

MODIFIKACE MIKROSTRUKTURY A MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ AUSTENITICKÉ NEREZOVÉ OCELI 304L POMOCÍ PROCESU LPBF

Filip Grygar, Ing

Školitel - doc. Daniel Koutný, Ph.D.
Školitel specialista - Miroslav Šmíd, Ph.D.

Brno, datum 10.1.2024

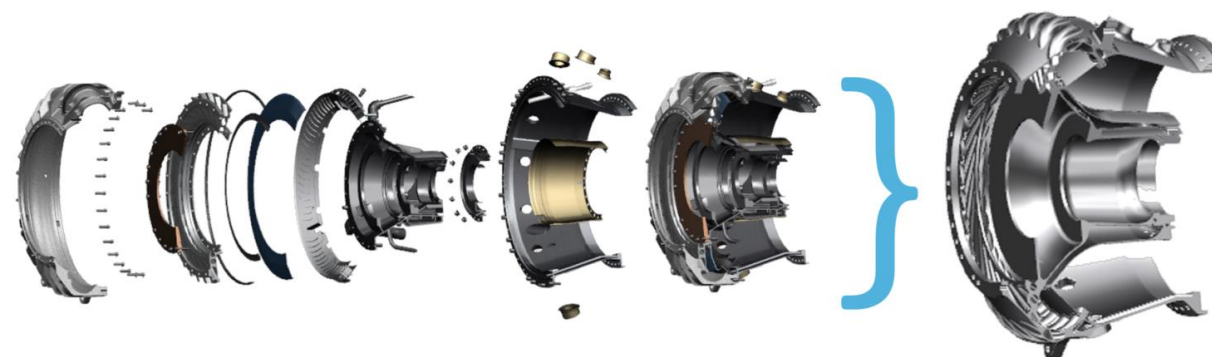


ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

MOTIVACE

Snížení počtu součástí

- Levnější (65 %)
- Snaží a rychlejší montáž
- Jednodušší logistika
- Snížení hmotnosti
- Poměr tah ku hmotnosti zlepšeno 5x



~300:1

Mid-Frame
Super Structure
7 assemblies to 1
~300 parts to 1
>10 lbm weight reduction

Redukce součástí - NASA and Rocketdyne Baby Bantam
(3dprint.com)

