

26. DTZ 2017

26th National Conference on Heat Treatment



Hotel Gustav Mahler
JIHLAVA, CZECH REPUBLIC

Proceedings of Abstracts

21 - 23 November 2017

ECOSOND

ATZK



CSNPL



ASSOCIATION

FOR THE HEAT TREATMENT OF METALS, z.s.



WHO WE ARE

The Association for Heat Treatment of Metals (ATZK) is an independent professional organization originating from a voluntary union of legal entities. ATZK was established in order to bring together professional interests in the field of heat treatment of metals and in the advancement of the level of this entire branch of technology. ATZK establishes and maintains organizational and professional contacts with foreign associations, primarily the International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering (IFHTSE) and the German company Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik (AWT). ATZK produces a quarterly bulletin with information from the branch, which keeps its members updated on its activities and events.

Ing. Filip Vráblík
ATZK President

Ing. Alexandra Musilová
ATZK Executive Secretary

WHAT WE OFFER TO OUR MEMBERS

- An preferential participation in technical ATZK seminars
- Participation in organizing professional seminars
- Training aimed at professional development in the field of heat treatment
- An attractive participation fee for professional conferences
- Advertising opportunities in the ATZK bulletin
- Information, perspectives, and expert opinions or their inclusion in the full service provided by ATZK
- Information acquired from both foreign and domestic professional publications
- The application of knowledge and materials obtained through the international contacts of ATZK
- Information on events organized by ATZK and their foreign partners
- The opportunity to submit proposals concerning the organization of other (new) educational events of ATZK

Obsah / Content

Fázové přeměny a difúzní pochody • Tepelně zpracované materiály, vztahy mezi strukturou a vlastnostmi, vliv polotovaru a tváření • Modelování a simulace v tepelném zpracování

Phase transformations and diffusion processes • Heat treated materials, microstructure and properties relationships, influence of semifinished product and forming • Simulation in the heat treatment

- 1 **Tepelné zpracování ocelí s ohledem na dostatečnou prokalitelnost**
The heat treatment of steels in the light of the principle sufficient hardenability
J.Pacyna, AGH University of Science and Technology, Poland
- 2 **Řízení nitridačního potenciálu během podtlakového procesu ALLNIT: chování Kn a úspora nákladů**
Nitriding potential management under ALLNIT low pressure process: Kn behaviour and cost savings
M.Devienne, Fours Industriels BMI, France
- 3 **Aplikace kryogenního zpracování v procesu nitridace**
Application of deep cryogenic treatment in the nitriding process
D.Hradil, COMTES FHT a.s., Czech Republic
- 4 **Nízkotlaká cementace a vysokotlaké kalení v plynu chromem legovaných PM součástí**
Low pressure carburizing and high pressure gas quenching of chromium-alloyed PM parts
P.Pouloux, ECM Technologies, France
- 5 **Vakuové tepelné zpracování ocelí jakosti CPM 10V A CPM 10V AQ**
Vacuum heat treatment of quality steels CPM 10VA CPM 10V AQ
K.Tesáriková, Bodycote HT, s.r.o., Czech Republic
- 6 **Matematické modelování vlivu hlavních „boroaluminizing“ faktorů na tloušťku difúzní vrstvy nízkouhlíkové oceli**
Mathematical modeling of the effect of main boroaluminizing factors on the diffusion layer thickness of low-carbon steel
U.Mishigdorzhin, East Siberia State University of Technology and Management, Russia
- 7 **Vliv tepelného zpracování mulčovacího nástroje na jeho trvanlivost v provozu**
Influence of the heat treatment to mulcher tool durability in operation
M.Čavodová, Technic University in Zvolen, Slovak Republic
- 8 **Současně zvýšení odolnosti proti opotřebení a houževnatosti nástrojové oceli pomocí kryogenního zpracování – reálná možnost anebo fikce**
Simultaneous enhancement of wear performance and toughness of tool steel by subzero treatment – real opportunity or fiction
P.Jurčík, Slovak University of Technology in Trnava, Slovak Republic
- 9 **Zvýšení životnosti nástrojů na sekání dřeva zmrazováním**
Increase tool service life for wood cutting by cryogenic treatment
Z.Kolář, Pilana Knives a.s., Czech Republic
- 10 **Vlastnosti slinutých karbidů po hlubokém zmrzání**
Properties of cemented carbides upon deep freezing
A.Kříž, University of West Bohemia, Czech Republic
- 11 **Vliv mikrostruktury na hodnoty KV-46 oceli A694 F60**
Effect of microstructure on the steel A694 F60 toughness values KV-46
R.Foret, VUT FSI Brno, Czech Republic
- 12 **Predikce vnitřních pnutí v procesech tepelného zpracování**
Prediction of internal stresses in heat treatment processes
P.Suchmann, COMTES FHT a.s., Czech Republic
- 13 **Nové tendenze v měření a regulační technice v tepelném zpracování**
New trends in measurement and control of heat treatment processes
J.Baumann, Process-Electronic GmbH, Germany
- 14 **Modelování proudění kalicího média**
Flow modeling of the quenching medium
P.Stolař, ECOSOND s.r.o. + VUTS Liberec, Czech Republic
- 15 **Tepelné zpracování TRIP oceli s částečnou náhradou křemíku hliníkem**
Heat treatment of the TRIP steel with partial substitution of silicon by aluminium
L.Kučerová, University of West Bohemia, Czech Republic

16	Nový postup zpracování zápustkových výkovků z ocelí s obsahem manganu 2,5% <i>New treatment route for closed-die forgings of steels with 2.5% manganese</i> D.Bublíková, University of West Bohemia, Czech Republic	33	Flexibilní indukční kalicí zařízení upravené podle přání zákazníka <i>Customer-specific, flexible induction hardening machine for hardening workshop</i> L.Fisher, ITG Induktionsanlagen GmbH, Germany	
17	Využití technologie kalení do záplustky při zpracování TRIP oceli <i>Use of the press hardening technology for treatment of TRIP steel</i> H.Jirková, University of West Bohemia, Czech Republic	34	Přetavování povrchu elektronovým paprskem plazmově nitridované nadeutektické slitiny Al-Si vzniklé naprašováním <i>Investigation of electron beam surface remelting of plasma nitrided spray-formed hypereutectic Al-Si alloy</i> E.Hegemann, TU Bergakademie Freiberg, Germany	
18	Průzkum procesu kalení za účelem zlepšení rovinosti ocelové desky válcované za tepla <i>The investigations of quenching process for improving the flatness of the hot rolled steel plate</i> Liu Yu-Cheng, National Cheng Kung University, Taiwan	35	Vliv vychylování elektronového svazku na vlastnosti povrchově klených vrstev <i>Properties of electron beam hardened layers made by different beam deflection</i> J.Matláč, VUT Brno, Czech Republic	
Zařízení pro tepelné zpracování • Povrchové technologie CVD, PVD, povrchové tepelné zpracování <i>Furnace equipment and systems for the heat treatment • Surface technology - CVD, PVD, surface heat treatment</i>			36	
19	Zařízení a technologie pro vakuové tepelné zpracování <i>Equipment and technologies for vacuum heat treatment</i> M.Przygoński, SECO/WARWICK Europe Sp. z o.o. , Poland	Metalografické metody v TZ – nové postupy, analýza výsledků a chyb TZ, mechanické zkoušky • Zpracování nezelezných slitin a progresivních materiálů <i>Metallography in heat treatment – new trends • Heat treatment of non-ferrous alloys and advanced materials</i>		
20	Technická a metalurgická kritéria instalace izotermického žíhání na výkovcích automobilové převodovky <i>Technical and metallurgical criteria for installation of isothermal annealing station for car gearbox forgings</i> D.Zimmermann, Bosio	37	Pokročilá řešení pro materiálové analýzy v práškové metalurgii <i>Advanced solutions for material analysis in powder metallurgy</i> D.Černický, Metalco Testing s.r.o., Czech Republic	
21	Nová uzavřená kalicí pec Innovia 4.0 - první zkušenosti z praxe <i>New sealed quench furnace Innovia 4.0 – first experiences from practice</i> R.Wethmar, IVA Schmetz GmbH, Germany	38	Pokročilé metody metalografické přípravy výběrů: Analýza mikrostruktury fázových transformací po tepelném zpracování komerčně čistého Ti <i>Advanced metallography techniques of sample preparation: Microstructure analysis of phase transformation after thermal treatment in commercially pure Ti</i> V.Gärtnerová, Struers GmbH, Czech Republic	
22	Vývoj prototypu zařízení pro klení trubek v Třineckých železárnách <i>Development of the tube quenching unit in Třinecké železárnny a.s.</i> M.Hnízdil, VUT FSI Brno, Czech Republic	39	Technika LAM PLAN pro přípravu metalografických vzorků <i>LAM PLAN technology for preparation of metallographic samples</i> D.Keller, TSI System, Czech Republic	
23	Grafitový materiál pro vysokoteplotní aplikace <i>Graphite materials for high temperature applications</i> P.Bujna, KOMPOZITUM s.r.o., Slovak Republic	40	Faktory ovlivňující přesnost měření tvrdosti: Celkem 44 faktorů rozdělených do skupin, vysvětlení jak minimalizovat jejich vliv <i>Factors influencing hardness-testing measurements: In total 44 factors separated to groups, explanation how avoid their influence</i> M.Josík, Struers GmbH, Czech Republic	
24	Přípravky pro tepelné zpracování, materiály a konstrukce <i>Heat treatment fixture, alloys and design</i> S.Pálka, Cronite CZ, Czech Republic	41	Leco AMH55 automatický systém měření tvrdosti <i>LECO AMH55 hardness testing systems</i> J.Kuna, LECO Instrumente Plzeň, spol. s r.o., Czech Republic, COMPANY PRESENTATION	
25	Kalicí prostředky, vlastnosti a rozsah použití, nový výzkum a vývoj <i>Liquid quenchants, properties and range of application, new research and development</i> R.Süss, Burgdorf GmbH, Germany	42	Příčiny, které mohou ovlivnit životnost forem pro tlakové lití hliníku – mat. WN 1.2343 <i>The causes which may affect life of casting moulds - WN 1.2343</i> S.Rašková, Czech Republic	
26	Praní před a po tepelném zpracování <i>Parts cleaning before and after heat treatment of metals</i> F.Vráblík, ECOSOND s.r.o., Czech Republic	43	Vysokoteplotní chování nové slitiny Fe-Al-Si vyrobené postupy práškové metalurgie <i>High-temperature behaviour of new Fe-Al-Si alloy produced by powder metallurgy</i> P.Novák, University of Chemical Technology Praha, Czech Republic	
27	Čištění dílců jako nedílná součást tepelného zpracování <i>Cleaning as an essential step prior heat treatment</i> R.Konvalinka, SurTec SK, s.r.o. / SurTec ČR s.r.o., Czech Republic	44	Vysokoteplotní oxidace intermetalik na bázi systému Ti-Al-Si <i>High-temperature oxidation of intermetallics based on Ti-Al-Si system</i> A.Knaislová, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic	
28	Řízení procesů nitridace plynem s proměnlivým nitridačním potenciálem pro zajištění úspory až 50% NH₃ <i>Gas nitriding process control with variable nitriding potential for up to 50% NH₃ saving</i> S.Heineck, STANGE Elektronik GmbH, Germany	45	Řízené stárnutí profilů z vytvrzitelných slitin hliníku – provozní diagnostika <i>Controlled aging profiles age hardening – working diagnostics</i> B.Skrbek, TU Liberec, Czech Republic	
29	Řešení pro zavedení „Industry 4.0“ do moderních provozů tepelného zpracování <i>Solutions for implementing "Industry 4.0" for modern heat treatment plants</i> K.Ritter, ALD Vacuum Technologies GmbH, Germany	46	Tepelné zpracování 3D-tištěné slitiny titanu <i>Thermal treatment of 3D-printed titanium alloy</i> M.Fousová, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic	
30	O čem CQI-9 nemluví <i>What do not speak CQI-9</i> M.Landa, Czech Republic	47	Vliv tepelného zpracování na bioaktivitu nanostrukturovaných povrchů <i>Effect of the heat treatment on the bioactivity of nanostructured surfaces</i> V.Hybášek, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic	
31	Technologie skupiny HEF pro povrchové inženýrství se zaměřením na PVD/PACVD, nitridaci a speciální technologie <i>Technologies of the HEF Group for surface engineering with focus on PVD/PACVD, nitriding and special technologies</i> J.Gerstenberger, HEF-DURFERRIT s.r.o., Czech Republic, COMPANY PRESENTATION	48	Požadavky na systémy managementu kvality IATF 16949:2016 <i>Requirements for quality management systems update technical specifications IATF 16949:2016</i> S.Rašková, Czech Republic	
32	Cenově a zdrojově efektivní povrchové tepelné zpracování ve strojírenském, nástrojářském, leteckém, petrochemickém a automobilovém průmyslu pomocí pulzní plazmové® nitridace <i>Cost- and resource effective surface layer heat treatment in gear, tool, aeronautic, oilfield and automotive industry by PulsPlasma®Nitriding</i> D.Voigtlander, PVA Industrial Vacuum Systems GmbH, Germany			

Poster session

- P1 **Vliv parametrů Q&P procesu na vlastnosti 42SiCr oceli**
Effects of Q&P process parameters on properties of 42SiCr steel
K.Rubešová, University of West Bohemia, Czech Republic
- P2 **Využití metalografických analýz pro hodnocení vývoje mikrostruktury v různých průřezech výkovku chladnoucího volně na vzduchu z dokovací teploty**
Metallographic observation for evaluating microstructural evolution on various cross-sections of forged Part upon air-cooling from finishing temperature
Š.Jeniček, University of West Bohemia, Czech Republic
- P3 **Experimentální modelování materiálových vlastností a mikrostruktury nových UHS ocelí využitelných pro press-hardening**
Experimental modelling of materials properties and microstructure of new UHS steels usable for press-hardening
K.Opatová, University of West Bohemia, Czech Republic
- P4 **Mikrostruktura a vliv popouštění oceli Vanadis 6 zmrazované při teplotě -140 °C**
Microstructure and tempering response of Vanadis 6 steel after sub-zero treatment at -140 °C
J.Ptačinová, Slovak University of Technology in Trnava, Slovak Republic
- P5 **Hodnocení mikrostruktury nástrojové oceli Vanadis 6 po kryogenním zpracování při -140 °C bez popouštění**
Microstructural evaluation of tool steel Vanadis 6 after sub-zero treatment at -140°C without tempering
J.Ďurica, Slovak University of Technology in Trnava, Slovak Republic
- P6 **Vliv způsobu tepelného zpracování na popouštěcí křivky vybrané nástrojové oceli pro práci za studena**
Influence of heat treatment parameters onto tempering curve for selected cold working tool steel
M.Kuřík, Czech Technical University in Prague, Czech Republic
- P7 **Příprava slitiny TiAl15Si15 pomocí vysokotlakého sínování v plazmatu**
Preparation of TiAl15Si15 alloy by high pressure spark plasma sintering (HP SPS)
A.Knaiová, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic
- P8 **Mikrostruktura a tepelná stabilita Al-Fe-X slitin**
Microstructure and thermal stability of Al-Fe-X alloys
A.Školáková, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic
- P9 **Vlastnosti slitin s tvarovou pamětí Ni-Ti-(Fe, Co, Al) připravených reaktivním sínováním**
Properties of Ni-Ti-(Fe, Co, Al) shape memory alloys prepared by self-propagating high-temperature synthesis
P.Salvetr, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic
- P10 **Úprava režimu tepelného zpracování oceli 1.4313 pro zlepšení mechanických vlastností dynamicky namáhaných dílů**
Adjustment of the heat treatment of 1.4313 steel for the improvement of mechanical treatment of dynamically loaded parts
Š.Ječmíková, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic



26. DTZ 2017

THE BEST PAPER

SMA - Soutěž o nejlepší referát mladých autorů do 35 let SMA - Best Presentation Paper Contest

V rámci konference bude vyhlášena soutěž o nejlepší referát autorů do 35 let. **Odměna pro vítězný referát činí 5 000,- Kč a bezplatnou účast na konferenci v roce 2018.** Výsledky soutěže budou vyhlášeny po ukončení přednáškových sekcí dne 23. 11. 2017.

Take part in a contest for the best paper (for authors under the age of 35). The winner will be awarded 200 € prize and free participation on conference 2018. The SMA results will be announced after the end of the sessions on November 23rd 2017.

Vybrané a schválené příspěvky budou uveřejněny v časopisech **Manufacturing Technology** indexovaném v databázi **Scopus** a v **Materials Engineering**.

Články uveřejněné v časopisu jsou uznávaným výstupem z projektů dle RIV a jsou indexovány v následujících databázích: **SCOPUS, Directory of Open Access Journals, Index Copernicus, Google Scholar a Open J-Gate (OAI)**. Uveřejnění v časopisu Manufacturing Technology bude zpoplatněno.

Selected papers will be published in the Journal of Manufacturing Technology indexed in database Scopus and in the reviewed journal of Materials Engineering.

Papers published in this journals are indexed in following databases: SCOPUS, Directory of Open Access Journals, Index Copernicus, Google Scholar and Open J-Gate (OAI).

Conference sponsored by



Jihlava, Náměstí císaře Františka Josefa, kolem roku 1911 / Jihlava, Emperor Franz Joseph's Square, around 1911

Místo konání konference

Jihlava, Hotel Gustav Mahler, Česká republika

Křížová 4, 586 01 Jihlava, Česká republika, GPS: N 49 23.883' E 15 35.434', www.hotelgmahler.cz

Budovy bývalého dominikánského kláštera, nyní Hotel Gustav Mahler, vznikly na samém začátku budování města Jihlavy. První historicky doložené zmínky se datují do poloviny 13. století. Původně středověký klášter byl v 17. a 18. stol. barokně přestavěn. Gotické a renesanční jádro objektu je patrné jen na fragmentech původní středověké výzdoby v jižní chodbě klášterního ambitu. V barokní době byl vybudován rozsáhlý komplex hospodářského křídla, zároveň byly v této době klášterní refektáře vyzdobeny oválnými medailony - fresky patronů a zakladatelů řádu dominikánů. V prostorách kláštera proběhly významné historické události. Konaly se zde sněmy zemských stavů, které ovlivnily historický vývoj v Českém království.

Conference Venue

Jihlava, Hotel Gustav Mahler, Czech Republic

Křížová 4, 586 01 Jihlava, Czech Republic, GPS: N 49 23.883' E 15 35.434', www.hotelgmahler.cz

The buildings of the former Dominican monastery, now Gustav Mahler Hotel belong, were founded during the early history of Jihlava. The first written notes about the cloister are dated in the middle of 13th century. The original middle age cloister was rebuilt in baroque-style during the 17th and 18th centuries. Gothic elements can be found in the southern part of the cloister's ambit. The western part of the cloister was designed in the baroque style, today part of the hotel facing the street. Simultaneously, at that time, the monastery refectories were decorated with oval medallions - the frescoes patrons and founders of the Dominican order. Many historical events happened in the cloister. Among them most notably, meetings held by the aristocracy that influenced the historical movements in the Czech kingdom.



Odborní garanti konference Conference chairmen

Asociace pro tepelné zpracování kovů, z.s. Association for the Heat Treatment of Metals, z.s.

Ing. Pavel Stolař, CSc.

Ing. Filip Vráblík

prof. Dr. Ing. Antonín Kříž

Organizační výbor

Organising committee

Ing. Alexandra Musilová (ATZK)

Ing. Lucie Podroužková (ECOSOND s.r.o.)

Programový výbor konference Programme scientific committee

doc. RNDr. Mária Behúlová, CSc. (STU Trnava)

prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc. (ÚFM AV ČR)

prof. Ing. Peter Grgač, CSc. (STU Trnava)

prof. Dr. Ing. Peter Jurčí (STU Trnava)

Ing. František Klíma (Škoda Auto a.s.)

Ing. Miloslav Kouřil, CSc. (VUT Brno)

doc. Dr. Ing. Pavel Novák (VŠCHT Praha)

Ing. Jiří Stanislav, CSc. (Bodycote HT s.r.o.)

