

Možnosti zpracování a optimalizace vlastností biokompatibilních materiálů na FMMI




Úvod problematiky

Monika Losertová
VŠB-TU Ostrava,
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství,
RMTVC

Biokompatibilní materiály

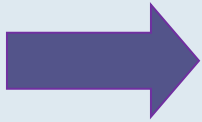
materiály přírodního nebo syntetického původu,
které jsou v kontaktu s živou tkání a/nebo s biologickými tekutinami

které jsou použity na :

-  implantát
-  medicínské přístroje nebo zařízení
-  lékařské nástroje a pomůcky

Základní požadavky na materiály pro biomedicínu

❖ odpovídající fyzikální, chemické a mechanické *vlastnosti*



- mez kluzu, mez pevnosti, modul pružnosti
- odolnost proti únavě, odolnost proti creepu
- pevnost v tlaku, odolnost vůči otěru
- odolnost vůči různým druhům koroze

❖ ve všech případech *biokompatibilita* s živou tkání



- chemická
- biologická
- fyzikální

❖ v určitých případech i *bioaktivita*



- specifické reakce mezi materiálem a okolní tkání

Biokompatibilita

- ⊙ materiál poškozujee in vivo co nejméně normální tělní funkce
- ⊙ nevyvolává žádné reakce srážlivosti krve, toxické, alergické ani zánětlivé
- ⊙ nesmí stimulovat změny v plazmatických proteinech a enzymech
- ⊙ nesmí stimulovat reakce imunologické
- ⊙ nesmí stimulovat změny karcinogenní, mutagenní nebo teratogenní (celkové změny tkáně)

Kovové materiály v ortopedii a traumatologii

Náhrady tvrdých tkání (kostí), implantáty, povlakování implantátů

Dosud běžně používané kovové materiály

- ✓ **nerezavějící oceli** – F55, F138 (toxicita Ni, Cr, aj, vysoký E)
- ✓ **bezniklové oceli** (řeší problematiku toxicity Ni, výborné pevnostní charakteristiky, ale vysoký E)
- ✓ **Co-Cr slitiny** – Vitallium, F75, F90 (toxicita Co, Cr, vysoký E)
- ✓ **čistý Ti a slitiny Ti** – Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, NiTi, + nově beta slitiny (řeší problematiku toxicity Ni, Al a V, a zároveň nižší E)
- ✓ **čistý tantal, slitiny Ta** (výborná odolnost proti korozi, výborná biokompatibilita, vysoký E, vysoká cena)
- ✓ **čistý niob, slitiny Nb** (výborná biokompatibilita, výborná odolnost proti korozi, vysoký E, vysoká cena)

Současný světový trend v oblasti traumatologie

Cíle spolupráce

- ❖ **Vývoj nových kovových materiálů s vyššími užitnými vlastnostmi**
 - pružnější implantáty / přiblížení se modulu pružnosti kosti
 - zvýšení hodnoty cyklické únavy
 - zvýšení odolnosti vůči otěru
- ❖ **Vývoj povrchových vrstev pro zvýšení biokompatibility a mechanických vlastností**
- ❖ **Vývoj povrchových vrstev pro zvýšení antibakteriálního a hojivého účinku pro srůst kostí**
- ❖ **Vývoj povrchových vrstev ve spojení s léčivem a jeho řízeným uvolňováním**

