

**24. DTZ 2012**

24. dny tepelného zpracování s mezinárodní účastí

**24<sup>th</sup> National Conference on Heat Treatment  
with International Participations**



# Sborník abstraktů Proceedings of Abstracts

**27 – 29 November 2012**

Jihlava, Czech Republic

**ATZK**

**Mezinárodní konference  
International Conference**

**24.dny tepelného zpracování  
s mezinárodní účastí**

**24<sup>th</sup> National Conference  
on Heat Treatment  
with International Participations**

Redakce neodpovídá za věcné chyby v textu  
Authors are fully responsible for eventual errors in their contributions

© Asociace pro tepelné zpracování kovů  
ECOSOND s.r.o.

Čerčany 2012

**ISBN 978-80-904462-5-0**

**Conference chairmen**

*Association for Heat Treatment of Metals*

Ing. Pavel Stolař, CSc.

Doc. Dr. Ing. Antonín Kříž

**Organising committee**

Ing. Alexandra Musilová (*ATZK*)

Olga Márová (*ECOSOND s.r.o.*)

Ing. Vladimíra Veselá (*ECOSOND s.r.o.*)

**Programme scientific committee**

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

Prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc. (*ÚFM AV ČR*)

Prof. Ing. Peter Grgač, CSc. (*STU Trnava*)

Prof. Ing. Vojtěch Hrubý Dr.Sc. (*UO Brno*)

Prof. Dr. Ing. Peter Jurčí (*STU Trnava*)

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

Ing. Miloslav Kouřil, CSc. (*VUT Brno*)

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

**Sborník byl recenzován členy programového výboru konference.**

**OBSAH  
CONTENS****Tepelně zpracované materiály, vztahy mezi strukturou a vlastnostmi, vliv polotovaru a tváření****Tepelné zpracování součástí převodů****Heat Treated Materials, Microstructure and Properties Relationships, Influence of Semifinished Product and Forming****Heat Treatment of Component Part**

Príprava a analýza povlakov nitridov chrómu na nástrojovej oceli ledeburitického typu

Synthesis and analysis of chromium nitride films on ledeburitic tool steel

P.Jurčí; STU Trnava, Slovak Republic

Tribologické vlastnosti tenkých filmů CrAgN

Tribological properties of CrAgN thin films

P.Jurčí; STU Trnava, Slovak Republic

Charakter změny podpovrchové vrstvy austenitické oceli po TiN povlakování

Changes of subsurface layer of austenitic steel after TiN coating

S.Krum; ČVUT Praha, Czech Republic

Multifunkční Klc-test pro stanovení rozdílných vlastností nástrojové a rychlořezné oceli

Multi-functional Klc-test specimen for assessment of different tool and high-speed steel properties

V. Leskovšek; Institute of Metals and Technology, Slovenia

Nedestruktivní měření povrchové tvrdosti a hloubky cementace podle Škoda Auto a.s.

Non-destructive measurement of surface hardness and case-hardening depth by Škoda Auto a.s.

M.Ružovič; 3R Technics Slovakia s.r.o., Slovak Republic

Vákuové tepelné spracovanie ocele (W.-Nr.:1.2721 , W.-Nr.:1.2550) pre tvárnenie za studena v prúde dusíka

Vacuum heat treatment of steel (W.-Nr.:1.2721 , W.-Nr.:1.2550) for cold working in nitrogen gas-stream

R.Kaštan; Mincovna Kremnica š.p., Slovak Republic

Zpracování ledeburitické nástrojové oceli P/M vanadis 6 metodu Sub-zero

Sub-zero treatment of P/M vanadis 6 ledeburitic tool steel

P.Salabová; PRIKNER-teplné zpracování kovů s.r.o., Czech Republic

Optimální technologie tepelného zpracování pro cementaci dílů pro větrnou energetiku

Optimal heat treatment technology for case hardening of wind industry components

M.Przygoński; SECO / WARWICK S.A., Poland

Magnetická diagnostika oduhlícení souboru ocelí

Magnetic diagnostic of decarbonization of set of steels

B.Skrbek; TU v Liberci, Czech Republic

Vliv mikrostruktury na rozložení lomové houževnatosti

Effect of microstructure on fracture toughness scatter

B. Podgornik; Institute of Metals and Technology, Slovenia

Vplyv podmienok interkritického žihania na možnosť predikcie ľahových vlastností ocelí z nameraných hodnôt tvrdosti

Influence of conditions of intercritical annealing on ability to predict tensile properties of steels from measured values of hardness

G.Rosenberg; ÚMV SAV, Slovak Republic

Mechanické vlastnosti povrchových a podpovrchových vrstiev oceľových plechov

**Mechanical properties of cover and undercover layers of steel sheets***G.Rosenberg; ŚMV SAV, Slovak Republic***Zrychlené ochlazování velkých průměrů C-Mn ocelí ve vodě, kalení nebo normalizace?****Accelerated cooling of large diameter C-Mn steels in water, quenching or normalizing?***V.Bárta; Vítkovice Heavy Machinery a.s., Czech Republic*

Vliv rychlosti ochlazování na rázovou pevnost nástrojových ocelí pro práci za tepla při teplotě okolí a při 200 °C

Influence of Cooling Rate during Quenching on Impact Toughness of a Hot-work Tool Steel at Ambient Temperature and at 200 °C

*H.Jespersen; Uddeholms AB, Sweden***Problematika deformací rozměrných ozubených kol po tepelném zpracování****Questions of gear wheel deformation after heat treatment***P.Stolař; ECOSOND s.r.o., Czech Republic***Vliv rozdílnosti kvality oceli 18CrNiMo 7-6 na deformace po cementování****Variation in 18CrNiMo7-6 steel quality and its impact on distortion in carburizing***A.Kříž; ZČU v Plzni, Czech Republic***Využití numerického modelování při optimalizaci ohřevu ozubeného kola s důrazem na deformaci****Using numerical modeling to optimize heating gear with emphasis on the deformation***S.Benešová; ZČU v Plzni, Czech Republic***QTSteel – program pro počítačovou simulaci procesů kalení a popouštění ocelí****QTSteel – software for computer simulation of heat treatment response of carbon and alloy steels***P.Šimeček; ITA spol. s r.o., Czech Republic***Použití kovaných žáruvzdorných slitin na aplikace tepelného zpracování****The use of wrought heat resisting alloys in heat treatment applications***B.Peters; Rolled Alloys Ltd., England***Microness: původní český nástroj pro automatické vyhodnocování měření mikrotvrdoosti****Microness: original Czech tool for microhardness measurement processing***L.Keller; TSI System s.r.o., Czech Republic***Zařízení a technologie pro tepelné zpracování****Furnace Equipment and Systems for the Heat Treatment****Výroba přípravků pro tepelné zpracování v podmírkách nových technologií****Production of heat treatment fixtures under conditions of the new technologies***S.Pálka; AFE CRONITE CZ, Czech Republic***Nové měřící a kontrolní techniky pro odhad výsledků feritické karbonitridace****New measurement and control techniques for predictable results in ferritic nitrocarburizing***J.Baumann; Process Elektronic GmbH, Germany***Energetická účinnost systému centrálního zásobování endoplyinem s řízeným průtokem****Energy efficient central endothermic gas supply system with flow management controls***H.Egger; IVA Industrieöfen GmbH, Germany***Plasmová nitridace vysokolegovaných ocelí****Plasma nitriding process of high-alloy steel***p.Brejša; Bodycote HT s.r.o., Czech Republic*

Tepelné zpracování částí ozubených kol - možnosti úspory času a nákladů  
Heat Treatment of Gear Parts – Possibilities of Time and Cost Savings  
*H.Altena; Aichelin Holding GmbH, Austria*

Řízená nitridace v plynu - řízení procesu karbonitridace a možnosti předběžné kalkulace  
Controlled Gas Nitriding / Nitrocarburizing Process control and pre-calculation possibilities  
*F.Theisen; STANGE Elektronik GmbH, Germany*

Energetická účinnost nitridace a karbonitridace v moderních retortových pecích  
Energy efficient nitriding and nitrocarburising in modern retort furnaces  
*R.Wethmar; IVA Industrieöfen GmbH, Germany*

Vliv povrchového čištění na výsledky tepelného zpracování  
Effect of surface cleaning on heat treatment results  
*B.Haase; Hochschule Bremerhaven, Germany*

Použití polymerních kalících prostředků v praxi  
Substitution of Quenching Oils by Waterbased Polymer Quenchants – quenching without Flames and Fumes  
*T.Beitz; Petrofer Chemie H.R. Fischer GmbH + Co. KG, Germany*

Zkušenosti s aplikací objemových lázní kalících polymerů  
Experiences with large polymer quenching baths  
*J.Čižkovský; ECOSOND s.r.o., Czech Republic*

Nejnovější konstrukce vakuových pecí s topnou komorou i kalícím systémem účelově přizpůsobenými různým aplikacím kalení  
Latest purpose-directed hotzone and cooling-gasstream design of vacuum furnaces for different hardening applications  
*A.Dappa; SCHMETZ GmbH, Germany*

Vakuová cementace a kalení v přetlaku plynu – zkušenosti v sériové výrobě  
Vacuum carburizing and high pressure gas quenching – Experience in the mass production  
*J.Podkovičák; ŠKODA AUTO a.s., Czech Republic*

## **Povrchové tepelné zpracování - laser, plasma, elektronový paprsek, indukční ohřev** Surface Heat Treatment - Laser, Plasma, Electron Beam, Induction Heating

Vliv izotermického a termomechanického tepelného zpracování na precipitaci fází a korozní vlastnosti slitiny 926  
Effect of isothermal and thermo-mechanical heat treatmenton phase precipitation and corrosion properties of alloy 926  
*R.Lackner; Montanuniversitaet Leoben, Austria*

Optimalizace parametrů indukčního kalení za pomoci numerické simulace  
Optimisation of induction hardening parameters through fem simulation  
*P. Šuchmann; COMTES FHT a.s., Czech Republic*

Nové způsoby a materiálově technický vývoj povrchového tepelného zpracování pomocí vysokovýkonových diodových laserů  
New technical and materials advances of surface heat treatment by way of high-power diode lasers  
*B.Brenner; Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Germany*

Mikrostruktura a vlastnosti povrchu po kalení litiny laserem  
Microstructure and properties of cast iron after laser surface hardening  
*S.Němeček; MATEX PM, Czech Republic*

Elektronový paprsek v tepelném zpracování  
Electron beam in heat treatment  
*F.Vráblík; ECOSOND s.r.o., Czech Republic*

Tepelné ovlivnění ocelí při řezání laserem  
Thermal effects on steels at laser cutting  
*M.Ovsík; Univerzita Tomáše Bati, Czech Republic*

Zlepšení odolnosti proti opotřebení u vysoce namáhaných dílů pomocí kombinované úpravy povrchu  
Improvement of wear behaviour of high loaded components and tools by multi-combined surface treatment  
*G.Grumbt; TU Bergakademie Freiberg, Germany*

Technologie pájení ve vakuové peci  
Brazing technology in vacuum furnace  
*P.Lebigot; B.M.I. Fours Industriels, France*

Nová Plug and Play instalacní technologie firmy SECO/WARWICK pro povrchové kalení korozivzdorných ocelí při procesech „štíhlé výroby“ (Expanite)  
New plug-and-play installation technology by SECO/WARWICK for surface hardening of stainless steel in lean production process (Expanite)  
*T.Przygoński; SECO / WARWICK ThermAL S.A., Poland*

Prehľad technológií povlakovania a povlakov vhodných pre nástroje na razenie mincí  
Overview of coating technology and coatings for tools suitable for coinage  
*T.Hanes; TU ve Zvoleně, Slovak Republic*

## **Zpracování neželezných slitin a progresivních materiálů** **Heat Treatment of Non-ferrous Alloys and Advanced Materials**

Vliv teploty krátkodobého tepelného zpracování na mechanické vlastnosti slitiny NiTi  
Influence of the temperature of the short-period heat treatment on mechanical properties of  
*J.Čapek; VŠCHT Praha, Czech Republic*

Tepelná stabilita kvazikrystalů Al-Cu-Fe připravených metodou SHS  
Thermal stability of Al-Cu-Fe quasicrystals prepared by SHS method  
*P.Novák; VŠCHT Praha, Czech Republic*

Ochranné vrstvy aluminidů niklu a železa na oceli  
Protective layers of iron and nickel aluminides on steel  
*M.Voděrová; VŠCHT Praha, Czech Republic*

Pseudoelasticita a jev tvarové paměti ve slitinách CoNiAl  
The pseudoelasticity and the shape memory effect in CoNiAl alloys  
*J.Kopeček; Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Czech Republic*

Optimalizace procesu homogenizačního žíhání slitiny AlZn5,5Mg2,5Cu1,5  
Optimization processing of homogenizing annealing for AlZn5,5Mg2,5Cu1,5 alloy  
*V.Weiss; UJEP - FVTM, Czech Republic*

Nové slitiny typu Al-Si-Mg s různým obsahem Ca, s ohledem na změny ve struktuře a zabíhavosti  
The new type of alloy Al-Si-Mg with different contents of Ca, with respect to structure and fluidity  
*E.Stříhavková; UJEP - FVTM, Czech Republic*

Výroba těžkých kovů (Mo, W, Ta, Nb) metodou práškové metalurgie a jejich aplikace pro Hot Zony vakuových pecí  
Powder metallurgy production of heavy metals (Mo, W, Ta, Nb), use and application for vacuum furnaces