Kontaktní adresa Correspondence address

ATZK, K Vodárně 531, 257 22 Čerčany

Tel., fax: 00420 317 777 772-5

conference@asociacetz.cz

www.htconference.cz

Kontakty

Contact

Ing. Alexandra Musilová,

manažer konference / conference manager

Ing. Lucie Podroužková,

fakturace, účetnictví / billing, accounting

Bankovní spojení

Bank

Č.ú.: u Komerční banky 107-5808880277/0100

konst.symbol: 0308, var.symbol: Vaše IČ,

spec.symbol 2017,

IBAN: CZ 22 0100 0001 0758 0888 0277,

SWIFT: COMBCZPPXXX

Do poznámky uveďte název firmy a jméno účastníka

Details of payment: Conference 2017 + name of participant

www.htconference.cz

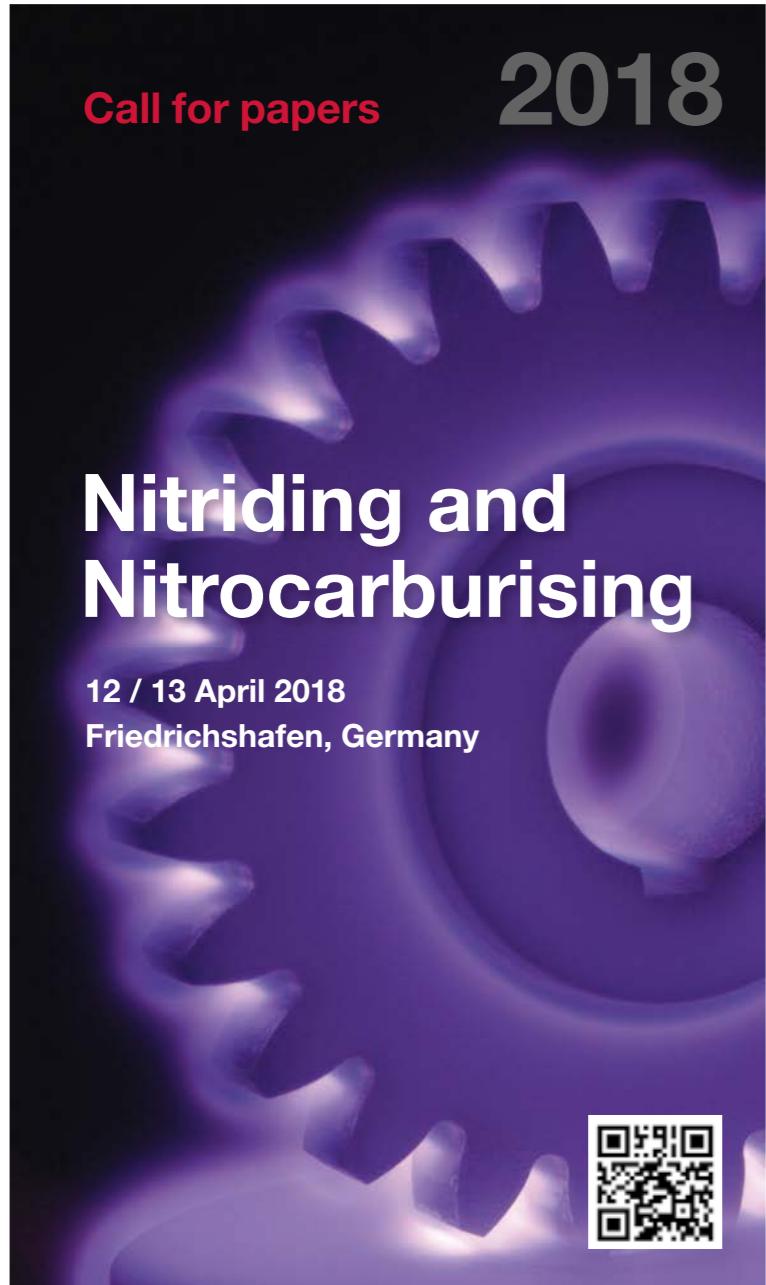


Call for papers

2018

Nitriding and Nitrocarburising

12 / 13 April 2018
Friedrichshafen, Germany



Venue
Graf-Zeppelin-Haus Friedrichshafen
Olgastraße 20
88045 Friedrichshafen, Germany

Conference manager:
Mrs. Hella Dietz, phone +49 421 522 9339,
fax +49 421 522 9041, h.dietz@awt-online.org

Organized by
Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung
und Werkstofftechnik e.V. (AWT)
in corporation with Stiftung Institut für
Werkstofftechnik (IWT)

AWT 
Arbeitsgemeinschaft
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.

IWT 
Stiftung Institut
für Werkstofftechnik
Bremen

www.echt2018.de

In co-operation with:

A3TS  **ASMET®**  **ASSOCIAZIONE ITALIANA DI METALLURGIA** 

AST  **ATZK**  **SVW**  **VWT** 



Call for papers

Abstracts, no longer than 2500 characters (incl. space characters), can be submitted until **November 30, 2017** to info@awt-online.org.

Deadlines

Submission of abstracts: 30.11.2017
Full paper: 28.02.2018

The complete programme will be published on www.echt2018.de at the end of December 2017.

Conference Chairmen



Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp
Stiftung Institut für Werkstofftechnik,
Bremen, Germany



Karl Michael Winter
PROCESS-ELECTRONIC GmbH,
www.echt2018.de Heiningen, Germany

Venue

Graf-Zeppelin-Haus Friedrichshafen
Olgastraße 20
88045 Friedrichshafen, Germany

Conference manager:

Mrs. Hella Dietz, phone +49 421 522 9339,
fax +49 421 522 9041, h.dietz@awt-online.org

Organized by

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung
und Werkstofftechnik e.V. (AWT)
in corporation with Stiftung Institut für
Werkstofftechnik (IWT)



VTZ 2018

NATIONAL CONFERENCE ON VACUUM HEAT TREATMENT

Call for Papers

November 20th – 21st 2018



26. DTZ 2017
THE BEST PAPER

SMA – Best Presentation Paper Contest

Take part in a contest for the best paper (for authors younger 35 years). The winner will be awarded prize 300,- € and free participation on conference 2019. Applications must be dispatched by **September 30th 2018**.

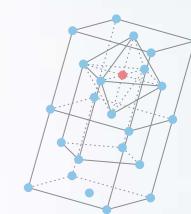
Selected papers will be published in the **Journal of Manufacturing** Technology indexed in database SCOPUS and in the reviewed Journal of **Materials Engineering**



Hotel Alexandra
Púchov, Slovak Republic

Main Topics:

1. Vacuum heat treatment
2. Heat treatment of tools and tool steels
3. Surface techniques (PVD...)
4. Advanced trends in production and processing of tool steels (P/M...)
5. Vacuum heat treatment of non ferrous metals and alloys
6. Relationship between structure and properties, metallography, solution of industrial problems
7. Equipment for vacuum heat treatment
8. Poster session

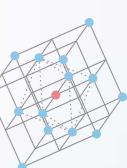


Contact Address:

Ing. Pavel Stolař, CSc.
Ing. Alexandra Musilová – Conference Secretariat

Association for the Heat Treatment of Metals
K Vodárně 531, 257 22 Čerčany, Czech Republic
tel./fax: +420 317 777 772-5, tel.:+420 604 273 865
e-mail: asociacetz@asociacetz.cz

www.htconference.cz





Ochranné atmosféry pro tepelné zpracování

• dusík • vodík • argon • hélium • kyslík • oxid uhličitý • speciální plyny •

Dodáváme ty správné technologie, technické plyny, které vám umožní:

- efektivněji soutěžit na trhu
- zvyšovat produktivitu a výkonnost
- snižovat náklady a šetřit čas

Pro více informací volejte 800 100 700 nebo pište na infocz@airproducts.com

tell me more
airproducts.com
airproducts.cz

AIR
PRODUCTS

01 Tepelné zpracování ocelí s ohledem na dostačnou prokalitelnost

The heat treatment of steels in the light of the principle sufficient hardenability

Jerzy Pacyna

AGH Universtiuy of Science and Technology, Poland, pacyna@agh.edu.pl

The risk of applying traditional hardenability measures [1] based on the so-called critical diameter D_k , ideal critical diameter D_{ik} , basic diameter D_0 together with the hardenability coefficient f , which are worldwide popularised, among others by papers [2,3], is emphasised in this paper. The problem with traditional hardenability measures is that none of them indicates places, on the cross-section of the hardened rod, where the - so-called - upper bainite, the component of a very low crack resistance, is formed. Whereas a majority of steels for quenching and tempering has a high B_s temperature and - in practice - each cooling with a rate lower than the critical rate causes formation of the upper bainite zone on the hardened rod cross-section. The formal and practical ways of avoiding the upper bainite zone formation in the - so-called - reliable cross-section of the hardened rod [4], are presented in this paper.

Keywords: hardenability, sufficient hardenability, CCT diagrams, martensite, upper bainite, lower bainite

02 Řízení nitridačního potenciálu během podtlakového procesu ALLNIT: chování Kn a úspora nákladů

Nitriding potential management under ALLNIT low pressure process: Kn behaviour and cost savings

Marc Devienne, Philippe JACQUET, Alexis Vaucheret

Fours Industriels BMI, France, marc.devienne@tenova.com

A sensor is placed inside an industrial furnace to regulate the nitriding potential during a low pressure nitriding gaseous treatment at 300 mbar. This accurate control of the KN allows to compare metallurgical results between two different steel grades (42CrMo4 and 32CrMoV13) but also between this process and conventional ones at atmospheric pressure. XRD patterns were realised to control the phases present on the surface, some micro-hardness profiles are presented to measure the diffusion layers and microographies were done to check the thickness of combination layers. Three different cycles are proposed, KN=0,2, KN=0,3 and KN=2 to see the evolution of the microstructure with the nitriding potential. The analysis of diffusion layers shows that this process seems faster than nitriding at atmospheric pressure and the thickness of combination layers strongly depend on the alloying elements.

Keywords: low-pressure nitriding; sensor; 42CrMo4; 32CrMoV13; XRD; nitriding potential.

KOŠE A PŘÍPRAVKY PRO TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

- | kalicí a žíhací koše
- | speciální přípravky
- | koše ze sít a proložky
- | rošty
- | retorty
- | cementační krabice

KALICÍ FÓLIE

CHEMICKÉ PŘÍPRAVKY

- | cementační, karbonitridační a boridovací prášky
- | ochranné nátěry proti oxidaci a oduhlíčení
- | ochranné nátěry proti nauhličení
- | kalicí oleje
- | polymery
- | mycí prostředky

OCHRANNÉ POMŮCKY

- | rukavice | zástěry
- | pláště | štíty a přilby



03 Aplikace kryogenního zpracování v procesu nitridace

Application of deep cryogenic treatment in the nitriding process

David Hradil, Pavel Šuchmann, Michal Duchek a Jaromír Dlouhý
COMTES FHT a.s., Czech Republic, david.hradil@comtesfht.cz

Nitridace s následným tepelným zpracováním v kombinaci s dlouhodobým kryogenním zpracováním (DCT) vytváří nitridační vrstvy se specifickými vlastnostmi. Vrstvy unikátních vlastností vznikají díky rozpuštění pod povrchové vrstvy nitridů železa a následnou difúzí dusíku do substrátu během austenitizace. Výsledkem jsou jemné precipitáty karbonitridů vznikající v průběhu procesu DCT a popoustění. Kryogenní zpracování je vloženo mezi kalení a popouštění. Práce je založena na porovnání nově vzniklých nitridovaných vrstev s konvenčně nitridovanými vrstvami. V případě konvenčního postupu chemicko-tepelného zpracování je nitridace finální operací. Jako experimentální materiál posloužila nástrojová ocel pro práci za studena 1.2379 (19 573) a rychlořezná ocel 1.3343 (19 830). Porovnání jednotlivých procesů proběhlo na základě měření tvrdosti, odolnosti proti opotřebení metodou pin-on-disk a metalografickou analýzou.

Nitriding with subsequent heat treatment in combination with deep cryogenic treatment (DCT) produces nitrided layers with specific properties. Layers with unique properties result from the dissolution of subsurface layers of iron nitrides and subsequent nitrogen diffusion into the substrate during austenitisation. Fine precipitates of carbonitrides eventually form during DCT and the tempering process. Intermediate deep cryogenic treatment takes place between the quenching and tempering steps. This work is based on comparing novel nitrided layers with conventionally nitrided layers. In conventional thermochemical treatment, nitriding is the final operation. The experimental materials were 1.2379 (Czech Standard 19 573) cold-work tool steel and 1.3343 (Czech Standard 19 830) high-speed steel. The treatment methods were compared on the basis of hardness measurement, wear testing by the pin-on-disc method and metallographic analysis.

04 Nízkotlaká cementace a vysokotlaké kalení v plynu chromem legovaných PM součástí

Low pressure carburizing and high pressure gas quenching of chromium-alloyed PM parts

Patrick POULOUX

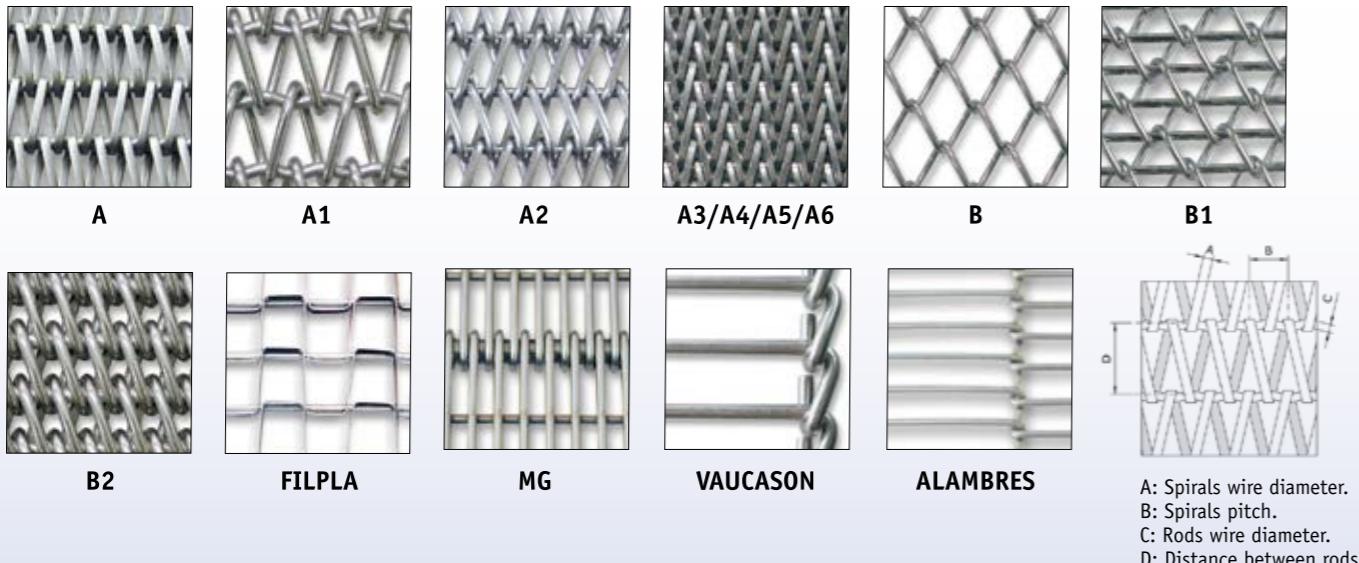
ECM Technologies, France, p.pouloux@ecmtech.fr

Today Low Pressure Carburizing (LPC) followed by High Pressure Gas Quenching (HPGQ) is an established process to produce high performance components of conventional steels in order to combine high surface hardness and fatigue strength. On the other hand, thanks to its ability to combine high quality and cost saving, PM process is more and more popular in the automotive industry, especially in the transmission applications. In order to answer the increasing application performance requirements, chromium-alloyed grades are often used because they provide a cost-efficient way to reach high mechanical properties.

Conveyor belts for heat treatment

CODINA is a family business based in Barcelona area, Established more than one century ago. CODINA manufactures Woven wire cloths, filters and conveyor belts for all kind of processes and machinery applications. Our commitment to the most modern technology and customer service, is always our main motivation to maintain CODINA in a privileged position within the European and even world-wide markets, exporting to more than fifty countries.

CODINA metal mesh belts are produced in several constructions and materials for applications in a wide variety of fields. For Heat treatment, our conveyor belts can work at temperatures up to 1200°C, using metallic materials with high temperatures resistance as: AISI 314 (25/20 Ni / Cr), AISI 330 (37/18 Ni / Cr), 80 / 20, Inconel, etc ... CODINA manufactures customized belts according to the needs for each Process and each customer. The Technical Department of CODINA will gladly attend any kind of request from you.



However these materials need specific sintering conditions and cannot be surface hardened by conventional gas carburization and oil quenching. Thus, the alternative LPC & HPGQ applied to PM parts is very promising as the sintering at low pressure avoids contamination and improves the sintered microstructure.

In addition higher sintering temperature can be used, leading to improved sintered structures and mechanical properties. For example, increasing the temperature from 1180°C to 1250°C significantly improves tensile strength and ductility combined with a structure containing very few oxygen after sintering.

Finally by taking into account the main PM specifics that can impact LPC treatment, (i.e. mainly density level, steel composition and core carbon content), one can select the most appropriate parameters to maximize the benefit of this combination LPC+HPGQ & PM process.

As a consequence, the optimization of the material combined with the One-Step process cycle (debinding/sintering/LPC/HPGQ) obtained with the newly developed ICBP® furnace, optimized heat treatment of PM parts can be done in a cost-efficient and environmentally-friendly way.

05 Vakuové tepelné zpracování ocelí jakosti CPM 10V A CPM 10V AQ *Vacuum heat treatment of quality steels CPM 10VA CPM 10V AQ*

Klára Tesárková, Vladimír Procházka

Bodycote HT s.r.o., Czech Republic, klara.tesarkova@bodycote.com

V souladu s rychlým rozvojem strojírenského průmyslu se zvyšují i požadavky na tepelné zpracování materiálů vyráběných práškovou metalurgií. Oceli vyráběné touto technologií splňují podmínky vysoké otěruvzdornosti při zachování dostatečné houzevnatosti. Ocel jakosti CPM 10V byla vyvinuta s chemickým složením odpovídajícím houzevnaté oceli kalitelné na vzduchu se zvýšeným obsahem uhlíku a vanadu. Z důvodu vysoké otěruvzdornosti a houzevnatosti se jedná o jednu z nejčastěji využívaných ocelí vyráběných práškovou metalurgií. Příspěvek se zabývá porovnáním praktického tepelného zpracování v zakázkové kalírně jakostí CPM 10V a CPM 10V AQ s ohledem na dosažené tvrdostti a vrubovou houzevnatost.

The fast pace of engineering advancements results in correspondingly increasing demands on heat treatment of powder metallurgical steels. The steels produced by this technology fulfill the requirements for very high wear resistance (hardness) while maintaining sufficient toughness. The steel CPM 10V is designed with a tough, air hardening base analysis with added high carbon and vanadium. Due to high wear resistance and toughness it is one of the most commonly used steels produced by powder metallurgy. This lecture compares real scenarios of heat treatment in custom hardening shop of steels CPM 10 V and CPM 10V AQ with respect to achieved hardness and impact strength.

CODINA

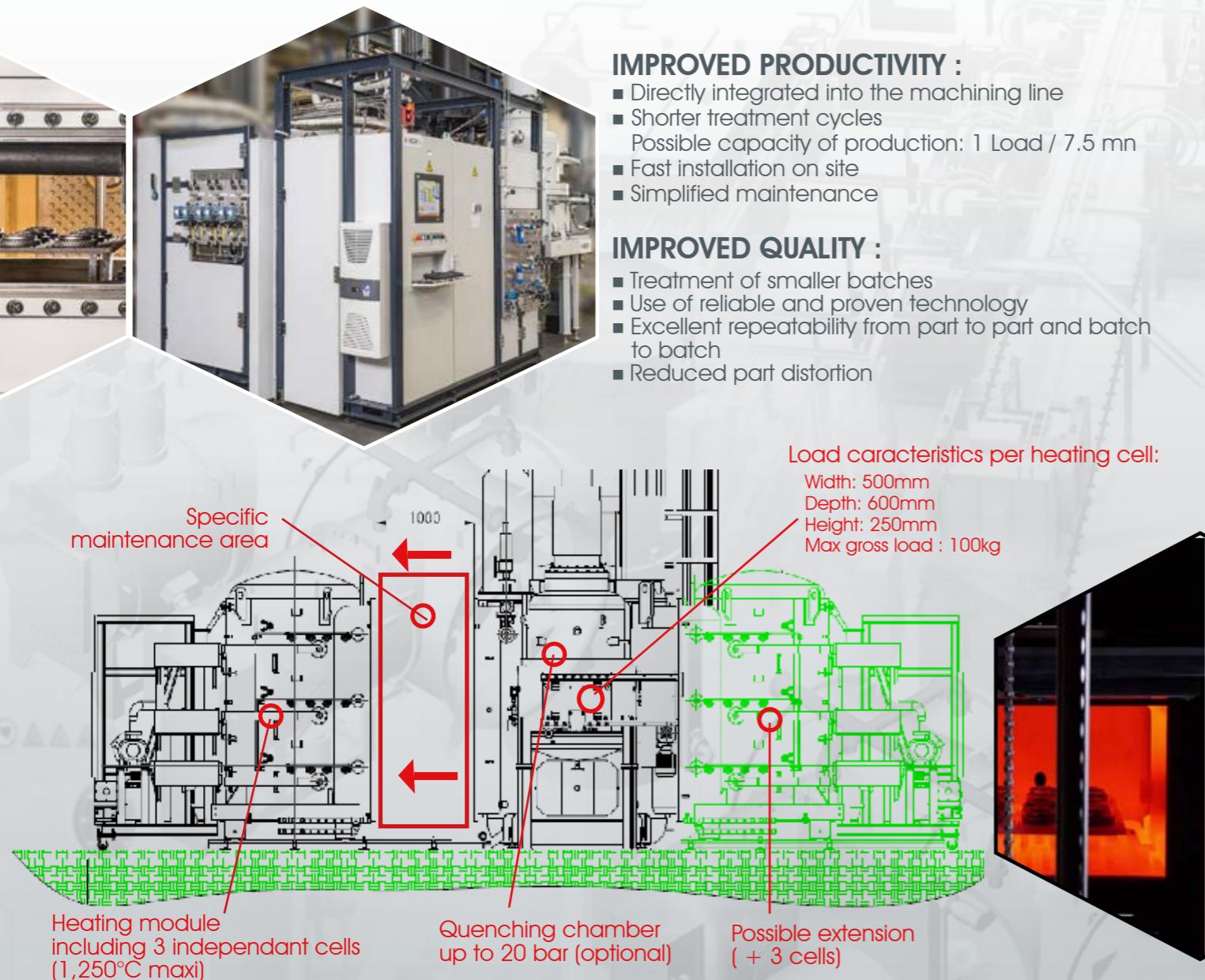


ICBP® NANO

LOW PRESSURE CARBURIZING AND CARBONITRIDING

VACUUM HEAT TREATMENT IN THE PRODUCTION LINE

COMPACT AND MODULAR INSTALLATION FOR ARRANGED OR BULK LOADS



06 Matematické modelování vlivu hlavních „boroaluminizing“ faktorů na tloušťku difúzní vrstvy nízkouhlíkové oceli

Mathematical modeling of the effect of main boroaluminizing factors on the diffusion layer thickness of low-carbon steel

Undrakh Mishigdorzhiiyn, Nikolay Ulakhanov

East Siberia State University of Technology and Management, Faculty of Mechanical Engineering, Ulan-Ude, Russian Federation, druh@mail.ru

The paper presents the results of a study of pack boroaluminizing of steel 20 using mathematical planning methods. A mathematical model and nomograms of the dependence of the diffusion layer thickness from the parameters of the thermochemical treatment (technological factors), such as: temperature, treatment time and powder mixture composition were obtained by means of a full factorial experiment. The degree of technological factors effect on the final result and the ranges of their regulation was revealed. Thus, the temperature of pack boroaluminizing varied from 900 to 1000 °C, the duration of the process was 2 to 4 hours, and the ratio of the treatment components of B2O3 / Al was 40/60 to 50/50 wt-%. Metallographic analysis has revealed that the depth of the diffusion layer is from 80 to 260 µm, depending on technological factors.

