

## Obsah | Content

2 – 7
<b>Využití ultrazvukové defektoskopie při vývoji leteckých kompozitních konstrukcí</b> <i>Petr Bělský, Martin Kadlec</i>
7 – 13
<b>Tisk převislých konců bez použití podpor pomocí metody DMLS</b> <i>Milan Daňa, Ivana Zetková, Pavel Hanzl</i>
13 – 20
<b>Vliv orientace tenkých stěn při tisku pomocí metody DMLS</b> <i>Milan Daňa, Ivana Zetková, Pavel Hanzl</i>
20 – 25
<b>Nový návrh porézního tlakového vzorku a posouzení jeho vyrobiteľnosti technologií Direct Metal Laser Sintering</b> <i>Pavel Hanzl, Ivana Zetková, Milan Daňa</i>
26 – 32
<b>Vliv změny otáček vlečného omílání na rádius řezného břítu</b> <i>Ondřej Hronek, Miroslav Zetek, Tomáš Bakša, Pavel Adámek</i>
32 – 36
<b>Vliv rychlosti ochlazování na mikrostrukturu nízkolegované TRIP oceli</b> <i>Ludmila Kučerová, Andrea Jandová, Kateřina Rubešová</i>
37 – 41
<b>Opatrebenie funkčných plôch komponentov mechanizmov využívaných v lesníckych technológiách</b> <i>Veronika Luptáčiková, Miroslava Ťavodová</i>
42 – 47
<b>Aplikace metodiky Plackett-Burman a ANOVA: Screeningový experiment - magnetické abrazivní finišování rotačně symetrických těles</b> <i>Jakub Mašek, Josef Zicha</i>
48 – 53
<b>Zvyšování mechanických vlastností komerčně čistého titanu pomocí intenzivní plastické deformace a následného deformačního zpevnování</b> <i>Jan Palán, Tomáš Kubina</i>
53 – 57
<b>Vliv křemíku na vývoj mikrostruktury ocelí při izotermické prodlevě v oblasti teplot baintické transformace</b> <i>Michal Pekovič, Štěpán Jeníček, Ivan Vorel, Josef Káňa, Kateřina Opatová</i>
58 – 64
<b>Vliv tepelného zpracování a metalurgických faktorů na tepelnou vodivost slévarenských Al – Si slitin</b> <i>Jaroslava Svobodová</i>

Časopis je zařazen Radou vlády ČR pro výzkum, vývoj a inovace do seznamu recenzovaných, neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR

Časopis a všechny v něm obsažené příspěvky a obrázky jsou chráněny autorským právem. S výjimkou případů, které zákon připouští, je využití bez svolení vydavatele trestné. Redakce si vyhrazuje právo zveřejnit v elektronické podobě na webových stránkách časopisu český a anglický název příspěvku, klíčová slova, abstrakt a použitou literaturu k jednotlivým příspěvkům.

Korektury českého jazyka se řídí platnými pravidly českého pravopisu.

Inzerce vyřizuje redakce.

## Příspěvky recenzovali | Reviewers

František Holešovský  
Ivan Lukáč  
David Maňas  
Jan Mádl  
Štefan Michna  
Ivan Mrkvica  
Miroslav Müller  
Iva Nová  
Pavel Novák  
Eva Tillová  
Dalibor Vojtěch

## Redakční rada | Advisory Board

prof. Dr. hab. Inž. Stanislav Adamczak  
*Politechnika Kielce, Polsko*  
prof. Ing. Dana Bolíbruchová, PhD.  
*ŽU v Žilině, Slovensko*  
prof. Ing. Milan Brožek, CSc.  
*ČZU v Praze*  
prof. Dr. Ing. František Holešovský  
*předseda, UJEP v Ústí n. Labem*  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
*VŠB TU v Ostravě*  
prof. Ing. Karel Kocman, DrSc.  
*UTB ve Zlíně*  
prof. Dr. hab. Ing. János Kunderák, ScD.  
*University of Miskolc, Maďarsko*  
prof. Ing. Ivan Kuric, CSc.  
*Žilinská univerzita, Slovensko*  
prof. Ing. Jan Mádl, CSc.  
*ČVUT v Praze*  
prof. Ing. Štefan Michna, PhD.  
*UJEP v Ústí n. Labem*  
prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica  
*VŠB TU v Ostravě*  
prof. Ing. Iva Nová, CSc.  
*TU v Liberci*  
prof. Ing. Lubomír Šooš, PhD.  
*SF, STU v Bratislavě, Slovensko*  
prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch  
*VŠCHT v Praze*  
doc. Ing. Rudolf Dvořák, CSc.  
*ČVUT v Praze*  
plk. doc. Ing. Milan Chalupa, CSc.  
*FVT, Univerzita obrany v Brně*  
doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
*TU v Liberci*  
doc. Ing. Pavel Novák, Ph.D.  
*VŠCHT v Praze*  
doc. Ing. Iveta Vasková, PhD.  
*HF, Technická univerzita v Košiciach, SK*

## Šéfredaktor | Editor-in-Chief

doc. Ing. Martin Novák, Ph.D.

## Redaktor | Editor

Ing. Jaroslava Svobodová, Ph.D.

## Adresa redakce | Editors Office

Univerzita J. E. Purkyně,  
FVTM, kampus UJEP, budova H  
Pasteurova 3334/7, 400 01 Ústí n. Labem  
Tel.: +420 475 285 534  
Fax: +420 475 285 566  
e-mail: redakce@fvmtm.ujep.cz  
<http://casopis.strojirenskatechnologie.cz>

## Tisk | Print

PrintPoint s. r. o., Praha

## Vydavatel | Publisher

Univerzita J. E. Purkyně, FVTM  
Pasteurova 1, 400 96 Ústí nad Labem  
[www.ujep.cz](http://www.ujep.cz)  
IČ: 44555601 | DIČ: CZ44555601

vychází 2x ročně | náklad 300 ks

do sazby 6/2017

do tisku 6/2017

64 stran

povolení MK ČR E 18747

ISSN 1211-4162

## Využití ultrazvukové defektoskopie při vývoji leteckých kompozitních konstrukcí

Petr Bělský, Martin Kadlec

Výzkumný a zkušební letecký ústav, a.s., útvar Pevnost konstrukcí, skupina MTN, Beranových 130, 199 05 Praha 9 – Letňany, Česká republika. E-mail: belsky@vzlu.cz, kadlec@vzlu.cz

Nedestruktivní kontrola dnes představuje samostatnou vědní disciplínu, která prodělala během posledních několika desetiletí bouřlivý rozvoj a její význam neustále stoupá v souvislosti se stále se zvyšujícími nároky na nově vyvíjené letecké i neletecké konstrukce. Ultrazvuková defektoskopie je s oblastí kompozitních materiálů od začátku jejich vývoje velmi úzce spojena. To je dáno především univerzálním principem ultrazvukových metod. Cílem článku je podat základní informaci o způsobech využití těchto metod při vývoji nových leteckých kompozitních konstrukcí a prezentovat současný stav jejich rozvoje ve VZLÚ. V úvodní části příspěvku jsou stručnou formou shrnuty základní principy ultrazvukové defektoskopie, způsoby interpretace měřených dat, používané typy sond a zkušebních metod. Uvedeny jsou specifika nedestruktivního zkoušení kompozitních materiálů a typické druhy defektů vyskytujících se u tohoto typu materiálů. V druhé části článku jsou na konkrétních příkladech z praxe prezentovány možnosti a cíle využití UT metod, přičemž zvláštní pozornost je věnována oblasti materiálových zkoušek a hodnocení rozsahu impaktních poškození.

**Klíčová slova:** Ultrazvuk, defektoskopie, kompozitní materiály, letecké konstrukce.

### Poděkování

*Autor by chtěl touto cestou poděkovat za finanční podporu poskytnutou prostřednictvím institucionální podpory z rozpočtu Ministerstva průmyslu a obchodu. Poskytnuté finanční prostředky umožnily v uplynulých letech posunout a rozšířit možnosti laboratoře ultrazvukových NDT metod ve VZLÚ.*

### Literatura

- [1] REGAZZO, R., REGAZZOVÁ, M. (2013). *Ultrazvuk – základy ultrazvukové defektoskopie*, BEN – technická literatura, Praha 2013, 290 s. ISBN 978-80-7300-466-8.
- [2] HOSPODKA, Z., KŘENA, J. (2010). Automatizace NDT pro výrobu primárních kompozitních dílů. *Transfer*, č. 11, VZLÚ, a.s., Praha, s. 26-31.
- [3] EHRENSTEIN, G., W. (2009). *Polymerní kompozitní materiály*, 1. vyd., Nakl. Scientia, Praha, 352 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [4] NEMASTIL, J., KŘENA, J., LEGER, J., CYRUS, P. (1999). Vady v leteckých kompozitních konstrukcích a jejich kontrola, *sborník 29. konference DEFEKTOSKOPIE '99*, ČNDT, Hradec Králové, s. 265-273.
- [5] KADLEC, M. (2014). Mechanismy porušování polymerního kompozitu vyztuženého uhlíkovou tkaninou pro letecké konstrukce. [*disertační práce*], ČVUT, FJFI, Praha, 128 s.
- [6] KADLEC, M., RŮŽEK, R., A. (2012). Comparison of Laser Shearography and C-Scan for Assessing a Glass/Epoxy Laminate Impact Damage. *Applied Composite Materials*, vol. 19, s. 393-407. ISSN 0929-189X.
- [7] HOSUR, M., V., MURTHY, C., R., L., RAMAMURTHY, T., S., SHETB, A. (1998). Estimation of impact-induced damage in CFRR laminates through ultrasonic imaging. *NDT and E Int*, vol. 31, s. 359-374. ISSN: 0963-8695.

