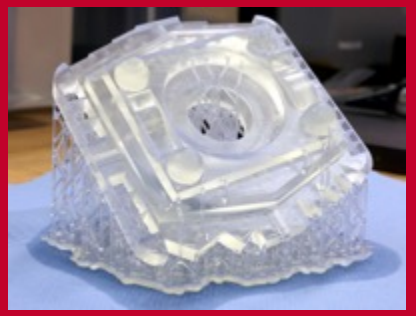
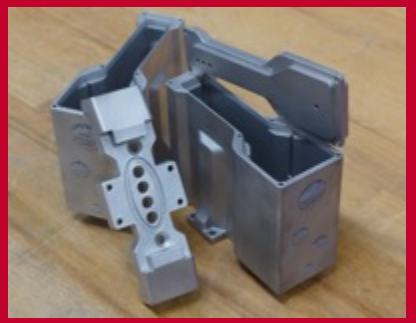
TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Centre for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation



Laboratoř prototypových technologií a procesů



Zkušenosti s aditivní technologií s aplikacemi do praxe

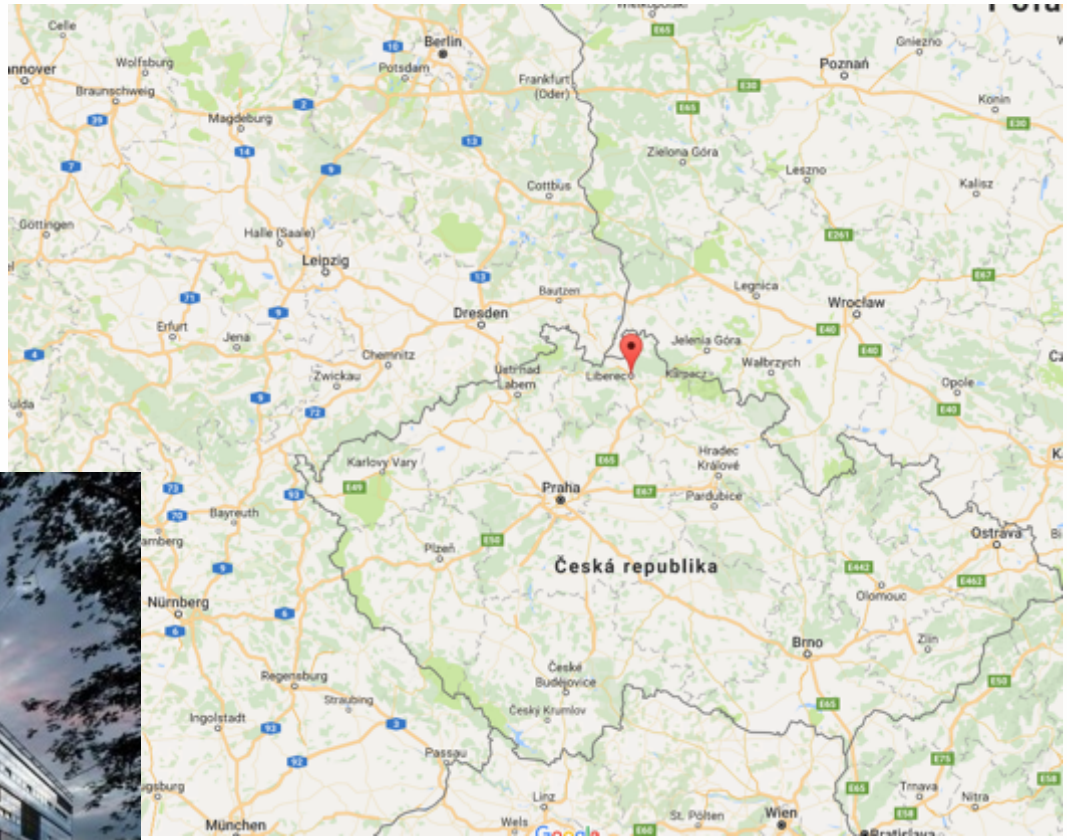
Studentská 1402/2 | 461 17 Liberec 1 | tel.: +420 485 353 006 | cxi.tul.cz

Představení LPP na TU v Liberci

Umístění laboratoře

Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace

Bendlova 1409/7
460 01 Liberec 1
Česká republika



Organizační schéma

Oddělení průmyslových technologií

Vedoucí: Ing. Jiří Bobek, Ph.D.

Laboratoř prototypových technologií a procesů

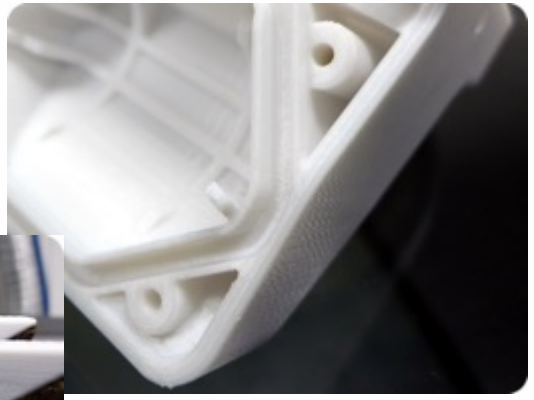
Ing. Jiří Šafka, Ph.D., Ing. Michal Ackermann, Ph.D.

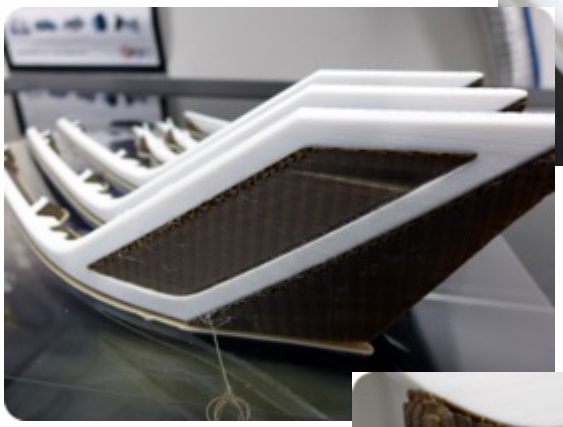
Laboratoř progresivních strojírenských technologií

Ing. Jiří Bobek, Ph.D.

Vybavení laboratoře

FDM technologie | Fortus 450mc (Stratasys Ltd.)





Vybavení laboratoře

FDM technologie | Fortus 450mc (Stratasys Ltd.)

Stavební prostor:	406 x 355 x 406 mm	
Tloušťky vrstev:	0,127 – 0,330 mm v závislosti na typu materiálu	
Materiály:	ABS-M30	
	ABS-M30i	Biokompatibilní materiál
	ABS-ESD7	Antistatický materiál
	ASA	UV stabilní materiál
	PC	
	PC-ISO	Biokompatibilní materiál
	Nylon 12	
	ULTEM 1010	Vysoko pevnostní materiál
	ULTEM 9085	

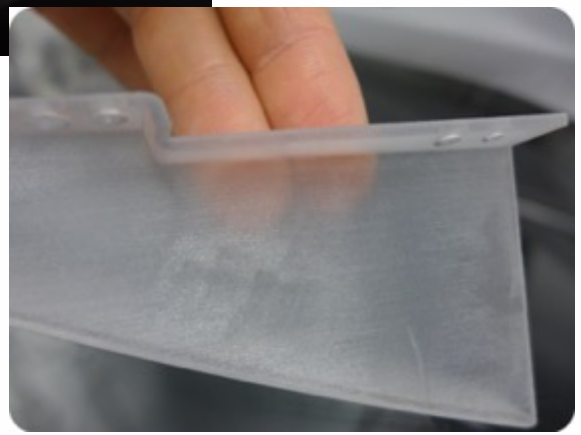
Výzkum v oblasti polymerních materiálů

- Výzkum a implementace pokročilých plniv do výroby tiskových materiálů pro technologii FFF, FDM
- Syntetická či biodegradabilní primární složka
- Návrh materiálu s požadovanými specifickými vlastnostmi (mechanické vlastnosti, chemická odolnost, atd..)

Vývoj podpořen projektem TAČR EPSILON (TH02020424) – Implementace pokročilých plniv do výroby extrudovaných kompozitních profilů využívaných progresivními aditivními technologiemi v oblasti 3D

Vybavení laboratoře

Technologie Polyjet | Objet 500 Connex1 (Stratasys Ltd.)



