



SBORNÍK PING 2018 A PING 2018 JUNIOR - MODERNÍ TRENDY TEPELNÉHO A TERMOMECHANICKÉ ZPRACOVÁNÍ KOVŮ

11. - 12. 9. 2018

PLZEŇ

Sborník PING 2018 a PING 2018 Junior - Moderní trendy tepelného a termomechanického zpracování kovů

Editor: Doc. Ing. Ludmila Kučerová, Ph.D.
Dr.-Ing. Hana Jirková, Ph.D.
Ing. Štěpán Jeníček

Vydala:
Západočeská univerzita v Plzni
P.O.Box 314, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

1. Vydání, 27 stran
Plzeň 2018

ISBN 978-80-261-0817-7

© Západočeská univerzita v Plzni

PING 2018 Junior je pořádána s podporou prostředků na specifický vysokoškolský výzkum projektu SVK2-2018-002

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.

Tato konference je pořádána pod záštitou Regionálního technologického institut
Západočeské univerzity v Plzni.

Garantem konference je:

doc. Ing. Miloslav Kepka, CSc., Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Vědecký výbor konference:

prof. Ing. Tibor Kvačkaj, CSc., Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika

prof. Ing. Ivo Schindler, CSc., Technická univerzita Ostrava, Česká republika

doc. Ing. Nataša Náprstková, Ph.D., Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Česká republika

doc. Ing. Ludmila Kučerová, Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Dr.-Ing. Hana Jirková, Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Ing. Pavel Šuchmann, COMTES FHT a.s., Česká republika

Ing. Štěpán Jeníček, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Organizační výbor konference:

Bc. Andrea Jandová, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Ing. Štěpán Jeníček, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

doc. Ing. Ludmila Kučerová, Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Bc. Michal Pekovič, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Ing. Pavel Roub, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Bc. Kateřina Rubešová, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Kateřina Opatová, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Programový výbor

Ing. Štěpán Jeníček, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

doc. Ing. Ludmila Kučerová, Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

Kontaktní adresa:

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta strojní – Regionální technologický institut – Konference PING

Univerzitní 8

306 14, Plzeň

Česká republika

Telefon: +420 377 638 761

E-mail: jeniceks@rti.zcu.cz

www.ping.zcu.cz

Obsah

Možnosti magnetického měření hloubky oduhličení v procesu izotermického ka-lení litin Possibilities of magnetic measurement of the depth of decarburization in the pro-cess of isothermal hardening of castings Zuzana Andršová, Pavel Kejzlar, Michal Petru, Břetislav Skrbek	6
Simulace technologického postupu kování tvarového polotovaru pro obráběcí nože na drážku Simulation of the forging technological process of the shaped blank for the machine knife on the groove Soňa Benešová	7
Vliv rychlosti ochlazování na podíl zbytkového austenitu u zápusťkových výkovků z vysokopevných ocelí legovaných Mn a Si Effects of cooling rate on the volume fraction of retained austenite in high-strength Mn-Si steels Dagmar Bublíková, Hana Jirková, Kateřina Rubešová, Michal Pekovič, Julie Volkmannová	8
Zobrazení mikrostruktury ocelí během deformace Steel behaviour at deformation test Martin Bystrianský, Ludmila Kučerová, Julie Volkmannová	9
Vývoj nových Al-Si slitin pro automobilový průmysl Jaromír Cais, Klára Jirounková	10
Nanoindentace TRIP ocelí Nanoindentation of TRIP steels Jan Hajšman	11
Vliv hlubokého kryogenního zpracování na vlastnosti nitridované vrstvy David Hradil, Michal Duchek, Taťána Hrbáčková	12
Tepelné ovlivnění kovacího lisu LZK 4000 Thermal influence of the forging press LZK 4000 Zdeněk Chval, Karel Ráž, Milan Čechura	13
Vliv rychlosti ochlazování na mikrostrukturu a vlastnosti oceli 42SiCr zpracované konvenčním TZ a QP procesem The influence of cooling rate to microstructure and mechanical properties of 42SiCr steel manufactured by QP process Tomáš Janda, Hana Jirková, Štěpán Jeníček, Andrea Jandová	14
Vliv částečné náhrady křemíku hliníkem na mikrostrukturu a mechanické vlastnosti tepelně zpracované oceli The effect of partial substitution of silicon with aluminum on the microstructure and mechanical properties of heat treated steel Andrea Jandová, Ludmila Kučerová	15
Příprava vzorků a kvantitativní hodnocení částic sekundárních fází v oceli Sample preparation and quantitative evaluation of secondary phases in steel Dagmar Jandová	16
Identifikace přítomnosti nepopuštěného martenzitu v základných strukturách nové generace kovářských ocelí s vyšším obsahem křemíku pomocí barevného leptání Identification of the virgin martensite in quenched microstructures of new generation of forging steels with higher silicon content using colour etching Štěpán Jeníček, Ivan Vorel, Hana Jirková, Kateřina Opatová, Vratislav Kofěšovec	17
Využitelnost vícefázové oceli typu TRIP pro technologii press-hardeningu Use of multi-phase TRIP steel for press-hardening technology Hana Jirková, Kateřina Opatová, Štěpán Jeníček, Jiří Vrtáček, Antonín Radčický	18
Termomechanické Vlastnosti o Vysokopevnostní Fe-Al základové ODS Slitiny Thermomechanical Properties of High Strength Fe-Al base ODS Alloys Omid Khalaj, Hana Jirková, Jiří Svoboda	19

Mikroskopie oceli X3NiCoMoTi 18-9-5 zpracované 3D tiskem Microscopy of X3NiCoMoTi 18-9-5 steel processed by 3D printing	
Ludmila Kučerová, Ivana Zetková, Andrea Jandová, Martin Bystrianský, Kateřina Opatová	10
Vliv parametrů technologie press-hardeningu na vlastnosti AHS ocelí pro automotive Influence of Press-Hardening Parameters on AHS Steels Properties for Automotive	
Kateřina Opatová, Hana Jirková, Michal Pekovič, Adam Stehlík	21
Termomechanické zpracování ocelí s použitím zařízení pro inkrementální tváření tyčí HDQT-R 30-12 Thermomechanical treatment of steels using device for incremental forming of rods HDQTR 30-10	
Michal Pekovič, Hana Jirková, Jiří Vrtáček, Opatová Kateřina, Tomáš Janda, Rubešová Kateřina	22
Progressivní hodnocení trvalé pevnosti kovových materiálů pomocí termografie Rapid evaluation of the fatigue limit of metals using thermography	
Radek Procházka, Pavel Konopík	23
Problematika vyhodnocování karbidické fáze v rychlořezných ocelích Aspects of evaluation of carbide phase in high-speed steels	
Vojtěch Průcha, Antonín Kříž, Vilém Veselý	24
Rozpuštění chromových karbidů nekonvenčními technologiemi tváření s přechodem přes semi-solid stav Dissolution of chromium carbides by unconventional technology with transition through a semi-solid state	
Kateřina Rubešová, Hana Jirková, Michal Pekovič, Tomáš Janda	25
Vliv parametrů tepelného zpracování na mechanické vlastnosti a vývoj mikrostruktury u vysokopevných ocelí legovaných Mn a Si Influence of heat treatment parameters to mechanical properties and development of microstructure for high-strength steel alloyed by Mn and Si	
Adam Stehlík, Dagmar Bublíková, Hana Jirková, Štěpán Jeníček	26
Návrh nástroje pro zpracování plechů z vysokopevných ocelí Design of tool for treatment of high-strength steels	
Jiří Vrtáček, Tomáš Janda, Hana Jirková, Štěpán Jeníček, Michal Pekovič, Kateřina Rubešová	27

Možnosti magnetického měření hloubky oduhličení v procesu izotermického kalení litin

Possibilities of magnetic measurement of the depth of decarburization in the process of isothermal hardening of castings

