

Výpočtový model dynamického zatěžování mikro-prutové struktury vyrobené technologií Selective Laser Melting

Ondřej Červinek

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ
Fakulta strojního inženýrství
VUT v Brně

9MOP, 25. 3. 2019



OBSAH PREZENTACE

- Motivace pro řešení problému
- Analýza a zhodnocení získaných poznatků
- Podstata, cíle a přínos disertační práce
- Vědecké otázky a pracovní hypotézy
- Způsob řešení a použité vědecké metody zkoumání

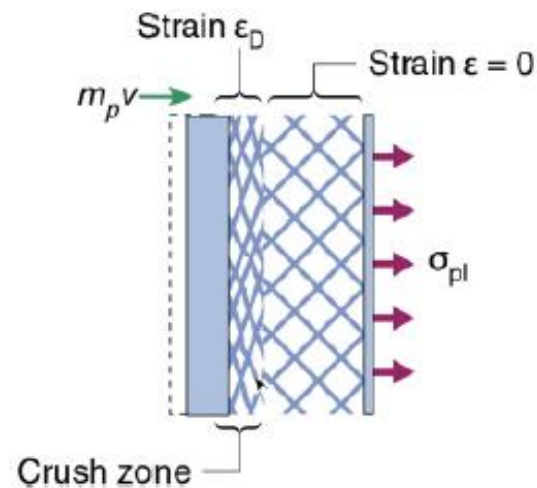


Vzorky pro pádový test po výrobě SLM
(NETME Centre)

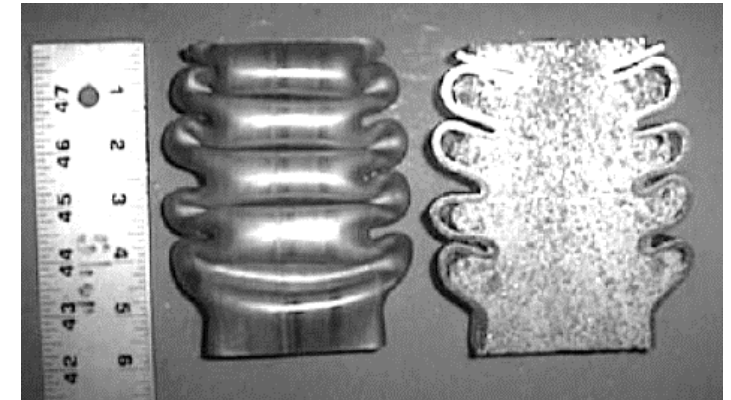
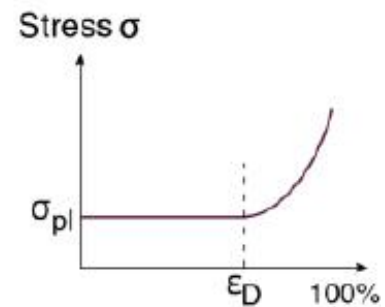
MOTIVACE PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Potenciál prutové BCC struktury vyráběné metodou SLM

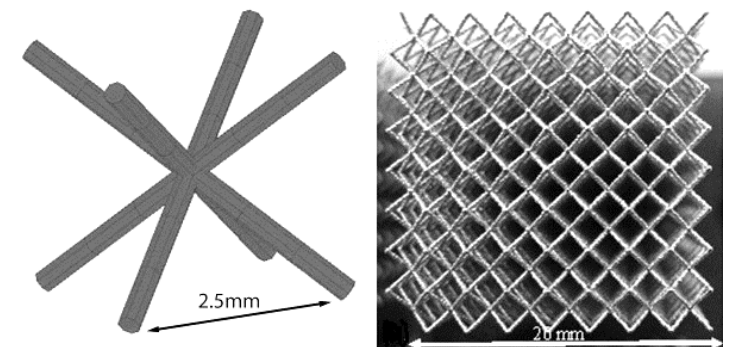
- Zvýšení bezpečnosti v dopravním průmyslu
- Kombinování mikro-prutových struktur s konvenčními absorbéry
- Větší množství použitelných materiálů (SS316L, Ti_6V_4Al , $AlSi_{10}Mg$)
- Návrh komponent pro specifické množství absorbované energie
- Řízení způsobu absorpce energie a deformace při zatěžování



Deformace porézní struktury při rázovém zatížení (Mines 2016)

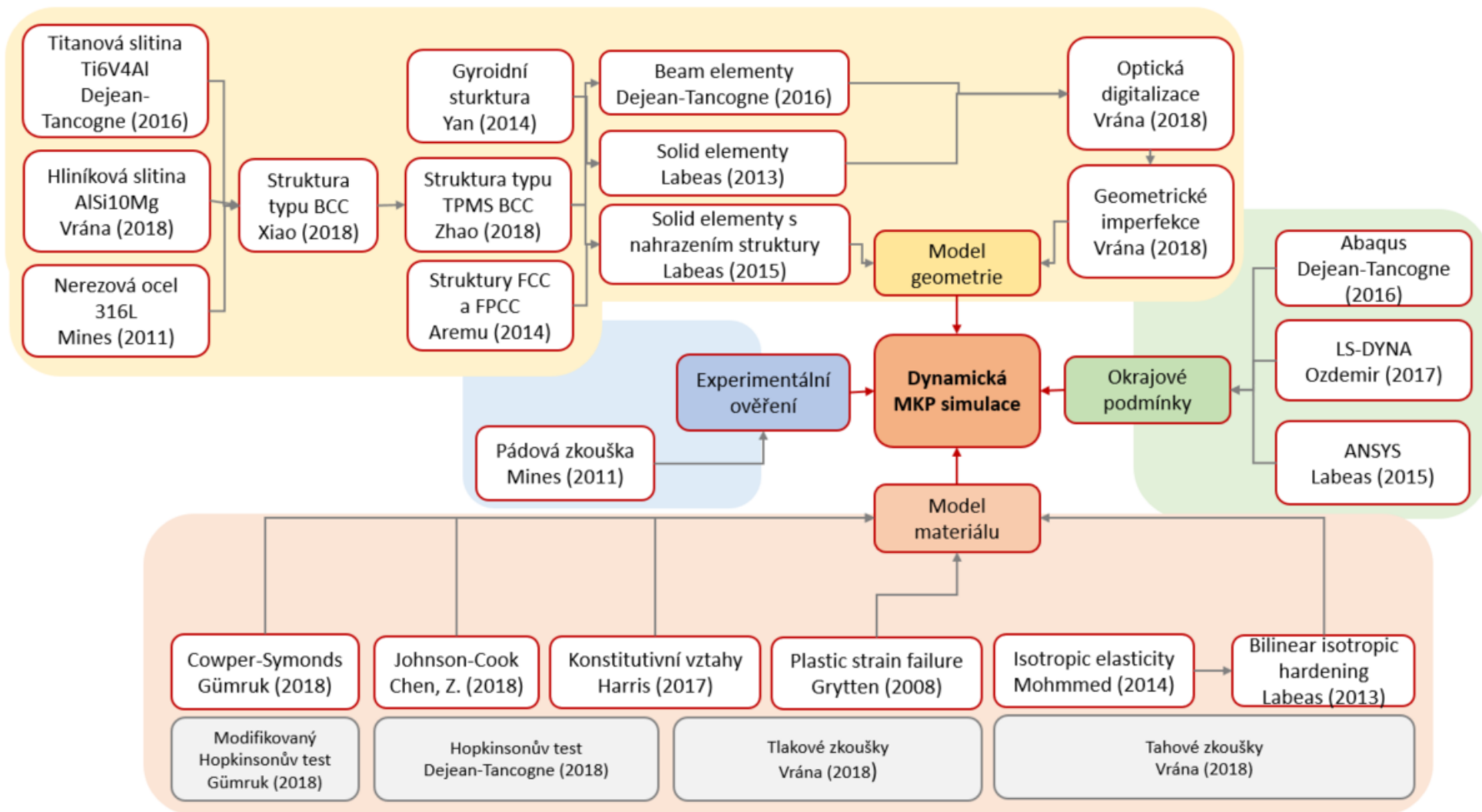


Konvenční absorbér energie vyplněný hliníkovou pěnou (Kremer 2004)

