



VŠCHT PRAHA

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství

Výroba a zhutňování nanoprášků kombinací mechanického legování a slinování v plazmatu

Pavel Novák, Filip Průša

Prášková metalurgie

- alternativní metoda zpracování kovů a kompozitů
- vychází z postupů výroby keramiky
- zahrnuje dva základní kroky:
 - výroba prášků (mletí, chemické postupy, atomizace taveniny)
 - zhutňování prášků (lisování a slinování, lisování za tepla, ...)
- výhody:
 - lepší využití materiálu, jemná struktura, omezení odmíšení a jiných defektů, výroba nových materiálů
- nevýhody:
 - vysoké výrobní náklady (asi 4x vyšší než u tavné metalurgie)

Výroba PM nástrojových ocelí



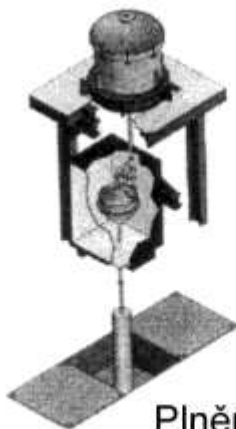
Atomizace



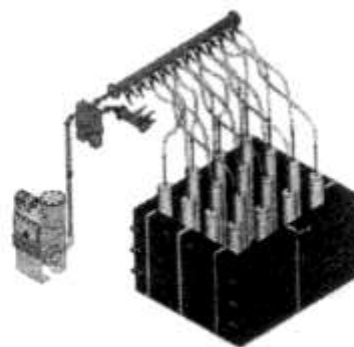
Třídění



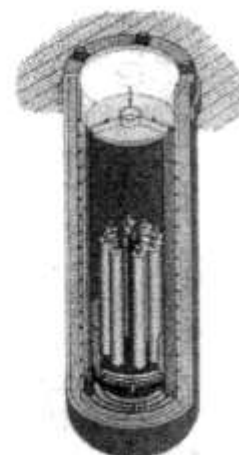
Promíchávání



Plnění



Evakuace



HIP

Mechanické legování

- legování

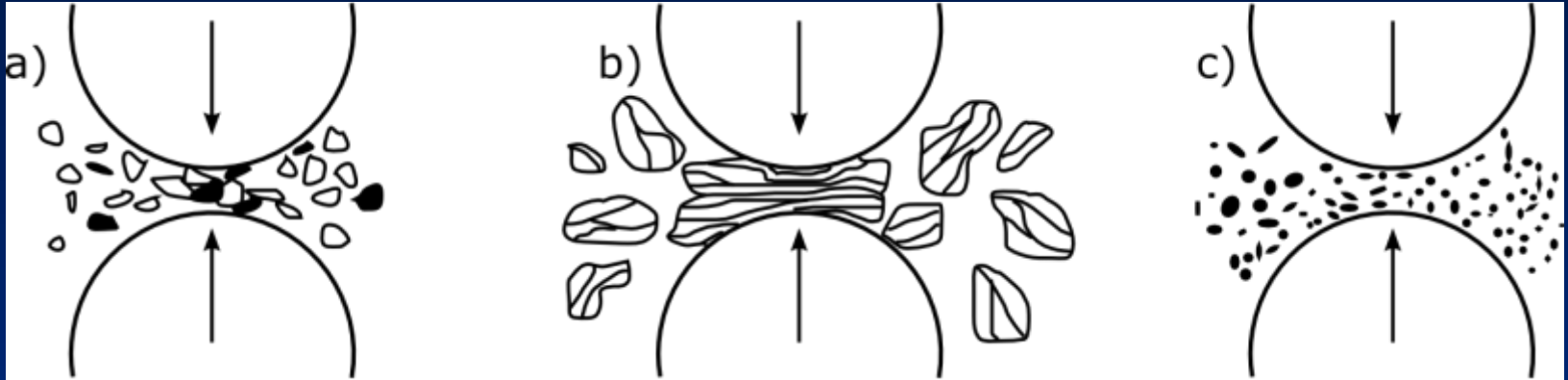
- přidavek přísadových prvků do kovových materiálů pro zlepšení vlastností $\Rightarrow$ slitina
- obvykle realizováno v tavenině



- mechanické legování

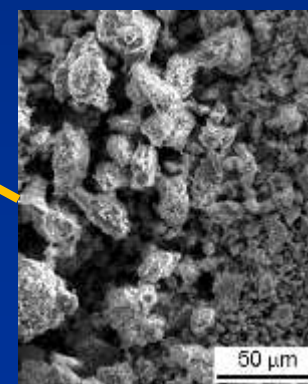
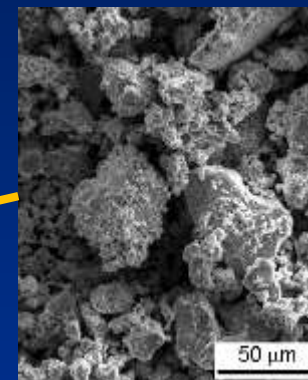
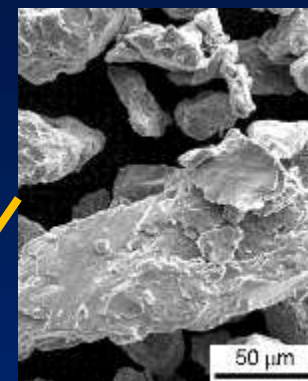
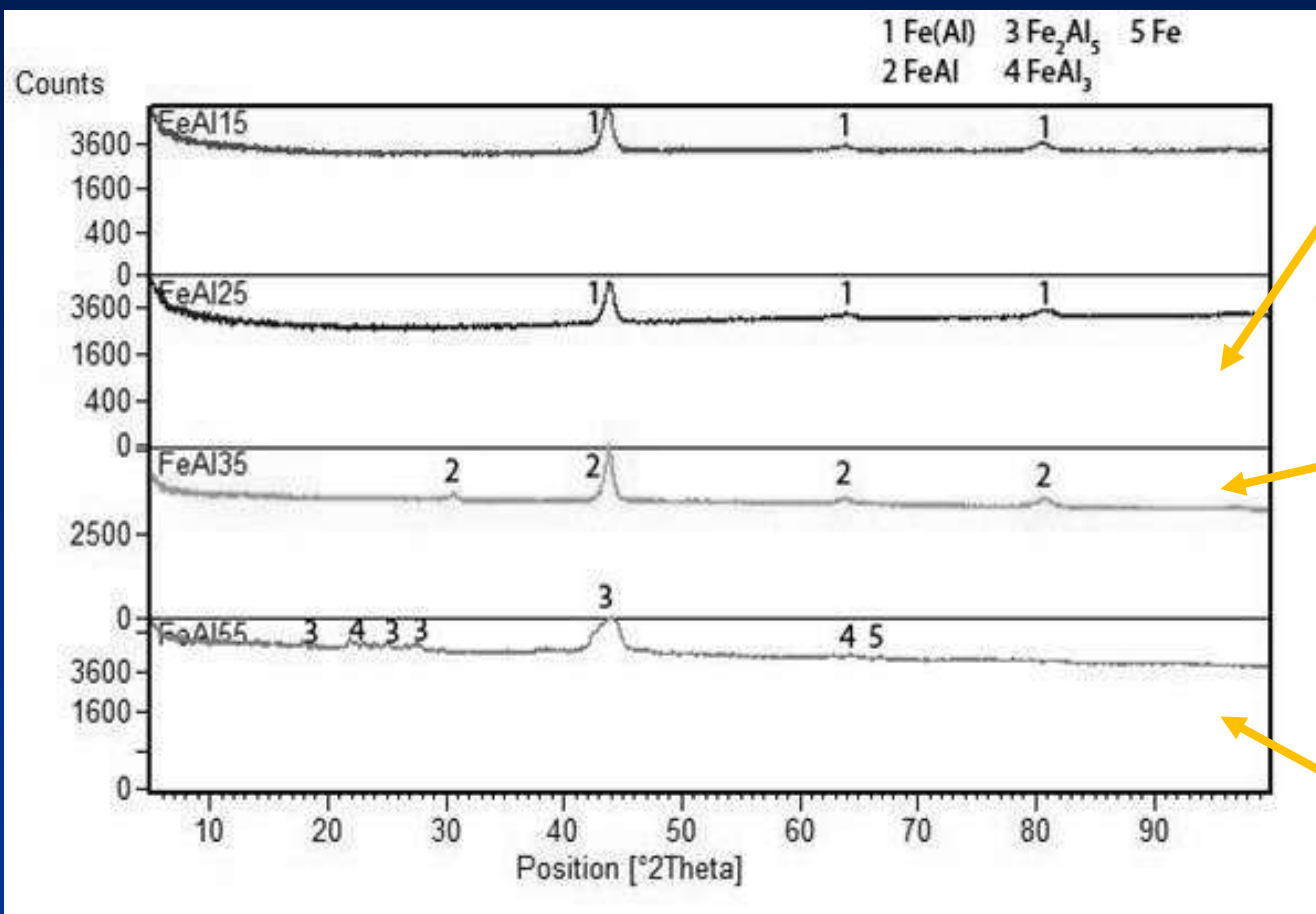
- smísením elementárních prášků vzniká slitina nebo sloučenina
- vznik jemnozrnných materiálů (až jednotky nanometrů)
- objeveno roku 1966
- realizováno intenzivním mletím bez nutnosti ohřevu