07 Vliv tepelného zpracovania mulčovacieho nástroja na jeho trvanlivost v provozu

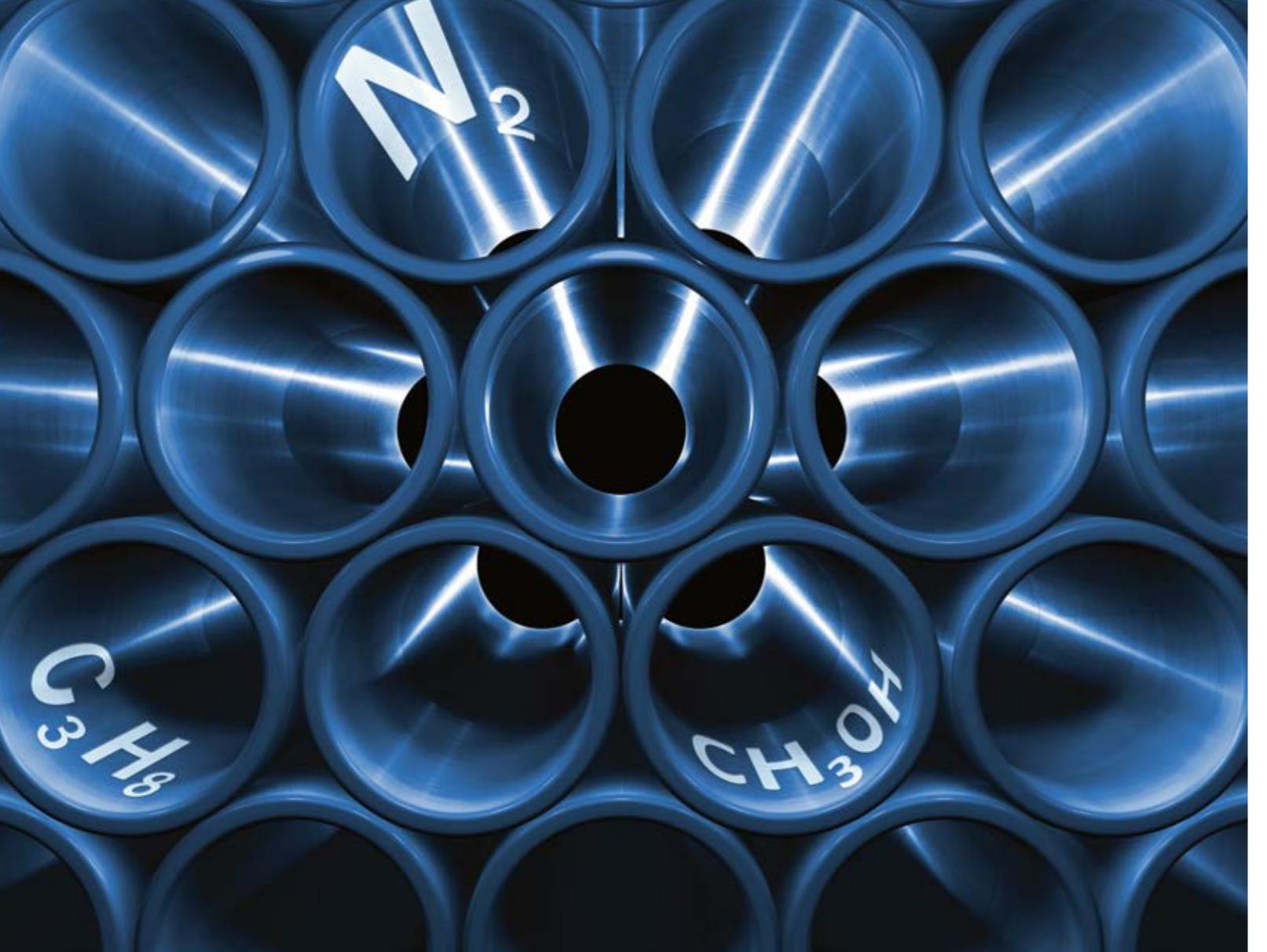
Influence of the heat treatment to mulcher tool durability in operation

Miroslava Čavodová^a, Daniela Kalincová^a, Tomáš Švantner^b

^aFaculty of Environmental and Manufacturing Technology, Technical University in Zvolen, Študentská 26, 960 53. Slovak Republic, tavodova@tuzvo.sk, kalincova@tuzvo.sk

^bDepartment of Materials and Mechanics of Machines SAS, detached workplace Žiar nad Hronom, Priemyselná 12, 965 01 Ladomerská Vieska, Slovak Republic, tomas.svantner@savba.sk

Článok sa zaoberá tepelným spracovaním materiálu nástrojov mulčovačov a drvíčov používaných pri pestovaní lesa, za účelom zvýšenia ich trvanlivosti a životnosti. Nástroje pracujú v heterogénnom prostredí, sú vystavené rázovému zaťaženiu a výraznému abrazívnom opotrebeniu. Nástroje sú konštruované ako výkovky alebo odliatky, ich funkčné plochy sú opatrené zubmi z WC. Po určitom čase v prevádzke sa nástroj opotrebuje, dochádza k strate prispájkovaných tvrdokovových zubov. To spôsobí výraznú deformáciu tela nástrojov montovaných na rotačný valec – adaptér bázového stroja. Je nutné vymeniť nástroje za nové, lebo je ohrozená funkcia celého zariadenia. Výskum opísaný v článku je zameraný na aplikáciu dostupných metód vedúcich k zlepšeniu odolnosti nástrojov voči opotrebeniu. Analýzami nástrojov bolo zistené, že telo nástroja je z konštrukčnej ocele v prírodnom



Messer Technogas s.r.o. Vám v oblasti tepelného zpracování kovů nabízí:

- Hořlavé i nehořlavé ochranné atmosféry pro žihání, tvrdé pájení a slinování.
- Reakční atmosféry pro chemicko-tepelné zpracování.
- Kompletní dodávky metanolového a amoniakového hospodářství.
- Zařízení pro regulaci a měření ochranných atmosfér.
- Analýzy a optimalizace ochranných atmosfér.

MESSER
Gases for Life

Odborné dotazy:
Ing. Jiří Svatoš
aplikáční inženýr

Tel.: +420 602 339 214
E-mail: jiri.svatos@messergroup.com



Part of the Messer World

stave, štruktúra má malú tvrdosť a odolnosť voči opotrebeniu. Na základe štúdia štruktúr a ich odolnosti voči opotrebeniu sme navrhli nástroj tepelne spracovať za účelom získania novej štruktúry s jemnými karbidmi. Tepelne spracované vzorky sme experimentálne skúšali na odolnosť proti abrazívnomu opotrebeniu.

Kľúčové slová: Nástroje mulčovača, abrazívne opotrebenie, tepelné spracovanie, mikroštruktúra, mechanické vlastnosti

The article deals with heat treatment of mulcher and crusher tools used for forest growing. It is for the increasing of durability and lifetime these tools. Those are working in heterogeneous environment, they are exposed to impact load and very high abrasion wear. The tools are designed like the forgings or castings; their functional places have WC tips. The tools are in operation worn-down, after sometimes sintered WC teeth are lost. Those causes a significant deformation of the tool body mounted on a rotating roller - adapter of base machine. Then is necessary to exchange the tools, because it threatened the function complete device. The research described in the article is focused to the application of the methods which can improve the wear resistance of tools. During analysis was found, tool body is made from construction steel without heat treatment, the structure has low hardness and wear resistant. On the base of the structure study and their wear resistant we have suggested to make heat treatment of tool for getting new structure with disperse carbides. The samples after heat treatment we experimental proofed to the wear abrasive resistant.

Key words: Mulcher tools, abrasive wear, heat treatment, microstructure, mechanical properties.

08 Současné zvýšení odolnosti proti opotřebení a houževnatosti nástrojové oceli pomocí kryogenního zpracování – reálná možnost anebo fikce

Simultaneous enhancement of wear performance and toughness of tool steel by subzero treatment – real opportunity or fiction

Peter Jurčí

Faculty of Material Sciences and Technology of the STU in Trnava, Paulinská 16,
917 24 Trnava, Slovak Republic, p.jurci@seznam.cz

Mechanické vlastnosti kovových materiálov, jako jsou pevnost a houževnatost, jsou ve většině případů v ostrém nesouladu. To znamená, že například vysokopevné oceli mají nízkou houževnatost a naopak, nízkouhlíkové plechy s tažností kolem 40% mají obecně nízkou pevnost v tahu. V případě nástrojových ocelí koreluje jejich pevnost a tvrdost s odolností proti opotřebení a proto lze očekávat, že v případě vysoké odolnosti proti opotřebení budou mít nízkou houževnatost. Jednou z mála možností jak současně zvýšit pevnost a houževnatost je zjemnění zrna. Toho lze dosáhnout zejména správně zvolenou kombinací plastické deformace spojené s následnou rekristalizací. Nicméně, tento způsob zpracování je zcela nevhodný pro ledeburtické nástrojové oceli. Na druhé straně bylo v posledních letech dokázáno, že správně provedené kryogenní zpracování s následným popouštěním může zlepšit jejich odolnost proti opotřebení společně s jejich houževnatostí a lomovou houževnatostí.

PLATEG

THE NEW DEFINITION OF PLASMA NITRIDING

PulsPlasma® Nitriding Systems Made in Germany

- ✓ **Flexible**
Compact Mono-, Shuttle-, Tandem-Systems
- ✓ **Quality**
Reproducible, controllable treatments
- ✓ **Integrable**
in production lines
- ✓ **Economic**
High loading capacity, Energy saving
- ✓ **Combinable**
PulsPlasma® Nitriding PPN™
PulsPlasma® Nitrocarburizing PPNC™
PulsPlasma® Oxidation PPO™
PulsPlasma® Surface activation PPSA™
in one plant
- ✓ **Affordable**
Best price guarantee

PVA Industrial Vacuum Systems GmbH
www.PlaTeG.de
www.pvatepla.com

Článek představuje základní metalurgické zákonitosti odpovědné za zlepšení vlastností nástrojových ocelí, a naznačuje možný dosažitelný rozsah těchto zlepšení.

Mechanical properties of metallic material, such a strength and toughness are in strong conflict in most cases. It means that high-strength steels, for instance, manifest a low toughness, and, on the contrary, low-carbon sheet metals with a ductility of around 40% have commonly very low tensile strength. In tool steels, their strength and hardness is closely related to the wear resistance, hence, one can naturally expect that the higher wear resistance the lower should be the toughness. One of few possible ways how the strength and toughness of metallic materials can be improved simultaneously is the grain-size refinement. This can be obtained mainly by properly chosen combination of thermo-mechanical treatment followed by well-controlled cooling down. However, this kind of treatment is inappropriate for ledeburitic tool steels from several reasons. Alternatively, it has been demonstrated over the last few years that properly done subzero treatment followed by tempering can improve the wear resistance of tool steels along with their toughness and fracture toughness. This paper demonstrates the main metallurgical principles of variations in properties of tool steels, and delineates the possible extent of these ameliorations

09 Zvýšení životnosti nástrojů na sekání dřeva zmrazováním

Increase tool service life for wood cutting by cryogenic treatment

Zdeněk Kolář^a, Stanislav Tobolík^b

Pilana Knives a.s., 804,768 24 Hulín, Czech Republic, ^akolar@pilana.cz,
^btobolik@pilana.cz

V článku se popisují dosavadní zkušenosti se zkouškami životnosti nástrojů na obrábění dřeva. Jsou popsány jednotlivé způsoby tepelného zpracování s upozorněním na důležité aspekty jak samotného tepelného zpracování tak i prováděných řezných zkoušek. Krátce jsou také obecně zmíněny mechanické hodnoty zmrazovaných nožů. Dále jsou uvedeny snímky mikrostruktur úspěšných nástrojů a výsledky řezných zkoušek.

In the article are described the present experiences with the tests of tool service life for wood working. There are described particular ways of heat treatment with notice to aspects important for both of heat treatment itself and of cutting tests carried out. Briefly are mentioned in general also the mechanical values of the cryogenic treated tools. Further are presented pictures of the microstructures of successful tools and the results of cutting tests.

TEPELNÉ A CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ PRŮMYSLOVÉ PECE

Realistic

ISO 9001:2008

- PROJEKCE
- VÝROBA
- MONTÁŽ
- SERVIS



Tepelné zpracování: vozové, komorové a šachtové pece



Cementace a nitridace: šachtové a poklopové pece



Ochranná atmosféra: průběžné válečkové pece



REALISTIC, a.s.
Závodu míru 4
360 17 Karlovy Vary
Česká republika
Tel. +420 353 403 202
obchod@realistic.cz

www.realistic.cz

10 Vlastnosti slinutých karbidů po hlubokém zmrazení

Properties of cemented carbides upon deep freezing

Antonín Kříž, David Bricín

University of West Bohemia, Czech Republic, kriz@kmm.zcu.cz

Hluboké zmrazování nachází značnou v praxi značné uplatnění a to nejen u tradičních nástrojových ocelí, ale i u takových materiálů jako je šedá litina. V minulosti byly provedeny ověřující experimenty, které potvrdily, že hluboké zmrazování litinových brdných kotoučů vede k větší trvanlivosti a menší deformaci a to i při náročném provozu. V současné době se hledají další možnosti využití hlubokého zmrazování různých materiálů. Příspěvek se proto zabývá sledováním vlastností po zmrazování slinutých karbidů.

Byly použity různé druhy slinutých karboidů a to nejen z hlediska velikosti karbidického zrna, ale i pojiva (kobalt nebo nikl). Provedené experimenty potvrdily, že při hlubokém zmrazování nedochází ke změně mikrostruktury (na úrovni mikrometrů), ale dochází ke změně mechanických vlastností. V důsledku těchto změn vyvolaných uvedeným zmražením se nabízí nová možnost prodloužení trvanlivosti břitu řezných nástrojů.

Klíčová slova: hluboké zmrazování, slinuté karbidy, mechanické vlastnosti, řezné nástroje

Deep freezing has found considerable use in industrial practice, not only for traditional tool steels but also for other materials, such as grey cast iron. Earlier verification experiments have confirmed that deep freezing of cast iron brake discs provides longer life and smaller distortion, even under heavy-duty operation. Today, further opportunities for deep freezing for various materials are sought. Therefore, the present contribution maps cemented carbide properties upon deep freezing. The types of cemented carbides used were varied, not only in terms of carbide grain size but also in terms of the binder (cobalt or nickel). Experiments have shown that deep freezing does not alter the microstructure (at micrometer scale) but it does change mechanical properties. These changes promise a new opportunity for extending the life of cutting parts of cutting tools.

Keywords: deep freezing, cemented carbides, mechanical properties, cutting tools

11 Vliv mikrostruktury na hodnoty KV₋₄₆ oceli A694 F60

Effect of microstructure on the steel A694 F60 toughness values KV₋₄₆

Rudolf Foret^{a)}, Jan Čech^{b)}

^{a)} FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, foret@fme.vutbr.cz

^{b)} ŽĎAS a.s., Strojírenská 6, 591 01 Žďár nad Sázavou, Czech Republic, cech@zdas.cz

Ocel ASTM A694 F60 patří mezi HSLA oceli, konkrétně do jejich podskupiny označované jako Low Carbon Bainitic Steels (LCBS), které v zušlechtěném stavu vykazují téměř optimální kombinaci pevnosti a houževnatosti a současně i dobrou svařitelnost. Z LCBS se mimo jiné vyrábí výkovky přírub



SECO/WARWICK

**A GLOBAL LEADER IN ADVANCED
HEAT PROCESSING TECHNOLOGIES
AND PROFESSIONAL TECHNICAL SERVICES**

Expertise includes furnaces and equipment in five categories:

- vacuum heat treatment
- atmosphere heat treatment
- controlled atmosphere brazing of aluminum heat exchangers
- melting, holding, and thermal processing of aluminum
- vacuum metallurgy

We support the development of enterprises by creating innovative technologies.

Our innovative technological solutions and services are used by major customers in industries: automotive, energy, aerospace, tools, medical equipment, nuclear.

SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

www.secowarwick.com

a armatur, které se používají za záporných teplot. V příspěvku je řešena problematika značného rozptylu hodnot KV-46 laboratorních výkovku z oceli A694 F60, a to na podkladě fraktografických a metalografických rozborů, doplněných v omezeném rozsahu o metodu EBSD. Detailně byl studován vliv velikosti původních austenitických zrn, štěpných fazet a tzv. „effective grains size“ na hodnoty KV-46.

ASTM A694 F60 steel belongs to HSLA steels, specifically to sub-group called Low Carbon Bainitic Steels (LCBS), which in tempered state exhibit an almost optimal combination of strength and toughness, as well as good weldability. From LCBS are manufactured forgings of flanges and fittings, which are used at low temperatures. The paper deals with the issue of considerable scattering of values KV-46 laboratory forgings from A694 F60 steel, based on fractographic and metallographic analyses supplemented to a limited extent by the EBSD method. The influence of the size of the austenitic grains, the cleavage facets and the „effective grains size“ on KV-46 values were studied in detail.

12 Predikce vnitřních tlaků v procesech tepelného zpracování *Prediction of internal stresses in heat treatment processes*

Josef Hodek, Antonín Prantl, Pavel Šuchmann

COMTES FHT a.s., Průmyslová 995, 33441 Dobřany, Czech Republic,
psuchmann@comtesfht.cz

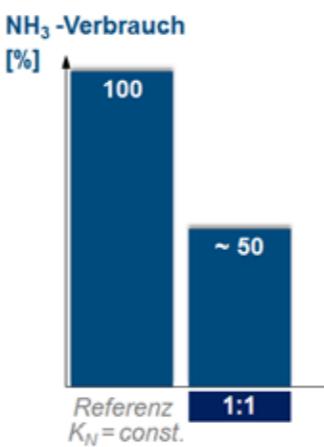
Zbytkové napětí po tepelném zpracování představuje obvykle velkou neznámou. Pokud hodnoty zbytkového napětí známe alespoň přibližně, dokážeme přesněji predikovat kvalitativní vlastnosti zpracovávané součásti. Klasický výpočetní způsob vede k použití metody konečných prvků (MKP) ve vhodném softwaru, ale při tomto přístupu se musí výpočtár potýkat s množstvím problémů zejména pak s určením materiálových vlastností v závislosti na teplotě a strukturních fázích. To vede samozřejmě ke kompromisům, protože získat kompletní materiálová data je prakticky nemožné. Výsledkem takového výpočtu je pak více či méně přesná informace o rozložení zbytkových napětí. Experimentálně-výpočetní metoda řezu (Contour Method) je destruktivní metoda určování zbytkových napětí, která k výpočtu přistupuje zjednodušením na klasickou elastickou úlohu. Její princip [1]-[3] spočívá v šetrném rozdělení zkoumané součásti ve vhodném místě, při kterém dojde k uvolnění části zbytkových napětí a tím i deformaci řezné roviny. Tato deformace je pak změřena a zpětně dosazena do elastické úlohy jako počáteční podmínka. Výpočtem je pak vyřešen stav, kdy dojde k eliminaci deformace řezné roviny a tím i vyřešením stavu napjatosti před řezem. V předkládaném článku je na ilustrativním příkladu popsána aplikace metody řezu na válečku.

Residual stress upon heat treatment is often an unknown quantity. If its value is known, qualitative characteristics of the part can be predicted much more accurately. The classical computational approach involves using the finite element method (FEM) implemented in a suitable software tool. An engineer who chooses this approach faces a number of difficulties, the major one being associated with finding the dependence of material properties on temperature, and identifying microstructural phases during heat treatment. This ends up in compromises because obtaining material data is very demanding and expensive. Eventually, the result provides more or less accurate information about the distribution of residual stress. The contour method is a destructive procedure for mapping residual stresses in which computation is simplified to a classical elastic problem. The method [1]-[3] is based on careful cutting of the component of interest through a suitable location. As a result, some portion of residual stress is released



Gas nitriding process control with variable nitriding potential

NITRO-PULS®



STANGE Elektronik GmbH
Gutenbergstraße 3
D 51645 Gummersbach
Fon: + 49 - 2261 - 95790
Internet: stange-elektronik.com



and the cut surface becomes deformed. The amount of this deformation is measured and substituted in an elastic problem as the initial condition. The conditions under which deformation of the cut surface is eliminated are found by calculation. These conditions then represent the stress state before the cut was made. The present study employs an illustrative example to describe an application of the contour method to a cylinder.

13 Nové tendence v měříci a regulační technice v tepelném zpracování

New trends in measurement and control of heat treatment processes

Jens Baumann

Process-Electronic GmbH, Germany

Driven by necessary cost reduction in order to stay competitive but also driven by new technologies measurement and control of heat treating equipment and processes is constantly improving. This presentation is giving an insight view on the advantages given by new approaches to existing processes and on how new technologies can be implemented in the day-to-day business, on existing furnaces.