**Hot Zones***V.Pruša; PLANSEE, Czech Republic*

Měření energie a technologie vedoucí ke snížení energetické spotřeby v tepelném zpracování  
Energy measurement and technology to reduce energy consumption in heat treating

*D.Szarapanowski; Avion Central Europe Sp. z o. o., Poland*

Tepelné zpracování mikrolegovaných uhlíkových ocelí řízeným chlazením  
Thermal processing micro-alloyed carbon steels with controlled cooling  
*S.Rašková; Czech Republic*

Vývojové tendenze kalících olejů  
Development trends of quenching oils  
*P.Stolař; ECOSOND s.r.o., Czech Republic*

Požadavky systému managementu v provozu tepelného zpracování  
The management system requirements in production of thermal processing  
*S.Rašková; Czech Republic*

**1 Út/Tue 9:35****PRÍPRAVA A ANALÝZA POVLAKOV NITRIDOV CHRÓMU NA  
NÁSTROJOVEJ OCELI LEDEBURITICKÉHO TYPU****SYNTHESIS AND ANALYSIS OF CHROMIUM NITRIDE FILMS  
ON LEDEBURITIC TOOL STEEL****Miroslav Béger, Peter Jurčí, Peter Grgač, Svatopluk Mečiar, Martin Kusý***Faculty of Materials and Technology of the STU, Trnava, Paulínská 16, 917 24 Trnava, Slovak Republic, [p.jurci@seznam.cz](mailto:p.jurci@seznam.cz).*

Chromium nitride coatings were deposited by reactive magnetron sputtering onto substrates made from Cr-ledeburitic steel 1.2379. The microstructure, the phase constitution and the mechanical properties of CrN-coatings were investigated. It has been found that the deposition at given combination of parameters gave dense, fine grained coatings, having columnar structure. The microstructure of the films was modified due to changed negative substrate bias and/or reactive gas composition, but, there is not doubtless tendency of the structural development available. The coatings were formed from Cr<sub>2</sub>N when low N<sub>2</sub>:Ar ratio has been used while they contained CrN at higher nitrogen input into the processing chamber. The Young modulus of the coatings was influenced only slightly by the deposition conditions. On the other hand, the hardness of the CrN was, rather surprisingly, higher than that of the Cr<sub>2</sub>N.

**2 Út/Tue 9:55**

## TRIBOLOGICKÉ VLASTNOSTI TENKÝCH FILMŮ CrAgN

## TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF CrAgN THIN FILMS

**Peter Jurčí**

*Department of Materials, Faculty of Materials and Technology of the STU, Trnava, Paulínská 16,  
917 24 Trnava, Slovak Republic, p.jurci@seznam.cz*

CrN and CrAgN thin films were magnetron sputtered onto the substrate made from Vanadis 6 cold work tool steel. The films were examined on tribological properties using a high temperature Pin-on-disc tribometer. Obtained results show that there is almost no effect of Ag addition on the friction coefficient when tested at a room temperature against alumina. The testing against the same counterpart at higher temperature gave positive effect of the silver addition on the  $\mu$ . The testing against 100Cr6 ball bearing steel gave higher friction coefficient than that against alumina while the testing against CuSn6-bronze led to much lower  $\mu$ . When tested at a room temperature, the wear performance of the films was positively affected only in the case of the CrAg3N film developed at 500 °C. On the other hand, addition of 3 wt% Ag into the CrN increased the wear performance at elevated temperatures while the addition of 15 wt% Ag has made the film too soft and sensitive to wear.

**Keywords:** Vanadis 6 cold work steel, PVD, chromium nitride, silver addition, tribological investigations

**3 Út/Tue 10:15****SMA**

## **CHARAKTER ZMĚNY PODPOVRCHOVÉ VRSTVY AUSTENITICKÉ OCELI PO TiN POVLAKOVÁNÍ**

### **CHANGES OF SUBSURFACE LAYER OF AUSTENITIC STEEL AFTER TiN COATING**

**Stanislav Krum**

*Department of Materials, Faculty of Materials and Technology of the STU, Trnava, Paulínská 16,  
917 24 Trnava, Slovak Republic, p.jurci@seznam.cz*

Práce se zabývá studiem mikrostruktury povrchové a podpovrchové vrstvy CrNi oceli po nanesení TiN povlaku, která byla vystavena vysokým pracovním teplotám a zatížením. Jedná se o součásti pro sklářský průmysl, které jsou v přímém kontaktu s roztavenou sklovinou o teplotě pohybující se kolem 900 °C. Po dlouhodobém provozu za vysokých teplot zůstává povlak TiN neměnný, ale velké nebezpečí leží v tvorbě oxidické vrstvy vznikající mezi povlakem a základním materiálem. Tato vrstva má porézní charakter, tudíž při větším mechanickém zatížení povlaku může docházet k jeho prolomení. Iniciátorem porušení povlakovaných aktivních ploch bude případný výskyt karbidů či jiných intermediárních fází způsobujících nerovnost jak povrchu, tak i samotného povlaku. Oxidická vrstva a její vznik byla zkoumána metalograficky a pomocí řádkovací elektronové mikroskopie. Mechanické vlastnosti byly hodnoceny zkouškou tvrdosti a zkouškou rázem v ohybu.

The paper aims to describe the microstructure of surface and subsurface layer of TiN coated CrNi steel, which was subjected to high working temperatures and loads. The samples are components used during glass manufacture, which are in direct contact with the molten glass of temperature around 900 °C. After prolonged operation times at high temperature TiN coating stays undamaged, but the great risk lies within the formation of oxide layer formed between the coating and the base material. This layer has a porous character therefore higher mechanical loads can cause the failure of the coating. Failure initiation of the coated active surfaces will be caused by possible presence of carbides or other intermediary phases causing roughness of both the surface and the coating. Oxide layer and its formation were examined metallographically and using scanning electron microscopy. Mechanical properties were evaluated by hardness test and impact test.

**4 Út/Tue 10:35****Invited lecture****MULTIFUNKČNÍ KIC TEST PRO STANOVENÍ ROZDÍLNÝCH VLASTNOSTÍ NÁSTROJOVÉ A RYCHLOŘEZNÉ OCELI****MULTI-FUNCTIONAL KIC-TEST SPECIMEN FOR ASSESSMENT OF DIFFERENT TOOL AND HIGH-SPEED STEEL PROPERTIES****Vojteh Leskovšek, Bojan Podgornik***Institute of Metals and Technology, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, Slovenia.*

Depending on the differences in the balanced alloy composition and steel processing technology, properties of tool and high-speed steel, like temper resistance, hot yield strength, ductility and toughness, thermal fatigue and shock resistance, as well as wear resistance can differ considerably among the same type of steel. High hot-yield strength, a high temper resistance and a good ductility tend to result in a high resistance to thermal fatigue, while resistance to mechanical and thermal shocks depends on the ductility and toughness. However, properties of tool and high-speed steels depend also on the final vacuum-heat-treatment process. Normally, hardness and fracture toughness are used to determine the influence of vacuum-heat-treatment parameters and to optimize it for the specific operating conditions of the tool. However, there are also other tool properties which are equally important and need to be taken into consideration. To determine such a wide range of properties different test procedures and different test specimens are required since none of the standard tests alone is capable of providing relevant properties completely. Currently the best overall appraisal of tool and high-speed steel applicability seems to be a combination of fracture toughness, bending or compression testing and in specific cases of impact or small-punch creep test. The aim of the paper is to show the possibility of using a single KIC-test specimen for determination of such a wide range of properties being important for tool and high-speed steels. Beside that usability of KIC-test specimen for assessment of technological properties such as nitridability, machinability, wear resistance etc. was confirmed.

**Key words:** Tool steel, vacuum heat treatment, characterization, fracture toughness

**5 Út/Tue 10:55**

## NEDESTRUKTIVNÍ MĚŘENÍ POVRCHOVÉ TVRDOSTI A HLOUBKY CEMENTACE PODLE ŠKODA AUTO A.S.

## NON-DESTRUCTIVE MEASUREMENT OF SURFACE HARDNESS AND CASE-HARDENING DEPTH BY ŠKODA AUTO A.S.

**Martin Ružovič<sup>a</sup>, Michal Ružovič<sup>b</sup>, Petr Štastný<sup>c</sup>, Josef Podkovičák<sup>d</sup>,  
David Holda<sup>e</sup>**

<sup>a</sup>3R Technics Slovakia s.r.o., Mečíková 54, 841 07 Bratislava, SK, mar@3r-technics.com

<sup>b</sup>3R Technics Slovakia s.r.o., Mečíková 54, 841 07 Bratislava, SK, mir@3r-technics.com

<sup>c</sup>ŠKODA AUTO a.s., Tř. Václava Klementa 869, 29360 Mladá Boleslav, CZ,  
petr.stastny@skoda-auto.cz

<sup>d</sup>ŠKODA AUTO a.s., Tř. Václava Klementa 869, 29360 Mladá Boleslav, CZ,  
josef.podkovicak@skoda-auto.cz

<sup>e</sup>FOERSTER TECOM, s.r.o., U Tvrze 13/30, 108 00 Praha 10, CZ, foerster@foerster.cz

Toto meranie bolo realizované pomocou 3R AMI systému od firmy 3R Technics na báze metódy virivých prúdov vybudovanom na hardvére Magnatest D od firmy Förster a bolo integrované do rovnačky u firmy Škoda Auto a.s. Paralelne bolo resp. je možné merať povrchovú tvrdosť a hĺbkmu cementácie prípadne aj ďalšie parametre kvality. Vzhľadom na to, že sa jedná o nedeštrukčnú metódu, je týmto spôsobom zabezpečená 100%-á kontrola kvality tepelného spracovania hriadeľov do prevodoviek, čo klasickými metódami nie je možné. Rovnakým alebo podobným spôsobom je možné kontrolovať samozrejme aj iné súčiastky. Pretože čas potrebný na rovnanie niekoľkonásobne prevyšuje čas potrebný na kontrolu tepelného spracovania (ca. 0.6s prípadne aj menej), je možné toto meranie vykonať aj viackrát v jednom cykle rovnania. Opakovane meranie zvyšuje dodatočne, tak ako u všetkých meraní, spoľahlivosť a stabilitu merania. Ďalšou výhodou nedeštrukčnej metódy je úspora materiálu a nákladov s tým spojených na skúšané vzorky / súčiastky, ktoré sú zničené pri konvenčných skúškach.

3R AMI systém resp. 3R TQC umožňuje okrem kontroly tepelného spracovania, kontrolovať aj iné mechanické vlastnosti kontrolovannej súčiastky s vysokou presnosťou, citlivosťou a spoľahlivosťou. Toto zabezpečuje multifrekvenčné meranie a z toho vyplývajúce viacparametrické nelineárne vyhodnocovanie. Na to sú používané speciálne na tento účel vyvinuté viacparametrické nelineárne matematické modely, ktoré sú srdcom tohto systému. Súčiastky môžu byť rôznych tvarov a kontrola môže byť tak statická, ako aj dynamická. Tento systém je možné integrovať do linky, alebo priamo do zariadenia, a tým kontrolovať výrobný proces a výrobné zariadenie, a tým zabezpečiť preventívnu údržbu, ktorá je zdrojom značných úspor.

This measurement was realized with the help of 3R AMI system from 3R Technics company. This system is based on eddy-current method built in a Magnatest D hardware from Förster company and it was integrated into the straightener at Škoda Auto a.s., company. It is/was possible to measure in a parallel way surface hardness and case-hardening depth, as well as other quality parameters. Given the fact that this is a non-destructive method, 100% quality control of gear shaft heat processing is secured which is not possible with traditional methods. Of course, in the same or similar way it is possible to control other components as well. Time required for straightening is several times bigger than time needed for heat processing hardening control (about 0.6s or less), thereby this measurement can be performed several times in one straightening

cycle. As with any other measurement, repeated measurements, subsequently, increase the reliability and measurement stability. Another advantage of such non-destructive method is material saving and cost savings associated with components/ samples testing destroyed by conventional tests.

3R AMI system or 3R TQC enable not only heat treatment testing but also testing of mechanical properties of tested component with high accuracy, sensitivity and reliability. All of this is ensured by multi-frequency measurement and multi-parametric nonlinear evaluation related to that. Specially for this purpose developed multi-parametric nonlinear mathematical models, the core of this system, are used. Components can be of different shape and control can be as well as static as dynamic. You can integrate this system into the line, or directly to the device so you can control manufacturing process and manufacturing equipment. Thereby preventive maintenance, source of significant cost savings, is ensured.

**Notes:**

**6 Út/Tue 11:15****SMA**

## VÁKUOVÉ TEPELNÉ SPRACOVANIE OCELE PRE TVÁRNENIE ZA STUDENA V PRÚDE DUSÍKA

## VACUUM HEAT TREATMENT OF STEEL FOR COLD WORKING IN NITROGEN GAS-STREAM

**Rudolf Kaštan**

MINCOVŇA KREMNICA Š.P., Štefanikovo námestie 25/24, 697 01 Kremnica, Slovenská republika,  
*rudolf.kastan@gmail.com*

V príspevku je rozobratá problematika vákuového tepelného spracovania pri pretlaku do 6 barov s chladiacim médiom vzduchom. Ocele pre prácu za studena: kaliteľnej na vzduchu (W.-Nr.: 1.2721) ako aj ocele kaliteľnej v oleji (W.-Nr.: 1.2550) vhodnej na výrobu náradia pre razbu mincí. Odsledovanie náradia vo výrobnom procese.