Vybavení laboratoře

Technologie Polyjet | Objet 500 Connex1 (Stratasys Ltd.)

Stavební prostor:	490 x 390 x 200 mm
Tloušťky vrstev:	16 nebo 30 µm
Skupiny materiálů:	Digital ABS High-temperature Transparent Rigid materials Rubber-like Bio-Compatible Dental Simulated PP

Vybavení laboratoře

Technologie Polyjet | Objet J750 (Stratasys Ltd.)

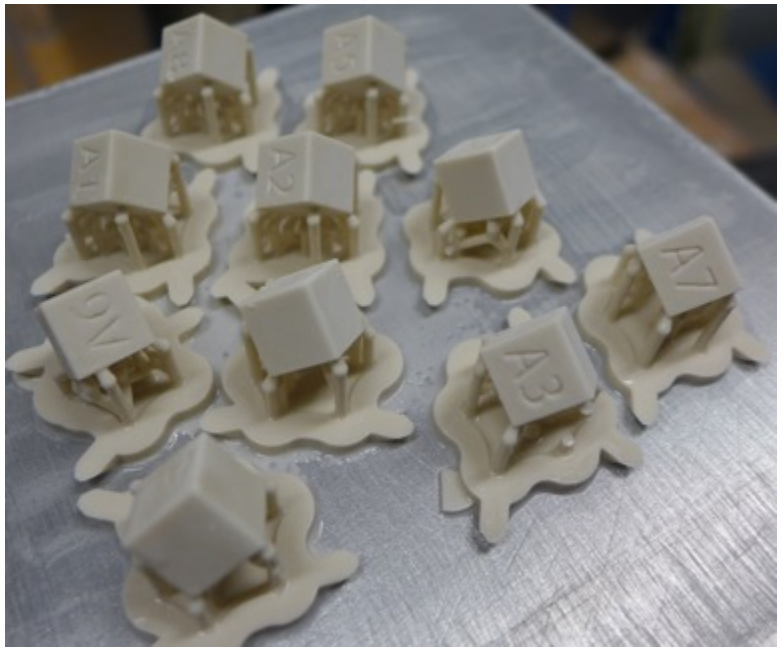
Vybavení laboratoře

Technologie Polyjet | Objet J750 (Stratasys Ltd.)

Stavební prostor:	490 x 390 x 200 mm
Tloušťky vrstev:	14 nebo 28 µm
Skupiny materiálů:	Kompletní plně barevný 3d tisk Kombinace ABSlike + Pryž (Tango nebo Agilus) Transparent Rigid materials Rubber-like Bio-Compatible Dental

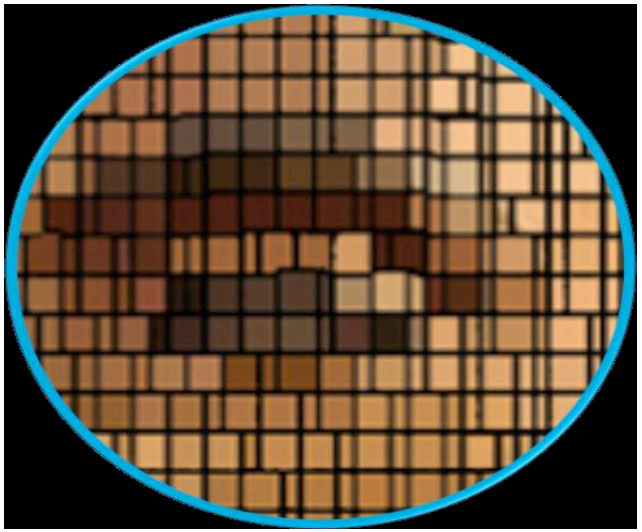
Výzkum v oblasti foto - polymerních materiálů

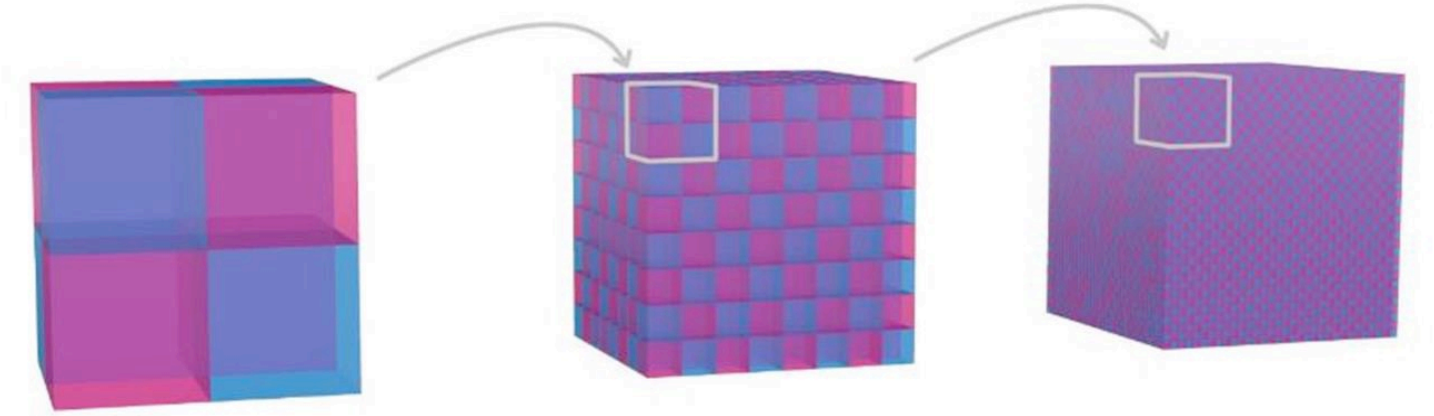
- Příměsi do základních materiálů - keramika, atd.
- Kontrastní podpůrný materiál



VoxelPrint - GrabCad

VoxelPrint - GrabCad





Vybavení laboratoře

VoxelPrint - GrabCad

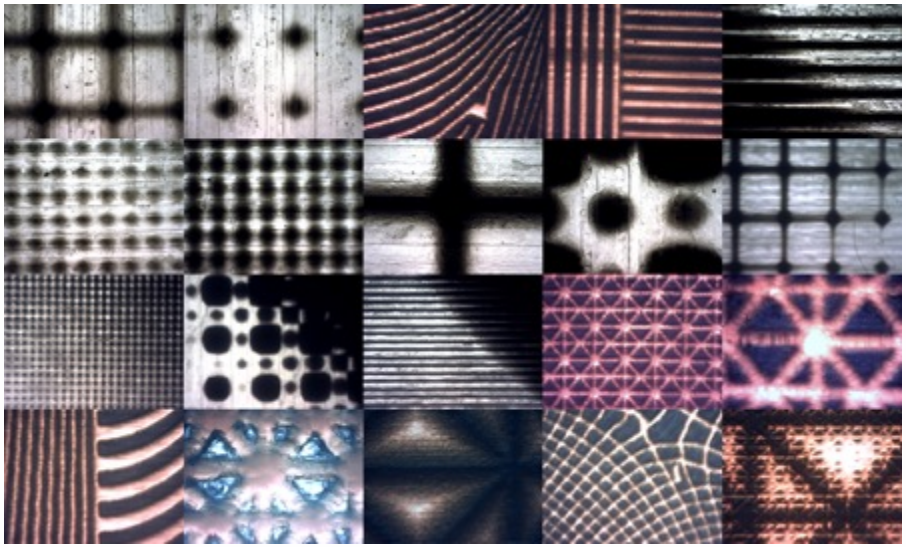
nové (meta)materiály:

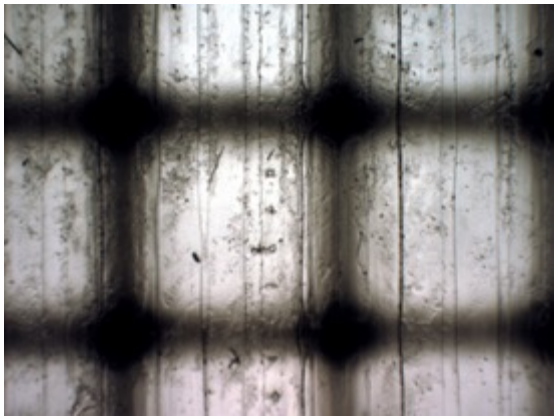
- auxetické struktury
- materiály s proměnným optickými vlastnostmi

materiály „šité na míru“:

