

Research and education activities at IMID

Radek Vrána

Department of machine design
Faculty of Mechanical Engineering
Brno University of Technology

Brno, 18.04.2018



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

Content

- Introduction
- Ph.D. research activities
- Other research activities
- Educational activities
- Contractual research
- Others



Zařízení SLM280HL

Introduction

RIAT

David Paloušek



Josef Nevrlý



Jan Brandejs



Daniel Koutný



Aneta Zatočilová



David Škaroupka



Tomáš Koutecký



Radek Vrána

Jakub Hurník

Martin Krčma

Arnošt Vespalec

Jan Suchý

Malý Martin

Ondra Vaverka

Research activities

Doctoral Thesis

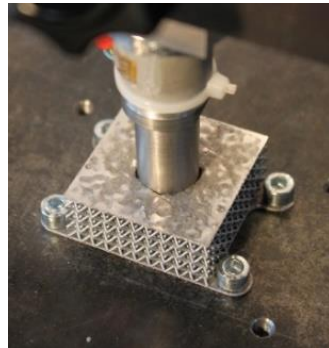
- Lattice structures made by SLM
- **Static loading – Diploma thesis**
- **Dynamic loading – Doctoral thesis**



Prediction of lattice structure mechanical properties

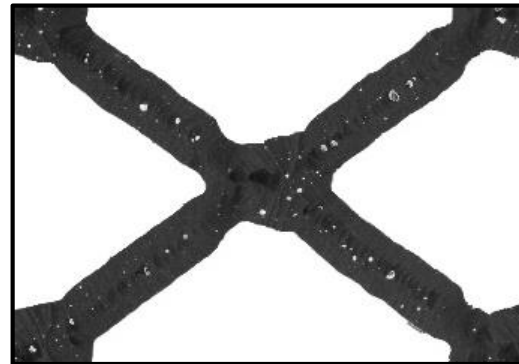
1) Experimental device

- Energy absorption mechanism



2) Reserch of SLM process parameters

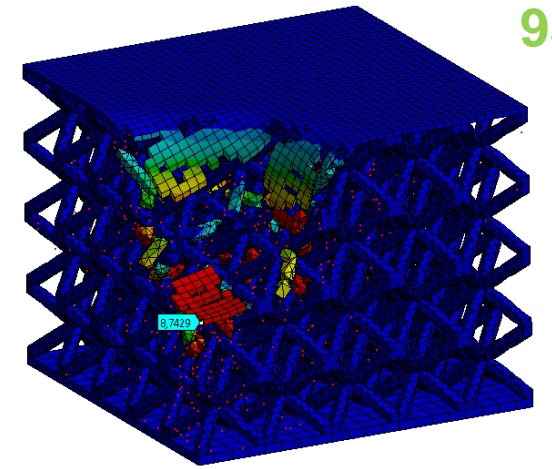
- Material without porosity and low roughness



90%

3) FEA of lattice structure

- Low velocity impact and compression test

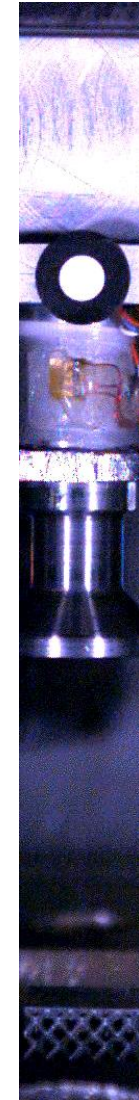
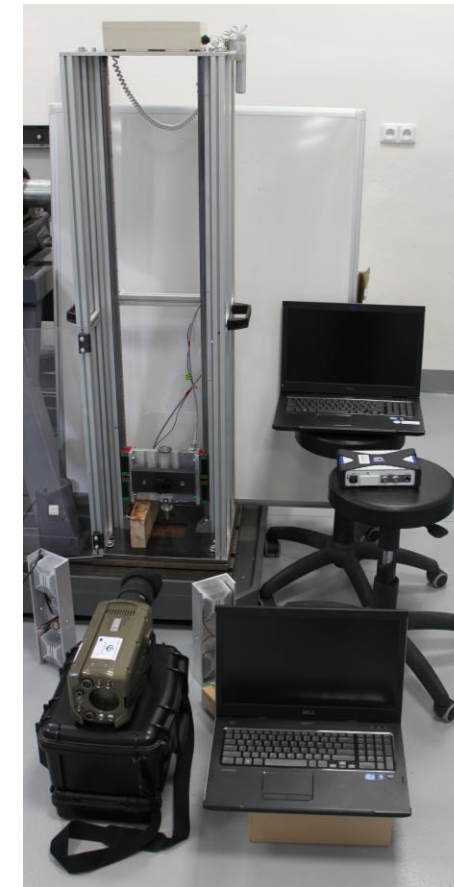
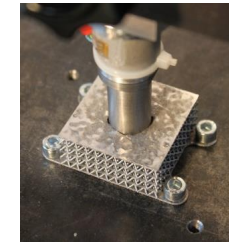
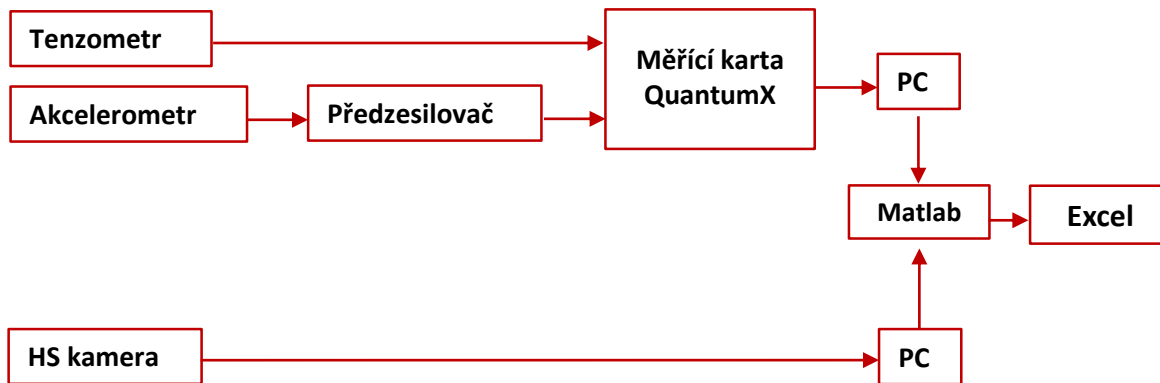


95%

Research activities

1) Experimental device – Imapktor 2.2

- Drop down device – change of potential to kinetic energy
- Impact energy 50J
- Measurement of **Force (Strain gauge), Deformation (HS camera) acceleration (accelerometer)**



