

CORROSION TESTING OF BIODEGRADABLE BONE IMPLANTS

Zuzana Galanová

Master Degree Programme (2), FEEC VUT

E-mail: xgalan00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: doc. Ing. Marie Sedlaříková, CSc.

E-mail: sedlara@feec.vutbr.cz

Abstract: This article is focused on the part of my master's theses which discusses the corrosion of biodegradable bone implants in solutions which simulate human blood environment. It explains use of Tafel Analysis for corrosion measurements and the way how those measurements were done. At the end of article results are being described and analyzed.

Keywords: Bone implant, Corrosion, Ringer's solution, Natrium chloride solution, Tafel Analysis

1 ÚVOD

Tento článok sa zameriava na meranie korózneho potenciálu biodegradabilných kostných implantátov vyrobených z kovových práškových materiálov.

Použitie materiály sú vlastnej výroby – do na miešačke zmiešaných kovových materiálov zložených zo železa a mangánu je pridaný malý objem vody a rovnako pena Bulpren S28089, ktorá roztok nasaje. Následne je táto pena vypálená v dusíkovej atmosfére na teplote 1120°C a po postupnom vychladnutí sú vzorky hotové, pripravené na zmeranie korózneho potenciálu a namočenie do roztokov, ktoré simulujú prostredie v ktorom sa kosť normálne vyskytuje.

Ako roztoky vhodné na simuláciu prostredia ľudského tela (krvi) a teda korózie v ňom, sa využívajú roztok chloridu sodného (5% roztok NaCl v destilovanej vode) a Ringerov roztok (ktorý obsahuje NaCl v pomere 8,6 g/l, KCl 3 g/l a CaCl₂.2H₂O 0,33g/l v destilovanej vode). Vzorky sú v týchto roztokoch uložené a to za stálej teploty 37°C, ktorá simuluje teplotu ľudského tela.

Merania korózneho potenciálu prebiehajú každé dva týždne (pre sledovanie jeho zmien v čase) a metóda použitá na tieto merania sa nazýva Tafelova analýza. Ide o potenciodynamickú/volametrickú metódu.

2 TAFELOVA ANALÝZA

Vlastné meranie a následná Tafelova analýza prebieha pomocou potenciostatu α AUTOLAB, typ II.

Jednotlivé merania korózných potenciálov využívajú trojelektrodový systém, ktorý obsahuje kalomelovú elektródu (referenčná elektróda), platinovú elektródu (pomocná elektróda) a prášok vytvorený zo vzorky kostného implantátu na uhlíkovej elektróde (pracovná elektróda).

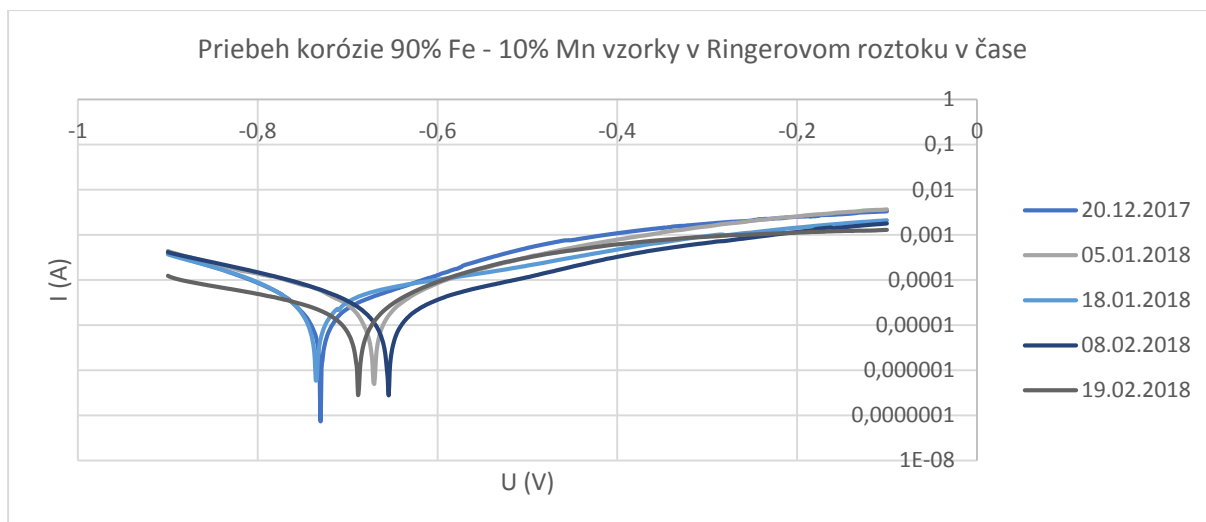
Roztoky využívané zároveň s trojelektrodovým systémom na meranie potenciálov sú dva. Využívajú sa roztok chloridu sodného a Ringerov roztok.