- progresivní struktury
- adaptivní materiály

smart materiály

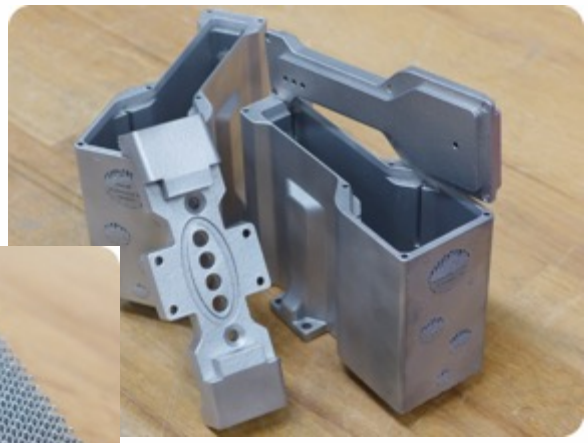


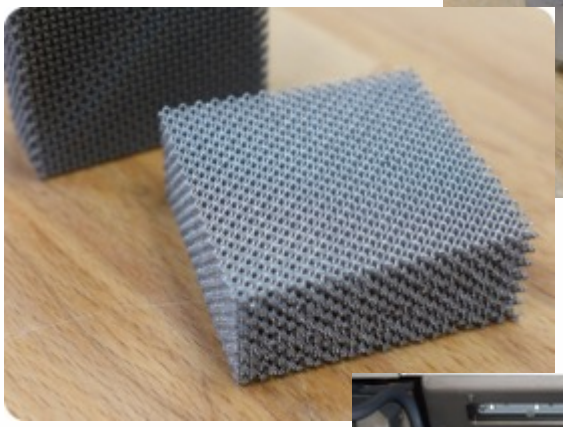


- Source: http://www.monolith.zone/gallery/#videos

Vybavení laboratoře

Technologie SLM | SLM 280^{HL} (SLM Solutions AG)





Vybavení laboratoře

Technologie SLM | SLM 280^{HL} (SLM Solutions AG)

Nominální výkon laseru:	400 W	
Stavební prostor:	280 x 280 x 365 mm	
Tloušťky vrstev:	Volitelně v rozmezí 20 – 75 µm	
Dostupné materiály:	Titanové slitiny	TI6Al4V, TI6Al7Nb
	Nerezové oceli	1.4404 (316L), 1.4540 (15-5PH), 17-4PH
	Nástrojové oceli	1.2344 (H13), 1.2709
	Hliníkové slitiny	AlSi12, AlSi10Mg, AlSi9Cu32
	Co-Cr	
	Slitiny niklu	Inconel 718, 625 a 939, Hastelloy X

Vybavení laboratoře

Hydraulické zařízení pro cyklické testy| INOVA Praha

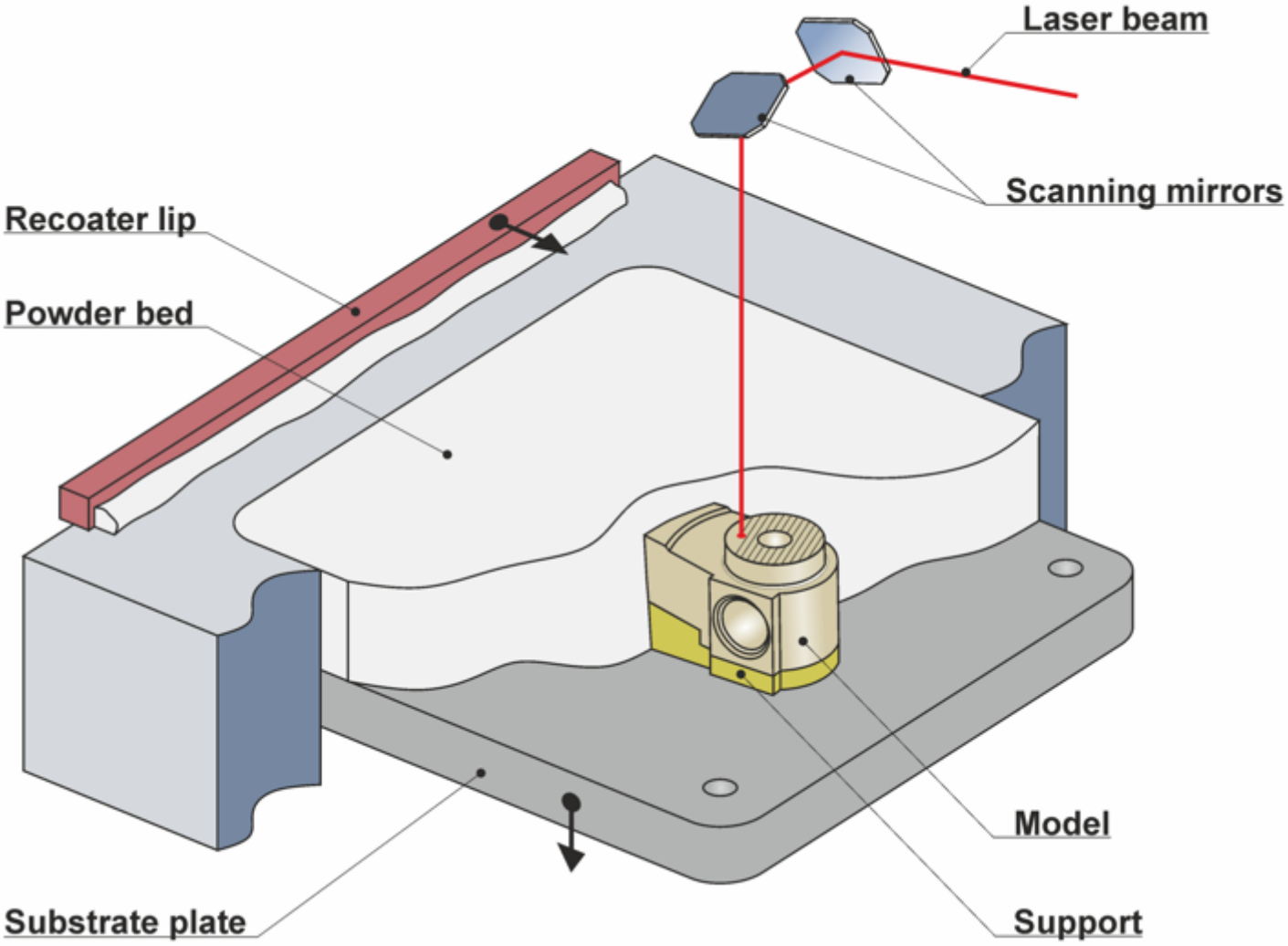
Přístroj je vybaven lineárním a torzním hydraulickým válcem, které mohou pracovat individuálně nebo vytvořit kombinované namáhání tah/tlak - krut

Fyzické limity stroje:

Maximální síla:	± 100 kN
Maximální kroutící moment:	± 200 Nm
Lineární posuv:	± 50 mm
Natočení:	± 45°
Maximální frekvence zatěžování:	100 Hz

Výroba individuálních implantátů ze slitiny Ti-6Al-4V s využitím aditivní technologie Selective Laser Melting