1 Díl

1 Materiál

1 Procesní parametry

1 Mechanické vlastnosti

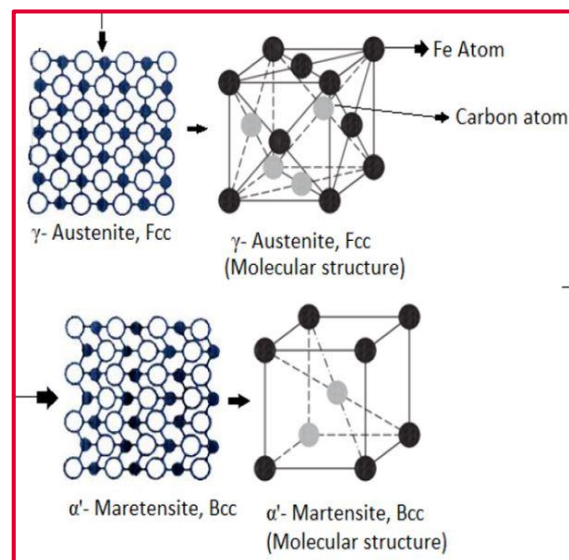


Aditivní výroba - lokální změna vlastností

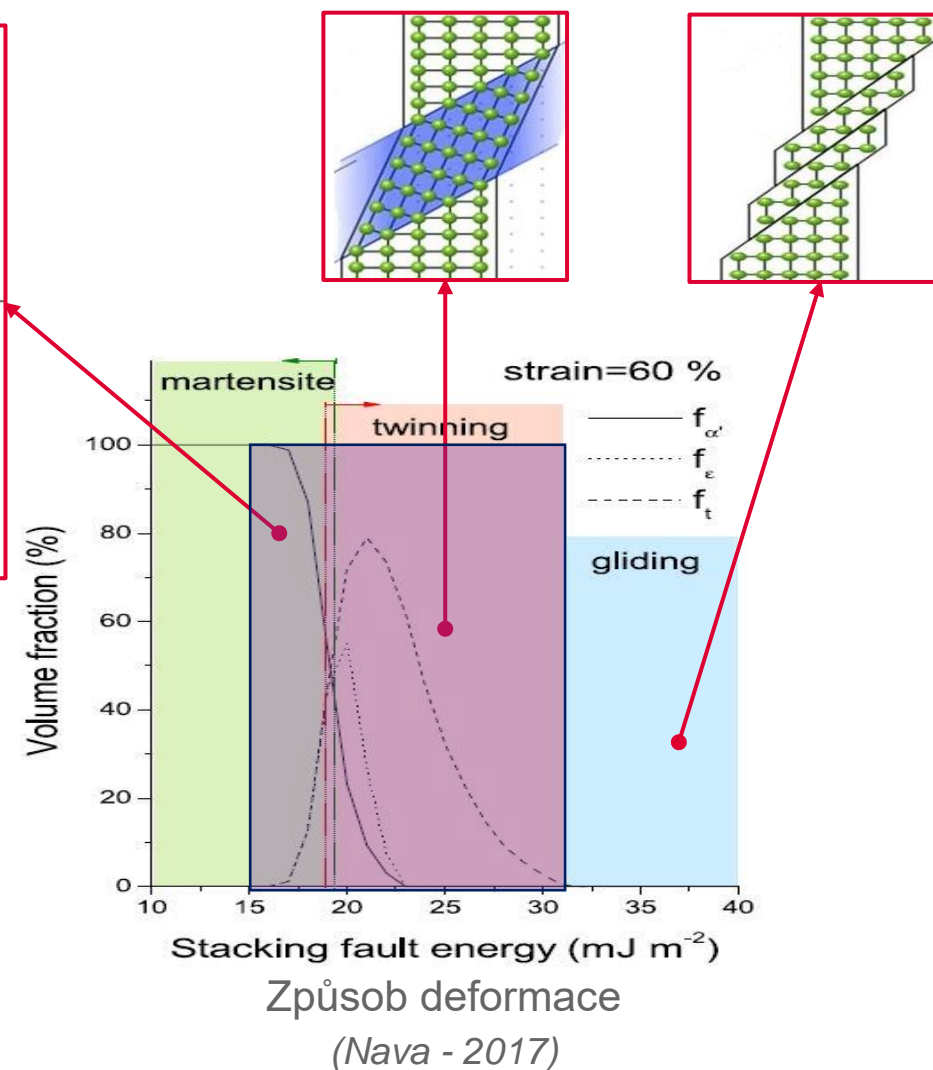
SHRNUTÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Austenitické nerezové oceli

- Metastabilní
- 304L
- TRIP efekt
 - Austenit → Martenzit
 - Mez kluzu ↑, mez pevnosti ↑
- SFE – energie vrstevných chyb
 - Chemické složení
 - Teplota při deformaci
 - Velikost zrna

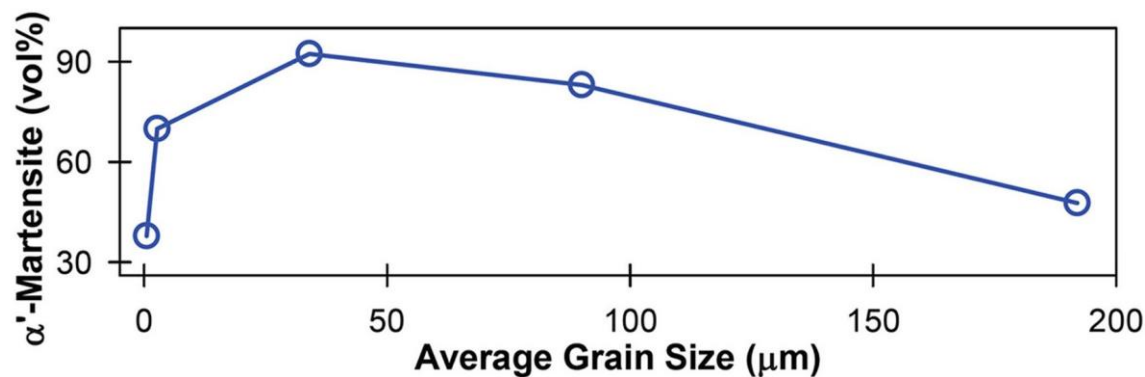


TRIP efekt
(Wanjari - 2022)