Pri potenciodynamickej metóde slúžiacej na meranie korózneho potenciálu sa registruje prúd vyvolaný lineárne rastúcim potenciálom. Krivka ktorá sa zaznamenáva sa nazýva Tafelova krivka a má dve vetvy. Ľavá časť krivky predstavuje vývoj plynného vodíku pri nižšom potenciále, zatiaľ čo pravá časť krivky popisuje oxidáciu kovu pri vyššom potenciále. Priesečníkom týchto dvoch kriviek je daný korózný potenciál.

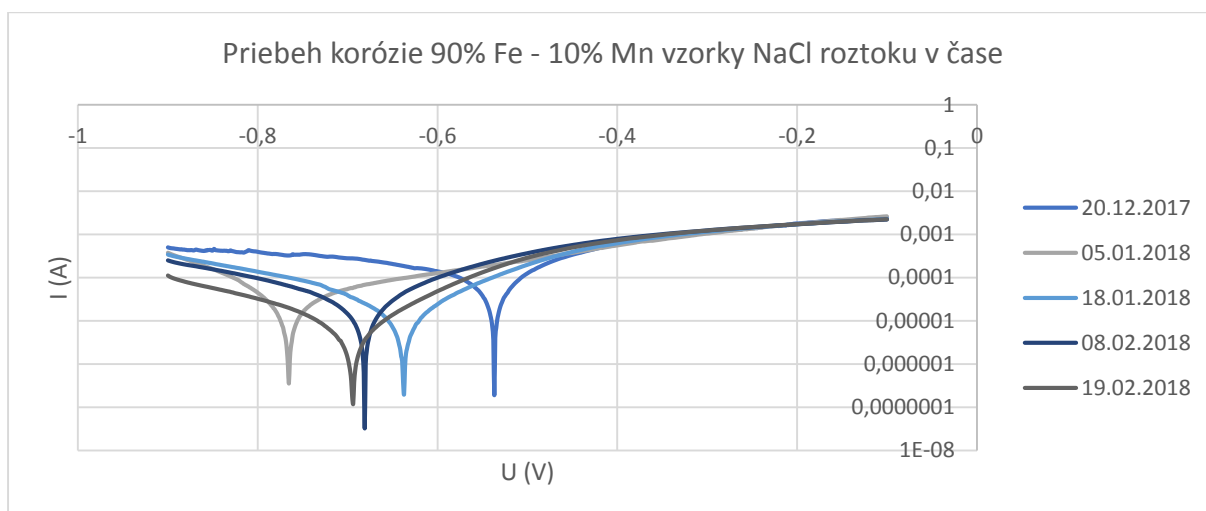
3 VLASTNÉ MERANIA KORÓZNEHO POTENCIÁLU

Merania korózneho potenciálu prebiehajú odo dňa výroby vzoriek (20.12.2017) každé dva týždne a to na 6 vzorkách. Prvé tri vzorky s nasledovným podielom kovov: 100% Fe, 90%Fe – 10% Mn a 95% Fe – 5% Mn sú namočené v roztoku NaCl a teda aj pri meraní korózneho potenciálu sa využíva roztok NaCl. Ostatné tri vzorky s rovnakými podielmi kovov sú namočené v Ringerovom roztoku a rovnako aj meranie korózneho potenciálu prebieha v tomto roztoku. Výber materiálov a roztokov sa vzťahuje na literatúru, ktorá uvádza, že železo a mangán sú sľubnými materiálmi na výrobu implantátov, čo bolo následne skonzultované aj s vedúcou diplomovej práce. [1,2]

Počas meraní sa sleduje Tafelova krivka, jej posuny a iné zmeny, rovnako ako korózny potenciál vzoriek a jeho zmeny, ale aj korózny prúd. Tafelove krivky vzorky 90% Fe – 10% Mn v Ringerovom roztoku a v roztoku NaCl sú zobrazené na obrázkoch 1 a 2.



Obrázok 1: Tafelove krivky vzorky 90% Fe - 10% Mn v Ringerovom roztoku



Obrázok 2: Tafelove krivky vzorky 90% Fe - 10% Mn v roztoku NaCl

Z oboch grafov je viditeľné, že korózia sa s časom rozhodne mení, avšak určite nie lineárne. V Ringerovom roztoku korózny potenciál najprv narastá, potom klesá a zas narastá. V roztoku NaCl naopak najprv klesá a až potom narastá. Tieto nezrovnalosti vyzerajú pomerne nejasné, je ale vysoko pravdepodobné, že je to takto práve kvôli vzniku rôznych korózných zlúčenín, ktoré následne koróziu ovplyvňujú, či už negatívne alebo pozitívne. Toto je rovnako viditeľné aj z Tabuľky č. 1., v ktorej sú uvedené korózne prúdy a korózne potenciály tejto vzorky v rôzne dni.

90% Fe 10%Mn				
Dátum	Roztok NaCl		Ringerov roztok	
	Korózný potenciál [V]	Korózný prúd [A]	Korózný potenciál [V]	Korózný prúd [A]
20.12.2017	-0.537	$5.102 \cdot 10^{-5}$	-0.730	$1.148 \cdot 10^{-5}$
05.01.2018	-0.766	$1.040 \cdot 10^{-5}$	-0.571	$6.805 \cdot 10^{-6}$
18.01.2018	-0.638	$6.187 \cdot 10^{-6}$	-0.735	$8.964 \cdot 10^{-6}$
08.02.2018	-0.681	$7.637 \cdot 10^{-6}$	-0.655	$6.117 \cdot 10^{-6}$
19.02.2018	-0.694	$2.562 \cdot 10^{-6}$	-0.688	$5.089 \cdot 10^{-6}$

Tabuľka 1: namerané korózne prúdy a potenciály v čase

Vyššie popísaný účinok, ktorý vyplýva aj z Tabuľky č.1 je však nežiadúci a vyplýva z neho, že kombinácia čisto mangánu a železa nie je úplne ideálna a je potrebné ju nejakou upraviť. Vzhľadom na túto skutočnosť je mojím cieľom vytvoriť kombinácie ďalších prvkov a sledovať, či sa situácia vylepší.

4 ZÁVER

Cieľom tohto článku bolo zoznámenie čitateľa s problematikou korózie biodegradabilných kostných implantátov v roztokoch simulujúcich prostredie ľudského tela a jej meraniami, čo je podrobnejšie vysvetlené v mojej diplomovej práci.

Kovové práškové materiály sa javia ako veľmi zaujímavé a potenciálne, avšak je nutné ešte viac skúmať a upravovať podiely jednotlivých kovov, kým sa nedosiahne taká hodnota rýchlosti korózie (také zmeny korózneho potenciálu), ktorá bude vyhovovať bezpečnosti týchto materiálov pre využitie v zdravotníctve.

POĎAKOVANIE

Tento príspevek vznikol za finančnej podpory projektu špecifického výzkumu na VUT (projekt č. FEKT-S-17-4595, Materiály a technológie pro elektrotechniku III).

REFERENCIE

- [1] Zhigang X., Hodgson A.M., Cao P. Effect of immersion in simulated body fluid on the mechanical properties and biocompatibility of sintered Fe-Mn-based alloys. December 7, 2016. University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- [2] HRUBOVCAKOVA M., KUPKOVA M., DZUPON M. Fe and Fe-P Foam for Biodegradable Bone Replacement Material: Morphology, Corrosion Behaviour, and Mechanical properties. September 29, 2016. Institute of Materials Research of SAS, Kosice, Slovakia.