SLM | Základní princip

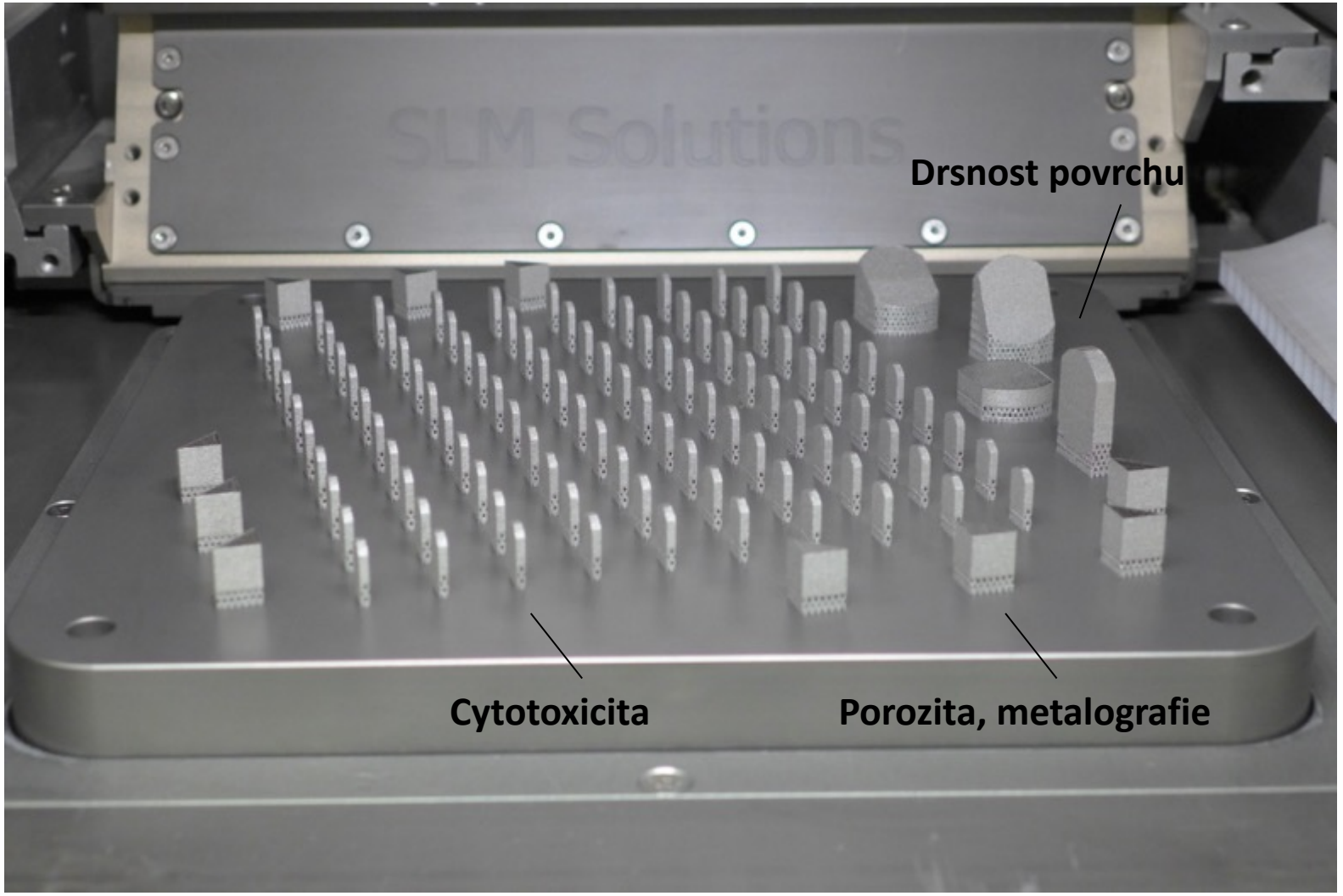


Testy materiálu Ti-6Al-4V

Základní požadavky na implantáty

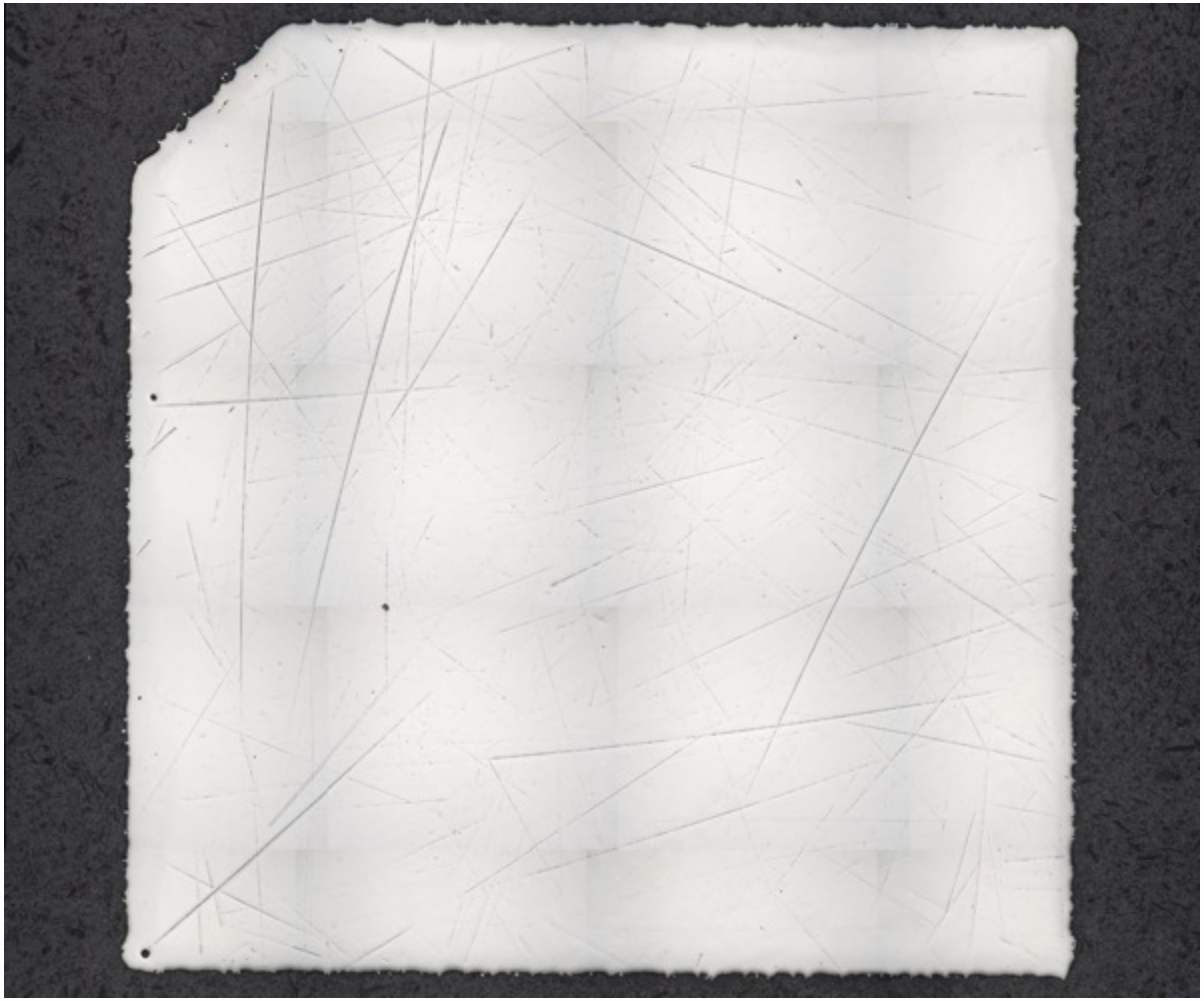
- tvarová přesnost
- mechanická odolnost
- biokompatibilita
- drsnost povrchu