The talk will cover generator controls, new calculation of carbon potential, taking methane reaction into account, setting up atmosphere carburizers to minimize intergranular oxidation as well as potential controlled nitriding / nitrocarburizing, carbonitriding and neutral hardening.

14 Modelování proudění kalicího média

Flow modeling of the quenching medium

Pavel Stolař¹, Hiren Rashiwala², Miloslav Harant³

¹ECOSOND s.r.o., ²VUTS Liberec, ³ZVU Hradec Králové, Czech Republic,
stolar@ecosond.cz

Pomocí metod matematického modelování bylo simulováno proudění kalicího média v lázní o objemu cca 64 m³ určené pro kalení výkovků. Cílem modelování byla úprava kalicí lázně (vnitřní přepážky a clony, systém cirkulace lázně) tak, aby byla zaručena minimální definovaná rychlosť proudění kalicího média na vsázkou a došlo k jejímu rovnoměrnému ochlazování. Modelování bylo realizováno variantně pro prázdnou lázeň, různé překážky v lázni a typy vsázek. Další proměnnou byla ochlazovací média (voda a polymerická lázeň).

Mathematical modeling methods simulated the flow of quenching medium in a bath of about 64 m³ for hardening of forgings. The aim of the modeling was to adjust the quenching bath (internal partitions and curtains, bath circulating system) so as to guarantee a minimum defined flow velocity of the quenching medium on the batch and to achieve a uniform cooling thereof. Modeling has been implemented as an alternative to an empty bath, various bath barriers, and types of charges. Another variable was the cooling medium (water and polymer bath).

Vacuum furnace renewal increases its value, optimizes the energy consumption and boosts performances at the same time. TAV Engineering extends the life of your furnace, adapts it to the latest industry regulations and minimizes unplanned downtime. Our long experience in the field and the reliability of the materials selected and tested on our premises, ensure high quality results.

BOOST YOUR OLD VACUUM FURNACE

www.tav-engineering.com

design: idea:r:it

TAV ENGINEERING

QR code

in g+

39 0363 351711

15 Tepelné zpracování TRIP oceli s částečnou nahradou křemíku hliníkem

Heat treatment of the TRIP steel with partial substitution of silicon by aluminium

Ludmila Kučerová^a, Andrea Jandová^a, Josef Káňa^a

^aRegional Technological Institute, University of West Bohemia in Pilsen, Univerzitní 8, 30614 Plzeň, Czech Republic, skal@rti.zcu.cz, jandovaa@rti.zcu.cz, jkana@rti.zcu.cz

Nízko legované vysoko pevné oceli využívající TRIP efekt dosahují zajímavých kombinací poměrně vysokých pevností kolem 800 MPa a vysokých tažností nad 30%. Právě díky svým mechanickým vlastnostem jsou vyvíjeny především pro aplikace v automobilovém průmyslu. Dobré mechanické vlastnosti těchto ocelí jsou podmíněny jejich vícefázovou mikrostrukturou tvořenou směsí feritu, speciálního bainitu bez karbidů a zbytkového austenitu. Tuto mikrostrukturu lze připravit dvoukrokovým tepelným zpracováním s prodlevou na teplotách, na kterých probíhá intenzivní bainitická transformace. V rámci této práce bylo tepelné zpracování provedeno v laboratorní peci na oceli 0.2C-1.5Mn-0.6S-1.5Al. Byly použity teploty ohřevu v rozmezí 770 – 950 °C a následné chlazení na teplotu prodlevy ve vodě nebo v solné lázni o teplotě 400 °C. Byly vyzkoušeny různé teploty této prodlevy od 410 °C do 460 °C. Výsledné mikrostruktury byly analyzovány s využitím řádkovací elektronové mikroskopie a mechanické vlastnosti byly stanoveny zkouškou tahem. Na zpracovaných vzorcích byly dosaženy pevnosti 750 – 908 MPa a tažnosti 33 – 42%.

Low alloyed high strength steel utilizing TRIP (transformation induced plasticity) effect achieve interesting combinations of relatively good strengths around 800 MPa and high elongation above 30%. This is the reason why these steels are developed mainly for an automotive industry. Good mechanical properties of TRIP steels are obtained due to the multiphase microstructure of these steels consisting of ferrite, carbide-free bainite and metastable retained austenite. This microstructure can be prepared by two step annealing with the second hold in temperature region of bainite transformation. This heat treatment was carried out in a laboratory furnace in this work using 0.2C-1.5Mn-0.6S-1.5Al steel. Heating temperatures of 770-950 °C were used with subsequent cooling either in water, or in salt bath heated to 400 °C to the temperature of the second hold. The temperature of the second hold varied from 410 °C to 460 °C. Final microstructures were characterised by scanning electron microscopy and mechanical properties were measured by tensile test. Resulting microstructures achieved the strengths of 750 – 908 MPa and total elongation of 33-42%.

16 Nový postup zpracování záplastkových výkovků z ocelí s obsahem manganu 2,5%

New treatment route for closed-die forgings of steels with 2.5% manganese

Dagmar Bublíková, Štěpán Jeníček, Michal Peković, Hana Jirková

University of West Bohemia, RTI- Regional Technological Institute, Univerzitní 22, CZ – 306 14 Pilsen, Czech Republic, dagmar.bublikova@seznam.cz

V současné době stoupají nároky na záplastkové výkovky z moderních ocelí. Tyto výkovky vyžadují inovativní přístup jak v oblasti konstrukčního řešení, tak v oblasti tepelného zpracování. Důležité



System *COOL PLUS*

**Fully automatic „sub-zero“ treatment down to -145 °C
in SCHMETZ vacuum hardening furnaces and
vacuum tempering furnaces**

- The system *COOL PLUS* integrates a cryogenic treatment module in the single chamber vacuum hardening furnace as well in the vacuum tempering furnace.
- Controlled sub-zero freezing gradient for a slow and smooth cooling to cryogenic temperature reduces the risk of stress cracking.
- Between cryogenic treatment and the following tempering process the load has no contact with surrounding air atmosphere - no surface corrosion can occur.
- The on demand load thermocouple controlled process realizes completely reproducible heat treatment results.
- Already 60 furnaces are in operation worldwide.



je dosažení vysoké pevnosti a zároveň dostatečné tažnosti záplastkových výkovků. Vysoká pevnost bývá často na úkor nízké tažnosti, a je spojena převážně s martenitickou strukturou. Nízkou tažnost lze potlačit určitým podílem zbytkového austenitu ve výsledné mikrostruktúre. Jedním ze způsobů tepelného zpracování, který využívá kombinace martenitu a zbytkového austenitu, je Q-P proces (Quenching and Partitioning). Tento proces je charakteristický rychlým zachlazením z teploty ohřevu na teplotu zakalení, která leží mezi teplotami Ms a Mf a následným ohřevem a výdrží na teplotě přerozdělení. Tímto postupem je možné získat meze pevnosti vyšší než 2000 MPa s tažností přes 10%.

Experimentální program byl proveden na ocelích s obsahem mangani 2,5%. Na výkovcích z těchto ocelí bylo odzkoušeno inovativní tepelné zpracování s cílem zajistit meze pevnosti přes 2000 MPa s dostatečnou tažností. Díky vyššímu obsahu mangani byla snížena teplota Mf až k 78 °C, a proto ochlazení na teplotu zakalení bylo vedle vzduchu provedeno i ve vroucí vodě. Výdrž na teplotě přerozdělení 180°C, při které dochází k difúzi uhlíku z přesyceného martenitu do zbytkového austenitu, bylo provedeno v peci. Posuzován byl vliv parametrů tepelného zpracování na výsledné mechanické vlastnosti a vývoj mikrostruktury v jednotlivých místech výkovku.

Klíčová slova: záplastkové výkovky, Q-P proces, zbytkový austenit, AHSS

The requirements placed on closed-die-forged parts of advanced steels have been increasing recently. Such forgings demand an innovative approach to both design and heat treatment. It is important to obtain high strength and sufficient ductility in closed-die forgings. High strength, mostly associated with martensitic microstructure, is often to the detriment of ductility. Ductility can be improved by incorporating a certain volume fraction of retained austenite in the resulting microstructure. Among heat treatment processes capable of producing martensite and retained austenite, there is the Q&P process (Quenching and Partitioning). This process is characterized by rapid cooling from the soaking temperature to the quenching temperature which is between Ms and Mf, and subsequent reheating and holding at the partitioning temperature. Thus, strength levels of more than 2000 MPa combined with more than 10% elongation can be obtained.

This experimental programme involved steels with 2.5% manganese. Forgings of these steels were heat treated using an innovative process in order to obtain an ultimate strength of more than 2000 MPa combined with sufficient elongation. Thanks to a higher manganese level, the Mf was depressed as low as 78°C, and therefore quenching was carried out not only in air but also in boiling water. Holding at the partitioning temperature of 180°C, when carbon migrates from super-saturated martensite to retained austenite, took place in a furnace. The effects of heat treatment parameters on the resulting mechanical properties and microstructure evolution in various locations of the forging were studied.

Keywords: closed-die forgings, Q&P process, retained austenite, AHSS

Processes

- carburizing, carbonitriding
- nitriding, nitrocarburizing
- annealing, tempering, bright annealing
- pre- and post-oxidizing
- austenitizing under protective gas
- quenching in oil

Types of Furnaces

- horizontal evacuable retort furnaces
- multipurpose chamber furnaces
- pit furnaces with/without retort
- continuous carburizing furnaces
- chamber tempering furnaces
- complete heat treatment lines

Services

- spare parts
- repair and maintenance
- modernization
- training of personnel

Certification DIN EN ISO 9001:2008



17 Využití technologie kalení do záplastky při zpracování TRIP oceli

Use of the press hardening technology for treatment of TRIP steel

Hana Jirková^a, Kateřina Opatová^a, Josef Káňa^a, Martin Bystrianský^a

^aUNIVERSITY OF WEST BOHEMIA, RTI - Regional Technological Institute,
Univerzitní 8, CZ-306 14 Pilsen, Czech Republic, h.jirkova@email.cz

Vícefázové oceli typu TRIP jsou pro svou vlastnost pohlcovat deformační energii při nárazu využívány jako bezpečnostní prvky v konstrukci automobilů. Jednou z možností jak tyto přesné plechové díly vyrábět představuje technologie presshardening. Vlastnosti TRIP ocelí jsou vedle specifického legování, které je ve většině případů provedeno manganem a křemíkem, dány i vhodnými parametry tepelného zpracování. Klíčový parametr zpracování představuje výdrž na teplotě bainitické přeměny, při které dochází nejen k tvorbě bainitu, ale i stabilizaci zbytkového austenitu. Tato prodleva je pro použití v praxi technologicky náročná. Proto byla experimentálně ověřena možnost zpracování tohoto typu ocelí technologií kalení do záplastky.

Pomocí materiálově-technologického modelování byly sestaveny modely odpovídající teplotnímu profilu technologie kalení do záplastky, které byly odzkoušeny na nízkolegované oceli CMnSi. V experimentálním programu byl zjištován vliv teploty nástroje v rozmezí teplot RT až 550°C i vliv různé rychlosti ochlazování na vývoj struktury a mechanických vlastností. Tím byly získány směsné struktury od feriticko-martenzitických až po feriticko-martenziticko-bainitické s různým podílem zbytkového austenitu. Meze pevnosti se pohybovaly v intervalu 730 až 1300 MPa s tažnostmi 24 až 9%.

Klíčová slova: TRIP ocel, zbytkový austenit, kalení do záplastky

Multiphase TRIP steels are able to absorb impact-deformation energy and therefore they are used as safety components in vehicle construction. One of the ways how to produce these precision sheet metal parts is the press hardening technology. Besides specific alloying which in most cases is done with manganese and silicon, the properties of TRIP steels are also determined by the appropriate heat treatment parameters. The key processing parameter is the holding time at the temperature of the bainitic transformation, at which not only the formation of bainite but also the stabilization of retained austenite take place. This holding time is technologically demanding for use in industry. Therefore, the possibility of processing this type of steel by press hardening technology has been experimentally verified.

Material-technology modelling was used to build models corresponding to the press hardening temperature profile. These models were tested on low-alloy CMnSi steels. In the experimental program, the effect of the tool temperature in the range from RT to 550°C, as well as the influence of different cooling rates on the structure development and mechanical properties was investigated. Mixed structures from ferritic-martensitic to ferritic-martensitic-bainitic with different volume fraction of retained austenite were obtained. Tensile strengths ranged from 730 to 1300 MPa with elongations from 24 to 9%.

Key words: TRIP steel, retained austenite, press hardening

PREMIUM VACUUM FURNACES FOR HEAT TREATMENT

Leader in the aerospace sector and in the cutting-edge industry for over 70 years.



SERVICES

We provide a full intervention programme while sharing our expertise.

- Furnace commissioning
- Trainings
- Preventive maintenance
- Control procedures
- Furnace expertise
- Furnace upgrading
- Retrofit
- Relocation of turnkey installations
- Heating chamber repairs
- Spare parts, etc...



18 Průzkum procesu kalení za účelem zlepšení rovinnosti ocelové desky válcované za tepla *The investigations of quenching process for improving the flatness of the hot rolled steel plate*

Liu Yu-Cheng

National Cheng Kung University, Taiwan, heyman810834@gmail.com

The improvement of quenching process on the hot rolled steel plate strongly depends on the degree of plate flatness, resulting from the distortion of the units. The heat transfer characteristics along the steel plate, which rely on the distributions of impinging water jets, are the primary factors that affect the degree of distortion. In this paper, finite element analysis (FEA) was applied to the cooling process of the steel plate manufactured in one of the steel company in Taiwan. A two-dimensional computational model was developed to simulate the distortion of the plate, including crossbows, longbows, center buckles and edge waves. The distributions of the water jet units at the bottom and top of the steel plate are studied to predict the heat transfer coefficients as well as the distortion along the surface and width of the steel plate. The internal stress including thermal and structural stresses contributed from the evolutions of internal structure is additionally investigated to fully understand the phase transformation across the steel plate during the quenching process. This study provides an optimal solution for improving the quality of the steel plate product in the hot rolled steel plate milling process.

19 Zařízení a technologie pro vakuové tepelné zpracování

Equipment and technologies for vacuum heat treatment

Marcin Przygoński

SECO/WARWICK S.A., Poland, m.przygonski@secowarwick.com.pl

Modern, precise, energy efficient and ecological vacuum heat treatment equipment with guaranteed technology. SECO/WARWICK's experience in developing these solutions dates back to the 70s of the twentieth century, when vacuum-based heat treatment technologies emerged in the aerospace, automotive, defense, metallurgical, medical, nuclear, and utility industries. Over the last 25 years, the company's dynamic development has delivered more than 700 complete installations in more than 40 countries, and many of the technologies delivered have become a challenge to traditional technologies.

B.M.I. Fours Industriels

65, rue du Ruisseau - 38297 Saint-Quentin-Fallavier (France)
Sales : +33 (0)4 74 94 34 44 / After-sales : +33 (0)4 74 94 61 61
Fax : +33 (0)4 74 94 10 06 / email : infos@tenova.com
www.bmi-fours.com

20 Technická a metalurgická kritéria instalace izotermického žíhání na výkovcích automobilové převodovky

Technical and metallurgical criteria for installation of isothermal annealing station for car gearbox forgings

Daniel Zimmermann

Bosio, France

Izotermické žíhání součástí převodovky z cementační oceli typu 18NiCr5-4, 16MnCr5 zůstává nezbytnou a povinnou operací kvůli zajištění optimální opracovatelnosti tím, že je dosaženo jasné rozlišené struktury z lamelárního perlitu a feritu.

Jeho provedení v moderní instalaci vyžaduje velmi přesné technické údaje, pokud jde o jeho tepelné a mechanické vlastnosti, kterých se nám podařilo dosáhnout na základě následujících kritérií:

- Princip typové instalace s ovládáním válečků, což umožňuje značnou flexibilitu s ohledem na dopravování kusů volně ložených v koších na dopravníku a na pružnost zpracování v případě změny výrobní řady nebo výrobků.
- Plnění koší pomocí systému automatického dávkování a vážení definovaného podle typu kusu.
- Rychlé a stejnorodé dosažení austenitické struktury s přesností teploty $+/-5^{\circ}\text{C}$ v peci vybavené hořáky se samočinnou rekuperací s vysokou energetickou účinností kombinovanými s tepelnou izolací vláknitých modulů zajišťující značné energetické výnosy.
- Chlazení kontrolované a řiditelné v jednotce vybavené přídavným topením kvůli zajištění rychlosti chlazení nezávisle na mře hustoty zatížení a na masivnosti kusů a zajišťující stejnorodou teplotu mezi jádrem a povrchem kusů.
- Izotermická udržovací pec s elektrickým vytápěním a vybavená mísicími turbínami umožňujícími stejnorodou a úplnou perlitickou transformaci u těchto použitých druhů oceli.
- Koncové chlazení na výstupu pece kvůli dosažení teploty kusů nižší než 50°C .
- Automatické vyprazdňování koší.
- Automatická doprava prázdných koší zpět k nakládací stanici.
- Úplná automatizace linky se zpětnou sledovatelností všech parametrů a diagnostikou na všech úrovních.
- Odpovídá pracovním podmínkám automobilových výrobců při kontinuální výrobě 7 dnů v týdnu.
- Možnost provádět klasické normalizační žíhání s pomalým chlazením.

Tato instalace se zpracovatelskou kapacitou 1 000 kg/h byla studována zvláště, pokud jde o chladicí jednotku s přídavným topením a její flexibilitu zpracování, díky které je dosaženo metalurgických výsledků odpovídajících nárokům koncového klienta.

Isothermal annealing of gearbox parts made of 18NiCr5-4, 16MnCr5 carburizing steel remains a necessary and compulsory operation in order to secure optimum workability by achieving clearly defined laminated pearlite and ferrite structures.

Its implementation in a modern installation requires very accurate technical data in terms of thermal and mechanical properties, which we managed to achieve based on the following criteria:

- A principle of type installation with rollers control which allows substantial flexibility with regard to the transport of parts loosely placed in the baskets on the conveyor and the flexibility of processing in the case of a change of production type or product.
- Filling baskets using an automatic loading system and weighing defined according to the part type.
- Quick and homogeneous reaching of austenitic structure with temperature accuracy of $\pm 5^{\circ}\text{C}$ in the furnace fitted with burners with automatic recovery with high energy efficiency combined with thermal insulation by fibrous modules securing substantial energy yield.
- Cooling regulated and controllable in the unit equipped with additional heating to secure cooling rate irrespective of the degree of loading and the size of the parts and securing homogeneous temperature in the core and surface of the parts.
- Isothermal holding furnace with electric heating equipped with mixing turbines allowing homogeneous and full pearlite transformation of these types of steel.
- Terminal cooling at the outlet of the furnace to reduce the temperature of parts below 50°C .
- Automatic emptying of baskets.
- Automatic transport of empty baskets back to the loading station.
- Full automation of the line with tracking of all parameters and diagnostics at all levels.
- It corresponds to the operating conditions of automotive manufacturers with continual production 7 days a week.
- Possibility to implement standard normalizing with slow cooling.

This installation with the processing capacity of 1,000 kg/h has been studied particularly as regards the cooling unit with additional heating and its processing flexibility due to which metallurgical results are achieved corresponding to the requirements of the end client.

21 Nová uzavřená kalicí pec Innova 4.0 - první zkušenosti z praxe

New sealed quench furnace Innova 4.0 - first experiences from practice

Richard Wethmar

IVA Industrieöfen GmbH, Germany, Richard.Wethmar@tenova.com

After its presentation in 2015 as a new invention for heat treatment industry, the new sealed quench furnace InnoVA 4.0 has been successfully launched this year. The experiences with this furnace – tested in daily production business at a commercial heat treater – have proven that InnoVA 4.0 is a solution offering a high operational reliability, reproducible material quality and a maximum productivity. Being able to treat charges up to 2.000 kg gross weight, and combining an oil bath with 12 m³ with an innovative charge transportation system inside, furthermore a permanent monitoring of media and energy flow, InnoVA 4.0 is a user-friendly, service reduced component which is also capable of being integrated into the process of manufacture.

22 Vývoj prototypu zařízení pro kalení trubek v Třineckých železárnách

Development of the tube quenching unit in Třinecké železárnny

Milan Hnízdil^b, Rostislav Turoň^a, Michael Squerzi^a, Martin Chabičovský^b, Pavel Simeček^c, Miroslav Kreisinger^d

^aTŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., Průmyslová 1000, 739 61 Třinec, Czech Republic

Rostislav.Turon@trz.cz, Michael.Squerzi@trz.cz

^bBrno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Heat transfer and fluid flow laboratory, Technicka 2896/2, 616 69, Brno, Czech Republic, Milan. Hnidil@vut.cz

^cITA,spol. s. r. o., Martinská 501/6, 709 00 Ostrava 9, Czech Republic, Pavel.

Simecek@ita-tech.cz

^dBKB Metal, a. s., Hlubinská 917/20, 702 00 Ostrava, Czech Republic, Miroslav.

Kreisinger@bkbmetal.cz

Tento článek popisuje jednotlivé etapy vývojových prací, na jejichž konci stojí funkční prototyp kalícího zařízení, jako součást soustavy technologických zařízení pro tepelné zpracování zušlechtěním bezešvých ocelových trub pro oblast OCTG a energetiky v Třineckých železárnách. Vývojové práce byly zahájeny v Laboratoři Přenosu Tepla a Proudění Brno laboratorními testy a numerickými simulacemi chlazení vzorků trubek pro potřeby návrhu typu trysek jednotlivých prstenců a jejich uspořádání do ochlazovacího kolektoru, včetně doporučení množství a tlaku vody a stanovení odpovídajícího součinitele přestupu tepla pro další numerické simulace. Na základě těchto informací byly ve firmě ITA Ostrava provedeny výpočty ochlazování trubek různých jakostí a rozměrů včetně predikcí jejich finálních metalurgických vlastností s cílem stanovit počet a konfiguraci kolektorů kalícího zařízení včetně posouzení vlivu transportní rychlosti na dosaženou tvrdost trubek po zakalení.

Výsledkem vývojových prací byly základní rozměrové a technologické parametry prototypu kalícího zařízení, které posloužily jako podklad firmě BKB k vytvoření výrobní dokumentace a následné výrobě prototypu. V současnosti na prototypu probíhá optimalizace technologie kalení (v rámci projektu FV10253 „Výzkum a vývoj progresivních mikrolegovaných materiálů pro teplotně řízené válcování a ochlazování s následným zušlechtěním bezešvých trub pro použití v oblasti OCTG a strojního průmyslu“). Článek shrnuje postupy a výsledky jednotlivých vývojových etap včetně výsledků měření teplot trubek při reálném provozu prototypu a výsledků doplňujících numerických simulací jeho reálné ochlazovací schopnosti. Článek rovněž popisuje funkcionality programu HT_TUBE_SETUP vytvořeného pro podporu technologa při stanovování strategie ochlazování s ohledem na dosažení požadovaných metalurgických vlastností kalených trubek různých rozměrů a jakostí.

This paper describes the stages of applied research and development leading to a functional prototype of a QUENCHING UNIT. It became a part of a closed facility of process equipment for thermal treatment by refining and other methods of annealing of seamless steel tubes for the OCTG industry (Oil Country Tubular Goods), power engineering and mechanical engineering in Třinecké Železárnny. The development of the prototype has been divided into several stages: mapping of the current state and critical assessment of the technical and technological level of the existing equipment in the Tube Mill, laboratory testing of tube samples cooling in the Heat Transfer and Fluid Flow Laboratory (Heatlab) of Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology (FME BUT), including numerical simulations by ITA Ltd. in Ostrava (ITA) with the prediction of the initial settings of the process parameters for the recommendation

of the technological configuration of the quenching unit prototype and finally a comprehensive technical design of the prototype QUENCHING UNIT in cooperation with BKB Metal. The design of the prototype technical solution served as the basis for the creation of the detailed engineering documentation with the subsequent construction of the prototype QUENCHING UNIT. Currently, the QUENCHING UNIT is used for optimization of the quenching technology and for introduction of technology for production of new steel grades for refining. The paper summarizes the procedures and results of individual development stages, including the results of measured temperatures of tubes during actual operation of the prototype and the results of additional numerical simulations of its actual cooling capacity. The paper also describes the functionality of the new software HT_TUBE_SETUP designed to provide support to a technologist during determination of cooling strategies with respect to achieving the required metallurgical properties of quenched tubes of various sizes and quality grades

23 Grafitový materiál pro vysokoteplotní aplikace *Graphite materials for high-temperature applications*

Pavol Bujna, Ľubomír Štefke

KOMPOZITUM s.r.o., Ilkovičova 3, 841 04 Bratislava - Karlova Ves, Slovak Republic

V této přednášce jsou popsány a analyzovány vlastnosti grafitového materiálu z hlediska použití při vysokoteplotních aplikacích. Jsou zde zmíněny klíčové vlastnosti grafitových dílů pro použití při tepelném zpracování kovů ve vakuových pecích. Grafit má ale také svá omezení a i tyto budou v příspěvku diskutovány.

This paper presents analysis of graphite material in terms, i.e. heating elements for vacuum furnaces. The first paper deals with structural modifications of carbon. It describes crystalline structures and bonds of four carbon modifications. The second part is devoted to technological process of production of artificial graphite materials. It describes basic raw materials used in such production and separate technological operations. The final part of the paper analyzes physical and mechanical properties of graphite material which significantly influence their use in high-temperature applications. Great attention is devoted to dependence of change of properties on increasing temperature.

24 Přípravky pro tepelné zpracování, materiály a konstrukce *Heat treatment fixtures, alloys and design*

Stanislav Pálka

Cronite CZ, Škrobárenská 484/8, 617 00 Brno, Czech Republic, stanislav.palka@safecronite.com

Komplexnost řešení a precizní optimalizace tvaru přípravků pro tepelné zpracování v kombinaci s volbou optimálního materiálu tvoří základ pro dosažení kvalitních výsledků tepleného zpracování. Firma Safe Cronite se již přes 60 let zabývá právě tímto složitým úkolem a díky nabýtým zkušenostem je schopna dodávat svým zákazníkům vždy to nejlepší řešení a dosahovat dlouhé životnosti přípravků. Mimo standardních přípravků tak lze dodat i vysoce optimalizované či jednoúčelové přípravky ze speciálních slitin, vyvinutých speciálně dle nejnovějších trendů v tepelném zpracování jako například Mancellium či v současnosti nově vyvinuté materiály CR. Již delší dobu trh očekává zvýšení pracovních

teplot v procesu nízkotlakého nauhljení k 1050°C. I firma Cronite se na tento trend připravuje a je již dnes schopna dodat materiály, které jsou schopny v těchto podmínkách dlouhodobě pracovat a odolat jak z pohledu pevnostního, tak i z pohledu chemické odolnosti.

Complexity of the solutions and precise optimization of the shape of heat treatment fixtures together with the choice of the optimal material makes the basis to reach high quality results of the heat treatment. Since more than 60 years company Safe Cronite deals with this complicated task and thanks to the gained experience it is able to provide the customers with the best solutions to achieve the best possible lifetime. Except for standard fixtures it is possible to supply also highly optimized dedicated fixtures made of special alloys developed in accordance with the newest trends in heat treatment like for example Mancellium or the newest alloys CR. Since some period of time the market is expecting the growth of the working temperatures in LPC up to 1050°C. Also Safe Cronite is getting ready for this change and it is already able to provide the materials which are able to withstand these conditions out of stress and also chemical point of view.

25 Kalicí prostředky, vlastnosti a rozsah použití, nový výzkum a vývoj

Liquid quenchants, properties and range of application, new research and development

Rainer Süß⁽¹⁾, Rainer Braun⁽¹⁾, Filip Vrablik⁽²⁾

⁽¹⁾BURGDORF GmbH & Co.KG, Birkenwaldstrasse 94, GER - 70191 Stuttgart,

⁽²⁾ECOSOND s.r.o., Krizova 1018, CZ-15000 Praha 5, mail@burgdorf-kg.de, ecosond@ecosond.cz

According to DIN EN 10052 quenching is defined as „Cooling a part faster than with still air“. The quenching media commonly used for heat treatment of steel and aluminium parts are water, brine, aqueous polymer solutions, quenching oils, molten salts and pressurized gases such as air, nitrogen, hydrogen and helium.

Quenching is a very important part of the heat treatment process and its success. The heat transfer characteristics of the quenchant strongly influence the parts' microstructure after heat treatment, the resulting mechanical properties of the quenched component but also the amount of internal stresses and distortion.

The choice of the quenchant, its proper use and adaptation to the specific component, heat treatment installation and heat treating process is mandatory to make sure that the heat treated part meets the well defined requirements for safe, consistent and longtime functioning. Last not least an optimized quenching process helps to minimize the costs for heat treatment and rework.

In this paper the main liquid quenching media like quenching oils and polymer quenchants are presented with their physical and chemical properties and their main application. Moreover the reasons for new research and developments are shown as well an outlook to current developments in regards to these kind of quenchchants but also to heat treatment technologies as well as environmental, health and safety aspects.

26 Praní v tepelném zpracování kovů

Parts cleaning before and after heat treatment of metals

Filip Vráblík¹, Rainer Süß²

¹ECOSOND s.r.o., vrablik@ecosond.cz , Czech Republic

²BURGDORF GmbH & Co. KG, mail@burgdorf-kg.de, Germany

V posledních letech vzrůstá význam čištění povrchů před i po tepelném zpracování kovů s ohledem na požadovanou kvalitu jejich povrchů. Proces praní je nezbytný výrobní krok, který se promítá do nákladů na tepelné zpracování. Zvyšující se požadavky na kvalitu povrchů před a po operacích tepelného a chemicko-tepelného zpracování stejně jako rostoucí povědomí o účinku nedostatečně očištěného povrchu na difúzní procesy mají za následek zvyšující se složitost celého procesu praní. Referát předkládá přehled o stavu techniky v kalírenském prostředí a zohledňuje také potřebnou analýzu procesu praní ve vztahu k součásti, povaze nečistot a jejich množství, parametrů procesu praní až po zvolení vhodného pracího prostředku.

In recent years, the importance of cleaning surfaces before and after heat treatment of metals has increased with respect to the required quality of their surfaces. The cleaning process is a necessary manufacturing step, which ensures the function of engineering component and which is also reflected in the cost of heat treatment. Increasing surface quality requirements before chemical heat treatment operations as well as growing awareness of the effect of poorly cleaned surfaces on diffusion processes result in an increasing complexity of the cleaning process. The report provides an overview of the state of the art technology taking into account the necessary analysis of the cleaning process in relation to the part, the nature of the impurities and their quantity, the parameters of the process, and the choice of suitable washing detergent.

27 Čištění dílců jako nedílná součást tepelného zpracování

Cleaning as an essential step prior heat treatment

Roman Konvalinka

SurTec ČR, s.r.o., Czech Republic, mh@surtex.sk

Nezbytnou součástí tepelného zpracování dílců je řada mycích a čistících kroků. Na jejich vhodném provedení závisí konečná kvalita výrobku. Nedostatečně nebo nesprávně provedené čištění může při následných termických procesechzpůsobit nehomogenitu složení povrchové vrstvy, špatnou přilnavost spojovací vrstvy anebo způsobovat technologické problémy při výrobě.

Cleaning and degreasing steps are essential part prior heat treatment of parts. The proper carry-out of cleaning considerably influences the final quality of the parts. Insufficient or improper cleaning may impair the homogeneity of surface layer and adhesion of bonding layer or may cause technological problems in production during subsequent heat treatment.

28 Řízení procesů nitridace plynem s proměnlivým nitridačním potenciálem pro zajištění úspory až 50% NH₃ *Gas nitriding process control with variable nitriding potential for up to 50% NH₃ saving.*

Stefan Heineck

Stange Elektronik GmbH, Büro Thüringen, Wandersleber Str. 1b, 99192 Apfelstädt, Germany, sheineck@stange-elektronik.de

The requirements for heat treating shops as well as plant engineering increasing permanently and more effective technologies are searched. With a new tested sensor controlled gas nitriding technology the efficiency of the real process reaction of ammonia and the although happens mass transport can be improved.

Especially the ammonia consumption is a crucial cost factor at gas nitriding. In the industry mostly classical gas nitriding processes are done with constant adjusted gas amounts respectively constant nitriding potentials. Although the set values of the gas flow respectively the nitriding potential are changed in several steps empirical. This practice results in high ammonia consumption especially during the start of the nitriding process and with high nitriding potentials. Generally the gas consumption is very high with constant set values.

By the measurement and control of the nitriding conditions especially of the nitriding potential as a basis of a controlled process management a clearly saving of ammonia can be achieved.

29 Řešení pro zavedení „Industry 4.0“ do moderních provozů tepelného zpracování *Solutions for implementing “Industry 4.0” for modern heat treatment plants*

Karl Ritter

ALD Vacuum Technologies GmbH, Germany, Karl.Ritter@ald-vt.de

The industrial demands on processing machines and also on heat treatment systems are increasing constantly. Today, high demands are placed on the transparency of processes with appropriate data access in addition to the highest component quality. Furthermore, there are demands that plants detect faults prior to their occurrence and indicate them to the operator.

By interconnecting the plants with each other with the possibility of accessing corresponding databases, the transparency of productivity, media usage, maintenance tasks is created. With appropriate applications the data can be output on modern devices (Smartphone, Tablet).

ALD Vacuum Technologies GmbH has accepted these challenges for all types of furnaces in their portfolio and offers appropriate solutions.

The lecture presents exemplary solutions for the realization of “Industry 4.0” for the heat treatment plant type ModulTherm.

30 O čem CQI-9 nemluví *What do not speak CQI-9*

Milan Landa

Ing. Milan Landa, Bořetín 2, 470 01 Stružnice, Czech Republic, landam@email.cz

CQI-9 poskytuje nástroje pro trvalé zvyšování kvality v provozech s tepelným zpracováním. Dokument má vynikajícím způsobem zpracovanou část zabývající měřením teplot a eliminací chyb měření. Lze ho použít jako návod, jak docílit požadovaných cílů tepelného pracování. Přílohy zabývající se cementací, však obsahuje pouze seznamy doporučených metod a intervaly kontrol bez jakékoli analýzy vhodnosti a úskalí jejich použití. Cílem přednášky je doplnit praktickou informaci o současných možnostech, na kterých lze v kalírně budovat systém kontroly chemické části nauhličujícího procesu.

CQI-9 provides tools for consistently improving quality in heat treatment operations. The document has an exceptionally processed part dealing with temperature measurement and elimination of measurement errors. It can be used as a guide how to achieve the desired heat treatment goals. However, Process Table A for carburizing only lists recommended methods and check intervals without any analysis of suitability and pitfalls for their use. The aim of the lecture is to supplement the practical information on the current possibilities, in which a system of control of the chemical part of the carburizing process can be built in the hardening plant.

31 Technologie skupiny HEF pro povrchové inženýrství se zaměřením na PVD/PACVD, nitridaci a speciální technologie

Technologies of the HEF Group for surface engineering with focus on PVD/PACVD, nitriding and special technologies

Jan Gerstenberger

HEF-DURFERRIT s.r.o., V Zahradách 21/786, 180 00 Praha 8, Czech Republic, info@hef-durferrit.cz

Společnost HEF GROUPE se sídlem ve Francii, je světovým lídrem v oblasti povrchového inženýrství. Od roku 1953, kdy se transformovala v soukromou společnost z tribologického výzkumného institutu, vyvíjí a poskytuje široké portfolio technologií, které ovlivňují tribologické, mechanické, optické, dekorativní, antibakteriální a elektrické vlastnosti povrchu pomocí povlaků a vrstev od tloušťky v jednotkách nanometrů až po desítky mikrometrů. Společnost, vlastněná jejími zaměstnanci, se díky soustavným reinvesticím do výzkumu a vývoje podílí ve spolupráci s vedoucími společnostmi z oblasti automobilového, leteckého, zbrojařského či strojírenského průmyslu na vývoji nejmodernějších technologií, které ovlivňují vlastnosti finálních výrobků pro široké použití spotřebiteli na řadu let.

V současné době se zaměřuje zejména na oblast snižování emisí a nových pohonů a řešení otázek spojených s ochranou životního prostředí.

The Group HEF, with headquarters in France, is world leader in surface engineering. Since 1953, when transformation from tribological institute to private company has been performed, the company develops and provides wide portfolio of technologies, which affect tribological, mechanical, optical, decorative, antibacterial and electrical properties of surface thanks to coatings and layers with thickness from several nanometres up to tens of microns. The company, owned by its employees, due to continuous reinvestments into research and development, is involved in the development of state-of-the-art technologies that influence the properties of end-products for widespread use by consumers for many years in cooperation with leading automotive, aviation, armaments and engineering companies. Currently, we focus mainly on reduction of pollution emission and new engines, as well as addressing issues related to environmental protection.

32 Cenově a zdrojově efektivní povrchové tepelné zpracování ve strojírenském, nástrojářském, leteckém, petrochemickém a automobilovém průmyslu pomocí Pulzní plazmové®nitridace

Cost- and resource effective surface layer heat treatment in gear, tool, aeronautic, oilfield and automotive industry by PulsPlasma®Nitriding

Dietmar Voigtländer

PVA Industrial Vacuum Systems GmbH, PlaTeG-PulsPlasma®Nitriding Systems
34534 Wettenberg, Germany, voigtlaender@plateg.de

The PulsPlasma®Nitriding of gears and tools is using more and more as alternative to standard heat treatment processes for surface layer hardening for the improvement of wear and corrosion protection. By this the lifetime will be longer due to the specific process conditions against the case hardening by high temperature carburizing or by standard Ammonia nitriding (gas nitriding).

The PulsPlasma®Nitriding is a pollution free technology saving energy and other resources. The total manufacturing costs of workpieces can be reduced significantly. Highly developed concepts of plants and the use of PulsPlasma® technology a uniform treatment of many small parts in one workload is possible as well as the nitriding of large tools or gear parts and components for Oilfield-, Aerospace- and Automotive Industry.

33 Flexibilní indukční kalicí zařízení upravené podle přání zákazníka

Customer-specific, flexible induction hardening machine for hardening workshop

Lukas Fischer

ITG Induktionsanlagen GmbH, Neckarsteinacher Str. 88, 69434 Hirschhorn, Germany, lukas.fischer@itg-induktion.de

In the course of capacity expansion and modernisation measures, together with the customer a hardening machine has been developed that meets the requirements – flexibility, plant availability and process reliability – for a hardening workshop.

In addition to the before mentioned aspects, increased expectations and requirements of the customer concerning reproducibility and quality control for the products have been a further reason for the modernisation activities.

A compact construction adapted to local circumstances, uses of existing tools as well as detailed training sessions and process support has completed the project.

34 Přetavování povrchu elektronovým paprskem plazmově nitridované nadeutektické slitiny Al-Si vzniklé naprašováním

Investigation of electron beam surface remelting of plasma nitrided spray-formed hypereutectic Al-Si alloy

Eugen Hegelmann^a, Anne Jung^a, Philipp Hengst^a, Rolf Zenker^{a,b}, Anja Buchwalder^a

^aTU Bergakademie Freiberg, Institute of Materials Engineering, Germany, eugen.hegelmann@iwt.tu-freiberg.de

^bZenker Consult, Mittweida, Germany, contact@zenker-consult.de

Plasma nitriding of aluminium alloys is a suitable method for improving wear resistance because of the hard ceramic AlN layer formed. However, the surface's load-bearing behaviour is greatly limited by the low hardness of the Al base material. Previous studies deal with pre-treatment (such as surface alloying) for improving hardness, but the effect is limited by the thermal instability of the layers formed at the nitriding temperature (approx. 475 °C).

New investigations regarding improved load support of the thin AlN layer examine the treatment sequence of nitriding and subsequent EB remelting. This sequence is enabled solely by the higher melting temperature of AlN (approx. 2000 °C) compared to the Al base material (approx. 515 °C). Because of its broad range of beneficial alloying elements (Si, Fe, Cu, Mg), a hypereutectic Al-Si alloy (DISPAL S232) – made by spray forming – was used as the base material. The electron beam remelting process was carried out on samples with a nitride layer thickness of approx. 3 µm.

The focus of the present contribution is on the influence of both the beam deflection technique and the specific energy input on surface deformation, and therefore encompasses such factors as nitride layer damage, microstructure, phase formation and wear characteristics. As a result of the newly formed phases, grain refinement and oversaturation of the aluminium solid solution, the surface hardness beneath the nitride layer could be increased by up to three times compared to that of the initial base material. The estimated enhancement in load support was evaluated by unlubricated wear tests using a pin-on-disc configuration and scratch tests under constant loading conditions. Furthermore, the wear mechanisms were investigated by means of detailed SEM examination of the remelted surface layer.

35 Vliv vychylování elektronového svazku na vlastnosti povrchově kaledých vrstev

Properties of electron beam hardened layers made by different beam deflection

Jiří Matlák, Ivo Dlouhý

VUT Brno, Czech Republic, Matlak.Jirka@gmail.com

The usage of the high-energetic source electron beam enables repeated surface quenching of chosen areas of an engineering part surface. Different techniques of electron beam deflections allow the creation of hardened layers of different shapes and above all thicknesses. Experiments were carried out on material 42CrMo4 (1.7225) and one point, seven points, eleven points, line, field and meander were tested deflection. Influence of process speed and defocusing of the electron beam was studied. Properties of layers were compared with induction hardened layers. The electron beam surface quenching resulted in a very fine martensitic microstructure with the hardness over 700 HV0.5. The thickness of the hardened layers depends on the type of deflection and depends directly (except field deflection) on process speed. The maximum observed depth was 1.49 mm. Electron beam defocusing affects the width of the hardened track and can cause extension of the trace up to 40%. The hardness values continuously decrease from the surface to the material volume.

36 Vliv metody vedení paprsku a procesních parametrů při přetavování litiny na ledeburitickou strukturu pomocí elektronového paprsku s následnou tvorbou nitridových vrstev

Influence of beam guidance technique and process parameters during electron beam remelting of cast iron on ledeburite morphology and the subsequent formation of nitride layers

Anja Holst^a, Anja Buchwalder^a, Paul Hollmann^a, Rolf Zenker^{a,b}

^aTU Bergakademie Freiberg, Institute of Materials Engineering, Gustav-Zeuner-Str. 5, D-09599 Freiberg, Germany, anja.holst@iwt.tu-freiberg.de

^bZenker Consult, Johann-Sebastian-Bach Str. 12, D-09648 Mittweida, Germany, contact@zenker-consult.de

Electron beam remelting (EBR) of cast irons is an established procedure for generating hard and wear-resistant functional surfaces. Due to process-specific rapid cooling after the surface melting of cast iron, solidification occurs according to the metastable system, and a ledeburitic surface-layer microstructure is generated (eutectic carbide + austenite + pearlite). When a subsequent nitriding process is added, carbide morphology and distribution have a decisive influence on the formation of nitride layers.

In this analysis, investigations on the influence of different EB process parameters are presented and discussed, such as beam current and acceleration voltage, as well as the effect of focus position on the ledeburite morphology, the layer thickness and surface deformation after the EBR process. Cast iron with globular graphite was used as the base material for the present investigations.