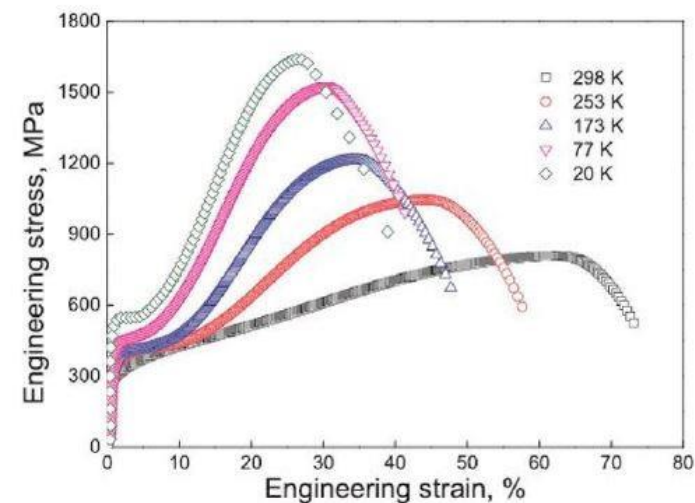


SHRnutí SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

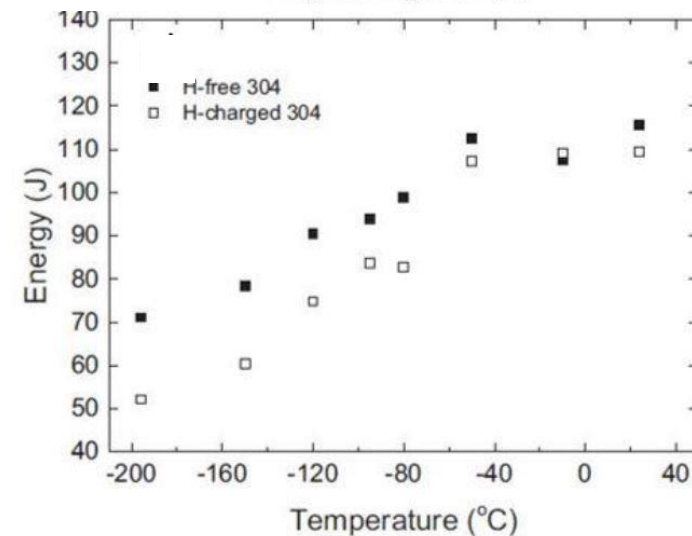
Konvenčně vyrobené



Podíl martenzitu na velikosti zrna
(Sohrabi - 2023)

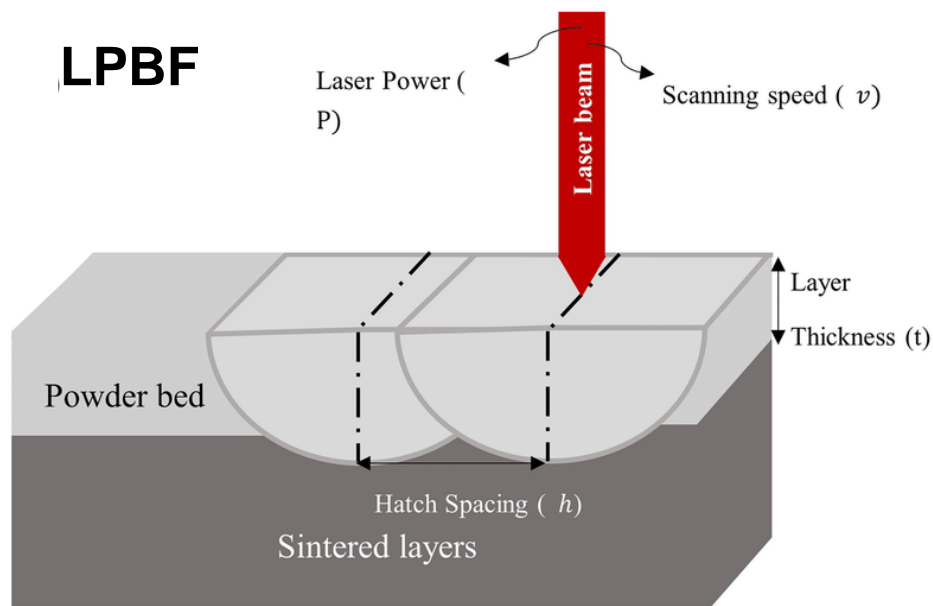


Tahová zkouška
(Zheng - 2018)