### Abstract

**Article:** Ultrasonic Defectoscopy Application for Development of a Composite Aircraft Structures

**Authors:** Petr Bělský  
Martin Kadlec

**Workplace:** VZLU – Aerospace Research and Test Establishment, Strength of Structures department, Beranových 130, 199 05 Prague 9 – Letňany. Czech Republic. E-mail: belsky@vzlu.cz, kadlec@vzlu.cz

**Keywords:** Ultrasonic defectoscopy, composite materials, aircraft structures.

At present, non-destructive testing is a self-contained science discipline that has undergone an immense boom during the last several decades. Its importance continues to grow based on the increase of demands on new developed aviation and non-aviation structures. Ultrasonic testing (UT) is connected with composite materials very closely since the beginning of their development because of a universal principle of ultrasonic methods. The article provides basic information about application of the UT methods for the development of new aircraft composite structures and to present current state of their progress in VZLU. Brief summary of basic principles of ultrasonic testing, measured data interpretation, types of probes and test methods are presented in the first part of the article. Typical defects and some specificities of non-destructive testing of composite materials are given and explained in the second part. Finally, possibilities of UT methods are documented by examples from practice where special attention is focused on material testing and impact damage evaluation.

---

Příspěvek č.: 201701

Paper number: 201701

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Tisk převislých konců bez použití podpor pomocí metody DMLS

Milan Daňa, Ivana Zetková, Pavel Hanzl

Regionální Technologický Institut, Západočeská Univerzita – Fakulta Strojní, Univerzitní 8, Plzeň 306 14 Česká republika. E-mail: danam@rti.zcu.cz, zetkova@rti.zcu.cz, hanzlp@rti.zcu.cz

Tato práce je zaměřena na problematiku 3D tisku. V současné době existuje poměrně velké množství metod, které lze zahrnout do oblasti 3D tisku. Mezi neznámější metody dnes patří například metoda SLM, DMLS, CLADDING atd. Tento článek se omezuje pouze na 3D tisk kovových součástí metodou DMLS (Direct Metal Laser Sintering). Metoda pracuje s kovovým práškem, který je postupně nanášen vrstvu po vrstvě, přičemž laserový paprsek v každé vrstvě vypálí daný řez součástí. Tímto postupným skládáním jednotlivých řezů vzniká tištěná součást. Materiálem použitým pro experiment byla zvolena vysokopevnostní ocel 1.2709 s obchodním označením MS1. Tato ocel dosahuje vynikajících mechanických vlastností již po vytištění a dokonce se mechanické vlastnosti dají zlepšit tepelným zpracováním. Výrobním zařízením byla použita tiskárna od firmy EOS M290. Procesní parametry byly použity přednastavené výrobcem. Cílem experimentální části práce bylo zjištění velikosti převislého konce, který odpovídá dané geometrii bez nutnosti použití podpor. Zkoumaný rozsah převislých konců byl stanoven na hodnoty od 0,6mm do 1,6mm. K vyhodnocení přenosti vytištěných vzorků byl použit optický mikroskop. V neposlední řadě byl zkoumán i vliv napolohování převislého konce vzhledem k nanášecímu pravítku.

**Klíčová slova:** 3D tisk, DMLS, MS1 – 1.2709, převislé konce.

### Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu LO1502 Rozvoj Regionálního technologického institutu podpořeného programem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy na podporu výzkumu, experimentálního vývoje a inovací Národního programu udržitelnosti I („NPU I“).

### Literatura

- [1] DANIEL, T. *The Development of Design Rules for Selective Laser Melting*. Ph.D. Thesis National Centre for Product Design & Development Research University of Wales Institute. Dostupné z: <https://repository.cardiff-met.ac.uk/dspace/handle/10369/913>.
- [2] EOS MaragingSteel MS1. EOS. [online]. [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: [http://gpiprototype.com/images/PDF/EOS\\_MaragingSteel\\_MS1\\_en.pdf](http://gpiprototype.com/images/PDF/EOS_MaragingSteel_MS1_en.pdf).
- [3] KUČEROVÁ, L. ZETKOVÁ, I. (2016). Metallography of 3D Printed 1.2709 Tool Steel. In *Manufacturing Technology*, Vol. 16, No.1. s. 140 -144. ISSN 1213–2489.
- [4] FOUISOVÁ, M., VOJTĚCH, D., KUBÁSEK, J., DVORSKÝ, D., MACHOVÁ, M. (2015). 3D Printing as an Alternative to Casting, Forging and Machining Technologies. In *Manufacturing Technology*, Vol. 15, No. 5., s. 809 - 814. ISSN 1213–2489.
- [5] ČAPKOVÁ, V., (2015). *Restrictive parameters of 3D printing* .Pilsen, Thesis. SUPERVISOR Ing. Zetek, Ph.D, Available from: <https://otik.uk.zcu.cz/handle/11025/9318>.
- [6] HANZL, P., (2016). *The influence of a volume fraction on load capacity of the gyroid structure made of maraging steel using the DMLS technology*. Pilsen. Thesis. Supervisor Ing. Zetek, Ph.D
- [7] HANZL, P., ZETEK, M., BAKŠA, T., KROUPA, T. (2015). The influence of processing parameters on the mechanical properties of SLM parts. In *Procedia Engineering*. Vídeň: Elsevier, s. 1405 - 1413. ISBN: 978-3-901509-99-5, ISSN: 1877-7058.
- [8] ANTONYSAMY A. A., (2012) *Microstructure, Texture and Mechanical Property Evolution during Additive Manufacturing of Ti6Al4V Alloy for Aerospace Applications*. Manchester, Doctoral thesis. Supervisor Prof. Philip Prangnell. Dostupné z : <https://www.escholar.manchester.ac.uk/uk-ac-man-scw:160535>
- [9] EPMA European Powder Metallurgy Association. *Introduction to additive manufacturing technology - A guide for Designers and Engineers*. Dostupné z: [http://www.epma.com/doc\\_details/427-introduction-to-additive-manufacturing-technology](http://www.epma.com/doc_details/427-introduction-to-additive-manufacturing-technology).
- [10] MATILAINEN, V., (2012). *Benchmarking of laser additive manufacturing proces*. Bachelor's thesis. Finland. Dostupné z: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84863/BSc%20Thesis%20Matilainen%20fv.pdf?sequence=1>.

- [11] BINELI A. R. R. PERES A. P. G., JARDINI A. L., FILHO R. M. *DIRECT METAL LASER SINTERING (DMLS): In technology for design and construction of microreactors*. Brasil 2011. 6th brazilian conference on manufacturing engineering. ISSN: 0100-7386
- [12] EOS. *Školící materiály – Exposure editor, Job preparation*. Interní dokumentace.

## Abstract

**Article:** **Printing of Overhanging Ends without Support Structures using DMLS**

**Authors:** Milan Daňa  
Ivana Zetková  
Pavel Hanzl

**Workplace:** Regional Technological Institute, University of West Bohemia – Faculty of Mechanical Engineering, Univerzitní 8, Pilsen 306 14, Czech Republic.

**Keywords:** 3D print, DMLS, MS1 – 1.2709, overhanging ends, geometry.

This paper is focused on 3D printing of metal parts and the limitations of this method. There are numerous methods currently used for 3D printing, for example, DMLS, SLS, CLADDING, etc. This paper is limited to 3D printing using DMLS (Direct Metal Laser Sintering). The method works with metal powder, which is applied to a building platform in thin layers using the recoater blade. The shape of a part is sintered using a laser beam in each layer. The part is built layer by layer. The material used for the experiment was maraging steel 1.2709 with a trade name MS1. This material achieves great mechanical properties like as high strength and high hardness. Laser sintering was undertaken using the EOSINT M 290. We used the process parameters recommended for this powder by the equipment manufacturer. An experiment was conducted that focuses on printing of overhanging ends without support structures. The goal of experimental part of this work was to find out size of overhanging ends which are printed with admissible deviation from the geometry without using the support structures. The range of overhanging ends was from 0.6mm to 1.6mm. Also, the effect of orientation of overhanging ends was investigated, depending on direction of recoater blade. The overhang surfaces have been compared, it is possible to say that the overhanging ends larger than 0.8mm shows a poor surface. These surfaces have very bad roughness. The overhanging ends with size 1.4 and 1.6mm were printed with significantly degraded geometry. The all measurements were carried out on optical microscope Blickle Multicheck PC500. The main goal of the experiment was to find the size of the overhang which does not show signs of degradation of the geometry and poor surface of the overhang.