Navrhované typy biokompatibilních materiálů

Aplikační výzkum na materiálech, které jsou ve světě již používané

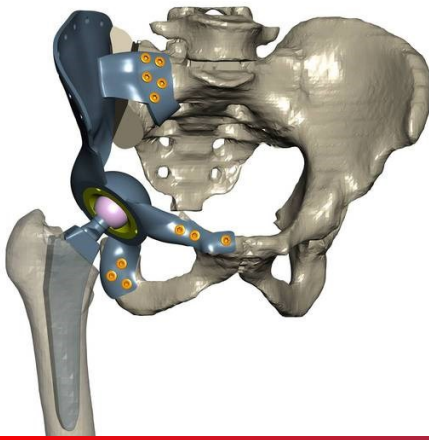
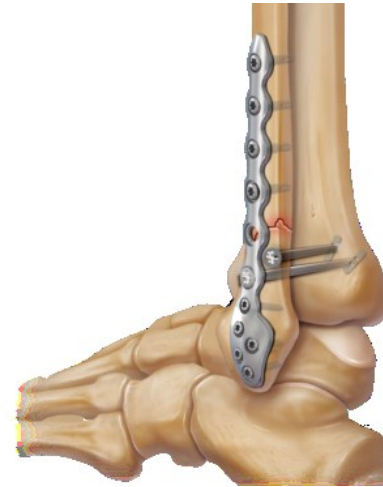
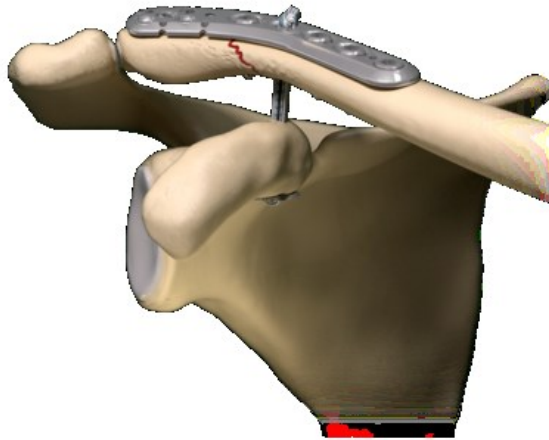
- slitiny titanu: TiNi, TiNb, TiNbZr, TiNbZrTa, TiMo, porézní Ti slitina (nízký modul pružnosti),
- nano Ti (vysoká pevnost),
- tantal a slitiny Ta, porézní tantal (nízký modul pružnosti),
- slitiny hořčíku (biodegradabilita),
- kompozitní materiály nebo povlaky – slitinové matrice s výztužemi (nanočástice, vlákna),
- polymerní kompozity a speciální konstrukční kompozity,
- polymerní nanokompozity typu povlak a vlákno obsahující funkční nanočástice (antibakteriální a fungicidní, léčiva, uhlíkaté nanočástice),
- keramické nanokompozity a nanokeramika, hydroxyapatitové nanokompozity.

Zpracování a modifikace povrchů

- Nitridováním (lepší adheze pro povlaky)
- Iontové naprašování
- Elektrochemické nanášení
- Chemické metody

Požadavek na kovové slitiny

blíže k úrovni lidské kosti



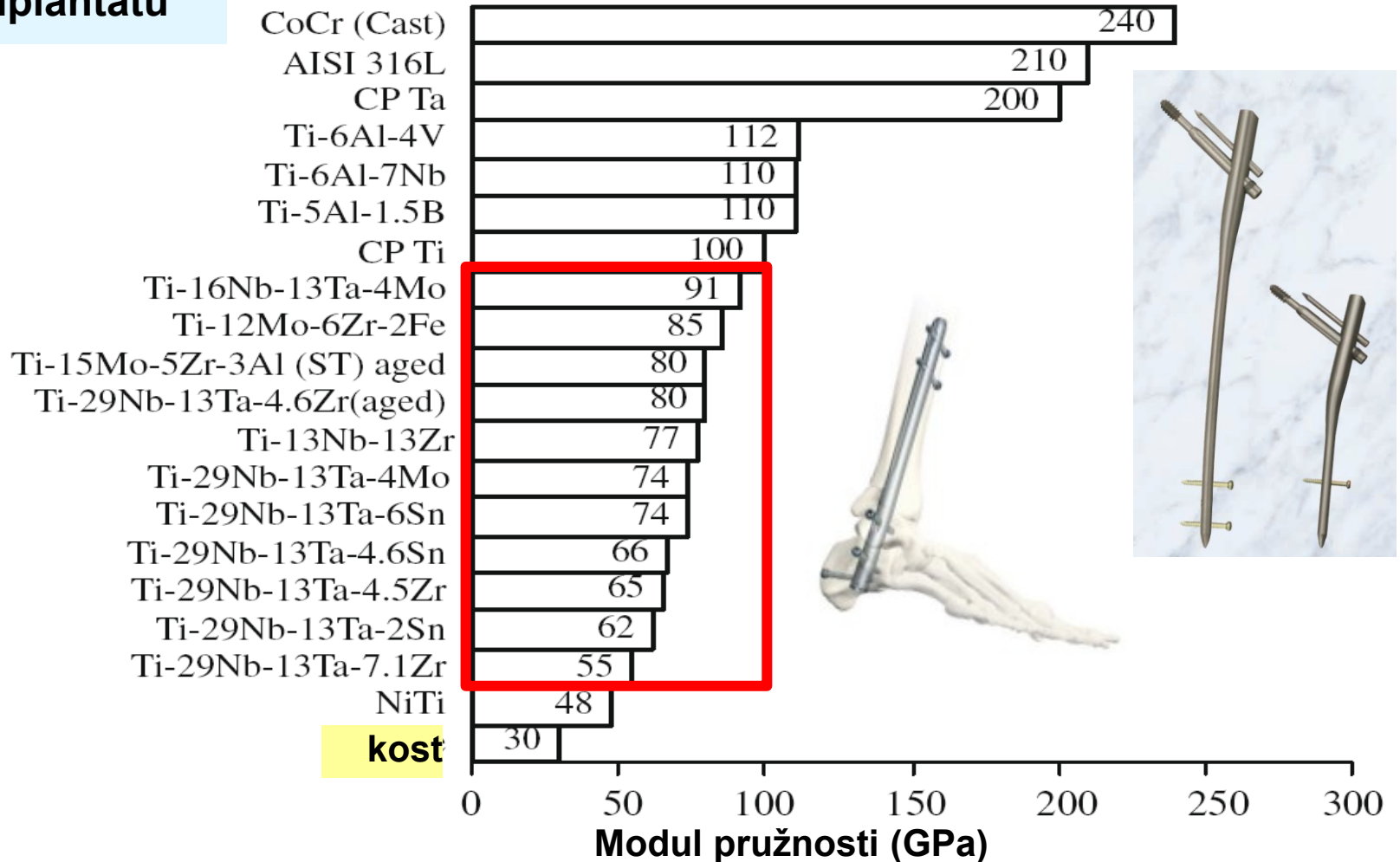
- Beta slitiny Ti
- Porézní materiály (kovové pěny)