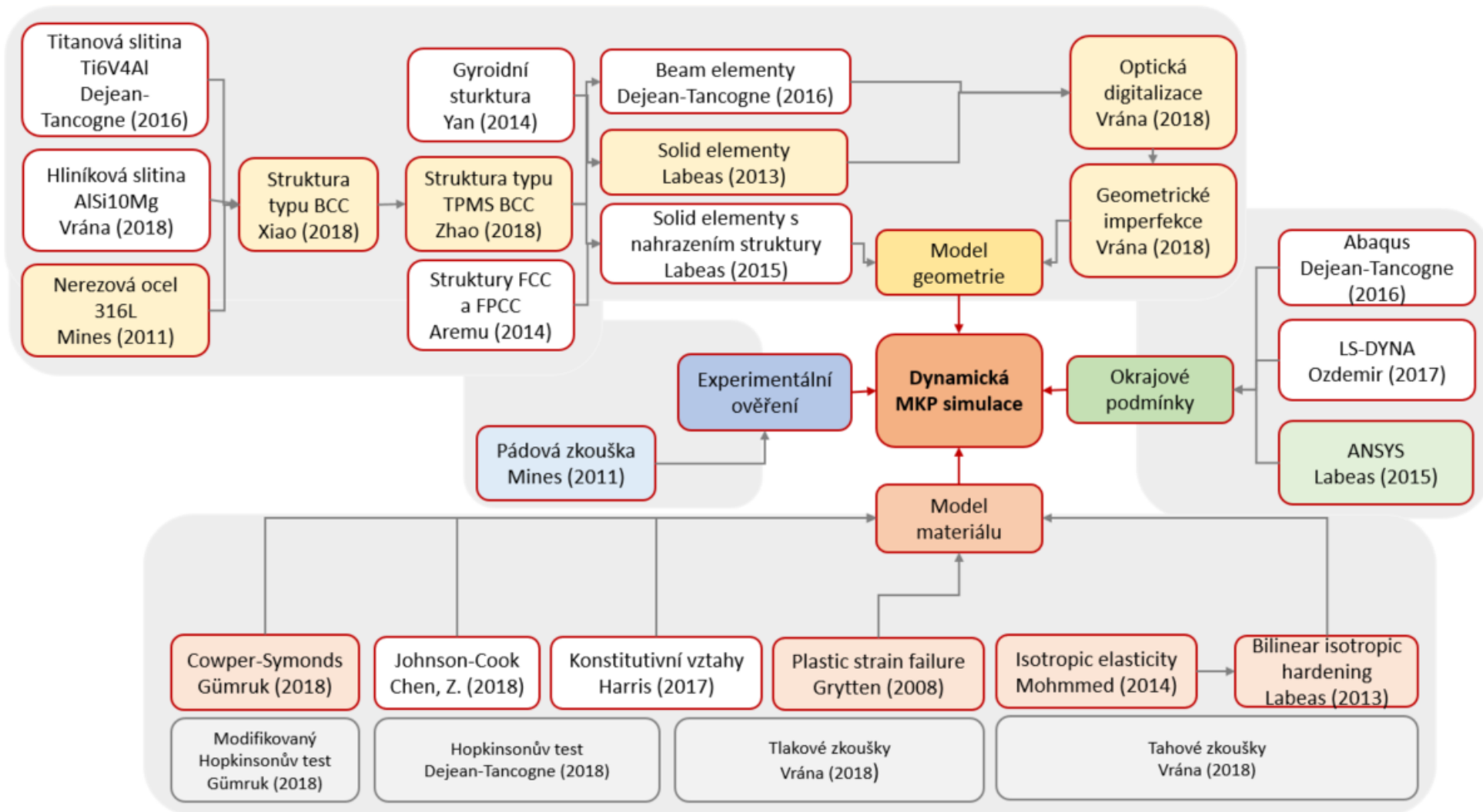


Prutová struktura BCC (Mines 2016)

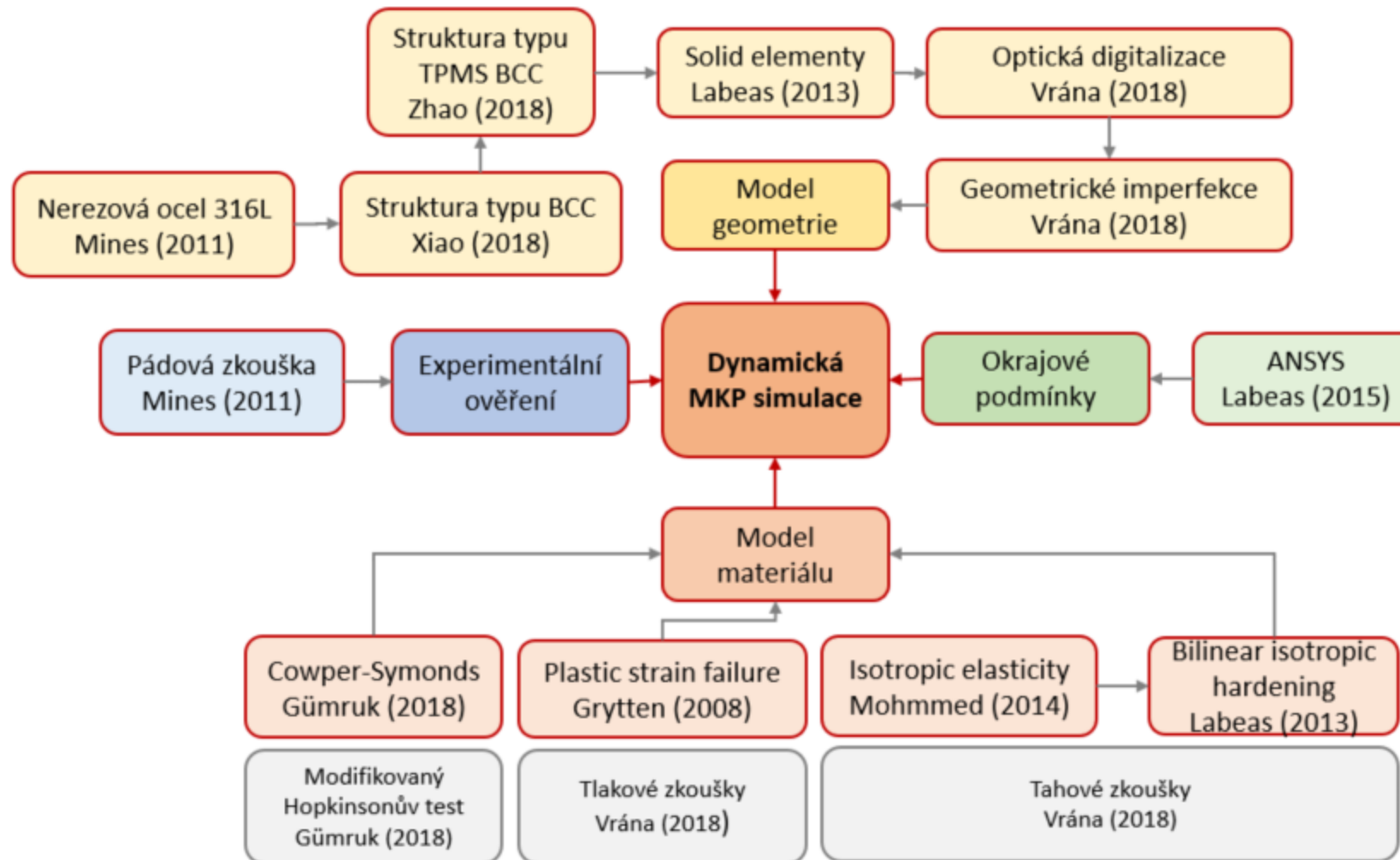
ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ



ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ



ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ



CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

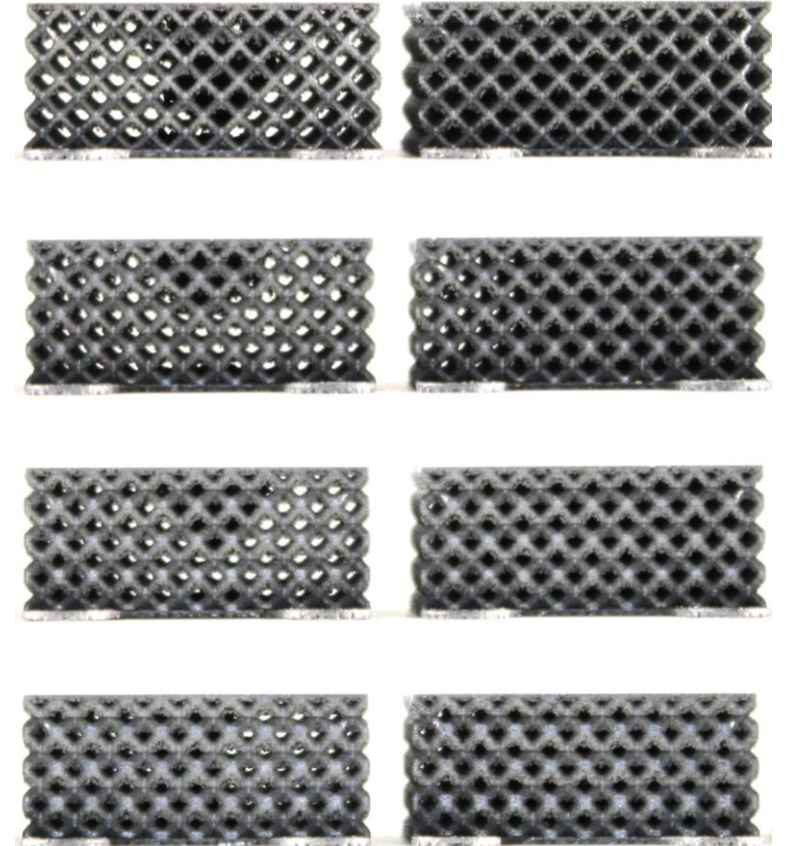
HLAVNÍ CÍL

Vytvoření numerického modelu pro predikci chování dynamicky zatěžovaných mikro-prutových struktur vyrobených technologií Selective Laser Melting se zahrnutím vlivů rychlého zatěžování a imperfekcí výroby.