## Vliv orientace tenkých stěn při tisku pomocí metody DMLS

Milan Daňa, Ivana Zetková, Pavel Hanzl

Regionální Technologický Institut, Západočeská Univerzita – Fakulta Strojní, Univerzitní 8, Plzeň 306 14 Česká republika. E-mail: danam@rti.zcu.cz, zetkova@rti.zcu.cz, hanzlp@rti.zcu.cz

Tato práce se věnuje problematice dnes velice modernímu tématu a to 3D tisku kovových součástí. Tato technologie není určena pouze pro výrobu prototypů a speciálních součástí, lze ji uplatnit například v sériové výrobě jako například firma Mapal, která využila 3D tisk pro výrobu vrtáků a hydraulických upínačů. 3D tisk neboli Aditivní výroba (AM) v sobě skrývá mnoho různých způsobů výroby dílů. Tato práce se omezuje pouze na metodu DMLS (Direct Metal Laser Sintering). Metoda je založena na spékání kovového prášku vrstvou po vrstvě pomocí laserového paprsku. Tato tematika je v současné době velice populární a velice obsáhlá, proto se práce omezuje pouze na tisk tenkých stěn. Materiálem použitým pro experiment byla zvolena vysokopevnostní ocel 1.2709 s obchodním označením MS1. Tato ocel dosahuje vynikajících mechanických vlastností již po vytištění a dokonce se mechanické vlastnosti dají zlepšit tepelným zpracováním. Výrobním zařízením byla tiskárna od firmy EOS M290. Procesní parametry byly použity přednastavené výrobcem. Prvotním cílem bylo zjištění minimální velikosti vytisknutelné tenké stěny. Dále byla hodnocena přesnost vytištěných stěn a především byl zkoumán vliv orientace vzorku vůči nanášecímu pravítku. Interval tenkých stěn byl zvolen od 0,2mm do 1mm s krokem 0,05mm. V neposlední řadě byl hodnocen vliv podpěrných struktur na přesnost vzorků. Během tisku byly zaznamenány problémy, které jsou detailně v článku popsány. Pro hodnocení přesnosti tenkých stěn byl použit optický mikroskop.

**Klíčová slova:** 3D tisk, DMLS, MS1 – 1.2709, tenké stěny

### Poděkování

*Tento příspěvek byl vytvořen v rámci projektu SGS-2016-005: Výzkum a vývoj pro inovace v oboru strojírenská technologie - technologie obrábění II.*

### Literatura

- [1] FOUSOVÁ, M., VOJTĚCH, D., KUBÁSEK, J., DVORSKÝ, D., MACHOVÁ, M. (2015). 3D Printing as an Alternative to Casting, Forging and Machining Technologies. In *Manufacturing Technology*, Vol. 15, No. 5, s. 809 - 814. ISSN 1213-2489.
- [2] EOS MaragingSteel MS1. EOS. [online]. [cit. 2016-08-10]. Dostupný z: [http://gpiprototype.com/images/PDF/EOS\\_MaragingSteel\\_MS1\\_en.pdf](http://gpiprototype.com/images/PDF/EOS_MaragingSteel_MS1_en.pdf).
- [3] KUČEROVÁ, L., ZETKOVÁ, I. (2016). Metallography of 3D Printed 1.2709 Tool Steel. In *Manufacturing Technology*, Vol. 16, No. 1, s. 140 – 144, ISSN 1213-2489.
- [4] DANIEL, T. *The Development of Design Rules for Selective Laser Melting*. Ph.D. Thesis National Centre for Product Design & Development Research University of Wales Institute. Dostupný z: <https://repository.cardiff-met.ac.uk/dspace/handle/10369/913>.
- [5] ČAPKOVÁ, V. (2015). *Restrictive parameters of 3D printing*. Pilsen. Thesis. SUPERVISOR Ing. Zetek, Ph.D, Dostupný z: <https://otik.uk.zcu.cz/handle/11025/9318>.
- [6] HANZL, P. (2016). *The influence of a volume fraction on load capacity of the gyroid structure made of maraging steel using the DMLS technology*. Pilsen. Thesis. Supervisor Ing. Zetek, Ph.D.
- [7] HANZL, P., ZETEK, M., BAKŠA, T., KROUPA, T. (2015). The influence of processing parameters on the mechanical properties of SLM parts. In *Procedia Engineering*. Vídeň: Elsevier, s. 1405-1413. ISBN: 978-3-901509-99-5, ISSN: 1877-7058.
- [8] ANTONYSAMY, A. A. (2012). *Microstructure, Texture and Mechanical Property Evolution during Additive Manufacturing of Ti6Al4V Alloy for Aerospace Applications*. Manchester. Doctoral thesis. Supervisor Prof. Philip Prangnell. Dostupný z: <https://www.escholar.manchester.ac.uk/uk-ac-man-scw:160535>.
- [9] EPMA European Powder Metallurgy Association. *Introduction to additive manufacturing technology - A guide for Designers and Engineers*. Dostupný z: [http://www.epma.com/doc\\_details/427-introduction-to-additive-manufacturing-technology](http://www.epma.com/doc_details/427-introduction-to-additive-manufacturing-technology).
- [10] MATILAINEN, V. (2012). *Benchmarking of laser additive manufacturing proces*. Bachelor's thesis. Finland. Dostupný z: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84863/BSc%20Thesis%20Matilainen%20fv.pdf?sequence=1>

- [11] BINELI, A. R. R., PERES, A. P. G., JARDINI, A. L., FILHO, R. M. (2011). Direct Metal Laser Sintering (DMLS). *In technology for design and construction of microreactors*. Brasil. 6<sup>th</sup> brazilian conference on manufacturing engineering, ISSN: 0100-7386.

## Abstract

**Article:** **Influence of Orientation of Thin Walls during Print using DMLS**

**Authors:** Milan Daňa  
Ivana Zetková  
Pavel Hanzl

**Workplace:** Regional Technological Institute, University of West Bohemia – Faculty of Mechanical Engineering, Univerzitní 8, Pilsen 306 14, Czech Republic.

**Keywords:** 3D print, DMLS, MS1 – 1.2709, wall thickness.

This work deals with the problematics of 3D printing. Additive manufacturing (AM) covers a lot of principles of producing products and prototypes, for example, Direct Metal Laser Sintering (DMLS). This principle is based on sintering metal powder in thin layers, layer by layer. This theme is very extensive and a very popular research area. The paper is focused on printing thin walls. The material for printing was Maraging Steel MS1. This material achieves great mechanical properties like as high strength and high hardness. The tensile strength can be up to 2000 MPa after age hardening. The printer used was an EOS M290. The thin walls were created on the base, evenly spaced. The thicknesses of the walls were created from 0.2 up to 1 mm with step 0.05mm. The test samples were printed using process parameters recommended by the producer and they were oriented in two positions on the building platform. The effects of different part position on safety of printing are compared. One sample was printed directly on the building platform without support structures. The second sample was printed using support structures. Also, the effect of support structures on accuracy was investigated. There were complications with vibration of thin walls blade during printing. These vibrations were caused by contact of recoater blade with thin walls which were oriented in direction Y. The main part of the paper is focused on an experiment where thin walls are printed and subsequently evaluated. The influences and limitations were investigated. The experiment confirms that it is not possible to print thin walls with dimensions less than 0.25 mm. Thin walls with dimensions smaller than 0.4 mm are better to print with orientation in the y axis. The measurements were carried out on a Blicke Multicheck PC500 microscope.

## Nový návrh porézního tlakového vzorku a posouzení jeho výrobitelnosti technologií Direct Metal Laser Sintering

Pavel Hanzl, Ivana Zetková, Milan Daňa

Fakulta strojní, Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni. Univerzitní 2732/8, 306 14, Plzeň 3. Česká republika. E-mail: hanzlp@rti.zcu.cz, zetkova@rti.zcu.cz, danam@rti.zcu.cz

Upravený návrh porézních tlakových vzorků byl vytvořen na základě poznatků z předešlého experimentu, který se zabýval maximální únosností gyroidní struktury a její vhodností pro aditivní výrobu. Vstupní experiment poukázal na možné nedostatky, které zapříčinily nerovnoměrnou deformitu vzorku během tlakové zkoušky, což mohlo vést ke zkreslení naměřených výsledků. Tento článek se zaměřuje na výrobitelnost nově navrženého konceptu, který by měl podpořit deformitu vzorku v celém jeho objemu. Nicméně kvůli úpravě v návrhu vzorku byla narušena samonosná schopnost vzorků během aditivní výroby při respektování původní orientace, proto byla nalezena poloha, která dodržuje základní pravidla aditivní výroby. V závěru jsou experimentálně ověřeny výhody nového konceptu nad starým, kdy byla zvýšena maximální únosnost vzorku.

**Klíčová slova:** Schoen Gyroid, porézní struktury, tuhé konstrukce, aditivní výroba z kovu, Selective Laser Melting.

### Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu LO1502 Rozvoj Regionálního technologického institutu podpořeného pro-gratem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy na podporu výzkumu, experimentálního vývoje a inovací Národního programu udržitelnosti I („NPU I“).

### Literatura

- [1] HAO, L., RAYMONT, D., YAN, C., HUSSIEIN, A., YOUNG, P. *Design and Additive Manufacturing of Cellular Lattice Structures*. College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter EX4 4QF, Devon, United Kingdom.
- [2] AREMU, A.O. all et. *A Comparative finite element study of cubic unit cells for selective laser melting*. EPSRC Centre for Innovative Manufacturing in Additive Manufacturing, Faculty of Engineering, University of Nottingham, Nottingham, NG7 2RD, UK.
- [3] FOUISOVÁ, M., VOJTĚCH, D., KUBÁSEK, J., DVORSKÝ, D., MACHOVÁ, M. (2015). 3D Printing as an Alternative to Casting, Forging and Machining Technologies. In *Manufacturing Technology*, Vol. 15, No. 5, s. 809 - 814. ISSN 1213-2489.
- [4] LYSONKOVÁ, I. (2015). Vliv slévárenské formy na strukturu hliníkové slitiny AlCu4MgMn. *Strojírenská technologie, Časopis pro vědu, výzkum a výrobu*, roč. XX, číslo 1, st. 44 - 48, ISSN 1211-4162.
- [5] KUČEROVÁ, L., ZETKOVÁ, I. (2016). Metallography of 3D Printed 1.2709 Tool Steel, Published by *Manufacturing Technology*, ISSN 1213-2489, Paper number: M201629.
- [6] EOS MaragingSteel MS1. EOS. [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: [http://gpiprototype.com/images/PDF/EOS\\_MaragingSteel\\_MS1\\_en.pdf](http://gpiprototype.com/images/PDF/EOS_MaragingSteel_MS1_en.pdf).
- [7] YAN, C., HAO, L., HUSSIEIN, A., RAYMONT, D. (2014) Evaluations of cellular lattice structures manufactured using selective laser melting. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Published by Elsevier Ltd, 62 (2012) 32-38.
- [8] THOMS, D. (2009). *The Development of Design Rules for Selective Laser Melting*, Ph.D. Thesis.
- [9] ASHBY, M.F. et al (2000). *Metal Foam: A Design Guide*, Butterworth-Heinemann.