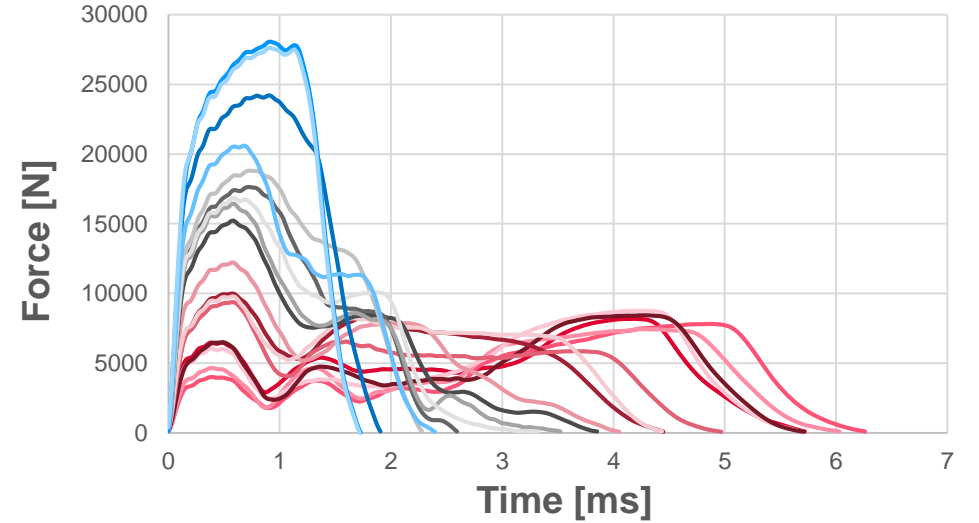
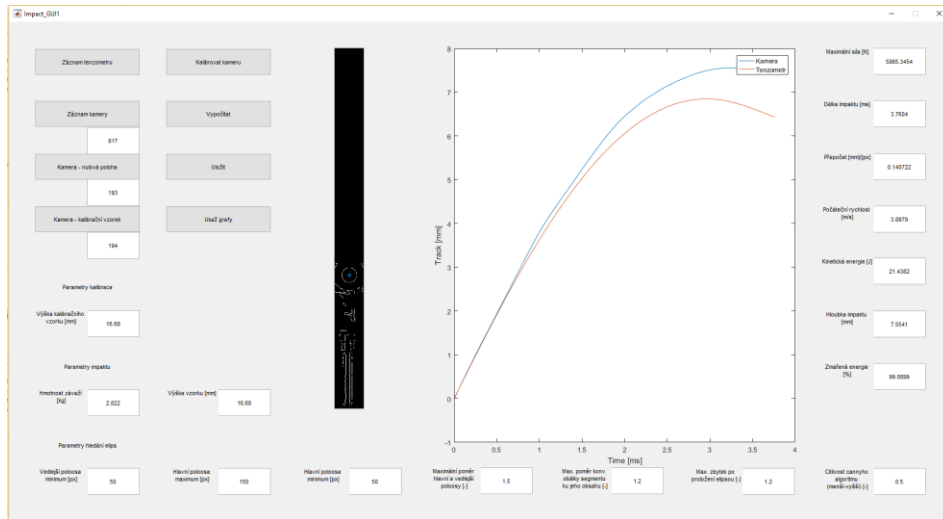
Research activities

1) Experimental device – Imapktor 2.2

- Semi-automatic evaluation in Matlab
- Evaluation of – Initial velocity, absorbed energy, **Impact time, impact depth, force**



Input information for FEA, validation of the prediction



Čas [ms]	Síla [N]	Poloha [m]	Rychlost [m/s]	Zrychlení [m/s²]	Název vzorku	Hmotnost [kg]	Počáteční rychlost [m/s]	Kinetická energie [J]	Relativní zrychlení [g]	Maximální síla [N]	Průměrná síla [N]	Délka imp. [ms]	Hloubka impaktu [mm]
0	108,1738	0,014302	3,198723	14,9618	I-0,6-1.xlsx	7,23	3,1554	35,9926	99,9736	8031,291	5375,335	5,3021	7,7961
0,010417	163,4675	0,047575	3,197337	22,60962									
0,020833	218,0489	0,080847	3,19572	30,15891									
0,03125	271,363	0,113894	3,194057	37,53292									
0,041667	324,5946	0,146941	3,192843	44,89552									
0,052083	378,952	0,180242	3,191962	52,41383									
0,0625	436,6278	0,213543	3,191435	60,39112									
0,072917	499,418	0,246799	3,191066	69,07579									
0,083333	563,4907	0,280055	3,190543	77,93786									
0,09375	626,08	0,313384	3,189798	86,59475									
0,104167	684,6421	0,346713	3,188717	94,69463									
0,114583	737,9119	0,379878	3,187471	102,0625									
0,125	788,0998	0,413042	3,185733	109,0041									
0,135417	837,8904	0,446151	3,183569	115,8908									
0,145833	893,4667	0,479259	3,181437	123,5777									
0,15625	957,4484	0,512371	3,179425	132,4272									
0,166667	1030,735	0,545482	3,177866	142,5637									
0,177083	1113,841	0,578744	3,176232	154,0582									
0,1875	1199,181	0,612007	3,174371	165,8618									

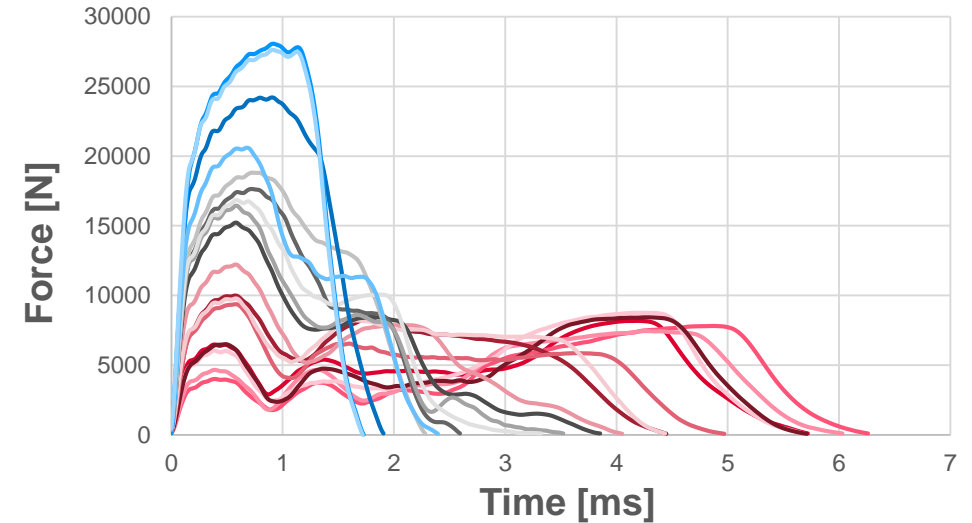
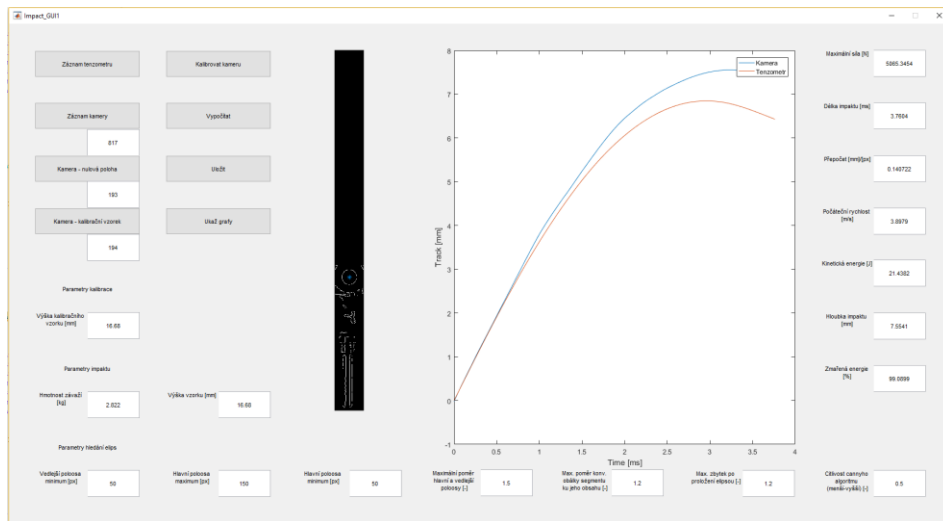
Research activities

1) Experimental device – Imapktor 2.2

- Semi-automatic evaluation in Matlab
- Evaluation of – Initial velocity, absorbed energy, **Impact time, impact depth, force**

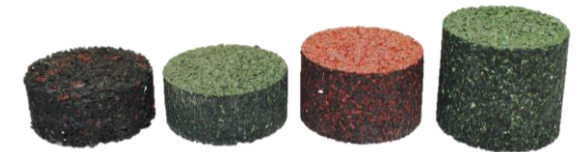


Input information for FEA, validation of the prediction



Cooperation with UNOB – doc. Manas

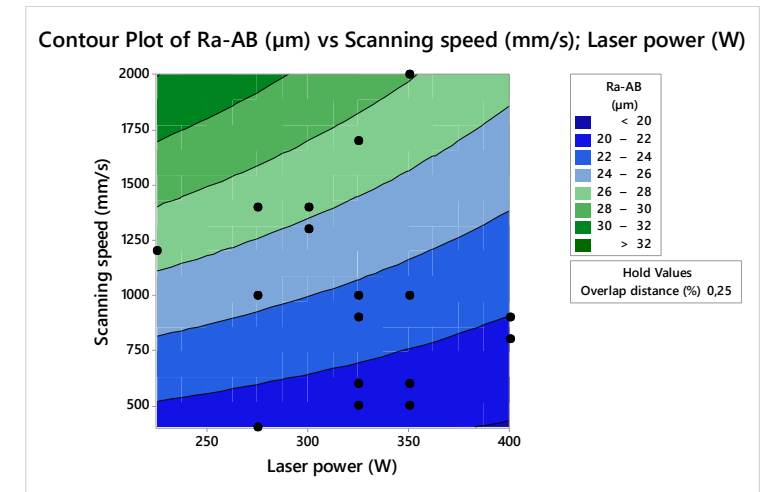
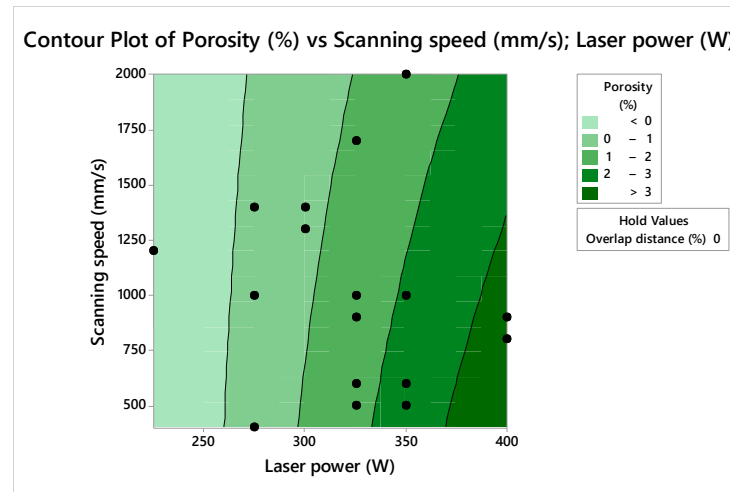
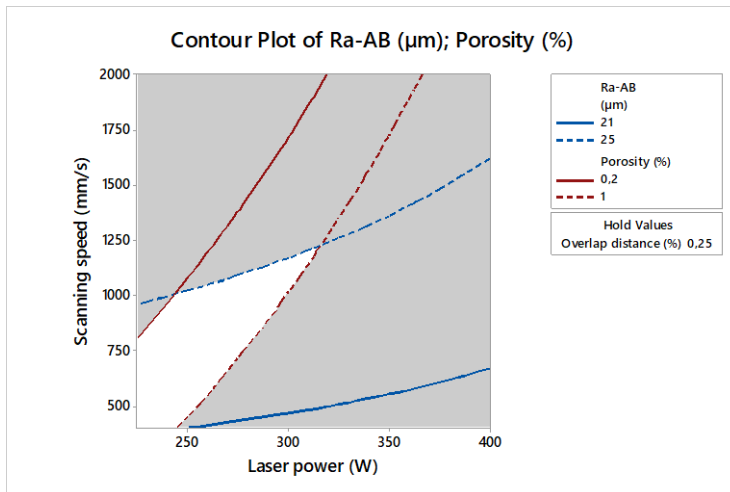
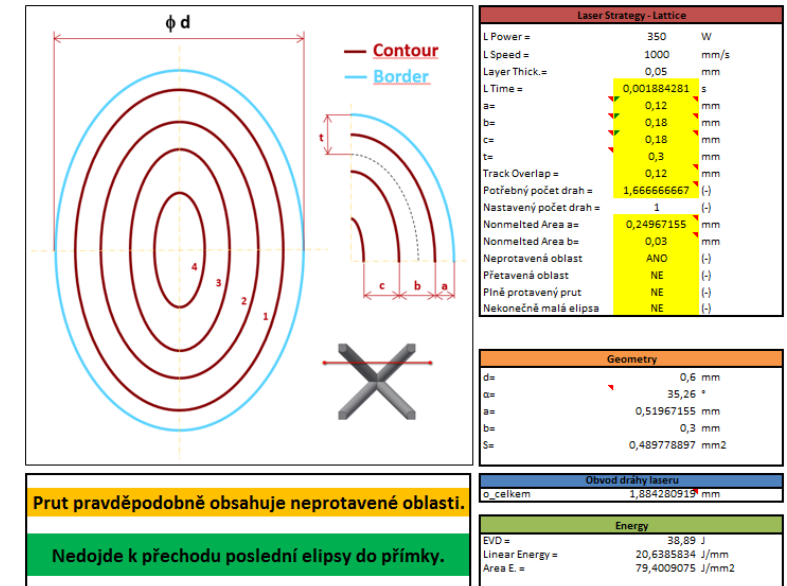
- Development of recycled rubber material model for FEA analysis
- Article in Scopus



Research activities

2) Process parameters for Lattice structure

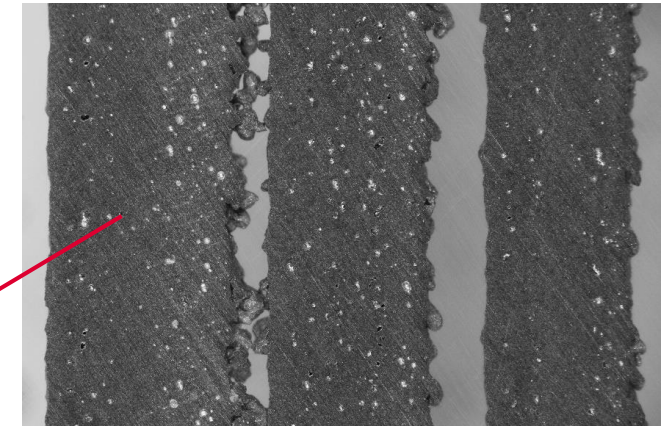
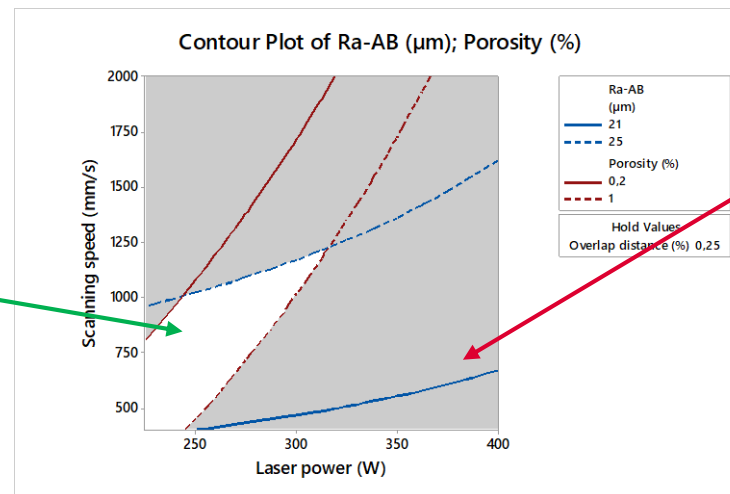
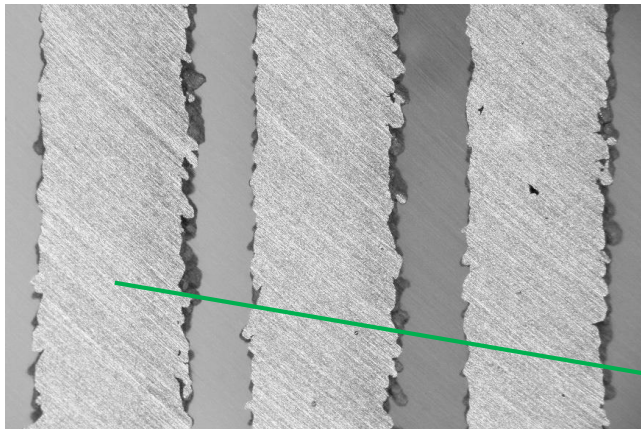
- change of laser strategy – concentric ellipse
- Improving of lattice structure properties – **surface, porosity**
- find out the LS and LP influence on surface and porosity
- find out the optimal proces parametr window



Research activities

2) Process parametrs for Lattice structure

- Improving of lattice structure properties – **surface, porosity**
- find out the LS and LP influence on surface and porosity
- find out the optimal proces parametrs window
- IF article in progress



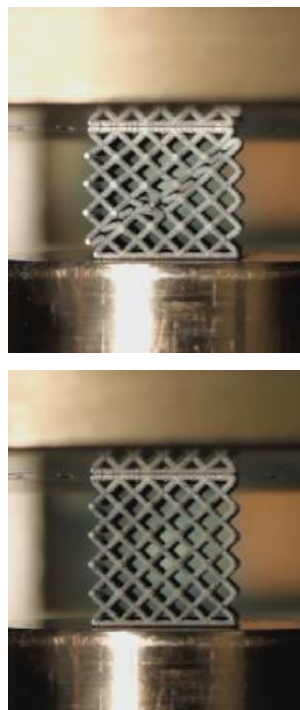
Research activities

FEA analysis of lattice structure low velocity loading

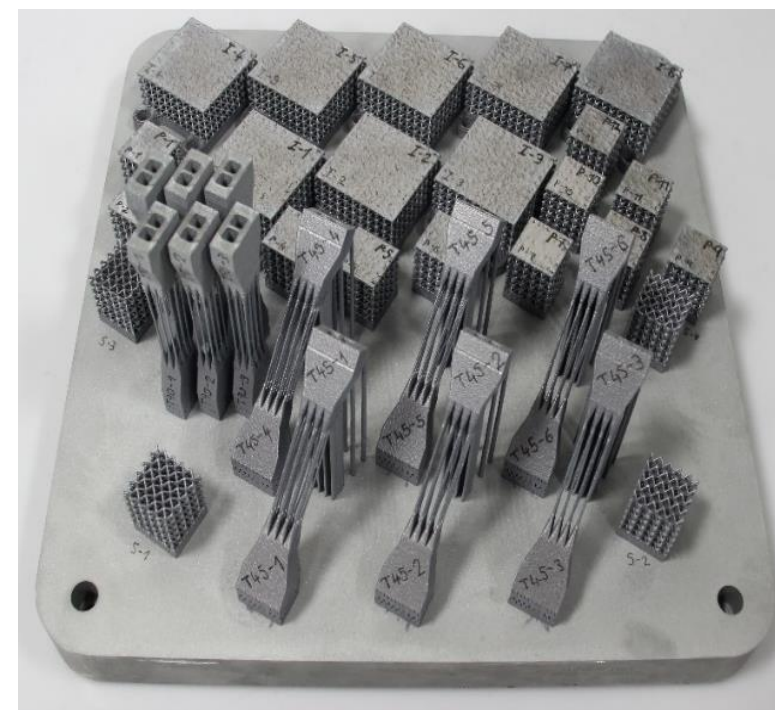
Tensile testing



Compression testing



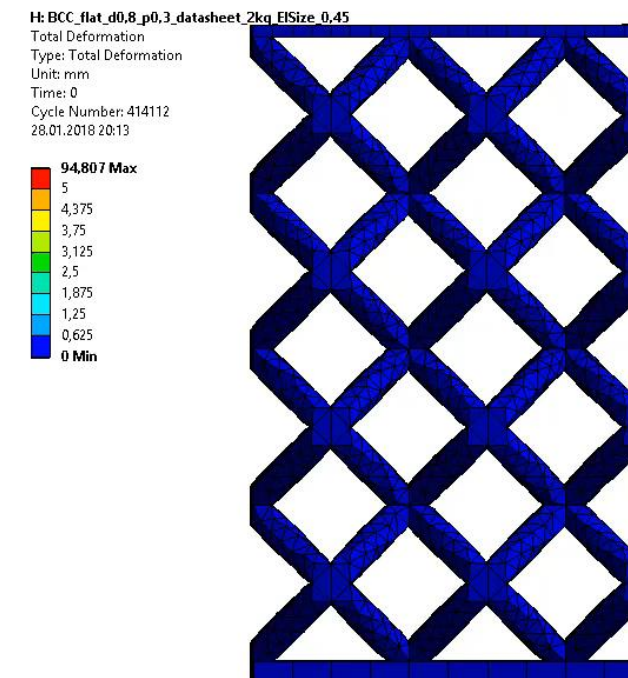
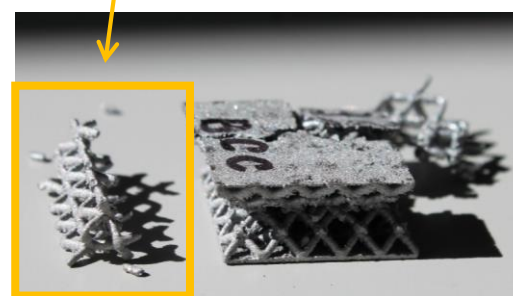
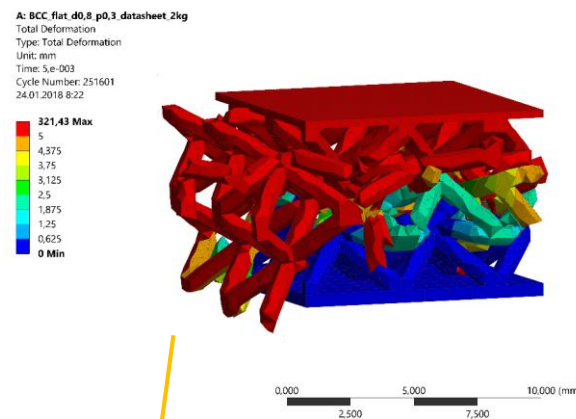
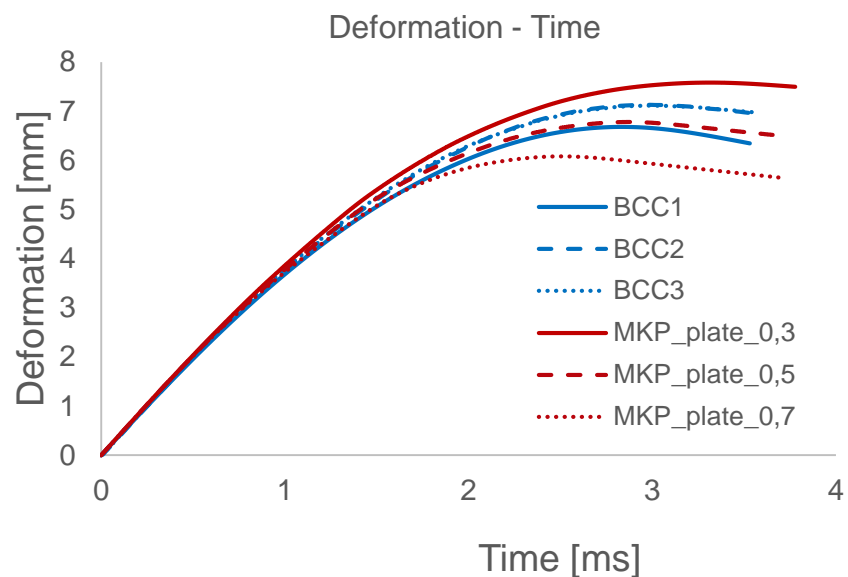
Sample batch



Research activities

FEA analysis of lattice structure low velocity loading

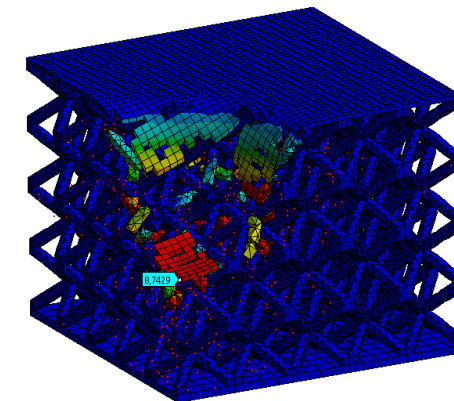
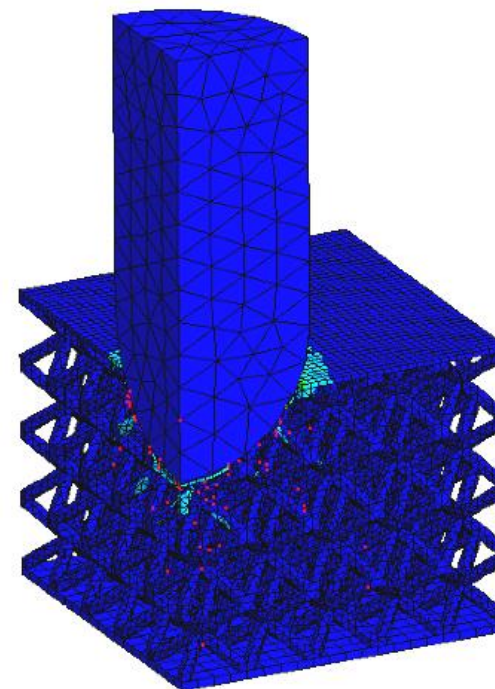
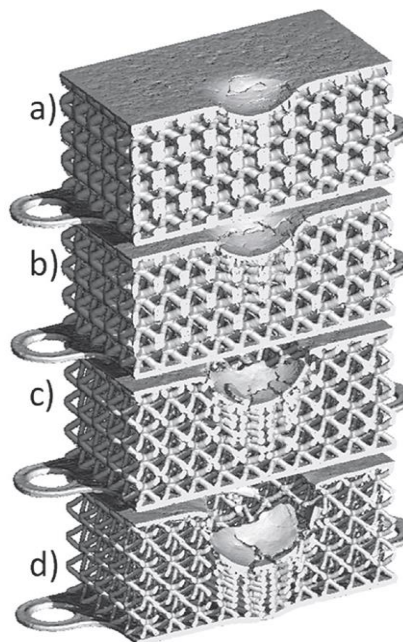
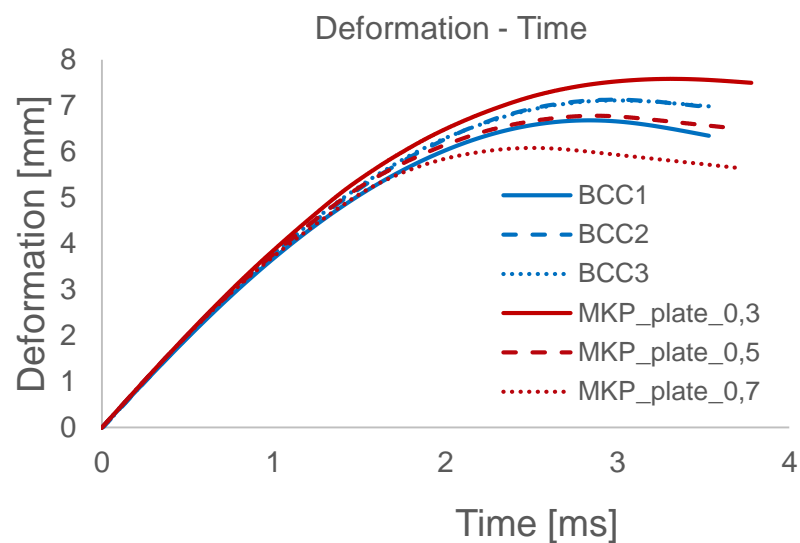
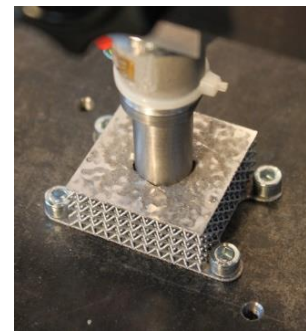
- IF article in progress



Research activities

FEA analysis of lattice structure low velocity loading

- IF article in progress



Research activities

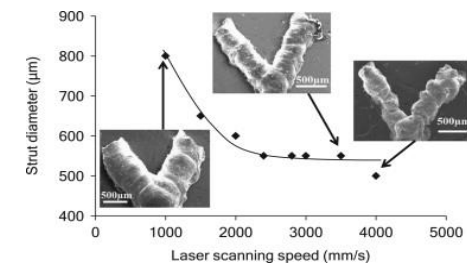
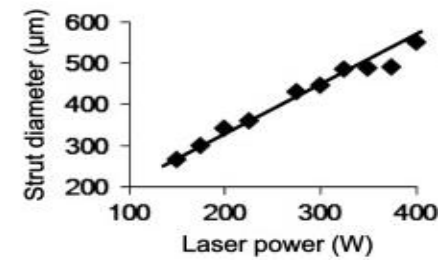
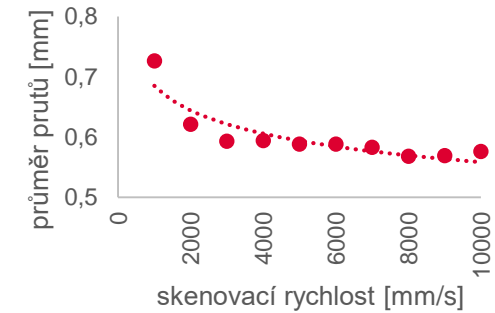
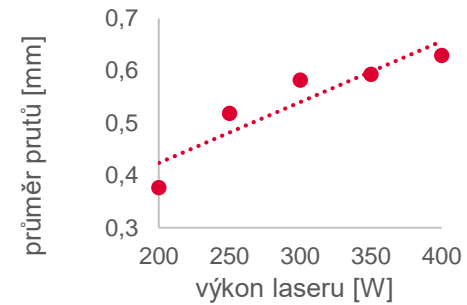
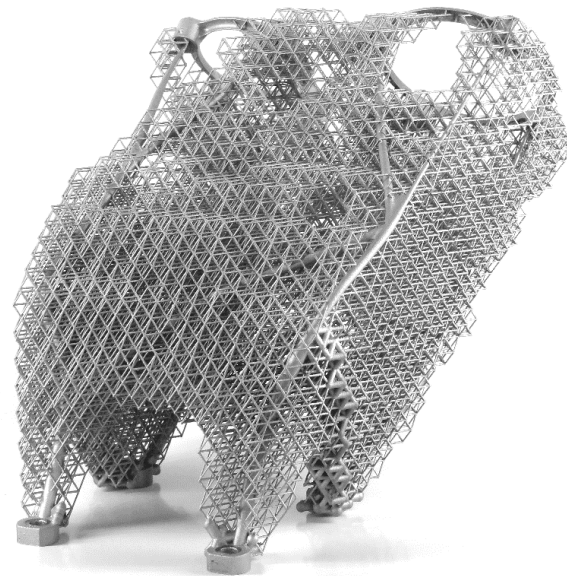
Project ESA – Bracket I

Project ESA – Bracket II – Hybrid design

ESA project with GE

TACR Honeywell

ARMADIT



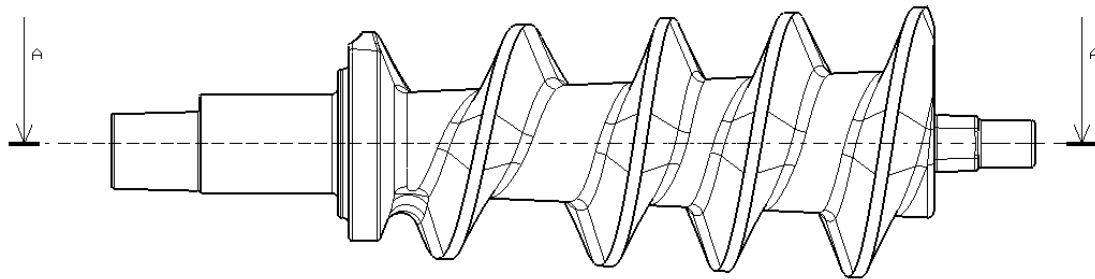
Educational activities

Software Catia

ZM1 (Parametric Modelling)

ZM2 (3D Surface Modelling)





- Individual approach to teaching
- New materials for teaching – Step by step instruction










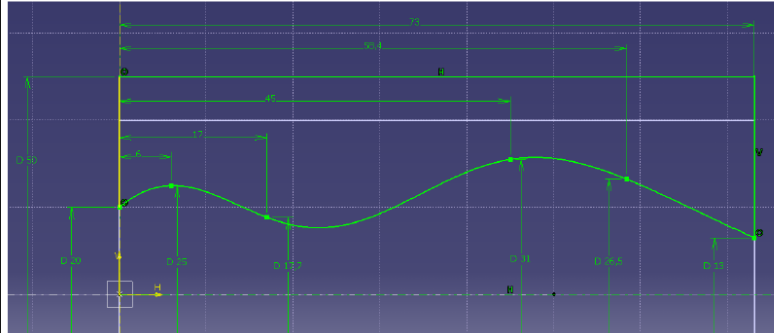
„Pěkně zpracované prezentace, u kterých se člověk naučí mnohem víc než při tupém opakování příkazů z projektoru“ - XYZ



ALTERNATIVNÍ ZPŮSOB TVORBY RUKOJETI

Krok č.1 Tvorba rukojeti

46. Klikněte na  Sketch a vložte ho na rovinu Bokorys.
47. Klikněte na  Circle a vytvořte kružnici s počátkem v středu souřadnic a o průměru 40mm.
48. Režim skicáře ukončíte kliknutím na ikonu  v boční nástrojové liště. Nastavte hodnotu Length 73mm a příkaz ukončíte kliknutím na .

49. Klikněte na  Sketch a vložte ho na rovinu Nárys.
50. Klikněte na  Intersect 3D Elements a klikněte na rovinu Bokorys.
51. Klikněte na  Spline a vytvořte křivku o šesti bodech začínající na promítnuté hraně.
52. Klikněte na  Axis a vytvořte horizontální osu rotace s počátkem v středu souřadnic
53. Dvojklikem na  Constraint zakotvíte skicu dle obrázku.
54. Klikněte na  Quick Trim a ořežte přesahující část promítnuté hrany.
55. Režim skicáře ukončíte kliknutím na ikonu  v boční nástrojové liště.

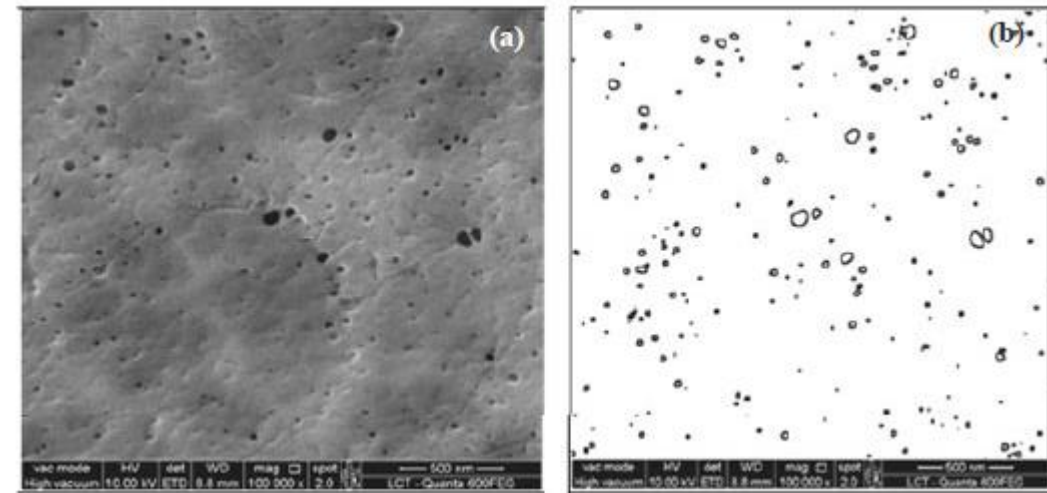
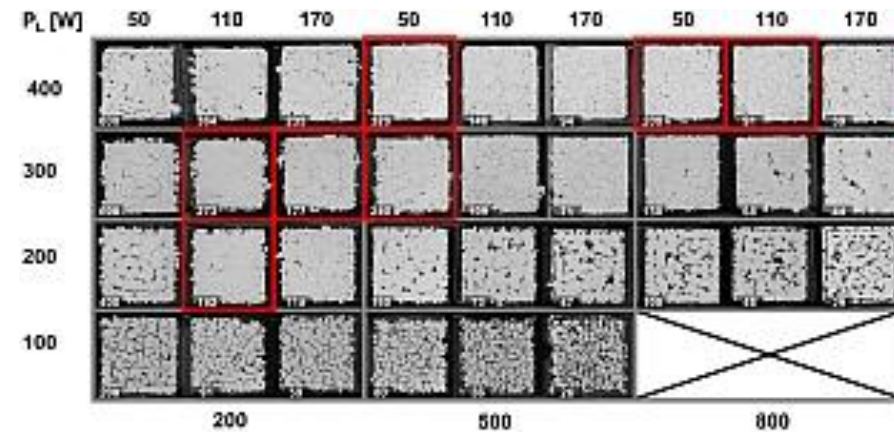
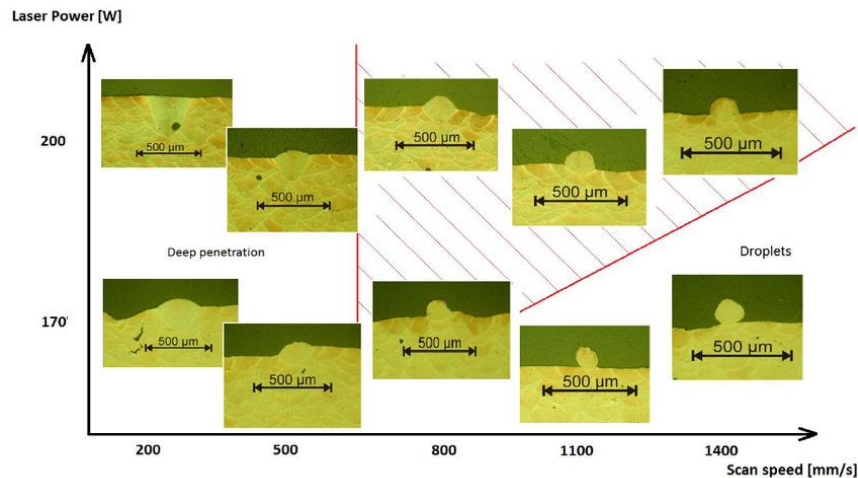


56. Klikněte na  Groove v boční nástrojové liště.
57. Vyberte vytvořenou skicu, First angle 360deg, Second Angle: 0deg. A potvrďte .

Educational activities

ZAT – Additive Technologies

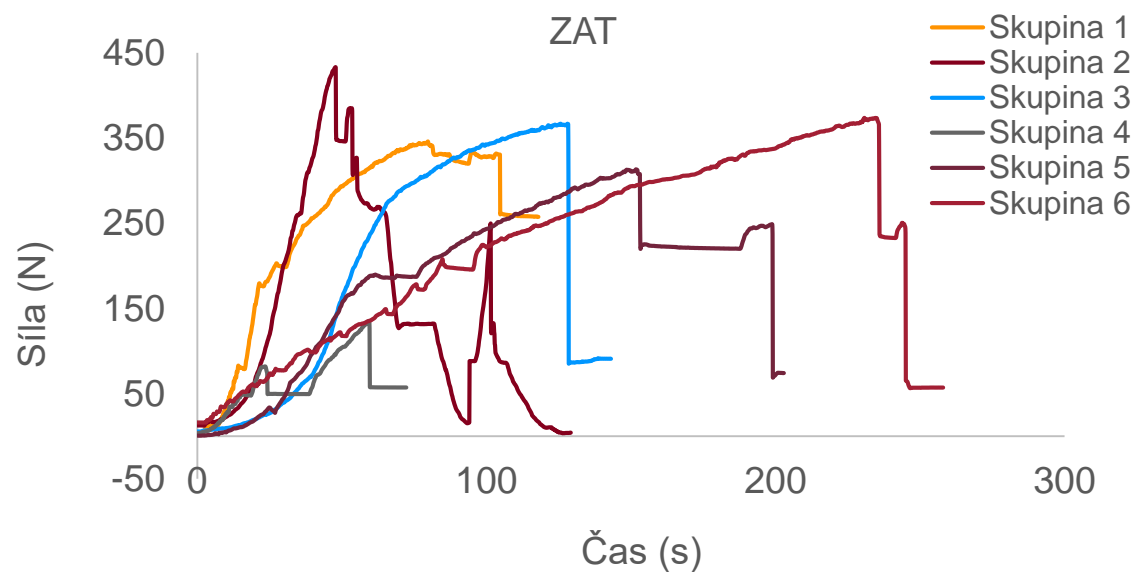
- Teaching of Selective Laser Melting
- Material research – AISi10Mg
 - Single tracks
 - Cube test
 - Porosity test
 - Hardness -> mechanical properties



Educational activities

ZAT – Additive Technologies

- Project „Fond vědy“
- **New topology optimization tasks**
- **Universal testing device**

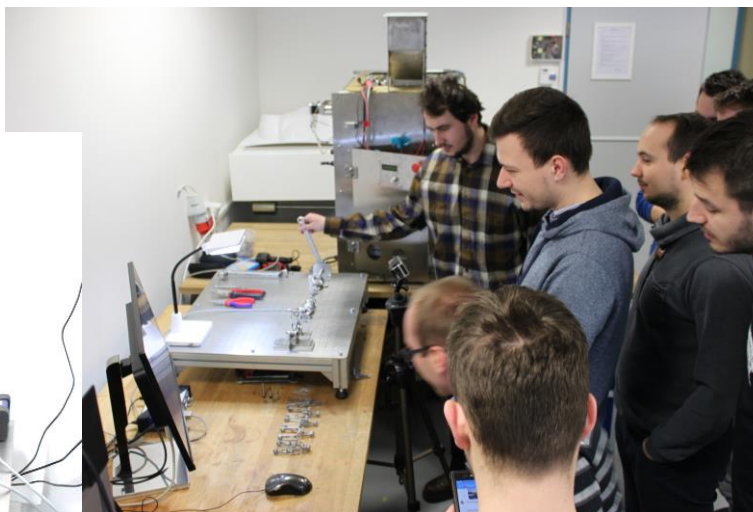


	Testovací nosník	Sk. 1	Sk. 2	Sk. 3	Sk. 4	Sk. 5	Sk. 6
Maximální síla (N)	349,9	345,9	433,2	366,7	135,1	313,2	373,6
Predikovaná (N)	280	250	250	330	250	300	240
Hmotnost (g)	17	16,5	18,5	16	14	16,5	15,5
K (N/g)	20,58	20,96	23,41	22,91	9,65	18,98	24,10
Místo porušení		ok	x	ok	x	ok	ok
	25%	38%	73%	11%	-46%	4%	56%

Educational activities

ZAT – Additive Technologies

- Project „Fond vědy“
- New topology optimization tasks
- Universal testing device



Semestrální projekt předmětu ZAT - Návrh nosníku s využitím topologické optimalizace a technologie Selective Laser Melting

R. Vrána, M. Malý, O. Vaverka

Cíl projektu

Selective Laser Melting (SLM) patří mezi technologie kovového 3D tisku, které umožňují výrobu velmi komplikovaných obložně vyrobitejných částí jinými konvenčními metodami. Příkladem může být nosník organického tvaru, který je přesně optimalizován na dané zatížení a každý gram materiálu má svůj význam. Dalším příkladem může být konzola tvořena mikro-prutovou konstrukcí namísto plošného materiálu. Obě tyto přístupy rapídno využívají tvorový potenciál aditivní výroby a najdou své uplatnění především v leteckých a vesmírných aplikacích.

Cílem semestrálního projektu je seznámit studenty s odlišnou metodou návrhu dílů přímo pro aditivní výrobu, která není limitována technologickými omezeními konvenčního obrábění a využívá potencionálně výpočetní metody topologické optimalizace.

Úkol č.1: Zadáání okrajových podmínek

- Na základě poskytnutých CAD dat optimalizovat přední podvozkovou nohu modelu proudového letounu BAE Hawk v měřítku 1:4.
- Připojovací části přední nohy musí zůstat zachovány (šitě části CAD modelu)
- Na přední nohu bude působit síla 200 - 300 N dle obrázku, zatížení bude působit v čepu kola
- Optimalizovaný díl bude vyroben technologií Selective Laser Melting z materiálu AISI10Mn
- Návrh nosníku může probíhat čtyřmi metodami - prostá prutová konstrukce, bionická (organická) konstrukce, mikro-prutová konstrukce a hybridní (kombinovaná) varianta
- Kritéria hodnocení - parametr $M = \text{zatížení} / \text{hmotnost}$; nalezení místa porušení; doozření rozsahu zatížení

Úkol č.2: Topologická optimalizace nosníku

- Iterativní výpočet, který určí nejvhodnější rozložení materiálu vzhledem k danému kritériu (tuhost, hmotnost a odtok)
- Vzniká ideální tvar, který je nutné modifikovat
- Definice okrajových podmínek včetně kontaktních vazeb, aplikace sil na vnitřní plochu oer
- Získání prvotního náhledu o doporučeném rozložení hmoty
- Výsledkem optimalizace je hrubá "mesh" struktura vesle z optimalizace
- Možnost procižít "mesh" strukturu Polykurse síti [solidThinking Inspire 2017]

Úkol č.3: Iterační proces úpravy, MKP výpočet

- Pro základní výpočet byl použit zjednodušený elastický model materiálu AISI10Mn
- Nalezené kritická místa nosníku byla modifikována s ohledem na požadované zatížení a nízkou hmotnost nosníku
- Výsledný model byl vyexportován ve formátu STEP pro finální výpočet v programu Ansys

Úkol č.4: Detailní MKP výpočet v programu Ansys

- Využití nelineárního materiálového modelu získaného na základě tahové zkoušky standardního tahového tělesa z materiálu AISI10Mn
- Možnost nastavení vysoké kvality konečnoprvkové sítě
- Zjištění hodnoty zatížení potřebné pro porušení nosníku

Úkol č.5: Výroba nosníků technologií 3D tisku

- Příprava výroby byla provedena v programu Magia 21.11
- Výroba proběhla na zařízení SLM 280M
- Využití nastavených procesních parametrů v rámci ovláčení předmětu ZAT

Obv. 1 Získání oběky a zpláče zatřžení pro optimalizaci přední podvozkové nohy

Obv. 2 Výsledek topologické optimalizace a aplikace PolyNURBS síte

Obv. 3 Postupný vývoj nosníku v programu solidThinking Inspire 2017

Obv. 4 6 Finálních variant vytvořených v rámci předmětu ZAT 2017

Obv. 5 (a) Optimalizace podpůrných struktur v programu Materialise Magics; **(b)** Vyrobené nosníky před odstraněním ze základní desky

Obv. 6 (a) Výsledky testování vyrobené sady nosníků; **(b)** Průběh testování na univerzálním standu; **(c)** Nosníky po testování

Contractual research

Selective Laser Melting

- Cooperation on all SLM production project



Contractual research

Selective Laser Melting

- My new customers

1 project

- Budget about 

brose



2 projects

- Budget about 



ŠKODA JS a.s.



Teaching activities 2017/2018

Lecture

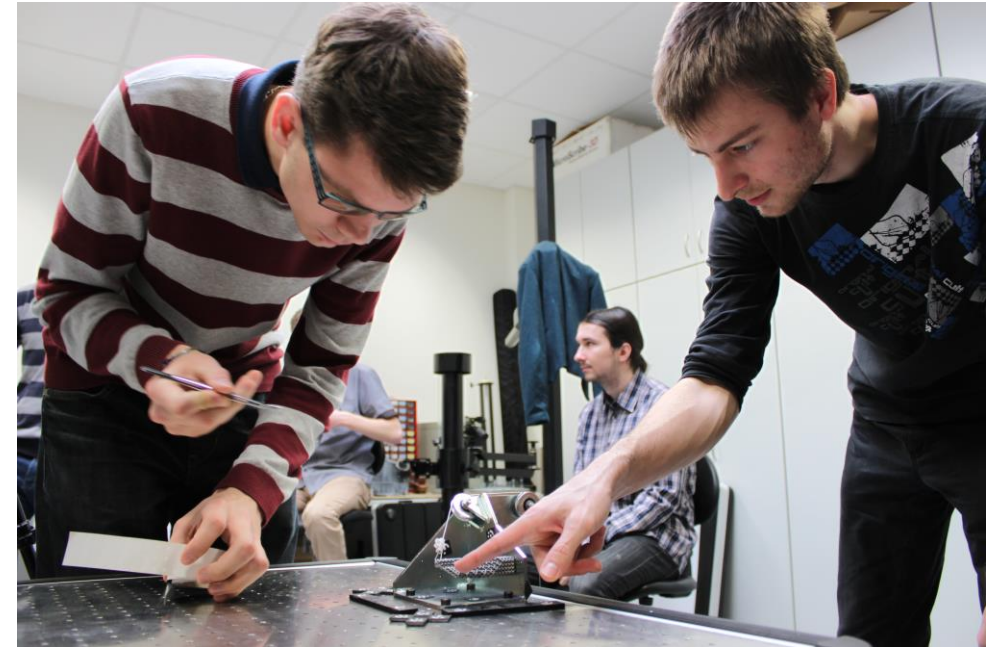
- ZM1 - Parametric Modelling – Part Catia
- ZM2 - 3D Surface Modelling – Part Catia
- ZPP - Polymer Prototypes and Rapid Prototyping
- ZAT – Additive technologies
- 3CD - CAD
- 4KC – Design and CAD
- ZKP – Team Project

Batchelors thesis

- Ján Jaroš
- Tomáš Koutný

Diploma thesis

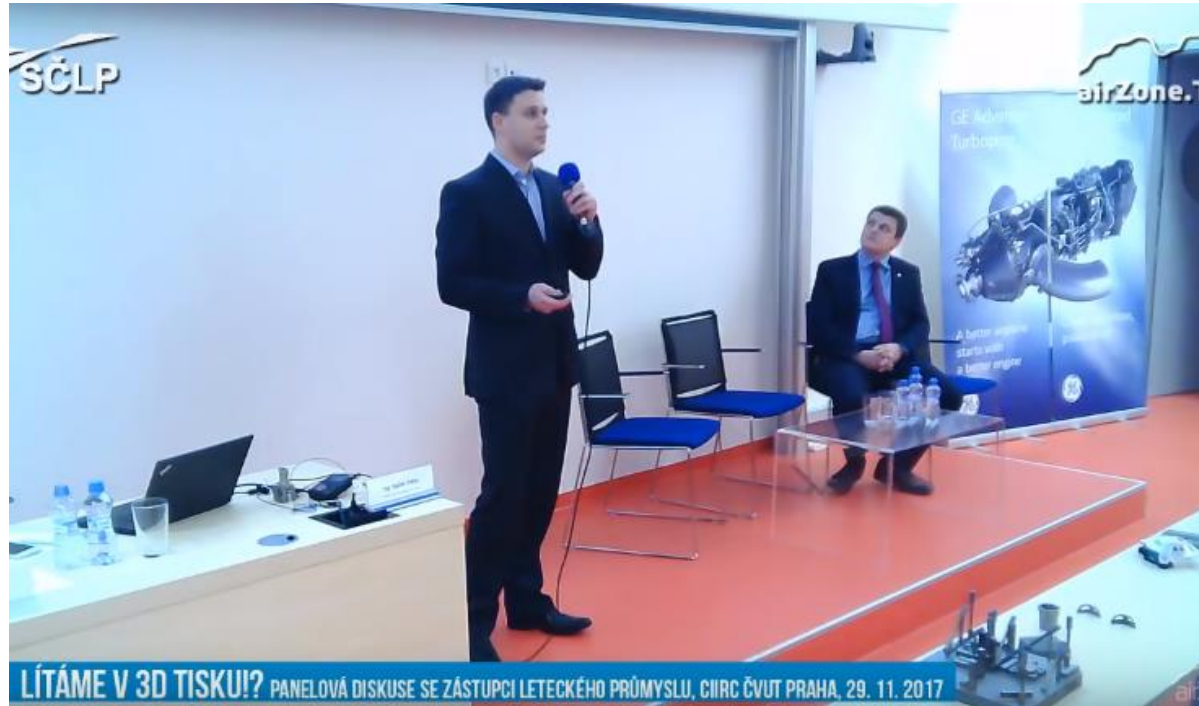
- Ondřej Červinek



Other activities

Lítáme v 3D tisku?

- Panel discussion at FSI, ČVUT

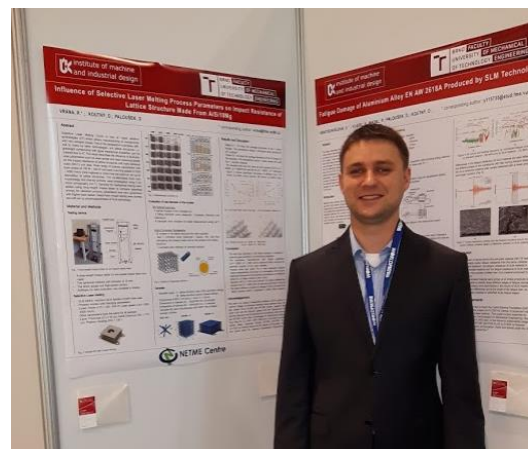


Other activities

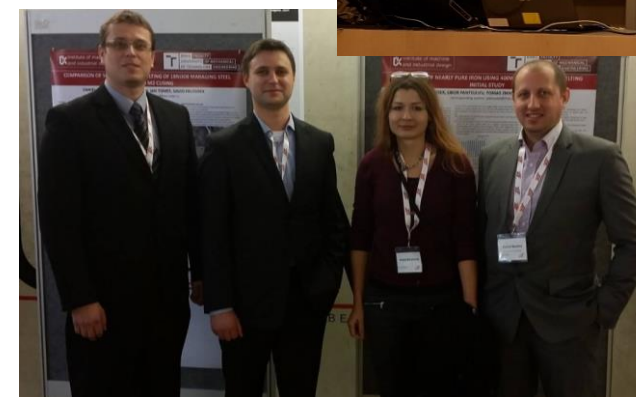
EuroPM 2015 – Reims



WorldPM 2016 – Hamburg



3Dtrends 2016 – Liberec



Other activities

- **VRÁNA, R.;** KOUTNÝ, D.; PALOUŠEK, D.; ZIKMUND, T. Impact Resistance of Lattice Structure Made By Selective Laser Melting From AlSi12 Alloy. MM Science Journal, 2015, roč. 2015, č. 4, s. 852-855. ISSN: 1805- 0476.
- **VRÁNA, R.;** KOUTNÝ, D.; PALOUŠEK, D. Impact Resistance of Different Types of Lattice Structures manufactured by SLM. MM Science Journal, 2016, roč. 2016, č. 6, s. 1579-1585. ISSN: 1803-1269.
- **VRÁNA, R.;** PALOUŠEK, D.; KOUTNÝ, D.; KOUKAL, O.; ZIKMUND, T.; KREJČÍ, P. Impact resistance of lattice structure made by Selective Laser Melting technology. In Euro PM2015 Proceedings. Reims, France: 2015. s. 1-6. ISBN: 978-1-899072-47- 7.
- **VRÁNA, R.;** KOUTNÝ, D.; PALOUŠEK, D.; ZIKMUND, T. Influence of Selective Laser Melting Process Parameters on Impact Resistance of Lattice Structure made from AlSi10Mg. In World PM2016 Proceedings. Hamburk, Germany.
- KOUKAL, O.; KOUTNÝ, D.; PALOUŠEK, D.; **VRÁNA, R.;** ZIKMUND, T.; PANTĚLEJEV, L. Research about the Influence of Process Parameters of Selective Laser Melting on Material EN AW 2618. In Euro PM2015 Proceedings. Reims, France: 2015. s. 1-6. ISBN: 978-1-899072-47- 7.
- MANAS, P.; **VRÁNA, R.;** HEJMAL, Z.; DUBEC, B. Determination of the material properties of recycled rubber for explicit FEM simulation. In ICSMESP 2017 Proceedings. Prague, Czech Republic: 2017. s. 1-7. ISSN: 2367-2544.
- **VRÁNA, R.;** KOUKAL, O.; KOUTNÝ, D.; PALOUŠEK, D.; KREJČÍ, P. Device for Testing Impact Resistance of Lattice Structures Panels Produced by the Selective Laser Melting. In Book of Proceedings of 56th International Conference of Machine Design Department. První. 2015. s. 144-149. ISBN: 978-80-552-1377- 4.
- KOUTNÝ, D.; **VRÁNA, R.;** PALOUŠEK, D. Dimensional accuracy of single beams of AlSi10Mg alloy and 316L stainless steel manufactured by SLM. In 5th International Conference on Additive Technologies iCAT2014. Ljubljana: Interesansa, 2014. s. 142-147. ISBN: 978-961-281-579- 0.

Thank you for your attention

Radek Vrána

vrana@fme.vutbr.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz