

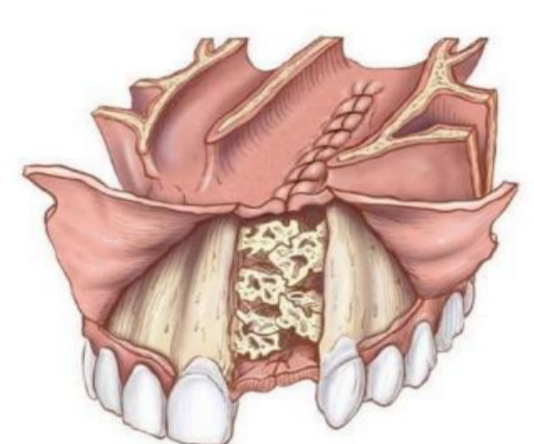
Návrh a optimalizace 3D tisku implantátu pro rekonstrukci alveolárního rozštěpu

Vendula Korábová
Ústav materiálových věd a inženýrství



CÍLE PRÁCE

- Příprava personalizovaného implantátu pro rekonstrukci alveolárního rozštěpu 3D tiskem (DLP) s dílčími cíli:
 - Optimalizace prášku pro přípravu suspenze
 - Příprava tisknutelné suspenze z β -TCP a HA
 - Optimalizace tiskových parametrů pro tisk suspenzí
 - Optimalizace dvomateriálového tisku



Defekt alveolárního rozštěpu s výplní autologního kostního štěpu

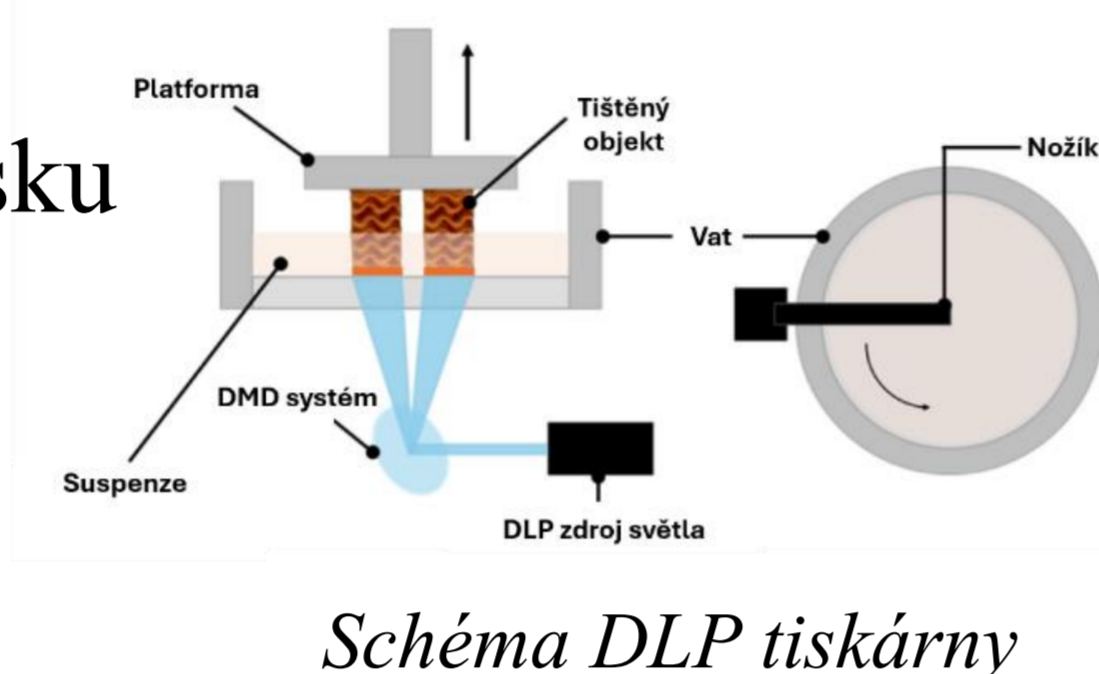


Schéma DLP tiskárny

SCHÉMA EXPERIMENTŮ

Syntéza β -TCP prášku

Precipitační reakce
 $3Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O + 2(NH_4)_2HPO_4 + 2NaOH \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 4NH_4NO_3 + 2NaNO_3 + 14H_2O$

