

Vysoká škola polytechnická Jihlava



Inovace v aditivních technologiích

INAM 2023



Sborník abstraktů z konference

Inovace v aditivních technologiích – INAM 2023

Sborník abstraktů z konference

Editor:

Ing. Bc. Karel Dvořák, Ph.D.

Vydavatel:

Vysoká škola polytechnická Jihlava, Tolstého 1556/16, 586 01 Jihlava

Rok vydání:

2023

Pořadí vydání:

1. vydání

Technické zpracování a výroba:

Vysoká škola polytechnická Jihlava, Tolstého 1556/16, 586 01 Jihlava, IČ: 71226401

Za jazykovou správnost a obsah díla odpovídají autoři. Text neprošel jazykovou ani odbornou redakční úpravou.

ISBN 978-80-88064-66-4 (online; pdf)

© Autoři příspěvků, Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2023

Organizační a programový výbor konference

doc. Ing. Radek Kolman, Ph.D.

doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D.

Ing. Bc. Karel Dvořák, Ph.D.

Ing. Mgr. Lucie Zárybnická, Ph.D.

Mgr. Hana Vojáčková, Ph.D.

Michaela Machovcová

Vědecký výbor:

prof. Ing. Jan Džugan, Ph.D. - COMTES FHT, a.s.

Ing. Bc. Karel Dvořák, Ph.D. - Vysoká škola polytechnická Jihlava

Ing. Dušan Gabriel, Ph.D. - Ústav termomechaniky, AV ČR, v.v.i.

prof. Ing. Ondřej Jiroušek, Ph.D. - Fakulta dopravní, České Vysoké Učení Technické v Praze

prof. Ing. Radim Halama, Ph.D. - Fakulta strojní, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D. - Vysoká škola polytechnická Jihlava

doc. Ing. Radek Kolman, Ph.D. - Vysoká škola polytechnická Jihlava

doc. Ing. Daniel Koutný, Ph.D. - Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

Ing. Jiří Náprstek, DrSc. - Ústav teoretické a aplikované mechaniky, AV ČR, v.v.i.

prof. Ing. Miloslav Okrouhlík, CSc. - Ústav termomechaniky, AV ČR, v.v.i.

doc. Ing. Marek Pagáč, Ph.D. - Fakulta strojní, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Ing. Slavomír Parma, Ph.D. - Ústav termomechaniky, AV ČR, v.v.i.

prof. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D. - Fakulta strojní, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Ing. Jiří Šafka, Ph.D. - Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

doc. Ing. František Šebek, Ph.D. - Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

Ing. Mgr. Lucie Zárybnická, Ph.D. - Vysoká škola polytechnická Jihlava

doc. Ing. Petr Zlámal, Ph.D. - Fakulta dopravní, České Vysoké Učení Technické v Praze

Webové stránky konference: <https://konference.vspj.cz/konference/105/340>

Obsah

Úvod.....	6
PŘÍSTUPY K TVORBĚ TECHNICKÉ DOKUMENTACE 3D TIŠTĚNÝCH PRODUKTŮ	7
Karel Dvořák	7
ANALÝZA ADITIVNĚ VYROBENÝCH VZORKŮ POMOCÍ RENTGENOVÉ DIFRAKCE	9
Jiří Čapek ¹ , Karel Trojan ¹ , Nikolaj Ganev ¹ , Radim Halama ² , Kamil Kolařík ¹ , Jiří Hajnýš ³	9
NÍZKOCYKLOVÁ ÚNAVA VZORKŮ VYROBENÝCH ZE SLITINY ALSI10MG POMOCÍ SLM TECHNOLOGIE	11
Radim Halama ¹ , Javad Rahimi ¹ , Ajay Vignesh Natarajan ¹ , Fatih Sari ¹ , Jakub Měsíček ²	11
VYUŽITÍ STEREOLITOGRAFIE PRO VÝROBU POKROČILÝCH PORÉZNÍCH METAMATERIÁLŮ	13
Veronika Drechslerová ¹ , Michaela Neuhäuserová ¹ , Jan Falta ¹ , Jan Šleichrt ¹ , Radim Dvořák ¹	13
METODA LOKALIZOVANÝCH LAGRANGEOVÝCH MULTIPLIKÁTORŮ PRO VÝPOČET KOMPOZITNÍCH 3D TIŠTĚNÝCH VZORKŮ METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ	14
Radim Dvořák ¹ , J. A. González ³ , Radek Kolman ² , Ondřej Jiroušek ¹	14
EXPERIMENTÁLNÍ METODY A MODEL Y SE ZAHRNUTÍM ANISOTROPIE V PLASTICITĚ KOVŮ	16
Slavomír Parma, Jiří Svárovský, René Marek	16
INOVACE V NÁSTROJAŘSKÉ PRAXI DÍKY VYUŽITÍ ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ	17
Ing. Martin Gášek ¹ , Ing. Pavel Gruber, Ph.D. ¹ , Ing. Ondřej Kurkin, Ph.D. ¹ , Ing. Pavel Svoboda ²	17
VLIV TOPOLOGIE TISKU NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI ADITIVNĚ VYROBENÝCH DÍLŮ	18
Jana Dvořáková ^{1, 2}	18