In the paper there is analysed the problems of vacuum heat treatment with pressure under 6 bars with air cooling medium. Steel for cold processing: air-hardening steel (W.-Nr.: 1.2721) and also oil-hardening steel (W.-Nr.: 1.2550) which is appropriate to make instruments of coining. Monitoring of instruments in production process.

**7 Út/Tue 13:00**

## ZPRACOVÁNÍ LEDEBURITICKÉ NÁSTROJOVÉ OCELI P/M VANADIS 6 METODU SUB-ZERO

### SUB-ZERO TREATMENT OF P/M VANADIS 6 LEDEBURITIC TOOL STEEL

Peter Jurčí<sup>1</sup>, Jana Sobotová<sup>2</sup>, Petra Salabová<sup>3</sup>, Otakar Prikner<sup>3</sup>, Borivoj Šuštaršič<sup>4</sup>,  
Darja Jenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Material Sciences and Technology in Trnava, Paulínská 16, 917 24 Trnava, Slovakia*

<sup>2</sup>*Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Karlovo nám. 13,  
121 35 Prague 2, Czech Republic*

<sup>3</sup>*Prikner - tepelné zpracování kovů, Martínkovice 279, 550 01, Czech Republic*

<sup>4</sup>*Institute of Metals and Technology, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, Slovenia*

The Cr-V ledeburitic steel Vanadis 6 was vacuum austenitized, nitrogen gas quenched and double tempered at various combinations of regimes. For selected samples, a sub-zero period was inserted between quenching and tempering. The obtained results infer that: I) as-quenched microstructure consisted of martensite, retained austenite and undissolved carbides, II) sub-zero processing reduced the amount of the retained austenite and increased the tetragonality of the martensitic lattice, III) as-quenched hardness of the steel was higher by 2 – 3 HRC due to sub-zero processing, IV) as-tempered hardness increased with increasing austenitizing temperature but it decreased slightly with the sub-zero period, V) no negative impact of sub-zero processing on toughness was recorded, VI) wear resistance increased with sub-zero period when 100Cr6 steel has been used as a counterpart.

**8 Út/Tue 13:20**

## **OPTIMÁLNÍ TECHNOLOGIE TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ PRO CEMENTACI DÍLŮ PRO VĚTRNOU ENERGETIKU**

## **OPTIMAL HEAT TREATMENT TECHNOLOGY FOR CASE HARDENING OF WIND INDUSTRY COMPONENTS**

**M.Przygonski**

**9 Út/Tue 13:40****MAGNETICKÁ DIAGNOSTIKA ODUHLIČENÍ SOUBORU OCELÍ****MAGNETIC DIAGNOSTICS OF DECARBURIZATION OF SET OF STEELS****Břetislav Skrbek, Martin Petera***Technical university of Liberec, Studentská 2, 461 17 Liberec 1, [bretislav.skrbek@tul.cz](mailto:bretislav.skrbek@tul.cz)*

Tato práce se zabývá měřením a hodnocením oduhlíčených vrstev na souboru různých tříd ocelí. Pro nedestruktivní testování je zde využita metoda magnetické skvrny a metoda hmotnostních změn při expozici v oduhlíčujícím prostředí. Testovaný soubor tvoří tyčky 4x4x100mm

**Klíčová slova:** Ocel, oduhlíčení, nedestruktivní zkoušení materiálu

This paper is focused on measurement and evaluating of decarburized layers of set of different grades of steel. There is used non-destructive testing by magnetic spot method and also evaluating of relation between decarburization and weight changes by heat processing. Testing set consists from bars of square section 4x4mm and length 100mm.

**Key words:** Steels, decarburization, non-destructive testing.

**10 Út/Tue 14:00****Invited lecture****VLIV MIKROSTRUKTURY NA ROZLOŽENÍ LOMOVÉ HOUŽEVNATOSTI****EFFECT OF MICROSTRUCTURE ON FRACTURE TOUGHNESS SCATTER****Bojan Podgornik, Vojteh Leskovšek***Institute of Metals and Technology, Lepi pot 11, SI-1000 Ljubljana, Slovenia*

Dies and tools used in hot metal forming (extrusion, forging, rolling, etc.) are exposed to elevated temperatures and high contact pressures, and therefore to wear and mechanical and thermal fatigue. Fracture toughness is thus one of the main material properties used when selecting and optimizing heat treatment of tools and dies. However, fracture toughness data alone is not sufficient and need to be supported by other material properties and features. The aim of the present research work was to correlate fracture toughness properties of hot work tool steel, especially its scatter to the local microstructure, microhardness and composition and to establish methodology for proper evaluation of tool steel's fracture toughness. Research was performed on non-standard, circumferentially notched and fatigue-precracked tensile-test specimens from H11 type hot work tool steel, with fatigue precrack formed under rotating-bending loading before the final heat treatment. Specimens heat treated under the same conditions but displaying greatly different fracture toughness were further examined in terms of fractured surface microscopy, microstructure, and distribution of alloying elements and microhardness over the fractured surface. Paper presents method for successive examination of fractured surface, which allows variations in fracture toughness to be correlated to the local changes in microstructure. Results show that presence of any weak point, either in a form of non-metallic inclusions, large undissolved eutectic carbide clusters and bands, or their combination, especially if located in the region of positive segregation and close to the fatigue crack tip will lead to considerable reduction in fracture toughness.

**Keywords:** hot work tool steel, fracture toughness, microstructure, microhardness

**11 Út/Tue 14:20**

## **VPLYV PODMIENOK INTERKRITICKÉHO ŽÍHANIA NA MOŽNOSŤ PREDIKCIE ŤAHOVÝCH VLASTNOSTÍ OCELÍ Z NAMERANÝCH HODNÔT TVRDOSTI**

### **THE INFLUENCE OF CONDITIONS OF INTERCRITICAL ANNEALING ON ABILITY TO PREDICT TENSILE PROPERTIES OF STEELS FROM MEASURED VALUES OF HARDNESS**

**Gejza Rosenberg<sup>a</sup>, Iveta Sinaiová<sup>a</sup>, Martin Gaško<sup>a</sup>, Ľuboš Juhár<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Ústav materiálového výskumu, SAV Košice, Watsonova 47, 043 53 Košice, Slovensko,*

[grosenberg@imr.saske.sk](mailto:grosenberg@imr.saske.sk)

<sup>b</sup>*U.S. Steel Košice, s. r. o., Útvor GM pre výskum a vývoj, Vstupný areál U. S. Steel Košice, 044 54 Košice, Slovensko, [LJuhar@sk.uss.com](mailto:LJuhar@sk.uss.com)*

Hlavným cieľom príspevku bolo posúdiť možnosti aplikácie korelačného vzťahu medzi tvrdosťou a pevnosťou ocelových plechov s feriticko-martenzitickou štruktúrou s objemovým podielom martenzitu v rozsahu 19 až 88 % (korelácia zahrňovala približne 250 údajov typu Rm-HV5). V príspevku je diskutovaná možnosť predikcie medze pevnosti a únavovej odolnosti ocelí vystavených rôznym režimom interkritického žíhania na základe nameraných hodnôt tvrdosti.

Main goal of the article was to determine the possibility to apply correlation relation between hardness and strength of steels sheets with ferrite-martensite structure with volume fractions of martensite ranging 19-88% (the correlation includes ca. 250 data, type Rm-HV5). In the article, possibility to predict ultimate tensile strength and fatigue resistance of steels exposed to different regimes of intercritical annealing is discussed by measured values of hardness.

**12 Út/Tue 14:40**

## MECHANICKÉ VLASTNOSTI POVRCHOVÝCH A PODPOVRCHOVÝCH VRSTIEV OCEĽOVÝCH PLECHOV

### MECHANICAL PROPERTIES OF SURFACE AND SUBSURFACE LAYERS OF STEEL SHEETS

**Gejza Rosenberg<sup>a</sup>, Iveta Sinaiová<sup>a</sup>, Martin Gaško<sup>a</sup>, Ľuboš Juhár<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Ustav materiálového výskumu, SAV Košice, Watsonova 47, 043 53 Košice, Slovensko,  
[grosenberg@imr.saske.sk](mailto:grosenberg@imr.saske.sk)*

<sup>b</sup>*U.S. Steel Košice, s. r. o., Útvar GM pre výskum a vývoj, Vstupný areál U. S. Steel Košice, 044  
54 Košice, Slovensko, [LJuhar@sk.uss.com](mailto:LJuhar@sk.uss.com)*

V príspevku sú uvedené výsledky analýzy štruktúrnej heterogenity po hrúbke oceľového plechu po aplikovaní rôznych režimov interkritického kalenia. Cieľom experimentov bolo stanoviť závislosť mechanických vlastností na stave mikroštruktúry v podpovrchovej a v stredovej oblasti plechu (pôvodná hrúbka 9 mm). Za tým účelom boli z týchto oblastí vyfrézované a obrúsené skúšobné vzorky s hrúbkou 1,5 a 3,0 mm, ktoré boli následne podrobenej skúškam vrubovej húževnatosti a skúškam odolnosti voči cyklickým zaťaženiam.

In the article, there are stated results of analysis of structural heterogeneity along the thickness of steel sheet after application of different regimes of intercritical annealing. The goal of the experiments was to determine the dependence of mechanical properties on the state of microstructure in the subsurface and middle area of steel plate (initial thickness 9mm). Therefore, samples with thickness 1,5 and 3,0mm were milled and grinded from these areas and subsequently tested by tests of impact toughness and tests of resistance against cyclic loading.

**13 Út/Tue 15:00****ZRYCHLENÉ OCHLAZOVÁNÍ VELKÝCH PRŮMĚRŮ C-Mn  
OCELÍ VE VODĚ, KALENÍ NEBO NORMALIZACE?****ACCELERATED COOLING OF LARGE DIAMETER C-Mn  
STEELS IN WATER, QUENCHING OR NORMALIZING?****Josef Bárta<sup>a</sup>, Radek Sztefek<sup>b</sup>**<sup>a</sup>VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s., Ruská 2887/101, 706 02 Ostrava,  
[josef.barta@vitkovice.cz](mailto:josef.barta@vitkovice.cz)<sup>b</sup>VŠB – TU OSTRAVA, 17 listopadu 15, 708 33 Ostrava, [radek.sztefek.st@vsb.cz](mailto:radek.sztefek.st@vsb.cz)

Pro dosažení požadovaných vlastností u velkých průměrů z C-Mn ocelí je nutné zajistit rychlosť ochlazování, která umožní získání jemnozrnné feriticko-perlitické struktury. Při zrychleném ochlazování velkých průměrů ve vodě je dosahováno stejně struktury jako při ochlazování menších průměrů na vzduchu. Podle známých definic pojmu z tepelného zpracování se v prvém případě jedná o kalení a v druhém případě o normalizaci. Přejímací společnosti vyžadují striktní dodržování těchto definic, což v případě normalizace velkých průměrů je v rozporu s požadavky na normované nebo i zvýšené hodnoty mechanických vlastností tohoto typu ocelí.

To achieve the required properties for large diameters of C-Mn steels it is necessary to provide cooling rate which enables obtaining of fine-grain ferrite-pearlite structure. With accelerated cooling of large diameters in water there is possible to achieve the same structure as with cooling of smaller diameters by air. According to the known definitions of heat treatment terms the first case means quenching, the second one normalizing. Classification societies ask for strict observance of these definitions, which in case of large diameters normalization is in conflict with requirements for standardized or even increased values of mechanical properties of these steel types.

**14 Út/Tue 15:40****Invited lecture****VLIV RYCHLOSTI OCHLAZOVÁNÍ NA RÁZOVOU PEVNOST  
NÁSTROJOVÝCH OCELÍ PRO PRÁCI ZA TEPLA PŘI TEPLITĚ  
OKOLÍ A PŘI 200 °C****INFLUENCE OF COOLING RATE DURING QUENCHING ON  
IMPACT TOUGHNESS OF A HOT-WORK TOOL STEEL AT  
AMBIENT TEMPERATURE AND AT 200 °C****Henrik Jesperson<sup>a</sup>**<sup>a</sup>*Uddeholms AB, SE-683 85 Hagfors, Sweden, henrik.jesperson@uddeholm.se*

Gross cracking of die-casting dies with inferior toughness sometimes occurs through too low preheating temperature and/or too slow cooling during quenching. This study aimed to clarify the influence of cooling rate on the toughness of the hot-work tool steel grade Uddeholm Vidar Superior at ambient temperature and at 200 °C, a typical preheating temperature for aluminium die-casting dies. Toughness was measured through instrumented Charpy V-notch impact testing.

The decrease in energy absorption with increasing cooling time between 800°C and 500°C both at both ambient temperature and 200 °C was pronounced. At ambient temperature, the decrease in total energy was a consequence of a decrease in initiation energy whereas, at 200 °C, the decrease in total energy was due to a decrease in propagation energy. The present investigation does not explain the decrease in toughness with increasing cooling time between 800 °C and 500 °C. This can only be revealed by studying the metallographic structure by light microscope, scanning electron microscope, and transmission electron microscope.