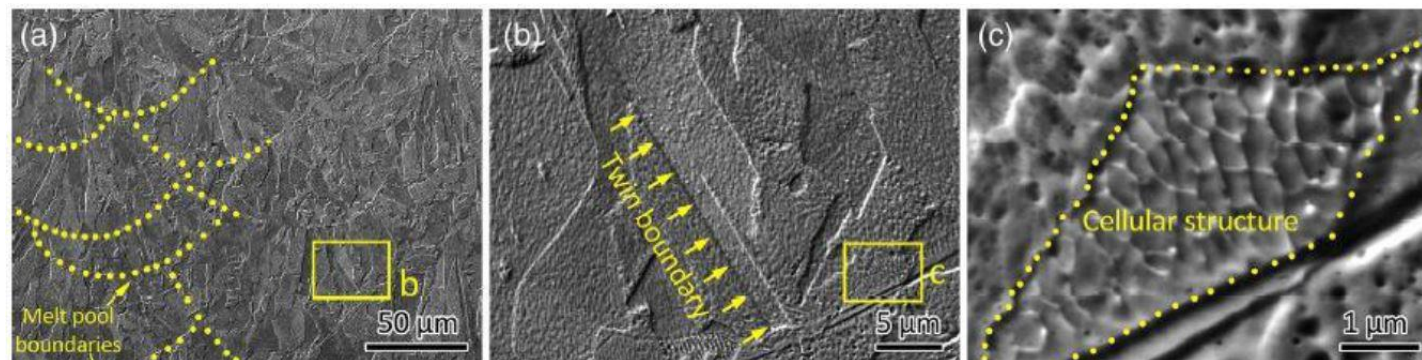


Zkouška vrubové
houževnatosti
(Nam - 2019)

SHRNUTÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

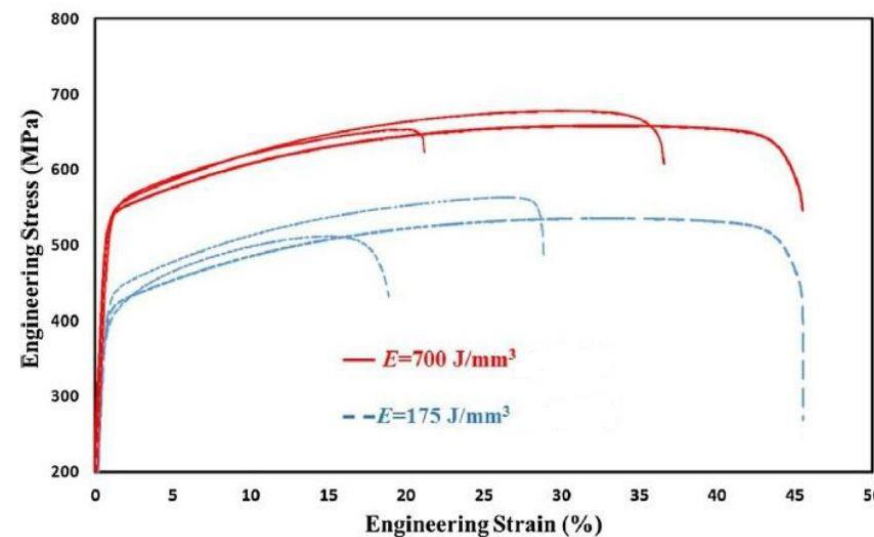


Procesní parametry
a proces LPBF
(Marcues - 2022)



Mikrostruktura
(Zhai - 2022)

Tahová zkouška
(Ghaydoor - 2020)



BÍLÁ MÍSTA

ZNÁMÉ

- LPBF - pokojové teploty
- Konvenčně vyráběné – kryogenní teploty



NEZNÁMÉ

- LPBF - kryogenní teplot
 - Mikrostruktura
 - Mechanické vlastnosti

- Jedny parametry – jeden díl



- Různé parametry – jeden díl
 - Rozdílná mikrostruktura
 - Rozhraní

VYMEZENÍ CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavní cíl

- Cílená modifikace mikrostruktury pomocí procesních parametrů procesu LPBF

▪ Dílčí cíle

- Popsat mechanické vlastnosti za pokojové a snížené teploty
- Vyvinout a vytvořit díly pomocí různých procesních parametrů
- Popsat chování dílu s kombinovanou mikrostrukturou

VĚDECKÁ OTÁZKA 1

Jaký bude mít pozměněná mikrostruktura oceli 304L tisknutá procesem LPBF a testována za nízkých až kryogenních teplot vliv na mechanické vlastnosti jako je mez kluzu a mez pevnosti?