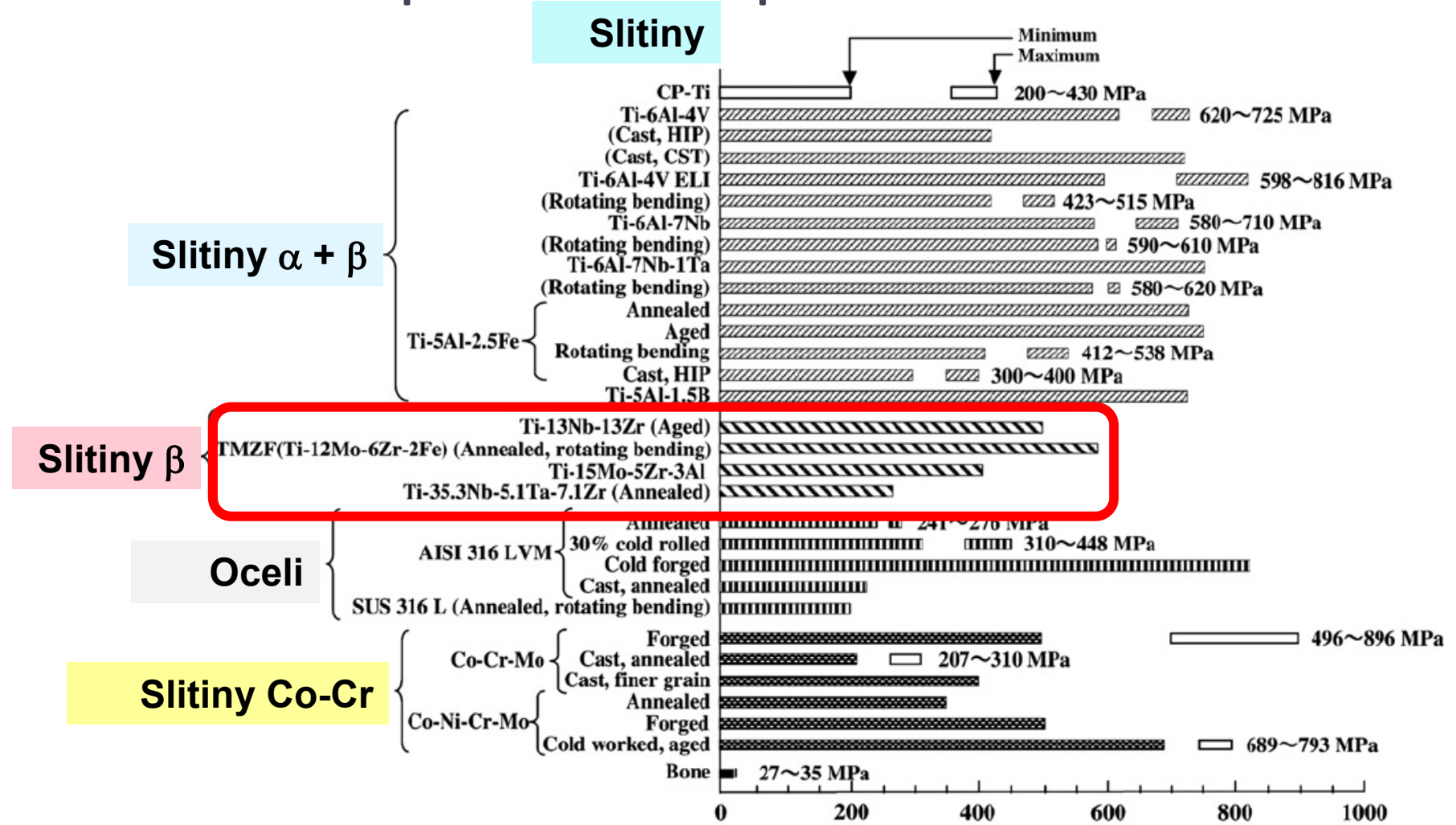
Obrázky: <http://www.arthrex.com>

Modul pružnosti vybraných materiálů

Slitina implantátu



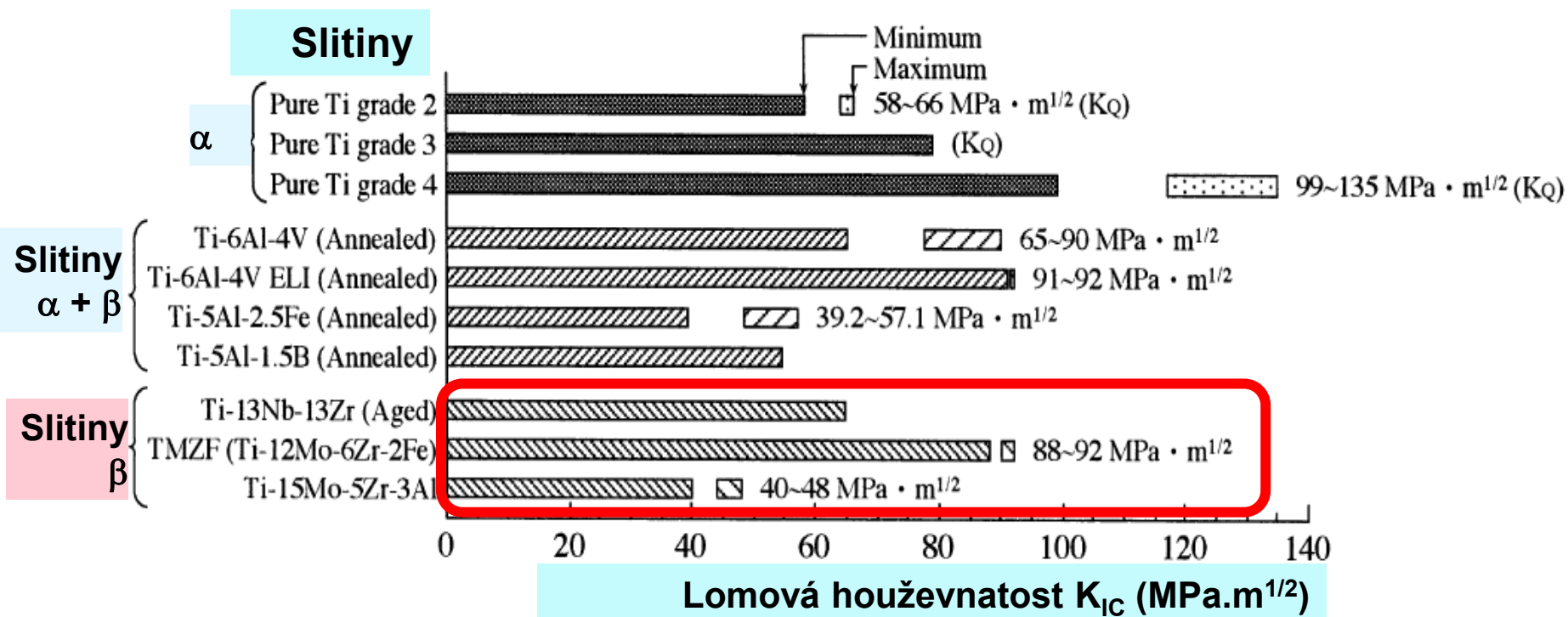
Srovnání únavové pevnosti biokompatibilních materiálů