**15 Út/Tue 16:00**

## **PROBLEMATIKA DEFORMACÍ ROZMĚRNÝCH OZUBENÝCH KOL PO TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ**

### **QUESTIONS OF GEAR WHEEL DEFORMATION AFTER HEAT TREATMENT**

**Pavel Stolař***ECOSOND s.r.o., K Vodárně 531, 257 22 Čerčany, Czech Republic, [stolar@ecosond.cz](mailto:stolar@ecosond.cz)*

Změny rozměru a tvaru jsou jedním ze zásadních problémů při výrobě a tepelném zpracování ozubených kol i jiných součástí a vyžadují neustálou pozornost při návrhu technologie výroby. O deformaci ozubených kol je v současnosti k dispozici celá řada publikací popisující vlivy jednotlivých kroků výroby od hutní produkce až po závěrečné obráběcí operace. Článek si klade za cíl podat stručný přehled vlivů jednotlivých kroků na výsledné změny tvaru a rozměru kol, uvést vybrané příklady a upozornit na možnosti a metody jejich minimalizace.

Shape and size changes are one of the essential problems in production of gear wheels and require constant attention when designing the production technology. Currently, there is an number of publications on the distortion of gear wheels describing the influence of individual production steps starting with the metallurgical production and ending with the final machining operations. The aim of the paper is to provide a brief summary of influences of the individual steps on the resulting shape and size changes of the wheels and draw attention to the possibilities and methods of their minimizing.

**16 Út/Tue 16:20****VLIV ROZDÍLNOSTI KVALITY OCELI 18CrNiMo 7-6 NA DEFORMACE PO CEMENTOVÁNÍ****VARIATION IN 18CrNiMo 7-6 STEEL QUALITY AND ITS IMPACT ON DISTORTION IN CARBURIZING****Antonín Kříž<sup>a</sup>, Lukáš Fiedler<sup>b</sup>**<sup>a</sup>*University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Univerzitní 22, Plzeň 30614, Czech Republic, [kriz@kmm.zcu.cz](mailto:kriz@kmm.zcu.cz)*<sup>b</sup>*University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Univerzitní 22, Plzeň 30614, Czech Republic, [fiedlerl@kmm.zcu.cz](mailto:fiedlerl@kmm.zcu.cz)*

Tento článek pojednává o kvalitě oceli 18CrNiMo7-6 v souvislosti s dodavateli. Tato pozornost je věnována v souvislosti s deformací po tepelném zpracování. 18CrNiMo7-6 ocel se používá pro vysoce namáhaných cementovaných strojních součástí, zejména ozubených kol a hřídelí. Kvalita oceli výrazně závisí na dodavateli - výrobci. Ačkoliv pro všechny dodavatele platí stejně dodací podmínky, byly zjištěny výrazné rozdíly v metalografické kvalitě. Pro minimalizaci deformací je zapotřebí zajistit homogenní strukturu s jemnou zrnitostí a vysokou čistotou. Ve článku je uveden způsob a výsledky z hodnocení metalurgické kvality, v rámci které byla posuzována mikrostruktura, velikost zrna, tvrdost, čistota a rozložení feritu a perlitu.

This article is concerned with manufacturer-related variation in the quality of 18CrNiMo7-6 steel and with its impact on distortion in heat treated parts. The 18CrNiMo7-6 steel grade is used for making heavy duty carburized machine components, particularly for gears and shafts. The metallurgical quality of steel greatly depends on the manufacturer. Despite identical specifications, a single steel producer can supply steel of varying quality, which certainly affects the material's distortion upon heat treatment. For minimizing such distortion, homogeneous microstructure, fine grain size and high purity are important. Metallurgical quality of steel samples ordered with identical specifications was evaluated with respect to their microstructure, grain size, hardness, inclusion content and distribution of ferrite and pearlite areas.

**17 Út/Tue 16:40**

## VYUŽITÍ NUMERICKÉHO MODELOVÁNÍ PŘI OPTIMALIZACI OHŘEVU OZUBENÉHO KOLA S DŮRAZEM NA DEFORMACI

### OPTIMIZATION OF HEATING OF GEAR WHEEL USING NUMERICAL MODELING

**Soňa Benešová<sup>a</sup>, Antonín Kříž<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Univerzitní 22, Plzeň 30614, Czech Republic, sbenesov@kmm.zcu.cz*

<sup>b</sup>*University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Univerzitní 22, Plzeň 30614, Czech Republic, kriz@kmm.zcu.cz*

Při tepelném zpracování a cementaci ozubených kol pro převodovky větrných elektráren je nutné minimalizovat plastickou deformaci. Numerické simulace v softwaru DEFORM byly zaměřeny na sledování vlivu podložky, na níž spočívá ozubené kolo během zpracování, za předpokladu homogenního ohřevu v peci. Bylo zjištěno, že z důvodu tvaru a objemu podložky dochází k rychlejšímu ohřevu podložky, která se především v první fázi ohřevu zasouvá pod kolo a následně zabráňuje jeho volnému roztahování, což vede až ke vzniku plastické deformace. Na základě těchto poznatků byly navrženy nové způsoby ohřevu s cílem minimalizovat tento jev, takže plastická deformace ozubeného kola by měla být snížena k zanedbatelným hodnotám. Příspěvek předkládá ukázku praktického využití numerických simulací v softwaru Deform.

**Klíčová slova:** chemicko-teplné zpracování, ozubené kolo, simulační výpočty

Successful heat treating and carburizing of gear wheels for wind turbine gear boxes requires that plastic deformation in the wheel is minimized. Numerical modeling using the DEFORM software was aimed at exploring the effects of the base, on which the gear wheel rests during heating, on the heating process. Homogeneous heating was assumed. It was found that the base heats up more quickly than the workpiece. It is the consequence of the base's shape and volume. As a result, the base expands and slides against the wheel, predominantly at the first heating stage. Later on, it prevents the gear wheel from expanding, causing plastic deformation in the wheel. The findings were used for designing new heating schedules to minimize these undesirable interactions and to reduce the plastic deformation to a negligible magnitude. In addition, this paper presents an example of a practical use of numerical modeling in the DEFORM software.

**Keywords:** heat treatment, gear, simulation calculations

**18 Út/Tue 17:00****Commercial lecture**

## QTSteel – PROGRAM PRO POČÍTAČOVOU SIMULACI PROCESŮ KALENÍ A POPOUŠTĚNÍ OCELÍ

### QTSteel – SOFTWARE FOR COMPUTER SIMULATION OF HEAT TREATMENT RESPONSE OF CARBON AND ALLOY STEELS

**Pavel Šimeček<sup>a</sup>, Ron Scott<sup>b</sup>**<sup>a</sup>ITA Ltd., Martinská 6, 709 00 Ostrava, Czech Republic, [pavel.simecek@ita-tech.cz](mailto:pavel.simecek@ita-tech.cz)<sup>b</sup>METALTECH Ltd., Consett, DH8 9HU, United Kingdom, [rs@metaltech.co.uk](mailto:rs@metaltech.co.uk)

Příspěvek seznamuje s funkcionalitou nové verze programu QTSteel 3.2, jejíž vývoj byl ukončen v září 2012. Nová verze programu má řadu vylepšení a to jak v oblasti výpočtů ochlazovacích křivek, tak i v oblasti metalurgie. Teplotní 2D MKP modul byl rozšířen o nesymetrické ochlazování válců a prstenců, při ochlazování vnitřní stěny trubek může být teplota vzduchu závislá na aktuální teplotě vnitřního povrchu. Při ochlazování těles v lázni lze do výpočtu zahrnout i ohřev ochlazovacího média. Nově je k dispozici i výpočet teplotní bilance, tedy časové závislosti tepelného výkonu a tepelné energie ochlazovacího procesu. V oblasti metalurgické byly vyladěny moduly pro predikci CCT diagramů tak, aby byly přesnější především pro oceli legované chromem, niklem a molybdenem. V rámci vývoje nové verze proběhlo ladění modulů pro výpočet tvrdosti po kalení a mechanických vlastností po popouštění, kdy byly predikované hodnoty porovnávány s naměřenými, které byly získány jak z reálných provozů, tak i z dostupné literatury. Výsledky těchto srovnávacích analýz jsou rovněž součástí příspěvku.

This paper introduces the functionality of a new version of the software QTSteel 3.2, the development of which was completed in October 2012. The new version has many improvements both in the computation of cooling curves as well as in the field of metallurgy. The 2D FEM temperature module has been extended to non-symmetrical cooling of cylinders and rings. The temperature of the air during cooling of the inner side of the tube can be dependent on the actual temperature of the inner surface. When a part is cooled in a quenchant the temperature calculation can take into account the temperature of the cooling media. A new feature available in the software is the thermal balance calculation, which ensures the time dependence of heating power and energy during the cooling process. The metallurgical modules for predicting CCT diagrams were tuned in order to be more representative of industrial heat treatment procedures especially for chromium, nickel and molybdenum alloyed steels. Within the development of the new version, modules for calculating as quenched hardness and for the prediction of as tempered mechanical properties were also tuned. Predicted values have been compared with measured data, both from process measurements and available literature. The results of some of this comparative work have been presented in the paper.

**19 Út/Tue 17:20****Commercial lecture**

## **POUŽITÍ KOVANÝCH ŽÁRUVZDORNÝCH SLITIN NA APLIKACE TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ**

## **THE USE OF WROUGHT HEAT RESISTING ALLOYS IN HEAT TREATMENT APPLICATIONS**

**Bryan Peters**

*Rolled Alloys Ltd., Walker Industrial Park, BB1 2 QE Guide Blackburn, Lancashire, England,  
[bpeters@rolledalloys.co.uk](mailto:bpeters@rolledalloys.co.uk)*

Společnost Rolled Alloys, světová jednička v dodávkách nerezových ocelí a speciálních slitin, s více než 50 lety zkušeností s prostředím vysokých teplot, zavedla v roce 1953 slitinu RA 330. RA 330 je stejné slatinou pro průmysl tepelného zpracování jako výsledek svého vysokého výkonu - vysoké odolnosti vůči oxidaci a karburaci, metalurgické stabilitě a pevnosti za tepla a odolnosti proti změnám teploty.

Po celé roky společnost Rolled Alloys dodává desky, plechy, tyče, potrubí a tvarovky, svařovací spotřební materiál a užívané díly pro výrobu dílů, muflí, vypalovací pecí, retorty, upínací přípravky, ventilátory, tyčové koše, zářiče, kalicí zařízení, solné nádoby atd. RA 330 se ve velké míře používá v aplikacích, kde se vyžaduje vysoká odolnost proti změnám teploty, jako jsou např. koše, v dílech vysokých pecí, jako jsou např. řetězy, kolíky řemenů a ve výmenných licích pánevích, zářičích atd. Naše obsáhlá schopnost zpracování nám umožňuje nabízet k tomuto zpracování přidanou hodnotu, jako např. precizní laserové řezání, stříhání, řezání vodním paprskem, řezání pilou, řezání a zpracování plazmou.

Naše skupina odborníků, sestavená z 11 techniků se zaměřením na metalurgii, korozi a aplikace, poskytuje našim slitinám podporu v různých aplikacích na celém světě. Naše metalurgické laboratoře umístěné ve VB a USA nám pomáhají poskytovat našim zákazníkům lepší služby v technických záležitostech, výběru materiálu, korozních zkouškách, zkoumání a analýze vad. Rádi Vás uvítáme na našich webových stránkách <http://www.rolledalloys.com>

Rolled Alloys, a global supplier of stainless steels and specialty alloys, with over 50 years' experience in the high temperature environment introduced RA 330 in 1953. RA 330 has been the workhorse alloy for the heat treat industry as a result of its super performance- high oxidation resistance, carburization resistance, metallurgical stability, and hot strength and thermal fatigue resistance.

Over the years, Rolled Alloys has supplied plate, sheet, bar, pipe and fittings, welding consumables and cut pieces for the fabrication of parts, muffles, calciners, retorts, jigs, fans, bar baskets, radiant tubes, quenching, salt pots, etc. RA 330 has been widely used in high thermal fatigue applications like baskets, in furnace parts as chains, belt pins and in replacing castings trays, radiant tubes, etc. Our extensive processing capability positions us to be able to offer value added processing such as precision laser cutting, shearing, Waterjet, sawing, plasma cuttings and gauer processing.

Our technical expertise, consisting of 11 metallurgical, corrosion and application engineers support our alloys into diverse applications all over the world. Our metallurgical laboratories located in the UK and the USA helps us to serve our customers better in technical matters; material selection, corrosion testing, failure investigation and analysis. Kindly visit us at <http://www.rolledalloys.com>

**20 Út/Tue 17:40****Commercial lecture**

## MICRONESS: PŮVODNÍ ČESKÝ NÁSTROJ PRO AUTOMATICKÉ VYHODNOCOVÁNÍ MĚŘENÍ MIKROTVRDOSTI

### MICRONESS: ORIGINAL CZECH TOOL FOR MICROHARDNESS MEASUREMENT PROCESSING

**Ing. Jan Široký***Energočentrum Plus s.r.o., Technická 1902/2, 166 27 Praha 6**Tel. +420 224 352 322, fax +420 233 330 425, email public@energocentrum.cz***Ing. Libor Keller, CSc.***TSI System s.r.o., Mariánské nám. 1, 617 00 Brno**Tel. +420 545 129 462, fax +420 545 129 467, email info@tsisystem.cz*

Měření mikrotvrdosti patří k základním metodám vyhodnocování vlastností kovových konstrukčních materiálů. Optické vyhodnocování vtisků podle Vickerse nebo Knoopa je vždy zatížené chybami, které mají původ v individuálním posouzení vtisku operátorem. Pokrok v oblasti automatického zpracování obrazu, dosažený v posledních letech, umožnil automatizaci vyhodnocení provedených zkoušek. Automatické vyhodnocení je však ztíženo vadami v obrazu vtisku. Výhodou nového původního algoritmu je jeho odolnost proti poškození obrazu vtisku. Popsaný algoritmus je implementován v nové verzi programu pro vyhodnocování tvrdosti Microness, který nachází široké uplatnění v průmyslové praxi. Umožňuje nejen spolehlivé automatické vyhodnocení vtisků, ale i jejich dokumentaci a archivaci. Program Microness, včetně algoritmu automatického rozpoznávání vtisku, je původní český produkt.