Zuzana Andršová^{1a}, Pavel Kejzlar^{1b}, Michal Petru^{1c}, Břetislav Skrbek^{1d}

¹Technická univerzita v Liberci, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec

^aE-mail: zuzana.andrsova1@tul.cz, ^bE-mail: pavel.kejzlar@tul.cz, ^cE-mail: michal.petru@tul.cz,

^dE-mail: breislav.skrbek@tul.cz

Abstrakt:

Při jakémkoli zpracovatelském procesu spojeném s vysokou teplotou dochází vždy k žádoucímu či ne-žádoucímu ovlivnění povrchových vrstev materiálu. Jedním z nich je oduhličení, jež je nevyhnutelné, ale od určité hloubky považováno vždy za nežádoucí, neboť má značné negativní dopady na výsledné vlastnosti odlitku, zvláště u únavově namáhaných součástí. Proto je vhodné míru oduhličení zjišťovat již v průběhu výrobního procesu. Ideálním prostředkem je pak 100% nedestructivní kontrola. Tento článek popisuje možnosti magnetického měření hloubky oduhličení na skupině vybraných izotermicky kalených litin, jež jsou nejprogresivnější skupinou grafitických litin z hlediska hodnot mechanických vlastností. K měření je využita metoda magnetické skvrny, která je již úspěšně aplikována na ocelích. Litiny s obsahem grafitu, a izotermicky kalené litiny s obsahem ausferitu zvláště, mají však některá specifika, která mohou ovlivnit měření. I tato specifika jsou zde zmiňována.

Abstract:

In any process involving high temperature, the surface layers of the material are always desirable or undesirable influenced. One of the phenomena is decarburization, which is inevitable, but from a certain depth is always considered undesirable, as it has significant negative effects on the resulting casting properties, especially for fatigue-stressed components. Therefore, it is advisable to detect the decarburization rate during the production process. Ideally by using 100% non-destructive control. The magnetic spot-pole method, which is already successfully applied to steels, is used for the measurement. Cast iron containing graphite, and isothermal hardened cast iron with austenite, however, have some specificities that may affect the measurement. Also, these specifics are mentioned here.

Klíčová slova: izotermické kalení litin, oduhličení povrchu, měření pomocí zbytkové magnetizace

Key words: austempering, decarburized surface, measurement by residual magnetization

Simulace technologického postupu kování tvarového polotovaru pro obráběcí nože na drážku

Simulation of the forging technological process of the shaped blank for the machine knife on the groove



Soňa Benešová^{1a},

¹Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň

^aE-mail: sbenesov@kmm.zcu.cz

Abstrakt:

Příspěvek popisuje chronologický vývoj návrhu technologie kování tvarového výkovku pro konkrétní typ obráběcího nástroje z rychlořezné oceli pomocí numerické simulace v softwaru Deform. Cílem bylo dosažení předepsaného tvaru a maximální využití vstupního materiálu v podobě špalku omezené hmotnosti, který byl již prokovan v předchozích operacích. Bylo navrženo 7 postupů, na základě analýzy předchozího postupu byly vždy provedeny změny a úpravy následujícího. Finální postup bude ověřen prakticky. Smyslem simulace je nahradit drahý a zdlouhavý fyzický experiment, proces kování přesně definovat a tím zajistit jeho opakovatelnost pro potřeby výrobní praxe.

Abstract:

The paper describes the chronological development of the design for forging technology for a particular type of high-speed steel tool using numerical simulation in Deform software. The goal was to achieve the prescribed shape and maximum use of input material in the form of a block of limited weight that had already been forged in previous operations. 7 procedures have been proposed, following the analysis of the previous procedure, changes and modifications have been made to the following. The purpose of the simulation is to replace an expensive and time-consuming physical experiment, to define the fitting process precisely and thus to ensure its repeatability for the needs of manufacturing practice.

Klíčová slova: Kování, numerické simulace, obráběcí nůž

Key words: Forging, numerical simulations, cutting knife

Vliv rychlosti ochlazování na podíl zbytkového austenitu u zápustkových výkovků z vysokopevných ocelí legovaných Mn a Si



Effects of cooling rate on the volume fraction of retained austenite in high-strength Mn-Si steels

Dagmar Bublíková^{1a}, Hana Jirková^{1b}, Kateřina Rubešová^{1c}, Michal Pekovič^{1d}, Julie Volkmannová^{1e}

¹Západočeská univerzita, RTI - Regionální technologický institut, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň

^aE-mail: natasha@rti.zcu.cz, ^bE-mail: hstankova@rti.zcu.cz, ^cE-mail: krubesov@rti.zcu.cz,

^dE-mail: pekovicm@rti.zcu.cz, ^eE-mail: volkmann@rti.zcu.cz

Abstrakt:

V současné době se hledají cesty jak zvýšit mechanické vlastnosti ocelí při zachování dobré pevnosti a tažnosti. Vedle vhodné legovací strategie je další možností zachování určitého množství zbytkového austenitu v martenzitické matici, které vede ke zlepšení houževnatosti materiálu. Jako experimentální ocel byla zvolena ocel s obsahem Mn 2,5%, křemíku 2,09% a chromu 1,34% s podíly Ni a Mo. Z této oceli byl vykovan reálný zápustkový výkovek. Výkovek byl na povrchu a uvnitř opatřen termočládky a tepelně zpracován Q-P procesem. Q-P proces je charakteristický rychlým zchlazením z teploty ohřevu na teplotu zakalení, která leží mezi teplotami M_s a M_f a následným ohřevem a výdrží na teplotě přerozdělení, kdy dochází ke stabilizaci zbytkového austenitu. Jako kalící médium byla použita horká voda a pec. Z údajů naměřených pomocí termočládků byly sestaveny modely tepelného zpracování a tyto modely byly odzkoušeny na termomechanickém simulátoru. Následně byla provedena metalografická analýza a byl posouzen vliv rychlosti ochlazování na mechanické vlastnosti a podíl zbytkového austenitu. Bylo dosaženo meze pevnosti kolem 2100 MPa při tažnosti 15% a 17% zbytkového austenitu. Následně byl porovnán model s reálným výkovkem z hlediska struktury i mechanických vlastností a bylo posouzeno, zda lze využít materiálově technologické modelování pro optimalizaci tepelného zpracování výkovků v laboratorních podmínkách.

Abstract:

Various ways are sought today to increase mechanical properties of steels while maintaining their good strength and ductility. Besides effective alloying strategies, one method involves preserving a certain amount of retained austenite in a martensitic matrix. The steel which was chosen as an experimental material for this investigation contained 2.5% manganese, 2.09% silicon and 1.34% chromium, with additions of nickel and molybdenum. An actual closed-die forged part was made of this steel. This forged part was fitted with thermocouples attached to its surface and placed in its interior and then treated using the Q&P process. Q&P process is characterized by rapid cooling from a soaking temperature to a quenching temperature, which is between the M_s and the M_f , and subsequent reheating to and holding at a partitioning temperature where retained austenite becomes stable. The quenchant was hot water. Cooling took place in a furnace. Heat treatment profiles were constructed from the thermocouple data and the process was then replicated in a thermomechanical simulator. The specimens obtained in this manner were examined using metallographic techniques. The effects of cooling rate on mechanical properties and the amount of retained austenite were assessed. The resultant ultimate strength was around 2100 MPa. Elongation and the amount of retained austenite were 15% and 17%, respectively. Microstructures and mechanical properties of the specimens were then compared to the real-world forged part in order to establish whether physical simulation could be employed for laboratory-based optimization of heat treatment of forgings. Klíčová slova: zápustkové výkovky, Q-P proces, zbytkový austenit, termomechanický simulátor.

Klíčová slova: zápustkové výkovky, Q-P proces, zbytkový austenit, termomechanický simulátor.

Key words: closed-die forgings, Q&P process, retained austenite, thermomechanical simulator

Zobrazení mikrostruktury ocelí během deformace

Steel behaviour at deformation test



Martin Bystrianský^{1a}, Ludmila Kučerová^{1b}, Julie Volkmanová^{1c}

¹Regionální technologický institut, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14
Plzeň

^aE-mail: mbyst@rti.zcu.cz, ^bE-mail: skal@rti.zcu.cz, ^cE-mail: volkmann@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Práce je zaměřena na možnosti zobrazení změn mikrostruktury vysokopevných nízkolegovaných uhlíkových ocelí během tahových zkoušek. K experimentům byl použit in-situ deformační stolek umístěný v skenovacím elektronovém mikroskopu (SEM). V tomto uspořádání je možno provádět tahovou zkoušku a zároveň pozorovat vzorek pomocí SEM. K pozorování byly využity dva typy zobrazení, a to sekundární elektrony (SE) a difrakce zpětně odražených elektronů (EBSD). SE byly použity při sledování vzniku a šíření trhliny, EBSD pro pozorování deformace jednotlivých zrn. Pro obě metody byly navrženy specifické tvary vzorků. Vzorky také vyžadovaly různý způsob přípravy povrchu vzorku. K experimentům byly použity zejména vysokopevné nízkolegované TRIP oceli.

Abstract:

The paper focus on possibilities of imaging microstructure changes in high strength low-alloyed carbon steel using an in-situ tensile stage placed in scanning electron microscope (SEM). The sample can be observed either in secondary electrons (SE) or by electron backscattered diffraction (EBSD). We used both types of imaging for different purposes: SE were used mainly for observation of crack initiation and propagation and EBSD was used for grain deformations observation. Both methods need different specimen preparation and moreover we used different specimen shapes. Main experiments were performed with several TRIP (transformation-induced plasticity) steels.

Klíčová slova: Deformační zkouška, mikrostruktura ocelí, in-situ mikroskopie.

Key words: Deformation test, steel microstructure, in-situ microscopy

Vývoj nových Al-Si slitin pro automobilový průmysl

Jaromír Cais^{1a}, Klára Jirounková^{1b}

¹Ústav technologií a materiálů, Fakulta strojního inženýrství, Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem

^aE-mail: jaromir.cais@ujep.cz, ^bE-mail: klara.jirounkova@ujep.cz

Abstrakt:

Slitiny na bázi Al-Si jsou díky kombinaci vysokých mechanických a dobrých technologických vlastností nejpoužívanějším typem slévarenských hliníkových slitin. V automobilovém průmyslu nacházejí tyto slitiny široké uplatnění v řadě aplikací, např.: pro odlitky bloků motorů, pístů, disků kol i částí karosérií. Stále se zvyšující požadavky na jejich vlastnosti vyvolávají potřebu vývoje nových slitin.

Příspěvek se zabývá dlouhodobým vývojem nové slitiny pro aplikaci ve formě odlitků segmentů forem určených k výrobě pneumatik. Základním požadavkem pro novou slitinu bylo získání vyšších mechanických vlastností v porovnání se stávající slitinou a to zejména za vysokých teplot (což je u hliníkových slitin obecně velký problém). Pro získání stanoveného cíle bylo v průběhu několikaletého vývoje využito jak optimalizace chemického složení slitiny, tak i jejího tepelného zpracování.

Výsledkem vývoje byla nová slitina použita v podmínkách reálné výroby u renomovaného výrobce forem pro výrobu pneumatik. Dále se výsledky vývoje staly základem evropského patentu.

Nanoindentace TRIP ocelí



Nanoindentation of TRIP steels

Jan Hajšman^{1a}

¹Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta Strojní, Regionální Technologický Institut, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň

^aE.mail: janh@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Vysoce pevné oceli označované zkratkou TRIP (transformation-induced plasticity) se pro své jedinečné vlastnosti (vysoká pevnost a tažnost, relativně nízká hmotnost) staly vyhledávaným materiálem zejména v konstrukci deformačních zón automobilů. Struktura TRIP ocelí obsahuje metastabilní zbytkový austenit, který v průběhu plastické deformace transformuje na martenzit a přispívá tak k deformačnímu zpevnění a rovnoměrnému prodloužení. Právě množství a stabilita zbytkového austenitu má zásadní vliv na výsledné mechanické vlastnosti těchto materiálů. Stabilita austenitu závisí na jeho chemickém složení, předchozí deformaci, velikosti zrna a morfologii. V minulosti bylo hodnocení stability austenitu prováděno prostřednictvím makroskopických tahových zkoušek, které však mohly poskytnout informaci pouze o vlastnostech materiálu jako celku. V poslední době vznikají vědecké práce zaměřené na testování jednotlivých austenitických zrn, případně ostatních fází obsažených v TRIP ocelích pomocí nanoindentačního měření, které bývá obvykle doplněno elektronovou mikroskopií a difrakční (EBSD) nebo spektrometrickou (EDS) analýzou. Tímto způsobem lze detailněji zmapovat a vysvětlit jednotlivé procesy, ke kterým ve struktuře v průběhu deformace dochází. Tento text si klade za cíl shrnout základní aspekty nanoindentace TRIP ocelí.

Abstract:

TRIP steels are high strength steel used mainly in automotive industry for their remarkable properties (high strength and elongation, relatively light weight). The microstructure of TRIP steels contains retained austenite which transforms to martensite during plastic deformation. The transformation improves work hardening properties and contributes to uniform elongation. The amount and stability of retained austenite determine the mechanical properties of the steel. In the past tensile test used to be the dominant method of testing mechanical stability of austenite. In recent years nanoindentation has become widely used technique of TRIP steel research which is capable of testing very small volume of material and provides us detailed information on properties of particular phases. In combination with other experimental techniques (microscopy, EDS, EBSD) nanoindentation is an advantageous method to study and explain the mechanisms of deformation. The aim of this article is to summarize the basics of TRIP steels nanoindentation.

Klíčová slova: TRIP oceli, vysoce pevné oceli, nanoindentace

Key words: TRIP steels, high strength steels, nanoindentation

Vliv hlubokého kryogenního zpracování na vlastnosti nitridované vrstvy

David Hradil^{1a}, Michal Duchek^{1b}, Taťána Hrbáčková^{1c}

¹COMTES FHT a.s., Průmyslová 995, Dobřany, 334 41, Česká republika

^aE-mail: comtes@comtesfht.cz

Abstrakt:

Nitridace s následným tepelným zpracováním v kombinaci s hlubokým kryogenním zpracováním (DCT) vytváří nitridační vrstvy se specifickými vlastnostmi. Vrstvy unikátních vlastností vznikají díky rozpuštění podpovrchové vrstvy nitridů železa a následnou difúzí dusíku do substrátu během austenitizace. Výsledkem jsou jemné precipitáty karbonitridů vznikající v průběhu procesu DCT a popouštění. Kryogenní zpracování je vloženo mezi kalení a popouštění. Práce je založena na porovnání nově vzniklých nitridovaných vrstev s konvenčně nitridovanými vrstvami. Jako experimentální materiál byla použita rychlořezná ocel DIN 1.3343 / HS6-5-2 a nástrojová ocel pro práci za studena DIN 1.2379 / X153CrMoV12. Chemicko-tepelné zpracování bylo vyhodnoceno a porovnáno na základě měření tvrdosti, zkouškami opotřebení metodou pin-on-disc a metalografickou analýzou.

Tepelné ovlivnění kovacího lisu LZK 4000

Thermal influence of the forging press LZK 4000



Zdeněk Chval^{1a}, Karel Ráž^{1b}, Milan Čechura^{1c}

¹ZČU v Plzni, Fakulta strojní, Regionální technologický institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

^aE-mail: zdchval@rti.zcu.cz, ^bE-mail: kraz@rti.zcu.cz, ^cE-mail: cechura@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Jedním z významných faktorů ovlivňujících funkci lisu a také přesnost výkovku je tepelné namáhání stroje vzniklé z technologického procesu tváření. Deformace částí kovacího lisu, zejména beranu a stojanu, způsobené tepelným namáháním je třeba eliminovat. Většinou se to provádí správným nastavením vůlí ve vedení. Tento článek se zabývá měřením tepelného stavu kovacího lisu LZK 4000 a souvisejících numerických simulací. Tyto simulace jsou prováděny za účelem dosažení shody s měřením s cílem predikovat tepelné namáhání kovacího lisu bez nutnosti ladění vůlí za provozu stroje.

Abstract:

Thermal loading of mechanical forging press is one of the most important factors which are influencing its function and final accuracy of forgings. It is necessary to eliminate deformations caused by thermal loading of all main parts such as ram and frame. This is done generally by correct settings of clearances in ram guidance. This article deals with measurement of thermal loading during forging with mechanical press LZK 4000. Numerical simulations are also performed. These simulations are performed with aim to compare virtual and real measurements. This results can be used for virtual prediction of thermal loading and corrections without real testing during machine operation.

Klíčová slova: tvářecí stroje, mechanický kovací lis, MKP, tepelné namáhání, měření tepla

Key words: forming machines; mechanical forging press; FEM; thermal load; thermal measurement

Vliv rychlosti ochlazování na mikrostrukturu a vlastnosti oceli 42SiCr zpracované konvenčním TZ a QP procesem



The influence of cooling rate on the microstructure and mechanical properties of 42SiCr steel manufactured by QP process

Tomáš Janda^{1a}, Hana Jirková^{1b}, Štěpán Jeníček^{1c}, Andrea Jandová^{1d}.

Regionální Technologický Institut, Západočeská Univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, Česká republika.

^aE-mail: jandat@rti.zcu.cz, ^bE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^cE-mail: jeniceks@rti.zcu.cz, ^dE-mail: jandovaa@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Inovativními metodami tepelného zpracování (TZ) vysokopevných ocelí jako je QP proces lze dosáhnout velmi příznivého poměru tažnosti a pevnosti. Materiál zpracovaný touto technologií má vyšší obsah zbytkového austenitu a dosahuje tak vyšší tažnosti. Popisovaný experiment se zabývá tepelným zpracování oceli 42SiCr, porovnává konvenční metody TZ a QP proces z hlediska vlivu různých kalících medií na vlastnosti materiálu. V rámci experimentu bylo provedeno variantní TZ, metalografické analýzy, měření tvrdosti, rentgenová difrakční fázová analýza pro zjištění obsahu zbytkového austenitu a zkouška tahem. U kalených vzorků byl posuzován vliv rychlosti ochlazování na mikrostrukturu a reálné výsledky byly porovnávány se simulací provedenou v programu DeformTM na základě záznamů z termočlánků. Při konvenčním TZ projevoval materiál malou citlivost na rychlosti ochlazování. Oproti tomu QP procesem bylo při vyšších teplotách zakalení dosaženo vyššího podílu austenitu ve struktuře a tažnost až 15% při současné pevnosti 1800 MPa.

Abstract:

Innovative methods of heat treatment (HT) of high-strength steels such as QP process can achieve a very favourable ratio of ductility and strength. Material processed by this technology has a higher retained austenite content, and so a higher ductility. The described experiment deals with HT of 42SiCr steel, compares the conventional methods of HT with QP process with respect to the influence of cooling media on the material properties. As part of the experiment various HT, metallographic analysis, hardness measurement, X-ray diffraction phase analysis (to determine residual austenite content) and tensile test were performed. For hardened samples the effect of cooling rate on the microstructure was assessed and the real results were compared with the simulations carried out in the FEM software DeformTM on the basis of the thermocouple records. At the conventional HT the material showed little sensitivity to cooling rate. In contrast the QP process at higher quenching temperatures resulted in a higher austenite content and a ductility of up to 15% at a simultaneous strength of 1800 MPa.

Klíčová slova: Vysokopevné oceli, tepelné zpracování, QP proces, FEM simulace

Keywords: High-strength steel, heat treatment, QP process, FEM simulation

Vliv částečné náhrady křemíku hliníkem na mikrostrukturu a mechanické vlastnosti tepelně zpracované oceli

The effect of partial substitution of silicon with aluminum on the microstructure and mechanical properties of heat treated steel



Andrea Jandová^{1a}, Ludmila Kučerová^{1b}

¹Regionální technologický institut, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, Česká republika

^aE-mail: jandovaa@rti.zcu.cz, ^bE-mail: skal@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Vysoce pevné nízkolegované oceli využívající TRIP (transformation induced plasticity) efekt dosahují vysoké pevnosti (více než R_m 800 MPa) a tažnosti (kolem $A = 30$ %). Podstatou TRIP efektu je stabilizace zbytkového austenitu při termomechanickém zpracování s jeho následnou přeměnou na deformačně indukovaný martenzit v důsledku plastického přetvoření, který tak přispívá k celkovému zpevnění materiálu. V tomto článku byly vyzkoušeny tři různé teploty austenitizace s chlazením v solné lázni, a to na dvou experimentálních ocelích s odlišným chemickým složením. Výsledné mikrostruktury byly utvořeny z různé koncentrace feritu, bainitu, zbytkového austenitu či M-A složky. Struktury byly analyzovány pomocí světelné a řádkovací elektronové mikroskopie. Množství zbytkového austenitu bylo analyzováno rentgenovou difrakční fázovou analýzou. U obou ocelí byly získány dobré mechanické vlastnosti v kombinaci vysoké pevnosti v tahu nad 800 MPa s tažností nad 35 %.

Abstract:

The high strength low-alloyed steels using the TRIP (Transformation induced plasticity) effect achieve high strength (up to R_m 800 MPa) and ductility (around $A = 30$ %). The TRIP effect is based on the stabilisation of retained austenite in thermo-mechanical treatment with subsequent conversion to the deformation martensite due to plastic deformation which contributes to the overall strengthening of the material. In this article tested three different temperatures of austenitization and the samples were subsequently cooled in salt bath on two experimental steels with a different chemical composition. The resulting microstructures consisted of a different concentrations of ferrite, bainite, retained austenite or M-A constituent. The microstructures were analyzed by light and scanning electron microscopy. The amount of retained austenite was determined using X-ray diffraction phase analysis. Mechanical properties were obtained for both steels with good combination of high tensile strength up to 800 MPa with a ductility up to 35 %.

Klíčová slova: TRIP oceli, tepelné zpracování, zbytkový austenit, mechanické vlastnosti

Key words: TRIP steels, heat treatment, retained austenite, mechanical properties

Příprava vzorků a kvantitativní hodnocení částic sekundárních fází v oceli

Sample preparation and quantitative evaluation of secondary phases in steel



Dagmar Jandová^{1a}

¹University of West Bohemia in Pilsen, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

^aE-mail: jandova@ntc.zcu.cz

Abstrakt:

Metalografické výbrusy a extrakční uhlíkové repliky byly připraveny ze dvou žárovečných ocelí. Částice karbidů chrómu a Lavesovy fáze byly pozorovány v řádkovacím (SEM) a transmisním elektronovém mikroskopu (TEM) a snímky byly vyhodnoceny pomocí programu obrazové analýzy NIS-Elements. Byla optimalizována příprava vzorků a metoda kvantitativního hodnocení částic tak, aby byly rozlišitelné jednotlivé částice a výsledky odpovídaly skutečným rozměrům částic. Hodnoceny byly částice o ekvivalentním průměru nad 60 nm. Pro identifikaci uvedených fází byly použity energiově disperzní rtg. mikroanalýza a zobrazení v sekundárních a odražených elektronech. Byly měřeny velikosti obrazů částic na snímcích zhotovených při zvětšení 10 000 a sestrojeny histogramy intervalové četnosti. Pomocí jednoduchého modelu byly výsledky měření obrazů v ploše přepočítány na objemové hustoty částic. Byly porovnány výsledky získané ze snímků SEM a TEM.