Úvod

Vážení příznivci aditivních technologií,

hlavním cílem prvního ročníku konference Inovace v aditivních technologiích - INAM 2023 je setkání zástupců průmyslové, výzkumné a vzdělávací sféry ke sdílení zkušeností a poznatků na poli progresivně se rozvíjejícího technologického směru - Aditivních technologií. Konference se pořádá na půdě Vysoké školy polytechnické v Jihlavě dne 22. 3. 2023.

Konference INAM 2023 se věnuje inovacím v oblasti aditivních technologiích, 3D tisku kovových, plastových, kompozitních materiálů, betonu a dalších. Konference si klade za cíl propojení akademické sféry s aplikačními a průmyslovými partnery. Předložený sborník zahrnuje anotace témat představených formou prezentací na konferenci INAM 2023 a je určitým náhledem oblastí zájmu uvedených technologií a aktuálního stavu poznání v České republice. Současně může být inspirací pro hledání dalších souvisejících témat.

Aditivní technologie se stávají standardní součástí portfolia výrobních procesů průmyslových podniků, což přináší i nutnost současného vzniku výzkumných linií v oblasti přípravy materiálů, technologií výroby a testování vlastností vyrobených produktů. Efektivita aplikačního nasazení 3D tištěných výrobků v prototypové i sériové výrobě může být zvyšována právě prostřednictvím setkávání zástupců s možnostmi propojení výzkumného a průmyslového prostředí. Aditivní technologie jsou zatím stále považovány za nekonvenční technologie v porovnání s tradičními výrobními technologiemi. Vícerozměrnost faktorů ovlivňujících aplikační nasazení ve výrobě, a tím dojde k vytvoření široké nabídky výzkumných úloh zaměřených na dlouhodobé testování reálných výrobků, stanovování výhod aditivních technologií a hledání cest k eliminaci jejich nedostatků.

Aby byla na poli propojení výzkumné a průmyslové sféry zajištěna kontinuita, je cílem organizátorů pokračovat v dalších ročnících této konference. Konference INAM 2023 je organizována pod záštitou České společnosti pro mechaniku a České technologické platformy pro aditivní výrobu.

Za organizační a programový výbor konference:

Karel Dvořák

PŘÍSTUPY K TVORBĚ TECHNICKÉ DOKUMENTACE 3D TIŠTĚNÝCH PRODUKTŮ

Approaches to creating technical documentation of 3D printed products

Karel Dvořák

*Vysoká škola polytechnická Jihlava; Laboratoř experimentálních měření; Tolstého 16, Jihlava,
586 01, CZE; karel.dvorak@vspj.cz*

Abstrakt:

Aditivní technologie se stávají výrobním standardem v průmyslové výrobě. Výhodou je rychlá příprava výrobní technologie, akceptovatelné mechanické charakteristiky [Dvořák et al, 2021] a vyrobitelnost složitěho tvaru ploch [Dvořák, 2017]. Uvedená hlediska umožňují aplikování 3D tiskových produktů pro funkční strojní součásti. Součástí životního cyklu výrobku je kromě vývoje také příprava výrobní technologie ve formě 3D modelu a případně výrobního technického výkresu [Dvořák & Dvořáková, 2018]. Postupy technické přípravy výroby pro součásti vyrobené konvenčními technologiemi vychází ze známých, obvykle tabelovaných charakteristik aplikovaných postupů CNC obrábění, odlévání a tváření [Dvořák & Zárbynická, 2018]. Jde zejména o možnosti dosažení příslušných tvarů volných ploch a příslušné rozměrové a geometrické tolerance [Dvořák et al, 2019]. Příspěvek je zaměřený na přístupy k tvorbě technické dokumentace s využitím 3D modelu k dosažení požadovaných funkčních charakteristik výrobku.

Klíčová slova:

3D model, Technický výkres, Geometrická tolerance, Postprocessing

Literatura a informační zdroje:

Dvořák, K., Dvořáková, J., Zárbynická, L., & Horák, Z. (2021). Influence of 3D Printing Topology by DMLS Method on Crack Propagation. *Materials*, 14(23), 7483. doi: 10.3390/ma14237483

Dvořák, K., Zárbynická, L., & Dvořáková, J. (2019). Quality Parameters of 3D Print Products by the DMLS Method. *Manufacturing Technology*, 19(2), 209-215. doi: 10.21062/ujep/271.2019/a/1213-2489/MT/19/2/209

Dvořák, K., & Dvořáková, J. (2018). Přístupy k přípravě dat pro 3D tisk. *LOGOS POLYTECHNIKOS*, 2018(4), 4-15.

Dvořák, K., & Zárybnická, L. (2018). Influence of the 3D Model and Technological Parameters on the Mechanical Properties of Fused Deposition Modeling 3D Products. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research.*, 7(4), 415-421. doi: 10.18178/ijmerr.7.4.415-421

Dvořák, K. (2017). 3D model preparing for rapid prototyping by FDM method. In 8th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, ICMAE 2017 (25-29). Prague: IEEE. doi: 10.1109/ICMAE.2017.8038611

ANALÝZA ADITIVNĚ VYROBENÝCH VZORKŮ POMOCÍ RENTGENOVÉ DIFRAKCE

ANALYSIS OF ADDITIVELY MANUFACTURED SAMPLES USING
X-RAY DIFFRACTION

***Jiří Čapek¹, Karel Trojan¹, Nikolaj Ganev¹, Radim Halama², Kamil Kolařík¹,
Jiří Hajnýš³***

*¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská; Katedra inženýrství pevných látek; Trojanova 13, Praha 2, 120 00, Česká republika;
jiri.capek@jfifi.cvut.cz, karel.trojan@jfifi.cvut.cz, nikolaj.ganev@jfifi.cvut.cz,
kamil.kolarik@jfifi.cvut.cz*

*²Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní; Katedra aplikované mechaniky; 17. listopadu 2172/15, Ostrava - Poruba, 708 00, Česká republika;
radim.halama@vsb.cz*

³Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní; Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie; 17. listopadu 2172/15, Ostrava - Poruba, 708 00, Česká republika; jiri.hajnyš@vsb.cz

Abstrakt:

Příspěvek se zabývá studiem aditivně vyrobených vzorků ze slitiny AlSi10Mg pomocí rentgenové difrakce. Byl sledován vliv orientace vzorku při 3D tisku metodou Selective Laser Melting (SLM) na hodnoty makroskopických zbytkových napětí (ZN) a fázového složení a jejich případných nehomogenit po obvodu válcového vzorku.

Fázovou analýzou byla krom majoritních fází (tuhé roztoky Al a Si) identifikována i intermetalická fáze Mg₂Si. V povrchové vrstvě všech vzorků byla zjištěna tahová ZN. V případě vzorku tištěného kolmo k podložce byly pozorovány nehomogenity ZN po obvodu dířku, kdy rozdíl maxima a minima hodnot dosahoval až 50 MPa. Tyto efekty mohou souviset se směrem kladení vrstev vzhledem k ose vzorku. Nehomogenity tvoří tzv. mikrostrukturní vruby neboli slabá místa náchylná k tvorbě únavových trhlin, což má zásadní vliv na únavovou životnost zkoumaných těles [Měsíček 2022].

Klíčová slova:

Aditivní výroba, AlSi10Mg, Zbytková napětí, Fázová analýza

Poděkování:

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS22/183/OHK4/3T/14, projektem CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000778 "Center for advanced applied science" v rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělání, který je kontrolován Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky a Grantovou agenturou České republiky z projektu č. 23-04724S.

Literatura a informační zdroje:

Měsíček, J., Čegan, T., Ma, Q. P., Halama, R., Skotnicová, K., Hajnyš, J., Juřica, J., Krpec, P. & Pagáč, M. (2022). Effect of artificial aging on the strength, hardness, and residual stress of SLM AlSi10Mg parts prepared from the recycled powder. *Materials Science and Engineering: A*, 855, 143900.

NÍZKOCYKLOVÁ ÚNAVA VZORKŮ VYROBENÝCH ZE SLITINY ALSI10MG POMOCÍ SLM TECHNOLOGIE

LOW-CYCLE FATIGUE OF SPECIMENS MADE OF ALSI10MG ALLOY USING SLM
TECHNOLOGY

***Radim Halama¹, Javad Rahimi¹, Ajay Vignesh Natarajan¹, Fatih Sari¹, Jakub
Měsíček²***

*¹Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní; Katedra aplikované
mechaniky; 17. listopadu 2172/15, Ostrava - Poruba, 708 00, Česká republika;
radim.halama@vsb.cz, javadrahimi421@gmail.com, ajay.vignesh.natarajan@vsb.cz,
fatih.sari.st@vsb.cz*

*²Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní; Katedra obrábění,
montáže a strojírenské metrologie; 17. listopadu 2172/15, Ostrava - Poruba, 708 00, Česká
republika; jakub.mesicek@vsb.cz*

Abstrakt:

Článek popisuje výsledky experimentálního výzkumu hliníkové slitiny AlSi10Mg vyrobené technologií SLM [Měsíček et al 2022] za účelem vyhodnocení chování materiálu v nízkocyklové únavě. Všechny testy byly provedeny při pokojové teplotě na hydraulickém zkušebním stroji LabControl 100kN/1000Nm na Fakultě strojní VŠB-Technické univerzity Ostrava. Jednoosé únavové zkoušky řízené deformačně byly užity k nalezení vhodného energetického únavového kritéria [Rahimi 2022]. Cílem studie bylo také zjistit napětově-deformační chování zkoumaného materiálu při nesymetrickém silově řízeném cyklu, kdy vzniká ve vzorku akumulace plastické deformace, tzv. cyklické tečení (ratcheting). Vybrané zkoušky nízkocyklové únavy jsou použity pro simulace metodou konečných prvků. Pro popis napětově-deformačního chování je použito kinematické pravidlo Chaboche v kombinaci s nelineárním izotropním zpevněním, neboť materiál vykazuje významné cyklické zpevňování.

Klíčová slova:

AlSi10Mg, SLM, Cyclic plasticity, LCF, Uniaxial loading, Ratcheting

Poděkování:

Tato práce byla podpořena projektem Inovativní a aditivní technologie výroby – nová technologická řešení 3D tisku kovů a kompozitních materiálů č. CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008407 v rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělání, který je kontrolován Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky a grantem Mechanické a strukturní vlastnosti 3D tištěné slitiny AlSi10Mg v závislosti na míře recyklace prášku č. 23-05338S podpořeným Grantovou agenturou České republiky.

Literatura a informační zdroje:

Měsíček, J., Čegan, T., Ma, Q. P., Halama, R., Skotnicová, K., Hajnyš, J., Juřica, J., Krpec, P. & Pagáč, M. (2022). Effect of artificial aging on the strength, hardness, and residual stress of SLM AlSi10Mg parts prepared from the recycled powder. *Materials Science and Engineering: A*, 855, 143900.

Rahimi, J. (2022). Low-Cycle Fatigue Properties of AlSi10Mg Alloy Manufactured by SLM Technology [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Diplomová práce. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/148268>

VYUŽITÍ STEREOLITOGRAFIE PRO VÝROBU POKROČILÝCH PORÉZNÍCH METAMATERIÁLŮ

Stereolithography for manufacturing of advanced cellular metamaterials

**Veronika Drechslerová¹, Michaela Neuhäuserová¹, Jan Falta¹, Jan Šleichrt¹,
Radim Dvořák¹**

¹*České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Katedra mechaniky a materiálů; Na
Florenci 25, Praha 1, 110 00, Česká republika; drechver@fd.cvut.cz*

Abstrakt:

Příspěvek je zaměřený na vhodnost využití stereolitografie (SLA) pro výrobu porézních struktur s potenciálem vysoké absorpce energie nárazu. SLA je technologií aditivní výroby využívající principu vytvrzování tekutých pryskyřic pomocí záření určité vlnové délky [I. Romero-Ocaña, S.I. Molina 2022]. Pro posouzení vlivu použitého materiálu na výsledné mechanické vlastnosti byly sady testovacích vzorků vyrobeny ze tří různých pryskyřic a následně vystaveny kvazi - statickým jednoosým tahovým a tlakovým zkouškám. Z naměřených dat byly vytvořeny diagramy napětí - deformace a spočítány základní materiálové vlastnosti. Na základě získaných poznatků bylo optimalizováno nastavení parametrů výrobního procesu pro zajištění požadované kvality tisku, odezvy 3D tištěných vzorků na zatěžování v závislosti na volbě použité pryskyřice a zhodnocena celková vhodnost metody SLA pro výrobu pokročilých celulárních struktur.

Klíčová slova:

Stereolitografie, Porézní materiály, Aditivní výroba, Materiálové vlastnosti

Poděkování:

Činnost byla realizována za podpory grantu č. 22-18033M Grantové agentury ČR a za podpory grantu č. SGS22/196/OHK2/3T/16 ČVUT v Praze.

Literatura a informační zdroje:

I. Romero-Ocaña, S. I. Molina (2022). Cork photocurable resin composite for stereolithography (SLA): Influence of cork particle size on mechanical and thermal properties. Additive Manufacturing. DOI:10.1016/j.addma.2021.102586

METODA LOKALIZOVANÝCH LAGRANGEOVÝCH MULTIPLIKÁTORŮ PRO VÝPOČET KOMPOZITNÍCH 3D TIŠTĚNÝCH VZORKŮ METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ

THE LOCALIZED LAGRANGE MULTIPLIERS METHOD FOR FINITE ELEMENT ANALYSIS
OF 3D PRINTED COMPOSITE SPECIMENS

Radim Dvořák¹, J. A. González³, Radek Kolman², Ondřej Jiroušek¹

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav mechaniky a materiálů; Na Florenci 25, Praha 1, 110 00, Česká republika; {dvorara9,jirouond}@fd.cvut.cz

²Ústav termomechaniky Akademie věd ČR v.v.i.; Dolejškova 1402/5, Praha 8, 182 00, Česká republika; {radimd,kolman}@it.cas.cz

³Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n, Seville E-41092, Spain; japerez@us.es

Abstrakt:

V rámci příspěvku je představena metoda doménové dekompozice konečně-prvkového modelu pomocí Lokalizovaných Lagrangeových multiplikátorů (LLM) [Park2000, Park 2001, Park 2002]. Dekompozice LLM je oproti běžné Mortar metodě typická existencí rozhraní, které je popsáno dalšími stupni volnosti – v úloze statiky posuvy, v úloze dynamiky navíc rychlostí a zrychlením. Na tomto rozhraní je vynuceno splnění kinematické kontinuity a silová rovnováha lokalizovaných polí multiplikátorů jednotlivých subdomén. Je ukázána vhodnost LLM pro paralelní výpočty a samotnou implementaci. Dále je nastíněna aplikace metody na problém 3D tištěného vláknového kompozitního vzorku. Matrice je popsána 3D konečnými prvky, kdežto pro popis vláken jsou použity 1D prvky. Je popsán proces dekompozice modelu na 3D matici a 1D vlákna a jejich vzájemné propojení rovnicí kinematické kontinuity a rovnicí rovnováhy polí lokalizovaných multiplikátorů.

Klíčová slova:

Lokalizované Lagrangeovy multiplikátory, Metoda konečných prvků, Doménová dekompozice, Kompozitní materiály

Poděkování:

Činnost R.D. a R.K. byla podpořena z projektu č.. 22-00863K Grantové agentury ČR a v rámci ústavní podpory RVO:61388998. Činnost R.D. byla dále podpořena institucí ČVUT v Praze, v rámci grantu č. SGS22/196/OHK2/3T/16. R.K. a R.R. se na výsledcích též podíleli za podpory Česko-Estonského mobilitního projektu EstAV-21-02.

Literatura a informační zdroje:

[Park 2000]] K. C. Park, C. A. Felippa, A variational principle for the formulation of partitioned structural systems, International Journal for Numerical Methods in Engineering 47 (2000) 395–418.

[Park 2001] K. C. Park, C. Felippa, G. Rebel, Interfacing nonmatching fem meshes: the zero moment rule, Trends in Computational Structural Mechanics (01 2001).

[Park 2002] K. C. Park, C. Felippa, G. Rebel, A simple algorithm for localized construction of non-matching structural interfaces, International Journal for Numerical Methods in Engineering 53 (2002) 2117 – 2142. doi:10.1002/nme.374.125

EXPERIMENTÁLNÍ METODY A MODEL Y SE ZAHRNUTÍM ANISOTROPIE V PLASTICITĚ KOVŮ

EXPERIMENTAL METHODS AND MODELS TO CAPTURE ANISOTROPY IN METAL PLASTICITY

Slavomír Parma, Jiří Svárovský, René Marek

*Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.; Dolejškova 1402/5,
182 00 Praha, Česká republika; {parma,svarojir,marek}@it.cas.cz*

Abstrakt:

Kinematické a směrové deformační zpevnění reprezentují anisotropní plastické chování materiálu. Tento příspěvek je zaměřen na experimentální analýzu a modelování obou zmíněných jevů a sestává ze tří částí. V první části je podán přehled o experimentálních metodách, které umožňují analyzovat oba zmíněné mechanismy deformačního zpevnění. Metody jsou přehledně shrnuty v publikaci [Marek et al. 2022] a jsou vhodné jak pro tvářené, tak pro 3D tištěné kovové materiály. Druhá část je věnována vlastní experimentální metodice vyvinuté v laboratoři autorů. Je prezentován návrh experimentů a obecná data deformačního zpevnění materiálu SS304L. Poslední část příspěvku je věnována modelování a implementaci modelů. Je uveden přehled modelů zpevnění, zejména pak modelů směrového zpevnění. Je uveden přehled metod numerické integrace konstitutivních rovnic elasto-plasticity se zaměřením na metody využívající explicitní diskretizaci.

Klíčová slova:

Plasticita kovů, Deformační zpevnění, Směrové zpevnění, Numerická implementace

Poděkování:

Tento příspěvek byl podpořen GA ČR, grant číslo 23-05338S.

Literatura a informační zdroje:

Marek, R., Parma, S., and Feigenbaum, H. P. (2022). Distortional hardening cyclic plasticity—Experiments and modeling. In Jahed, H. and Roostaei, A.A., (eds.), *Cyclic Plasticity of Metals: Modeling Fundamentals and Applications*, Elsevier, 175–225.

INOVACE V NÁSTROJAŘSKÉ PRAXI DÍKY VYUŽITÍ ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ

INNOVATION OF TOOLING THROUGH ADDITIVE MANUFACTURING IMPLEMENTATION

Ing. Martin Gášek¹, Ing. Pavel Gruber, Ph.D.¹, Ing. Ondřej Kurkin, Ph.D.¹, Ing. Pavel Svoboda²

¹CARDAM s.r.o.; Pražská 636, Dolní Břežany, 252 51, Česká republika; info@cardam-solution.cz

²BENEŠ a LÁT a.s.; Tovární 463, Poříčany, 289 14, Česká republika; info@benesalat.cz

Abstrakt:

Jednou z mnoha oblastí, které byly pozitivně ovlivněny rozvojem aditivních technologií, je výroba nástrojů pro různá odvětví průmyslu. CARDAM s.r.o., společně se slévárnami BENEŠ a LÁT a.s., se již několik let věnují vývoji slévárenských forem s aplikací kovového 3D tisku, a to především se snahou optimalizovat tepelnou výměnu mezi nástrojem a odlitkem, či vstřikovaným plastovým dílem. Příspěvek se zabývá konkrétními příklady využití konformního chlazení a pokročilých struktur v teplosměnných aplikacích. Je popsán unikátní přístup generování geometrie struktur s přímou vazbou na rozložení teplotního pole komplexního systému (tepelného výměníku či slévárenské formy). Dalšími výhodami je dosaženo využitím přístupu topologické optimalizace, který je ve vlastním algoritmickém řešení CARDAM Simul propojen s vytvářením struktur a umožňuje tak tvorbu systémů v mnoha oblastech průmyslu, vyznačujících se úsporou hmotnosti a materiálu, optimálním přenosem tepla apod.

Klíčová slova:

Konformní chlazení, Strukturované chlazení, Topologická optimalizace, CARDAM Simul

VLIV TOPOLOGIE TISKU NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI ADITIVNĚ VYROBENÝCH DÍLŮ

INFLUENCE OF PRINTING TOPOLOGY ON MECHANICAL PROPERTIES OF ADDITIVE
MANUFACTURED PARTS

Jana Dvořáková^{1, 2}

¹*Vysoká škola polytechnická Jihlava; Katedra technických studií; Tolstého 16, Jihlava, 586 01,
ČR; jana.dvorakova@vspj.cz*

²*Mendelova univerzita; Ústav techniky a automobilové dopravy; Zemědělská 1665/1, Brno,
613 00, ČR, xdvora15@node.mendelu.cz*

Abstrakt:

Aditivní technologie umožňují ovlivnit vnitřní strukturu součástí přímo při tisku jednotlivých dílů, a to nejen volbou materiálu, např. zpevněných kompozitů či jiných nových materiálů, ale i u tradičních 3D tiskových materiálů, jako je akrylonitrilbutadienstyren (ABS), kyselina polymléčná (PLA) či kovová slitina na bázi hliníku AlSi10Mg volbou topologie tisku. Volbou organizace vnitřní struktury součástí dojde k ovlivnění mechanických vlastností v předpokládaných směrech namáhání dílu. Toho lze s výhodou využít při konstrukci složitějších součástí, jejichž jednotlivé části jsou různě namáhány. Pro umožnění této optimalizace je klíčové zjistit mechanické vlastnosti vzorků připravených při různých tiskových topologiích a jejich testování při různých typech namáhání včetně kombinovaných namáhání. Jde o aktuální téma, kterému se věnuje řada pracovišť a cílem tohoto příspěvku je představit tuto problematiku v kontextu probíhajícího výzkumu na VŠPJ [Dvořák a kol. 2021, Dvořák & Dvořáková 2021].

Klíčová slova:

Aditivní technologie, AlSi10Mg, PLA, ABS, Tisková topologie, Mechanické vlastnosti

Literatura a informační zdroje:

Dvořák, K., Dvořáková, J., Zárybnická, L., & Horák, Z. (2021). Influence of 3D Printing Topology by DMLS Method on Crack Propagation. *Materials*, 14(23), 7483. doi: 10.3390/ma14237483

Dvořák, K., & Dvořáková, J. (2021). Topological Optimization of a Component Made by the FDM Method. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 10(2), 6-71. doi: 10.18178/ijmerr.10.2.67-71