Microhardness testing ranks among basic material properties evaluation methods applied to structural metal materials. Optical evaluation of indentations by Vickers or Knoop test method is always affected by errors originating in individual assessment of indentation by the operator. Test results can be evaluated automatically thanks to the recent development in the field of image processing. However, automated evaluation may be affected by defects in the indentation image. The advantage of the new original algorithm is its stability towards damage to indentation image. The described algorithm is implemented in a new version of hardness evaluation software named Microness which offers a wide industrial application potential. It provides reliable automated indentation evaluations as well as their documenting and archiving. The Microness software, incl. automated indentation recognition algorithm is an original Czech product.

**21 St/Wed 8:00**

## **VÝROBA PŘÍPRAVKŮ PRO TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ V PODMÍNKÁCH NOVÝCH TECHNOLOGIÍ**

### **PRODUCTION OF HEAT TREATMENT FIXTURES UNDER CONDITIONS OF THE NEW TECHNOLOGIES**

**Ing. Stanislav Pálka***AFE CRONITE CZ, Škrobárenská 484/8, 617 00*

Tepelné zpracování je nedílnou součástí mnoha odvětví strojírenství. Především pak automobilového průmyslu. Ten dlouhodobě klade důraz na využití nejmodernějších pracovních postupů a zařízení v součinnosti s požadavkem na co nejlepší efektivitu procesu. Zavedení procesů jako například nízkotlaké nauhličování (LPC) vyústilo k mnoha změnám v dosavadní praxi konstrukce přípravků pro tepelné zpracování (TZ). První změnou je masivní nahrazování běžných austenitických ocelí niklovými superslitinami. Dále došlo ke změnám v konstrukci přípravků především s důrazem na co největší snížení jejich hmotnosti což vede hlavně k vyššímu využití pece. Úzká spolupráce konstrukčního a vývojového oddělení se v minulosti ukázala jako klíčová pro úspěch v tomto inovativním prostředí.

Heat treatment is inseparable part of many industrial branches. Especially automotive which emphasis on using the newest work procedures and devices parallel with requirement to the best possible process effectiveness. Set up of processes like low pressure carburization led to many changes in previous design of the heat treatment fixtures. The first change is the replacement of common austenitic steels by nickel based superalloys. Also design of the fixtures was changed with a view to lowest possible weight leading to much better effectiveness of the furnace. Close cooperation of design and research department was in past the key of success in such innovative field.

**22 St/Wed 8:20****NOVÉ MĚŘÍCÍ A KONTROLNÍ TECHNIKY PRO ODHAD  
VÝSLEDKŮ FERITICKÉ KARBONITRIDACE****NEW MEASUREMENT AND CONTROL TECHNIQUES FOR  
PREDICTABLE RESULTS IN FERRITIC NITROCARBURIZING****Jens Baumann***Process Electronic GmbH, Heiningen Germany*

Control of compound layer in the ferritic nitrocarburizing process has traditionally been accomplished by fixed flow of process gasses. Inherent difficulty of measuring the process by extractive sampling or the lack of in-situ sensor technology has eliminated the possibility of closed loop control, as well as documentation of the process that would aid in compliance to specifications such as CQI-9, and SAE AMS 2759/12. This presentation paper will explore a modern approach that will improve compound layer control as well as provide accurate process documentation.

**23 St/Wed 8:40**

## **ENERGETICKÁ ÚČINNOST SYSTÉMU CENTRÁLNÍHO ZÁSOBOVÁNÍ ENDOPLYNEM S ŘÍZENÝM PRŮTOKEM**

## **ENERGY EFFICIENT CENTRAL ENDOTHERMIC GAS SUPPLY SYSTEM WITH FLOW MANAGEMENT CONTROLS**

**Helmut Egger***IVA Industrial Furnaces GmbH, Zum Lonnenhohl 23, 44319 Dortmund, Germany*[HEgger@iva-online.com](mailto:HEgger@iva-online.com)

Conventional endothermic gas supply systems for a variety of processes ( e. g. gaseous carburizing & carbonitriding, neutral hardening, nitrocarburizing) and industrial furnaces are still independently operated, manually adjusted and do not have flow control management.

As a result, produced flow quantities frequently exceed combined flow requirements of the various heat treatment furnaces with the excess flow quantity produced being burned off.

The system introduced and promoted by IVA now is characterized by:

- Energy efficient heating systems, available electrically heated or gas heated via recuperated burners
- Automated flow control management with interface to furnace process controls
- Quantity produced exactly matches the summary of flow rates, required by all connected heat treatment furnaces with NO excess capacity, burned off.
- Instantaneous reaction to changed flow requirements
- New concept with post cracking reaction outside catalyst tube, resulting into sootless operation
- Automatic turn down ratio in between 20 – 100% of nominal capacity
- Best available cost efficiency

Very competitive to nitrogen-methanol based atmosphere

**24 St/Wed 9:00**

## **PLASMOVÁ NITRIDACE VYSOKOLEGOVANÝCH OCELÍ**

### **PLASMA NITRIDING OF HIGH-ALLOY STEELS**

**Jiří Stanislav**

*Bodycote HT s.r.o., Tanvaldská 345, Liberec 30, Česká republika, [jiri.stanislav@bodycote.com](mailto:jiri.stanislav@bodycote.com)*

**Vladimír Procházka**

*Bodycote HT s.r.o., Tanvaldská 345, Liberec 30, Česká republika,  
[vladimir.prochazka@bodycote.com](mailto:vladimir.prochazka@bodycote.com)*

**Petr Brejša**

*Bodycote HT s.r.o., Křížová 1018, Praha 5, Česká republika,  
[petr.brejsa@bodycote.com](mailto:petr.brejsa@bodycote.com)*

Plasmová nitridace je v mnoha případech jedna z mála cest jak zvýšit odolnost povrchu proti opotřebení u ocelí s vysokým legováním. Jedná se jak o oceli pro práci za tepla, rychlořezné oceli, jedná se ale především o celou skupinu nerezových ocelí s obsahem chromu nad 12%, kdy kromě požadavku na zvýšení tvrdosti povrchu je současně kladen požadavek na zajištění dostatečné korozní odolnosti. V práci jsou popsány některé aspekty tohoto procesu, vliv procesních parametrů, a způsoby, které umožňují vést tyto procesy bezpečně k požadovaným výsledkům.

Plasma nitriding is often one of few ways how to improve surface resistance against wear and tear on high-alloy steels. These are steels for high temperature applications and high-speed steels but, above all, they are an entire class of stainless steels with chromium content above 12% with which, besides the requirement for surface hardening, there is also a requirement to provide sufficient resistance to corrosion. This paper deals with some aspects of this process, effects by process parameters, and methods that allow control such processes safely towards required results.

**25 St/Wed 9:20****TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ ČÁSTÍ OZUBENÝCH KOL -  
MOŽNOSTI ÚSPORY ČASU A NÁKLADŮ****HEAT TREATMENT OF GEAR PARTS – POSSIBILITIES OF  
TIME AND COST SAVINGS****Herwig Altena***Aichelin Holding GmbH, 2340 Mödling, Austria, herwig.altena@aichelin.com*

Conventional atmospherical furnaces are “state of the art” for case hardening of transmission gear parts for the automotive industry. Many customers appreciate the advantages of atmospherical furnaces, like low heat treatment costs, high availability of the furnace, good reproducibility of the heat treatment results, process control via oxygen probe, etc. Increased demands concerning the reduction of process time, reduced heat treatment costs and improved energy efficiency can be met by technical and technological innovations. This paper shows different aspects of time and cost savings for heat treatment of gear parts.

**26 St/Wed 9:40**

## KONTROLOVANÁ NITRIDACE V PLYNU - ŘÍZENÍ PROCESU KARBONITRIDACE A MOŽNOSTI PŘEDBĚŽNÉ KALKULACE

### CONTROLLED GAS NITRIDING / NITROCARBURIZING PROCESS CONTROL AND PRE-CALCULATION POSSIBILITIES

**Stefan Heineck, Frank Theisen**

*STANGE Elektronik GmbH, Wandersleber Strasse 1b, 991 92, Apfelstädt, Deutschland,  
[www.stange-elektronik.de](http://www.stange-elektronik.de), [sheineck@stange-elektronik.de](mailto:sheineck@stange-elektronik.de)*

Controlled gas nitriding is recognized as optimization of component properties by creating nitrided layers with a defined layer structure corresponding to the demands. Requirements are:

- Knowledge about the optimal layer structure for a given component stress that enables specifications about the structure stress-related surface layer.
- Knowledge about the behaviour of components during nitriding depending on material and nitriding conditions as basis for material selection and the selection of technological parameters.
- The measurement and control of nitriding conditions, especially the nitriding potential as basis for a controlled process control.

Based on the relationship between structure and nitriding layer properties is now given an overview about the state of knowledge to pre-calculate target-oriented parameters like nitriding hardness depth (NHD), compound layer thickness (CLT) and surface hardness (RH) for controlled gas nitriding.

Controlled gas nitriding is defined as component properties optimization by creating nitrided layers with a defined layer structure corresponding to the demands.

**27 St/Wed 10:20**

## **ENERGETICKÁ ÚČINNOST NITRIDACE A KARBONITRIDACE V MODERNÍCH RETORTOVÝCH PECÍCH**

### **ENERGY EFFICIENT NITRIDING AND NITROCARBURISING IN MODERN RETORT FURNACES**

**Peter Haase***IVA Industrial Furnaces GmbH, Zum Lonnenhohl 23, 44319 Dortmund, Germany**[HEgger@iva-online.com](mailto:HEgger@iva-online.com)*

There are many requirements on modern heat treatment equipment. In addition to high operational reliability, reproducible material quality and maximum productivity there are also requirements for high energy efficiency which have to be realized by sophisticated technical solutions.

The primary focus is on the main energy consumers like heating energy and process media.

The presentation shows different technical measures to achieve minimum energy and process media consumption on evacuable retort furnaces for nitriding and nitrocarburising:

- modern recuperative gas burners
- optimized flow conditions in the heating chamber
- direct cooling system
- modern sensor technology
- controlled heat treatment for nitriding and oxidising with new mass flow controllers

**28 St/Wed 10:40****Invited lecture**

## **VLIV POVRCHOVÉHO ČIŠTĚNÍ NA VÝSLEDKY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ**

### **EFFECT OF SURFACE CLEANING ON HEAT TREATMENT RESULTS**

**Brigitte Haase***Hochschule Bremerhaven*

A cleaning process is not only required subsequent to quenching of heat-treated parts for the removal of quenching medium residues from the components' surfaces, but also prior to heat treatment, for the removal of residues from metal working, anti-corrosives or soil from storage and transport. Surface condition and cleanliness affect the heat treatment result, especially in thermochemical processes which require active surfaces, free from passive films or diffusion barriers.

Lubricants used in metalworking, water-based cleaning agents and their chemical components have been researched for their ability to hinder or prevent the formation of hard layers in a thermochemical diffusion process like gas nitriding. Specimens were gas nitrided after applying a layer of contaminants. Analytical tools were hardness measurement, microscopy, and surface analysis, combined to reveal kinds of interaction between manufacturing residues and heat treatment processes.

Based on general demands on workpieces' cleanliness and on specifications by heat treatment, cleaning processes, agents and components of cleaning plants are discussed. General demands refer to the residue-free removal of contaminants, even from complex geometries, comprising cleaning agent residues and water ingredients with respect to the type of water (e.g., water hardness). In addition, the cleaning agent itself must not leave any residues on the surfaces after the cleaning process is finished.

**29 St/Wed 11:10****POUŽITÍ POLYMERNÍCH KALÍCÍCH PROSTŘEDKŮ V PRAXI****SUBSTITUTION OF QUENCHING OILS BY WATERBASED POLYMER QUENCHANTS – QUENCHING WITHOUT FLAMES AND FUMES****Thorsten Beitz\****PETROFER CHEMIE, Hildesheim, Germany**Presented in Czech Republic by: Ladislav Bartoš TECHOIL s.r.o.*

The practice of using large open tanks filled with oil for heat treatment can be consigned to history thanks to the development of new technology. Today Feroquench 2000, a water-based polymer quenchant, is widely used to replace open oil quench tanks and this trend is accelerating. Comprehensive practical experience is now available to prove that a waterbased polymer quenchant with oil-like quenching properties is capable of providing excellent performance over many years of service. In many cases the conversion of an oil-quenching system is straightforward, although high water containing quenchants always require good agitation due to the lower boiling temperature of these fluids compared with oil. The quenching properties of water-based polymer quenchants are much more influenced by the bath-temperature than those of oils. Therefore the temperature has to be controlled to reach constant and homogenous cooling properties. The paper details properties of water-based quenchants together with application parameters and examples of working systems.