Mechanické legování

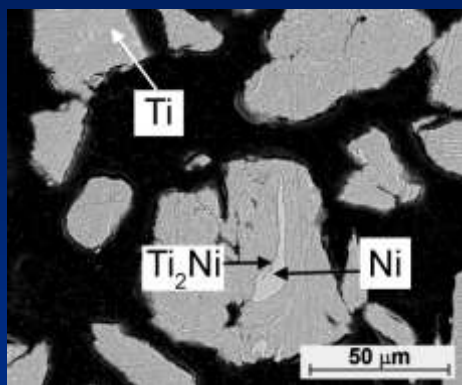


- kinetická energie $\Rightarrow$ plastická deformace
 - spojování částic
 - vznik tuhých roztoků a sloučenin
 - drcení prášku
 - extrémní plastická deformace – zpevnění, zjemnění zrna
- $\Rightarrow$ jemná vnitřní struktura - nanomateriály

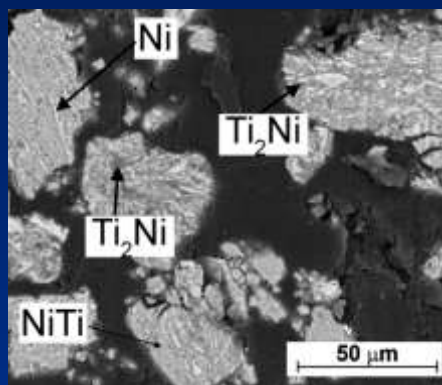
Průběh mechanického legování



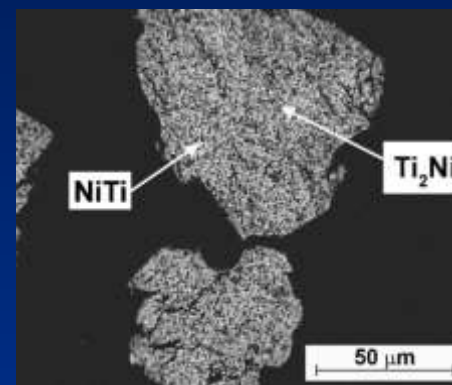
Průběh mechanického legování



15 min



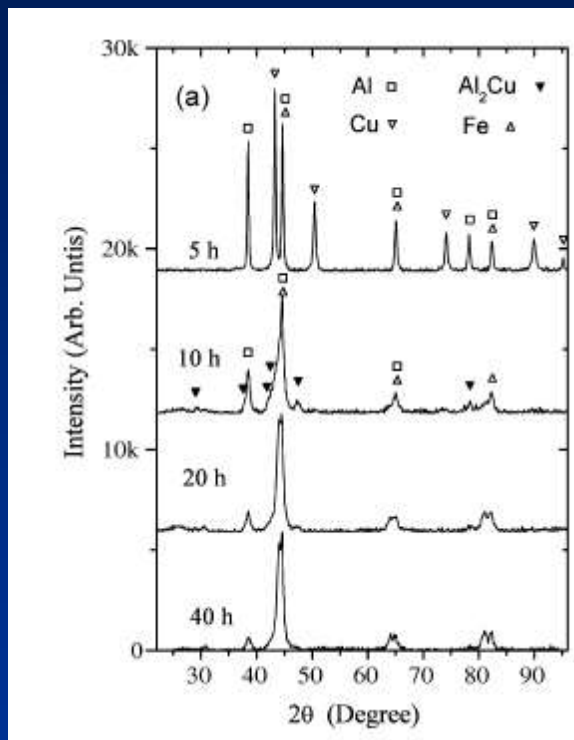
45 min



120 min

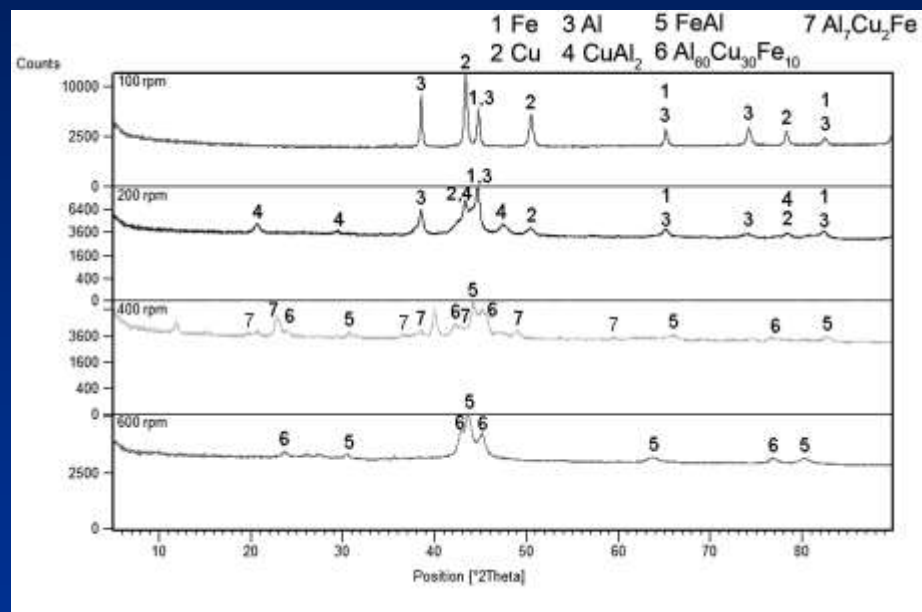
Kvazikrystaly Al-Cu-Fe

Publikováno dosud



Yin S., Bian Q., Qian L., Zhang A.:
Materials Science and Engineering
A465, 95 (2007).

Náš experiment



2 h mletí

P. Novák et al.: Intermetallics 52 (2014) 131-137

Zařízení pro mechanické legování



Retsch P100 CM

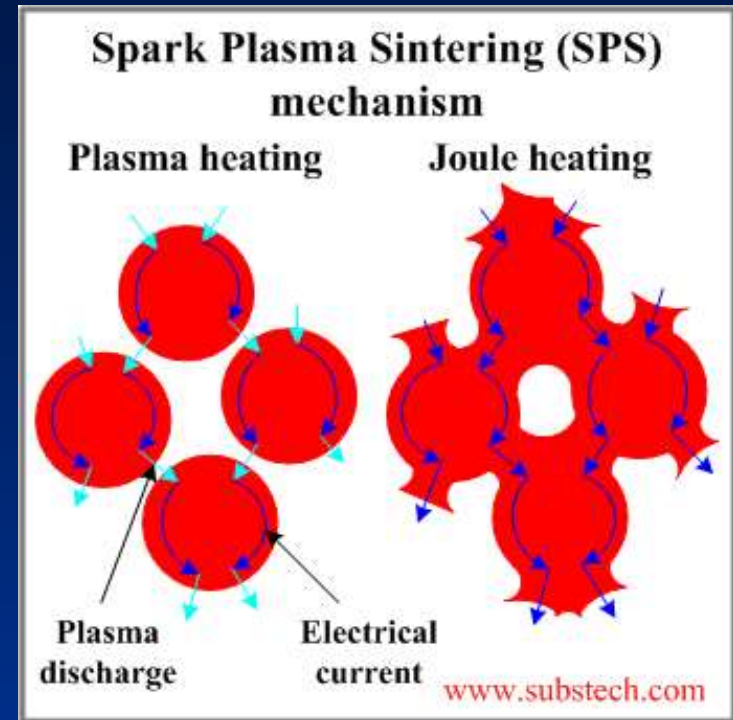
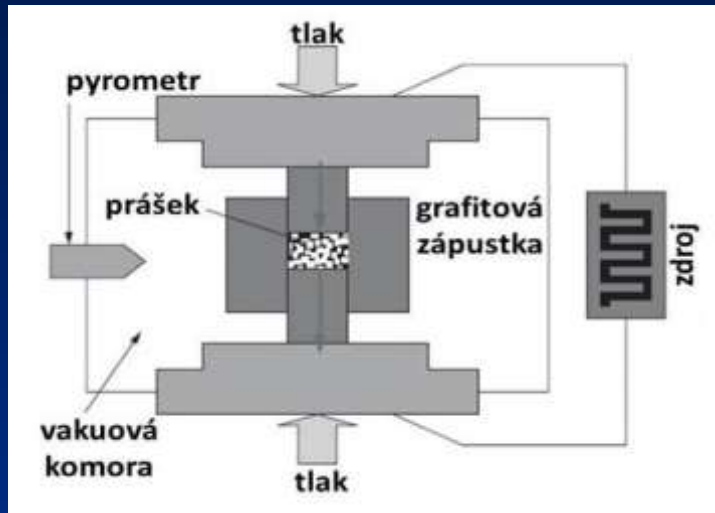
- max. 650 rpm
- bez chlazení
- objem nádoby max. 500 ml
- kruhová dráha



Retsch Emax

- max. 2000 rpm
- vodní chlazení stěn nádoby
- objem nádoby 125 ml
- eliptická dráha

Spark plasma sintering (SPS)



- lisování + průchod elektrického proudu
- rychlý ohřev (až 1000 K/min)
- krátká doba slinování (5 – 10 min)

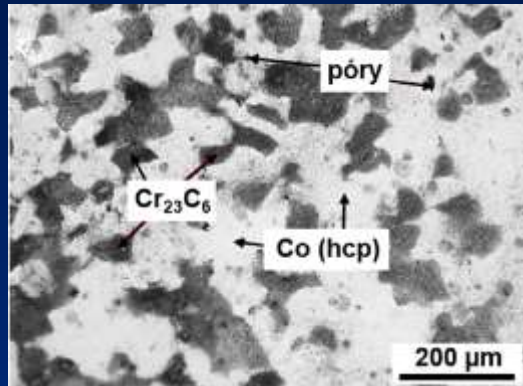
Zařízení SPS



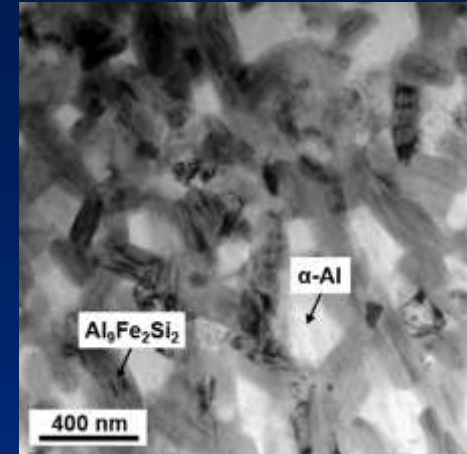
FCT HP D10

- slinovací teplota 300 - 2400 °C
- max. proud 5,5 kA
- průměr vzorku 20 – 50 mm

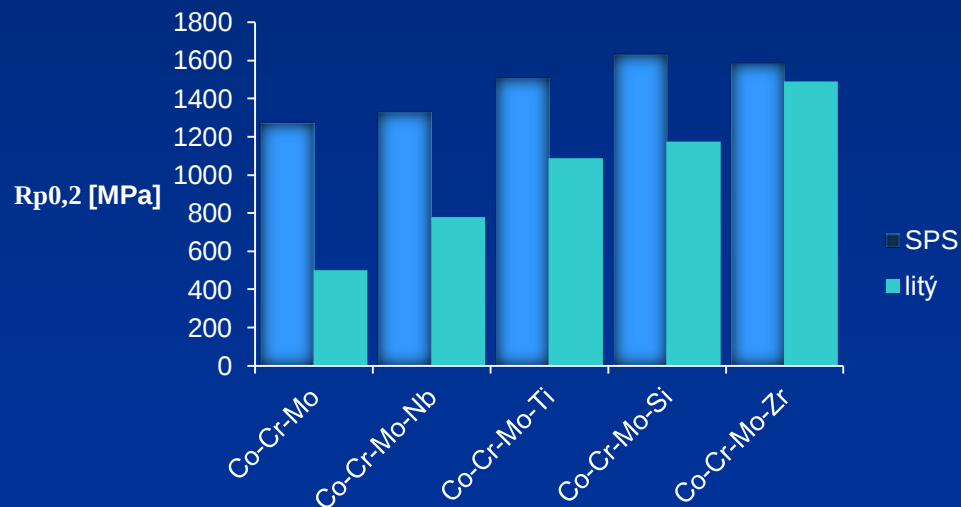
Využití SPS



Co-Cr-Mo



Al-Si-Fe



NiTi

Shrnutí

- Mechanické legování lze využít k výrobě nanostrukturovaných prášků slitin, intermetalických sloučenin, karbidů, kompozitů apod.
- Slinování metodou SPS umožňuje zhutňovat kovové, keramické a kompozitní materiály (elektricky vodivé i nevodivé).
- Přístroje jsou umístěny na Ústavu kovových materiálů a korozního inženýrství.
- Kontaktní osoby:
P. Novák, A57, 5026, panovak@vscht.cz
F. Průša, A55, 4441, prusaf@vscht.cz