Parametry

- pH 7,5
- Stálé míchání

Optimalizace plnění a tisku β -TCP

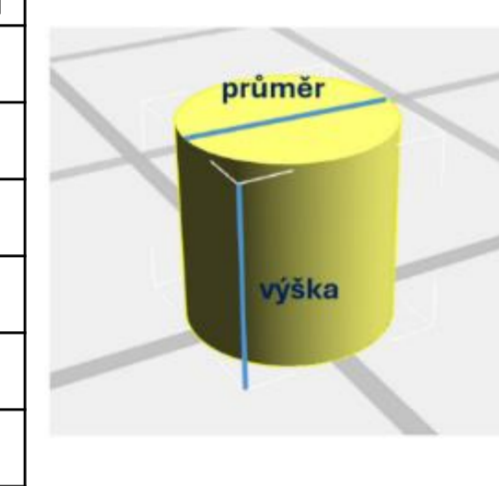
Suspenze = prášek + monomer + fotoiničátor + aditiva

Energie tisku
 ▪ 150 – 450 mJ/cm²

Tisk
 ▪ Válec 5x5 mm

Tabulka namíchaných suspenzí

Suspenze	Prášek	Plnění [hm.%]
T1	β -TCP	55
T2	β -TCP	60
T3	β -TCP	62,3
T4	β -TCP	65
T5	β -TCP	70
H1	HA	65



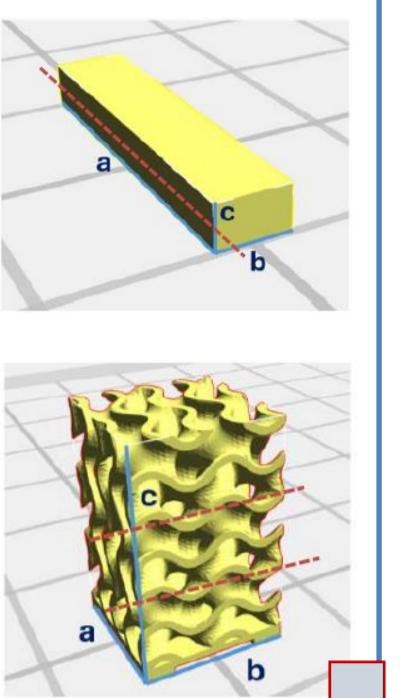
Dvomateriálový tisk – HA + β -TCP

Tabulka kombinací suspenzí

Tisk	Suspenze
M1	T4 + H1
M2	T3 + H1
M3	T2 + H1
M4	T1 + H1

Energie tisku
 ▪ 350 mJ/cm²

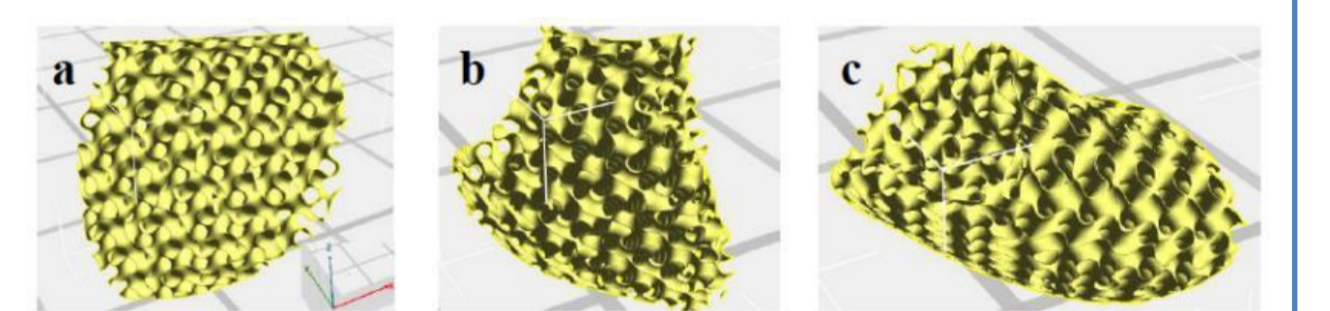
Tisk
 ▪ Trámek 20x2,5x4,5 mm
 ▪ Gyroid 10x5x5 mm



Tisk modelu implantátu

Energie tisku
 ▪ 350 mJ/cm²

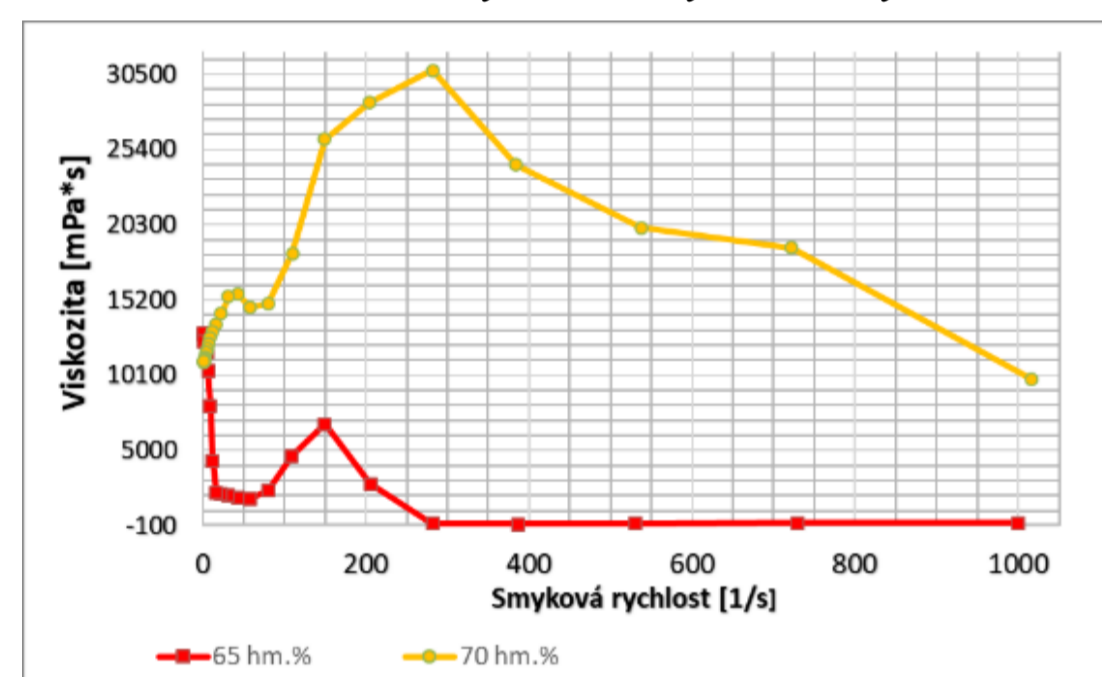
Tisk implantátu
 ▪ max. rozměr \approx 19 mm



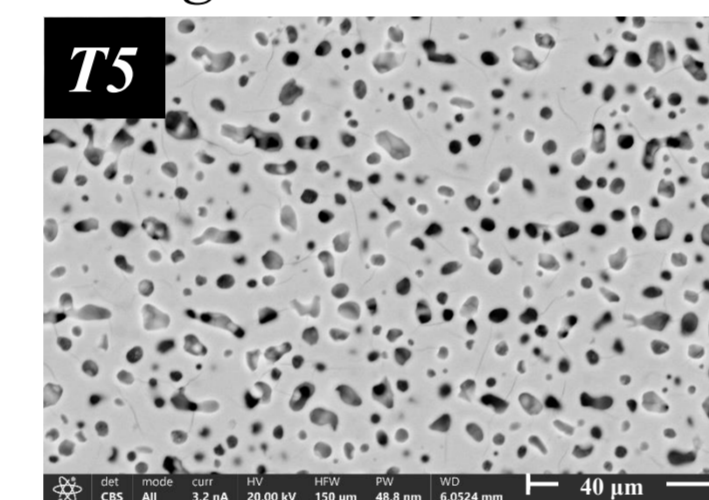
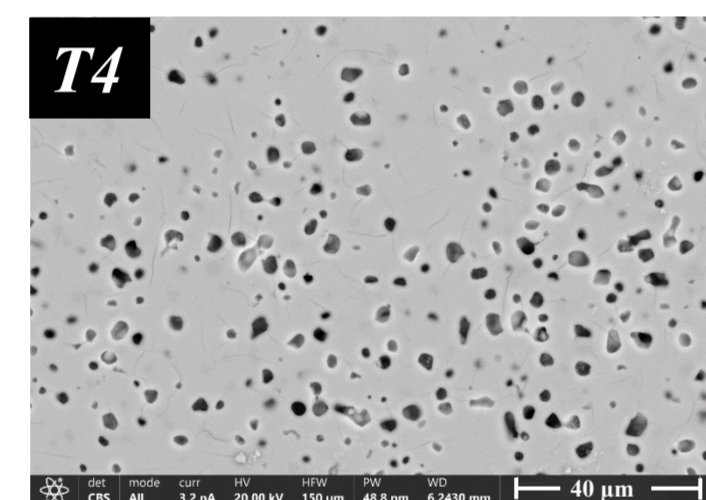
OPTIMALIZACE PLNĚNÍ A TISKU SUSPENZÍ β -TCP

Optimalizace plnění

Závislost viskozity na smykové rychlosti



Mikrostruktura válců z T4, T5; Energie tisku 450 mJ/cm²



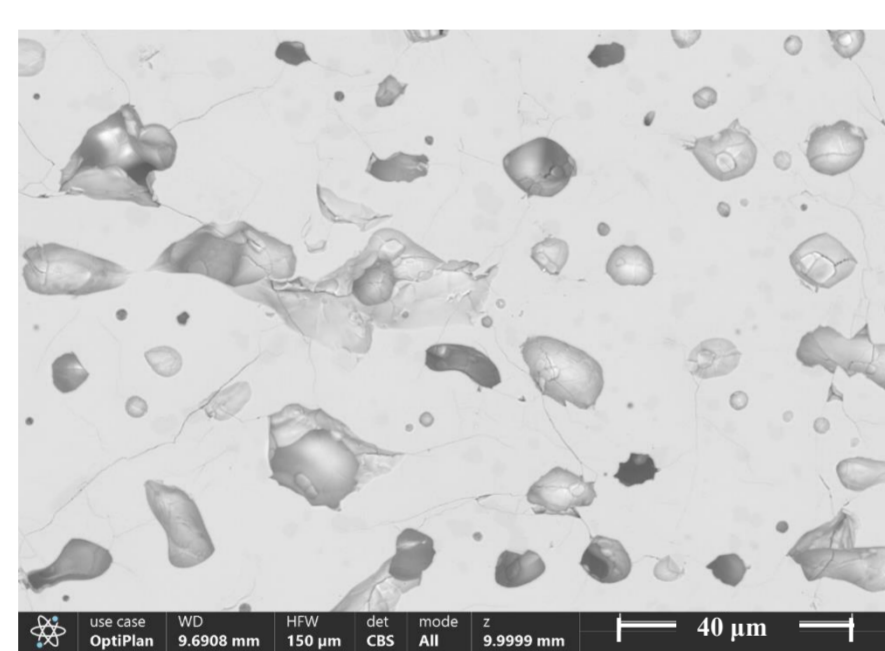
Smrštění: Výška = 27,17 %
 Hustota: 83,94 % t.h.
 Průměr = 24,45 %

Smrštění: Výška = 19,32 %
 Hustota: 78,41 % t.h.
 Průměr = 19,39 %

Optimalizace energie tisku

T4	Smrštění [%]		přel [% t.h.]
	Výška	Průměr	
150 mJ/cm ²	21,97	24,79	75,99
225 mJ/cm ²	19,21	24,30	76,36
350 mJ/cm ²	19,69	26,26	76,78
450 mJ/cm ²	24,45	27,17	83,94

Mikrostruktura pro 350 mJ/cm²



Suspenze T4 byla lépe zpracovatelná. Vyšší energie tisku = vyšší smrštění a hustota. Lepení výtisku k vatu, křehkost během manipulace pro 450 mJ/cm².

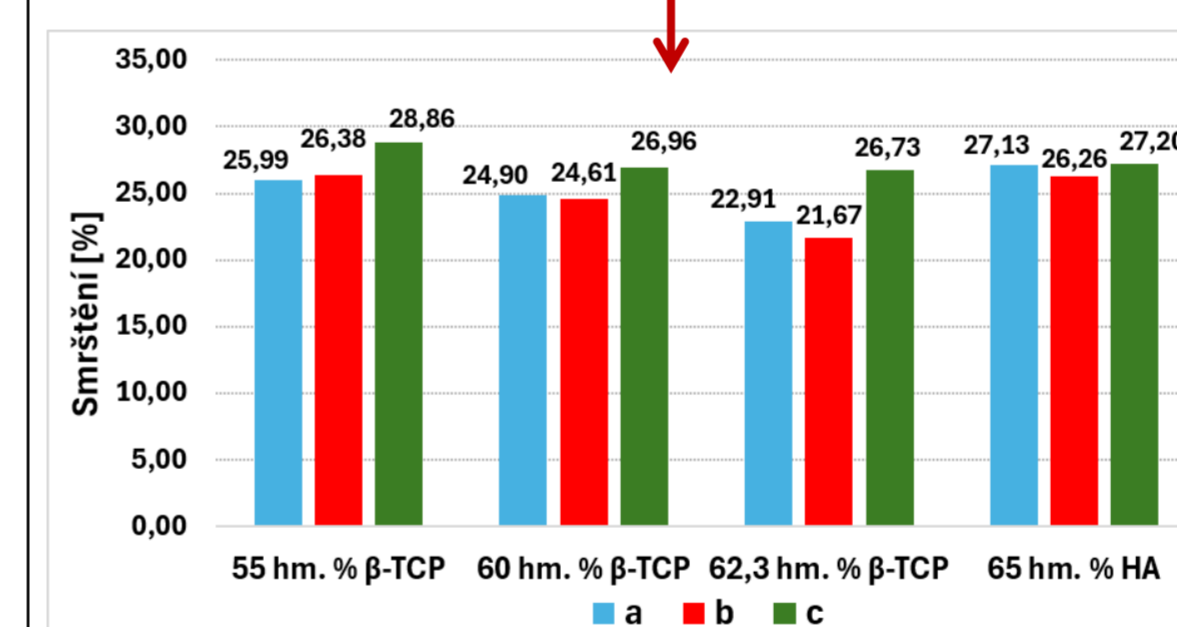
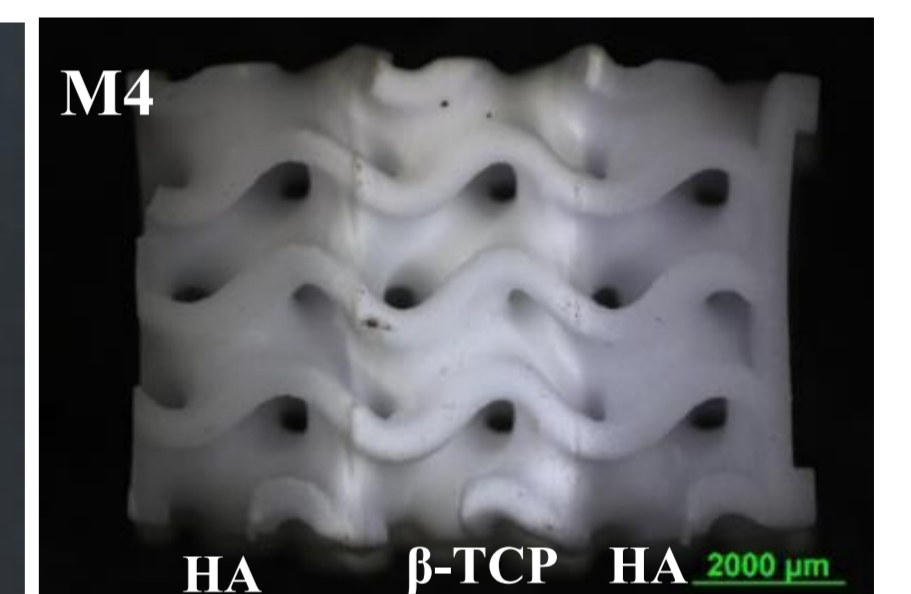
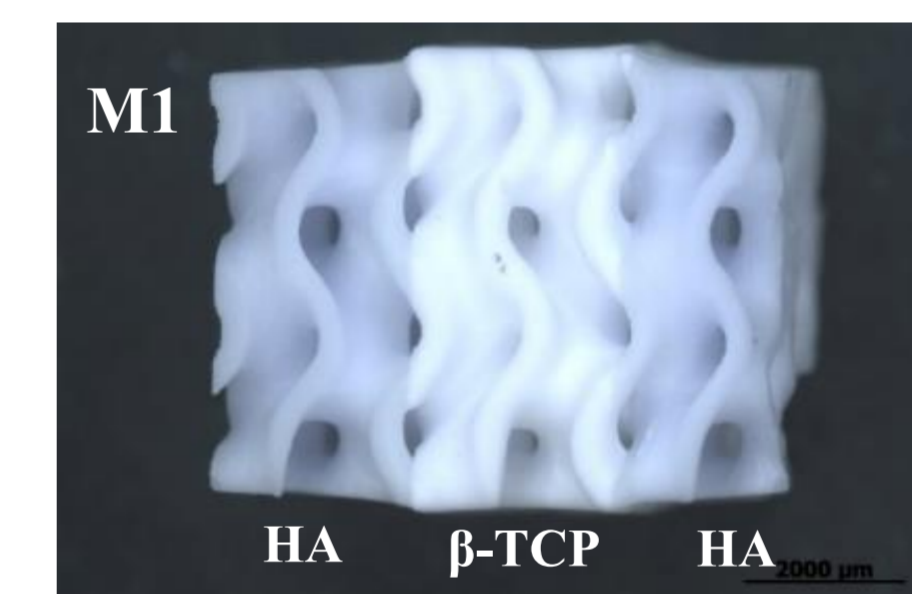
Zvoleno:
T4; 350 mJ/cm²

OPTIMALIZACE DVOUMATERIÁLOVÉHO TISKU

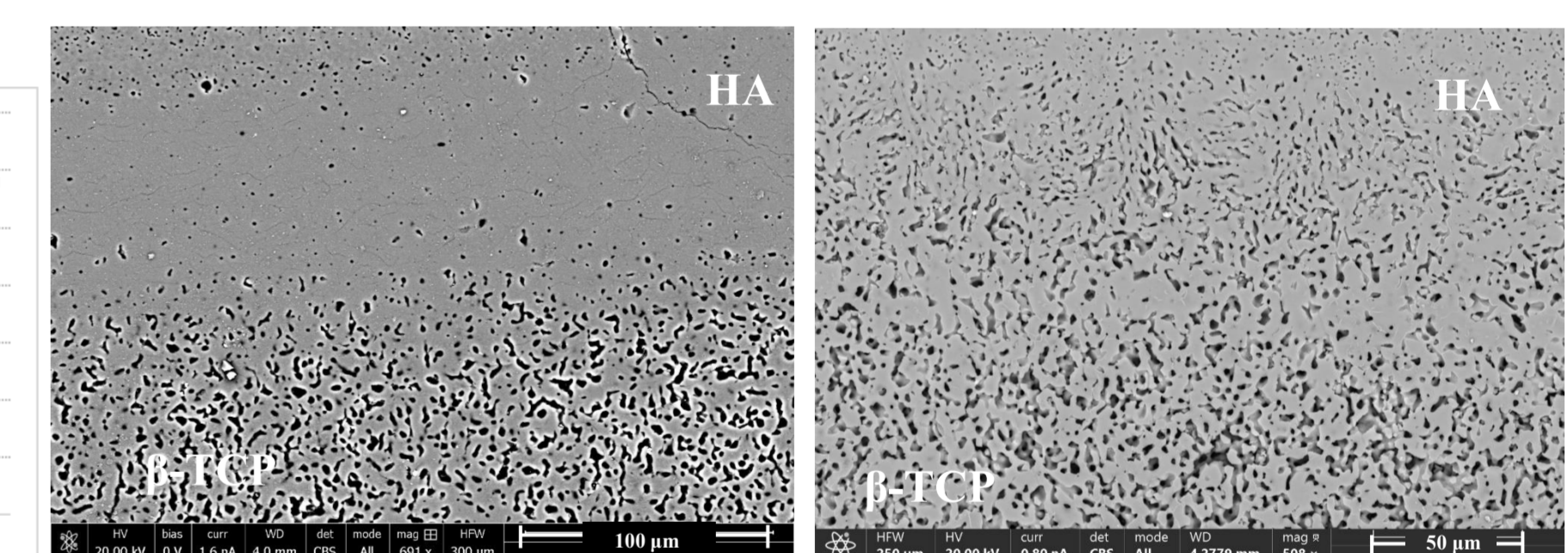
Tištěny byly čistě β -TCP trámky (změna smrštění se snižujícím se plněním), tříúrovňové gyroidy, dvouúrovňové trámky

Snižující plnění β -TCP suspenze vedlo ke zmenšení rozdílu smrštění HA a β -TCP, zlepšení rozhraní. Struktura gyroidu byla schopna absorbovat vznikající napětí.

65 hm. % β -TCP; 65 hm. % HA 55 hm. % β -TCP; 65 hm. % HA



Smrštění trámek β -TCP, HA

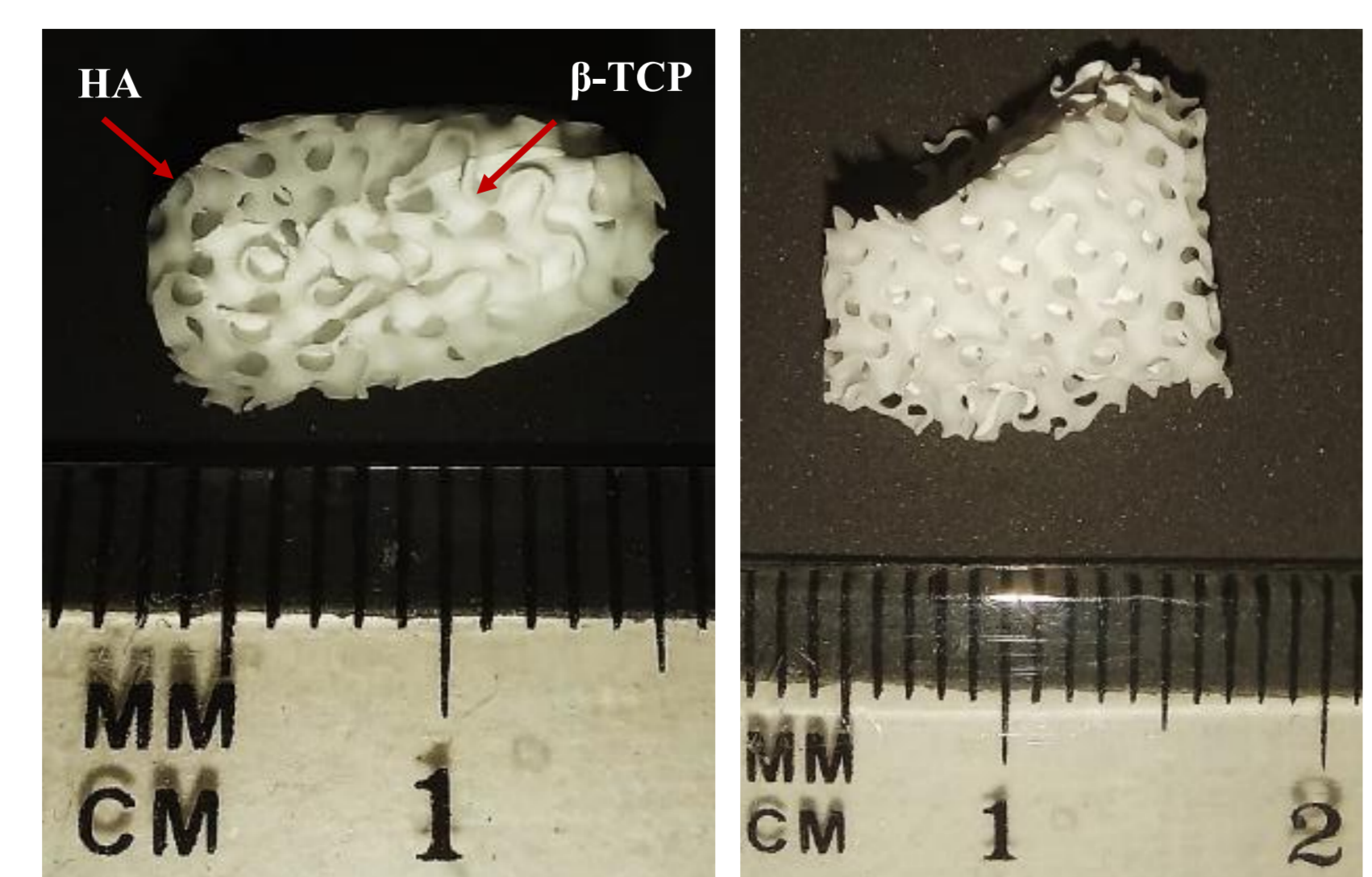
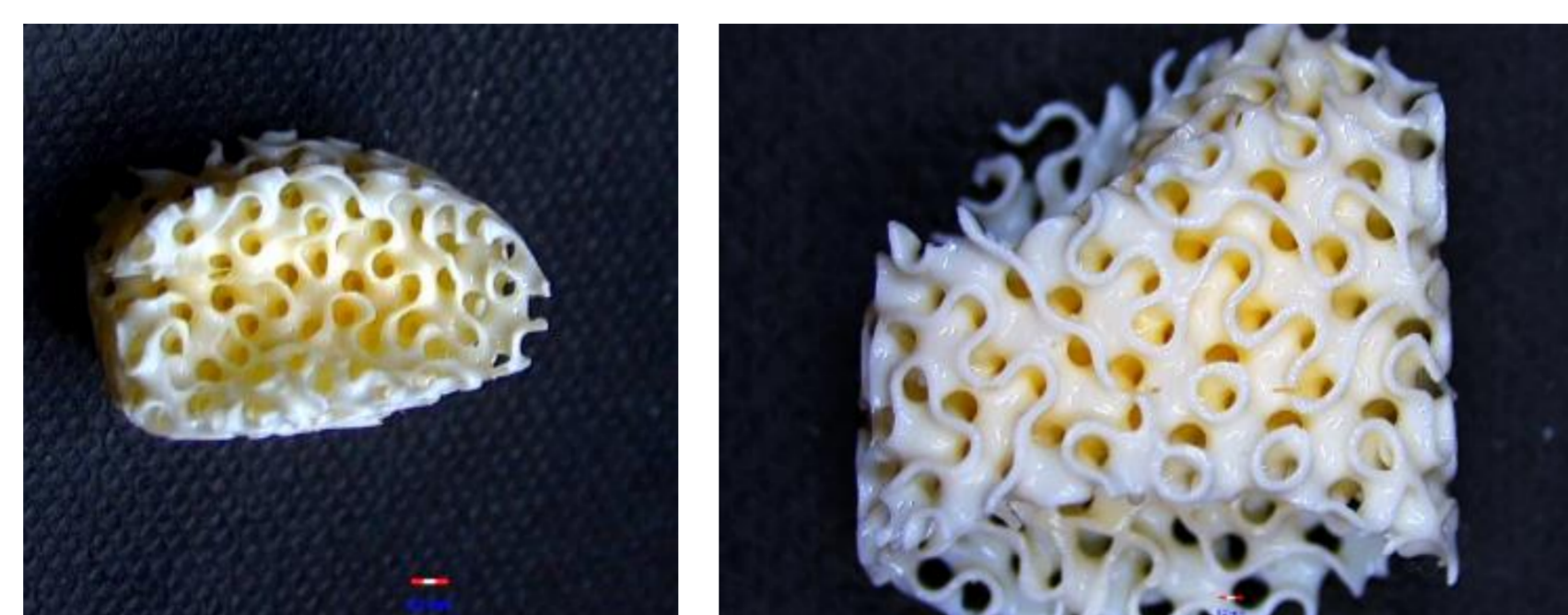
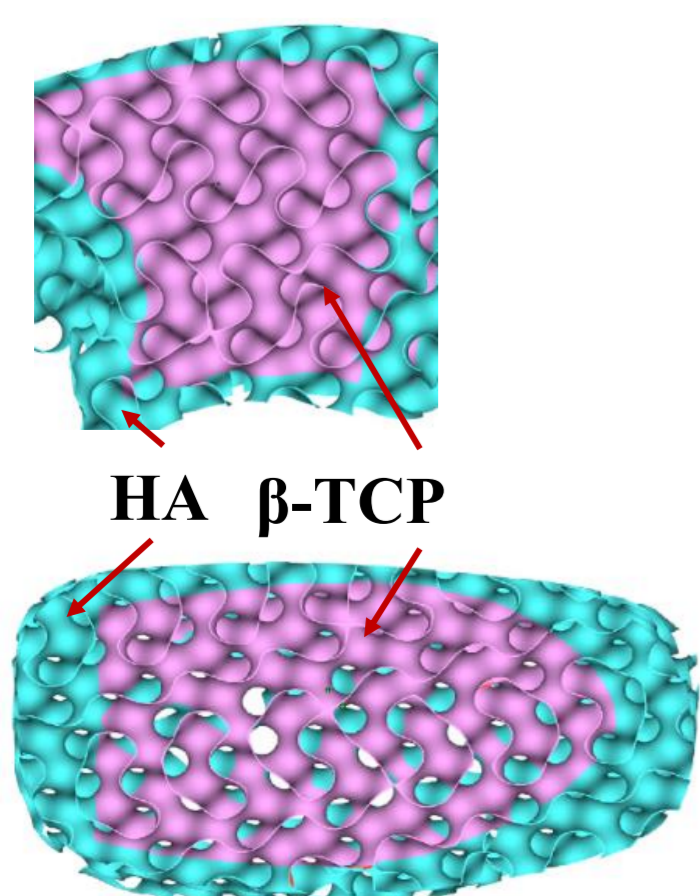


TISK MODELU IMPLANTÁTU

Použita suspenze T1 a H1, energie tisku 350 mJ/cm².

Jádro z β -TCP je méně pevné a rozpustnější, proto umožní prorůstání zubu. Obal z HA je méně rozpustný a pevnější, funguje jako pevný obal implantátu.

Model dvomateriálového implantátu



ZÁVĚR

- Byla optimalizována suspenze pro DLP tisk na bázi β -TCP :
 - Plnění 65 hm. % β -TCP
 - Energie 350 mJ/cm²
- Rozdílné smrštění dvomateriálového tisku způsobilo napětí a deformaci
 - Gyroidy napětí absorbovaly, trámky se prohuly
 - Optimální kombinace suspenzí byla HA 65 hm. % a β -TCP 55 hm. %
- Byl vytištěn jednomateriálový implantát pro defekt alveolární kosti z HA, β -TCP a dvomateriálový implantát kombinací HA a β -TCP
- Další výzkum bude zaměřen na charakterizaci rozhraní, mechanických a biologických vlastností