**30 St/Wed 11:30**

## ZKUŠNOSTI S APLIKACÍ OBJEMOVÝCH LÁZNÍ KALÍCÍCH POLYMERŮ

### EXPERIENCE IN POLYMER IMMERSION BATH QUENCHING

**Juda Čížkovský***ECOSOND s.r.o., K Vodárně 531, 257 22 Čerčany, Czech Republic, [cizkovsky@ecosond.cz](mailto:cizkovsky@ecosond.cz)*

Kalicí lázně tvořené vodným roztokem polymeru stále častěji nahrazují oleje v kalení ocelových dílů. Polymerní kalicí lázně však ve srovnání s olejovými vykazují odlišná specifika. Nabízejí jiné možnosti a vyžadují odlišné nakládání. Příspěvek se zabývá typickými vlastnostmi polymerních kalicích lázní pro objemové kalení, porovnáním s oleji a příklady použití v průmyslové praxi.

Quenching baths based on polymer solution in water are more and more common in quenching the steel parts. In comparison with oil-based, the polymer quenching baths exhibit specific characteristics. They allow different ways and require different treatment. This paper is focused on characteristics of polymer quenching baths, comparison with oil based ones and examples from industry usage.

**31 St/Wed 11:50****NEJNOVĚJŠÍ KONSTRUKCE VAKUOVÝCH PECÍ S TOPNOU  
KOMOROU I KALÍCÍM SYSTÉMEM ÚČELOVĚ  
PŘIZPŮSOBENÝMI RŮZNÝM APLIKACÍM KALENÍ****LATEST PURPOSE-DIRECTED HOTZONE AND COOLING-  
GASSTREAM DESIGN OF VACUUM FURNACES FOR  
DIFFERENT HARDENING APPLICATIONS****B. Zieger, A.Dappa**

SCHMETZ Vakuumöfen GmbH, Holzener Strasse 39, 58708 Menden, Deutschland,  
[www.schmetz.de](http://www.schmetz.de)

The heat-treatment processes of various components and loads have most different requirements reg. uniform components cooling as well as for high quenching speed.

Rectangular hot zone design with large scale gas through-streaming is still and again for many standard and also for special loads recommendable.

In this way gas through-streaming, which corresponds to load plain, can even take place from various directions and with flow reversal.

Round hot zones design with nozzle cooling can offer, however, advantages through higher cooling capacity for hardening processes of big volume components.

**32 St/Wed 12:10****VAKUOVÁ CEMENTACE A KALENÍ V PŘETLAKU PLYNU –  
ZKUŠENOSTI V SÉRIOVÉ VÝROBĚ****VACUUM CARBURIZING AND HIGH PRESSURE GAS  
QUENCHING – EXPERIENCE IN THE MASS PRODUCTION****Josef Podkovičák<sup>a</sup>, Karl Ritter<sup>b</sup>**<sup>a</sup> ŠKODA AUTO a.s., Tř. Václava Klementa 869, 293 60 Mladá Boleslav, Česká republika,  
[josef.podkovicak@skoda-auto.cz](mailto:josef.podkovicak@skoda-auto.cz)<sup>b</sup> ALD Vacuum Technologies GmbH, Wilhelm-Rohn-Strasse 35, 63450 Hanau, Germany,  
[karl.ritter@ald-vt.de](mailto:karl.ritter@ald-vt.de)

Most of the modern gearboxes in passenger cars are heat treated with vacuum carburizing and high pressure gas quenching. In this presentation basic process information as well as information regarding furnace technology, such as ModulTherm and SyncroTherm, is shown. Furthermore the installation and start of production of a ModulTherm system, in the gearbox production of SCODA AUTO in Mlada Boleslav, will be part of this presentation. The ModulTherm line, with pre washing, pre oxidation- and tempering furnace, consists of 9 treatment chambers for vacuum carburizing process and a quenching module with 20 bar Helium quench including recycling system. The ModulTherm was installed in the first step with 6 treatment chambers and it was ready for production beginning of 2011. In the second step 3 additional treatment chambers have been installed and start of production was in February 2012 for parts of the new gearbox type MQ100. The production volume since June 2012 is about 1200 gearboxes per day.

**33 St/Wed 14:00****VLIV IZOTERMICKÉHO A TERMOMECHANICKÉHO  
TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ NA PRECIPITACI FÁZÍ A  
KOROZNÍ VLASTNOSTI SLITINY 926****EFFECT OF ISOTHERMAL AND THERMO-MECHANICAL  
HEAT TREATMENTON PHASE PRECIPITATION AND  
CORROSION PROPERTIES OF ALLOY 926****Roland Lackner<sup>1</sup>, Gregor Mori<sup>1</sup>, Manuel Prohaska<sup>2</sup>, Guido Tischler<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*CD Laboratory of Localized Corrosion, Montanuniversitaet Leoben, Franz Josef Strasse 18, A-8700 Leoben Austria, [mori@unileoben.ac.at](mailto:mori@unileoben.ac.at)*<sup>2</sup>*BHDT GmbH, Werk-VI-Strasse 52, A-8605 Kapfenberg, Austria*<sup>3</sup>*voestalpine Grobblech GmbH, voestalpine-Strasse 3, A-4020 Linz, Austria*

Alloy 926 is a highly alloyed, molybdenum-bearing stainless steel and is used in various industrial fields. For instance, this material is employed as a cladding material for high-diameter pipes in oil and gas industry. One possibility for the production of cladded pipes is the application of a thermo-mechanical rolling process. Recent studies have shown that end rolling at 950 °C with subsequent water cooling is the most promising process route for Alloy 926. In that case, the resulting corrosion properties are comparable with a solution annealed material. In the initial phase of the present work, the impact of two subsequent annealing and quenching and tempering processes on corrosion properties was determined. After evaluating the microstructure with SEM, the elemental depletion zones adjacent grain boundary precipitates were investigated by means of TEM-EDX linescans. It was found that the size and the extent of elemental depletion zones are corresponding to the degree of sensitization (DOS). The elemental depletion zones of two long-term isothermally annealed conditions were obtained quantitatively and compared with thermo-mechanically rolled samples. After isothermal annealing the chromium as well as the molybdenum depletion adjacent grain boundaries is much stronger than after thermo-mechanical rolling. Due to extensive phase precipitation the matrix contains less molybdenum and chromium after long-term isothermal annealing. In general, molybdenum depletion was found to be more distinctive than chromium depletion. This fact is referred to the different atomic radii and diffusion coefficients of both elements.

**34 St/Wed 14:20**

## OPTIMALIZACE PARAMETRŮ INDUKČNÍHO KALENÍ ZA POMOCI NUMERICKÉ SIMULACE

## OPTIMIZATION OF INDUCTION HARDENING PARAMETERS THROUGH FEM SIMULATION

**Ing. Pavel Šuchmann<sup>a</sup>, Ing. Josef Hodek, Ph.D.<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>COMTES FHT a.s., Průmyslová 995, 334 41 Dobřany, Česká republika,  
[pavel.suchmann@comtesfht.cz](mailto:pavel.suchmann@comtesfht.cz), [josef.hodek@comtesfht.cz](mailto:josef.hodek@comtesfht.cz)

Indukční kalení s průběžným ohřevem je v průmyslových podmírkách nejčastěji využívanou technologií povrchového tepelného zpracování. Využívá se pro zpracování celé řady strojních součástí a některých typů nástrojů. Pro dosažení požadovaných parametrů zakalené vrstvy je rozhodující správná volba technologických parametrů kalení, tj. frekvence a výkonu induktoru a rychlosti pohybu. Z těchto parametrů vyplývá teplota ohřevu a hloubka austenitizované vrstvy a tedy i vlastnosti součásti po zakalení. V průmyslových provozech se nastavení technologických parametrů indukčního kalení provádí nejčastěji na základě empiricky stanovených vzorců a praktických zkušeností.

V příspěvku je popsána metodika modelování procesu indukčního kalení vyvinutá společností COMTES FHT. Pomocí konečnoprvkového softwaru DEFORM rozšířeného o přídavný modul pro simulaci indukčního ohřevu byl predikován vliv technologických parametrů kalení (frekvence, rychlosť posuvu) na tvrdost a hloubku zákalné vrstvy u válcových vzorků o průměru 20 mm z oceli C45. Výsledky numerických výpočtů byly porovnány s vlastnostmi naměřenými na vzorcích zakalených pomocí středofrekvenčního a vysokofrekvenčního indukčního ohřevu. Z porovnání vyplynula velmi dobrá shoda výsledků výpočtu a praktických zkoušek. Popsaná metodika je od počátku roku 2012 ve společnosti COMTES FHT využívána ke stanovení optimálních parametrů indukčního ohřevu při povrchovém kalení.

Induction hardening with progressive heating is the most common industrial surface heat treatment method. It is used for treating various engineering parts and some types of tools. Parameters which are decisive for achieving the prescribed properties of the hardened surface layer include the frequency, power and the velocity of the inductor. These govern the heating temperature, austenitizing depth and, consequently, the properties of the hardened part. When prescribing the induction hardening parameters, industrial plants typically rely on empirical formulas and their previous experience.

This paper describes a method of modeling induction hardening developed by the COMTES FHT company. The influence of hardening parameters (frequency and velocity) on hardness and hardening depth in 20 mm-diameter cylinders made of C45 steel was explored using the finite element method-based DEFORM software with an additional module for modeling of induction heating. Results of numerical modeling were compared with data measured on specimens hardened by means of medium-frequency induction heating equipment. The comparison revealed a very good agreement between the calculation and real-world tests. The present method has been used at COMTES FHT for finding optimum induction hardening parameters since the beginning of 2012.

**35 St/Wed 14:40****Invited lecture****NOVÉ ZPŮSOBY A MATERIÁLOVĚ TECHNICKÝ VÝVOJ  
POVRCHOVÉHO TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ POMOCÍ  
VYSOKOVÝKONOVÝCH DIODOVÝCH LASERŮ****NEW TECHNICAL AND MATERIALS ADVANCES OF SURFACE  
HEAT TREATMENT BY WAY OF HIGH-POWER DIODE  
LASERS****Berndt Brenner***Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS*

**36 St/Wed 15:10**

## **MIKROSTRUKTURA A VLASTNOSTI POVRCHU PO KALENÍ LITINY LASEREM**

## **MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF CAST IRON AFTER LASER SURFACE HARDENING**

**Stanislav Němeček**

*MATEX PM s.r.o., Morseova 5, 301 00 Plzeň, Czech Republic, [nemecek@matexpm.com](mailto:nemecek@matexpm.com)  
LASER ARC, Libušinská 60, 301 00 Plzeň, Czech Republic, [laserarc@laserarc.com](mailto:laserarc@laserarc.com)*

Laserové kalení litinových povrchů není jednoduché vinou heterogenity a hrubozrnnosti, zvláště u hmotných odlitků. Přesto právě kalení mnohatunových forem pro automobilový průmysl je zajímavou a vyhledávanou aplikací. V příspěvku jsou shrnutы poznatky shromážděné během několikaletého studia struktury a povrchových vlastností. Jsou popsány transformační změny v okolí grafitu i vznik martenzitických a karbidických fází, které vedou k tvrdostem nad 65HRC a vynikající otěruvzdornosti při výrobě karosářských dílů v automobilovém průmyslu.

Laser surface hardening of cast iron is not trivial due to the material's heterogeneity and coarse-grained microstructure, particularly in massive castings. Despite that, hardening of heavy moulds for automotive industry is in high demand. The present paper summarises the findings collected over several years of study of materials structure and surface properties. Phase transformations in the vicinity of graphite are described using examples from production of body parts in automotive industry. The description relates to formation of martensite and carbide-based phases, which leads to hardness values above 65 HRC and to excellent abrasion resistance.

**37 St/Wed 15:30**

## ELEKTRONOVÝ PAPRSEK V TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ

### ELECTRON BEAM IN HEAT TREATMENT

**Filip Vráblík***ECOSOND s.r.o., K Vodárně 531, 257 22 Čerčany, Czech Republic, [vrablik@ecosond.cz](mailto:vrablik@ecosond.cz)*

Elektronový paprsek (EP) se dokázal v posledních 20 letech prosadit v konkurenci ostatních povrchových technologií. Příspěvek je zaměřen na technické možnosti využití elektronového paprsku pro specifické aplikace. V příspěvku je shrnut technologický a ekonomický potenciál technologie EP zároveň s vlivem na design a výrobní proces. Nové technologie jako automatické usměrňování paprsku, pokročilé sledování paprsku a systémy rychlého vychylování EP adaptované pro různé typy zařízení demonstруjí flexibilitu a efektivitu technologií využívajících EP obzvláště pro technologie tepelného zpracování povrchu součástí.

**Klíčová slova:** Tepelné zpracování pomocí EP, specifická řešení, současný vývoj technologie, load lock zařízení, vícepaprskové technologie, rovnoměrný magnetický ohřev

The paper presents the technical aspects of the utilization of the electron beam for specific customized applications. Demonstrated is the technological and economic potential of the technology with effect on the design and manufacturing process. New technologies like automatic beam alignment, advanced seam tracking, fast beam deflection systems adapted to different machine concepts demonstrate the flexibility and efficiency of EB-technology of surface treatment.

**Key words:** Electron beam heat treatment technology, customized solutions, present development of technology, load-lock machines, multi beam technology, uniform magnetic heating

**38 St/Wed 16:10****TEPELNÉ OVLIVNĚNÍ OCELÍ PŘI ŘEZÁNÍ LASEREM****THERMAL EFFECTS ON STEELS AT LASER CUTTING**

**David Maňas<sup>a</sup>, Martin Ovsík<sup>a</sup>, Miroslav Maňas<sup>a</sup>, Michal Staněk<sup>a</sup>, Martin Bednářík<sup>a</sup>, Petr Krátký<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Nám. TGM 275, 76272 Zlín, Česká republika, dmanas@ft.utb.cz*

The submitted article describes the effects of a thermal separation of material on the properties of the surface layers. The separation of material is an integral part of a preparation of all final products. During cutting the surface layer of the separated material is effected, which then has an influence on the sequence of the following operations. The method of thermal separation of material was selected for the experiment described in the article a method of laser cutting. The material selected for the method was a common steels ČSN 411373,412050 which are industrially produced and processed. The effect on the material was shown by measuring micro-hardness using the micro-hardness tester DM 2D.

**Keywords:** microhardness Vickers, laser cutting, thermal effect

**39 St/Wed 16:30****SMA**

## ZLEPŠENÍ ODOLNOSTI PROTI OPOTŘEBENÍ U VYSOCE NAMÁHANÝCH DÍLŮ POMOCÍ KOMBINOVANÉ ÚPRAVY POVRCHU

### IMPROVEMENT OF WEAR BEHAVIOUR OF HIGH LOADED COMPONENTS AND TOOLS BY MULTI-COMBINED SURFACE TREATMENT

**Gundis Grumbt<sup>a</sup>, Rolf Zenker<sup>a,b</sup>, Heinz-Joachim Spies<sup>a</sup>, Rainer Franke<sup>c</sup>, Ingrid Haase<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>*TU Bergakademie Freiberg, Institute of Materials Engineering, Gustav-Zeuner-Str. 5, D-09599 Freiberg*

<sup>b</sup>*Zenker Consult, Johann-Sebastian-Bach-Str. 12, D-09648 Mittweida*

<sup>c</sup>*IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Wilhelmine-Reichard-Ring 4, D-01109 Dresden*

The contribution deals with current results on development of a novel multi-combined surface treatment consisting of the single treatments plasma nitriding (PN), physical vapour deposition (PVD) and electron beam hardening (EBH). Using graded surface layers produced by such combined surface treatment it is possible to withstand the complex mechanical, tribological, thermal and chemical loads of components and tools.

The base materials used for the investigations were 40CrMoV13-9 (1.8523) and X54CrMoVN17-1 (M340 Isoplast®). It is shown, that the sequences of treatment PN+EBH+PVD as well as EBH+PN+PVD are purposeful.

These multi-combined surface treatments lead to a significant improvement of the load support for the hard coating. Scratch tests with increasing load showed, that the critical loads of cohesive failure are tripled compared to the single treatment PVD and at least 20% increased in comparison to the duplex treatments EBH+PVD or PN+PVD.

The metallurgical compatibility of the single treatments is essential for the success of combined treatments. Material specific limitations are defined, which exclude failure because of crack initiation, occurrence of retained austenite and tempering effects.

Basing on the model wear test assembly block-on-cylinder it was proved, that the specific wear rate of multi-combined treated specimen is reduced about 20-50% while wear of the counterpart is decreased as well. The introduced triplex surface heat treatment opens up new prospects for high loaded components and tools.

**40 St/Wed 16:50****TECHNOLOGIE PÁJENÍ VE VAKUOVÉ PECI****BRAZING TECHNOLOGY IN VACUUM FURNACE****Phillipe Lebigot**

*B.M.I. Fours Industriels, 65, rue du Ruisseau B.P.736, 38297 St Quentin-Fallavier, France  
[www.bmi-fours.com](http://www.bmi-fours.com), [plebigot@bmi-fours.com](mailto:plebigot@bmi-fours.com)*

Brazing, in general, is an assembly operation of mechanical components. This method is in particular an alternative technology to bolting, riveting, gluing, welding etc. Arguments of choice for assembly by brazing thus depend largely on materials and components required by the application properties (mechanical, electrical, waterproofing, surface quality aspect, ...). Some arguments can thus be stated to describe the advantages of brazing, always taking into account the properties required by the application, including, the thermal and electrical conductivity between the components, the perfect gasket sealing to vacuum and overpressure, the high stable and durable mechanical strength, the possibility to assemble materials of different nature. We will describe in the presentation of the specificities of the high temperature brazing of steel material parts and low temperature brazing for Aluminum parts and present the different special furnace design solutions offered by BMI.

**41 St/Wed 17:10****NOVÁ PLUG AND PLAY INSTALAČNÍ TECHNOLOGIE FIRMY  
SECO/WARWICK PRO POVRCHOVÉ KALENÍ  
KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ PŘI PROCESECH „ŠTÍHLÉ  
VÝROBY“ (EXPANITE)****NEW PLUG-AND-PLAY INSTALLATION TECHNOLOGY by  
SECO/WARWICK FOR SURFACE HARDENING OF STAINLESS  
STEEL IN LEAN PRODUCTION PROCESSES (EXPANITE)**

**Thomas Strabo<sup>a</sup>, Thomas Christiansen<sup>a</sup>, Marcel Somers<sup>a</sup>, Jozef Olejnik<sup>b</sup>, Wojciech Modrzyk<sup>b</sup>, Maciej Korecki<sup>b</sup>, Thomas Kreuzaler<sup>c</sup>, Tomasz Przygonski<sup>c</sup>, Thomas Wingens<sup>d</sup>**

<sup>a</sup> EXPANITE A/S, Diplomvej byg. 378, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark, [tsh@exanite.com](mailto:tsh@exanite.com)

<sup>b</sup> SECO/WARWICK S.A., ul. Sobieskiego 8, Świebodzin, Poland, [j.olejnik@secowarwick.com.pl](mailto:j.olejnik@secowarwick.com.pl), [m.korecki@secowarwick.com.pl](mailto:m.korecki@secowarwick.com.pl), [w.modrzyk@secowarwick.com.pl](mailto:w.modrzyk@secowarwick.com.pl)

<sup>c</sup> SECO/WARWICK Thermal S.A., ul. Świerczewskiego 76, Świebodzin, Poland, [t.kreuzaler@secowarwick.com.pl](mailto:t.kreuzaler@secowarwick.com.pl), [t.przygonski@secowarwick.com.pl](mailto:t.przygonski@secowarwick.com.pl)

<sup>d</sup> SECO/WARWICK GmbH Heilbronner Str. 150, 70191 Stuttgart, Germany, [t.wingens@secowarwick.de](mailto:t.wingens@secowarwick.de)

The surface hardening engineering firm Expanite has developed an advanced process for low temperature, distortion free surface hardening of stainless steel. Austenitic, martensitic, duplex and PH steels can be treated with the process that imparts the treated material with superior wear, scratch and corrosion resistance including the prevention of galling. Furthermore the fatigue and load bearing capacity of stainless steel components can be dramatically improved. The environmentally friendly gaseous process allows precise control for accurate tailoring of to the materials' properties and is designed for treatment of all types of stainless steel applications. The Expanite technology is installed in tailored, state-of-the-art Seco/Warwick furnace equipment and adapted and refined for the optimal user experience. The solution provided is designed to operate directly in the customer production line. There is no additional heat treatment know-how required. Share the experience of day-to-day processing, quality and delivery. The team of experts at Expanite provides THE technology and guarantees positive results of the process. Explore the benefits of keeping your technology in-house, independent and flexible. Perfect for experienced and inexperienced end-users. We call it plug-and-play.

**42 St/Wed 17:30****SMA****PREHĽAD TECHNOLÓGIÍ POVLAKOVANIA A POVLAKOV  
VHODNÝCH PRE NÁSTROJE NA RAZENIE MINCÍ****OVERVIEW OF COATING TECHNOLOGY AND COATINGS  
FOR TOOLS SUITABLE FOR COINAGE****Tomáš Hanes**

*Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnej techniky, Katedra mechaniky a strojníctva, Študentská ulica 26, 960 53 Zvolen, Slovenská republika,  
[hanes@vsld.tuzvo.sk](mailto:hanes@vsld.tuzvo.sk)*

Príspevok sa zaoberá problematikou povlakovania v rámci technológie razenia mincí. Definuje podmienky pre nástroje na razenie mincí. Prináša prehľad jednotlivých metód povlakovania, ktoré sú vhodné pre nástroje na razenie mincí z hľadiska použiteľnosti. Definuje obmedzenia pre použitie jednotlivých metód. Príspevok tiež uvádzza prehľad povlakov, ktoré sú vhodné pre nástroje na razenie mincí a jednotlivé povlaky definuje a popisuje.

The paper deals with the coating within technology of coining scope. It defines the conditions for instruments of coining. It provides an overview of various coating methods which are appropriate to instruments of coining from the point of view of usability. It defines the limits for using of each method. The paper also gives an overview of coatings that are suitable for instruments of coining and also defines and describes coatings.

**43 Čt/Thu 8:00****SMA**

## VLIV TEPLITOY KRÁTKODOBÉHO TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI SLITINY NITI

### INFLUENCE OF TEMPERATURE OF THE SHORT-PERIOD HEAT TREATMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF THE NITI ALLOY

**Jaroslav Čapek<sup>a</sup>, Jiří Kubásek<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Department of Metals and Corrosion Engineering, Institute of Chemical Technology, Prague, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic, [capekj@vscht.cz](mailto:capekj@vscht.cz)*

Přibližně ekvimolární slitina niklu a titanu, známá pod jménem nitinol, se vyznačuje unikátními vlastnostmi, jako jsou superelasticita, pseudoplasticita, tvarová paměť, dobrá korozní odolnost a dostatečná biokompatibilita. Tepelným zpracováním, které za vhodných podmínek (teplota, čas, prostředí) vede k precipitaci na nikl bohatých fází, lze velmi přesně měnit transformační a mechanické vlastnosti tohoto materiálu na požadované hodnoty.

Cílem této práce bylo zjistit vliv teploty krátkodobého tepelného zpracování v argonové atmosféře na mechanické vlastnosti nitinolového drátu určeného k výrobě stentů.

The equiatomic alloy of nickel and titanium, known as nitinol, possesses unique properties such as superelasticity, pseudoplasticity, shape memory, while maintaining good corrosion resistance and sufficient biocompatibility. Therefore it is used for production of various devices including surgery implants. Heat treatment of nickel-rich NiTi alloys can result in precipitation of nickel-rich phases, which strongly influence tensile and fatigue behaviour of the material.

In this work we have studied influence of short-period heat treatment on tensile behaviour and fatigue life of the NiTi (50.9 at. % Ni) wire intended for fabrication of surgery stents.

**44 Čt/Thu 8:20****TEPELNÁ STABILITA KVAZIKRYSTALŮ Al-Cu-Fe  
PŘIPRAVENÝCH METODOU SHS****THERMAL STABILITY OF Al-Cu-Fe QUASICRYSTALS  
PREPARED BY SHS METHOD****Pavel Novák, Alena Michalcová, Milena Voděrová, Ivo Marek, Dalibor Vojtěch***Institute of Chemical Technology, Prague, Department of Metals and Corrosion Engineering  
Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic, [pnovak@vscht.cz](mailto:pnovak@vscht.cz)*

Materiály obsahující kvazikrystaly bývají obvykle připravovány metodami extrémně rychlého chlazení taveniny (např. melt spinning) nebo mechanickým legováním. V této práci byl testován postup využívající exotermických reakcí mezi slisovanými prášky kovů nazývaný SHS (z anglického Self-propagating High-temperature Synthesis). Byla popsána mikrostruktura a fázové složení produktu v závislosti na režimu ochlazování z reakční teploty. Tepelná stabilita připravených kvazikrystalů Al-Cu-Fe byla studována žíháním při teplotách 200 – 600 °C.

Quasicrystal-containing materials are usually prepared by rapid solidification of the melt (e.g. by melt spinning) or mechanical alloying. In this work, the method using exothermic reactions between compressed metallic powders called SHS (Self-propagating High-temperature Synthesis) was tested. The microstructure and phase composition of the product was described in dependence on cooling regime from the reaction temperature. Thermal stability of prepared Al-Cu-Fe quasicrystals was studied by annealing at the temperatures of 300 and 500 °C.

**45 Čt/Thu 8:40****SMA**

## OCHRANNÉ VRSTVY ALUMINIDŮ NIKLU A ŽELEZA NA OCELI

### PROTECTIVE LAYERS OF IRON AND NICKEL ALUMINIDES ON STEEL

**Milena Voděrová, Pavel Novák***VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika, [voderovm@vscht.cz](mailto:voderovm@vscht.cz), [panovak@vscht.cz](mailto:panovak@vscht.cz)*

Intermetalické fáze NiAl a FeAl mají atraktivní vlastnosti jako např. výbornou odolnost proti vysokoteplotní oxidaci a relativně vysokou tvrdost. Díky uvedeným vlastnostem je lze považovat za perspektivní materiály jak pro využití v podobě kompaktního materiálu, tak pro vytvoření povrchové vrstvy na tepelně namáhaných součástkách. Cílem této práce bylo vytvořit na nízkolegované oceli galvanicky a bezproudově niklovou vrstvu, a tu následně reakcí s hliníkem převést na vrstvu aluminidů niklu, případně niklu a železa. Toho bylo dosahováno ponorem poniklované oceli do taveniny hliníku o teplotě 700 a 900 °C na dobu 30 – 240 s. Svetelným mikroskopem byly porovnány rozdíly ve struktuře připravených vrstev. Identifikace přítomných fází byla provedena pomocí analyzátoru EDS. Následně byla změřena mikrotvrdost fází tvorících vrstvu a tloušťka vzniklé vrstvy.