Abstract:

Metallographic samples and extraction carbon replicas were prepared from two creep resistant steels. The particles of chromium carbides and Laves phase were observed using scanning (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) and micrographs were evaluated using NIS-Elements image analysis program. Preparations of the metallographic samples for SEM and of the extraction carbon replicas for TEM observation were optimized in order to distinguish individual particles and to obtain reliable results. Precipitates with an equivalent diameter above 60 nm were evaluated. The energy dispersive X-ray microanalysis and the secondary and back scattered electrons imaging were used for the identification of above mentioned phases. Equivalent diameters of the precipitates were measured after the image processing of micrographs taken at a magnification of 10,000. The frequency distribution and histograms were plotted. Volume densities were calculated using a simple model. Results of SEM and TEM were compared.

Klíčová slova: precipitace, kvantitativní hodnocení částic, řádkovací elektronová mikroskopie, transmisní elektronová mikroskopie, obrazová analýza

Key words: precipitation, quantitative evaluation of particles, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, image analysis

Identifikace přítomnosti nepopuštěného martenzitu v zákalných strukturách nové generace kovářských ocelí s vyšším obsahem křemíku pomocí barevného leptání



Identification of the virgin martensite in quenched microstructures of new generation of forging steels with higher silicon content using colour etching

Štěpán Jeníček^{1a}, Ivan Vorel^{1b}, Hana Jirková^{1c}, Kateřina Opatová^{1d}, Vratislav Koťěšovec^{1e}

¹Západočeská univerzita v Plzni, Regionální technologický institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

^aE-mail: jeniceks@rti.zcu.cz, ^bE-mail: frost@rti.zcu.cz, ^cE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^dE-mail: opatovak@rti.zcu.cz,

^eE-mail: vkotesov@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Pozorování a identifikace výsledků fázových transformací austenitu při procesech izotermického zpracování na bainit, Q-P tepelného zpracování či kalení a popuštění bývá velmi často nelehkou úlohou. Důvodem je značná jemnozrnnost vzniklých struktur, nedostatečný kontrast jednotlivých strukturních složek, které tak odsouvají mikrostrukturní rozbory zákalných struktur zejména do oblasti elektronové řádkovací či transmisní mikroskopie. Tyto metody pozorování se často vyznačují poměrně složitou přípravou vzorků a nemalými náklady na samotné mikroskopy a jejich podpůrná zařízení. Pro účely technologické kontroly či správnosti postupů tepelného zpracování je však nutné používat co nejjednodušších postupů, které by v co nejkratším časovém intervalu mohly podat základní informace o strukturním složení zpracovaných výrobků s využitím světelného mikroskopu.

Abstract:

Observation and identification of phase transformations of austenite during isothermal bainitic processing, Q-P heat treatment or quenching and tempering is often quite a tricky task. The reason is that obtained microstructures are typically very fine with insufficient contrast of various structural components. Microstructure analysis therefore has to be performed using scanning or transmission electron microscopy. These observation methods however require relatively time consuming sample preparation and maintenance costs of the microscopes and supporting equipment are also rather high. For the purpose of technological control or checking of the accuracy of performed heat treatment, simpler methods of microstructure analysis are required, which would enable to assess the microstructure of processed parts quickly using a common light microscope.

Klíčová slova: tepelné zpracování, ocel, nepopuštěný martenzit, Q-P proces

Key words: heat treatment, steel, martensite, Q-P process

Využitelnost vícefázové oceli typu TRIP pro technologii press-hardeningu

Use of multi-phase TRIP steel for press-hardening technology



Hana Jirková^{1a}, Kateřina Opatová^{1b}, Štěpán Jeníček^{1c}, Jiří Vrtáček^{1d}, Antonín Radčický^{1e}
¹Západočeská univerzita v Plzni, ¹Regionální technologický institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň
^aE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^bE-mail: opatovak@rti.zcu.cz, ^cE-mail: jeniceks@rti.zcu.cz,
^dE-mail: vrtacekj@students.zcu.cz, ^eE-mail: racickya@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Pokročilé vysokopevné oceli nacházejí stále větší uplatnění v různých oblastech průmyslu. Jejich hlavním odběratelem je automobilový průmysl, který klade důraz na zlepšování mechanických vlastností, což vede nejenom ke snížení hmotnosti dílů a snížení emisí CO₂, ale i ke zvýšení bezpečnosti cestujících. Pro dosažení požadovaných mechanických vlastností je nutné využít vedle správné legovací strategie i vhodné tepelné zpracování. Problém u těchto zpracování představuje izotermická prodleva, která se u TRIP ocelí provádí v oblasti bainitické přeměny. Tato prodleva je v průmyslu časově a finančně náročná a hledají se nové možnosti jak jí zapojit přímo do výrobního procesu. Jednou z možností je výroba vysokopevných plechových dílů metodou press-hardeningu. Tak je možné vyrábět přesné plechové díly s vysokou rozměrovou přesností a malým spring-back efektem. Na experimentální oceli TRIP CMnSi byly odzkoušeny modely sestavené na základě dat získaných přímo z reálné technologie press-hardeningu. Byly odzkoušeny jak postupy s kontinuálním ochlazením pro různou teplotu nástroje, tak i zpracování s izotermickou výdrží. Byly získány směsné martenziticko-bainitické struktury s podílem feritu a zbytkového austenitu dosahující mez pevnosti přes 1000 MPa.

Abstract:

Development of high strength or even ultra-high strength steels is mainly driven by the automotive industry which strives to reduce the weight of individual parts, fuel consumption, and CO₂ emissions. Another important factor is to improve the passenger safety. In order to achieve the required mechanical properties, it is necessary to use suitable heat treatment in addition to an appropriate alloying strategy. The main problem of these types of treatments is the isothermal holding time. In TRIP steel, the holding time is carried out in the field of bainitic transformation. These holding times are economically demanding by the industry and they are looking for new possibilities to integrate these processing methods directly into the production process. One option for production of high-strength sheet is press-hardening technology, which delivers high dimensional accuracy and a small spring-back effect. The material-technological models based on data obtained directly from a real press-hardening process were examined on the CMnSi TRIP steel. Both, variants with a continuous cooling profile for different tool temperature, as well as regimes with isothermal holding were tested. Mixed martensitic-bainite structures with ferrite and retained austenite with tensile strength over 1000 MPa were obtained.

Klíčová slova: vysokopevná ocel, kalení do zápustky, TRIP ocel

Key words: High Strength Steel, Press-hardening, TRIP Steel

Termomechanické Vlastnosti o Vysokopevnostní Fe-Al základové ODS Slitiny



Thermomechanical Properties of High Strength Fe-Al base ODS Alloys

Omid Khalaj^{1a}, Hana Jirková^{1b}, Jiří Svoboda^{2c}

¹Regionální technologický institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, Česká republika

²Institute of Physics of Materials, Academy of Sciences of the Czech Republic, Žitkova 22, 616 62, Brno, Czech Republic

E-mail: ^akhalaj@rti.zcu.cz, ^bhstankov@rti.zcu.cz, ^csvobj@ipm.cz

Abstrakt: V nynější době, za dnů, které mají specifické materiálové vlastnosti, je zapotřebí kombinace nových technologií včetně nekonvenčního použití různých druhů materiálů. Jednou z těchto možností by mohla být kombinace práškové metalurgie s následným mechanickým legováním a horkou konsolidací. Začne tím, že se míchá optimální část práškového materiálu ve vakuově řízeném mlýně s určitým časem a stlačuje se ve správné nádobě pro válcování za tepla. Tento příspěvek bude demonstrovat termomechanické vlastnosti nových zpevněných slitin s vysokou pevností v oxidovém disperzi (ODS), které byly hodnoceny řadou zkoušek při různých termomechanických úpravách. Pro zjištění vlivu teploty na získanou strukturu se provádějí různé úpravy při teplotách mezi 30 ° C a 1200 ° C se specifickými deformačními profily.

Abstract: Nowadays, to have specific material properties, combination of new technology including unconventional use of different types of materials is needed. One of these possibilities could be a combination of powder metallurgy followed by mechanical alloying and hot consolidation. It will start by mixing an optimum portion of powder material in a vacuum controlled mill with a certain time and compressed in a proper container for hot rolling. This paper will demonstrate the thermomechanical properties of new High Strength Oxide Dispersion Strengthened alloys (ODS) which were evaluated by a series of tests under different thermomechanical treatments. To find out the influence of the temperature on the obtained structure, different treatments at temperatures between 30°C and 1200°C with specific deformation profiles are performed.

Klíčová slova: Teplé tváření, ODS, slitiny, termomechanické, Fe-Al, Al₂O₃

Key words: Hot Forming, ODS, Alloys, Thermomechanical, Fe-Al, Al₂O₃

Mikroskopie oceli X3NiCoMoTi 18-9-5 zpracované 3D tiskem

Microscopy of X3NiCoMoTi 18-9-5 steel processed by 3D printing



Ludmila Kučerová^{1a}, Ivana Zetková^{1b}, Andrea Jandová^{1c}, Martin Bystrianský^{1d}, Kateřina Opatová^{1e}

¹Regionální technologický institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, Česká republika

^aE-mail: skal@rti.zcu.cz, ^bE-mail: zetkova@rti.zcu.cz, ^cE-mail: jandovaa@rti.zcu.cz, ^dE-mail: mbyst@rti.zcu.cz,

^eE-mail: opatovak@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Mikrostruktura ocelí zpracovaných aditivními technologiemi (3D tiskem) se výrazně liší od mikrostruktury oceli se stejným chemickým složením připravené konvenčním litím a tvářením. Mikrostrukturní rozdíly jsou způsobeny především velkými gradienty rychlostí při ohřevu laserem a následném ochlazení, které vedou ke vzniku silně nerovnovážných struktur. Pro maraging ocel X3NiCoMoTi 18-9-5 je typická buněčná mikrostruktura tvořená směsní rovnoosých a protažených buněk tuhého roztoku s výskytem malého množství zbytkového austenitu na hranicích těchto buněk. Podíl zbytkového austenitu se mění při následném tepelném zpracování vytištěné oceli. Po žihání na snížení pnutí na 820 °C dojde k úplné austenitizaci původní mikrostruktury a jejímu pomalému ochlazení, při kterém zbytkový austenit ze struktury zcela zmizí. Na druhé straně, při precipitačním vytvrzení na nižší teplotě 490 °C dochází k rozpadu přesyceného tuhého roztoku matrice za vzniku nových precipitátů a dalšího zbytkového austenitu (tzv. reverze austenitu). Rovněž vady mikrostruktury jsou pro materiály získané 3D tiskem odlišné od konvenčních materiálů. Ve větší míře se v tištěných strukturách objevují poměrně hrubě, sferoidizované, oxidy Ti a Fe, kavity charakteristických tvarů v místech dotyku tří zrn a nerozpuštěná zrníčka prášků, nebo jejich části. Vzhledem k velkému vlivu mikrostruktury a jejích vad na mechanické vlastnosti je velmi důležitá analýza vztahu mezi parametry tisku a následného tepelného zpracování, vznikající mikrostrukturou a mechanickým i vlastnostmi.

Abstract:

Microstructure of steel processed by additive technologies (3D printing) is very different from microstructures of steels with the same chemical compositions obtained by conventional casting and forming. Microstructure differences are caused mainly by high thermal gradients produced by laser heating and subsequent cooling, which result in development of non-equilibrium microstructures. For printed maraging steel X3NiCoMoTi 18-9-5, the typical microstructure consist of cells of super-saturated solid solution with thin films of retained austenite placed at cell boundaries. The amount of retained austenite changes with subsequent heat treatment of printed parts. Solution annealing at the temperature of 820°C full austenitization of the original microstructure and its slow cooling results in disappearance of the retained austenite. On the other hand, precipitation hardening at lower temperature 490 °C creates not only new precipitates, but also growth of more retained austenite (so called reversed austenite). The microstructure defects are also slightly different in steels obtained by additive manufacturing than in cast and forged steel. Printed microstructure suffer by higher presence of rather coarse and spherical Ti and Fe oxides, cavities of characteristic shapes placed at triple points and undissolved powder particles or their parts. Due to the high effect of microstructure and its defects on mechanical behaviour of steel, it is of the utmost importance to analyse the relationship between processing parameters of 3D printing and subsequent heat treatment on the final microstructure and mechanical properties.

Klíčová slova: 3D tisk, maragingová ocel, mikroskopie, tepelné zpracování

Key words: 3D printing, maraging steel, microscopy, heat treatment

Vliv parametrů technologie press-hardeningu na vlastnosti AHS ocelí pro automotive

Influence of Press-Hardening Parameters on AHS Steels Properties for Automotive



Kateřina Opatová^{1a}, Hana Jirková^{1b}, Michal Pekovič^{1c}, Adam Stehlík^{1d}

¹Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14, Plzeň

^aE-mail: opatovak@rti.zcu.cz, ^bE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^cE-mail: pekovicm@rti.zcu.cz,

^dE-mail: stehlika@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Během vývoje nových ocelí pro automotive průmysl je kladen důraz především na vysoké hodnoty jejich pevnosti. Díky tomu je možné uspořit náklady na materiál a tedy i snížit provozní náklady. Za tímto účelem byly firmou SSAB navrženy dvě nové vysokopevné (AHS) oceli Docol PHS 1800 a Docol PHS 2000. Obě oceli jsou legované borem a jsou určeny pro zpracování technologií press-hardening. I přes malé množství legujících prvků dosahují tyto oceli po tváření extrémně vysokých pevností a ve vozidlech slouží jako konstrukční prvky v prostoru pro cestující. Pro návrh ideálního průběhu tepelného zpracování bylo použito materiálově-technologické modelování a termomechanický simulátor. Touto cestou bylo možné měnit a sledovat velké množství procesních parametrů a následně zjišťovat vývoj mechanických vlastností, přičemž došlo k úspoře materiálu i nákladů, díky použití malého množství materiálu a odzkoušení režimů mimo reálný proces.

Abstract:

During the development of new steels for the automotive industry, a great emphasis is placed on the high values of their mechanical properties. This makes it possible to save material costs and thus reduce operating costs. For this purpose, two new high-strength (AHS) Steel Docols PHS 1800 and Docol PHS 2000 were designed by SSAB. Both steels are alloyed with boron and are intended for processing by the press-hardening process. Despite the small amount of their alloying elements, they reach extremely high strength values after forming and thanks to that they serve as safety elements in the passenger compartment. The design of the ideal treatment was determined using material-technological modeling and thermomechanical simulator. This way, it was possible to change and monitor a large number of process parameters, and then to determine the development of mechanical properties while saving material amount and costs by using a small amount of material and testing modes outside the real process.

Klíčová slova: Press-hardening, DOCOL, PHS, AHSS, oceli s bórem

Key words: Press-hardening, DOCOL, PHS, AHSS, boron steel

Termomechanické zpracování ocelí s použitím zařízení pro inkrementální tvářeni tyčí HDQT-R 30-12



Thermomechanical treatment of steels using device for incremental forming of rods HDQTR 30-12

Michal Pekovič^{1a}, Hana Jirková^{1b}, Jiří Vrtáček^{1c}, Opatová Kateřina^{1d}, Tomáš Janda^{1e}, Rubešová Kateřina^{1f}

¹Fakulta strojní – Regionální technologický institut, Západočeská Univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

^aE-mail: pekovicm@rti.zcu.cz, ^bE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^cE-mail: vrtacekj@rti.zcu.cz,

^dE-mail: opatovak@rti.zcu.cz, ^eE-mail: jandat@rti.zcu.cz, ^fE-mail: krubesov@rti.zcu.cz

Abstrakt:

V dnešní době se pro redukci průměrů válcových tyčí používá především konvenční technologie podélného válcování. V průmyslových válcovnách se však ve většině případů vyskytují pouze jednoúčelové válcovací tratě, které nejsou vybaveny moduly pro přímé tepelné zpracování po válcování. Experimentální zařízení pro inkrementální tvářeni tyčí HDQT-R 30-12 je určeno k redukci tyčového materiálu kosým válcováním s využitím inkrementálních deformací a s možností dalšího zpracování vývalků bezprostředně po válcování. Zařízení je modulárně uspořádáno, takže je možné zařadit ohřev, případně prudké ochlazení přímo za krok válcování. Díky modularitě celého systému je zařízení schopno realizovat různé varianty termo-mechanického zpracování. Zařízení může produkovat válcové, kuželové a jiné rotačně symetrické tvary s přímou podélnou osou. Jako výchozí materiál lze zpracovávat široké spektrum jakostí ocelí, od uhlíkové až po ušlechtilou konstrukční ocel. Během celého procesu je navíc zaznamenáváno velké množství dat o průběhu válcování. Jedná se především o snímání teploty válcované oceli, a to v několika místech po délce válcovací trati. Dále jsou snímány síly a momenty ve válcovací stolici a další data, na základě nichž lze zjistit, jaký byl přesný průběh termo-mechanického zpracování. Tento článek popisuje spektrum využití tohoto zařízení, s ohledem na možnosti válcování a následné tepelné zpracování ocelí.

Abstract:

Nowadays, conventional longitudinal rolling technology is used to reduce the diameter of the rods. In industrial rolling mills, in most cases, there are only single-purpose rolling lines that are not equipped with modules for direct heat treatment after rolling. The experimental device for the incremental forming of rods HDQT-R 30-12 is designed to reduce the diameter of rods through rolling by using incremental deformations and with the possibility of subsequent processing of rolled material immediately after rolling. Because the device is modularly arranged, it is possible to include the heat treatment of the rolled rods directly after the rolling process. Thanks to the modularity of the whole system, the device is capable of realizing various variants of thermo-mechanical processing. This machine can produce cylindrical, conical and other rotationally symmetrical shapes with a straight longitudinal axis. It is possible to process a wide range of steel grades, ranging from carbon to high-grade construction steel. Data from the whole thermo-mechanical treatment are also continuously recorded during the entire process. This means essentially a temperature sensing of rolled steel in several places along the rolling mill. Furthermore, the forces and moments in the rolling mill are recorded and all these data are used to determine the exact parameters of thermo-mechanical processing. This article describes the spectrum of use of this device, with regard to the possibilities of rolling and subsequent heat treatment of steels.

Klíčová slova: válcování, inkrementální deformace, tepelné zpracování, ocel

Key words: rolling, incremental deformation, heat treatment, steel

Progresivní hodnocení trvalé pevnosti kovových materiálů pomocí termografie

Rapid evaluation of the fatigue limit of metals using thermography



Radek Procházka^{1a}, Pavel Konopík^{1b}

¹Comtes FHT, Průmyslová 995, 334 41 Dobřany

^aE-mail: rprochazka@comtesfht.cz

Abstrakt:

Příspěvek se zabývá využitím termografických metod jako nástroje pro progresivní hodnocení cyklických únavových zkoušek kovových materiálů v oblasti vysokocyklové únavy. Potenciál této metody lze naplno uplatnit při vývoji a optimalizaci kovových materiálů a technologii zpracování. Cílem práce je verifikovat výsledky trvalé pevnosti získané na základě pasivní termografické a konvenční metody. Užitím termografické techniky v běžné praxi lze úspěšně zredukovat počet zkušebních vzorků a testovací čas na minimum. V rámci experimentů bylo provedeno hodnocení oceli na trvalou pevnost ve dvou stavech tepelného zpracování. Teplé zpracování bylo provedeno na základě zrychlené sferoidizace karbidů (ASR).

Abstract:

The article deals with use of thermography methods as a tool for rapid evaluation of cyclic fatigue tests of metals in the high cycle region. The potential of this method can be fully applied in the development and optimization of metallic materials and processing technologies. The aim of the work is to verify the test results of fatigue limit obtained on the basis of passive thermographic and conventional methods. Using thermography technique in routine practice, the number of test specimens and test time can be reduced to a minimum. Within the framework of experiments, two kinds of heat treatment state steel was evaluated for fatigue limit. The heat treatment was performed on the basis of accelerated carbide spheroidization (ASR).

Klíčová slova: Vysokocyklová únava, Trvalá mez pevnosti, Termografie, ASR

Key words: High cycle fatigue, Fatigue limit, Thermography, ASR

Problematika vyhodnocování karbidické fáze v rychlořezných ocelích



Aspects of evaluation of carbide phase in high-speed steels

Vojtěch Průcha^{1a}, Antonín Kříž^{1b}, Vilém Veselý^{1c}

¹Faculty of Mechanical Engineering, University of West Bohemia. Univerzitní 22, 306 14 Pilsen, Czech Republic

^aE-mail: vprucha@kmm.zcu.cz, ^bE-mail: kriz@kmm.zcu.cz, ^cE-mail: vesely.vilem@gmail.com

Abstrakt:

Příspěvek se zabývá vlivem všestranného kování na výslednou velikost karbidické fáze a její podíl v matici. Analýza byla provedena u nástrojových rychlořezných ocelí s různým stupněm prokování ($P_k = 4,93$ a $11,24$). Při vyhodnocování karbidické fáze byla odzkoušena různá leptací činidla pro nalezení optimálního kontrastu pro snazší obrazovou analýzu. Obrazová analýza byla provedena v softwaru NIS Elements. Byl zjištěn výrazný vliv matrice na rozlišení karbidické fáze při obrazové analýze.

Abstract:

Effects of multiaxial forging on the size of the carbide phase and its volume fraction in the matrix are described. The analysis was performed on high-speed tool steels with different aggregate forging ratios, as defined in ČSN 42 0276 standard (Elfmak - $P_k = 4.93$ and 11.24). Several etchants were tested for optimal contrast in image analysis using NIS Elements software. Strong effect of the matrix on resolution of the carbide phase in image analysis was found.

Klíčová slova: nástrojová ocel, karbidy, obrazová analýza

Key words: tool steel, carbides, image analysis

Rozpuštění chromových karbidů nekonvenčními technologiemi tváření s přechodem přes semi-solid stav



Dissolution of chromium carbides by unconventional technology with transition through a semi-solid state

Kateřina Rubešová^{1a}, Hana Jirková^{1b}, Michal Pekovič^{1c}, Tomáš Janda^{1d}

¹University of West Bohemia, Regional Technological Institute, Univerzitní 22, 306 14, Plzeň

^aE-mail: krubesov@rti.zcu.cz, ^bE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^cE-mail: pekovicm@rti.zcu.cz, ^dE-mail: jandat@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Zpracování klasických nástrojových ocelí je již v průmyslové praxi běžně využíváno, přesto je díky dalšímu výzkumu jiných metod tváření občas možné objevit nové dosud nevyužívané metody pro modifikaci výsledných struktur a získání lepších mechanických vlastností. Jedním z problémů u vysocechromových ocelí je tvorba ostrohraných karbidů chromu, které sice zlepšují odolnost vůči opotřebení, ale současně snižují houževnatost materiálu. Proto se hledají postupy, jak tyto karbidy ze struktury odstranit. Jednou z těchto technologií může být metoda s využitím semi-solid zpracování. V přechozích letech bylo při zpracování nástrojové oceli pomocí tixoformingu dosaženo nekonvenční struktury a mechanických vlastností. Toto zjištění se následně stalo objektem dalších experimentů. Struktura získaná kombinací semi-solid zpracování s následnou deformací měla oproti standardně dosahovaným strukturám po semi-solid zpracování odlišný charakter. Karbidické síťové bylo redistribuováno v celém objemu materiálu, tím vytvářelo zpevňující prvek a nezpůsobovalo křehkost oceli, kterou trpí materiály s výrazným karbidickým síťovím. Na základě těchto poznatků byla sestavena nová technologie, umožňující zásadní modifikaci struktury a tím i zlepšení mechanických vlastností. Tento postup zpracování byl dále aplikován na polotovary větších rozměrů a byl zjišťován i vliv jednotlivých stupňů deformace i směr tváření na vývoj struktury.

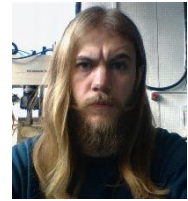
Abstract:

The processing of conventional tool steels is common industrial practice, yet it is possible to discover new, previously unused methods for modifying the resulting structures and obtaining better mechanical properties. One of the tasks in high-chromium steels is the removal of the sharp angular chromium carbides from the microstructure, which are formed in the microstructure during the processing of the material and improving wear resistance but decreasing the toughness of the material at the same time. In previous years, unconventional structure and mechanical properties have been achieved in the processing of tool steel using tixofforming. Based on this knowledge further experiments were performed. The structure obtained by a combination of semi-solid processing and subsequent deformation had a different character compared to the standard structures achieved via semi-solid processing. Carbide mesh was redistributed in the whole volume of the material, creating a reinforcing element while not causing the brittleness of steel. Based on these findings, it was proposed a new technology allowing fundamental modification of the microstructure and hence better mechanical properties. This processing procedure was further applied to semi-finished products of larger dimensions for which it was also investigated the influence of individual degrees of deformation and the forming direction on the development of the structure.

Klíčová slova: semi-solid zpracování, X210Cr12, karbidy chromu, zjemnění karbidů, termo-mechanické zpracování

Key words: semi-solid treatment, tool steel, X210Cr12, chromium carbides, refinement of carbides, thermo – mechanical treatment

Vliv parametrů tepelného zpracování na mechanické vlastnosti a vývoj mikrostruktury u vysokopevných ocelí legovaných Mn a Si



Influence of heat treatment parameters to mechanical properties and development of microstructure for high strength steel alloyed by Mn and Si

Adam Stehlík^{1a}, Dagmar Bublíková^{1b}, Hana Jirková^{1c}, Štěpán Jeníček^{1d}

¹Západočeská univerzita v Plzni, RTI - Regionální technologický institut, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň

^aE-mail: stehlika@rti.zcu.cz, ^bE-mail: natasha@rti.zcu.cz, ^cE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^dE-mail: jeniceks@rti.zcu.cz

Abstrakt: V současné době je u moderních ocelí požadována vysoká pevnost a tažnost. Toho lze u moderních vysokopevných martenzitických ocelí docílit dosažením vhodné mikrostruktury s určitým podílem zbytkového austenitu. Výslednou mikrostrukturu dosaženou vhodným tepelným zpracováním ovlivňuje nejen legovací strategie, ale také vhodná volba parametrů tepelného zpracování. Pro tento experiment byly odlity čtyři experimentální oceli legované především manganem, křemíkem, chromem, molybdenem a niklem. Tyto oceli byly s využitím materiálově-technologického modelování tepelně zpracovány tzv. Q-P procesem s následným zakalením mezi teploty M_s a M_f . Bylo odzkoušeno několik různých rychlostí ochlazování a byl posuzován jejich vliv na vývoj mikrostruktury. Výsledná struktura po Q-P procesu byla analyzována pomocí světelné a elektronové mikroskopie. Bylo dokázáno, že variací rychlostí ochlazování je i u těchto AHSS možno dosáhnout i jiných struktur nejen na bázi martenzitu. Při správně navržených parametrech byly získány meze pevnosti vyšší než 2000 MPa s tažnostmi 10-15%.

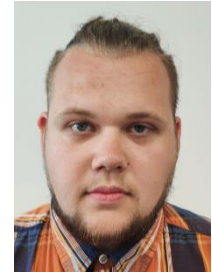
Abstract: For modern steels in present time is required high strength and ductility. This could be possible for high-strength martensitic steels with good microstructure with some residual austenite. Resulting microstructure made by proper heat treatment are not affected only by alloying strategy, but even by well chosen heat treatment parameters. For this experiment we casted four experimental steels primarly alloyed by manganese, silicon, chromium, molybdenum and nickel. These steels were heat treated with assistance material-technological modeling by so called Q-P process followed by quenching between temperatures M_s a M_f . There we tested a few different cooling velocities and observed their affection to development of microstructure. Resulting microstructure after Q-P process was analysed by light and electron microscopy. We found, that variations of velocities cause changes in this AHSS and it is possible to make another structures then martensitic. With correctly chosen parameters there a gain of strength limit over 2000 MPa with ductility 10-15%.

Klíčová slova: materiálově-technologické modelování, zbytkový austenit, Q-P proces, AHSS, RTG difrakce

Key words: material-technological modeling, residual austenite, Q-P process, AHSS, RTG diffraction

Návrh nástroje pro zpracování plechů z vysokopevných ocelí

Design of tool for treatment of high-strength steels



Jiří Vrtáček^{1a}, Tomáš Janda^{1b}, Hana Jirková^{1c}, Štěpán Jeníček^{1d}, Michal Pekovič^{1e},
Rubešová Kateřina^{1f}

¹Regionální technologický institut, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, Česká republika
^aE-mail: vrtacekj@rti.zcu.cz, ^bE-mail: jandat@rti.zcu.cz, ^cE-mail: hstankov@rti.zcu.cz, ^dE-mail: jeniceks@rti.zcu.cz,
^eE-mail: pekovicm@rti.zcu.cz, ^fE-mail: krubesov@rti.zcu.cz

Abstrakt:

Oceli pro automobilový průmysl hrají velkou roli v konstrukcích moderních automobilů. Hlavním důvodem použití pokročilých materiálů jako jsou vysokopevné oceli je redukce hmotnosti jednotlivých dílů karoserie automobilů se zvýšenými požadavky mechanických vlastností sloužících k ochraně cestujících. Snížení hmotnosti těchto dílů vede k redukci emisí, které jsou produkovány spalovacími motory. V tomto článku je popsán návrh prvního kroku vývoje nástroje pro zpracování plechů z vysokopevných ocelí, který povede k postupnému vývoji tvarového nástroje pro technologii press-hardening. Mezi cílové materiály budou patřit nejenom vysokopevné PH oceli, ale i oceli vícefázové třetí generace. Článek popisuje návrh plochého nástroje pro sledování průběhu ochlazování během zakalení předehřátého plechu jak ve zpracovávaném materiálu, tak i v nástroji. Vzhledem k tomu, že zejména oceli třetí generace požadují specifický teplotní profil během ochlazování, aby bylo dosaženo jejich mechanických vlastností, byl do nástroje integrován ohřev pomocí topných patron.

Abstract:

Steels for automotive industry are very important in design of modern vehicles. Advanced materials, such as high strength steels, can be used as car body safety elements due to their high mechanical properties while reducing the weight of the manufactured parts. Weight reduction leads to a significant reduction in emissions of combustion engines. In this article the first step of tool design for thermomechanical treatment of high strength steel plate is described. It will lead to a die design for press-hardening process. Choose of materials aims not only for high strength PH steels but for the third generation of high strength steels too. The article describes the design of flat tool for observing temperature changes during hardening of preheated plate in both the processed material and the tool. Due to the fact that especially third-generation steels require a specific temperature profile during cooling in order to achieve their mechanical properties, the tool has been integrated with heating cartridges.

Klíčová slova: press-hardening, vysokopevné oceli, termomechanické zpracování, rychlost ochlazování

Key words: press-hardening, high-strength steels, thermomechanical treatment, cooling rate