### Abstract

**Article:** New Pressure Sample with the Lattice Structure and its Manufacturability by Direct Metal Laser Sintering

**Authors:** Pavel Hanzl  
Ivana Zetková  
Milan Daňa



**Workplace:** Fakulta strojní, Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni.

**Keywords:** Schoen Gyroid, Lattice Structures, Rigid Constructions, Additive Manufacturing, Selective Laser Melting.

New concept for pressure testing samples has been designed based on previous experiments which investigated the maximum load capacity of a Schoen Gyroid. This pre-experiment pointed to the possible lack of measurements and newly designed pressure samples intended to improve measurement accuracy. The main aim of this paper is to compare the current concept of the sample with a new concept. The previous sample consists of only a porous core. Whereas the new sample has added rigid plates on opposite sides of the porous core. However, this solution creates production problems while keeping the same position of the sample during additive manufacturing. The possible cause of failure of production could be the top plate because it cannot be printed without a support structure in the horizontal position. Using support structures could be the solution. However, removing the support structures from a porous core is impractical. In this context, the ability to substitute supporting structures by a Schoen lattice structure is also marginally dealt with.

The gyroid structure is able to provide support of the top plate according to our findings. There are some influencing factors. The first is the inclination of the top plate. If the inclination increases, the demands on the support should be reduced. An inclination of the plate close to  $45^\circ$  does not require any support according to the theory of additive manufacturing. However, other elements of the sample would require support in this case. Other factors are cell size and volume fraction. Completely smooth production was found using additive manufacturing.

The paper concludes with the benefits of the optimized pressure samples over the old concept. An increased maximum load capacity was achieved by the addition of contact plates. The increase of the capacity is attributed to the constrained struts at the interface of the porous core and the plates. Moreover, this solution is closer to the real operation of porous structures, because porous structures are often embedded in an optimized component and the struts in transition are fixed.

---

Příspěvek č.: 201704

Paper number: 201704

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Vliv změny otáček vlečného omílání na rádius řezného břítu

Ondřej Hronek, Miroslav Zetek, Tomáš Bakša, Pavel Adámek

Laboratoř Experimentálního Obrábění, Regionální Technologický Institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, Česká Republika, E-mail: hroneko@rti.zcu.cz, mzetek@rti.zcu.cz, baksa@rti.zcu.cz, adamek@rti.zcu.cz

Publikace se zabývá vlivem změny otáček držáku na výslednou velikost rádiu řezného břítu nástroje. Právě rádius je sledovanou veličinou z důvodu, že jeho velikost ovlivňuje důležité parametry. Změna rádiu řezného břítu nástroje ovlivňuje především trvanlivost nástroje, geometrickou přesnost obráběných součástí, stabilitu řezného procesu. Dále pak i silové zatížení řezného břítu nástroje, tepelné namáhání nástroje a adhezivně kohezivní vlastnosti mezi řezným nástrojem a tenkou vrstvou. V experimentu je použito celkem 5 variant, připravených pomocí vlečného omílání, přičemž hlavní proměnnou veličinou jsou otáčky držáku. Cílem je potvrdit, či vyvrátit předpoklad, který se zakládá na teorii, že při vyšších otáčkách držáku dojde ke zvýšení intenzity omílání. Tím pádem vznikne za vyšších otáček větší rádius řezného břítu nástroje. Výsledky jsou porovnávány a analyzovány na přístroji IFM G4.

**Klíčová slova:** Mikrogeometrie řezného břítu, vlečné omílání, K faktor, kvalita povrchu.

### Poděkování

*Tento příspěvek byl vytvořen v rámci projektu SGS-2016-005: Výzkum a vývoj pro inovace v oboru strojírenská technologie - technologie obrábění II.*

### Literatura

- [1] ČESÁKOVÁ, I., ZETEK, M. (2011). Diagnostika stavu řezného břítu po mikroúpravách. *Transfer inovací*, Košice: Technická univerzita v Košiciach, s. 74-78., ISSN: 1337-7094.
- [2] ČILLIKOVÁ, M., MIČÚCH, M., NESLUŠAN, M., MIČIETOVÁ, A. (2013). Non-destructive micromagnetic evaluation of surface damage after grinding. *Manufacturing Technology*, Vol. 13, No. 2, ISSN 1213 – 2489.
- [3] KRÍŽ, A., KOLAŘÍK, K., JANOUŠEK, A., PALÁN, J. (2015). Integrita povrchu ostří nástroje ze slinutého karbidu. *Strojírenská technologie – Plzeň 2015 Sborník příspěvků*, s.107 - 113. ISBN 978-80-261-0304-2.
- [4] MADL, J., RAZEK, V., KOUTNY, V., KAFKA, J. (2013). Surface Integrity in Notches Machining. *Manufacturing Technology*, Vol. 13, No. 2, ISSN 1213 – 2489.
- [5] CSELLE, T., CODDET, O., GALAMAND, C., HOLUBAR, P., JÍLEK, M., JÍLEK, J., LUEMKEMANN, A., MORSTEIN, M. (2008). TripleCoatings® - A New Generation of PVD-Coatings for Cutting Tools. *Vrstvy a povlaky 2008*, Trenčín: Digital Graphic, S. 9-14. ISBN 978-80-969310- 7-1.
- [6] BIERMANN, D., BASCHIN, A. (2009). Influence of cutting edge geometry and cutting edge radius on the stability of micromilling processes. *Production Engineering*, 3, Springer Verlag; p. 375 - 380.
- [7] DENKENA, B., LUCAS A., BASSETT, E. (2011). Effects of the cutting edge microgeometry on tool wear and its thermomechanical load. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 60(1); p. 73 – 76.
- [8] KUNDRÁK, J., FELHO, C. (2016). 3D Roughness Parameters of Surfaces Face Milled by Special Tools. *Manufacturing Technology*, Vol. 16, No. 3, ISSN 1213 – 2489.
- [9] BOUZAKIS, K., D., et al. (2009). Effect of dry micro-blasting on PVD-film properties, cutting edge geometry and tool life in milling. *Surface & Coatings Technology*, Vol. 204, No. 6 - 7, s. 1081 – 1086.
- [10] ŠVARC, V., ZETEK, M., ČESÁKOVÁ, I. (2014). Omílací média a jejich využití při úpravě drsnosti povrchu řezných nástrojů. *Strojírenská technologie*. Vol. XIX, No. 1, ISSN 1211 – 4162.
- [11] DENKENA, B., BIERMANN, D. (2014). Cutting edge geometries. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 63:631 - 653.
- [12] DENKENA, B., SPENGLER, C. (2004). Influence of Different Grinding Processes on Surface and Subsurface Characteristics of Carbide Tools. *Key Engineering Materials*; 257–258:195–200.

### Abstract

**Article:** Influences of Holders Speed on the Cutting Tool Blade during Drag Finishing

**Authors:** Ondřej Hronek  
Miroslav Zetek  
Tomáš Bakša

Pavel Adámek

**Workplace:** Laboratory of Experimental Machining, Regional Technological Institute in Pilsen

**Keywords:** Microgeometry of the cutting tool blade, Drag finishing, K factor, Surface quality

The article deals with the influence of the holders speed on the final radius of the cutting tool blade. The reason why is radius of cutting tool blade investigated is that its size affects important parameters in machining process. For example, these parameters are geometrical accuracy of machined components, cutting tool life and stability of machining. Furthermore, it is forces on the cutting tool and thermal influence on the tool. In the experiment five variants were used, prepared by drag finishing. Two cutting tools (samples) will be used for each variant. This causes a higher credibility of the values from the experiment. During drag finishing, six process parameters could be variable. But in this experiment, five of six parameters will be constant. Only variable parameter will be holder speed. Circumferential holder speed is within the range from 0 up to 160 min<sup>-1</sup>. For every followed variant, holder speed increase by 40 min<sup>-1</sup>. In this article, the attention is focused not only on the radius of the cutting tool blade. It is also evaluated the symmetry of the cutting tool blade by K factor. The scanning area on the cutting tools will be 2 mm from the tip for each tool. Both cutting tool blades will be measured. This detailed measurement will provide more information of the cutting tool microgeometry. Parameters of the cutting tool microgeometry are investigated before and after drag finishing. The aim is to confirm or refute the input idea. This idea is based on the theory, that the higher holders speed will increase the intensity of drag finishing process. The influence of holder speed on the cutting tool microgeometry is investigated addition. The cutting tool microgeometry is measured and analysed on the microscope IFM G4. It is a non-contact measuring method. This optical scanning microscope works on the change of the focal length. Besides of basic surface and shape measurement, the microscope offers the option of measuring cutting tool microgeometry. Also by software tools as differential analysis or roughness measurement provide additional information of the cutting tool quality.

---

Příspěvek č.: 201705

Paper number: 201705

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Vliv rychlosti ochlazování na mikrostrukturu nízkolegované TRIP oceli

Ludmila Kučerová, Andrea Jandová, Kateřina Rubešová

Regionální technologický institut, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 30614 Plzeň. Česká republika. E-mail: skal@rti.zcu.cz, jandovaa@rti.zcu.cz, krubesov@vctt.zcu.cz

Nízkolegované vysoce pevné oceli dosahují vynikajících kombinací pevnosti a tažnosti díky svojí více-fázové mikrostruktúře s řízeným podílem zbytkového austenitu. Tato mikrostruktura je výsledkem tepelného nebo tepelně-mechanického zpracování s prodlevou v oblasti teplot bainitické transformace. Různé parametry tepelného zpracování mohou ovlivnit výslednou strukturu, a proto je důležité zabývat se optimalizací parametrů zpracování s ohledem na mikrostrukturu a vlastnosti oceli. V tomto článku bylo prezentováno tepelné zpracování využívající tři teploty austenitizace v laboratorní peci a následné chlazení v solné lázni nebo na vzduchu. Výsledné mikrostruktury byly analyzovány s využitím světlené a řádkovací elektronové mikroskopie a mechanické vlastnosti byly stanoveny měřením tvrdosti HV10.

**Klíčová slova:** TRIP oceli, zbytkový austenit, tepelné zpracování

### Poděkování

*Tento příspěvek vznikl v rámci projektu LO 1502 Rozvoj Regionálního technologického institutu podpořeného programem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy na podporu výzkumu, experimentálního vývoje a inovací Národního programu udržitelnosti I (NPU I).*

### Literatura

- [1] FENG, Q. et al. (2014). Microstructures and mechanical properties of hot-rolled Nb-microalloyed TRIP steels by different thermo-mechanical processes. *Mat. Sci. And Eng. A* 605, s. 14-21.
- [2] CHIANG, J. et al. (2015). Effect of heating rate on microstructural evolution and mechanical properties of cold-rolled quenching and partitioning steel *Mat. Sci. And Eng. A* 638, s. 132-142.
- [3] JACQUES, P.J. et al. (2001). The Developments of Cold-rolled TRIP-assisted Multiphase Steels *ISIJ Int* 41, s. 1068-1074.
- [4] KUCEROVA, L., JIRKOVA, H., MASEK, B. (2014). The Effect of alloying on Mechanical Properties of Advanced High Strength Steels. *Archives of Metallurgy and Materials*, 59 (3), s. 1189-1192.
- [5] PERELOMA, E.V., TIMOKHINA, I.B. HODGSON, P.D. (1999). Transformation behaviour in thermomechanically processed C-Mn-Si TRIP steels with and without Nb. *Materials Science and Engineering A* 273-275, s. 448-452.
- [6] GRAJCAR, A., SKRZYPCZYK, P., WOZNIAK, D. (2014). Thermomechanically rolled medium-Mn steels containing retained austenite. *Archives of Metallurgy and Materials* (4) 59, s. 1691-1697.
- [7] ZRNÍK, J., et al. (2007). Relationship of microstructure and mechanical properties of TRIP-aided steel processed by press forging *Journal of Materials Processing Technology*, 192-193, s. 367-372.
- [8] VOREL, I, JENÍČEK, Š., KÁŇA, J., IBRAHIM, K., KOTĚSOVEC, V. (2016). Use of Optical and Electron Microscopy in Evaluating Optimization by Material-Technological Modelling of Manufacturing Processes Involving Cooling of Forgings. *Manufacturing Technology*, Vol. 16, No. 6, pp. 1383-1387.
- [9] KUČEROVÁ, L., JIRKOVÁ, H., MAŠEK, B. (2014). Continuous Cooling of CMnSi TRIP steel. *Materials Today: Proceedings* 2 (3), s. 677-680.
- [10] KUČEROVÁ, L., JIRKOVÁ, H., MAŠEK, B. (2016). Influence of Nb Micro-alloying on TRIP Steels Treated by Continuous Cooling Proces *Manufacturing Technology*, Vol. 16, No. 1, pp. 145-149.

### Abstract

**Article:** The Effect of Cooling Rate on Microstructure of Low Alloyed TRIP Steel

**Authors:** Ludmila Kučerová  
Andrea Jandová

Kateřina Rubeřov

**Workplace:** Regional Technological Institute, Faculty of Mechanical Engineering, UWB in Pilsen. Univerzitni 8, 30614 Pilsen, Czech Republic.

**Keywords:** TRIP steel, heat treatment, retained austenite.

Two-step heat treatment typical for TRIP (transformation induced plasticity) steel was applied to low alloyed CMnSiNb steel. This low carbon steel is alloyed by manganese to support retained austenite stabilization, silicon to postpone cementite formation during heat treatment and particularly during the bainitic hold and it is further micro-alloyed by niobium to make the final microstructure finer, to increase volume fraction of retained austenite and ductility. Niobium alloying also allows slower cooling rates to be applied during the treatment without the risk of creating undesirable pearlite in the final microstructure. TRIP microstructures are obtained by heat or thermo-mechanical treatments with either full or partial austenitization followed by relatively quick cooling to a coiling temperature, where bainitic transformation takes place. During austenitization or cooling to coiling temperature, several deformation steps can be carried out to obtain the final shape of the product or semi-product.

In this work, a typical heat treatment cycle consisting of 20 minutes austenitization at the temperatures of 800 °C, 850 °C or 900 °C, followed by salt bath or air cooling to the coiling temperature of 425 °C. The hold at his temperature was always 20 minutes to provide enough time for the growth of sufficient amount of bainite in the final microstructure and stabilization of suitable amount of retained austenite. The temperature during the processing was measured by a thermocouple inserted inside the cylindrical samples. Mechanical properties were characterised by hardness measurement. Air cooled samples possessed hardness of 206 HV 10 and salt bath cooled samples around 220 HV 10, regardless austenitization temperatures values. Final microstructures were analysed by light and scanning electron microscopy carried out in the central part of the samples. Microstructures obtained by treatments with air cooling were mostly ferritic-pearlitic, only the lowest austenitization temperature resulted in substantial amount of bainite in the final microstructure. Microstructures obtained by cooling in a salt bath were on the other hand for all three austenitization temperatures suitable for further utilization of TRIP effect, as they consisted of ferrite, bainite around 13 % of retained austenite and M-A constituent.

---

Přispěvek č.: 201706

Paper number: 201706

Copyright © 2017 Strojirensk technologie. Vřechna prva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Opotrebenie funkčných plôch komponentov mechanizmov využívaných v lesníckych technológiách

Veronika Luptáčiková, Miroslava Ťavodová

Faculty of Environmental and Manufacturing Technology, Technical University in Zvolen. Študentská 26, 960 53 Zvolen. Slovak Republic. E-mail: luptacikovav@gmail.com, tavodova@is.tuzvo.sk

Článok opisuje analýzu kladky navijáka používaného na univerzálnom kolesovom traktore, za účelom zvýšenia životnosti jej funkčných plôch. Pre experiment boli vykonané skúšky a merania na potvrdenie údajov v materiálovom liste a pre vytvorenie si podkladov pre aplikovanie metódy zvýšenia jej oteruvzdornosti funkčných plôch kladky. Konkrétne bola chemická analýza, meranie tvrdosti, meranie vrubovej húževnatosti, ťahová skúška, stanovenie odolnosti materiálu voči abrazívnemu opotrebeniu na brúsnom plátne a hodnotenie mikroštruktúry materiálu kladky. Pre zvýšenie oteruvzdornosti funkčných plôch kladky sme navrhli tepelné spracovanie podľa technologickej údajov z materiálového listu, po ktorom nasledovala opäť analýza materiálu pre zistenie zmien štruktúry a mechanických vlastností. Na zakalenej vzorke sme vykonali meranie tvrdosti a hodnotenie mikroštruktúry materiálu.

**Kľúčová slova:** Kladka, opotrebenie, tepelné spracovanie, mikroštruktúra, komponenty mechanizmov.

### Pod'akovanie

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia VEGA 1/0531/15 "Zvyšovanie životnosti nástrojov a konštrukčných častí mechanizmov využívaných v lesníckych technológiách".

### Literatúra

- [1] HNILICA, R., MESSINGEROVÁ, V., STANOVSKÝ, M., SLUGENĽ, J., HNILICOVÁ, M., FERENČÍK, M. (2015). *Možnosti mechanizácie prác pri zakladaní a výchove lesa*, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 99 s.
- [2] VIŇÁŠ, J., BREZINOVÁ, J., GUZANOVÁ, A., KOTUS, M. (2013). Application of hard surfacing for repairing of agricultural parts. *Research in agricultural engineering*. roč. 59, č. 2, s. 61-67.
- [3] KALINCOVÁ, D., ŤAVODOVÁ, M., HNILICOVÁ, M., VEVERKOVÁ, D. (2016). Machinery for forest cultivation - increase of resistance to abrasive wear of the tool. *MM science journal*. č. November (2016), s. 1269-1272.
- [4] JANEČEK, A., SUCHOMEL, J., ŠTOLLMANN, V., MIKLEŠ, J. (2011). *Standardy a optimalizace lanových výrobních systémů z hlediska ekonomiky a ekologické čistoty práce*, Tribun EU, Brno, 96 s.
- [5] MAREK, M., NOVÁK, M. (2016). Hodnocení mikrotvrdosti a mikrostruktury po broušení niklového povlaku při změně řezných podmínek. *Strojírenská technologie*, roč. XXI., č. 2, Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, s. 87 – 94.
- [6] JAKUBÉCZYOVÁ, D., HANES, T., KALINCOVÁ, D. (2014). Zvyšovanie životnosti razidiel mincí. *MM Průmyslové spektrum*, s. 76.
- [7] ZDRAVECKÁ, E., ONDÁČ, M. (2013). Charakterizácia procesov abrazívneho opotrebenia. *Strojárstvo*, s. 24 - 26.
- [8] KALINCOVÁ, D. SKLENKA, M. (2013). Využitie nástrojov riadenia kvality pre analýzu príčin vzniku chýb odliatok hláv valcov pri tepelnom spracovaní. *Strojírenská technologie: časopis pro vědu, výzkum a výrobu*, č. 3, s. 157 – 166.
- [9] HNILICOVÁ, M., HNILICA, R., DADO, M. (2016). Technika a technológie pri výchove a pestovaní lesa. *Zvyšovanie životnosti nástrojov a konštrukčných častí mechanizmov: vedecký recenzovaný zborník*. s. 16 – 26.
- [10] BRUSILOVÁ, A., GÁBRIŠOVÁ, Z. (2014). Vplyv parametrov spekania na oteruvzdornosť Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. *Strojírenská technologie*, roč. XIX., č. 2, 4, Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, s. 149 – 156.

### Abstract

**Article:** Wear of Functional Surfaces of Components of Mechanisms Used in Forestry Technologies

**Authors:** Veronika Luptáčiková  
Miroslava Ťavodová

**Workplace:** Technical University in Zvolen, Faculty of Environmental and Manufacturing Technology

**Keywords:** Pulley, wear, heat treatment, microstructure, mechanism components.

A high grade mechanization in a wood mining and transportation is achieved by the mining and conveying machinery. Using the suitable conditions, they are high performance machines. They can work successfully on holograms; their work is not excluded even under subtler management. A winch is the most used component for a wood-skidding in these machines (Fig 1). It allows the wood approaching to the machine from inaccessible areas. The winch (adapter) has to work in demanding operating conditions, where a pressure, tension, torque, dynamic impact, abrasion etc. occur. The pulley, used in the experiment, was made of 12 060 (C55) steel. It was working for 40 working days (app. 320 hours). Its abrasion was evident especially in a guidance (Fig.2). In first, were made input tests - chemical analyses (Tab. 2, Brinell hardness test (Tab. 3), tensile test (Fig.3 and Tab.5), abrasive test (Tab. 6) and microstructure of material of pulley (Fig. 4). The heat treatment method was chosen to increase the lifetime of this functional area. When determining the correct heat treatment mode, it is assumed that the load area will be more resistant to abrasion. Performing the initial analysis, the material 12 060 was confirmed and according to the material sheet, an appropriate heat treatment was chosen. After the heat treatment of the sample, a hardness testing was performed by the Rockwell method (Tab.7). We found out that the values after hardening meet the data listed in the material sheet or they are higher. A martensitic microstructure was formed which corresponds to the state of the material after hardening and tempering (Fig 5). Using the suitable heat treatment for a pulley material, the abrasion resistance can be increased. Moreover, the lifetime of functional areas can be increased so the working time is extended and the quality of work is improved as well.

---

Příspěvek č.: 201707

Paper number: 201707

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Aplikace metodiky Plackett-Burman a ANOVA: Screeningový experiment - magnetické abrazivní finišování rotačně symetrických těles

Jakub Mašek, Josef Zicha

Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6, E-mail: jakub.masek@fs.cvut.cz, josef.zicha@fs.cvut.cz

Studie diskutuje aplikaci metodiky Plackett-Burman pro zjištění efektu jednotlivých faktorů procesu magnetického abrazivního finišování na výslednou drsnost obrobku. Po úvodu do problematiky a vysvětlení motivace je objasněn princip užití technologie a užitím Ishikawova diagramu příčin a následků je přistoupeno k identifikaci jednotlivých procesních parametrů. Tato výchozí množina faktorů je na základě zvolené experimentální metodiky omezena do konečného souboru deseti faktorů. Po provedení experimentu jsou statistickými nástroji (analýza rozptylu, graf normálního rozdělení a úsečkové grafy) určeny jak jednotlivé efekty a jejich statistická signifikance, tak optimální kombinace úrovně jednotlivých faktorů v daném nastavení, která je ověřena verifikačním experimentálním ošetřením.

**Klíčová slova:** MAF, screening, Ishikawův diagram, Plackett-Burman, ANOVA.

### Poděkování

Poděkování náleží prof. RNDr. Gejzovi Dohnalovi, CSc. (Ústav technické matematiky, Fakulta strojní ČVUT v Praze) a doc. Ing. Jaroslavu Bernardovi, CSc. (Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní ČVUT v Praze) za konzultace a navigaci v oblasti návrhu a diskuzi vyhodnocení technologického experimentu. Dále pak společnosti Rigaku za zapůjčení experimentálního prototypu leštícího přístroje.

### Literatura

- [1] ČSN ISO 3534-3: Statistika - Slovník a značky - Část 3: Navrhování experimentů. 2. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [2] HUDEC, R. (2007). Rentgenová optika tečného dopadu. *Jemná mechanika a optika*, 52(7-8), 203-210. ISSN 0447-6441.
- [3] SINGH, D. K., JAIN, V. K., RAGHURAM, V., KOMANDURI, R. (2005). Analysis of surface texture generated by a flexible magnetic abrasive brush. In: *Wear*. 259(7-12), s. 1254 - 1261. DOI: 10.1016/j.wear.2005.02.030. ISSN 00431648.
- [4] RAGHURAM, M., G., V., S., SUHAS, S., JOSHI. (2008). *Modeling of Polishing Mechanism in Magnetic Abrasive Polishing* [online], [cit. 2016-10-27]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.384.2252&rep=rep1&type=pdf>.
- [5] NIST/SEMATECH. *e-Handbook of Statistical Methods*, (2012) [online]. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook>.
- [6] JHA, SUNIL a V. K. JAIN. *Nano-Finishing Techniques* [online], [cit. 2016-10-27]. Dostupné z: <http://web.iitd.ac.in/~suniljha/nanofinishing.pdf>.
- [7] DEEPAK, B., WALIA R. S. a SURI N. M. (2012). Effect of Rotational Motion on the Flat Work Piece Magnetic Abrasive Finishing. In: *International Journal of Surface Engineering & Materials Technology*, s. 50 – 54, ISSN 2249-7250.

### Abstract

**Article:** Application of Plackett-Burman and ANOVA: Screening Experiment – Magnetic Abrasive Finishing of Rotational Symmetrical Bodies

**Authors:** Jakub Mašek  
Josef Zicha

**Workplace:** CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Instrumentation and Control Engineering, Technická 4, 166 07 Prague 6, Czech Republic

**Keywords:** MAF, screening, Ishikawa diagram, Plackett-Burman, ANOVA

Article discusses application of Plackett-Burman experimental design and statistical tools (ANOVA, normal distribution chart and vector charts) for finding the effect of particular magnetic abrasive finishing process factors on resulting surface



roughness and optimal level combination of these. Regardless on feasibility all the magnetic abrasive finishing process factors were gathered using Ishikawa diagram (Fig. 1) with all the eventual links to other factors. Initial set of these factors was (with regard to polishing machine characteristics, technological requirements, feasibility and other conditions) reduced to finite set of 10 factors (coils amperage, working gap, polishing time, tool and workpiece rotations per minute, type of abrasive, magnetic:abrasive particles volume ratio, type of lubricant, size / fraction of magnetic and abrasive particles - marked A-J). Screening experiment was proceeded according to Plackett-Burman 12 treatment experimental design (Tab. 1) with particular assigned level values (Tab. 2). All workpieces were measured before and after polishing in order to obtain average initial ( $\bar{A}$ ), final ( $\bar{Y}$ ) and differential ( $\Delta Ra$ ) roughness values (Tab. 3). Statistical tools were used to define both particular effects and their statistical significance, and optimal level combination of each factor in given setup. Analysis of variance - ANOVA (Fig. 2), where Fisher test (value F) estimates effect of every factor and p-values are being compared to null hypothesis in order to confirm / reject factor statistical significance, confirmed none of the factors as statistical significant. Detected particular factor effect order can be found in Tab. 4. Normal distribution chart (Fig. 3) identified particular factor effect order and optimal level setting (Tab. 5). Vector charts (Fig. 4-13) identified numerical particular factor effects, their order and optimal level setting (Tab. 6). Results given by each tool matches. Optimal level setting was successfully checked by experimental verification treatment – resulting setting allowed acquirement of hitherto best final average surface roughness ( $\bar{Y}=0,847 \mu m Ra$ ) and biggest average stock removal ( $\Delta Ra = 700nm$ ).

---

Příspěvek č.: 201708

Paper number: 201708

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Zvyšování mechanických vlastností komerčně čistého titanu pomocí intenzivní plastické deformace a následného deformačního zpevnění

Jan Palán, Tomáš Kubina

COMTES FHT a.s., 334 41 Dobřany, Česká republika. E-mail: jan.palan@comtesfht.cz, tomas.kubina@comtesfht.cz

V rámci předložené práce bylo provedeno zpracování komerčně čistého Titanu Grade 2 pomocí technologií CONFORM SPD (CONFORM ECAP) a rotačního kování. V první fázi byl materiál tvářen postupně až třemi průchody na zařízení CONFORM SPD při teplotě 220°C, což vedlo k rapidnímu zjemnění výchozí struktury až na úroveň velikosti zrn 390 nm. Po třech průchodech došlo ke zvýšení meze pevnosti na hodnotu 623 MPa, bez významného snížení tažnosti materiálu. Po zpracování na zařízení CONFORM SPD byl materiál rotačně kován při pokojové teplotě. Rotační kování vedlo k rapidnímu zvýšení meze pevnosti až na úroveň 1070 MPa. Na rozdíl od zpracování pomocí zařízení CONFORM SPD došlo ke snížení tažnosti materiálu. Rotační kování rovněž vedlo k rapidnímu zvýšení dislokační hustoty a tedy k vyčerpávání plasticity materiálu.

**Klíčová slova:** ECAP, rotační kování, Titan, intenzivní plastická deformace, deformační zpevnění, ultra – jemnozrnná struktura.

### Poděkování

Tento článek byl vytvořen v rámci projektu *Rozvoj Západočeského materiálově metalurgického centra, reg. č. LO1412, financováno z MŠMT ČR.*

### Literatura

- [1] VALIEV, R., ISLAMGALIEVI, R. & ALEXANDROV I. (2000). Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation, *Progress in Materials Science*, č. 45, s. 1 - 5.
- [2] MISHRA, A., KAD, B., GREGORI, F. & MEYERS, M. (2007). Microstructural evolution in copper subjected to severe plastic deformation. *Acta Materialia*, č. 1, s. 13 - 28.
- [3] DUCHEK, M., KUBINA, T., HODEK, J. & DLOUHY, J. (2003). Development of the production of ultrafine-grained Titanium with the CONFORM equipment. *Materials and technology*, č. 4, s. 515-518.
- [4] RAAB, G. J., VALIEV, R. Z., LOWE, T. C. & ZHU, Y. T. (2004). Continuous processing of ultrafine grained Al by ECAP – Conform. *Materials Science and Engineering*, č. 382, s. 30 – 34.
- [5] KUBINA, T., DLOUHÝ, J., KÖVÉR, M. & HODEK, J. (2015). Preparation and thermal stability of ultra fine-grained commercially pure Titanium wire. *Materials and technology*, č. 2, s. 213 – 217.
- [6] KUBINA, T., PALAN, J., DLOUHY, J. (2016). Mechanické a mikrostrukturní vlastnosti rotačně kovaného drátu z čistého z čistého Titanu, *Kovárenství*, č. 57, s. 34 - 38.
- [7] ZEMKO, M. a další (2014). Technological aspects of preparation of nanostructured titanium wire using a CONFORM machine. *Materials Science and Engineering*, č. 63, s. 1 - 8.
- [8] HUMPREY, F., HARTLEY, J. (2014). Recrystallization and related annealing phenomena, *Elsevier*, Boston.
- [9] PALAN, J., TABOADA, J., KUBINA, T., MALECEK, J., HODEK, J. (2015). Continuous extrusion of commercially pure titanium GRADE. 4. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, č. 69, s. 33 – 37.
- [10] HAUSEROVÁ, D., DLOUHÝ, J., KOTOUS, J., Zjemnění struktury pružinové oceli 51CrV4 pomocí zrychlené sferoidizace karbidů (ASR), *Strojírenská technologie*, č. 2, s. 58 - 62.

### Abstract

**Article:** Increasing Mechanical Properties of Commercially Pure Titanium Using the Severe Plastic Deformation and Subsequent Work Hardening

**Authors:** Jan Palán  
Tomáš Kubina

**Workplace:** COMTES FHT a. s., Dobřany

**Keywords:** ECAP, rotary swaging, Titanium, severe plastic deformation, work hardening, ultrafine-grained structure.

The present investigation involved mechanical working of commercial-purity titanium Grade 2 by the CONFORM SPD method (CONFORM ECAP) and by rotary swaging. In the first stage, up to three passes through the CONFORM SPD machine were completed at 220 °C. This led to a dramatic microstructure refinement, with the final grain size down to 350 nm. Three passes provided an increase in ultimate strength to 623 MPa without any significant reduction in ductility. Following the CONFORM SPD process, the specimens were rotary-swaged at room temperature. Thanks to rotary swaging, the ultimate strength increased even further to 1070 MPa. Unlike the CONFORM SPD process, rotary swaging led to a decrease in ductility. In addition, rotary swaging caused a steep rise in dislocation density within the material, and therefore reduced its ability to undergo plastic deformation.

---

Příspěvek č.: 201709

Paper number: 201709

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Vliv křemíku na vývoj mikrostruktury ocelí při izotermické prodlevě v oblasti teplot bainitické transformace

Michal Pekovič, Štěpán Jeníček, Ivan Vorel, Josef Káňa, Kateřina Opatová  
Fakulta strojní – Regionální technologický institut, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň,  
Česká republika.  
E-mail: pekovicm@rti.zcu.cz, jeniceks@rti.zcu.cz, frost@rti.zcu.cz, jkana@rti.zcu.cz, opatovak@rti.zcu.cz

Během ochlazování austenitu mezi teplotami perlitické a martenzitické přeměny vzniká v závislosti na podmínkách zpracování struktura známá jako bainit. U běžných ocelí s nízkým obsahem křemíku je tvořena jehlicemi uhlíkem přesyceného bainitického feritu a nelamelárními karbidy. Tato transformace vykazuje známky polodifuzního charakteru. Jehlice feritu jsou tvořeny smykovými mechanismy a v materiálu probíhá pouze difuze uhlíku. V závislosti na teplotě transformace uhlík difunduje z feritu a tvoří karbidy na fázovém rozhraní bainitický ferit – austenit, nebo tvoří karbidy uvnitř jehlic bainitického feritu, přičemž tato transformace probíhá téměř do úplného rozpadu austenitické fáze. V případě vyššího obsahu křemíku je tvorba karbidů ve struktuře omezena. Uhlík difundující z jehlic bainitického feritu obohacuje okolní austenit, který může v závislosti na podmínkách izotermického zpracování zůstat ve struktuře zachován a nedochází k jeho rozpadu.

**Klíčová slova:** Bainitická transformace, vliv křemíku, izotermická transformace, horní bainit, dolní bainit.

### Poděkování

*Tento příspěvek vznikl v rámci projektu LO1502 Rozvoj Regionálního technologického institutu podpořeného programem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy na podporu výzkumu, experimentálního vývoje a inovací Národního programu udržitelnosti I („NPU I“).*

### Literatura

- [1] BHADESHIA, H., CHRISTIAN, J. (1990). Bainite in steels. *Metalurgical transactions A.*, č. 21A, s. 767-797
- [2] MAZANCOVÁ, E. (2012). *Technické materiály I*, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 150s
- [3] CABALLERO, F., BHADESHIA, H. (2004). Very strong bainite. *Current opinion in solid state and material science.*, s. 251-257.
- [4] CHANG, L. (1999). Bainite transformation temperatures in high-silicon steels. *Metallurgical and materials transaction A.*, č. 30A, s. 909-916
- [5] GARCIA-MATEO, C., CABALLERO, F., G., BHADESHIA, H. (2003). Development of hard bainite. *ISIJ International.*, č. 43, s. 1238-1243
- [6] KOŤEŠOVEC, V. (2016). Impact of quenching temperature and isothermal holding time during austempering on bainite content in high silicon steel. *4<sup>th</sup> International conference recent trends in structural materials.*, November 2016
- [7] VANDER VOORT, G. (2004). Metallography and microstructures. *ASM Handbook*. ASM International, č. 9
- [8] VOREL, I., JENÍČEK, Š., KÁŇA, J., IBRAHIM, K., KOTĚŠOVEC, V., (2016). Use of Optical and Electron Microscopy in Evaluating Optimization by Material-Technological Modelling of Manufacturing Processes Involving Cooling of Forgings, In: *Manufacturing Technology*, Volume 16, No.6, pp. 1383-1387, ISSN 1213-2489

### Abstract

**Article:** Effect of Silicon on Microstructural Evolution of Steels during Isothermal holding in Bainitic Transformation Temperatures.

**Authors:** Michal Pekovič  
Štěpán Jeníček  
Ivan Vorel  
Josef Káňa  
Kateřina Opatová

**Workplace:** Faculty of Mechanical Engineering – Regional technological institute, Univerzity of West Bohemia, Univerzitní 8, 306 14 Pilsen, Czech Republic

**Keywords:** Bainitic transformation, influence of silicon, isothermal transformation, upper bainite, lower bainite.

During cooling in the region between pearlitic and martensitic transformation temperatures, austenite transforms into a phase known as bainite. Bainite consists of needles of bainitic ferrite which are super-saturated with carbon, and non-lamellar carbides. Bainitic transformation has some semi-diffusional aspects. The ferrite needles form by the shear mechanism, whereas diffusion in the material only involves carbon atoms. Depending on the transformation temperature, carbon either migrates from ferrite and forms carbides at the bainitic ferrite-austenite interphase interface, or forms carbides within bainitic ferrite needles. The outcome of bainite transformation strongly depends on chemical composition of the material. One of the elements which can be used to alter the resulting structure is silicon. When the silicon content is low, bainite transformation continues until almost all austenite has decomposed. The resulting structure consists of needles of super-saturated bainitic ferrite and carbide precipitates. Depending on the transformation temperature, these precipitates are found either at the bainitic ferrite-austenite interphase interface, or within ferrite needles. At higher silicon levels, carbide formation is suppressed. Instead of forming carbides, the carbon atoms which migrate from the super-saturated needles of bainitic ferrite enrich the surrounding austenite. Depending on isothermal treatment conditions, the carbon-enriched austenite may remain stable in the microstructure.

The present research was carried out on two steels: 42CrMoS4 and 42SiCr. Their chemical compositions were nearly identical, except for silicon levels. In 42CrMoS4, the silicon content was 0.4 %, whereas in 42SiCr it was 2 %. Specimens of these two steels were cooled from the austenite region and held isothermally for a prescribed time in the bainite transformation region. The resulting microstructures were examined and compared using scanning electron microscopy. The effect of silicon on bainite transformation was described with reference to the results of these experiments.

---

Príspevek č.: 201710

Paper number: 201710

Copyright © 2017 Strojírenská technologie. Všechna práva vyhrazena.

Copyright © 2017 by Strojirenska technologie. All rights reserved.

---

## Vliv tepelného zpracování a metalurgických faktorů na tepelnou vodivost slévárenských Al - Si slitin

Jaroslava Svobodová

Fakulta výrobních technologií a managementu, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 400 01 Ústí nad Labem. Česká republika. E-mail: svobodova@fvvm.ujep.cz

Tepelná vodivost je definována jako schopnost materiálu přenášet teplo. V současné době by měla být tepelná vodivost odlitků vyrobených z hliníkových slitin větší než  $190 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , aby byla umožněna vysoká rychlost odvodu tepla a aby se předešlo selhání a poruchám během provozu. Kvůli požadavku na odvod tepla se zvyšují požadavky na slévárenské hliníkové slitiny. Existuje velké množství průmyslových aplikací odlitků z Al slitin, zahrnující konstrukce spalovacích motorů, elektronických zařízení a izolačních materiálů, kde vysoká tepelná vodivost má významnou výhodu. Například, účinnost motoru je částečně založena na odvodu tepla. Každý materiál je charakterizován vnitřní tepelnou a elektrickou vodivostí, což se zohledňuje během výběru optimálního materiálu. Vztah mezi elektrickou a tepelnou vodivostí materiálu v tuhém stavu byl stanoven Wiedemann-Franzovým zákonem. Tok tepelné energie ve slitinách je způsoben pohybem elektronů a kmitáním mřížky. Experimentálně bylo zjištěno, že tyto přenosové vlastnosti závisí nejen na složení materiálu, ale také na jeho mikrostruktuře. V oblasti materiálové vědy existuje potřeba získání hlubšího pochopení tohoto přenosového jevu. Hlavním cílem tohoto příspěvku je poskytnutí nejnovějších informací o vlivu tepelné a metalurgické úpravy na tepelnou vodivost odlévaných Al – Si slitin.

**Klíčová slova:** Slévárenské slitiny na bázi Al – Si, tepelné zpracování, tepelná vodivost, elektrická vodivost, Wiedemann-Franzův zákon, Lorenzova konstanta.

### Literatura

- [1] WOODCRAFT, A.L. (2005). Predicting the Thermal Conductivity of Aluminium Alloys in the Cryogenic to Room Temperature Range. *Cryogenic*, Vol. 45, No. 6, p. 421 – 431.
- [2] SMALLMAN, R. E. (1964). Moderní nauka o kovech, SNTL, Praha.
- [3] KAYA, H. (2012). Dependence of Electrical Resistivity on Temperature and Composition of Al-Cu Alloys. *Materials Research Innovations*, Vol. 16, No. 3, p. 224 – 229.
- [4] (2014) *Smithells Metals Reference Book*. Butterworth-Heinemann, Great Britain.
- [5] Georgia State University. (2016). *Thermal conductivity*. Dostupné na: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thercond.html>.
- [6] ZHAO, D. et al. (2016). Measurement Techniques for Thermal Conductivity and Interfacial Thermal Conductance of Bulk and Thin Film. *Research report*, Department of Mechanical Engineering, University of Colorado, USA, p. 1 – 64.
- [7] AKSÖZ, S. et al. (2010). Dependency of the Thermal on Electrical Conductivity on the Temperature and Composition of Cu in the Al Based Al-Cu Alloys. *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 34, p. 1507 – 1516.
- [8] GEORGE, L.D. et al. (2015). *Thermal and Electrical Transport Measuring in Wrought and Cast Aluminium Alloys*. Worcester Polytechnic Institute, April, p. 1 - 61.
- [9] YAN, W. et al. (2003). Effect of Grain Boundaries on Electrical Property of Copper Wires. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, Vol. 13, No. 5, p. 1075 – 1079.
- [10] RUEL, A.O. et al. (2002). Thermophysical Properties of A 201, A 319 and A 356 Aluminium Casting Alloys. *High Temperature – High Pressures*, Vol. 34, p. 401 – 409.
- [11] *Copper as Electrical Conductive Material with Above-standard Performance Properties*. Dostupné na: <http://conductivity-opp.org>, online [cit. 2017-01-22].
- [12] PITHAN, A.E.A. (2013). Modification of Aluminium Alloys for High Thermal Stress. *Casting Plant & Technology*, Vol. 1, p. 8 – 12.
- [13] RAUTA, V. (2015). *On the Effect of Heat and Metallurgical Treatment on the Thermal Conductivity of Cast Aluminium Alloys*. Aalto University, Helsinki, Finland, Doctoral dissertation.
- [14] GHANBARI, R. et al. (2011). The Wiedemann – Franz Law in a Normal Metal – superconductor Junction. *China Phys. B*, Vol. 20, No. 12, p. 127401-1 to 127401-6.
- [15] WOODCRAFT, A.L. (2005). Recommended Values for thermal Conductivity of Aluminium of Different Purities in the Cryogenic to Room Temperature Range, and a Comparison with Copper. *Cryogenic*, Vol. 45, No.4, p. 626 – 636.
- [16] KLOBČAR, D. et al. (2013). FSW of Aluminium Alloy AlSi12. *RMZ-M&G*, Vol. 60, p. 183 – 789.

- [17] TAGHADDOS, E. et al. (2009). Effect of Iron-intermetallics on the Fluidity of 413 Aluminium Alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 460, p. 539 – 545.
- [18] EN 39.051.764002. (2015). *How to Measure Thermal Conductivity of an Unknown Material*, July.
- [19] *Measuring Thermal Conductivity*. (2015). Dostupné na: <http://www.aavid.com>.
- [20] RUOHO M. et al. (2015). Measurement of Thin Film Thermal Conductivity Using the Laser Flash Method. *Nanotechnology*, Vol. 26, p. 163 -179.
- [21] EN 12667. (2001). *Thermal Performance of Building Materials and Products – Determination of Thermal Resistance by Means of Guarded Hot Plate and Hot Flow Meter Methods – Product of High and Medium Thermal Resistance*.
- [22] MILLER, R.A et al. (2009). *Methods for Measuring Thermal Conductivity of Small Samples Having Very Low Thermal Conductivity*. Glenn Research Center, Cleveland, Ohio, USA.
- [23] ZHU, J. et al. (2016). Black Phosphorus: Revealing the Origins of 3D Anisotropic Thermal Conductivities of Black Phosphorus. *Adv. Electron. Mater.* Vol. 5, n/a-n/a.
- [24] CINGL, C. et al. (2012). Effect of Heat Treatment on Thermal Conductivity of Aluminium Die Casting Alloys. *Advanced Materials Research*, 538 - 541 p. 2047 – 2052.
- [25] Daiki Aluminium Industry Co. (2016). *Highly Thermal Conductive Alloys for Die-casting Application*. Dostupné na: <http://www.dik-net.com>.
- [26] KIM, C.V., et al. (2013). The Effect of Alloying Elements on Thermal Conductivity of Aluminium Alloys in High Pressure Die Casting. *Advanced Materials Research*, Vol. 813, p. 175.
- [27] STADLER, F., et al. (2013). The Effect of Main Alloying Elements on Physical Properties of Al-Si Foundry Alloys, *Materials Science and Engineering A*, Vol. 560, p. 481 -491.

## Abstract

**Article:** Effect of Heat and Metallurgical Treatment on the Thermal Conductivity of Cast Al – Si Alloys

**Authors:** Jaroslava Svobodová

**Workplace:** Faculty of Production Technology and Management, J. E. Purkyně University in Ústí nad Labem, 400 01 Ústí nad Labem. Czech Republic.

**Keywords:** Cast alloys Al – Si based, heat treatment, thermal conductivity, electrical conductivity, Wiedemann-Franz's law, Lorenz's constant.

Thermal conductivity is an important property when high heat dissipation is a requirement during the use of the cast component. This article deals with the influence of heat and metallurgical treatment on the thermal conductivity of cast Al – Si alloys. Thermal conductivity is influenced by material composition and microstructure. In metals, thermal conductivity mainly depends on electron mean free path. Any lattice disturbance, such as phase boundaries, impurities, alloying elements, vacancies or dislocations will scatter electrons and decrease the thermal conductivity. Thermal conductivity  $\lambda$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ] is defined as the amount of heat, which passes through the dimension  $1 \times 1 \times 1$  m of body material and the surface area  $1 \text{ m}^2$  with a temperature gradient of 1 K and a length of 1 meter. It is a material constant, which depends on temperature and is determined experimentally. The table 1 shows some technical materials (aluminium alloys, Al, Cu and air) and its values of thermal conductivity. The determination of the thermal conductivity values of materials is very demanding both instrumentally and experimentally. The problem is the optimization of the sample, which is not particularly easy for casting alloys. The paper describes two methods of thermal conductivity measurement - the principle of impulse transition methods and the principle of laser method. The influence of structural and metallurgical factors on thermal conductivity is considerable. SDAS has a big influence and the thermal conductivity increases with SDAS (Fig. 9). A great influence on thermal conductivity has also the temperature (Fig. 11), the amount and morphology of Si (Fig. 12), heat treatment (Fig. 14) as well as the modification and refinement of the aluminium alloy (Fig. 15). The determination of the thermal conductivity for Al - Si cast alloys is in terms of equipment, experiment and economics very demanding. According to the literary source [20], the value  $\lambda$  can be calculated as we mentioned in the chapter 5.