Intermediary phases Ni-Al and Fe-Al are promising materials due to their superior properties such as hardness and good resistance against oxidation at high temperatures. Moreover, Fe-Al phases are resistant in sulphur - containing atmospheres. Because of these characteristics, the above mentioned intermetallic phases seem to be prospective for the use in many technical applications such as energetics, chemical or automotive industry in a form of a bulk material or coatings. Presently, the protective aluminide layer is usually prepared by thermal spraying. Nevertheless, this method is not suitable for complex-shaped components. Therefore, the aim of this work was to find an alternative way to prepare layers consisting of nickel or iron aluminides by other technique than thermal spraying. At first, carbon steel samples were coated using galvanic or electroless nickel plating. Coated samples were subsequently submerged into molten aluminium at various temperatures and process durations. The influence of the temperature and duration on the intermetallic phase growth was studied by scanning electron and light microscopy. Thickness and microhardness of the intermetallic layer was also measured.

**46 Čt/Thu 9:00****PSEUDOELASTICITA A JEV TVAROVÉ PAMĚTI VE  
SLITINÁCH CoNiAl****THE PSEUDOELASTICITY AND THE SHAPE MEMORY  
EFFECT IN CoNiAl ALLOYS****J. Kopeček<sup>a</sup>, M. Jarošová<sup>b</sup>, K. Jurek<sup>b</sup>, O. Heczko<sup>a</sup>**<sup>a</sup> Institute of Physics AS CR, Na Slovance 2, Praha 8, 182 21, Czech Republic, [kopecek@fzu.cz](mailto:kopecek@fzu.cz), [heczko@fzu.cz](mailto:heczko@fzu.cz)<sup>b</sup> Institute of Physics AS CR, Cukrovarnická 10/112, 162 00, Praha 6, Czech Republic, [jarosova@fzu.cz](mailto:jarosova@fzu.cz), [jurek@fzu.cz](mailto:jurek@fzu.cz)

Kobaltové slitiny (poblíž stechiometrie CoNiAl) jsou poměrně málo známým zástupcem kovů s tvarovou pamětí, která je důsledkem martenzitické transformace. Pseudoelasticitou pak rozumíme napěťově indukovanou reversibilní martenzitickou transformaci, při níž dochází k transformaci do nízkosymetrické fáze (martensitu) nad její rovnovážnou transformační teplotou vlivem mechanického napětí. Po odlehčení se materiál transformuje zpět do počáteční kubické fáze (austenitu). Ukázali jsme, že pseudoelastické chování může být vyvoláno vysokoteplotním žíháním. Byl vyšetřován vliv různých teplot žíhání na pseudoelastické chování i mikrostrukturu.

The cobalt alloys (close to the CoNiAl stoichiometry) are the less known shape memory alloys. Such behavior is consequence of the martensitic transformation. The pseudoelasticity is caused by the stress-induced martensitic transformation above the equilibrium martensite start temperature from high temperature cubic phase (austenite) to lower symmetry phase (martensite). In CoNiAl the pseudoelastic behavior can be obtained by the high temperature annealing. In presented work the effect of the annealing temperature on both pseudoelastic behavior and microstructure was investigated.

**47 Čt/Thu 9:20****SMA**

## OPTIMALIZACE PROCESU HOMOGENIZAČNÍHO ŽÍHANÍ SLITINY AlZn5,5Mg2,5Cu1,5

## OPTIMIZATION PROCESSING OF HOMOGENIZING ANNEALING FOR AlZn5,5Mg2,5Cu1,5 ALLOY

**Viktoria Weiss<sup>a</sup>, Štefan Michna<sup>b</sup>, Elena Střihavková<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>UJEP, FVTM, Katedra technologií a materiálového inženýrství, Česká republika,  
[weiss@fvtm.ujep.cz](mailto:weiss@fvtm.ujep.cz)

<sup>b</sup>UJEP, FVTM, Katedra technologií a materiálového inženýrství, Česká republika,  
[michna@fvtm.ujep.cz](mailto:michna@fvtm.ujep.cz)

<sup>c</sup>UJEP, FVTM, Katedra technologií a materiálového inženýrství, Česká republika,  
[strihavkova@fvtm.ujep.cz](mailto:strihavkova@fvtm.ujep.cz)

Při homogenizačním žíhaní kontinuálně i nebo polokontinuálně odlévaných hliníkových slitin dochází k odstraňování chemické nehomogeneity v rámci jednotlivých dendritických buněk (krystalové segregaci). Jedna se o difúzní proces při teplotě nejbližší teplotě likvidu daného materiálu, při kterém dochází k přechodu rozpustných intermetalických fází a eutektik do tuhého roztoku  $\alpha$ , při čemž dochází k podstatnému potlačení krystalové segregace. Velký vliv na proces homogenizace má teplota, délka homogenizace a velikost dendritických buněk, nebo-li délka difúzních drah. Cílem tohoto článku je optimalizace procesu homogenizace z hlediska jeho délky a teploty homogenizačního žíhaní na strukturu a mechanické vlastnosti slitiny AlZn5,5Mg2,5Cu1,5.

In the course of homogenizing annealing of aluminum alloys being cast continually or semi-continually it appears that chemical inhomogeneity takes off within separate dendritic cells (crystal segregation). It is about a diffusional process that takes place at the temperature which approaches the liquid temperature of the material. In that process the transition of soluble intermetallic compounds and eutectic to solid solution occurs and it suppresses crystal segregation significantly. Temperature, homogenization time, the size of dendritic cells and diffusion length influence homogenizing process. The article explores the optimization of homogenizing process in terms of its time and homogenizing annealing temperature which influence mechanical properties of AlZn5,5Mg2,5Cu1,5 alloy.

**Key words:** homogenizing annealing, AlZn5,5Mg2,5Cu1,5 alloy, Vickers micro-hardness test, crystal segregation, EDX analysis

## NOVÉ SLITINY TYPU Al-Si-Mg S RŮZNÝM OBSAHEM Ca, S OHLEDEM NA ZMĚNY V STRUKTUŘE A ZABÍHAVOST

## THE NEW TYPE OF ALLOY Al-Si-Mg WITH DIFFERENT CONTENTS OF Ca, WITH RESPECT TO STRUCTURE AND FLUIDITY

**Elena Stříhavková<sup>a</sup>, Štefan Michna<sup>b</sup>, Viktorie Weiss<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>UJEP, FVTM, Katedra technologií a materiálového inženýrství, Česká republika,  
[strihavkova@fvtm.ujep.cz](mailto:strihavkova@fvtm.ujep.cz)

<sup>b</sup>UJEP, FVTM, Katedra technologií a materiálového inženýrství, Česká republika,  
[michna@fvtm.ujep.cz](mailto:michna@fvtm.ujep.cz)

<sup>c</sup>UJEP, FVTM, Katedra technologií a materiálového inženýrství, Česká republika,  
[weiss@fvtm.ujep.cz](mailto:weiss@fvtm.ujep.cz)

Oblast použití hliníku a hliníkových slitin je velice široká a budoucnost využití hliníkových slitin souvisí s dalším vývojem nových slitin, ale především s technologií výroby a zpracování. Významnou možností při modifikování hliníkových slitin je využití předpokladu modifikačního účinku vápníku, který je dlouhodobější než je to u sodíku. Tento příspěvek se zabývá zkoumáním oblasti vlivu Ca s různým množstvím přidávaného vápníku, od 0,1%, maximálně do obsahu 1% Ca a tím zjistit optimální množství pro dosažení požadovaných vlastností. U takto nové připravených slitin provést výzkum technologických vlastností – zabíhavosti a obrobitevnosti, chemických vlastností – odolnost vůči korozi a mechanických vlastností - mez pevnosti a průtažnost, tažnost, tvrdost. Dále provést celkový strukturální rozbor a identifikovat jednotlivé složky struktury u nově vyrobených slitin legovaných Ca.

Area of the use of aluminum and aluminum alloys is very wide and the future use of aluminum alloys is related to the further development of new alloys, but primarily with the production technology and processing. Important options for modifying the aluminum alloy is provided the use of effect modification of calcium, which is longer than that of sodium. This contribution is being paid examines the area of influence of Ca with varying amounts of added calcium, 0,1%, up to a 1% Ca, and thereby determine the optimum for achieving the desired properties. In this new alloy prepared to research technological properties - and fluidity to the overall structural analysis and identify individual components of the structure for the new alloy Ca by EDX analysis, methods for black-white contrast and color contrast.

**49 Čt/Thu 10:20****Commercial lecture****VÝROBA TĚŽKÝCH KOVŮ ( Mo, W, Ta, Nb ) METODOU  
PRÁŠKOVÉ METALURGIE A JEJICH APLIKACE PRO HOT  
ZONY VAKUOVÝCH PECÍ****POWDER METALURGY- PRODUCTION OF HEAVY METALLS  
(Mo, W, Ta, Nb), USE AND APPLICATION FOR VACUUM  
FURNACES HOT ZONES****Václav Průša**PLANSEE, [www.plansee.com](http://www.plansee.com), [vaclav.prusa@plansee.com](mailto:vaclav.prusa@plansee.com)

Jedná se o metodu práškové metalurgie ( jsme světový lídr ), tj. presování, sintrace a mechanické pracování těchto kovů a jejich slitin. – Máme závod v závodě na výrobu hot zon a jejích částí, dodáváme buď olotovary typu plechy, dráty, tyče, profily, trubky, atd, nebo celé zony a příslušenství na výkres. Jsme Engeneering firma, tj. pečlivě konsultujeme jednotlivé případy se zákazníky, doporučíme nejlepší řešení, podle přání včetně vyhotovení technické dokumentace.

**50 Čt/Thu 10:40****Commercial lecture**

## MĚŘENÍ ENERGIE A TECHNOLOGIE VEDOUCÍ KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ SPOTŘEBY V TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ

## ENERGY MEASUREMENT AND TECHNOLOGY TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION IN HEAT TREATING

**Damian Szarapanowski***Avion Central Europe Sp. Z o. o., Poland, [ds@avion-central-europe.eu](mailto:ds@avion-central-europe.eu)*

Every heat treatment plant manager or owner knows that the main cost factors in conventional heat treatment processes are media and energy costs. Energy costs are always increasing and price levels for heat treatment works requested by customers are stable or decreasing.

The physical laws are unchangable, each proces needs certain energy to be proceed, but there is always a lot of lost energy. We know this from may of our customers and together with our international partners we have developed special application to save energy losses and reduce CO2 emission.

Most energy losses are created by:

(1) Atmosphere Losses: air leaks and poor atmosphere ratio control and atmosphere burn-off in endothermic generators.

For each atmosphere application we follow Reduction Path consisting of thereee basic steps:

Know your Basic Atmopshere

Know the Variables to Control

Know how to get more from Less!!!

How to know your atmopshere? Use best available measuring tools and automatic atmosphere control systems.

How to save energy and gas during atmosphere production? Produce best available quality and only this much as furnace(s) needs.

How to get more from less? Calculate your energy losses costs and think how you can reduce them or ask us for solution.

(2) Energy Losses: burner tuning and design, insulation and heating loss areas.

(3) Cycle Time: atmosphere control see point (1), energy losses see point (2).

We will try to share with you our experience and present some real applications to convice you that it is very easy to Get more from less using your existing equipment. Most of our systems are easy for application in all types of heat treatment furnaces working in heat tretment plants.

**51 Čt/Thu 11:00****TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ MIKROLEGOVANÝCH  
UHLÍKOVÝCH OCELÍ ŘÍZENÝM CHLAZENÍM****THERMAL PROCESSING MICRO-ALOYED CARBON STEELS  
WITH CONTROLLED COOLING****Stanislava Rašková**[raskova.s@seznam.cz](mailto:raskova.s@seznam.cz)

Tepelné zpracování využívá tepelné energie po kování s řízeným chlazením získat požadované transformace struktury.

Heat treatment utilizes thermal energy from forging with controlled cooling to receive required transformation of structure.

**52 Čt/Thu 11:20****VÝVOJOVÉ TENDENCE KALÍCÍCH OLEJŮ****DEVELOPMENT TRENDS OF QUENCHING OILS****Pavel Stolař***ECOSOND s.r.o., K Vodárně 531, 257 22 Čerčany, Czech Republic, [stolar@ecosond.cz](mailto:stolar@ecosond.cz)*

**53 Čt/Thu 11:40****POŽADAVKY SYSTÉMU MANAGEMENTU V PROVOZU  
TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ****THE MANAGEMENT SYSTEM REQUIREMENTS IN  
PRODUCTION OF THERMAL PROCESSING**

**Stanislava Rašková**  
[raskova.s@seznam.cz](mailto:raskova.s@seznam.cz)

Stručný přehled požadavků na provozy tepelného zpracování, které jsou potřebné k prokazování shody a schopnosti plnit požadavky zákazníků.

Synopsis of requirements for the production of heat treatment, which are required to achieve compliance and ability to meet the requirements of customers.

**Notes:**