M. Niinomi / *Materials Science and Engineering A243* (1998) 231–236

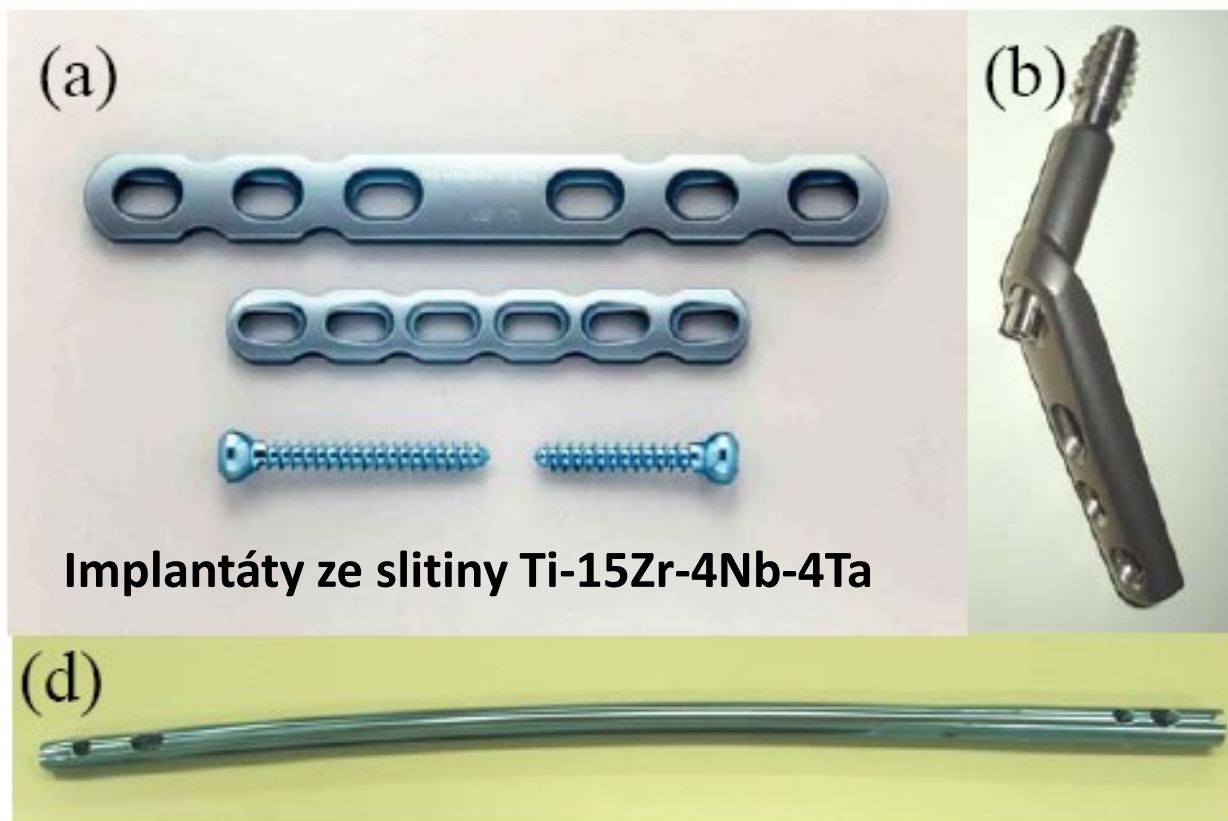
Únavová pevnost při 10^7 cyklů (MPa)

Srovnání lomové houževnatosti titanových materiálů



M. Niinomi / *Materials Science and Engineering A243* (1998) 231–236

Beta slitina titanu se sníženým modulem pružnosti



Y. Okazaki, E. Gotoh Corrosion Resistance, Mechanical Properties, Fatigue properties, and Tissue Response of Ti-15Zr-4Nb-4Ta Alloy J. of ASTM Int., October 2005, Vol. 2, No. 9 Paper ID JAI12783 Available online at www.astm.org

Výzkum materiálů

Výzkumná centra na VŠB-TU Ostrava jsou schopna zajistit:

1. Příprava speciálních slitin osteosyntetických materiálů v tavicích agregátech nebo pomocí metod práškové metalurgie a jejich následné tepelné zpracování;
2. Charakterizace struktury, segregace a mikronehomogenity vyrobených a dále mechanicko – tepelně zpracovaných materiálů;
3. Diagnostika dodaných vzorků kovových slitin z hlediska strukturních, chemických a mechanických vlastností, studium mikročistoty a struktury materiálů vyrobených technologií indukčního vakuového tavení nebo práškovou metalurgií;
4. Studium vlivu mikromechanismů poškozování a hodnocení vlivu různých faktorů na mez únavy kovových materiálů jak při cyklickém, tak i při statickém zatěžování;

Výzkum materiálů

5. Zkoušky tváření, návrh technologických postupů tváření vzorků osteosyntetického materiálu;
6. Povrchové úpravy dodaných materiálů a vzorků, včetně nanostrukturovaných povlaků;
7. Korozní zkoušky kovových materiálů podle norem a v souvislosti s biokompatibilitou; provádění a hodnocení korozně - elektrochemických a expozičních zkoušek, stanovení korozních charakteristik a parametrů slitin;
8. Studium absorpce vodíku při zpracování Ti slitin v kyselých roztocích;
9. Biodegradabilita vybraných typů slitin;
10. Fázově strukturní rozbor vzorků (DSC, SEM, EDS mikroanalýzy, aj.) osteosyntetického materiálu po různých provedených zkouškách (korozní zkoušky, mechanické zkoušky);

Výzkum materiálů

11. Aplikace výsledků strukturní analýzy při úpravách technologie výroby a zpracování materiálů;
12. Měření viskózně elastických vlastností polymerů a kompozitů;
13. Měření tepelných vlastností polymerů a kompozitů;
14. Hodnocení vyvíjených materiálů metodami Ramanovy mikrospektroskopie a FTIR

Příprava implantátů z beta slitin titanu

- ☐ odlití ingotů ze slitin požadovaného složení
- ☐ příprava polotovarů metodami práškové metalurgie
- ☐ tváření při teplotách nad teplotou beta transus (kování, válcování, lisování)
- ☐ tepelné zpracování (vakuové, ochranná atmosféra, kalení, precipitační zpevnění, popouštění, ...)
- ☐ obrábění ve spolupráci s firmou MEDIN, a.s.

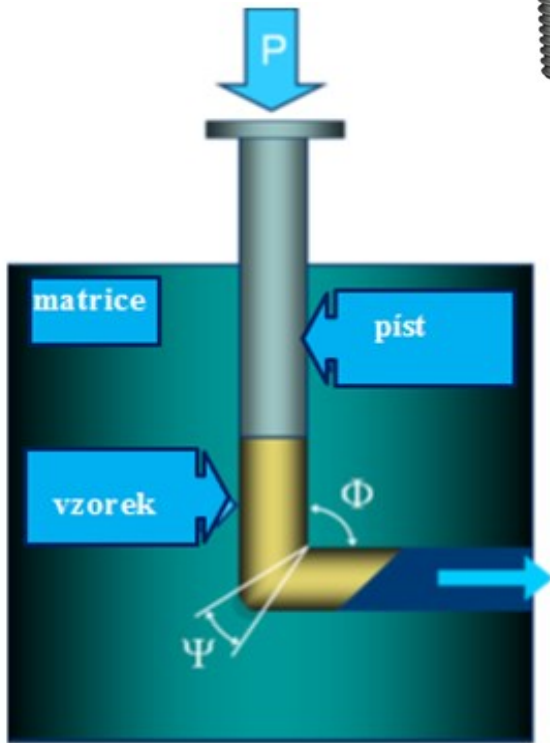
RMTVC vybaveno zařízeními pro odlévání, práškovou metalurgii a následné tepelně-mechanické zpracování

Perspektivy :

zpracování pomocí selektivního laserového tavení (rapid manufacturing)
ve spolupráci s firmou PROSPON, s.r.o. a MEDIN, a.s.

Pro přípravu **ultrajemnozrné a nanokrystalické** struktury je používána metoda **ECAP**.

**protlačování
ECAP**

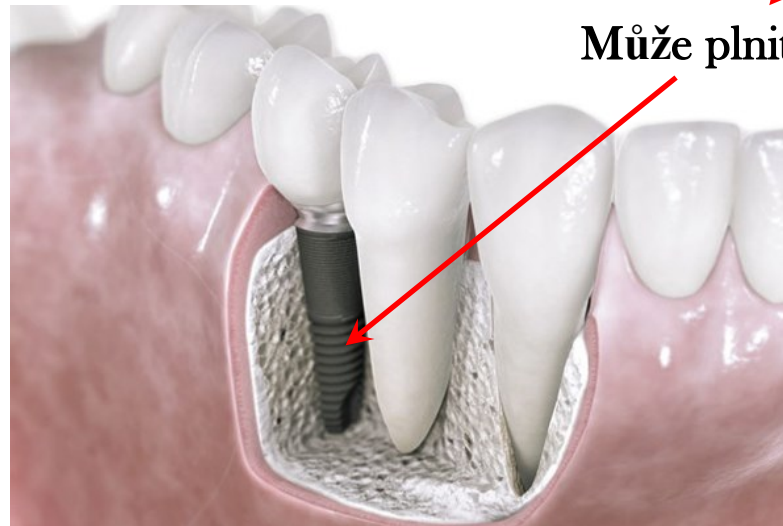


**Mechanické vlastnosti
před zpracováním**

Grade	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
3	380	450	18

Po zpracování ECAP

ECAP způsob	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
B_C	640	710	14



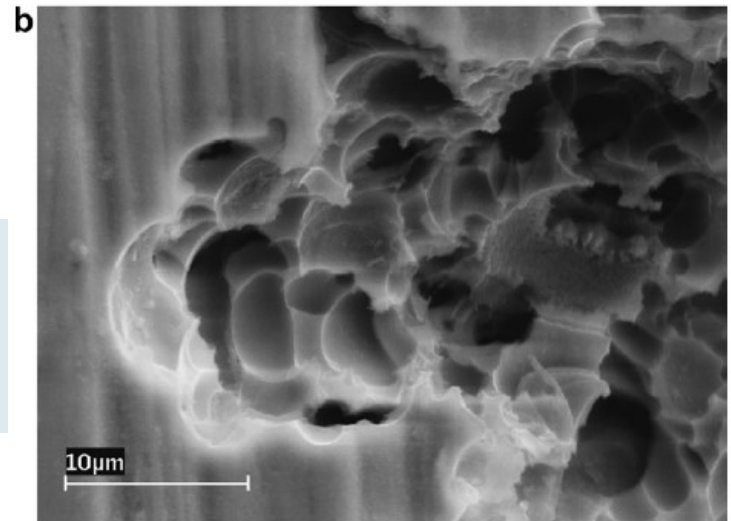
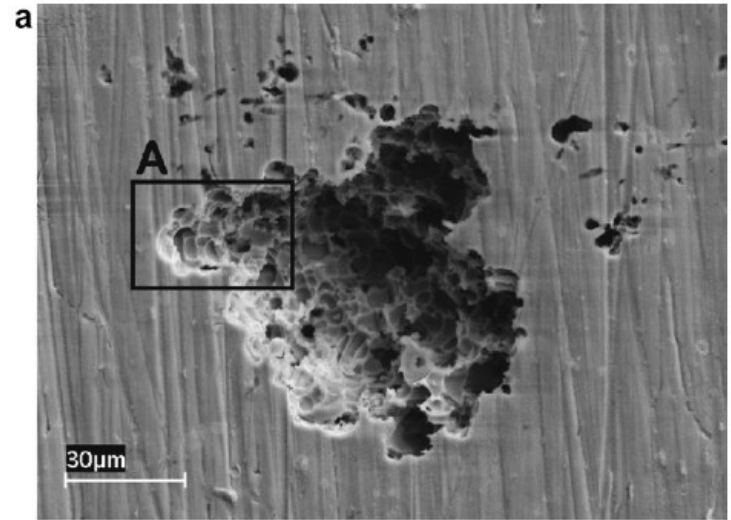
Může plnit zadanou funkci

Korozní vlastnosti

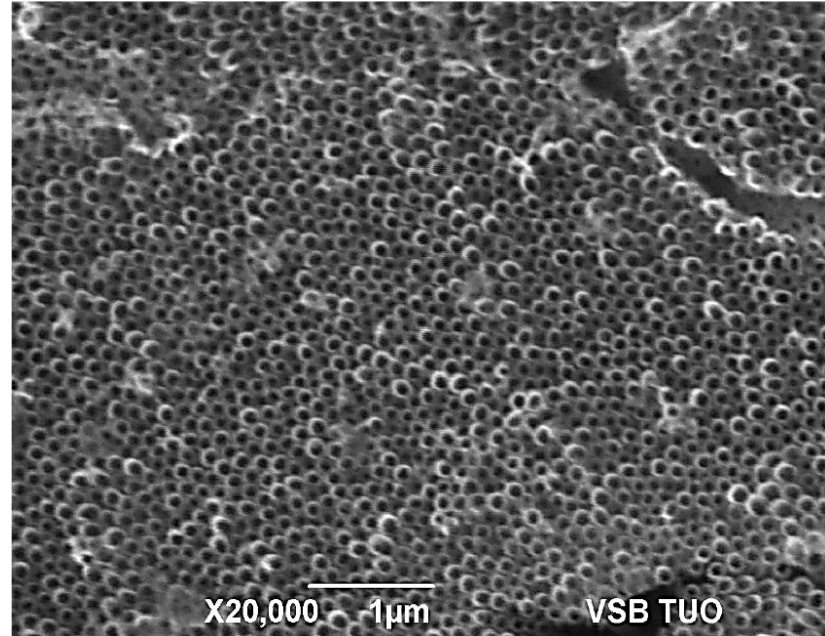
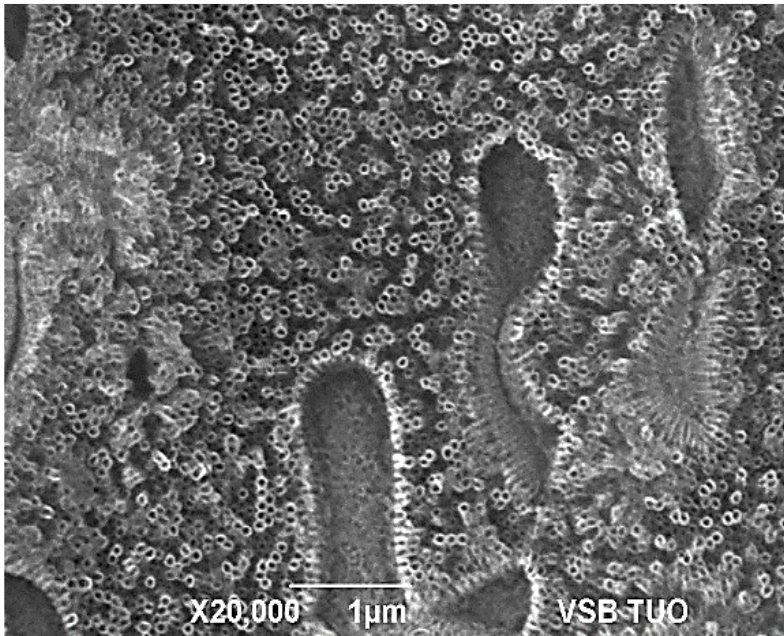
zvýšit odolnost kovových materiálů vůči různým druhům koroze :

- plošná celková koroze
- bodová, štěrbinová
- korozní praskání pod napětím
- korozní únava
- interkrystalická koroze

- žádná z těchto forem koroze, s výjimkou plošné, nemůže být tolerována u materiálů pro chirurgické implantáty



Povlaky



SEM snímky povrchu a) cp-Ti anodizovaného při 20 V (60 min, 23 °C);
b) Ti6Al4V anodizovaného při 40 V (60 min, 23 °C)

Potenciodynamická polarizační metoda

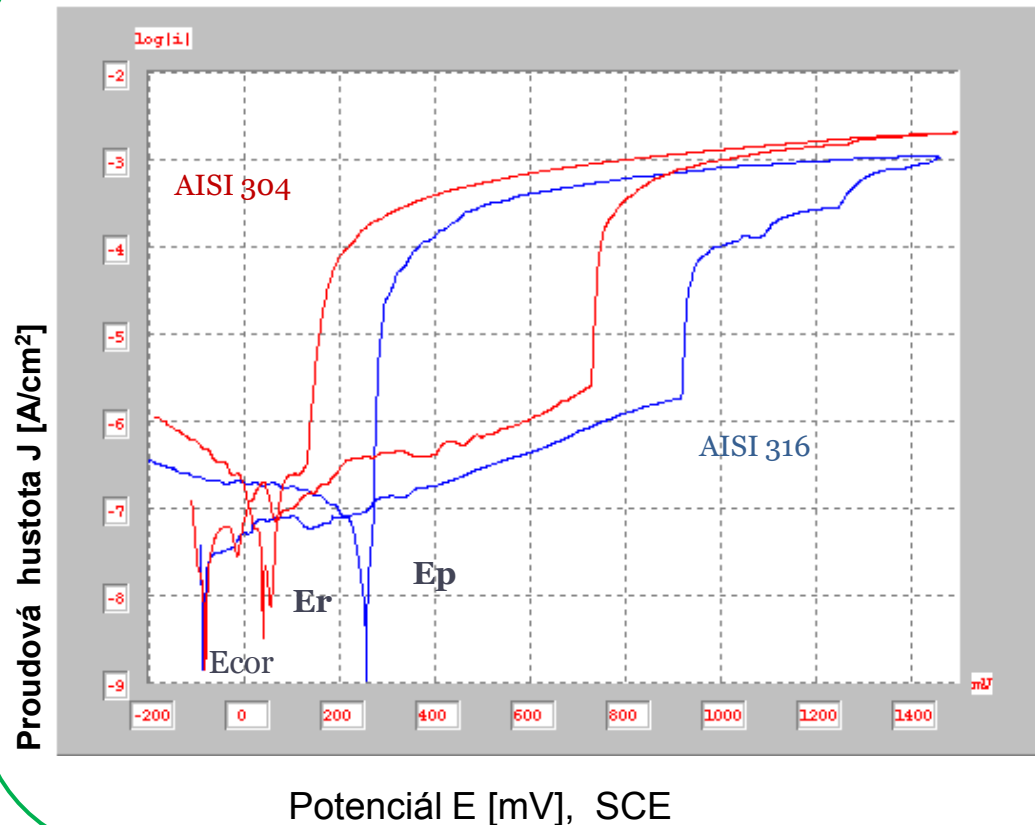
křivky a měřené parametry:

E_{gor} – korozní potenciál,

$E_{\text{p}}^{\text{cor}}$ – potenciál depasivace (pittingu),

E_{r} – potenciál repasivace.

-korozní proudová hustota -
určuje střední rychlost
rozpuštění kovového
materiálu



Děkuji za

pozornost