DÍLČÍ CÍLE

- Definování a provedení testů kvazistatického a dynamického zatěžování
- Stanovení vlivů spojených s rychlostí zatěžování
 - Vyšetření jejich dopadu na absorpci energie
 - Vyšetření deformačního chování mikro-prutové struktury
- Implementace konstitutivních vztahů do modelu materiálu v simulaci
- Zahrnutí imperfekcí vzniklých při výrobě struktur do modelu geometrie

Studie v periodice International Journal of Impact Engineering

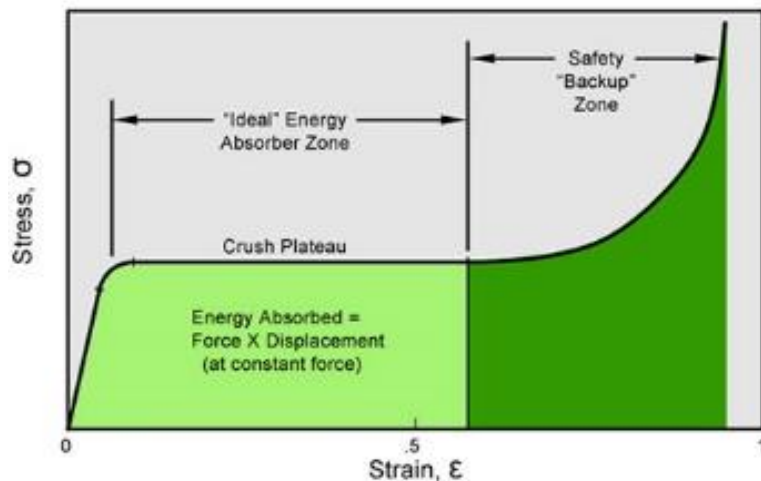


Průřez BCC strukturovaných vzorků (pro průměry prutů 0,6;0,8;1 a 1,2 mm od shora)

PŘÍNOS DISERTAČNÍ PRÁCE

ERG materials & aerospace

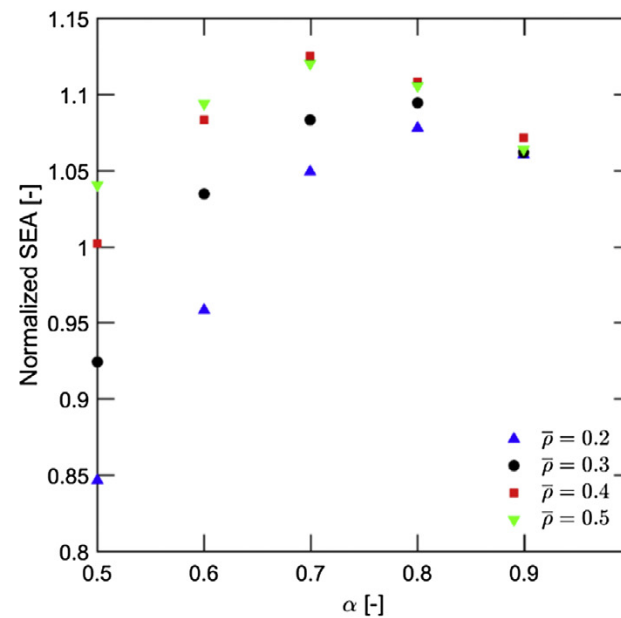
- Tři specifické oblasti zatěžování
- Absorpce kinetické energie při působení konstantního napětí



Model ideálního chování pěnového absorbéru

Tancogne-Dejean (2018)

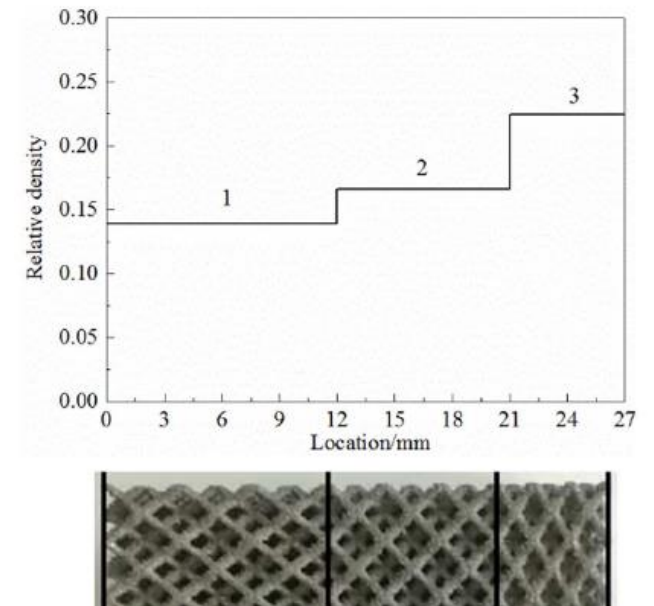
- Nalezení konfigurací s největším absorpčním potenciálem



Množství relativní absorbované energie

Xiao (2018)

- Virtuální testování hybridních geometrií gradientních struktur



Skoková změna objemového podílu

VĚDECKÉ OTÁZKY A PRACOVNÍ HYPOTÉZY

Vědecká otázka 1

„Jaké konstitutivní vztahy je třeba použít pro přesný matematický popis chování mikro-prutové struktury vyrobené technologií SLM při dynamickém zatěžování?“

Pracovní hypotéza 1

„Při vyšších rychlostech se začínají projevovat efekty velkých deformací, mikro-setrvačnosti, dynamického zpevnění apod. Nejvíce chování struktury ovlivňuje citlivost materiálu na rychlost poměrné deformace. Tu je možné popsat pomocí Cowper-Symondsova konstitutivního vztahu.“

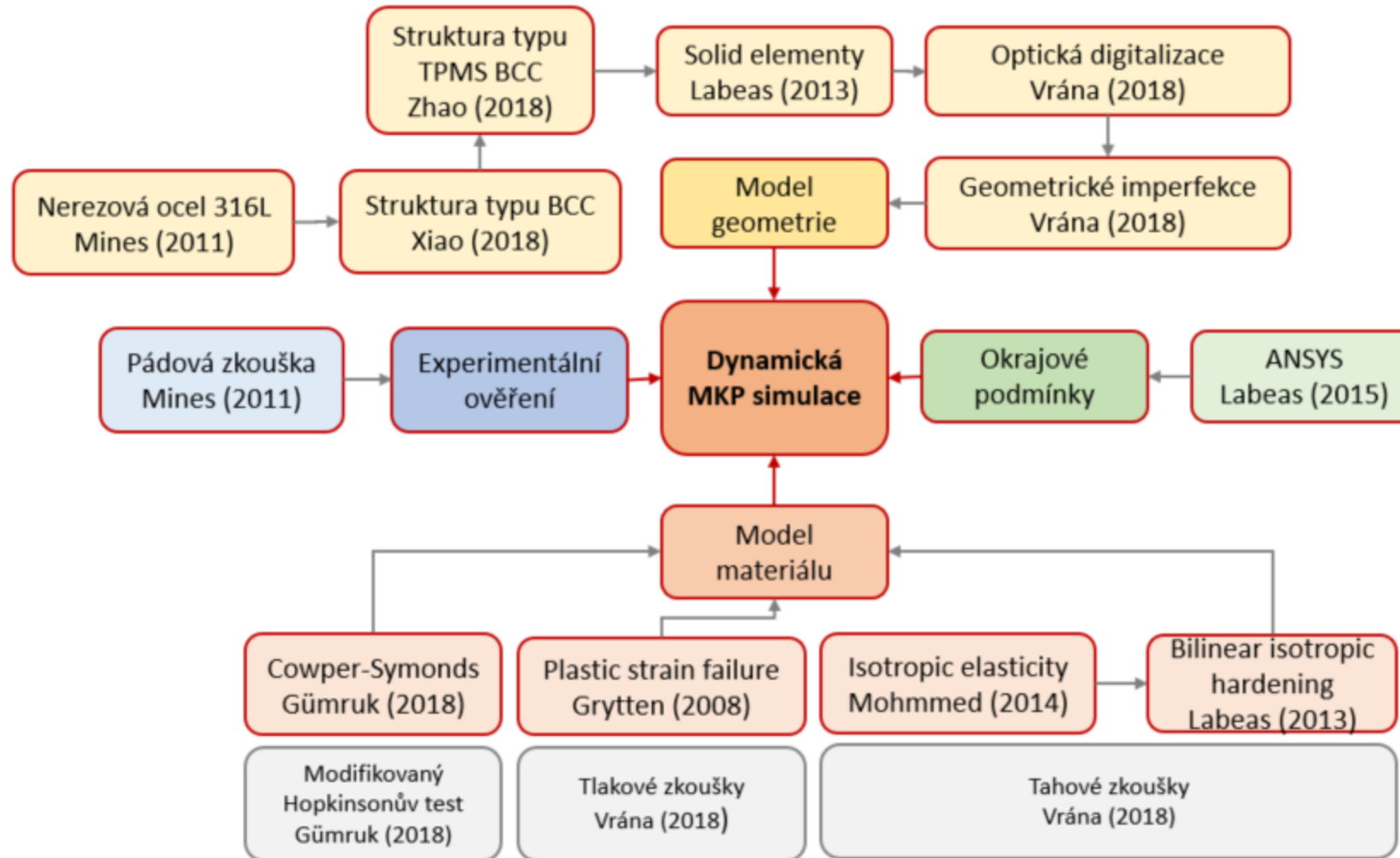
Vědecká otázka 2

„Jak ovlivňují geometrické imperfekce mechanickou odezvu dynamicky zatěžovaných mikro-prutových struktur vyrobených z nerezové oceli 316L?“

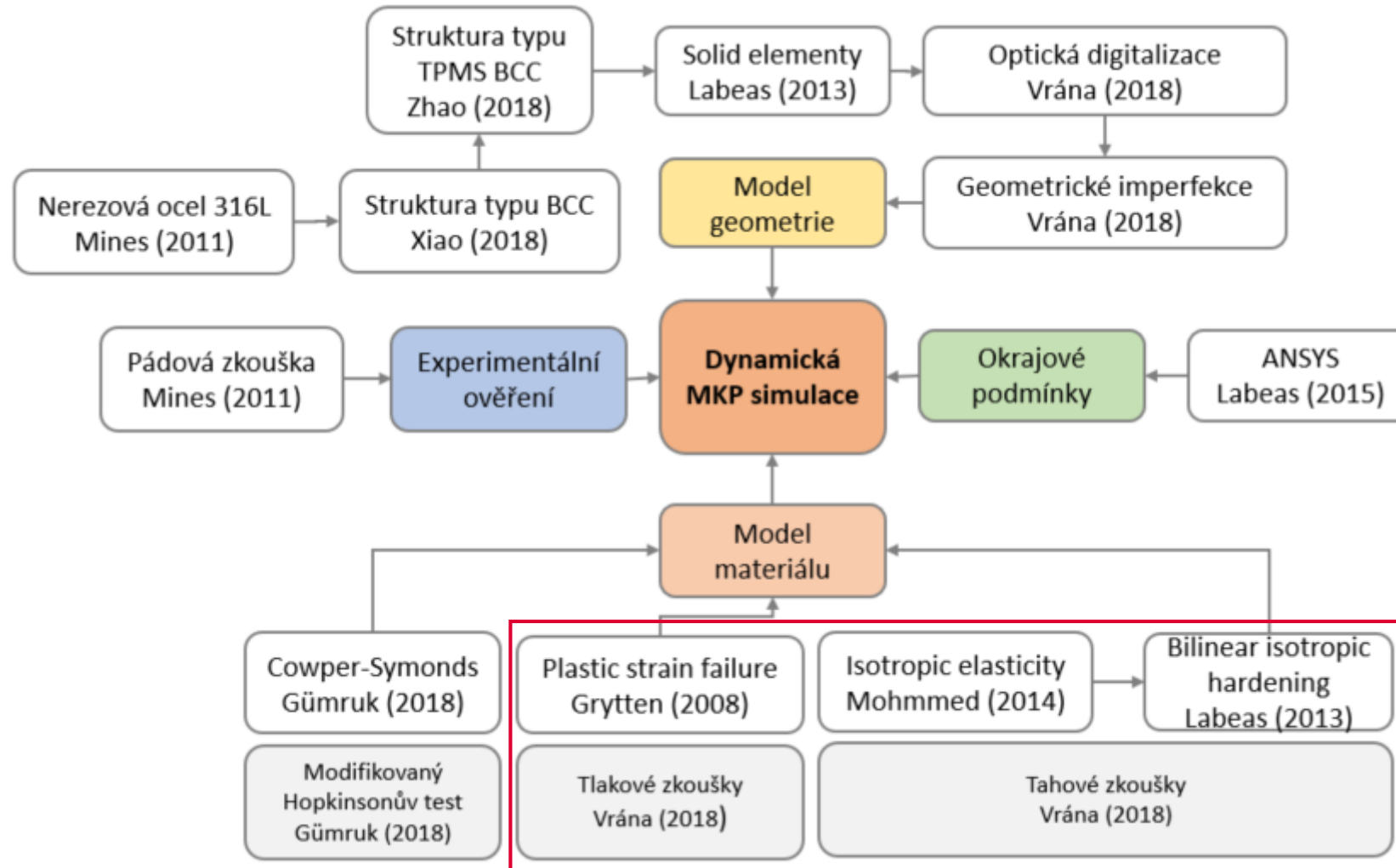
Pracovní hypotéza 2

„Při inspekci mikro-prutových struktur po výrobě je možné pozorovat imperfekce několika typů. Jde především vlnitost prutů, změnu tvaru jejich průřezu a průměru nebo vnitřní porozitu. Největší vliv na mechanické vlastnosti by mělo mít společné působení faktorů spojených se změnou průměru a průřezu prutu.“

POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

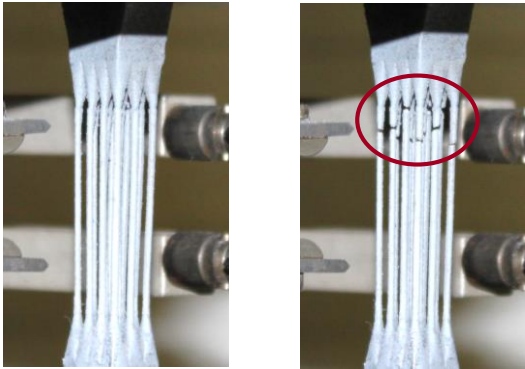


POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

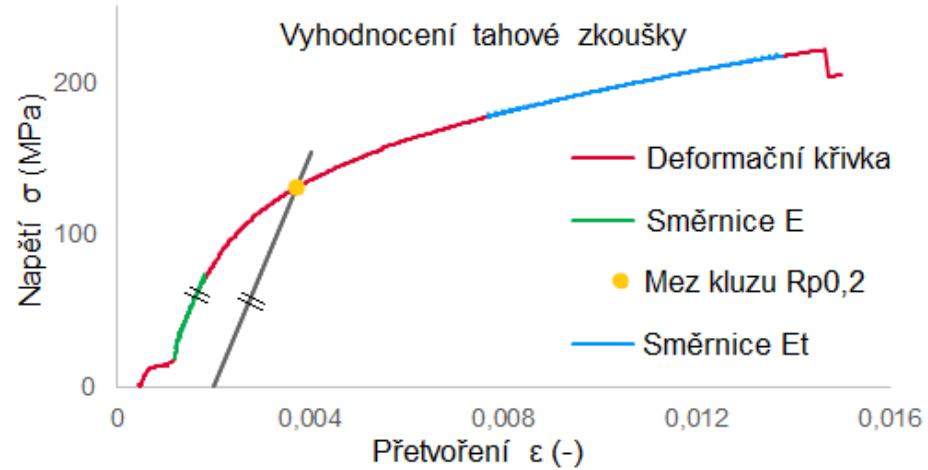


POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

Zwick Z250 (rychlost $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)

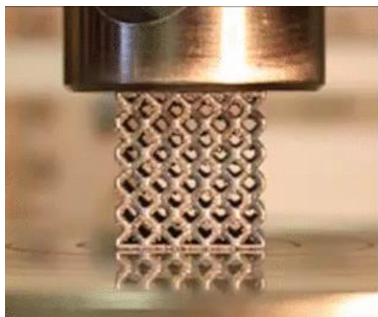


Tahová zkouška prutových vzorků

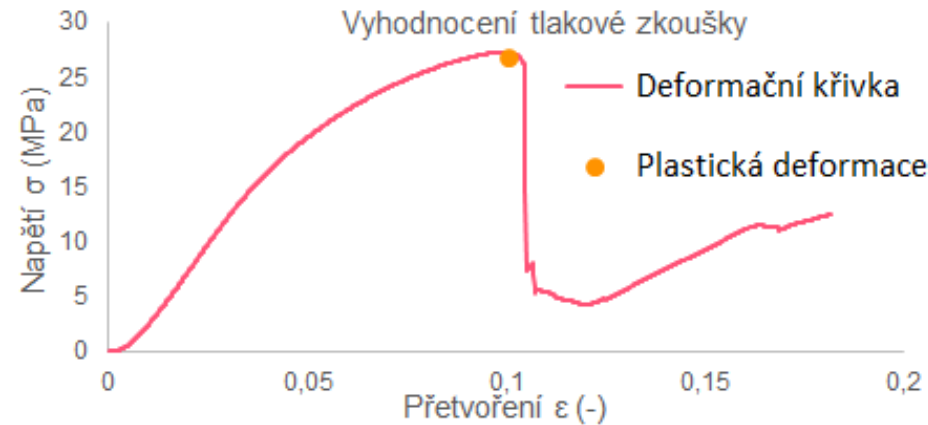


Model materiálu

E
 $R_{p0,2}$
 E_t



Tlaková zkouška



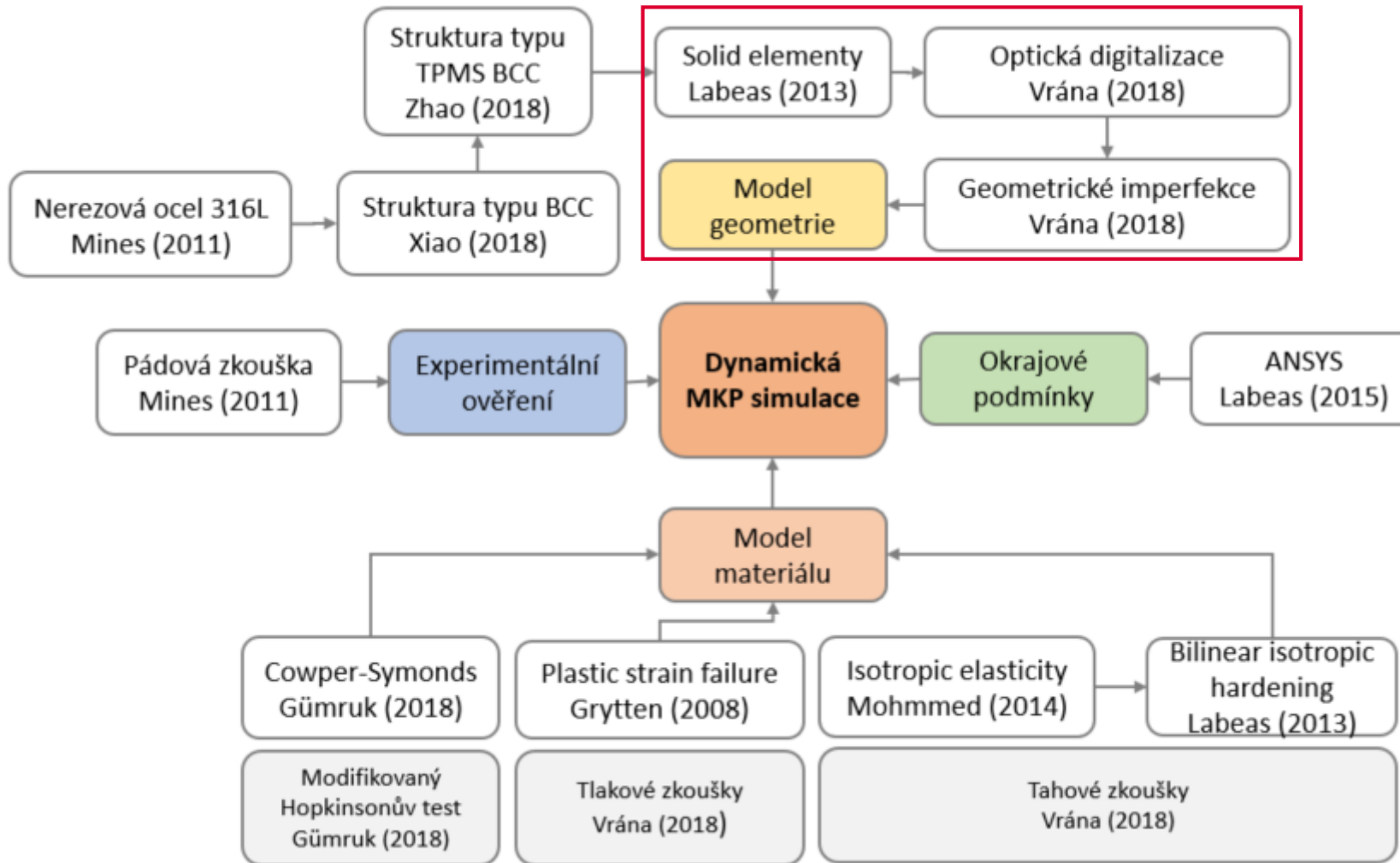
ϵ_{\max}

Deformační chování

E_{ABS}



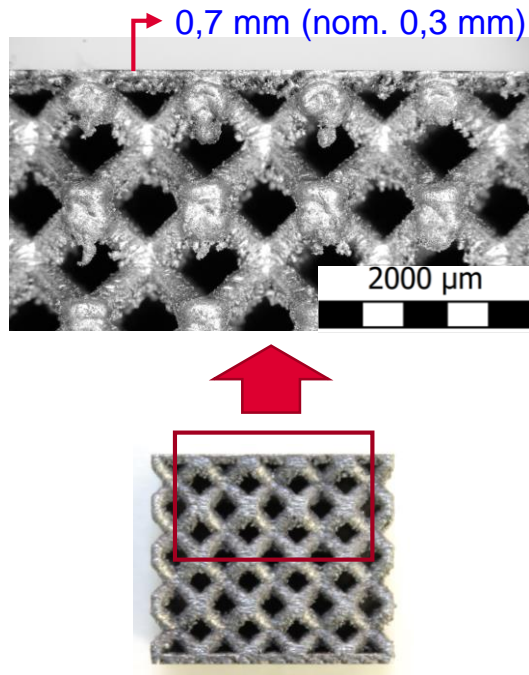
POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY



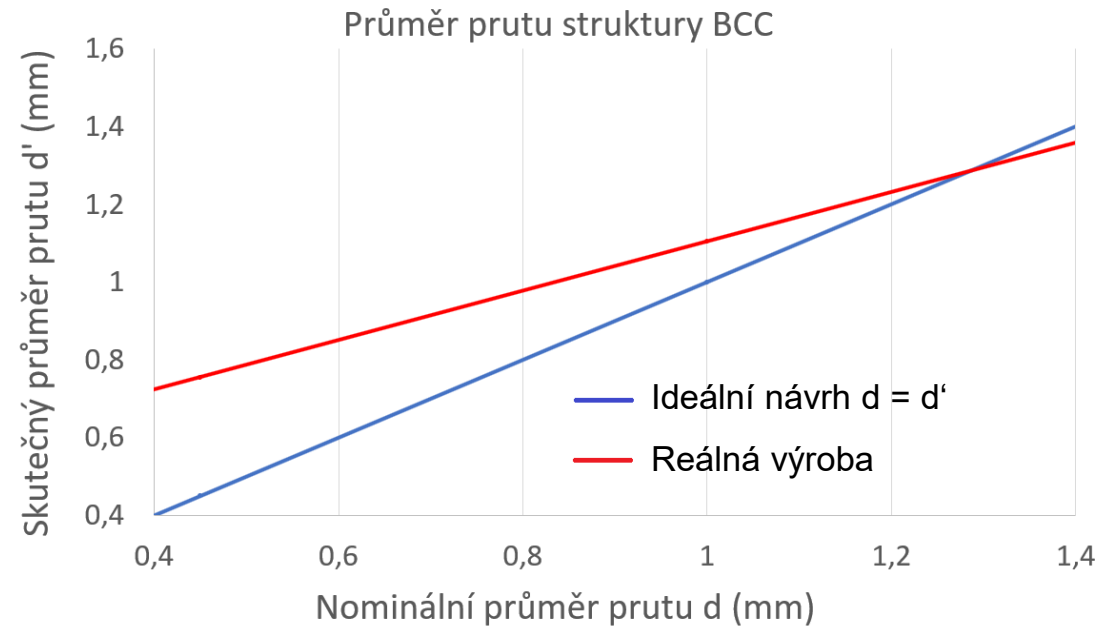
POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

ATOS Triple Scan + Mikroskop

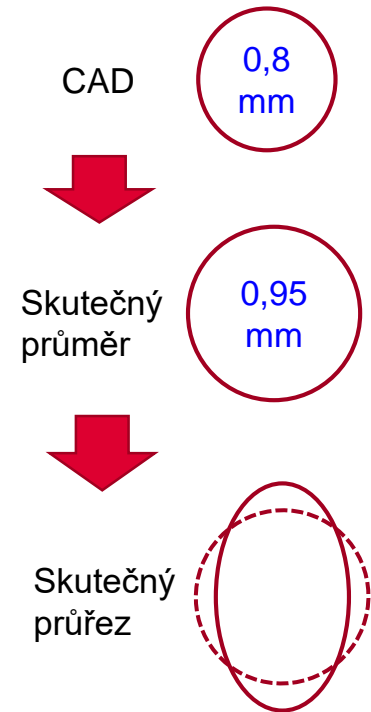
- Inspekce výrobních odchylek – korekce geometrie simulace



Rozměrová inspekce strukturovaného vzorku

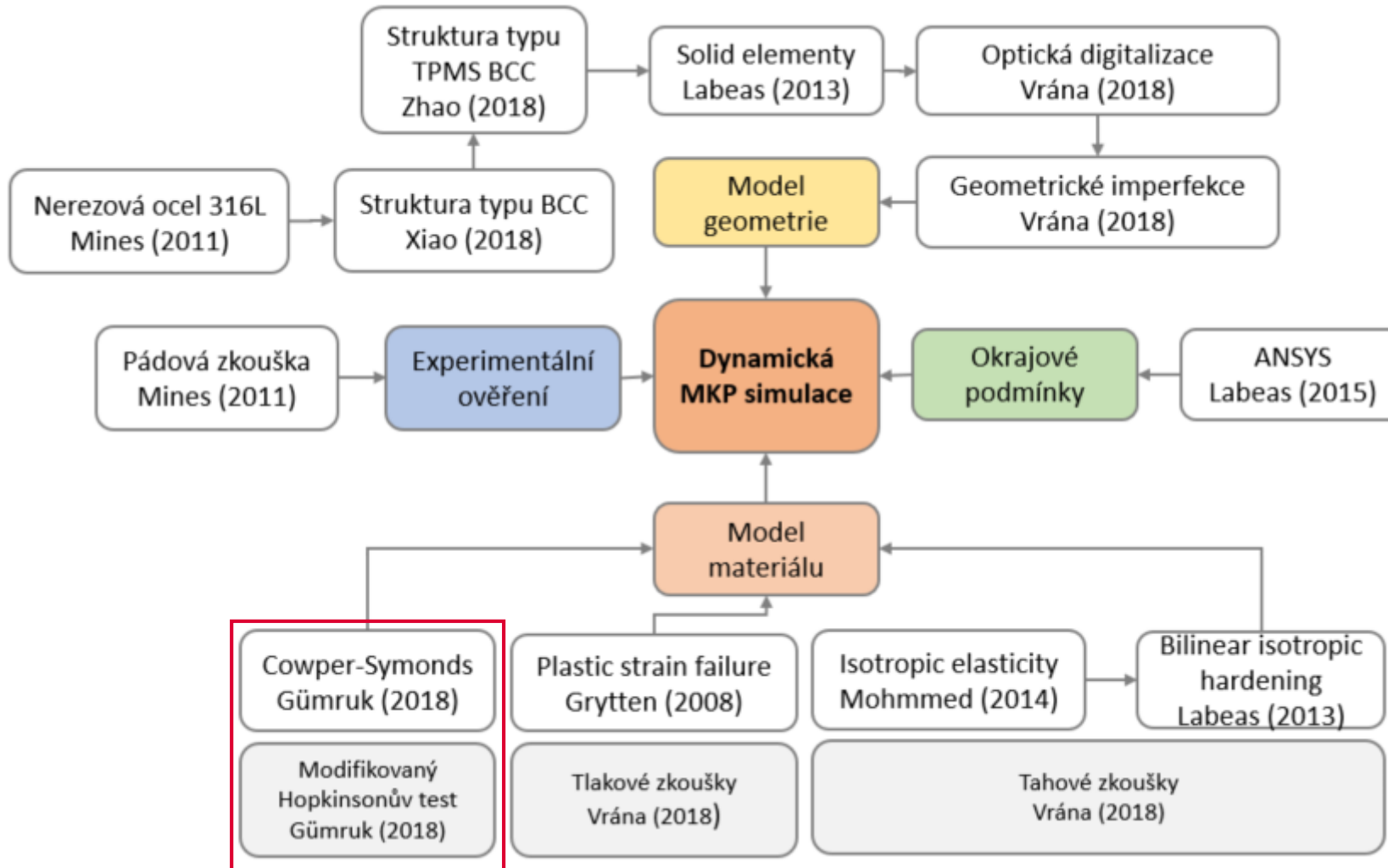


Výsledek rozměrové inspekce prutů strukturovaných těles z $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$ (ÚK RAIT 2014)



Korekce průřezu prutu

POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY



POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

Split Hopkinson pressure bar

- Nutná modifikace pro rychlou tahovou zkoušku
 - (strain-rate 6000 s^{-1} , Gümrük 2018)
- Vstupní data mat. modelů s vlivem rychlosti:
 - Johnson-Cook
 - Cowper-Symonds
 - Zerilli-Armstrong

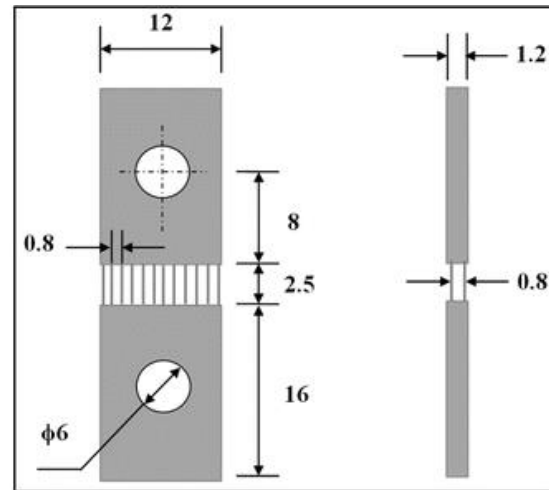
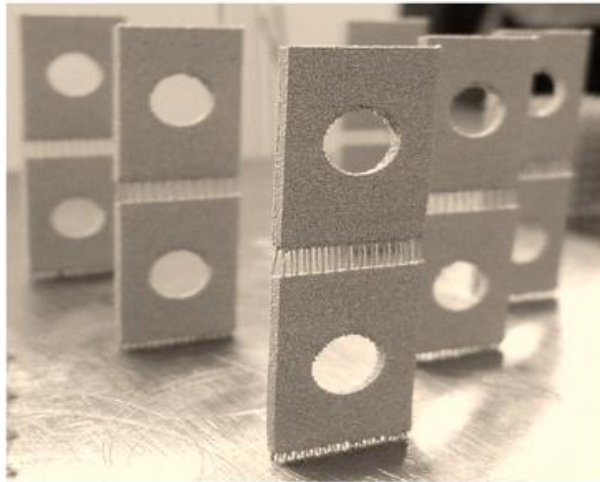
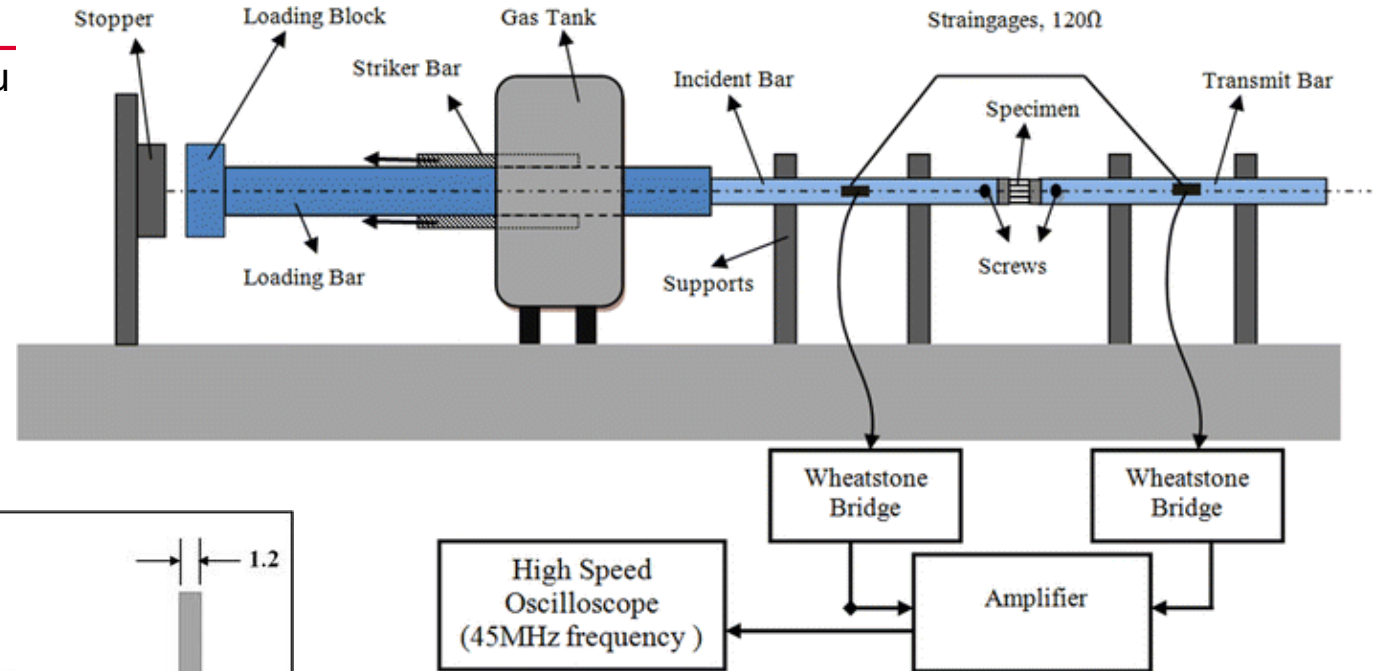
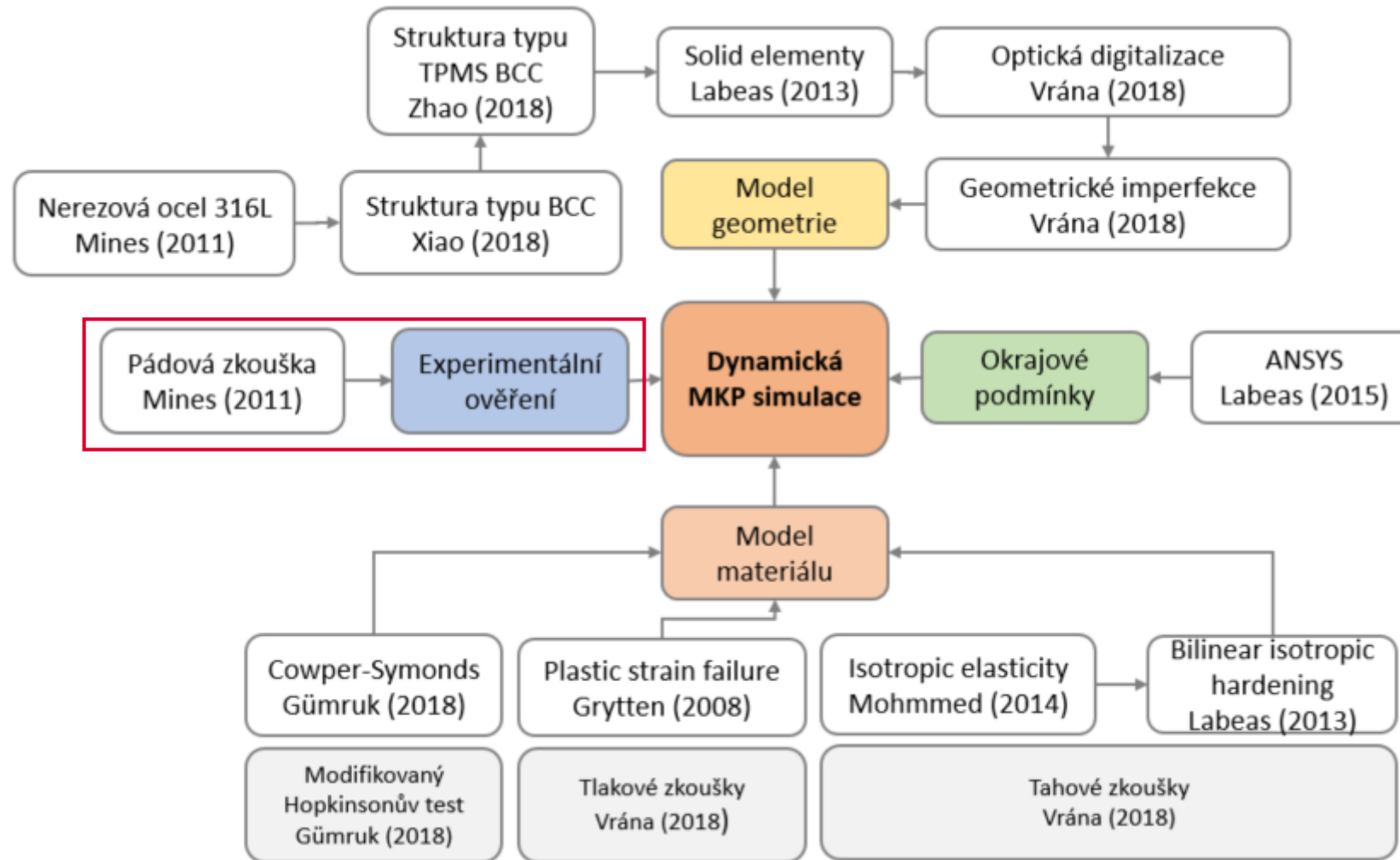


Schéma modifikovaného Hopkinsonova zařízení se vzorky pro rychlou tahovou zkoušku (Gümrük 2018)

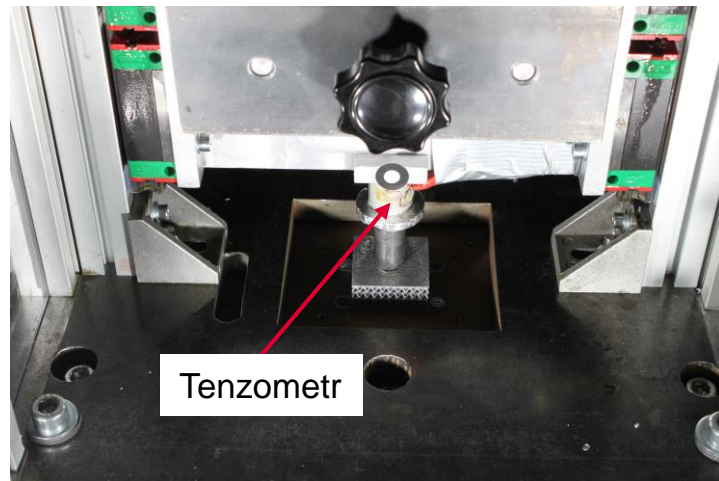
POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY



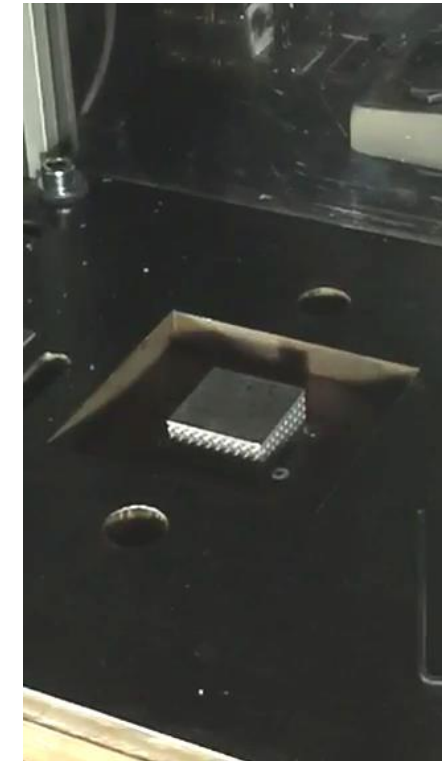
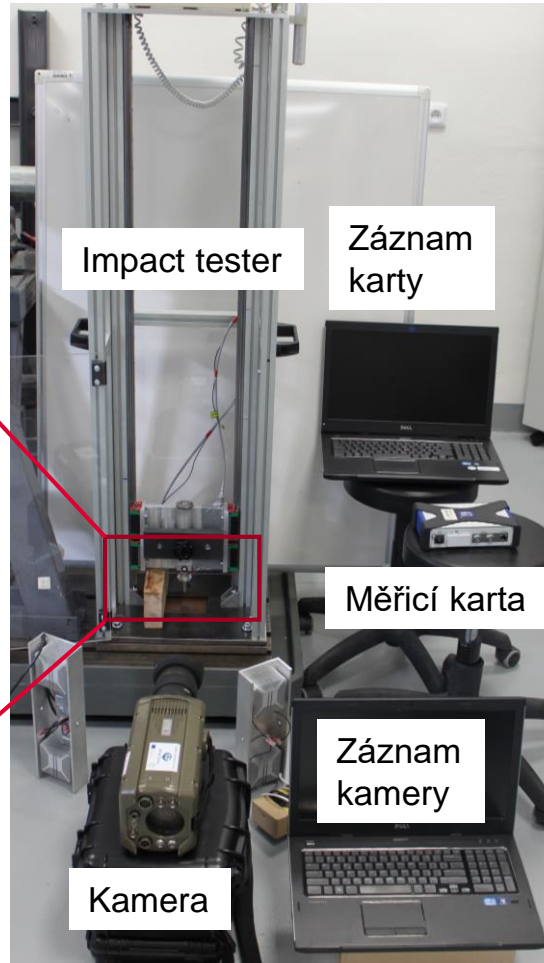
POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

Impact tester

- Pádový test strukturovaných vzorků
- Plošné zatěžování (2,25-12,25 kg)

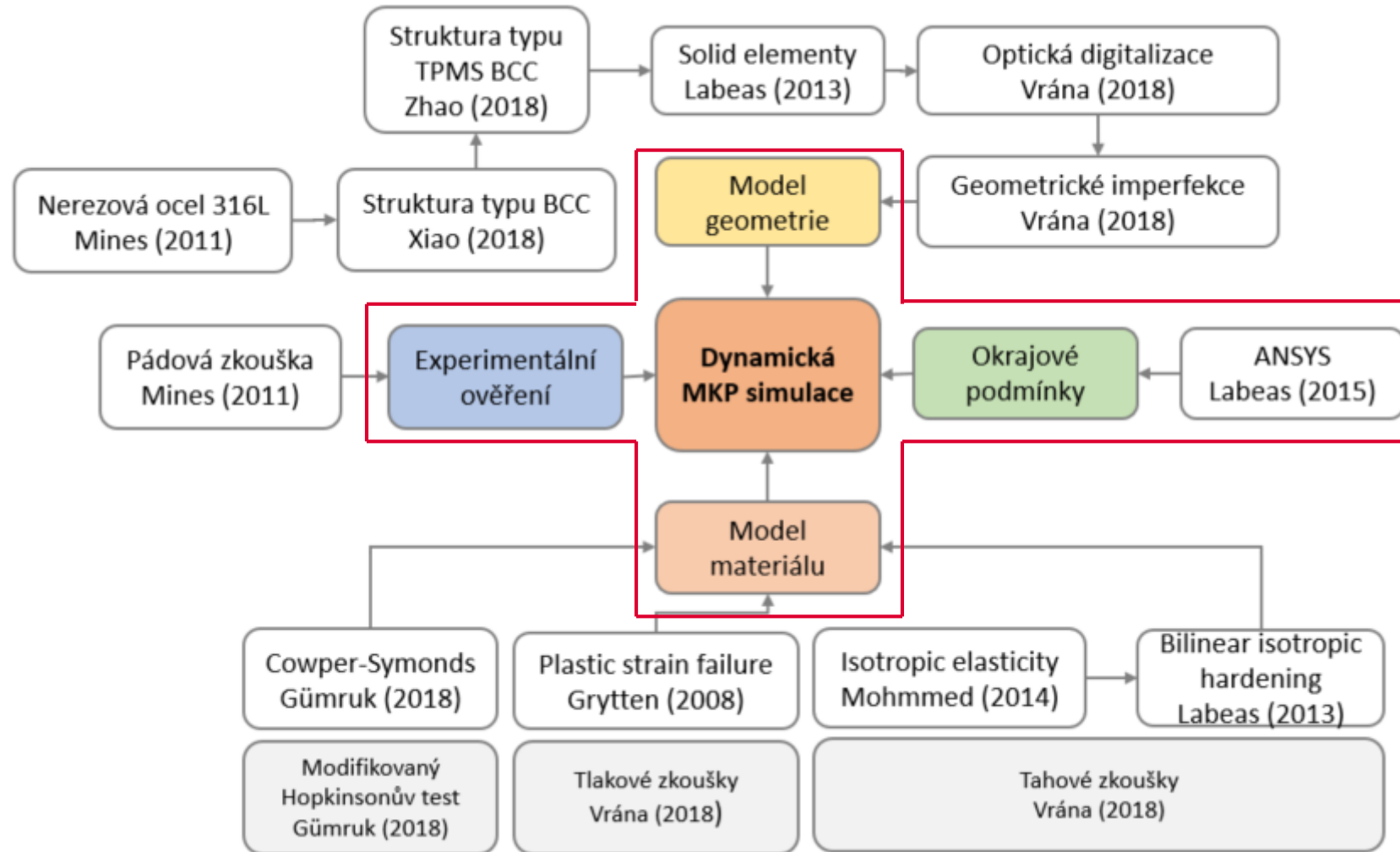


Detail pádové hlavice s vzorkem – průřez



Pádový test panelu

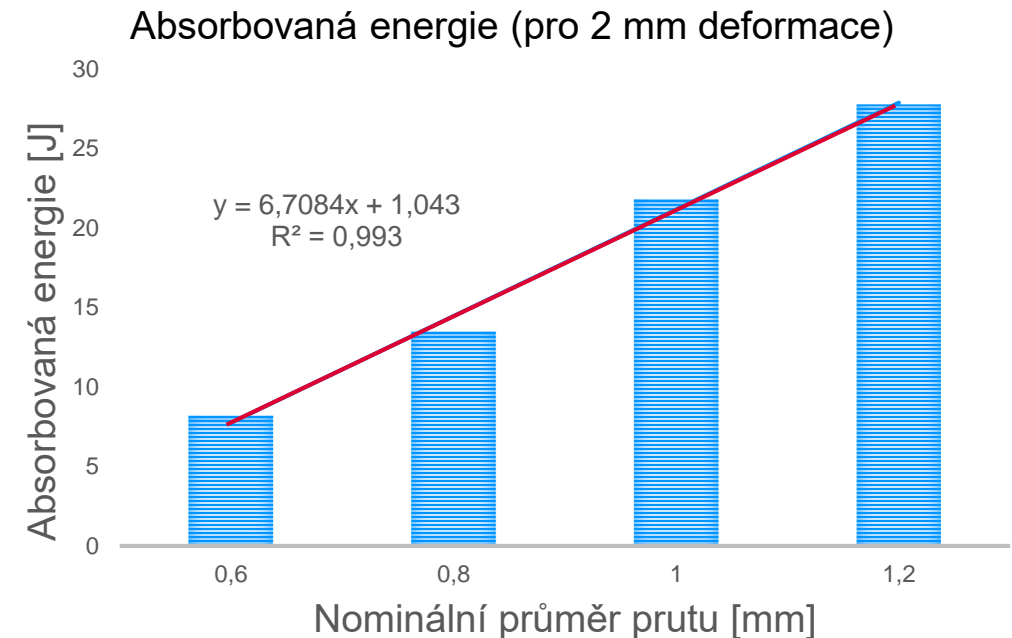
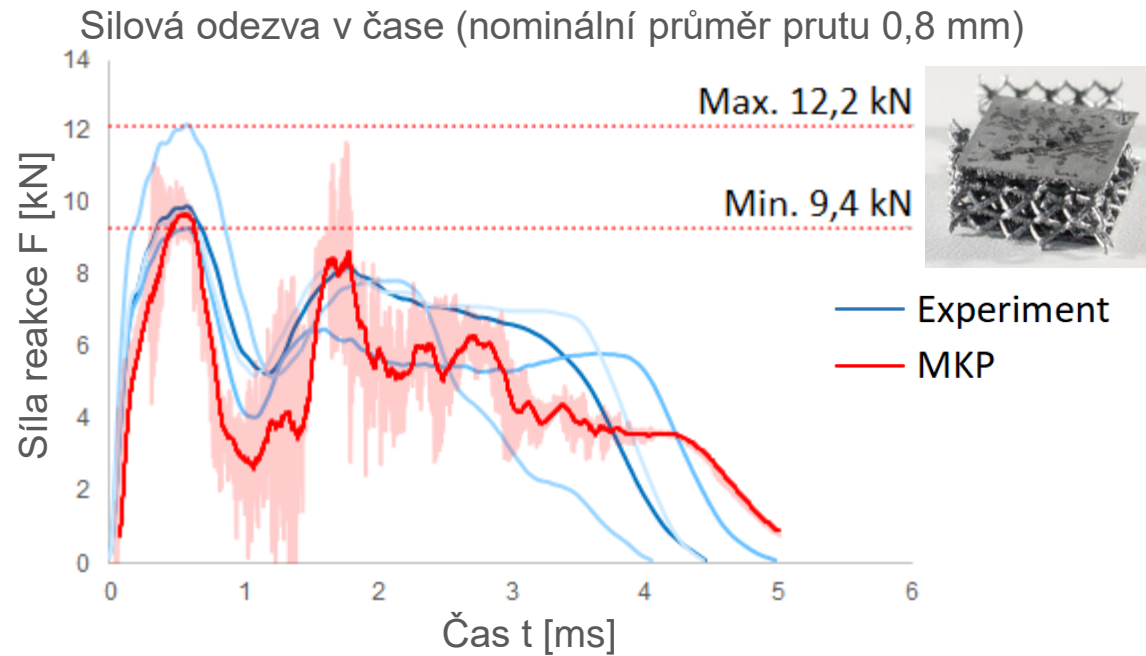
POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY



POSTUP ŘEŠENÍ A POUŽITÉ METODY

Parametrická studie/Vyhodnocení simulace

- Sestavení parametrických úloh – možnost porovnání potenciálu geometrických variant
- Sledování průběhu i maximálních hodnot – selekce nejlepších konfigurací



DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

Ondřej Červinek

Ondrej.Cervinek@vut.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz