-carbon steel; microstructure; hot ultimate tensile strength; hot ductility

Tvařitelnost kovových materiálů je schopnost tělesa plasticky se deformovat za určitých podmínek tváření až do porušení soudržnosti (do vzniku kritických trhlin, resp. do lomu). Tvařitelnost závisí na plastičnosti, geometrii tvářeného tělesa a podmínkách tváření. Je důležité

nezaměňovat pojem tvařitelnost s pojmem plastičnost. Plastičnost je schopnost materiálu plasticky se deformovat v rozsahu deformací od počátečních po mezní. Plastičnost je tedy čistě materiálová vlastnost, jejíž zkoumání by nemělo být ovlivněno tvarem deformovaného tělesa [1].

Tvařitelnost kovových materiálů lze zkoumat fyzikálně především s pomocí tahových nebo krutových zkoušek za tepla [2 – 4]. U spojité krutové zkoušky se tvařitelnost určuje z počtu otáček zkušební tyče do lomu. Její nevýhodou je omezená rychlost deformace (do cca 10 s^{-1}) [1, 4]. Spojitá zkouška tahem je jednodušší a vlivem převládajícího tahového napětí během testu je velmi citlivá k posouzení tvařitelnosti kovových materiálů. Tvařitelnost zkoumaného materiálu se v případě zkoušky tahem vyhodnocuje z celkového prodloužení zkušební tyče do lomu [3, 5].

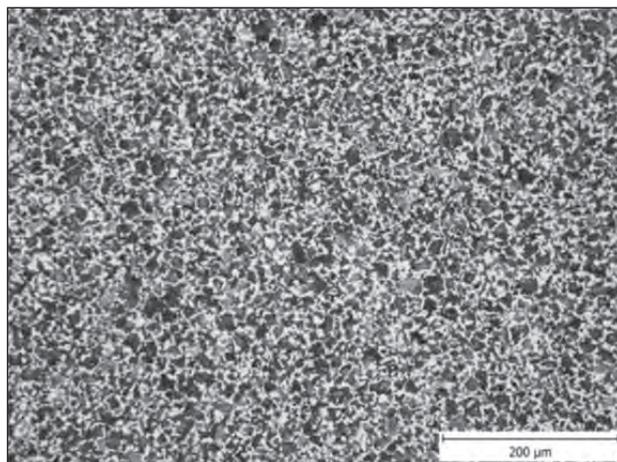
V odborné literatuře se lze setkat s několika pracemi, ve kterých je použita ocel ve výchozím litém nebo protvářeném stavu a její pevnostní a plastické vlastnosti při tváření za tepla by tedy měly být ovlivněny výchozí velikostí zrna [6 – 8]. Obecně se předpokládá, že tvařitelnost ocelí v litém stavu by měla být negativně ovlivněna hrubozrnnou a nepříznivě orientovanou makrostrukturou, strukturou a chemickou heterogenitou, výskytem licích vad, zeslabením hranic zrn a vnitřním pnutím [1, 9].

Hlavním cílem předložené práce bylo porovnat vliv výchozího strukturálního stavu a parametrů ohřevu na tvařitelnost středně uhlíkové oceli C45 za tepla. Pro tento účel byly využity tahové zkoušky za tepla, které byly provedeny na univerzálním plastometru Gleeble 3800 v širokém rozsahu deformačních teplot.

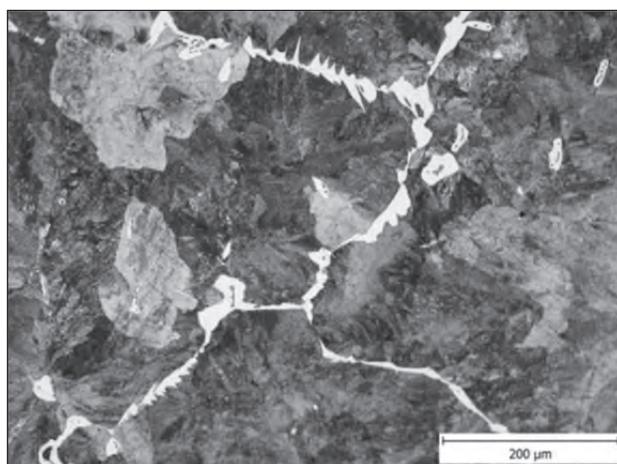
Popis experimentu

Pro tento experiment byla využita nelegovaná středně uhlíková ocel C45, jejíž normované chemické složení je (hm. %): 0,40 – 0,52 C, max. 0,43 Si, 0,46 Mn, max. 0,035 P, max. 0,04 S, max. 0,45 Cr, max. 0,13 Mo, max. 0,45 Ni [10]. Pro účely tohoto experimentu byla zkoumaná ocel dodána ve dvou výchozích strukturálních stavech, tj. ve formě za tepla válcovaných tyčí (průměr 12 mm) a ve formě plynule litých odlitků (příčný průřez $150 \times 150 \text{ mm}$). Důvodem použití rozdílného výchozího strukturálního stavu bylo, spolu se zvolenými parametry ohřevu, ovlivnit velikost zrna během zkoušek jednoosým tahem. Z válcovaných tyčí, resp. z plynule litých sochorů byly pro tahové zkoušky vyrobeny válcovité vzorky o průměru 10 mm a délce 116,5 mm, které byly na obou koncích opatřeny závity. Z plynule litých sochorů byla nejdříve odstraněna jejich povrchová vrstva o tloušťce 10 mm, která byla tvořena licí kůrou. Následně byly z takto oříznutého plynule litého sochoru podélně vyříznuty tyče čtvercového průřezu (strana čtverce 14 mm), ze kterých byly následně vyrobeny válcovité vzorky pro tahové zkoušky.

Mikrostruktura vzorků vyrobených z tyčí válcovaných za tepla byla tvořena jemnozrnnou homogenní směsí feritu a perlitu (obr. 1). Oproti tomu mikrostruktura vzorků vyrobených z plynule litých sochorů byla tvořena hrubými perlitickými bloky, které byly lemovány poměrně jemným feritickým síťovím (obr. 2).



Obr. 1 Mikrostruktura za tepla válcovaných tyčí
Fig. 1 Microstructure of the hot rolled bars



Obr. 2 Mikrostruktura plynule litého sochoru
Fig. 2 Microstructure of continuously cast billet

S využitím software QTSteel 3.2 byly nejdříve určeny teploty fázových přeměn zkoumané oceli C45 $Ac_1 = 729 \text{ °C}$ a $Ac_3 = 780 \text{ °C}$. Následně byly navrženy teploty deformací pro zkoušky jednoosým tahem tak, aby byly jednotlivé testy provedeny v jednofázové austenitické oblasti, ve dvofázové austeniticko-feritické oblasti i v nízkoteplotní feriticko-perlitické oblasti.

Obě sady připravených vzorků byly namáhány tahem za tepla při dvou zvolených konstantních rychlostech tažení: 1000 a $0,1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, kterým odpovídají střední deformační rychlosti cca 75 , resp. $0,01 \text{ s}^{-1}$.

Připravené vzorky, které byly zhotoveny z výchozích, za tepla válcovaných tyčí, byly ohřívány elektricky odporově rychlostí $10 \text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$ přímo na zvolené teploty deformace a po 30sekundové výdrži na teplotě byly deformovány tahem do lomu. Tento režim ohřevu byl zvolen z důvodu potlačení zhrubnutí zrna během výdrže na teplotě deformace. Pro tento účel byly zvoleny teploty deformace v rozsahu od 1400 do 650 °C .

Vzorky vyrobené z plynule litého sochoru byly jednotně předehřátý na teplotu 1300 °C s výdrží na této teplotě po dobu 3 minut, přičemž snahou bylo vypěstovat ve

zkoumaném materiálu hrubé austenitické zrna. Poté byly vzorky řízeně ochlazovány rychlostí $5\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$ na zvolené teploty deformace, po jejichž dosažení následovala krátká 10sekundová výdrž pro vyrovnání teploty a deformace tahem do lomu. Pro tuto část experimentu byly zvoleny teploty deformace v rozsahu od 1300 do 650 °C. Protože při teplotě deformace 1300 °C nedošlo k výraznému poklesu maximální síly a prodloužení do lomu ve srovnání s ostatními vzorky ze stejné sady, byly provedeny další testy s ohřevem vzorků přímo na teploty deformace 1320, 1340 a 1370 °C. Výdrž na těchto teplotách byla opět 3 minuty.

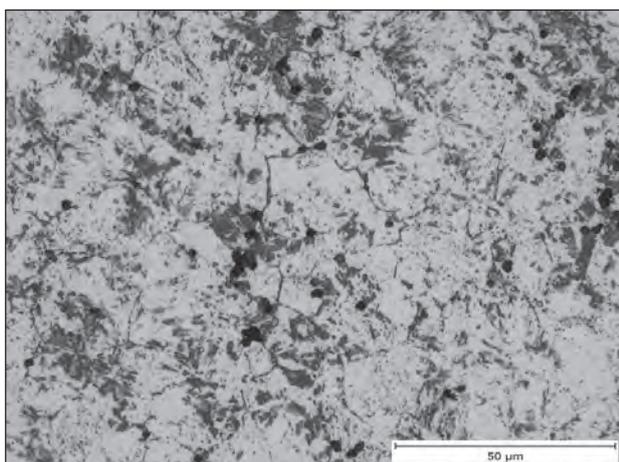
Teplota byla v průběhu tahových zkoušek měřena pomocí termočlánků, které byly navařeny na povrch zkoušených vzorků ve středu jejich délky.

Pro účely určení středního průměru zrna po ohřevu zkoumané oceli na vybrané teploty deformace byly vyrobeny z obou výchozích strukturních stavů (tj. z vyválnovaných tyčí i z plynule litého sochoru) vzorky o průměru 10 mm a délce 15 mm. Ty byly vloženy do elektrické kanthalové pece vyhřáté na zvolené teploty a po 3minutové výdrži byly zakaleny ve vodě. Vzorky

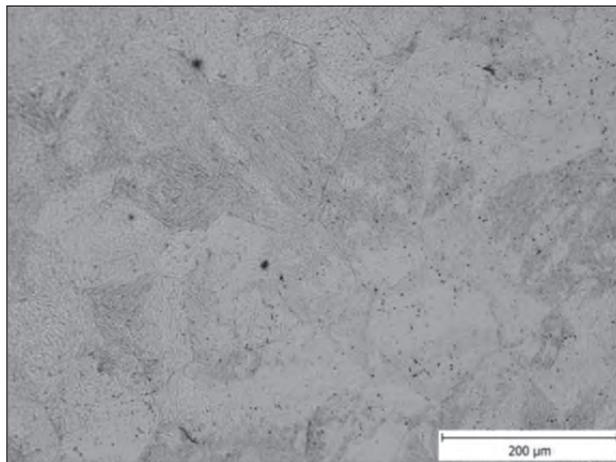
z výchozí protvářené struktury byly ohřívány na teplotu 900, 1200, 1340 a 1370 °C. V případě vzorků z výchozí lité struktury byla zvolena pouze teplota ohřevu 1300 °C, protože při tahových zkouškách byly vzorky vyrobené z plynule litého sochoru jednotně ohřívány na tuto teplotu. Následně byly tyto vzorky podrobeny metalografickým analýzám, jejichž cílem bylo vyleptat hranice původních austenitických zrn.

Diskuse výsledků

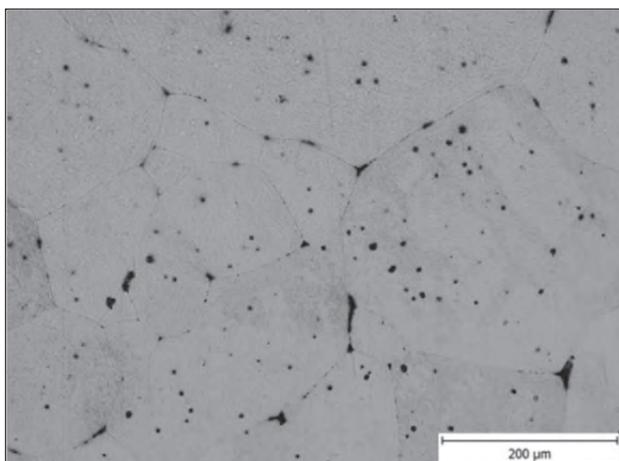
Metalografické analýzy byly provedeny s využitím klasické optické mikroskopie. V případě vzorků z výchozího jemnozrného protvářené struktury došlo při všech zvolených teplotách ohřevu k úplné austenitizaci vzorků (obr. 3a – 3c). U vzorku ohřátého na teplotu 1370 °C jsou vidět černé útvary uvnitř zrn a také na jejich hranicích, které zřejmě představují přítomnost vměstků, které po vyloučení na hranicích zrn způsobují křehkost za tepla. V případě vzorku z výchozího hrubozrného litého stavu došlo také k úplné austenitizaci (obr. 3d) a původní austenitické zrna byla velmi hrubá.



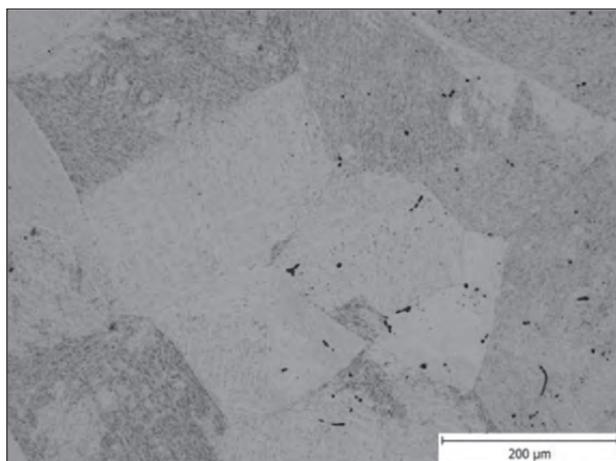
a) výchozí protvářené strukturní stav, teplota ohřevu 900 °C
a) initial formed structural state, heating temperature of 900 °C



b) výchozí protvářené strukturní stav, teplota ohřevu 1200 °C
b) initial formed structural state, heating temperature of 1,200 °C

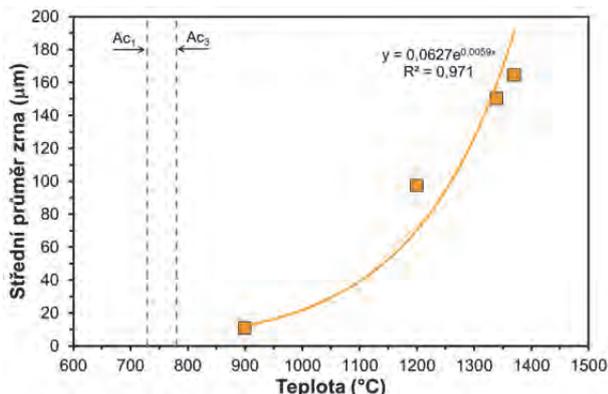


c) výchozí protvářené strukturní stav, teplota ohřevu 1370 °C
c) initial formed structural state, heating temperature of 1,370 °C



d) výchozí litý strukturní stav, teplota ohřevu 1300 °C
d) initial cast structural state, heating temperature of 1,300 °C

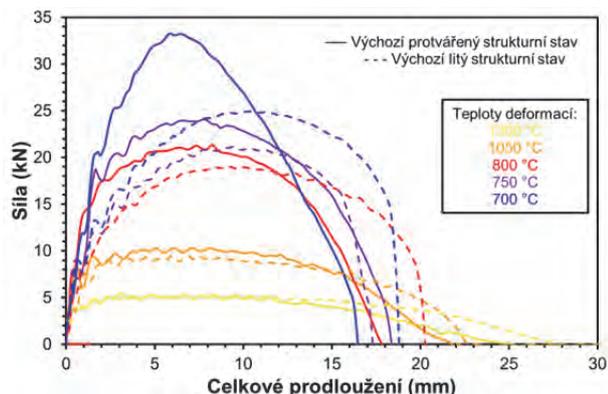
Obr. 3 Vyleptané hranice původních austenitických zrn vzorků po ohřevu na vybrané teploty
Fig. 3 Etched grain boundaries of initial austenitic grains of samples after heating on selected temperatures



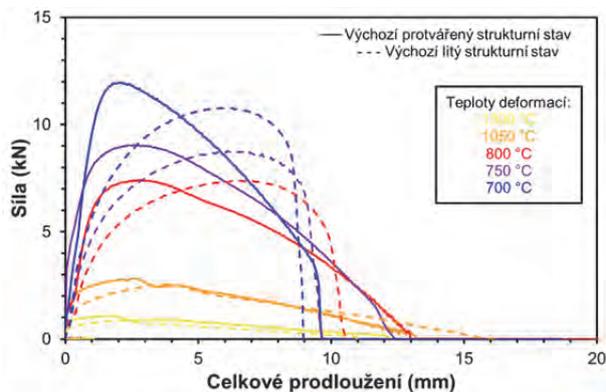
Obr. 4 Vliv teploty ohřevu na střední průměr zrna zkoumané oceli v protvářeném výchozím stavu

Fig. 4 Influence of heating temperature on the average diameter of the grain of the investigated steel in its initial formed state

Střední průměr původního austenitického zrna d_{stf} (μm) vzorků ohříváných v peci na zvolené teploty byl určen s využitím lineární přímkové metody dle EN ISO 643 [11]. V případě vzorků z výchozího protvářeného stavu se střední průměr austenitického zrna zvětšoval s rostoucí teplotou exponenciálně, jak dokumentuje graficky obr. 4. U vzorku z výchozí lité struktury bylo dosaženo po jeho ohřevu austenitického zrna o střední velikosti 223,2 μm .



a) rychlost tažení 1000 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$
a) tensile rate of 1,000 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$



b) rychlost tažení 0,1 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$
b) tensile rate of 0.1 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$

Obr. 5 Tahové diagramy – porovnání výchozího protvářeného a litého stavu

Fig. 5 Tensile diagrams – comparison of initial formed and cast structural state

S rostoucí teplotou deformace docházelo k poklesu deformačního odporu zkoumané oceli a tím i její pevnosti (obr. 6). Vzorky deformované vyšší rychlostí tažení (1000 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$), resp. vyšší střední deformační rychlostí (75 s^{-1}) vykazovaly větší hodnoty smluvní pevnosti za tepla ve srovnání se vzorky deformovanými při rychlosti tažení 0,1 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, resp. při střední deformační rychlosti 0,01 s^{-1} . Při deformaci vysokými rychlostmi vzniká v materiálu větší počet mřížkových poruch, materiál vykazuje větší deformační odpor a pro deformaci je potřeba větší množství energie.

Tento vzorek tedy vykazoval mnohem větší zrna, než vzorky vyrobené ze zkoumané oceli s výchozím protvářeným strukturním stavem a ohříváné na vyšší teploty.

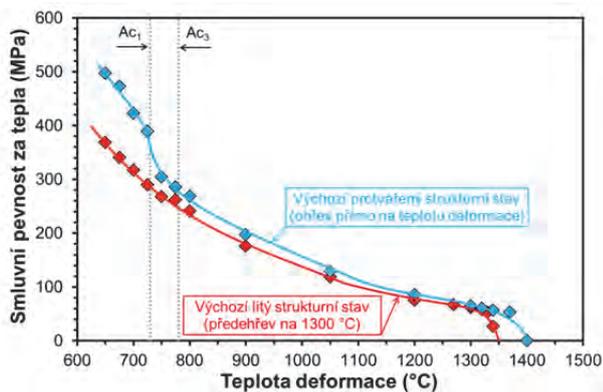
Z dat naměřených během zkoušek tahem do lomu byly sestaveny tahové diagramy (jejichž příklad je uveden na obr. 5), které dokumentují závislost měřené síly na celkovém prodloužení zkoušených vzorků. Z těchto diagramů byly určeny hodnoty maximální síly F_{max} (kN) a celkového prodloužení do lomu ΔL (mm), které byly následně využity pro výpočet smluvní pevnosti za tepla R_{mT} (MPa) a tažnosti za tepla A_T (%) všech přetržených vzorků dle těchto vztahů [3]:

$$R_{mT} = \frac{F_{max} \cdot 1000}{S_0}, \quad (1)$$

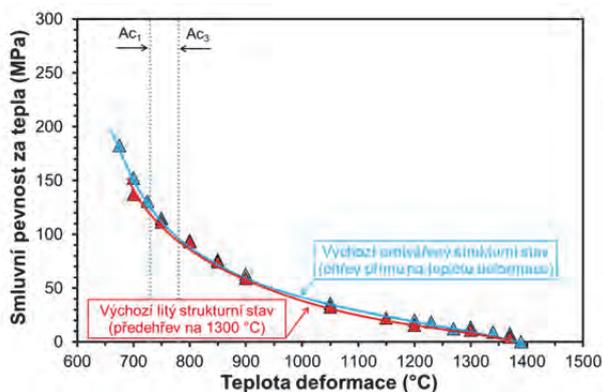
$$A_T = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100, \quad (2)$$

kde S_0 je počáteční příčný průřez zkoušených tyčí 78,5 mm^2 a L_0 (mm) je měřená délka, která byla v případě použitých čelistí z korozivzdorné oceli rovna 20 mm. Průběh smluvní pevnosti za tepla a tažnosti za tepla v závislosti na teplotě deformace graficky dokumentují obr. 6 a 7.

Vyšších hodnot smluvní pevnosti za tepla bylo vždy dosahováno na vzorcích vyrobených z výchozího jemnozrnného protvářeného materiálu (ohříváných přímo na teplotu deformace). V případě tahových zkoušek provedených při rychlosti tažení 0,1 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ však rozdíly mezi hodnotami smluvní pevnosti za tepla pro obě sady vzorků (s různým výchozím strukturním stavem) byly zanedbatelné. Je zajímavé, že se vliv fázového složení při nízkých teplotách (pod 725 $^{\circ}\text{C}$) projevil jen v případě vzorků z výchozího protvářeného strukturního stavu deformovaných tahem rychlostí 1000 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$.



a) rychlost tažení $1000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$
a) tensile rate of $1,000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

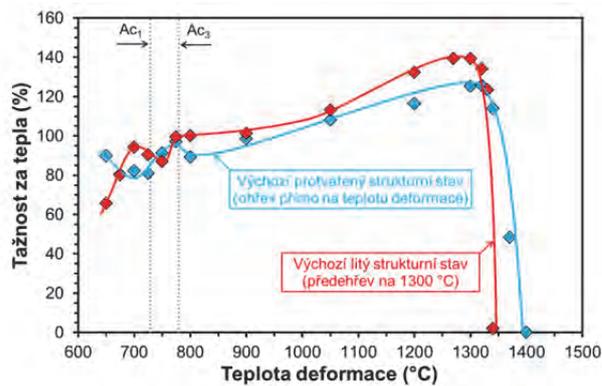


b) rychlost tažení $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$
b) tensile rate of $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

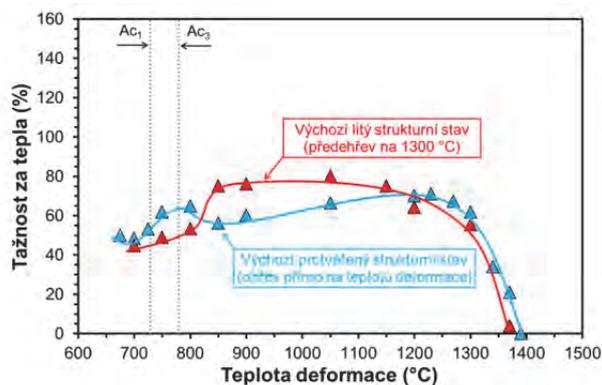
Obr. 6 Závislost smluvní pevnosti za tepla na teplotě deformace
Fig. 6 Dependence of the hot ultimate tensile strength on the deformation temperature

Vzorky deformované rychlostí tažení $1000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, resp. střední deformační rychlostí 75 s^{-1} vykazovaly větší tažnost za tepla ve srovnání se vzorky deformovanými při rychlosti tažení $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, resp. při střední deformační rychlosti $0,01 \text{ s}^{-1}$ (obr. 7).

Očekávalo se, že výchozí hrubozrnná lící struktura negativně ovlivní tvařitelnost zkoumané oceli ve srovnání s jejím jemnozrnným protvářeným stavem, protože by měla relativně zpomalovat nukleační fázi rekrystalizace a přispívat ke křehkému interkrystalickému lomu [1, 9, 12]. Tento předpoklad se však překvapivě naplnil jen při nejvyšších teplotách deformace (nad 1320 °C v případě deformace tahem rychlostí $1000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ a nad 1200 °C v případě deformace tahem rychlostí $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$), kdy litá struktura vykazovala dřívější pokles plastických vlastností ve srovnání s výchozí protvářenou strukturou (obr. 7). To odpovídá výsledkům metalografických analýz prokazujících, že vzorky z výchozího litého stavu ohříváné na teplotu 1300 °C mají hrubší původní austenitické zrna, než vzorky z výchozího protvářeného stavu ohříváné na teplotu 1370 °C . Při nižších teplotách deformace, kromě rychlosti tažení $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ za nejnižších zkoumaných teplot, však litý stav vykazoval vždy mírně vyšší tažnost.



a) rychlost tažení $1000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$
a) tensile rate of $1,000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$



b) rychlost tažení $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$
b) tensile rate of $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

Obr. 7 Závislost tažnosti za tepla na teplotě deformace
Fig. 7 Dependence of the hot ductility on the deformation temperature

Jemnozrnná struktura by měla vykazovat větší tvařitelnost za vysokých teplot z důvodu omezení rozvoje interkrystalických trhlin, spjatých až s pokluzem po hranicích zrn a zrychlením průběhu dynamické rekrystalizace [13, 14]. Také by mělo platit, že jen velmi výrazné rozdíly ve výchozí velikosti zrna reálně ovlivňují tvařitelnost materiálů [15]. Klíčovou roli hraje také kinetika dynamické rekrystalizace. Rekrystalizací dochází k opakované změně hranic zrn a k přesunu případných mikrotrhlin z hranic zrn do objemu zrn. V této intergranulární poloze jsou pak podstatně sníženy podmínky pro jejich šíření.

Pokles plastických vlastností ve vysokoteplotní oblasti (obr. 7) byl pravděpodobně způsoben přehřátím a následným spálením zkoumané oceli. Teplota nulové tažnosti zkoumané oceli ve výchozím protvářeném strukturálním stavu, která odpovídá 100% křehkosti materiálu, byla rovna 1400 °C . Teplota nulové tažnosti zkoumané oceli ve výchozím litém strukturálním stavu se pohybovala od 1340 do 1370 °C .

Z grafů na obr. 7 je dále zřejmé, že ve dvoufázové feriticko-austenitické oblasti (projevující se změnou průběhu křivky teplota-tažnost) vykazuje tažnost vzorků s výchozí lící strukturou (navíc jednotně předehříváných na

1300 °C) jisté heterogenní chování. V případě vyšší rychlosti tažení ($1000 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$) je dvoufázová feriticko-austenitická oblast relativně posunuta k nižším teplotám. To odpovídá předpokladům o vlivu velikosti austenitického zrna na průběh fázových přeměn [16]. Oproti tomu v případě vzorků s výchozí lící strukturou deformovaných tahem rychlostí $0,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ je dvoufázová feriticko-austenitická oblast překvapivě relativně posunuta k vyšším teplotám.

V případě vzorků z výchozí jemnozrnné struktury (ohřívání přímo na teplotu deformace) došlo ve feriticko-austenitické oblasti dokonce k mírnému nárůstu plastických vlastností, což nesouhlasí s obecným názorem o zhoršování tvařitelnosti ve dvoufázové struktuře. Obdobných výsledků však bylo dosaženo i v pracích [6, 12, 17], ve kterých je prezentováno zvýšení tvařitelnosti materiálu v rozsahu deformačních teplot 800 – 750 °C. Obecně by mělo platit, že přítomnost tenkého filmu jemných feritických zrn vytvořených na hranicích austenitických zrn by mělo vést ke snížení tvařitelnosti ocelí, a to z důvodu horší vazby mezi rozhraním ferit-austenit a vlastní matricí austenitu. V případě vyššího podílu feritických zrn ve dvoufázové feriticko-austenitické struktuře by však mělo dojít k deformaci přednostně ve feritických zrnech, která jsou měkčí a poskytují více deformačních (skluzových) systémů než austenit [7, 8, 18].

Závěry

S využitím univerzálního plastometru Gleeble 3800 byl zkoumán vliv výchozího strukturního stavu a parametrů ohřevu na tvařitelnost středně uhlíkové oceli v širokém rozsahu deformačních teplot.

S klesajícími teplotami deformace docházelo k nárůstu pevnostních vlastností zkoumané oceli v obou výchozích strukturních stavech – předem protvářeném i litém stavu. Výchozí hrubozrnná litá struktura vykazovala, ve srovnání s jemnější výchozí protvářenou strukturou, menší pevnostní vlastnosti v celém rozsahu aplikovaných teplot a rychlostí deformací.

Výchozí strukturní stav spolu se zvoleným režimem ohřevu zkoumané oceli ovlivnil plastické vlastnosti zkoumané oceli. Výchozí hrubozrnná lící struktura negativně ovlivnila její tvařitelnost jen při nejvyšších teplotách deformace. Při nižších teplotách deformace však litý stav vykazoval takřka vždy mírně vyšší tažnost. Kromě toho ve dvoufázové feriticko-austenitické oblasti vykazovaly vzorky z protvářeného výchozího stavu zvýšenou tažnost za tepla, což bylo zřejmě způsobeno deformací probíhající přednostně ve feritické fázi. Teploty deformace nad 1300 °C vedly pravděpodobně vlivem přehřátí a spálení zkoumané oceli k výraznému poklesu tvařitelnosti.

Poděkování

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

Literatura

- [1] ŽÍDEK, M. *Metalurgická tvařitelnost ocelí za tepla a za studena*, 1. vyd. Praha: Aleko, 1995, 348 s.
- [2] CHEN, B.-H., YU, H. Hot Ductility Behavior of V-N and V-Nb Microalloyed Steels. *International Journal of Minerals Metallurgy and Materials*, 19 (2012) 6, 525–529.
- [3] KAWULOK, P., et al. Mapa tvařitelnosti nadeutektoidní C-Mn-Cr-V oceli za tepla. *Hutnické listy*, 66 (2013) 4, 18–21.
- [4] BOŘUTA, J., et al. Plastometrický výzkum deformačního chování řízeně tvářených materiálů. *Hutnické listy*, 61 (2008) 1, 80–87.
- [5] SCHINDLER, I., et al. Deformační chování pružinové oceli 51CrV4 za tepla. *Kovárenství*, 57 (2016), 50–55.
- [6] SUN, Y.-H., ZENG, Y.-N., CAI, K.-K. Hot Ductility of Ti-V Bearing Microalloyed Steel in Continuous Casting. *Journal of iron and steel research, International*, 21 (2014) 4, 451–458.
- [7] LEE, CH.-H., et al. Hot Ductility of Medium Carbon Steel with Vanadium. *Materials Science & Engineering A*, 651 (2016), 192–197.
- [8] VEDANI, M., et al. Hot Ductility of Microalloyed Steels. *La Metallurgia Italiana*, 100 (2008) 5, 19–24.
- [9] DRASTÍK, F., ELFMARK, J. *Plastometry a tvařitelnost kovů*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1977, 386 s.
- [10] ČSN EN 10083-2. *Oceli k zušlechťování – Část 2: Technické dodací podmínky pro nelegované oceli*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [11] ČSN EN ISO 643. *Ocel - Mikrografické stanovení velikosti zrn*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [12] SCHINDLER, I., et al. Plastické vlastnosti martenzitické žárovečné oceli P92 za tepla. *Hutnické listy*, 67 (2014) 2, 13–17.
- [13] WANG, Z., et al. Effect of Grain Size on Dynamic Recrystallization and Hot-ductility Behaviors in High-nitrogen CrMn Austenitic Stainless Steel. *Metallurgical and Materials Transaction A*, 45 (2014) 8, 3631–3639.
- [14] LI, J., et al. Hot Embrittlement and Effect of Grain Size on Hot Ductility of Martensitic Heat-resistant Steels. *Materials Science & Engineering A*, 677 (2016), 274–280.
- [15] WANG, X. L., YU, Y. N., WANG, E. The Effects of Grain Size on Ductility of AZ31 Magnesium Alloy. *Materials Science Forum*, 488–489 (2005), 535–538.
- [16] FARRAR, R. A., et al. The Effect of Prior Austenite Grain Size on the Transformation Behaviour of C-Mn-Ni Weld Metal. *Journal of Materials Science*, 28 (1993) 5, 1385–1390.
- [17] MEJÍA, I., et al. Hot Ductility Behavior of a Low Carbon Advanced High Strength Steel (AHSS) Microalloyed with Boron. *Materials Science & Engineering A*, 528 (2011), 4468–4474.
- [18] CHO, K.-C., et al. Effect of Niobium and Titanium Addition on the Hot Ductility of Boron Containing Steel. *Materials Science & Engineering A*, 528 (2011) 10–11, 3556–3561.

Zprávy z Ocelářské unie a.s.

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2017 a 2018

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	červenec	srpen	leden-srpen	červenec		srpen		leden- srpen	
	2018	2018	2018	2017	2018/17	2017	2017/18	2017	2017/18
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
KOKS									
ČR	152,34	159,04	1070,40	151,40	100,62	160,05	99,37	1081,03	99,02
AGLOMERÁT									
ČR	433,38	473,15	3465,41	472,20	91,78	504,81	93,73	3276,68	105,76
SUROVÉ ŽELEZO									
ČR	337,84	351,71	2421,27	306,67	110,17	338,15	104,01	2257,62	107,25
SUROVÁ OCEL									
ČR	432,72	443,50	2949,85	382,11	113,25	411,74	107,71	2849,83	103,51
KONTISLITKY									
ČR	404,03	413,02	2759,36	352,11	114,74	383,32	107,75	2629,31	104,95
BLOKOVNY									
ČR	51,54	57,38	359,14	58,69	87,81	59,18	96,97	396,84	90,50
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
ČR	433,31	405,68	3051,67	375,94	115,26	410,95	98,72	2898,94	105,27
TRUBKY									
ČR	37,88	32,79	272,36	44,01	86,07	33,58	97,64	261,20	104,27
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
ČR	20,96	20,66	139,45	19,64	106,73	19,32	106,94	141,22	98,75
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
ČR	1,43	0,91	8,59	1,40	102,22	1,02	89,16	9,41	91,26

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

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

Meziroční porovnání měsíčních a postupných hutních výrob roku 2017 a 2018

	Výroba *)			Výroba	Index	Výroba	Index	Výroba	Index
	srpen	září	leden- září	srpen		září		leden- září	
	2018	2018	2018	2017	2018/17	2017	2017/18	2017	2017/18
	(tis. t)			(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)	(tis. t)	(%)
KOKS									
ČR	156,78	150,09	1377,26	156,30	100,31	153,26	97,93	1390,59	99,04
AGLOMERÁT									
ČR	476,32	414,46	4356,19	484,49	98,31	320,38	129,36	4081,55	106,73
SUROVÉ ŽELEZO									
ČR	349,35	296,70	3067,32	299,53	116,63	201,37	147,34	2758,51	111,19
SUROVÁ OCEL									
ČR	443,88	374,16	3767,89	363,43	122,13	235,01	159,21	3448,28	109,27
KONTISLITKY									
ČR	417,30	345,43	3522,08	345,91	120,64	213,69	161,65	3188,91	110,45
BLOKOVNY									
ČR	55,83	50,63	465,60	0,00	0,00	0,00	0,00	396,84	117,33
VÁLCOVANÝ MATERIÁL									
ČR	426,31	440,04	3918,01	353,45	120,61	309,99	141,95	3562,38	109,98
TRUBKY									
ČR	33,04	38,39	343,79	38,95	84,82	40,13	95,66	340,29	101,03
TAŽENÁ, LOUPANÁ, BROUŠENÁ OCEL									
ČR	15,97	10,90	166,33	16,92	94,39	15,27	71,38	173,41	95,91
STUDENÁ PÁSKA KLASICKÁ									
ČR	1,13	1,42	11,13	1,22	92,67	1,30	108,83	11,93	93,32

POZNÁMKA: *) Za poslední měsíc jsou údaje předběžné.

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

Ze života škol

Ostravské Noci vědců se zúčastnilo osm tisíc návštěvníků

V pátek 5. října 2018 se v rámci akce Noc vědců otevřely na dvaceti místech v Ostravě na jeden večer brány vědeckých institucí a univerzit, mimo jiné na VŠB – Technické univerzitě Ostrava. Na osm tisíc návštěvníků všech věkových kategorií tak mělo díky této vědecko-popularizační akci možnost poznat zábavnou formou vědu, hrát si s ní, pochopit mnohé jevy a vyzkoušet si různé vědecké pokusy. A hlavně poznat blíže samotné vědce, jejich práci a zejména její důležitost pro naši společnost. V České republice se Noc vědců koná již od roku 2005, od té doby se akce rozšiřuje do dalších měst. V Ostravě se první ročník uskutečnil v roce 2013 a od té doby získává na popularitě u všech věkových kategorií – baví totiž jak ty nejmenší, tak i dospělí. Letošní ročník byl významný i tím, že celonárodním koordinátorem Noci vědců se stal ostravský tým. Díky spolupráci dvou ostravských univerzit (Ostravská univerzita i VŠB – Technická univerzita Ostrava) byla stanoviště Ostravské noci vědců ve všech městských částech a nabídla až neuvěřitelně rozmanitá témata (od kouzel techniky až po přírodní zázraky). Letos se také připojil Svět techniky a Moravskoslezská vědecká knihovna Ostrava.

Do akce se zapojili i akademičtí pracovníci kateder Fakulty materiálů-technologické, a to Katedry metalurgie a slévárenství, Katedry tváření materiálu, Katedry tepelné techniky a Katedry neželezných kovů, rafinace a recyklace. V prostorách Dolní oblasti Vítkovice seznámili zábavnou formou takřka 500 návštěvníků s výrobou surového železa a oceli, tváření materiálů a recyklace. Zvědaví účastníci si tak měli možnost např. vyrobit svou peletku (železná ruda zpracována do formy kuličky), zasoutěžit si ve znalostním kvízu „Královna ocel a její ČESKO-SLOVENSKÁ historie“ o možnost vyrazit si svou vlastní minci, shlédnout výrobu surového železa v historické tavící peci či si z kovového odpadu vyrobit dekorativní předměty. Akce tak dozajista přispěla k zvýšení povědomí odborné i laické veřejnosti o výrobě a zpracování kovů a jejich nenahraditelnosti v lidské společnosti.

- red -



Foto: doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.

Študuj na fakulte budúcnosti

Staňte sa potrebnými pre trh práce a pracujte u prestížnych zamestnávateľov na Slovensku i vo svete. **V oblasti informačných technológií, robotiky či medicínskej techniky je už dnes extrémny nedostatok špecialistov na výrobu a vývoj nových materiálov. Takýchto odborníkov vychováva práve Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie (FMMR) Technickej univerzity v Košiciach.** Ak sa študenti rozhodnú pre FMMR, môžu byť úspešní ešte predtým, ako sa zamestnajú.

Prečo študovať na FMMR prezradili aj viacerí absolventi. Alexander Novota, generálny riaditeľ, Intocast, a. s. vraví, že po ukončení štúdia metalurgie sa absolvent dokáže uplatniť nielen v danom odbore, ale aj v automobilovom priemysle, v strojárstve, tepelnej energetike, alebo plynárstve. Výskumník U. S. Steel Košice, Matúš Horváth zas povedal, že materiály tu budú stále a vždy budú potrebné aj ľudia, ktorí sa ich vývoju a spracovaniu budú venovať. Jeho slová „Všetko, čoho sa vieme reálne dotknúť, je vyrobené z nejakého materiálu. Či je to oceľ, neželezné kovy, kompozitné, alebo iné inteligentné materiály“ odrážajú súčasné požiadavky z priemyselnej praxe.

Jedna z najlepších: Až 95 % absolventov nájde uplatnenie v praxi, pričom ich nástupný plat dosahuje v priemere 1000 eur. Štúdium na FMMR vám môže pomôcť otvoriť dvere aj u ďalších prestížnych zamestnávateľov na Slovensku i vo svete. Fakulta úzko spolupracuje s firmami, ako je U. S. Steel Košice, Železiarne Podbrezová, SAPA, Spinea, Sivalco, Handtman či Eurocast a mnohé iné. Úspešnosť študentov dokladuje aj fakt, že FMMR sa podľa hodnotenia Akademickej rankingovej a ratingovej agentúry (ARRA) dlhodobo umiestňuje v prvej päťke rebríčka spomedzi 24 technických fakúlt na Slovensku. Na FMMR sa študenti môžu zapojiť do výskumu a môžu absolvovať platené stáže v priemyselných podnikoch, čo im zároveň otvára perspektívu dobrého zamestnania. Môžu využívať aj podnikové štipendiá, majú príležitosť študovať v angličtine, ale tiež absolvovať výmenné pobyty na zahraničných univerzitách v Českej republike, Poľsku, Nemecku, Fínsku, Japonsku, Kanade, Nórsku i Veľkej Británii.

Mladí ľudia, ktorí hľadajú perspektívne odbory na FMMR navyše nemusia absolvovať žiadne prijímacie testy. Medzi najžiadanejšie študijné odbory patria napríklad Riadenie a modelovanie metalurgických procesov, Chemické procesy vo výrobe materiálov, Konštrukčné materiály v automobilovom priemysle, Tepelná technika a plynárstvo, alebo tiež Integrované systémy riadenia či Spracovanie a recyklácia odpadov. Viac informácií nájdete na stránkach www.fmmr.sk.



**PRIDAJ SA K NÁM
A ŠTUDUJ PERSPEKTÍVNE
ODBORY!**

 TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA MATERIÁLOV, METALURGIE A RECYKLÁCIE

Historie hutnictví

Rozvoj hutnictví v souvislosti s vývojem železnic

Část 1 – Vývoj kolejnic

Ing. Ladislav Jílek, CSc.

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

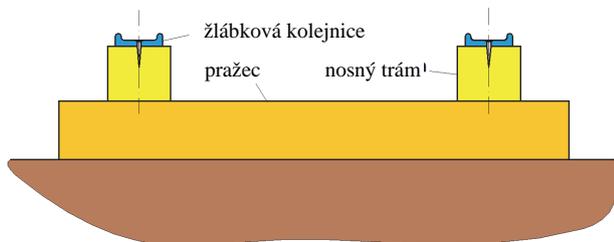
Již slovo *železnice* ukazuje na souvislost s železem. Skutečně, rozvoj kolejové dopravy šel ruku v ruce s rozvojem zpracování kovů.

Kolejová doprava se začala uplatňovat již od 16. století v rudných dolech v Německu a v Anglii při přepravě vytěžených hornin. V těsných důlních chodbách se používaly malé vozíky a vozači museli se značnou námahou tlačít vozíky s malými koly po nerovném terénu. Námahu si ulehčovali tím, že na zem kladli prkna a fošny, po kterých jezdily vozíky snadněji. Jako výhodné řešení se ukázalo položit na zem trámy a z boku na ně přibít prkénka, vozík pak nemohl z trámy spadnout. Od toho byl už jen krok k použití kovových kolejnic, což vedlo ke značnému snížení tření a ke zvýšení výkonu vozačů. Tyto kolejnice taky měly vyšší životnost.

Později se začaly kolejové dráhy uplatňovat i na povrchu. Vozy táhly koně, a proto se jim říkalo koňské dráhy. Sloužily k dopravě osob i materiálu.

1. Litinové kolejnice

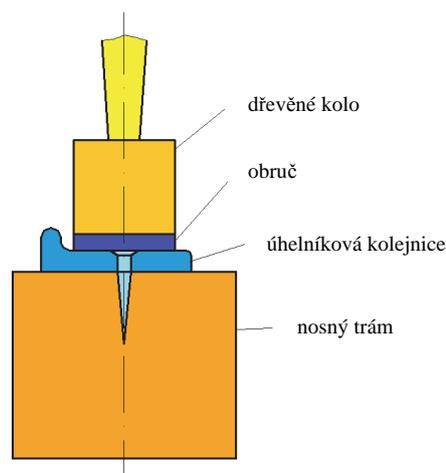
Prvé kolejnice měly tvar širokého žlábků, jak je vidět na obr. 1. Na zem se položily příčné pražce, na ně podélné trámy a na tyto trámy se položily kolejnice s příčným profilem širokého žlábků. Nejstarší kolejnice byly vyráběny z litiny. S jejich používáním se začalo již v 18. století v anglických dolech [1].



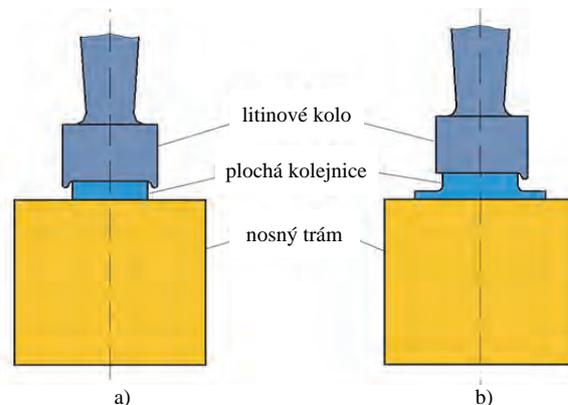
Obr. 1 Prvé koleje

Občas se stalo, že do žlábků napadal materiál, a když pak na takové místo najel vozík, docházelo k vykolejení. Částečným řešením těchto nechtěných provozních stavů

byly kolejnice ve tvaru úhelníku podle obr. 2, které se používaly od roku 1776. Výhodnějším řešením byly ploché kolejnice, které vyžadovaly opatřit kola vozíků obručemi s okolkem nebo použít litinová kola s okolkem. Dvě provedení těchto kolejnic ukazuje obr. 3. I tyto kolejnice se většinou odlévaly. Koňská dráha z Českých Budějovic do Lince, jejíž první úsek byl uveden do provozu v roce 1827, měla prosté ploché kolejnice upevněné na podélných nosných trámech.



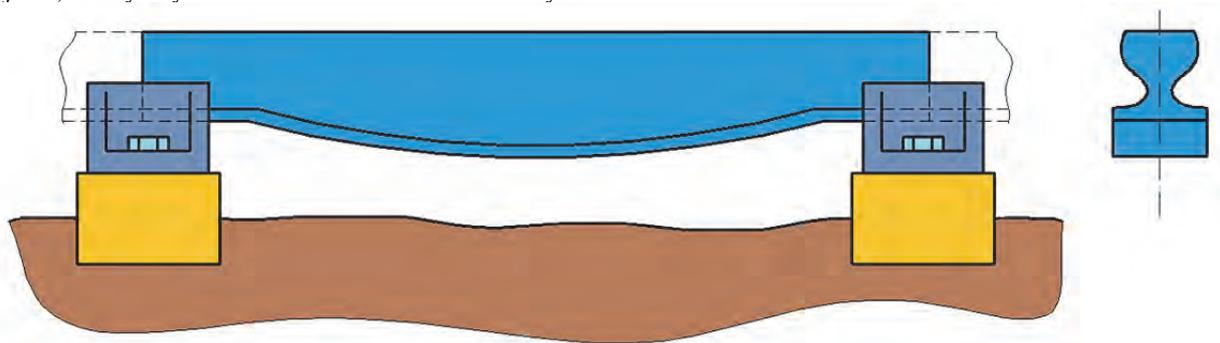
Obr. 2 Kolejnice tvaru úhelníku



Obr. 3 Dvě provedení ploché kolejnice a) prostá plochá kolejnice a žlábkové litinové kolo, b) plochá kolejnice s přírubami a litinové kolo s okolkem

I od plochých kolejnic se brzy ustoupilo, poněvadž vyžadovaly podélný podkladní trám. Hledal se tvar kolejnice, který by měl dostatečnou tuhost v ohybu

a nevyžadoval nosný trám. Prvním řešením byla kolejnice s rybím břichem podle obr. 4 [1, 2].



Obr. 4 Kolejnice s rybím břichem

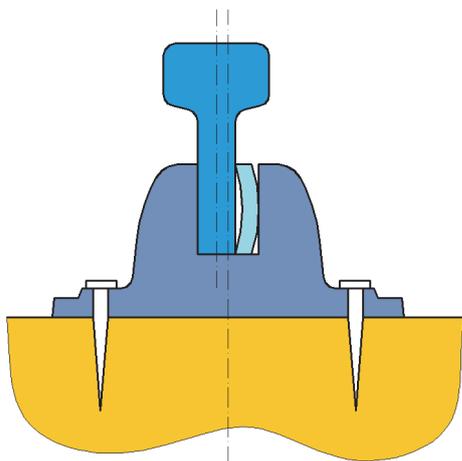
Lité kolejnice se vyráběly v délkách okolo 1 m. Krátký rozměr spolu s křehkostí byl jejich hlavní nevýhoda.

2. Válcované kolejnice

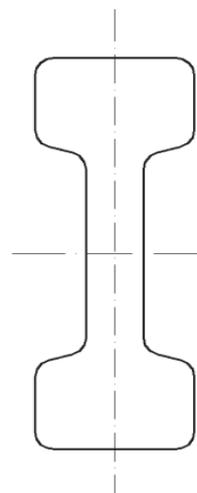
Již v 18. století se budovaly první válcovny. Byly poháněné vodním kolem a později parním strojem. Válcovaly se v nich čtyřhranné a kruhové tyče. V roce 1790 byla vybudována první válcovna pro válcování úhelníků [1]. V 19. století se začalo s válcováním ocelových kolejnic. V roce 1820 si nechal britský vynálezce a majitel železáren v Bedlingtonu u Newcastlu J. Birinshaw patentovat válcování kolejnic s rybím břichem. Navržená válcovací stolice měla excentrický hotovní kalibr, počátek a konec metrové kolejnice v něm

měl mít sníženou výšku. Brzy se však přišlo na to, že ve válcovně je možné vyrábět kolejnice větších délek, což přináší mnohé výhody. Nejdříve se začaly válcovat hřibové nebo těž stojinové kolejnice podle obr. 5, jejichž výroba je doložena k r. 1835. Bylo možné je válcovat ve větších délkách, ovšem jejich upevňování k pražcům bylo náročné. Tento typ kolejnice se používal i u nás. Jen o málo výhodnější byly dvouhlavé kolejnice podle obr. 6, které se objevily v roce 1839. Jejich válcování bylo díky souměrnému tvaru snadnější. Mohly se po opotřebení otočit, a měly tedy dvojnásobnou životnost. Jejich upevňování do podkladu však bylo stále obtížné.

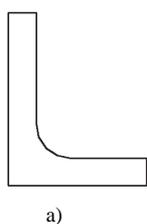
Snadné upevňování k pražcům bylo dosaženo u typů kolejnic znázorněných na obr. 7.



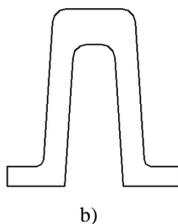
Obr. 5 Hřibová kolejnice



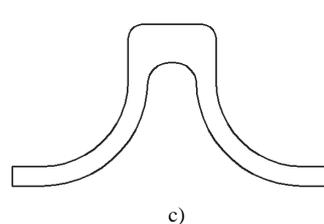
Obr. 6 Dvouhlavá kolejnice



a)



b)

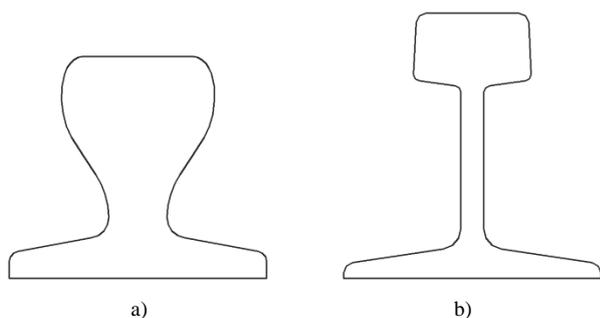


c)

Obr. 7 Profily válcovaných kolejnic, které se snadno upevňovaly a) úhelníková kolejnice, b) mostová kolejnice, c) Barlowova kolejnice

Celkem logicky se brzy zvolil tvar úhelníku, jehož válcování již bylo v té době zvládnuto. Tato kolejnice se sice snadno upevňovala, jízdní plocha však byla úzká, což byl závažný nedostatek. Záhy se tak od nich upustilo. (Za zmínku stojí, že v průběhu 2. světové války na území Sovětského svazu obsazeného Wehrmachtem působilo mnoho partyzánských oddílů. Mezi časté akce těchto partyzánů patřily sabotážní akce na železničních tratích. V mnohých oblastech se nedostávaly kolejnice, a proto se na poškozených úsecích nouzově používaly úhelníky.) V roce 1842 se objevila tzv. mostová kolejnice, která se také nazývala dutá nebo Brunelova kolejnice. Jízdní plocha byla u ní dostatečně široká a dobře se upevňovala. Problémem však bylo její válcování, přesněji nízká životnost válců. Na jednom válci musel být zhotoven výstupek (hřeben), kterým se tvarovala dutina. Jelikož výstupek byl úzký, ohříval se na vysoké teploty a to snižovalo životnost válců. Proto se v roce 1853 objevila tzv. Barlowova kolejnice, která měla výrazně větší šířku a díky tomu se výstupek na válcích neohříval na tak vysoké teploty.

Koncem 19. století se začaly objevovat hruškové kolejnice a po nich širokopatní kolejnice (obr. 8). Oba typy se rovněž snadno upevňovaly na podklad a navíc měly nižší hmotnost. Větší úsporu hmotnosti přinášela širokopatní kolejnice, která se používá dodnes. Navrhl ji v roce 1830 americký inženýr L. Stevens. První provozní válcování těchto kolejnic proběhlo však až v roce 1832 ve Velké Británii. Kalibrace a válcování tohoto profilu byly velmi obtížné, a proto se výroba širokopatních kolejnic prosazovala jen zvolna. Tvar této kolejnice je dodnes ustálený, postupně se však zvyšovala dodávaná délka. Dnes mnozí výrobci nabízejí kolejnice v délce 120 m. Jejich kvalita se zvyšuje například kalením hlav.

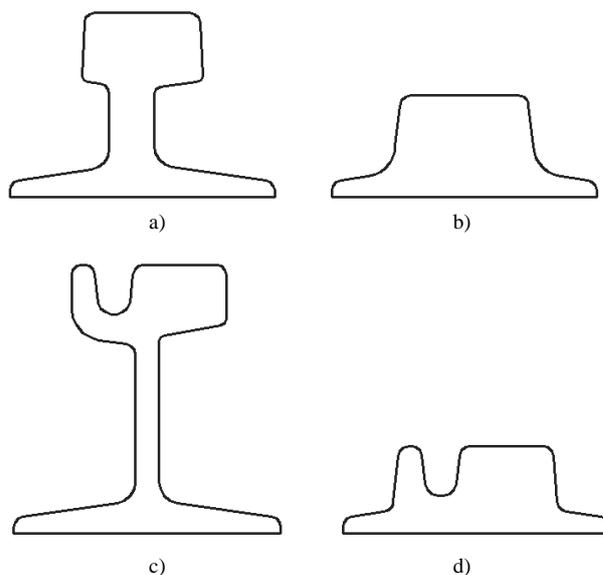


Obr. 8 Kolejnice přinášející úsporu hmotnosti a) hrušková, b) širokopatní kolejnice

3. Méně běžné typy kolejnic

Širokopatní kolejnice sice silně převažují, přesto se používají i další typy kolejnic. Znázorňuje je obr. 9 [3].

Jazykové a jim podobné srdcovkové kolejnice mají nižší stojinu. Jazyková kolejnice je pohyblivá kolejnice na výhybce. Klouže po stoličkových podkladnicích, a proto má menší výšku. Na jednom konci se výška stojiny kovářským prodlužováním zvýší, aby ji bylo možné napojit na běžnou kolejnici, na druhém konci se vytvoří špice. Srdcovkové kolejnice se ohýbají a vytváří se z nich srdcovka výhybky. Jeřábové kolejnice se pokládají na jeřábovou dráhu a nejsou zatěžovány na ohyb. Žlábkové kolejnice se používají při budování tramvajových tratí v ulicích, kde jsou zapuštěné do vozovky. Dnes se tramvajové kolejnice mohou pokládat na betonové bloky. Vznikla tak bloková kolejnice, která se velmi podobá prvním kolejnicím, které se upevňovaly na dřevěné trámy.



Obr. 9 Další dnes používané kolejnice a) jazyková kolejnice, b) jeřábová kolejnice, c) žlábková kolejnice, d) bloková kolejnice

Závěr

Vývoj tvaru a způsobu výroby kolejnic je zajímavá část naší technické historie, která pochopitelně není ukončena. Zvyšující se rychlost vlakové dopravy vyžaduje další kroky v optimalizaci příčného profilu a zvyšování jejich jakosti.

Literatura

- [1] LIETZMANN, K. D., SCHLEGELI, J., HENSELI, A. *Metallformung, Geschichte – Kunst – Technik*. Lipsko: VEB Deutsche Verlag für Grundstoffindustrie, 1987.
- [2] Wikipedie, kolejnice.
- [3] Třínecké železářny, a.s. Firemní literatura.

Společenská kronika

Ing. Milan Hajduk, CSc. se dožil 90 let

Začátkem července tohoto roku se zasvěcená část hutnické komunity dozvěděla radostnou zprávou: Ing. Milan Hajduk, CSc. ve zdraví dosáhl 90 let.

Ing. Milan Hajduk, CSc. se narodil 7. července 1928 v Ostravě-Vítkovicích. Patří k tzv. válečné generaci, která měla v době německé okupace zamezené možnosti dalšího studia. Již v mladistvém věku, tedy po povinné školní docházce, pracoval jako pomocný dělník ve Vítkovických železárnách (1942 – 1945). Po osvobození republiky vychodil vítkovickou Vyšší průmyslovou školu (1949). K vysokoškolskému studiu si zvolil Strojní fakultu VUT v Brně, kam nastoupil v roce 1949. Jeho studijní směr se v průběhu studia, a to v jeho 3. ročníku, změnil na Vojenskou technickou akademii. Tam Ing. Hajduk studoval na Letecké fakultě, kde studium ukončil v roce 1954. Do praxe nastoupil ve Výzkumném ústavu valivých ložisek v Brně. V roce 1959 přešel do Výzkumných ústavů ve Vítkovických železárnách, do oddělení Výzkum a vývoj měřicí a řídicí techniky, které bylo v době reorganizace výzkumu zařazeno do Strojního výzkumu Vítkovických železáren. Dosavadní praxe vedla Ing. Hajduka ke snaze o zdokonalování identifikace technologických procesů a strojních zařízení. Speciálně se zaměřoval na obor válcování a na provozní aplikace tenzometrických měření, což jej vedlo až k vypracování kandidátské disertační práce „Silové poměry v mezeře hladných válců při nestacionárních procesech válcování“, kterou obhájil na Hutnické fakultě VŠB v Ostravě v roce 1966. V polovině 60. let minulého století se Ing. Hajduk také zaměřil na krátkodobou externí výuku předmětu Teorie tváření na Hutnické fakultě VŠB v Ostravě. V 70. letech minulého století se jako lektor speciálních kapitol zúčastnil opakovaných kurzů tvařitelnosti, které pro pracovníky závodů, projekčních a výzkumných ústavů i vysokých škol pořádal Dům techniky Ostrava. Ing. Hajduk se tak zařadil do skupiny dalších lektorů – specialistů z katedry tváření na Hutnické fakultě VŠB Ostrava a Výzkumných ústavů Vítkovických železáren, kteří v té době udávali směr rozvoje oboru u nás i v zahraničí.

Počátky jeho působení ve Vítkovických železárnách, kde vedl známou měřicí skupinu, jej předurčovaly k úzké spolupráci s technologickým oddělením Výzkumných ústavů Vítkovických železáren zaměřeným na výzkum tvářecích pochodů. Jeho práce tak spojovaly hutnickou a



strojírenskou problematiku řešených výzkumných témat. Zaměřoval se na řešení témat podporujících dodávky investičních celků Vítkovických železáren, jmenovitě válcoven tlustých plechů a předválcových tratí. V nich rozpracovával výsledky četných provozních měření a výpočty energosilových parametrů, zaměřoval se na fyzikální modelování válcovacích pochodů (také s využitím krutového plastometru Setaram instalovaného ve Výzkumných ústavech Vítkovických železáren), na řízené válcování tlustých plechů a na vývoj matematických modelů pro stanovení válcovacích sil. K této své práci využíval spolupráce s ostatními spolupracovníky Strojního výzkumu Vítkovických železáren, který v 80. letech minulého století vznikl sloučením různých organizačních složek z předvýrobních etap, a především s Ing. Josefem Konvičným, s nímž tvořil nerozlučnou řešitelskou dvojici již od začátku praxe, dále s Výzkumným ústavem metalurgickým Vítkovických železáren, především s prof. Ing. Milanem Žídkem, DrSc., který byl jednou z vůdčích osobností v oboru válcování, nebo s matematikem prof. RNDr. Ing. Jindřichem Mikeskou, DrSc. z VŠB Ostrava.

Vznikla tak řada jeho speciálně zaměřených publikací z 60. nebo 70. let minulého století. Stěžejní z této řady je

publikace "Měření válcovacích tlaků na stolicích", Praha: SNTL, Hutnické aktuality, sv. 32, 87 s. nebo kolektivní publikace „Deformační odpory při válcování za tepla v hladkých a symetricky kalibrovaných válcích“, VUHŽ Dobrá, INFORMETAL, Hutnické aktuality, roč. 15, 1974, č. 10, 62 s. Tyto práce doplňují další články zveřejněné ve Sbornících vědeckých prací VŠB Ostrava, v nichž Ing. Hajduk společně s Ing. Konvičným, prof. Žídkem nebo prof. Mikeskou rozpracovává problematiku mezní plasticity, určování přirozených deformačních odporů, stavu napjatosti, stavu deformace a stavu rychlosti deformace ve válcovací mezeře, dále problematiku záběrových podmínek, rovnováhy sil ve válcovací mezeře v různých kombinacích stavu napjatosti, problematiku suchého tření mezi provalkem a válcí. Svě práce Ing. Hajduk publikoval také v časopise Hutnické listy, Hutník a Strojénství a na četných vědeckých konferencích a seminářích. Jeho články byly citovány v reprezentativní publikaci v oboru válcování za tepla: ROBERTS, W. L.: Hot Rolling of Steel, New York: Marcel Decker, 1983. Ve stejné době vznikla jeho kniha „Silové podmínky při válcování oceli za tepla“, Praha: SNTL, 1983, 263 s., kterou napsal spolu s již jmenovaným Ing. Konvičným. Kniha shrnuje nejen výsledky předešle jmenovaných publikací a dále poznatky výzkumu energosilových poměrů při válcování tlustých plechů z mikrolegovaných ocelí určených ke stavbě plynovodního potrubí, ale také podmínky pro dokonalý záběr kovu ve válcovací mezeře a pro dodržení rozměrové a tvarové přesnosti příčného profilu vývalků, kterážto kritéria byla po spuštění VTP kvarto 3,5 do provozu s jeho řídicím systémem v polovině 70. let minulého století poprvé rozpracována a pojmenována v rámci jiných prací srovnávacích výsledky automatického a ručního řízení válcování tlustých plechů.

Ing. Hajduk spolupracoval s řadou zahraničních pracovišť zaměřených na podobnou problematiku, jakou řešilo jeho oddělení ve Strojním výzkumu Vítkovických železáren. Nejvýznamnější z nich je pracoviště doc. Dr. Thio Spittela a prof. Dr. Arno Hensela v Bergakademie Freiberg, pracoviště doc. Dr. inž. Jońcy v IMŻ Gliwice nebo pracoviště profesora L. V. Andrejuka v Rusku.

Potřeba dat pro matematické modely i pro nasazení řídicích systémů vedla ke komplexním měřením válcoven. Bylo to měření technologických parametrů ve válcovně VTP kvarto 3,5 ve Vítkovických železárnách v roce 1971 po uvedení této tratě do provozu a opakovaně v roce 1973, v němž měřicí skupina pod vedením Ing. Antonína Fialy, dalšího blízkého spolupracovníka Ing. Hajduka, získala cenná data jako podklad pro nasazení řídicího systému na této trati. K těmto pracím se řadí komplexní měření technologických parametrů na širokopásové trati TŠP 1700 v Košicích z konce 80. let minulého století, kde byla získána cenná data z provozu technologického zařízení pro dodávku TŠP 2500, kterou mělo Československo dodat do Nikopolu, SSSR a kde Vítkovické železářny měly svou subdodávku celého přípravného pořadí. Na všech těchto pracích participoval

Ing. Hajduk za Strojní výzkum jako koordinátor a hlavní zpracovatel naměřených dat. Jeho práce využívali vítkovičtí projektanti a konstruktéři i při stavbě VTP kvarto 3,6 v závodě Azovstal v ukrajinském Mariupolu a VTP kvarto 3,1 v závodě Iljič ve stejném městě.

Politické, ekonomické a společenské uvolnění ve společnosti po listopadu r. 1989 znamenaly pro Ing. Hajduka i jeho další spolupracovníky odstranění překážek v odborném a společenském uplatnění, které trvaly od roku 1969. Ve stejné době však začal ve Vítkovických železárnách pozvolný, plíživý rozpad pracovišť předvýrobních etap, výzkumná pracoviště v to počítaje. Dnes již pracoviště, která se tak úspěšně podílela na podpoře investičních dodávek, strojního výzkumu a řešení některých metalurgických témat ve Vítkovických železárnách neexistují. Tu se s odstupem času ukazuje, jak prozíravý krok učinil Ing. Hajduk se svými nejbližšími spolupracovníky z bývalého Strojního výzkumu nebo i se spolupracovníky z vysokoškolské sféry, když přešel do soukromého sektoru a v roce 1990 založil vývojovou firmu ITS spol. s r.o., která se zaměřovala na inženýrsko-technický servis, a to především ve válcovnách. Ta se v dalším roce svého působení přeměnila na ITA spol. s r.o., která začala působit v inženýrsko-technických aplikacích v návaznosti na dřívější reference této tvůrčí skupiny a dnes s novými pracovníky rozšířila svou činnost do oblasti numerické simulace, programového řešení řízení technologií, a to nejen v oboru válcoven, ale také v návazných oborech materiálového inženýrství. Až v roce 2008 odešel Ing. Hajduk po obrovském množství vykonané práce do důchodu. Výsledky této inovační firmy za dosavadních 27 let její existence jsou velkou satisfakcí pro zakladatele, kteří v rozhodující době podstoupili značné riziko nejistoty v úspěchu nového podnikání. Jejich renomé v odborných kruzích a styky s vývojovými pracovišti i s výrobními firmami však spolu s poctivostí ve výzkumné a rozvojové práci znamenaly značný přínos pro úspěch v pokračování v dosavadní práci i mimo mateřský podnik.

Drahý Milane, jistě se autoři této připomínky Tvé osobnosti budou shodovat s míněním ostatních členů valčířské komunity, když Ti vysloví díky za Tvou vykonanou práci v oboru válcování a za Tvůj kamarádský přístup ke svým spolupracovníkům bez ohledu na věk nebo pracovní zařazení, čímž jsi dovedl vždy vytvořit nejlepší přátelské klima v pracovním týmu. Do dalších let Ti přeji mnoho zdraví a spokojenosti

Ing. Jiří Varta, CSc.

Ing. Ladislav Zela, CSc.

Ing. Jan Počta, CSc.

Hutnictví ve světě

Vítr pro VP č. 6

Třinecký hutník 22. – 28.8.2018, č. 33, roč. 70, 22.8.2018, str. 4.

Třinecké železářny (TŽ) podepsaly 14. 8. 2018 s ruskou firmou z Jekatěrinburgu smlouvy na postupnou výstavbu 2 ohřívačů větru typu Kalugin. Jeden ohřívač větru tohoto typu byl v TŽ zprovozněn už na podzim 2017. Po generální opravě, která je plánována v roce 2021, tak bude mít vysoká pec č. 6 celkem tři ohřívače větru typu Kalugin.

V těchto ohřívačích větru je realizována patentovaná technologie Dr. Kalugina z ruského Jekatěrinburgu. Ve srovnání s dosavadními konstrukcemi jsou Kaluginovy ohřívače nižší, dosahují teplotu větru na výstupu až 1250 °C a mají sníženou spotřebu tepelné energie. Výsledkem jsou úspory energie pro ohřev dmýchaného vzduchu.

Česká republika je první zemí EU, ve které budou ohřívače větru typu Kalugin postaveny.

Výsledky hospodaření společnosti VÍTKOVICE STEEL

*Tiskové zprávy z 18.5.2017 a 22.5.2018
www.vitkovicesteel.com*

V květnu 2017 oznámila společnost VÍTKOVICE STEEL, a.s., že se po necelých 20 měsících od uzavření ocelárny v září 2015 vrátila ke kladnému výsledku hospodaření a je stabilizovaná. Ke stabilizaci zásadním způsobem napomohlo navýšení vlastního kapitálu společnosti v roce 2016 o 5,3 mld. Kč.

Uzavřením ztrátového provozu ocelárny došlo k zásadní změně, protože výroba produktů společnosti – tlustých plechů, výpalků a štětovic - se stala závislou na dovozu bram od externích dodavatelů. Přes dlouhodobě napjatou situaci na trhu se projevují pozitivní trendy. Například v prvním čtvrtletí 2017 byl meziroční nárůst prodeje 37 %. Společnost má strategický cíl do roku 2020 vrátit objem výroby plechů na hodnoty předkrizového období a navýšit výrobu a prodej štětovic z 136 000 t. v roce 2016 na 200 000 t. Do roku 2020 jsou plánovány zásadní

investice do výroby v celkovém objemu vyšším než 1,1 mld. Kč. V letech 2015 až 2016 bylo proinvestováno cca 320 mil. Kč. Společnost má 941 kmenových a 50 agenturních zaměstnanců.

Na tiskové konferenci 22. 5. 2018 byly oznámeny výsledky hospodaření společnosti VÍTKOVICE STEEL, a.s. za rok 2017. Společnost od roku 2016 včetně vykazuje pozitivní výsledek před odpisy, EBITDA za rok 2017 činila 421 mil. Kč, čistý zisk 191 mil. Kč. Objem prodeje v celém sortimentu produktů stoupá. U plechů a výpalků činil 401 tis. tun za rok, u štětovic se objem zvýšil na 146 tis. tun.

V letech 2018 až 2020 se předpokládají celkové investice do výroby v hodnotě 710 mil. Kč.

Společnost zdůrazňuje, že v uplynulém roce pokračovala v investicích do ekologie a při navyšování výroby důsledně respektuje životní prostředí. Jako příklad uvádí investici ve výši 47 mil. Kč do modernizace těžké profi-lové trati, kterou bylo dosaženo snížení spotřeby zemního plynu o 17 % a snížení objemu emisí CO₂ a také NO_x o 42 %.

Společnost díky nadačnímu fondu nadále podporuje Moravskoslezský region.

Projekt nové pánvové pece v elektroocelárně Třineckých železáren

Třinecký hutník 22. – 28.8.2018, č. 33, roč.70, 22.8.2018, str.5.

Projekt výstavby nové pánvové pece v elektroocelárně Třineckých železáren má za sebou první kontrolní den.

Bylo na něm konstatováno, že realizace projektu má sloužit k uspokojení rostoucích požadavků zákazníků na kvalitu složení třinecké elektrooceli, a tím k udržení její konkurenceschopnosti na trhu.

Nová pánvová pec v elektroocelárně TŽ bude dodávat kvalitnější mikrolegovanou ocel, jejím cílem není zvyšování výroby. Při tavbě 11 t. a 700 tavných za rok tak bude dodávat ročně asi 7500 t. špičkových ocelí.

Začátek stavebních prací na projektu je plánován na listopad 2018, garanční zkoušky nového zařízení mají proběhnout koncem roku 2019.

Modernizace válcovny speciálních profilů VÚHŽ Dobrá a.s.

www.vuhz.cz, www.konstrukce.cz 14.9.2018

Společnost VÚHŽ Dobrá, která je od roku 2007 100% dceřinou společností Třineckých železáren, právě dokončuje modernizaci válcovny speciálních profilů. Od letošního ledna postupně zprovozuje jednotlivé technologické uzly a přebírá je do zkušebního provozu. Ještě před spuštěním se na investici za 83 mil. Kč přijeli 14. 9. 2018 podívat obchodní partneři firmy, kteří přijali pozvání na oslavu 70. výročí firmy (1948 – 2018).

Investice navýší kapacitu válcovny o 50 %, zhruba na 12 000 tun a rozšíří portfolio jejích výrobků. Společnost VÚHŽ Dobrá bude moci na trh dodávat větší a tvarově složitější profily pro automobilový, strojírenský i stavební průmysl. V současnosti se speciální válcované profily dodávají z velké části zákazníkům z automobilového průmyslu. Jedná se zejména o profily pro výrobu dveřních závěsů. Velká část nové produkce však bude směřovat také do strojírenského a stavebního průmyslu. Modernizace válcovny speciálních profilů je reakcí na zvýšené technické požadavky zákazníků a rostoucí poptávku po jejich produktech.

Investice má tři významné technologické celky – novou posuvnou hotovni válcovací stolici včetně valníků, zařízení pro rychlou výměnu válců a zařízení pro dělení válcovaných profilů na obchodní délky. Manipulátory ke stávající válcovací stolici zvyšují bezpečnost práce a zlepšují pracovní podmínky zaměstnanců. Významné snížení dopadů na životní prostředí zajišťuje modernizované válcovně vybavení recirkulací průmyslových vod a separací okujů.

Společnost VÚHŽ se vedle výroby speciálních profilů zaměřuje také na automatizaci ocelářských procesů, výrobu odstředivě litých odlitků a malosériových zařízení pro slévárenské a ocelárenské provozy, obrábění kovů a povlakování. Má také vlastní akreditované laboratoře a zkušebny. Společnost dnes vyvází více než 60 % své produkce a výrobky směřují například do Rakouska, Německa, Itálie, Belgie, Slovenska, Indie, Číny nebo USA.

VÍTKOVICE STEEL modernizují

Tisková zpráva z 3.10.2017 www.vitkovicesteel.com

Společnost VÍTKOVICE STEEL, a.s. je jediným výrobcem tzv. štetovnic v České republice a jedním ze dvou výrobců v Evropské unii. Štetovnice se používají především při zakládání staveb a zpevňování břehů vodních cest. Tradice výroby ocelových profilů se ve společnosti traduje od roku 1913.

Aby společnost posílila svou pozici na trhu štetovnic, provedla modernizaci válcovací tratě určené k jejich výrobě, tzv. těžké profilové tratě. Investice bude mít vliv na zvýšení kapacity výroby, rozšíření produktového portfolia, snížení spotřeby zemního plynu a snížení množství emisí NOx. Cílem investice je zvýšení kapacity výroby štetovnic na minimálně 20 kt/měsíc a vytvoření podmínek pro rozšíření produktového portfolia o širší a robustnější štetovnice.

Obsahem modernizace válcovací tratě byla instalace nové rovnačky profilů a modernizace otopného systému pece. Modernizace provozu těžké profilové trati společnosti má vliv i na snížení spotřeby zemního plynu z 1,8 GJ/t na 1,5 GJ/t (17 %) a snížením množství emisí NO_x z požadovaných 300 mg/m³, daných integrovaným povolením, na 200 mg/m³ má pozitivní dopad i na životní prostředí.

Realizace investice byla možná díky stabilizaci společnosti a pozitivnímu vývoji jejího hospodaření. Výše investice je necelých 315 mil. Kč za použití financování dodavatelským úvěrem bez použití dotací. Dodavateli klíčových technologií byly specializované firmy z Německa.

Modernizace tratě pro válcování štetovnic, tzv. Těžké profilové tratě, byla realizována během srpna až září 2017 a v současnosti je již v plném provozu.

ArcelorMittal Ostrava začne díky investici za 40 milionů korun vyrábět nový výrobek pro stavebnictví – žebírkovou ocel zpevňovanou na protahovací lince

*Firemní měsíčník AMO – září 2018, str. 5,
www.arcelormittal.com/ostrava tisková zpráva z 1.10.2018,
www.konstrukce.cz 2.10.2018*

Na jubilejním 60. Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně představil ArcelorMittal Ostrava svůj nový výrobek s vyšší přidanou hodnotou pro stavebnictví. Firma pro tento výrobek získala certifikát od Technické univerzity v Mnichově, který umožní výrobu pro lukrativní německý trh.

Jedná se o žebírkovou ocel ve svitcích pro výztuž do betonu, zpevňovanou na protahovací lince. Žebírkový drát se vyválcuje za tepla z nízkouhlíkové mikrolegované oceli na kontidrátové válcovně. Chemické složení oceli zajišťuje výbornou svařitelnost, design žebírek zajišťuje odolnost drátu vůči únavě a dostatečnou soudržnost s betonem. Požadované mechanické vlastnosti drátu se dosahují následným zpevněním za studena na protahovací lince. Hlavní výhodou tohoto postupu je možnost řídit mechanické vlastnosti výsledného produktu a přesným nastavením deformace za studena dosáhnout nejlepší možné kombinace pevnosti a tažnosti oceli. Na závěr se

žebírková ocel přemotává do svitků o hmotnosti od 1,5 až do 5 tun podle požadavku zákazníka.

Certifikát platí pro výrobu žebírkové oceli o průměru 8, 10 a 12 mm.

Investice za 40 mil. korun zlepší konkurence-schopnost hutí na trhu s betonářskou ocelí a zvýší podíl výrobků s vyšší přidanou hodnotou. Protahovací linka Koch byla před rokem a půl získána z lucemburského závodu Schifflange a umístěna v hale po bývalé válcovně pásů P250. Investice zahrnovala také celkovou rekonstrukci výrobní haly a stavbu nové příjezdové cesty na konci linky. Zavedení nového výrobku řešil tým z výzkumu a vývoje v ArcelorMittal Ostrava. Navrhnul vhodné chemické složení oceli, optimální tvar žebra a byly zajištěny vhodné podmínky chlazení oceli po válcování tak, aby byly splněny přísné certifikační podmínky.

Linka bude moci vyrobit ročně až 100 tisíc tun žebírkové oceli ve svitcích. Je plně automatizovaná, obsluha zajišťuje jen její plnění materiálem na vstupu a odvážení již hotových svitků. Linku obsluhuje šestičlenná osádka.

Snížení nároků na údržbu a opravy při výrobě trubek / Reduced future effort for maintenance and repair in tube production

News from the trade fair wire, Düsseldorf, September 2018

Železiarne Podbrezová podepsaly se skupinou SMS group kontrakt na upgrade jejich protlačovny trub v Podbrezové na Slovensku. Na této protlačovně vyrábějí Železiarne Podbrezová bezešvé trubky o průměru od 0,5 do 5,5“.

V rámci modernizace budou některá existující zařízení nahrazena novými modernějšími, která mají menší počet součástí a ve srovnání s původními jsou robustnější konstrukce. Modernizace se týká také 14ti nových stojanů pro tahovou redukovnu.

V důsledku toho budou síly a momenty vznikající při provozu dokonale absorbovány zařízením, čímž dojde k významnému poklesu nároků na údržbu a opravy. Nové stojany tahové redukovny budou konstruovány pro použití tvrdokovových válců, které mohou absorbovat zvýšené válcovací síly.

Podle technického ředitele Železiarne Podbrezová se na základě dobrých zkušeností s SMS group v minulosti znovu rozhodli, že modernizaci bude provádět SMS.

Největší hutnická akvizice přerůstající hranice Ostravska a České republiky

Novým vlastníkem kunčické hutě ArcelorMittal Ostrava by se měla stát britská společnost Liberty House. Podmínkou pro uzavření transakce je schválení kupce

evropskou komisí a projednání s místními odborovými organizacemi a Evropskou odborovou radou ArcelorMittal. Skupina ArcelorMittal v tiskové zprávě ze dne 12. 10. 2018 informovala, že obdržela od skupiny Liberty House závaznou nabídku na akvizici podniku ArcelorMittal Ostrava, ArcelorMittal Galati, ArcelorMittal Skopje a ArcelorMittal Pimbino. Tyto čtyři podniky jsou součástí kompenzační odsouhlasených mezi společnostmi ArcelorMittal a Evropskou komisí v průběhu řízení souvisejícího s akvizicí italské hutě Ilva.

Britská komoditní společnost Liberty House je součástí globální skupiny GFC Alliance Sanjeeva Gupty. Ve zmíněných čtyřech evropských hutních závodech, na které byla nabídka podána, pracuje dohromady 12,5 tisíce zaměstnanců. Touto operací se tato společnost stane jedním z hlavních hráčů ocelářského průmyslu na evropském kontinentu a upevní svou globální pozici v tomto odvětví.

Evropská komise zhruba v polovině listopadu rozhodne, zda obchodní transakci schválí. V tomto čase chtějí odboráři z Kunčic zjistit krátkodobé i dlouhodobé záměry Liberty House s ostravskou hutí, a to především v investicích, zaměstnanosti a kolektivní smlouvě.

Jon Bolton, výkonný ředitel společnosti Liberty House, již jednal se zástupci vlády, vedením hutě i odbory. Sdělil, že odkup kunčické hutě je pro jeho společnost výhodný. Shledává, že jsou zde dobré podmínky podnikání, blízko jsou podle něj suroviny a zejména v hutí pracují kvalifikovaní zaměstnanci a je zde i silný místní trh.

Liberty House hodlá zvýšit výrobu ze stávajících 2,2 mil. t/r na 2,4 mil. t/r. Chce zvýšit konkurenční schopnost hutě a nechat jej vyvíjet se jako nezávislý podnik. Společnost Liberty House udělala v podniku důkladnou prověrku a zjistila, že je podnik v dobré kondici. Pohlíží na hut' jako na podnik s dobrým environmentálním zázemím zásluhou minulých masivních investic do prostředků pro ochranu životního prostředí. Stávající vedení hutě bude pokračovat i poté, co podnik přejde do nového vlastnictví. Také chce modernizovat technologie, což je pro Jona Boltona zvlášť zajímavé, neboť on sám se v Liberty House zabývá ocelářstvím.

Odboráři jsou však obezřetní, na nového kupce pohlížejí kriticky. Ožehavá by mohla totiž být situace v energetice. Pokud firma TAMEH, která dnes dodává energie, zůstane ve vlastnictví starého majitele, bude i nadále ovládat kunčickou hut' ArcelorMittal, a mohla by se tak opakovat stejně problematická situace jako v Poldi Kladno. Dalším problémem jsou emisní povolenky. Ty nejsou údajně součástí prodeje, a tak s nimi asi bude i nadále obchodovat ArcelorMittal. Peníze za ně tedy půjdou do pokladny starého majitele. Další riziko odboráři spatřují ve vlastním prodeji a domnívají se, že po dobu tří let bude kunčická hut' využívat obchodníky ArcelorMittalu. Odborářům je nejasný způsob nákupu. Pokud Liberty House k tomu použije úvěr, znamená to, že kunčická hut' si tuto akviziční transakci zaplatí sama.

JP (volný výtah podle zdroje Lapisz Břetislav: Moravsko-slezský deník, 13.10.2018, s. 1, 20.10.2018, s. 2, 24.10.2018, s. 1,3)



35. ročník konference o teorii a praxi výroby a zpracování oceli

1. OZNÁMENÍ

4. - 5. dubna 2019

Wellness Hotel Energetic****

Rožnov p. Radhoštěm, Česká republika


Oceláři
Steelcon



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



Žárovzdorné materiály pro metalurgii, sklářství, cementářství, keramiku, energetiku / www.pd-refractories.cz