The classification of the ledeburite was carried out by examining polished metallographic cross-sections for the determination of the EBR layer thickness, the layer hardness and the secondary dendrite arm spacing. The latter factor also allowed conclusions to be reached regarding the rates of cooling. Furthermore, the local distribution of C and Si in the microstructural constituents of the ledeburitic surface layer was essential in understanding the diffusion processes and phase transformations during the subsequent nitriding process. For this reason, EBR layers with defined coarse and fine ledeburitic carbides were generated and characterized in detail using EDX surface scans.

The influence of the local microstructure, the carbide morphology and the element distributions in the EBR layer on the formation and properties of the nitride layers are discussed in light of initial nitriding experiments. Based on these findings, further optimization of the surface layer is possible with respect to the selection of parameters for both the EBR and nitriding processes.

Keywords: Electron beam, Remelting, Gas-nitriding, Duplex surface treatment, Nodular cast iron

37 Pokročilá řešení pro materiálové analýzy v práškové metalurgii

Advanced solutions for material analysis in powder metallurgy

David Černický

Metalco Testing s.r.o., Czech Republic, david.cernicky@metalco.cz

V naší prezentaci se podíváme na inovativní a efektivní řešení pro elementární chemickou analýzu, metalografickou přípravu, mikrostrukturní analýzu a měření tvrdosti práškových kovů. Částečně se dotkneme oblasti výroby aditiva, procesu vstřikování prášku, analýzy velikosti tvaru a částic, či tepelné úpravy.

Kontrola kvality kovových prášků používaných pro práškové metalurgické procesy je důležitá pro zajištění kvality výsledného produktu. Typickým příkladem je měření obsahu uhlíku v oceli, protože to výrazně ovlivňuje tvrdost konečného produktu.

Při procesu slinování mohou nežádoucí chemické prvky, jako je kyslík ze vzduchu (koroze) nebo vodík z vlhkosti (vodíková křehkost), snížit kvalitu výrobku tak a musí být analyzovány také.

Kovové součásti vyžadují důkladné zkoušení, zejména po procesu slinování. Zde je třeba použít vysoce kvalitní metalografické přístroje pro řezání, leštění a leptání pro dokonalou přípravu povrchu výbrusu jako předpoklad spolehlivé mikrostrukturní analýzy.

Automatizovaná řešení poskytují přípravu vzorků, která je pohodlná a reprodukovatelná. Provedené testování tvrdosti vyráběných spékaných kovů se musí vyrovnat s přirozenou porézností slinutých kovů, aby byla zajištěna konzistentní kvalita každé měřené dávky.

In our presentation, we will look on innovative and efficient solutions for Elemental Analysis, Metallographic preparation, Microstructural Analysis and Hardness Testing of powder metals. We will partly touch also area of additive manufacturing, powder injection moulding process, Particle Size and Shape Analysis, Heat Treatment.

The quality control of the metal powders used for powder metallurgical processes is important to ensure a high-quality end product. A typical example is measuring the carbon content in steel, e.g., as this considerably influences the hardness of the final product.

During the sintering process, unwanted chemical elements like oxygen from air (corrosion) or hydrogen from moisture (hydrogen embrittlement) may degrade the quality of the product so that these should be analysed, too.

Metal parts require thorough testing, for instance after the sintering process. Here high-quality machines for cutting, polishing and etching has to be used for a perfect surface preparation as prerequisite for reliable microstructural analysis.

Automated solutions deliver sample preparation, which is convenient and reproducible. Performed hardness testing of the manufactured metals has to cope with natural porosity of sintered metals to ensure consistent quality of every batch measured.

38 Pokročilé metody metalografickej prípravy výbrusov: Analýza mikroštruktúry fázových transformácií po tepelnom spracovaní komerčne čistého Ti

Advanced metallography techniques of sample preparation: Microstructure analysis of phase transformation after thermal treatment in commercially pure Ti

Viera Gärtnerová^a, Karel Tesař^b

^aStruers GmbH, ^bFJFI ČVUT Praha, Czech Republic, viera.gaertnerova@struers.de

Titán a jeho zlatiny majú vzhľadom k ich mechanickým vlastnostiam, nízkej hustote a vynikajúcej koróznej odolnosti silné zastúpenie v mnohých odvetviach (medicína, chemický, petrochemický a transportný priemysel, kozmické aplikácie). Aj napriek výhodám radíme titán z hľadiska spracovania k mechanicky ťažko obrábateľným a nepoddajným materiálom. Problematická obrobiteľnosť Ti spôsobuje aj zložitejšiu metalografickú prípravu vzoriek pre mikroskopické pozorovania.

V príspevku budú ukázané postupy mechanickej, mechanicko-chemickej a chemickej prípravy komerčne čistého Ti (cp-Ti) s duplexnou štruktúrou získanou rôznym tepelným spracovaním. Fázy duplexnej štruktúry cp-Ti sa líšia mechanickými vlastnosťami a zvyšujú nároky na prípravu vzoriek pre pozorovania pomocou svetelnej mikroskopie (LM), riadkovacej elektrónovej mikroskopie kombinovanej s detekciou spätne odrazenej elektrónovej difrakcie (SEM-EBSD) a transmisnej elektrónovej mikroskopie (TEM).

Cieľom príspevku je prezentovať možnosti komplexnej prípravy problematického materiálu a ukázať, že vhodnou kombináciou dostupných technológií a skúseností je možné dosiahnuť požadované výsledky bez ohľadu na vstupný materiál aj pre techniku SEM-EBSD.

Due to low specific density, excellent mechanical properties and corrosion resistance, Titanium is commonly used in different applications such as medicine, chemistry, transport and aerospace industry. Despite generally outstanding properties, Ti belong to difficult-to-work material, which also make metallography very challenging task.

In this contribution, we intend to show mechanical, mechanical-chemical and chemical routes for successful metallography of commercially pure (cp) Ti with duplex structure, which was obtained by appropriate thermal treatment. The two phases in cp-Ti significantly differ in mechanical properties, which make metallography very tricky and further emphasize sensitivity to the proper choice of processing conditions for successful observation via light microscopy (LM), scanning electron microscopy (SEM) combined with electron backscatter diffraction (EBSD) and transmission electron microscopy (TEM).

The aim of this presentation is to demonstrate that combination of advanced metallography techniques and expertise in difficult-to-work material may result in required information even for techniques such as SEM-EBSD.

39 Technika LAM PLAN pro přípravu metalografických vzorků

LAM PLAN technology for preparation of metallographic samples

Libor Keller, Roman Zapletal

TSI System s.r.o., Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Czech Republic, info@tsisystem.cz

Od roku 1962 působí LAM PLAN jako specializovaný dodavatel leštících technologií. V tomto oboru je nositelem řady významných patentů. Na ty jsou navázány moderní prostředky pro přípravu metalografických vzorků, známé pod obchodními názvy CAMEO DISK, TOUCHLAM, NEODIA a BIO DIAMANT. Plného využití jedinečných vlastností těchto prostředků se dosáhne na metalografických strojích LAM PLAN, které tak společně zaručí dokonalé zpracování metalografických vzorků. Dělicí stroje CUTLAM, zalévací lisy PRESSLAM a brousicí a leštící stroje SMARTLAM a MASTERLAM představují svými inovativními vlastnostmi technologický vrchol zařízení pro metalografické laboratoře a umožňují komplexní přípravu vzorků pro vyhodnocení strukturního stavu materiálů.

Since 1962 LAM PLAN acts as a specialized supplier of polishing technologies. In this field is the holder of many important patents. They are linked to modern consumables for preparation of metallographic samples, known under the trade names CAMEO DISK, TOUCHLAM, NEODIA and BIO DIAMANT. Full use of the unique properties of these consumables will reach by using the metallographic machines LAM PLAN, which together guarantee the perfect processing of metallographic samples. Cutting machines CUTLAM, mounting presses PRESSLAM and grinding and polishing machines SMARTLAM and MASTERLAM represent top technology equipment for metallographic laboratories and allow the complex preparation of samples for evaluation of structural state of materials.

40 Faktory ovlivňující přesnost měření tvrdosti:

Celkem 44 faktorů rozdelených do skupin, vysvětlení jak minimalizovat jejich vliv

Factors influencing hardness-testing measurements: In total 44 factors separated to groups, explanation how avoid their influence

Martin Josífek

Struers GmbH, Czech Republic, Martin.Josifek@struers.de

Existuje 44 faktorů ovlivňujících přesnost měření tvrdosti. Tyto faktory můžeme rozdělit do skupin dle jejich původu na faktory vycházející z vlivů:

- přístroje
- metodiky
- materiálu
- operátora

- prostředí

Tyto vlivy se dále dělí a mají své příčiny. V okamžiku, kdy známe příčinu ovlivňující naše měření, můžeme ji eliminovat. Cílem příspěvku je obeznámit posluchače se všemi možnými faktory ovlivňujícími měření tvrdosti a ukázat, jak se tímto vlivům vyhnout, nebo jak se s nimi vypořádat.

There are 44 factors, which govern precision of hardness measurement. It is possible to recognise main influences of hardness testing factors and split them up into groups reflecting their source:

- influence of equipment
- influence of methodology
- influence of Material
- influence of Operator
- influence of Environment

These main groups have various causes and can be further categorised. In case we know the cause, which influence our measurement, we can eliminate it. The aim of this presentation is to show all the factors, which influence hardness measurement and to show how to overcome those factors.

41 Leco AMH55 automatický systém měření tvrdosti

LECO AMH55 Hardness Testing Systems

Jan Kuna

LECO Instrumente Plzeň, spol. s r.o., Czech Republic

- Automatický systém měření tvrdosti AMH55
- Leco přístroje na přípravu metalografických vzorků
- Automatic hardness testing system AMH55
- Leco instruments for sample preparation

42 Příčiny, které mohou ovlivnit životnost forem pro tlakové lití hliníku – mat. WN 1.2343

The causes which may affect life of casting moulds - WN 1.2343

Stanislava Rašková

Ing. Stanislava Rašková, MBA, Czech Republic, raskova.s@seznam.cz

Životnost licích forem pro tlakové lití vyrobených z materiálu WN 1.2343 bývá nestabilní. Které aspekty lze ještě poznat a ovlivnit, aby bylo možno dosáhnout vyšší životnosti forem pro tlakové lití hliníku.

Life of casting moulds for pressure casting produced from material WN 1.2343 is unstable. Which aspects can be and achieve higher life of casting moulds.

43 Vysokoteplotní chování nové slitiny Fe-Al-Si vyrobené postupy práškové metalurgie

High-temperature behaviour of new Fe-Al-Si alloy produced by powder metallurgy

Pavel Novák, Kateřina Nová, Tomáš Vanka, Filip Průša

Department of Metals and Corrosion Engineering, University of Chemistry and Technology Prague, Technická 5, 166 28 Prague, Czech Republic, panovak@vscht.cz

Práce popisuje vlastnosti nově vyvinuté slitiny Fe-Al-Si pro vysokoteplotní aplikace. Jedná se o materiál tvořený intermetalickými sloučeninami FeAl, FeSi a Al₂FeSi, který byl připraven postupy práškové metalurgie s využitím mechanického legování a slinování moderní metodou „spark plasma sintering“. Byla popsána odolnost vůči oxidaci při teplotách 800 a 1000 °C a mechanické vlastnosti do teploty 700 °C. Při oxidaci se slitina pokrývá vrstvou oxidu hlinitého, který ji účinně chrání před další oxidací. V případě mechanických vlastností dochází k nárůstu meze kluzu a meze pevnosti v intervalu teplot 400 – 500 °C.

This work describes properties of newly developed Fe-Al-Si alloy for high-temperature applications. This alloy is a material composed of FeAl, FeSi and Fe₃Al₂Si₃ intermetallic compounds, which was prepared by powder metallurgy using mechanical alloying and spark plasma sintering. The oxidation resistance at the temperatures of 800 and 1000 °C was described, as well as the mechanical properties up to 700 °C. During oxidation, the alloy covers by aluminium oxide layer, which protects it against further oxidation. Concerning the mechanical properties, the yield strength and ultimate compressive strength increase in the temperature interval of 400 – 500 °C.

44 Vysokoteplotní oxidace intermetalik na bázi systému Ti-Al-Si

High-temperature oxidation of intermetallics based on Ti-Al-Si system

Anna Knaislová^a, Vendula Šimůnková^a, Pavel Novák^a

^aDepartment of Metals and Corrosion Engineering, University of Chemistry and Technology Prague, Technická 5, 166 28 Prague, Czech Republic, knaisloa@vscht.cz

Slitiny Ti-Al-Si vynikají svojí nízkou hustotou a dobrou odolností proti vysokoteplotní oxidaci ve srovnání s dosud běžně používanými slitinami niklu. Přídavek křemíku ve slitinách Ti-Al-Si má výrazně pozitivní efekt na vysokoteplotní oxidaci, jelikož zlepšuje adhezi oxidové vrstvy. Cílem práce je popis oxidační odolnosti slitin Ti-Al-Si připravených reaktivní sintrací s následnou kompaktizací pomocí metody Spark Plasma Sintering a zhodnocení tepelné stability slitin při teplotě 1000 °C, která přesahuje dosud udávanou mezní teplotu použitelnosti slitin systému Ti-Al.

Ti-Al-Si alloys excel with their low density and good resistance against high-temperature oxidation in

comparison with so far commonly used nickel alloys. Silicon in Ti-Al-Si alloys has significant positive effect on high-temperature oxidation due to increasing adhesion of oxide layer. The TiAl2Si20 alloy was evaluated as the best alloy from tested ones, because its oxide layer protected very well the basic material and TiAl2Si20 achieved good hardness after 400 hours of annealing.

45 Řízené stárnutí profilů z vytvrditelných slitin hliníku – provozní diagnostika

Controlled aging profiles age hardening – working diagnostics

Břetislav Skrbek^a

^aTU v Liberci, Studentská 2, 461 17 Liberec, Czech Republic, Bretislav.skrbek@tul.cz

Princip vytvrzování slitin Al; metoda vřívivých proudů. Profily dodané po rozpouštěcím žíhání. Experiment – výrobky a slitiny. Diagnostiky přístroji NORTEC SIGMATEST. Aplikační vývoj kontrolních úloh Provozní kontrola.

Principle hardening cimpresion – molded Al alloys; method Eddy current.Shapes delivered after diossolvent annealing. Experiment – producte and alloys. Temperatur, time aging, hardenes and tensile strenght. Apparatus NORTEC, SIGMATEST, application development control work. Functional verification.

46 Tepelné zpracování 3D-tištěné slitiny titanu

Thermal treatment of 3D-printed titanium alloy

Michaela Fousová^a, Dalibor Vojtěch^a

^aUniversity of Chemistry and Technology Prague, Technická 5, 166 28 Prague, Czech Republic, fousovam@vscht.cz

In the metals processing, 3D printing is a relatively new technology. It brings many advantages into production thanks to its additive principle, which it is based on. One of the intended applications of 3D printing is especially regenerative medicine and aerospace industry that require products of very complex shapes. In these domains, titanium along with its alloys belongs among the most frequently used materials. When printing Ti6Al4V alloy, a problem in the form of high internal stresses that results from very high cooling rates during successive laser melting of initial powder material, occurs. These stresses are followed with low material plasticity, possible cracking of built products, deformations of thin parts and similarly. Therefore, after the 3D printing process itself, a thermal treatment is applied to relief the stresses. The object of this contribution is to show the influence of atmosphere in thermal treatment process on the quality of final parts. The results show that oxygen absence is essential in terms of material plasticity.

3D tisk je v oblasti zpracování kovových materiálů relativně novou technologií. Přináší do výroby celou řadu výhod díky aditivnímu principu, na kterém je založen. Jedněmi z cílených aplikací 3D tisku jsou zejména regenerativní medicína či letecký průmysl, které vyžadují tvarově velmi složité výrobky. V těchto oblastech patří mezi nejvyužívanější materiály zejména titan a jeho slitiny. Problémem při zpracování

slitin Ti6Al4V 3D tiskem jsou vysoká pnutí vznikající v materiálu jako důsledek vysokých ochlazovacích rychlostí, ke kterým během postupného laserového tavení výchozího práškového materiálu dochází. Tato pnutí jsou doprovázena nízkou plasticitou materiálu, možným praskáním výrobků, deformacemi tenkých částí apod. Proto se aplikuje po samotném 3D tisku tepelné zpracování, které tato pnutí minimalizuje. Předmětem tohoto příspěvku je ukázat vliv atmosféry tepelného zpracování na kvalitu finálních výrobků. Výsledky ukazují, že z hlediska plasticity materiálu je nezbytností úplná absence kyslíku.

47 Vliv tepelného zpracování na bioaktivitu nanostrukturovaných povrchů

Effect of the heat treatment on the bioactivity of nanostructured surfaces

Vojtěch Hybášek¹, J. Fojt¹, Z. Kačenka¹, E. Průchová¹, P. Jarolímová¹

¹University of Chemistry and technology Prague, Czech Republic, hybasekv@vscht.cz

Titan a titanové slitiny patří v současné době k materiálům první volby v mnoha oblastech implantologie. Je tomu tak díky jejich vysoké korozní odolnosti a biokompatibilitě. Povrch těchto materiálů může být bioaktivován, tedy podroben operacím, které vedou k podpoře osseointegrace. Jednou z možností je tvorba nanostruktury kombinací elektrochemických a chemických reakcí. Vzniklá nanotubulární oxidická struktura má příznivý vliv na precipitaci hydroxyapatitu z tělního prostředí a na proliferaci kostních buněk. Primárně má takto vytvořená vrstva amorfni charakter, ale pomocí tepelného zpracování je možné její převedení na krystalické formy oxidu titaničitého s dalším pozitivním vlivem na bioaktivitu. V rámci příspěvku budou prezentovány výsledky zvýšení bioaktivity materiálu tvorbou nanotubulární struktury připravené na titanu a vývojové beta slitině Ti-39Nb, a vliv následného tepelného zpracování. Bioaktivita byla hodnocena in vitro expozičními testy v simulované tělní tekutině. Hodnotícím kritériem byla úroveň precipitace sloučenin na bázi Ca-P. Bylo zjištěno, že tepelné zpracování má značný vliv na bioaktivitu povrchu.

Práce vznikla za podpory Grantové agentury České republiky (projekt 16-14758S).

Titanium and its alloys are widely used materials in implantology due to their high corrosion resistance and biocompatibility. The bioactivity and the osseointegration of these surfaces could be enhanced by several processes. One of them is the formation of nanostructure by the combination of electrochemical and chemical reactions. The nanotubular oxidic structure has positive influence on the precipitation of hydroxyapatite from the body environment and on the cell proliferation. Directly created layer has amorphous character, but it is possible to transform it to crystalline form. This could have another positive influence on bioactivity. The influence of surfaces nanostructuring of commercially pure titanium and experimental beta alloy Ti-39Nb and their subsequent heat treatment on bioactivity will be presented in this work. This has been evaluated by Ca-P based compounds precipitation on the surface during the in vitro exposure in simulated body fluid. It was found that heat treatment has considerable influence on surface bioactivity.

The work was carried out as a part of the 16-14758S project, which is financially supported by Czech Science Foundation.

48 Požadavky na systémy managementu kvality IATF 16949:2016

Requirements for quality management systems update technical specifications IATF 16949:2016

Stanislava Rašková

Ing. Stanislava Rašková, MBA, Czech Republic, raskova.s@seznam.cz

Aktualizace technické specifikace přinesla soulad s ostatními systémy managementu a také nové požadavky na dodavatele speciálních procesů do automobilového průmyslu. Cílem přednášky je najít cestu k porozumění nově vydané aktualizace.

Requirements for quality management systems update technical specifications IATF 16949:2016 brought consistency with other management systems and new requirements for special processes supplier to the automotive industry. The lecture is to find a way to understanding new update.

Poster session

P1 Vliv parametrů Q&P procesu na vlastnosti 42SiCr oceli

Effects of Q&P process parameters on properties of 42SiCr steel

Kateřina Rubešová^a, Ivan Vorel^a, Hanka Jirková^a, Štěpán Jeníček^a

^aUniversity of West Bohemia, RTI- Regional Technological Institute, Univerzitní 22, CZ – 306 14 Pilsen, Czech Republic, krubesov@rti.zcu.cz

Požadavek vysoké pevnosti a tažnosti je problémem u současných moderních ocelí. Tento problém lze vyřešit vhodným tepelným zpracováním, kterým lze získání vhodné mikrostruktury dosáhnout meze pevnosti kolem 2000 MPa při tažnosti přes 10%. Jedním z těchto moderních způsobů tepelného zpracování je Q-P proces (Quenching and Partitioning). Tento proces využívá kombinaci martenzitu a zbytkového austenitu, který je důležitou fází pro zvýšení tažnosti oceli.

Experiment byl proveden na nízkolegované oceli s obsahem uhlíku 0,43% a legované manganem, křemíkem a chromem. Tepelné zpracování bylo provedeno v peci bez ochranné atmosféry a kalení bylo uskutečněno v solné lázni. Pro získání nejlepší kombinace meze pevnosti a tažnosti byly odzkoušeny teploty přerozdělení 250°C a 300°C, kdy dochází k difúzi uhlíku z přesyceného martenzitu do zbytkového austenitu a popuštění zákalné struktury. Dále byl zjišťován i vliv teploty zakalení 200 a 150°C. Pro zjištění vlivu Q-P procesu na mechanické vlastnosti byl odzkoušen i režim představující klasické kalení a popouštění. Po optimalizaci parametrů zpracování byly získány martenzitické struktury s malým podílem bainitu a zbytkového austenitu. Meze pevnosti se pohybovaly v rozmezí 1930 – 2080 MPa a tažnosti od 9 do 16%.

The requirement for high strength and good ductility poses problems in today's advanced steels. This problem can be tackled by appropriate heat treatment which produces suitable microstructures. By this means, ultimate strengths of about 2000 MPa and elongations of more than 10% can be obtained. One of such advanced heat treatment techniques is the Q&P (Quenching and Partitioning) process. It produces a mixture of martensite and retained austenite, where the latter is an important agent in raising the ductility of steel.

In this experiment, a low-alloy steel with 0.41% carbon and manganese, silicon and chromium was used. An air furnace and a salt bath were employed for heat treatment and quenching, respectively. In order to obtain the best ultimate strength and elongation levels, partitioning temperatures of 250°C and 300°C were applied. Partitioning involves carbon diffusion from super-saturated martensite into retained austenite, and tempering of hardening microstructure. Effects of the quenching temperatures of 200°C and 150°C were studied as well. To map the impact of the Q&P process on mechanical properties, an additional schedule with conventional quenching and tempering was carried out. Upon optimization of the parameters, the process produced martensite with a small amount of bainite and retained austenite. The ultimate strength was between 1930 and 2080 MPa and the elongation levels were from 9 to 16%.

P2 Využití metalografických analýz pro hodnocení vývoje mikrostruktury v různých průřezech výkovku chladnoucího volně na vzduchu z dokovací teploty

Metallographic observation for evaluating microstructural evolution on various cross-sections of forged Part upon air-cooling from finishing temperature

Štěpán Jeníček, Ivan Vorel, Josef Káňa,

University of West Bohemia, RTI- Regional Technological Institute, Univerzitní 22, CZ – 306 14 Pilsen, Czech Republic, jeniceks@rti.zcu.cz, frost@rti.zcu.cz

Užitné vlastnosti výkovků, a to zejména ty mechanické, jsou jedním z provořadých aspektů, jenž jsou sledovány zákazníky kováren. Tyto vlastnosti vycházejí z vnitřní struktury, jejíž vývoj závisí zejména na kombinaci parametrů deformačních procesů při kování, teplotního profilu při chladnutí a dále pak tvaru výkovku. Tvarově odlišné průřezy výkovků vykazují odlišný vývoj mikrostruktury, čímž u výkovků vzniká výrazná nehomogenita mechanických vlastností. V článku je řešena problematika sledování vývoje mikrostruktury vybraného výkovku v závislosti na průběhu ochlazování jednotlivých průřezů. Experimentální program technologického zpracování výkovku byl prováděn pomocí přístupu materiálově-technologického modelování. Vývoj mikrostruktury byl determinován na základě analytických metod světelné a elektronové mikroskopie. Výsledky analýz byly použity pro nástin optimalizačních kroků technologického zpracování zkoumaného výkovku.

Keywords: materiálově-technologické modelování, C45, rychlosť ochlazování, mikrostruktura

Utility properties of forgings, particularly the mechanical ones, are among the primary aspects of interest to the customers of forge shops. These properties arise from internal structure whose evolution depends

predominantly on the combination of parameters of deformation processes applied during forging, on the temperature profile during cooling and on the shape of the forged part. As microstructural evolution depends on the shape of the particular cross section of the forged part, an appreciable inhomogeneity of mechanical properties occurs in forgings. This article deals with observation of microstructural evolution in a chosen forged part, depending on cooling profiles of its various cross sections. The experimental programme of mechanical working and treatment of the forged part was based on the material-technological modelling approach. Microstructural evolution was studied using light and electron microscopic methods. Results of this analysis provided a basis for outlining optimization steps for mechanical working and treatment of the forged part.

Keywords: material-technological modelling, C45, cooling rate, microstructure

P3 Experimentální modelování materiálových vlastností a mikrostruktury nových UHS ocelí využitelných pro press-hardening

Experimental modelling of materials properties and microstructure of new UHS steels usable for press-hardening

Kateřina Opatová^a, Josef Káňa^a, Ivan Vorel^a, Hana Jirková^a

^aUNIVERSITY OF WEST BOHEMIA, RTI - Regional Technological Institute, Univerzitní 8, CZ-306 14 Pilsen, Czech Republic, opatovak@rti.zcu.cz

Press hardening je vysoko dynamický proces, který zahrnuje rapidní změny teploty. Tyto technologické aspekty výrazně ovlivňují vývoj mikrostruktury a mechanických vlastností. Pro vývoj termomechanických procesů, včetně press hardeningu, je nutno disponovat co nejpřesnějšími materiálovými modely, které při použití FEM metod pro návrhy technologických procesů zabezpečí co nejpřesnější výsledky. Z tohoto důvodu je nutno získat experimentální cestou odpovídající data o chování materiálu za podmínek odpovídajících reálnému procesu. Proto byly zkoumané nízkolegované oceli DOCOL 1800 Bor a DOCOL 2000 Bor podrobeny stejné teplotní expozici, jakou prodělává materiál při ohřevu během press hardening, a to včetně vyvezení z pece a transportu do nástroje. V experimentální části byly navrženy režimy tepelného zpracování, které odpovídají teplotním profilům reálného procesu zpracování. Tyto výsledky sloužily jako základ pro FEM simulace procesu press-hardening. Zvoleným tepelným zpracováním bylo u nízkolegovaných ocelí dosaženo pevností přes 2000 MPa s tažností kolem 9%.

Press hardening is a highly dynamic process which involves rapid temperature changes. These process aspects play a major role in microstructural evolution and mechanical properties. In order to develop any thermomechanical processing sequence, including press hardening, one needs materials models of the best possible accuracy, if relevant results are to be obtained from FEM methods employed for designing metalworking processes. Therefore, relevant data on materials behaviour under real process conditions must be obtained experimentally. In one of such experiments, as described here, DOCOL 1800 Bor and DOCOL 2000 Bor low-alloy steels were subjected to thermal exposure identical to the heating sequence for press hardening, including the removal from the furnace and transfer to the tool. Heat treatment sequences were proposed which correspond to the thermal profiles in the actual process. The results were input into FE simulations of press hardening. In the low-alloy steels, the selected heat treatment sequence led to strengths of more than 2000 MPa and elongation levels of approx. 9%.

P4 Mikrostruktura a vliv popouštění oceli

Vanadis 6 zmrazované při teplotě -140 °C

Microstructure and tempering response of Vanadis 6 steel after sub-zero treatment at -140 °C

Jana Ptačinová, Juraj Ďurica, Peter Jurčí, Henrich Suchánek

Institute of Materials Science, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Jána Bottu 25, 917 24 Trnava, Slovak Republic, jana.ptacinova@stuba.sk

Skúmaná bola mikroštruktúra a tvrdosť Cr-V ledeburitickej ocele určenej pre prácu za studena, ktorá bola zmrazovaná po dobu 24 hodín pri teplote -140 °C. Mikroštruktúra bola charakterizovaná využitím svetelnej mikroskopie a riadkovacej elektrónovej mikroskopie. Tvrdosť bola meraná pomocou Vickersovej metódy. Mikroštruktúra konvenčne tepelne spracovanej ocele Vanadis 6 je tvorená okrem martenzitickej matríc s nízkym obsahom zvyškového austenitu aj niekoľko typov karbidov – eutektické karbidy, sekundárne karbidy a malé globulárne karbidy. Množstvo malých globulárnych karbidov aplikáciou zmrazovania stúpa. Popúšťanie materiálu zapríčňuje pokles množstva malých globulárnych karbidov so zvyšujúcou sa teplotou popúšťania. V intervale nízkoteplotného popúšťania je tvrdosť zmrazovaných vzoriek je vyšia v porovnaní s konvenčne tepelne spracovaným stavom. Na rozdiel od toho, tvrdosť zmrazovaných vzoriek klesá so zvyšujúcou teplotou popúšťania výraznejšie ako konvenčne tepelne spracovaná ocel. Okrem toho zmrazovaný stav ocele vykazuje stratu schopnosti sekundárneho vytvrdzovania.

Microstructure and hardness of Cr-V ledeburitic cold work tool steel Vanadis 6 subjected to sub-zero treatment with soaking time of 24 h, at a temperature of -140 °C have been examined. Microstructures have been characterized using light microscopy and scanning electron microscopy. Hardness has been evaluated by Vickers method. Typical heat treated microstructure of Vanadis 6 ledeburitic steels consists, besides of the martensitic matrix with certain amount of retained austenite, of several types of carbides – eutectic carbides, secondary carbides, and small globular carbides. The amount of small globular carbides increases as a result of sub-zero treatment. Tempering of the material resulted in decrease in population density of small globular carbides with increasing the tempering temperature. The hardness of sub-zero treated material is higher than that of conventionally treated steel when tempered at low temperature. In contrast, the hardness of sub-zero treated samples decreases more rapidly compared to that of conventionally treated steel and, in addition, sub-zero treated material induces a loss the secondary hardening peak.

P5 Hodnocení mikrostruktury nástrojové oceli

Vanadis 6 po kryogenním zpracování při -140 °C bez popouštění

Microstructural evaluation of tool steel Vanadis 6 after sub-zero treatment at -140 °C without tempering

Juraj Ďurica^a, Peter Jurčí^a, Jana Ptačinová^a

^aSlovak University of Technology, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovak Republic, EU, juraj.durica@stuba.sk

Skúmaná bola mikroštruktúra, fázové zloženie a tvrdosť Cr-V ledeburitickej nástrojovej ocele Vanadis 6 po kryogénnom spracovaní pri -140 °C pri rôznych časoch výdrže. Mikroštruktúry boli charakterizované použitím svetelnej mikroskopie, skenovacej elektrónovej mikroskopie a röntgenovej difrakcie. Metalurgické aspekty zahŕňajú zníženie množstva zvyškového austenitu a zvyšujúceho sa počtu karbidov v porovnaní s konvenčne tepelne spracovaným materiálom. Matrica je martenzitická s určitým množstvom zvyškového austenitu, bez ohľadu na čas výdrže kryogénneho spracovania. Množstvo zvyškového austenitu sa výrazne znížilo z 20,2 obj. % na minimálne 3,2 obj. % pri 48 h dobe výdrže. Mikroštruktúra kryogénne spracovanej ocele obsahuje eutektické, sekundárne a zvýšený počet malých globulárnych karbidov. Počet malých globulárnych karbidov pre konvenčne tepelne spracované vzorky bol približne 48 x 103 / mm² a pre kryogénne spracované vzorky boli zvýšené viac ako štyrikrát s maximom 209 x 103 / mm² pri 24 h výdrži. Tieto častice majú veľkosť do 500 nm, ale vo väčšine prípadov okolo 100 nm. Tvrdosť bola zvýšená v porovnaní s konvenčne tepelne spracovanými vzorkami z 875 ± 16 HV 10 na 954.6 ± 14 HV 10 pre dobu výdrže 48 hodín.

The microstructure, phase constitution and hardness of Cr-V ledeburitic tool steel Vanadis 6 subjected to sub-zero treatment at -140 °C and for different soaking times have been investigated. The microstructures have been characterized using the light microscopy, scanning electron microscopy and X-ray diffraction. The metallurgical aspects include the reduction of the retained austenite amount and increase in carbide count, as compared to conventionally heat treated material. The matrix is martensitic with certain amount of retained austenite, irrespectively to the time of sub-zero treatment. The amount of retained austenite has been significantly decreased from 20.2 vol. % to minimum 3.2 vol. % at 48 h soaking time. The microstructure of sub-zero treated steel contains eutectic, secondary and increased count of small globular carbides. The count of small globular carbides for conventionally heat treated samples was around 48 x 103 / mm² and for sub-zero treated samples was increased more than four times with maximum 209 x 103 / mm² at 24 h soaking time. These particles have size of up 500 nm but 100 nm in most cases. The hardness has been increased as compared to no sub-zero treated samples from 875 ± 16 HV 10 up to 954.6 ± 14 HV 10 at holding time 48 h.

P6 Vliv způsobu tepelného zpracování na popouštěcí křivky vybrané nástrojové oceli pro práci za studena

Influence of heat treatment parameters onto tempering curve for selected cold working tool steel

Yana Kuksenko^a, Jana Sobotová^a, Martin Kuřík^a, Petra Priknerová^b

^aCzech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Karlovo nám. 13, 121 35 Prague 2, Czech Republic, e-mail: jana.sobotova@fs.cvut.cz

^bPRIKNER – tepelné zpracování kovů, s.r.o., U letiště 279, 549 73 Martínkovice, Czech Republic, e-mail: p.priknerova@prikner.cz

Ocel X210Cr12 je dobře známá a často používaná nástrojová ocel pro práci za studena. Ačkoliv jsou z odborné literatury známy doporučené parametry tepelného zpracování, nelze najít informace, jak se mění průběh popouštěcích křivek v případě kalení ve vakuových pecích, případně při použití hlubokého zmrazování zařazeného mezi kalení a popouštění. Byly pozorovány dva stavy. Prvním bylo kalení ve vakuu z teploty 1020 °C proudem dusíku a následné dvounásobné popouštění. V druhém případě bylo do tohoto cyklu tepelného zpracování zařazeno zmrazování při -196 °C po dobu 4 hodin. Pro sledované stavy byly zjištěny popouštěcí křivky v oblasti popouštěcích teplot 400–600 °C, kde lze predikovat výskyt píku sekundární tvrdosti. Ve vybraných stavech byla provedena metalografická analýza a měření odolnosti proti opotřebení metodou Pin on disk.

Steel X210Cr12 is a well-known and frequently used tool steel for cold work. Although the recommended heat treatment parameters are known from the literature, it is not possible to find information on how the temperature curves change in the case of hardening in vacuum ovens, or when using deep cryogenic treatment between hardening and tempering. Two conditions have been observed. The first was vacuum quenching at a temperature of 1020 °C with a nitrogen flow followed by double tempering. In the latter case, freezing at -196 °C for 4 hours was included in this heat treatment cycle. Tempering curves were observed in the monitored conditions in the temperature range of 400 to 600 °C, where the occurrence of the secondary hardness peak can be predicted. In selected states, metallographic analysis and wear resistance measurements were performed using the Pin on disk methodology.

P7 Příprava slitiny TiAl15Si15 pomocí vysokotlakého slinování v plazmatu

Preparation of TiAl15Si15 alloy by high pressure spark plasma sintering (HP SPS)

Anna Knaislová^a, Pavel Novák^a, Filip Průša^a, Sławomir Cygan^b, Lucyna Jaworska^b

^aDepartment of Metals and Corrosion Engineering, University of Chemistry and Technology Prague, Technická 5, 166 28 Prague, Czech Republic, knaisloa@vscht.cz

^bThe Institute of Advanced Manufacturing Technology. Wroclawska 37A, 30-011 Krakow, Poland

This work deals with preparation of intermetallic alloy TiAl15Si15 (wt. %) by powder metallurgy using Spark Plasma Sintering method. Ti-Al-Si alloys are known as materials with low density, relatively good mechanical properties in comparison with their density and good oxidation and corrosion resistance at elevated temperatures. Preparation of intermetallics by melting metallurgy is very problematic. Powder metallurgy using reactive sintering followed by suitable compaction seems to be a promising method. In this work, TiAl15Si15 alloy was prepared by reactive sintering, milling and by unique ultra-high pressure Spark Plasma Sintering within the framework of international cooperation in Krakow. For the comparison it was also prepared by conventional Spark Plasma Sintering. The results show that higher pressure of sintering decreases the porosity of compact sample and increases mechanical properties, especially hardness.

Mikrostruktura a tepelná stabilita Al-Fe-X slitin

Microstructure and thermal stability of Al-Fe-X alloys

Andrea Školáková^a, Petra Hanusová^a, Filip Průša^a, Pavel Salvetr^a, Pavel Novák^a

^aUniversity of Chemistry and Technology, Prague, Department of Metals and Corrosion Engineering, Technická 4, 166 28 Prague 6, Czech Republic, skolakoa@vscht.cz, Filip.Prusa@vscht.cz salvetrp@vscht.cz, panovak@vscht.cz

V této práci byly připraveny slitiny Al-11Fe, Al-7Fe-4Ni a Al-7Fe-4Cr (v hm. %) kombinací odlévání a extruzí za tepla. Mikrostruktura odlévaných slitin byla převážně tvořena hliníkovou matricí, ve které byly přítomny velmi hrubé intermetalické fáze jako např. Al13Fe4, Al13Cr2 and Al5Cr. Následně byly metodou rychlého tuhnutí odlévané slitiny převedeny na pásky. Při tomto procesu došlo k přesycení tuhého roztoku. Poté byly pásky rozemlety a zkompaktizovány extruzí. Extruze ovlivnila výsledně mikrostruktury rozdílně. U slitiny Al-11Fe došlo ke zhrubnutí struktury, zatímco u legovaných slitin byla struktura jemnozrnná a částice byly v matrici rovnoměrně rozptýlené. Během zkoušek tepelné stability při 300 °C bylo zjištěno, že chrom je nejvhodnějším prvkem pro zvýšení tepelné stability těchto slitin.

In this work, Al-11Fe, Al-7Fe-4Ni and Al-7Fe-4Cr (in wt. %) alloys were prepared by combination of casting and hot extrusion. Microstructures of as-cast alloys were composed of aluminium matrix with large and coarse intermetallics such as Al13Fe4, Al13Cr2 and Al5Cr. Subsequently, as-cast alloys were rapidly

solidified by melt-spinning technique which led to the supersaturation of solid solution alloying elements. These rapidly solidified ribbons were milled and compacted by hot-extrusion method. Hot-extrusion caused that microstructure of Al-11Fe alloy coarsen whereas microstructures of alloyed materials were fine with uniform dispersed particles. Moreover, long-term thermal stability was tested at temperature 300 °C for as-cast and hot-extruded alloys and chromium was found to be the most suitable element for alloying to improve thermal stability.

Vlastnosti slitin s tvarovou pamětí Ni-Ti-(Fe, Co, Al) připravených reaktivním slinováním

Properties of Ni-Ti-(Fe, Co, Al) shape memory alloys prepared by self-propagating high-temperature synthesis

Pavel Salvetr, Andrea Školáková, Barbora Kašparová, Pavel Novák

University of Chemistry and Technology, Department of Metals and Corrosion Engineering, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic, salvetrp@vscht.cz

Tvarová paměť, superelasticita a pseudoplasticita jsou výjimečné vlastnosti slitin Ni-Ti, které jsou řazeny mezi SMAs (z anglického Shape Memory Alloys – slitiny s tvarovou pamětí). Nositelem těchto vlastností je intermetalická fáze NiTi. Vedle této fáze je vždy přítomna ještě fáze Ti₂Ni, která je tvrdá a křehká, díky čemuž je ve slitině nežádoucí. Cílem této práce bylo určit vliv vybraných legujících prvků (železa, kobaltu a hliníku) ve dvou různých množstvích (1 hm. % a 3 hm. %) na mikrostrukturu, fázové složení, tvrdost a transformační teploty slitiny Ni-Ti. Zkoumané vzorky byly připraveny postupem reaktivního slinování při teplotě 1100 °C. Legováním vybranými prvky nedocházelo k podstatnému snížení množství Ti₂Ni fáze, naopak legování hliníkem její podíl zvyšovalo. Všechny tři legující prvky vedly ke zvýšení tvrdosti slitiny Ni-Ti. Při diferenční termické analýze byly pozorovány fázové přeměny pouze ve slitině legované 1 hm. % hliníku.

Shape memory, superelasticity and pseudoplasticity are the exceptional properties of Ni-Ti alloys, which are listed among SMAs (Shape Memory Alloys). The carrier of these properties is the intermetallic NiTi phase. In addition to this phase, the Ti₂Ni phase is always present, which is hard and brittle, and therefore it is undesirable in the Ni-Ti alloys. The aim of this work was to determine the influence of selected alloying elements (iron, cobalt and aluminium) in two different amounts (1 wt. % and 3 wt. %) on the microstructure, phase composition and amount of the Ti₂Ni phase, hardness and transformation temperature of Ni-Ti-X alloy. The samples examined were prepared by self-propagating high-temperature synthesis at sintering temperature of 1100 °C. By altering the selected elements, the Ti₂Ni phase was not reduced, on the contrary aluminium increased its amount. The Ni-Ti alloys alloyed with these three alloying elements proved to be harder. The phase transformations were observed only in the sample with 1 wt % of aluminium at heating and cooling curves from differential scanning calorimetry.

10 Úprava režimu tepelného zpracování oceli 1.4313 pro zlepšení mechanických vlastností dynamicky namáhaných dílů

Adjustment of the heat treatment of 1.4313 steel for the improvement of mechanical treatment of dynamically loaded parts

Šárka Ječmínková^{1,2}

¹Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, University of Chemical Technology in Prague, Czech Republic

²Howden ČKD Compressors s.r.o., Czech Republic

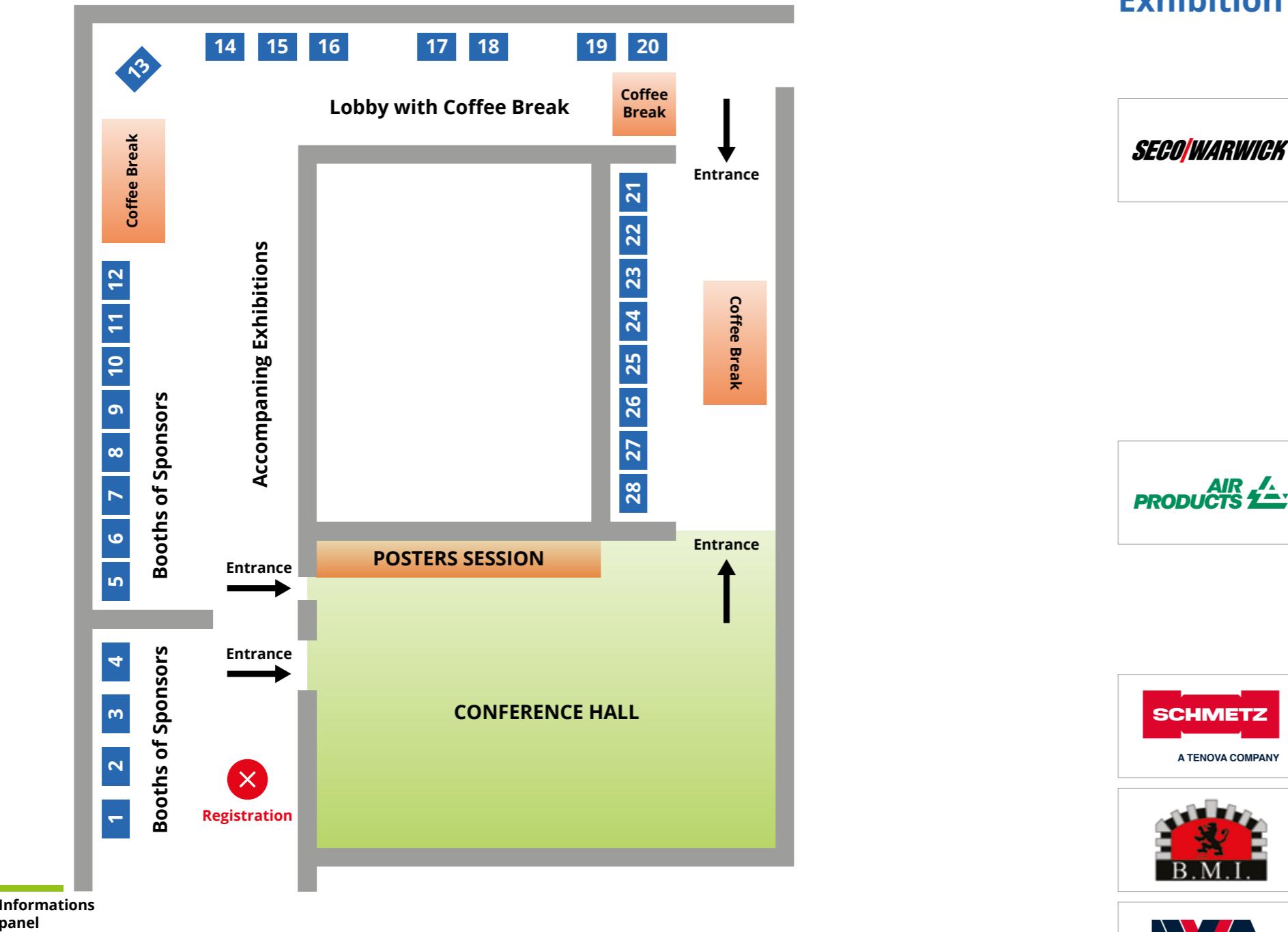
Příspěvek se zabývá optimalizací režimu tepelného zpracování dodaných výkovků z oceli 1.4313 pro dynamicky namáhané díly, jako jsou svařence oběžných kol do turbokompresoru. Po provedení režimu tepelného zpracování z interní směrnice vycházející z platných norem a následného ověření mechanických vlastností dodaného materiálu bylo zřejmé, že vrubová houževnatost je pro danou aplikaci nedostačující. Důvodem nefunkčnosti standardně používaného režimu tepelného zpracování nekvalitní materiál od dodavatele z Číny, vyznačující se mírnými odchylkami v chemickém složení oproti složení danému normou.

Díky vysoké pevnosti a mezi kluzu bylo možné dosáhnout úpravou režimu tepelného zpracování požadovaného zvýšení vrubové houževnatosti. Související snížení meze pevnosti a meze kluzu vedlo ke stále akceptovatelným parametrům. Práce podrobně popisuje vztah mezi mechanickými vlastnostmi a podmínkami tepelného zpracování pro daný materiál.

This paper deals with the optimization of the heat treatment regime of supplied forgings made of 1.4313 steel for dynamically loaded parts, such as welded impellers for turbo-compressors. After heat treatment defined by internal documentation and technical standards, the mechanical properties did not reach required fracture toughness. The reason for the failure of the standard heat treatment procedure was the low quality of the material supplied from China, which was characterized by minor variations in chemical composition from the intervals defined by technical standard.

Due to high ultimate tensile strength and yield strength, the improvement of fracture toughness was feasible by variation of the heat treatment procedure. The corresponding decrease in the ultimate tensile strength and yield strength led to still acceptable values. The work describes the relationship between the heat treatment conditions and properties of the given material in details.

Exhibition Catalogue



List of Exhibitors

- | | | |
|---|--------------------------------------|--|
| 1 SECO WARWICK | 11 STANGE Elektronik | 21 Ing. L. Ludwigová |
| 2 Air Products | 12 ITG Induktionsanlagen GmbH | 22 FOERSTER TECOM |
| 3 Fours Industr. BMI
+ IVA SCHMETZ GmbH | 13 Aichelin GmbH | 23 KNTL, a.s. |
| 4 ECOSOND s.r.o. | 14 Codina | 24 Linde Gas a.s. |
| 5 ECM Technologies | 15 Struers GmbH | 25 LECO Instrumente |
| 6 PVA Industrial | 16 KATRING PLUS | Plzeň, spol. s r.o. |
| 7 Cronite CZ | 17 ROTANEO s.r.o. | 26 Zwick Roell CZ |
| 8 AZ PROKAL s.r.o. | 18 Metalco Testing | 27 REALISTIC, a.s. |
| 9 TAVENGINEERING | 19 Schick GmbH + Co.KG | 28 JUMO Měření
a regulace s.r.o. |
| 10 MDL s.r.o. | 20 TSI System s.r.o. | |



Stand 4

ECOSOND s.r.o.
www.ecosond.cz

ECOSOND (Ltd. company) was established in 1992 as a specialized company for the development, training, services, expertise and supplies in the heat treatment of steel.



Stand 1

SECO/WARWICK Europe Sp. z o.o.
www.secowerwick.com

SECO/WARWICK is a technological leader in innovative heat processing solutions. Expertise includes end-to-end solutions in 5 categories: vacuum heat treatment, atmosphere and aluminum thermal processing, controlled atmosphere brazing of aluminum heat exchangers and vacuum metallurgy. SECO/WARWICK Group has 11 companies located on three continents with customers in nearly 70 countries. The company provides standard or customized state-of-the-art heat processing equipment and technologies to leading companies in the following industries: automotive, aerospace, electronics, tooling, medical, recycling, energy including nuclear, wind, oil, gas, and solar and production of steel, titanium and aluminum.

SECO/WARWICK: Invention Meets Reliability.



Stand 2

AIR PRODUCTS spol. s r.o.
www.airproducts.cz

Air Products (NYSE:APD) is a world-leading Industrial Gases company in operation for over 75 years.



Stand 3

Tenova (SCHMETZ + B.M.I. + IVA)
www.schmetz.de

- Horizontal high temperature vacuum chamber furnaces
- Vertical high temperature vacuum furnaces
- Vertical high temperature vacuum pit type furnaces



www.bmi-fours.com

- High temperature vacuum furnaces
- Low pressure thermochemical heat treatment
- Low temperature vacuum furnaces



www.iva-online.com

- InnoVA 4.0
- Horizontal retort furnaces
- Pit type furnaces
- Sealed quench furnaces
- Box-type furnaces
- Rotary hearth furnaces

Stand 5



ECM Technologies

www.ecm-furnaces.com

We started heat-treating furnaces in 1928. Since that time, ECM Technologies' personnel has always been totally committed to extending its knowledge in the fields of temperature control, high pressure, vacuum and material behaviour.

We want to be where technological challenges of the future take place... because our expertise can benefit all industrial thermal applications with high added value

Stand 6



PVA Industrial Vacuum Systems GmbH

www.plateg.de

"The PVA Industrial Vacuum Systems GmbH company is a worldwide leading manufacturer of vacuum and high pressure heat treatment systems, as well as plasma systems for different industrial applications. Our equipment for Diffusion Bonding, Brazing, Tempering, Hardening, PlaTeG-PulsPlasma®Nitriding, Sintering, Melting is manufactured in Wettenberg/Germany following the German quality standards and international rules of ISO 9001 certification."

Stand 7



Cronite CZ

www.safe-industry.com/en/safe-cronite/cronite-cz-brno

Safe Cronite is leader in heat treatment assembly jigs (base trays, baskets etc.) for all types of the furnaces (chamber type, pusher, pit, LPC, vacuum etc.) and incineration hearth markets, and recognised around the world for its Cronite Castings (UK), AMR KLEFISCH (Germany) and Cronite Mancelle (France) trade names. We cumulate over 50 years of experience in designing and producing heatproof cast steel components that are resistant to high temperatures, abrasion, and corrosion.

We supply all important hardening shops including automotive industry as well as furnace makers. We keep at disposal large palette of standard patterns, can also develop new design of fixtures for heat treatment to optimize the capacity at the customer.

We are also supplier of fabricated fixtures, radiant tubes and rollers for industrial furnaces.

Over 4% of turnover is reinvested in R&D. Modern design assistance methods enable achieving continuous improvements.

Stand 8



AZ PROKAL s.r.o.

www.azprokal.cz

We offer a wide range of equipment and accessories for heat treatment of metals. This is mostly the production of refractory baskets and jigs. We also supply hardening foils, protective coatings; cementation, nitriding and boride powders, and protective aids.

Stand 9



TAVENGINEERING S.p.A.

www.tav-engineering.com

Since 1999 TAVEngineering is fully dedicated to provide technical assistance and spare parts for the maintenance, renewal and repair of vacuum furnaces of any type and brand. Routine maintenances and emergency services are performed on site in the shortest possible time. TAVEngineering is a solid and reliable partner which can count on a motivated and highly qualified staff of engineers and technicians.

Stand 10



MDL s.r.o.

www.mdl.cz

The MDL company can offer you optimum wire cloth designed, welded mesh, precrimped wire mesh and pressed mesh, filters, curouts and moldings, wire baskets, fence parts, architecture, furniture, stitching wire, wires, insect mesh and mesh fencing.

Stand 11



STANGE Electronik GmbH

www.stange-elektronik.com

The company was established in 1976. For more than three decades, we develop and manufacture innovative products in the automation and process technology. The product range has evolved from simple digital setpoint generators to today's sophisticated regulation and control systems.

Stand 12



ITG Induktionsanlagen GmbH

www.itg-induktion.de

ITG Induktionsanlagen is one of the leading manufacturers of induction heating systems. Our core competence lies in specifically converting individual customer requirements into marketable solutions for induction heat treatment.

Stand 13



Aichelin GmbH

www.aichelin.com

AICHELIN Group is leading supplier of plants for thermal and thermochemical treatment of metals.

Stand 14



Bandas Metalicas Codina S.L.

www.codinametal.com

CODINA is a family business based in Barcelona area, Established more than one century ago. CODINA manufactures Woven wire cloths, filters and conveyor belts for all kind of processes and machinery applications.

Our commitment to the most modern technology and customer service, is always our main motivation to maintain CODINA in a privileged position within the European and even world-wide markets, exporting to more than fifty countries.

CODINA metal mesh belts are produced in several constructions and materials for applications in a wide variety of fields.

For Heat treatment, our conveyor belts can work at temperatures up to 1200°C, using metallic materials with high temperatures resistance as: AISI 314 (25/20 Ni / Cr), AISI 330 (37/18 Ni / Cr), 80 / 20, Inconel, etc ...

CODINA manufactures customized belts according to the needs for each Process and each customer.

The Technical Department of CODINA will gladly attend any kind of request from you.

Stand 15



Struers GmbH

www.struers.com

Today, Struers is the world's leading manufacturer of equipment and consumables for materialographic surface preparation of solid materials. Also thanks to Struers wide range of hardness testers and specialized equipment for picture analyses we cover wide range of our customers specific needs. Struers has affiliates in 24 countries, qualified service personnel, experienced metallographers and a worldwide network of dealers.

Stand 16



KATRING PLUS s.r.o.

www.katringplus.cz

More than 15 years in the heat treatment of metals by method carbo-nitro-oxidation - technology ARCOR V

Carbo-nitriding in ionic liquid (salt bath carbo-nitriding)

The partner of the group TECHNIQUES SURFACE HOLDING (HEF Groupe)

Policy of quality ISO/TS 16949:2009

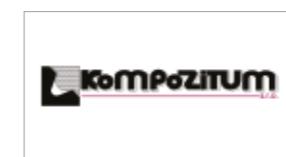
Stand 17



ROTANEO s.r.o. + KOMPOZITUM s.r.o.

www.rotaneo.sk

The company is a general supplier of spare parts for vacuum furnace hotzones. Our portfolio includes graphite elements, graphite insulations, CFC parts, molybdenum and ceramic parts. Besides serving the customers in heat treatment industry, comprehensive production program of ROTANEO Ltd. includes also production of technical ceramics, special silicon-carbide products and spare parts production for mechanical seals.



www.kompozitum.sk

KOMPOZITUM Ltd. is a leading manufacturer of carbon and graphite products including their impregnations by various mediums like resins and metals. By manufacturing graphite parts - KOMPOZITUM focuses on all segments of heat-treatment industry. As an exclusive graphite supplier to ROTANEO Ltd., we provide our sister company with an advantage to cover competitively all the demands for „graphite assembled heating chambers“.



Metalco Testing

www.metalco.cz

Company Metalco Testing s.r.o. is a direct representation on the Czech and Slovak markets of major European manufacturers of scientific equipment: ATM - metallographic instruments, ELTRA - chemical analysis instruments, EXAKT - producer of precision band saws and grinders, dhs - solutions for image analysis. With 15 years of experience in field of material testing and thanks to these brands, the company Metalco Testing guarantees to their customers the highest quality of application support, reliable testing solutions, accuracy and reproducibility of results, quality and reliability of testing equipment with truth meaning of „Made in Germany“.



Stand 19

Schick GmbH + Co. KG

www.schickgruppe.de

Schick Gruppe - For more than 90 years your competent partner in the field of ammonia and ammonia supply systems. We offer innovative, safe and modern solutions, tailored to your requirements from A such as ammonia to Z as accessories.



Stand 20

TSI System s.r.o.

www.tsisystem.cz

- Non-contact temperature measurement
- Industrial diagnostics
- Material testing technique
- Non-destructive testing

Stand 21



Ing. Ludmila Ludwigová

www.vakuove-pece.cz

Our company was founded in 2004. The company's core business is the installation and repair of vacuum furnaces. During our existence, we have achieved the reputation of a reliable partner in the area of heat treatment with scope throughout the Czech Republic.

Stand 22



FOERSTER TECOM, s.r.o.

www.foerstergroup.cz

Non-destructive Testing, Metal Detection, Magnetics – FOERSTER stands for highest quality standards. No ifs, ands or buts. For precision and performance. For commitment and dependability. For the best and technologically most advanced range of products. Our highest goal is the satisfaction of our customers - worldwide.

Stand 23



KNTL, a.s.

www.kntl.cz

KNTL a.s. is the official representative of KANTHAL® in Czech Republic and Slovak Republic.

KANTHAL® is a world-leading brand in the area of heating technology. Kanthal products are used in a variety of applications, primarily for generation, measurement and control of heat.

Stand 24



Linde Gas a.s.

www.linde-gas.cz

The Linde Group is a world leading supplier of industrial, process and speciality gases and is one of the most profitable engineering companies. Linde products and services can be found in nearly every industry, in more than 100 countries.

Stand 25



LECO Instrumente Plzeň, spol. s r.o.

www.cz.leco-europe.com

Since 1936, customers around the world have trusted LECO to provide analytical solutions for a variety of applications and markets. LECO is a leader in innovative analytical instrumentation, mass spectrometers, metallography and optical equipment, and consumables.

Stand 26



Zwick Roell CZ

www.zwick.cz

Zwick Roell is the world's leading supplier of materials testing machines. Our materials testing machines are used worldwide in R&D and quality assurance in more than 20 industries.

For more than 160 years, Zwick Roell has stood for reliable test results, excellent service, and quality and reliability in materials and components testing.

Stand 27



REALISTIC a.s.

www.realistic.cz

Today the company is an important worldwide manufacturer of high-end industrial electric and gas furnaces.

The portfolio of its products are devices for the technology:

- heat treatment and chemical heat treatment of metals
- firing porcelain and ceramics
- preheating before the forging and post processing
- melting of nonferrous metals
- drying or special warmings.

Stand 28

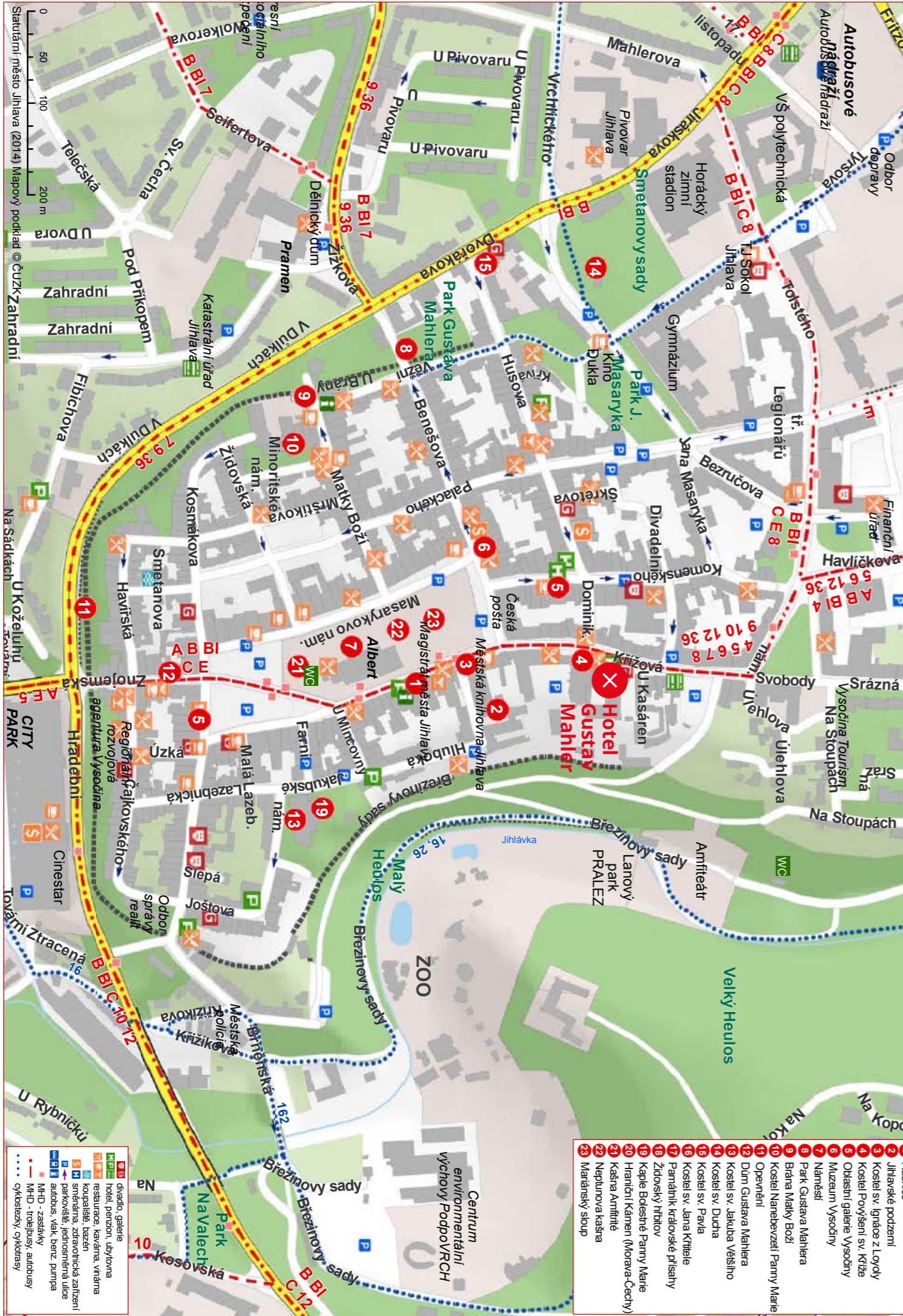


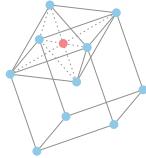
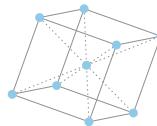
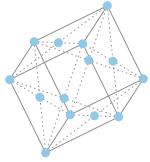
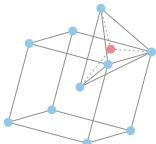
JUMO Měření a regulace s.r.o.

www.jumo.cz

JUMO is one of the leading manufacturers in the field of industrial sensor and automation technology. Our innovative product range includes the entire measuring chain from sensors to automation solutions for temperature, pressure, liquid analysis, flow rate, filling level and humidity.

JUMO always aims to provide our customers with the optimal solution for process reliability, energy efficiency and cost optimization.





ECOSOND

SLUŽBY V TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ HEAT TREATMENT SERVICES

- **Regulační a měřící technika**
Measurement and control engineering
- **Kalibrační laboratoř**
Calibration laboratory
- **Pecní zařízení**
Heat treatment furnaces
- **Kalicí média a ochranné nátěry**
Quenchants and protective coatings
- **Ostatní služby**
Other services



Jako specializovaná firma zabývající se službami v tepelném zpracování, bychom Vám rádi představili následující spektrum výrobků a služeb určených pro kalírny a ostatní provozy tepelného zpracování.

As a professional company providing services in the area of heat treatment, we would like to introduce the following range of products and services specially designed for hardening workshops and other heat treatment production plants.

www.ecosond.cz

Registered office:
Křížová 1018, 150 00 Praha 5

Place of business:
K Vodárně 531, 257 22 Čerčany

Tel.: (+420) 317 777 772-5
E-mail: ecosond@ecosond.cz