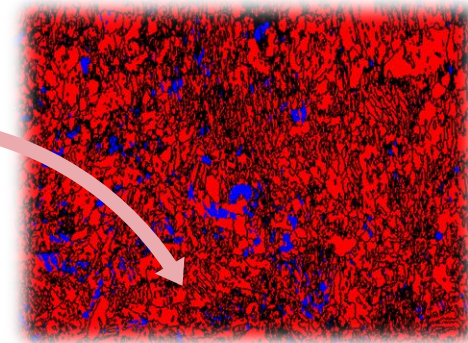
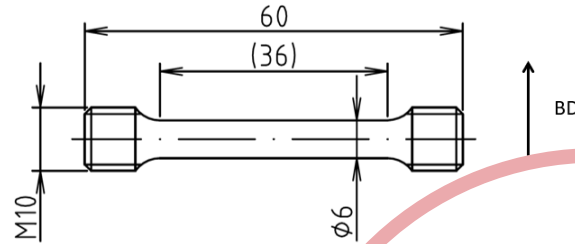
Hypotéza 1:

Mez kluzu bude zvýšena díky jemnozrnné struktuře se sub-zrny a se snižující se teplotou bude mírně dále narůstat, díky přeměně austenitu na martenzit.

Hypotéza 2:

Mez pevnosti bude výrazně narůstat se snižující se teplotou, jelikož za nižší teploty a vyšší deformaci dochází snadněji k přeměně austenitu na martenzit.

METODIKA



- Tiskárna SLM 280 HL 2.0
- Porozita < 0.5 %
- Metalografické výbrusy, optický mikroskop

Procesní
parametry

Mechanické
zkoušky

- 22 °C a - 80 °C
- Tahová zkouška

- Elektronový mikroskop
- EBSD
- Fázové mapy
- Orientace zrn

Mikrostruktura

VĚDECKÁ OTÁZKA 2

Jakým způsobem lze cíleně měnit mikrostrukturu oceli 304L?

Hypotéza 2:

S použitím malé tloušťky vrstvy a nízké dodávané energie bude dosaženo struktury s malými zrny.

S využitím velké tloušťky nanesené vrstvy, vysoké dodávané energie i s pomocí re-meltingu bude dosaženo struktury s velkými zrny.