Testy materiálu Ti-6Al-4V



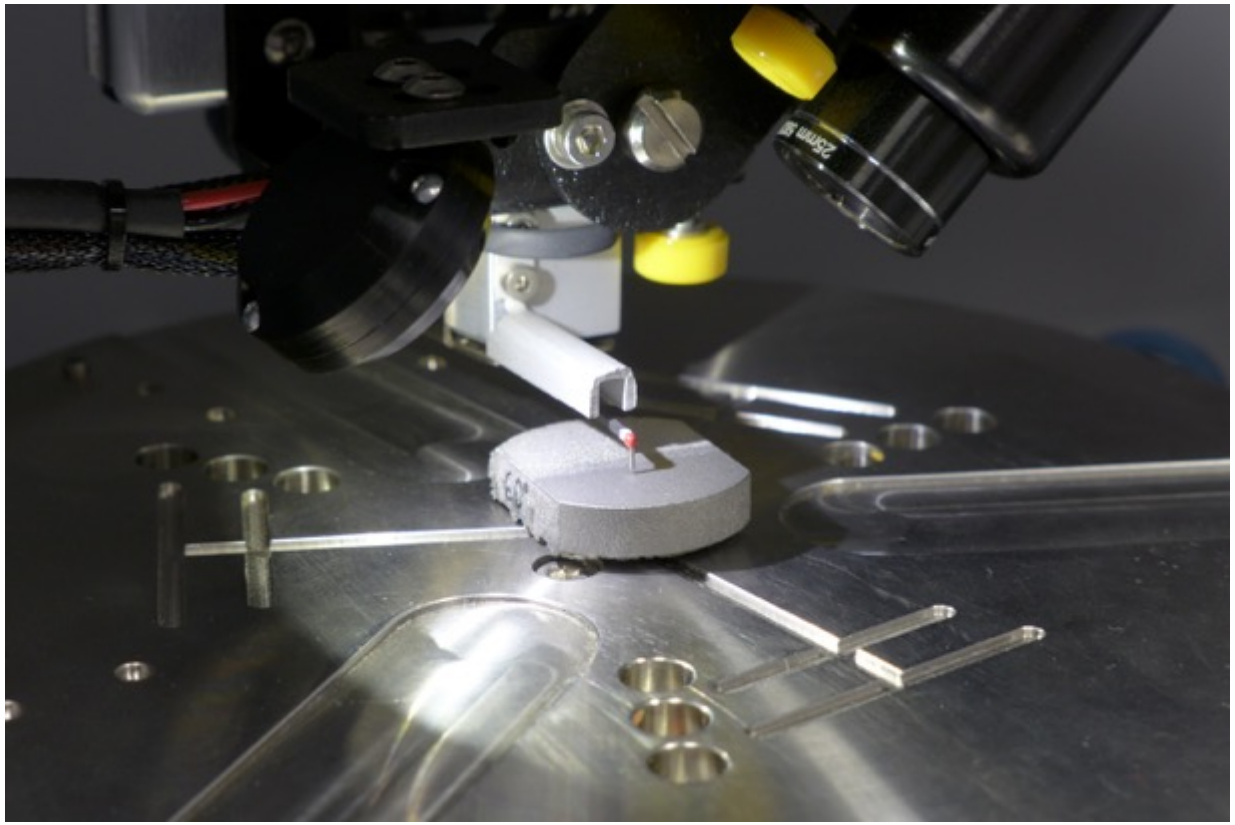
Porozita

Porozita < 0,06%



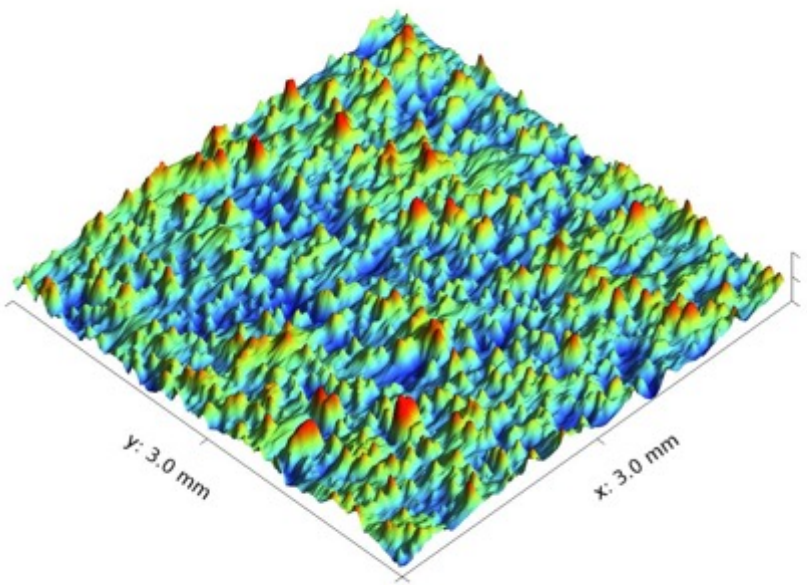
Drsnost povrchu

- Testování drsnosti pro úhel plochy 0°, 30°, 60° a 90° vůči stavěcí desce
- 2 typy testovaných povrchů:
  1. Bez dokončovacích operací
  2. Tryskáno balotinou

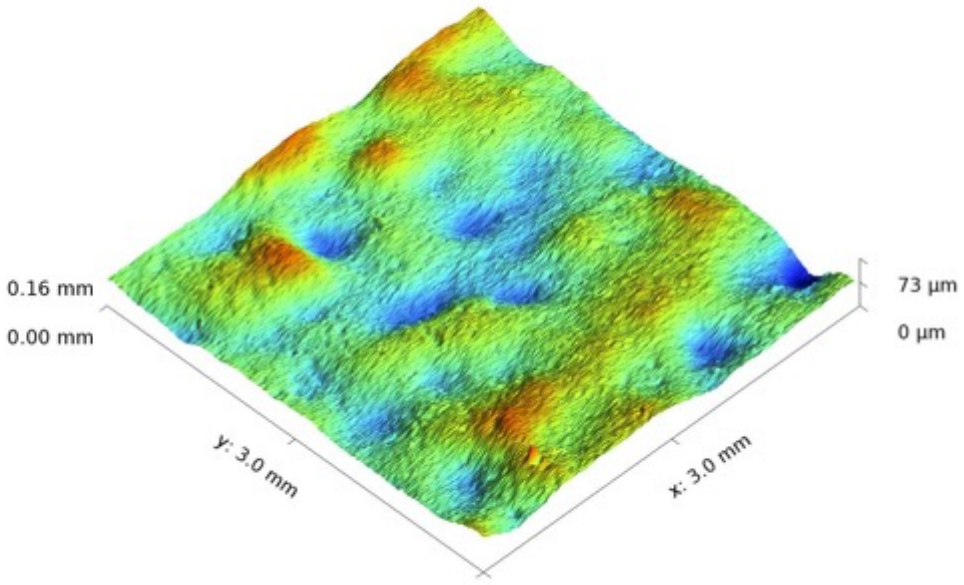


Drsnost povrchu

- Testování drsnosti pro úhel plochy 0°, 30°, 60° a 90° vůči stavěcí desce
- 2 typy testovaných povrchů:
  1. Bez dokončovacích operací
  2. Tryskáno balotinou



30°, bez dokončovacích operací



30°, tryskáno

Cytotoxicita

- Testování cytotoxicity přímým kontaktem pomocí buněčné linie MG-63 (nádorová buněčná linie z lidského osteosarkomu)

- 3 typy testovaných povrchů:
  1. Bez dokončovacích operací
  2. Očištěno tlakovým vzduchem
  3. Tryskáno balotinou

- Další úpravy vzorků před testem:
  1. Očištění ultrazvukem (2 × 15 minut v acetonu, 2 × 20 minut v destilované vodě)
  2. Sterilizace v autoklávu

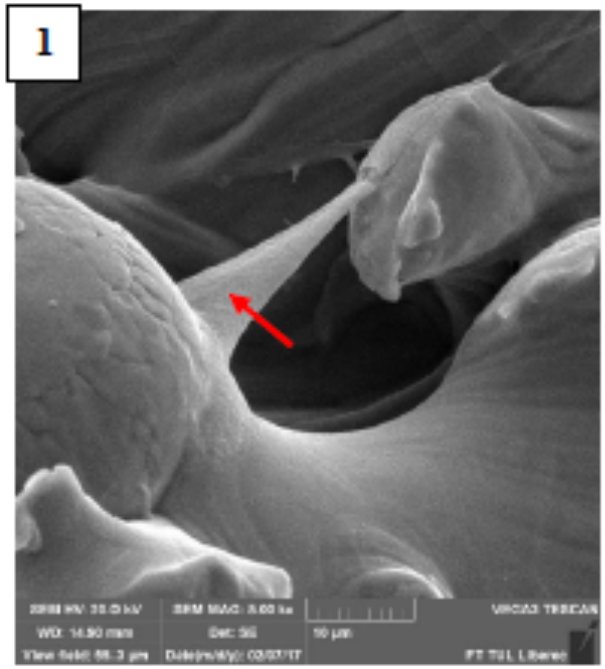
Cytotoxicita

- Testování cytotoxicity přímým kontaktem pomocí buněčné linie MG-63 (nádorová buněčná linie z lidského osteosarkomu)

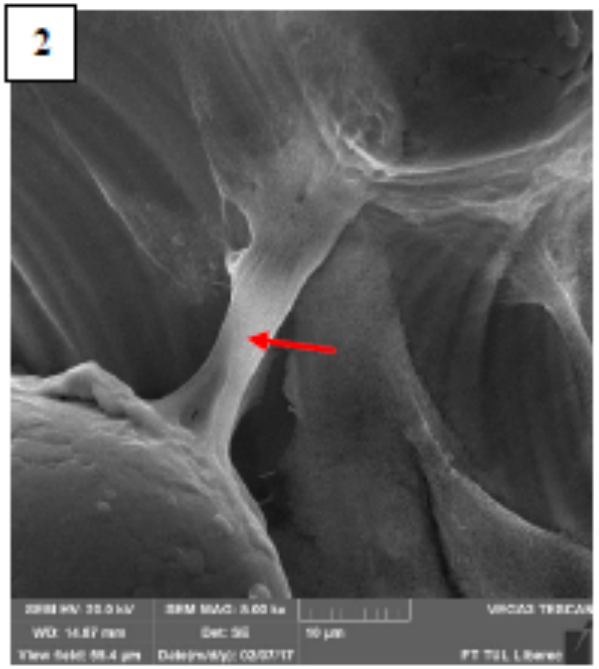
- 3 typy testovaných povrchů:
  1. Bez dokončovacích operací
  2. Očištěno tlakovým vzduchem
  3. Tryskáno balotinou

- Další úpravy vzorků před testem:
  1. Očištění ultrazvukem (2 × 15 minut v acetonu, 2 × 20 minut v destilované vodě)
  2. Sterilizace v autoklávu

Cytotoxicita



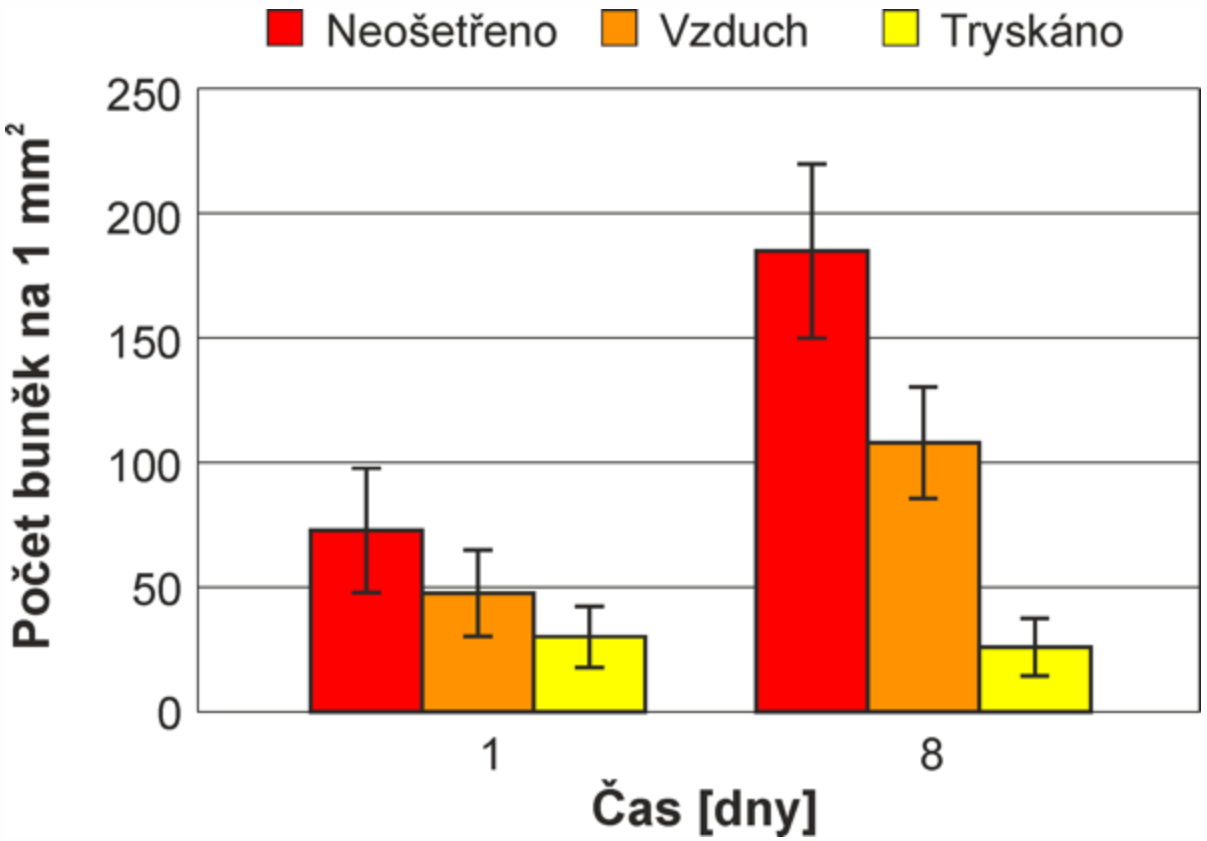
Neošetřeno

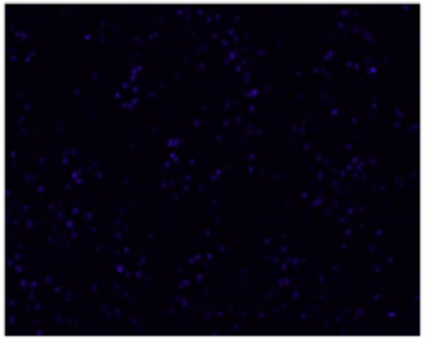


Očištěno vzduchem

Tryskáno

Cytotoxicita



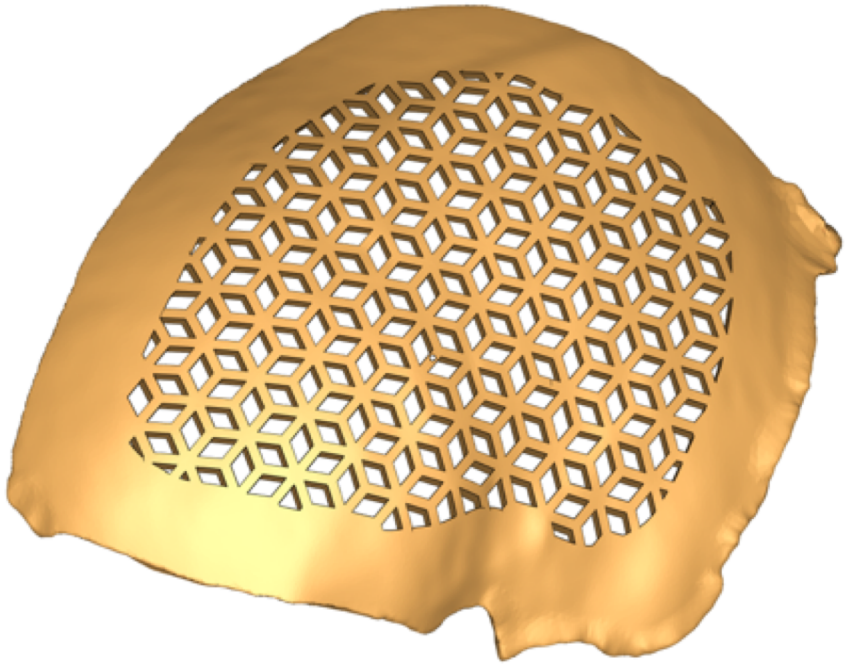


Počet buněk na různých úpravách vzorků
(vyhodnocení dle fluorescenční mikroskopie)

Individuální kraniální implantát

Studie tvarové přesnosti, materiál Ti-6Al-4V

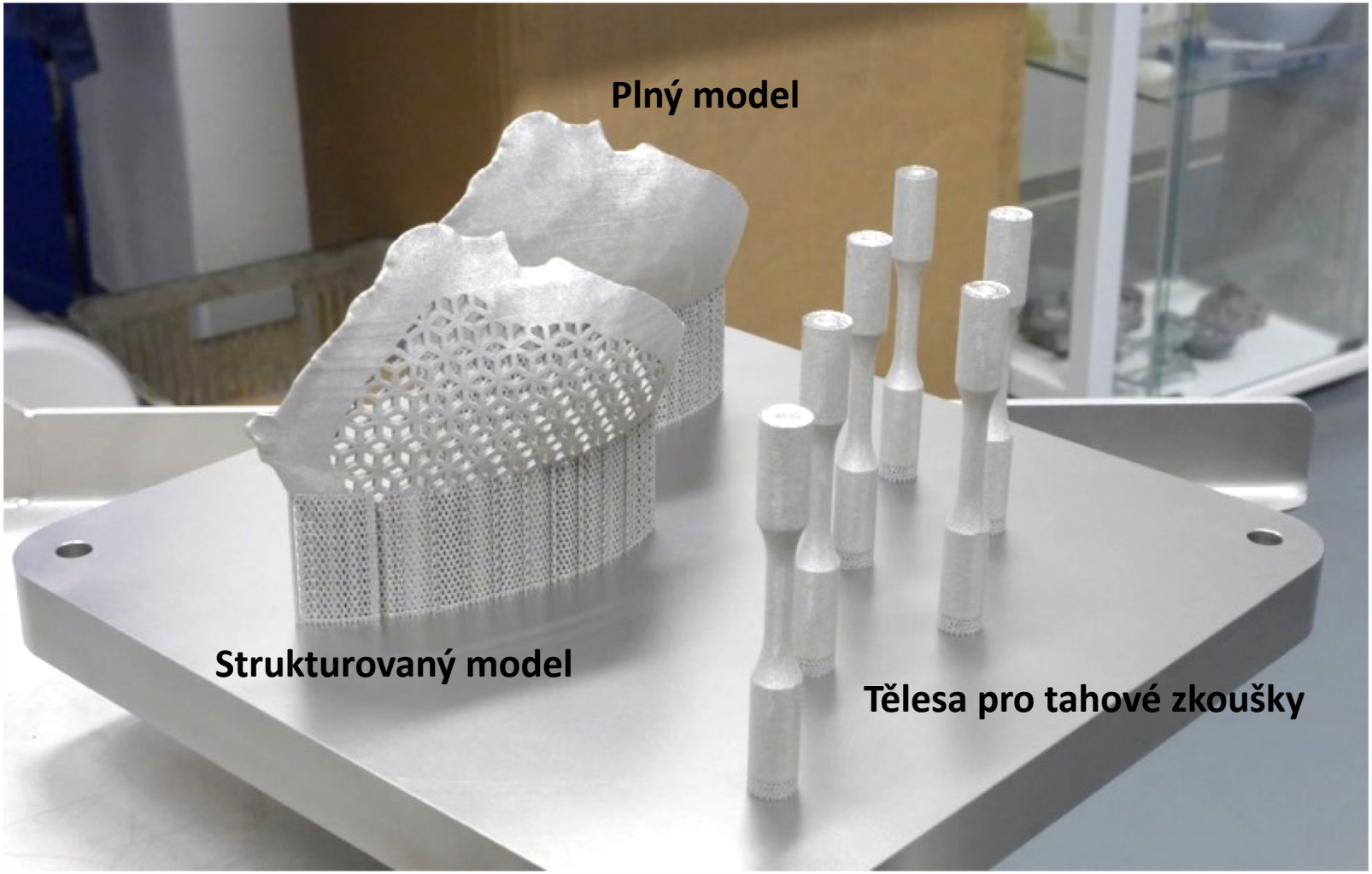
Plný model



Strukturovaný model

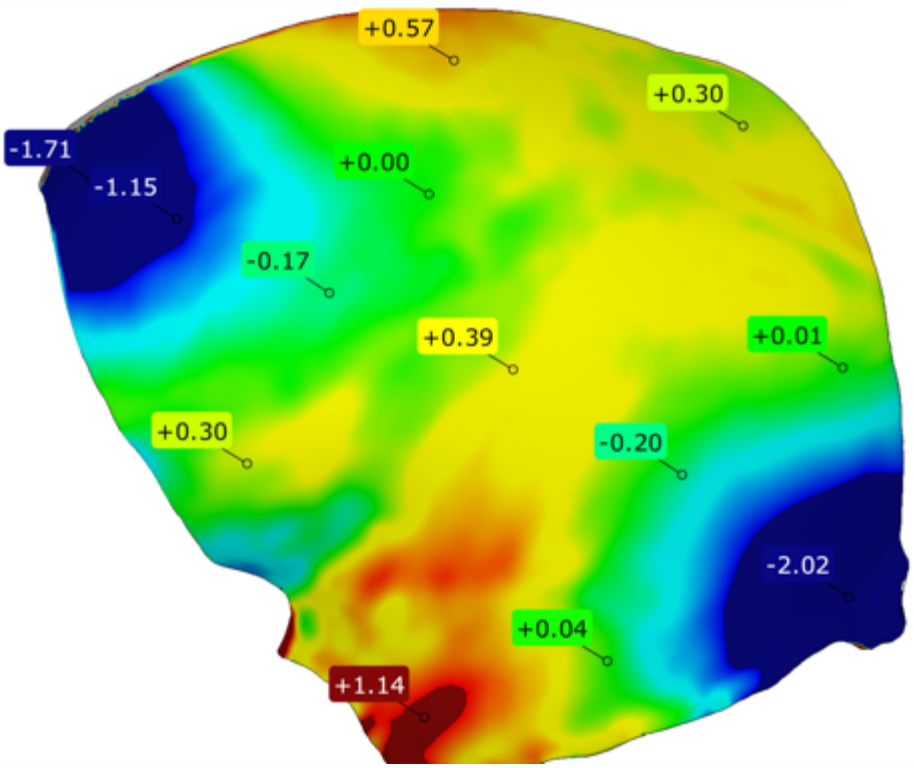
Individuální kraniální implantát

Studie tvarové přesnosti, materiál Ti-6Al-4V

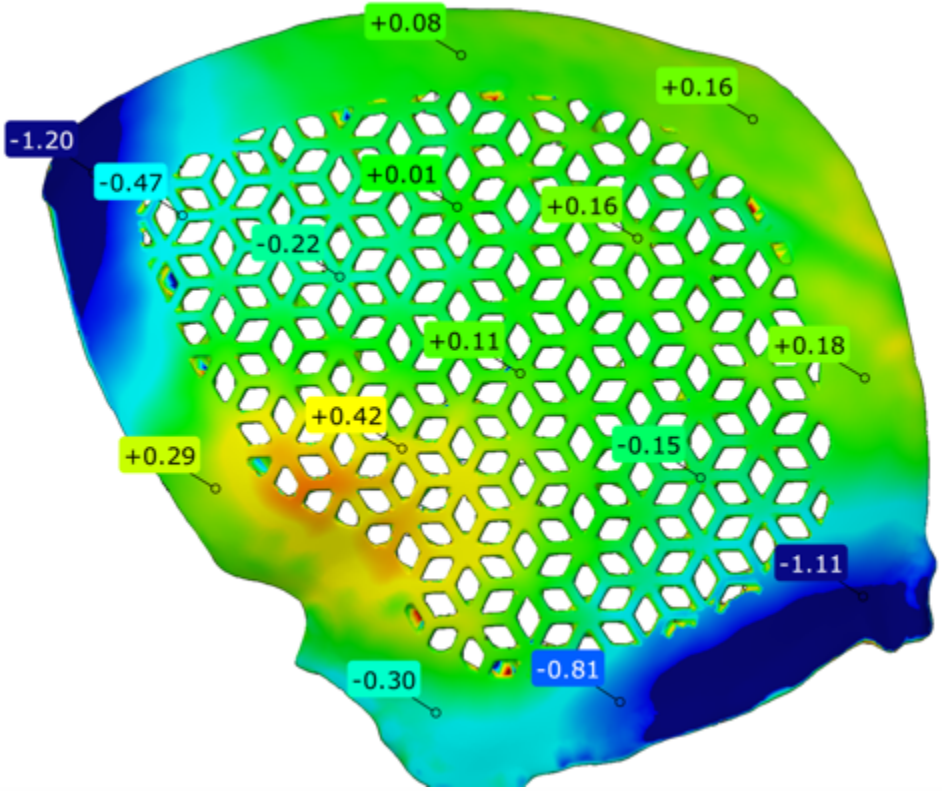


Individuální kraniální implantát

Studie tvarové přesnosti, materiál Ti-6Al-4V



Plný model



Strukturovaný model

Individuální kraniální implantát

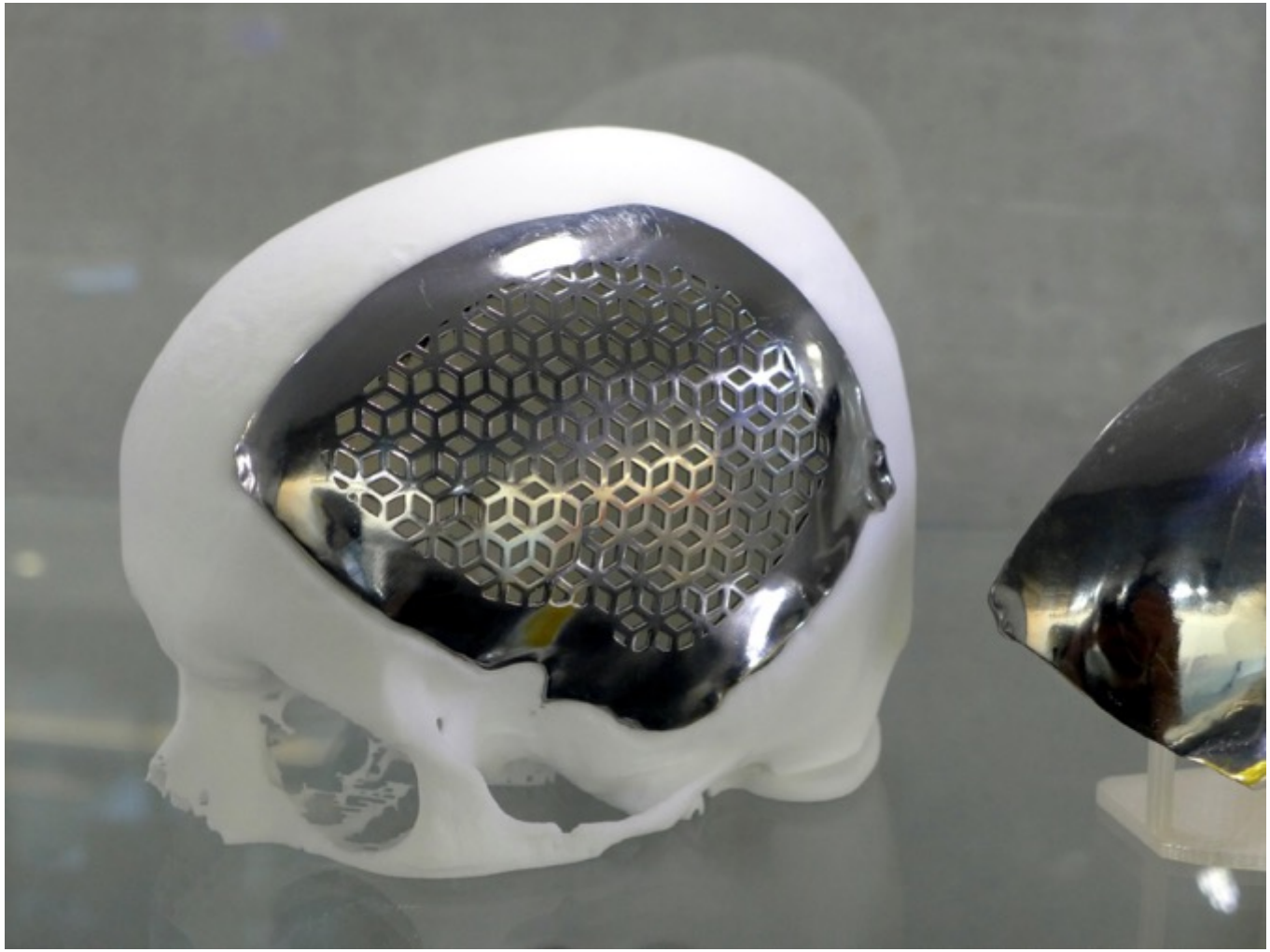
Redukce hmotnosti 33%

Plný model

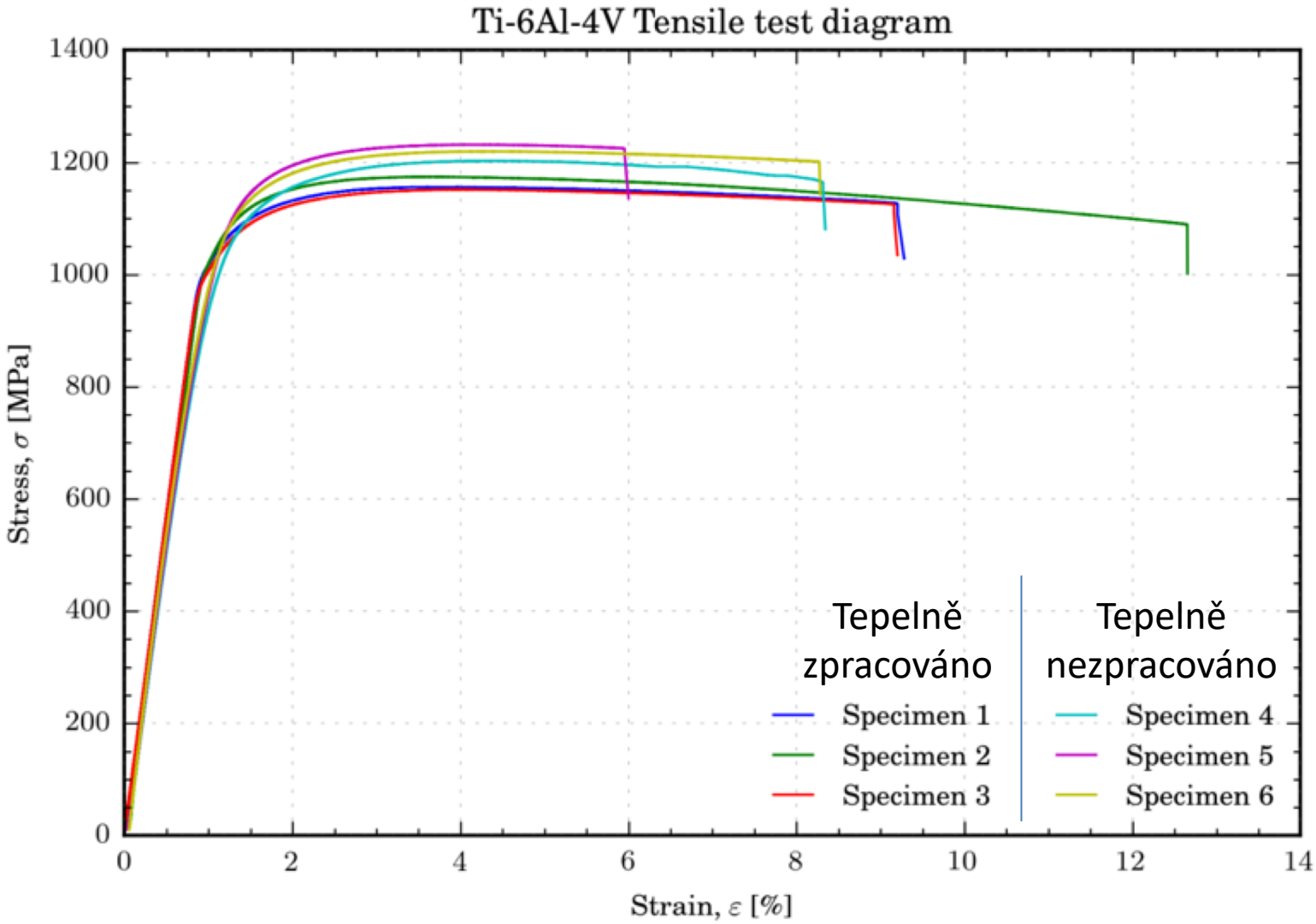
Strukturovaný model

Individuální kraniální implantát

Zkouška implantátu na SLS modelu lebky pacienta



Výsledky tahových zkoušek



SLM | Možné oblasti spolupráce

Vývoj procesních parametrů pro kovové materiály

- nalezení procesního okénka pro danou slitinu
- analýza porozity
- analýza mikrostruktury

Kompletní vybavení pro mechanické testy materiálů

- tahové testy
- rázové testy
- cyklické testy (S-N, E-N křivky)
- tvrdost; mikrotvrdost
- zkouška ohybem

Testování cytotoxicity potenciálně biokompatibilních materiálů

laboratoř prototypových technologií a procesů

Kontakty:

Jiří Šafka
jiri.safka@tul.cz

Michal Ackermann
michal.ackermann@tul.cz