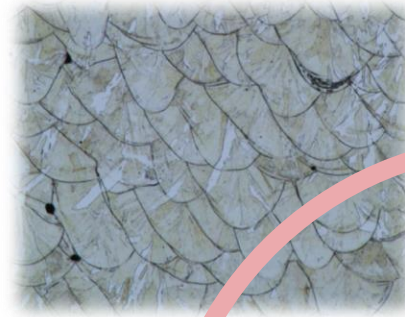
METODIKA

- Již vyvinuté v předchozím kroku

Procesní parametry 1

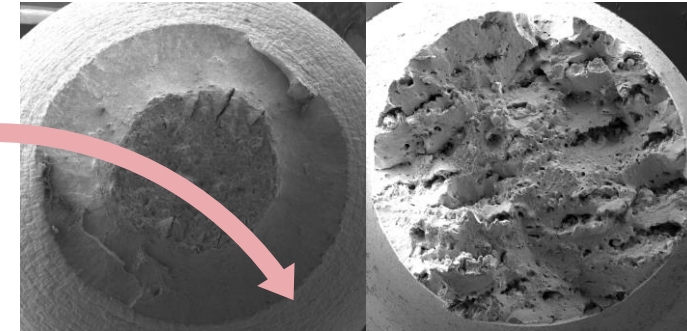
- Široké spektrum
- Extrémy
- Nový set

Procesní parametry 2



Mikrostruktura

- Leptání
- Velikost zrna



- Tahová zkouška
- Elektronový mikroskop
- TRIP efekt

Deformace

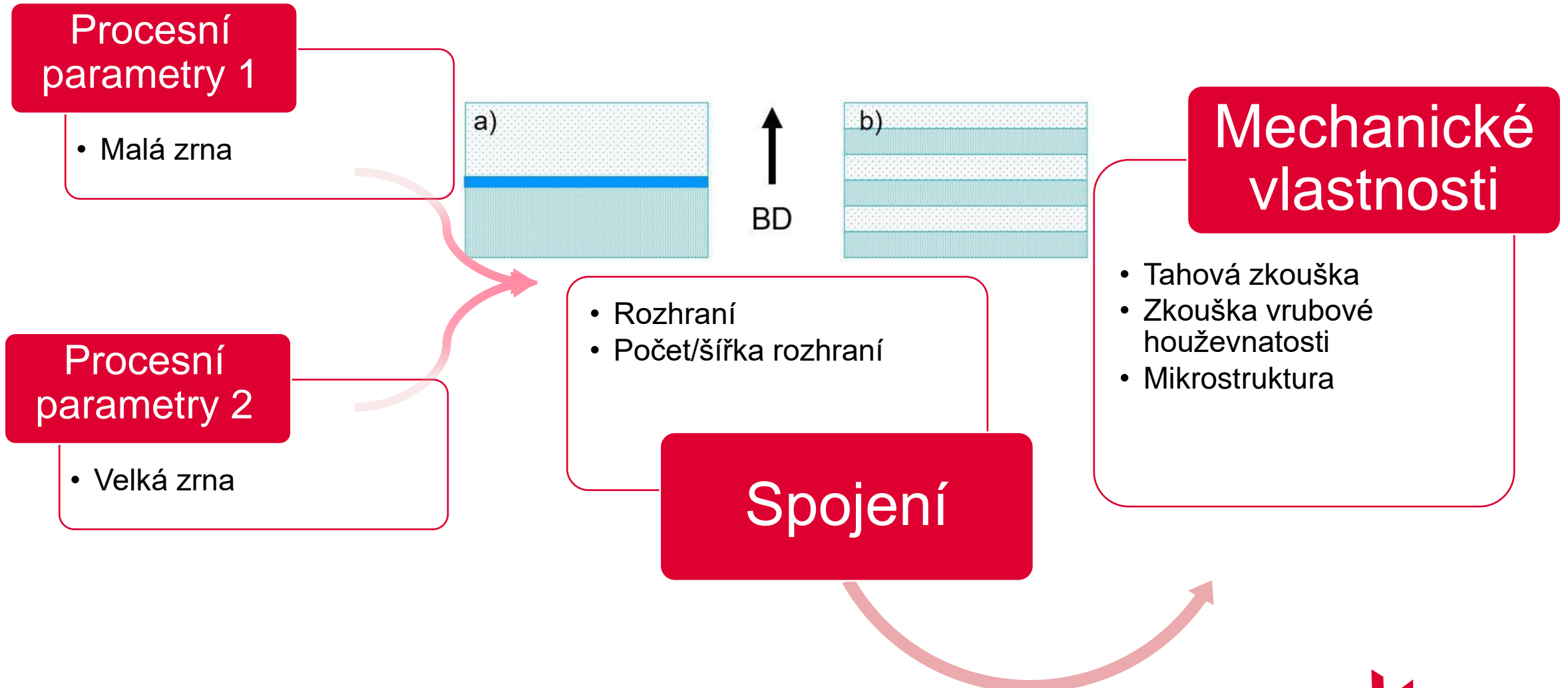
VĚDECKÉ OTÁZKA 3

Jakým způsobem lze vytvořit díl pomocí procesu LPBF, který bude kombinovat vysokou houževnatost s vysokou mezí kluzu a pevnosti i za nízkých až kryogenních teplot?

Hypotéza 3:

- Pomocí úprav procesních parametrů procesu LPBF lze vytvořit „sendvičovou“ mikrostrukturu, která bude kombinovat velká a malá zrna a bude tak možné vytvořit vzorek, který bude mít dobrou houževnatost a zároveň i mez kluzu a pevnosti

METODIKA



ZÁVĚR

Vlastnosti za nízké teploty

- TRIP efekt nastává

Příspěvek na konferenci

SIRAMM23



Článek zaslán do časopisu

**ADVANCED
ENGINEERING
MATERIALS**

Rozdílná mikrostruktura

- Úspěšné návary s rozdílnými vlastnostmi
- V procesu

Vnitřní struktura

- Vychází z prvních 2 částí
 - Nutno dokončit

DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

Filip Grygar, Ing

Filip.Grygar@vutbr.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz