

Biomed. Technik
38 (1993), 14-16

G. Willmann
H. Richter
M. Wimmer

Umlaufbiegeprüfung an mit Hydroxylapatit plasmabeschichteten Prüfkörpern aus TiAl6V4

Rotating-Bending Test of TiAl6V4 Samples Plasma-Sprayed with Hydroxyapatite

Schlüsselwörter: orthopädische Implantate, beschichtete Implantate, beschichtetes TiAl6V4, bioaktive Beschichtung, mechanische Eigenschaften, Umlaufbiegetest, Langzeitverhalten

Das Beschichten von Endoprothesen (Hüfte, Knie) und Dentalimplantaten mit Hydroxylapatit mit Hilfe des Plasmaspritzens ist Stand der Technik. Für diese junge Methode fehlen teilweise noch Informationen, u. a. über das Langzeitverhalten von beschichteten Teilen. Mit Hilfe des Umlaufbiegeversuches nach DIN 50 113 wird gezeigt, daß bei Proben, die mit einer 200 µm dicken OSPROVIT-Schicht plasmagespritzt waren, Abplatzungen erst bei Probenbruch und nicht vorher auftreten. Es wurden bei einer Belastung von 400 MPa >1•10⁹ Lastwechsel erreicht.

Key-words: orthopedic implants – coated implants – coated TiAl6V4 – bioactive coating – mechanical properties – rotating bending test – long-term behavior

Plasma spraying of hydroxyapatite coatings onto hip joint and knee endoprosthesis implants and dental implants is state of the art. Nevertheless, there is still a lack of data on the long-term behavior of such coatings. Using the rotating-bending test DIN 50 113 it is shown that parts plasma-sprayed with 200 µm OSPROVIT exhibit delamination only after fracture of the metallic component. At a load of 400 MPa more than 1•10⁹ loading cycles were achieved.

1 Beschichtung mit Hydroxylapatit

Das bioaktive Material Hydroxylapatit (HA) mit der chemischen Zusammensetzung $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ wird wegen seiner Bioaktivität erfolgreich in der Medizintechnik eingesetzt, und zwar in der Orthopädie als Beschichtung bei Komponenten für Hüft- und Knieprothesen, in der Gesichtschirurgie für Formteile, als Granulat zum Auffüllen von Knochendefekten und als Knochenersatz und in der Dentalimplantologie als Beschichtung für Dentalimplantate und als Granulat zum Auffüllen von Knochendefekten [1,7,9,10].

Einige Firmen bieten mit Hydroxylapatit beschichtete Prothesen bereits kommerziell an, einige führen noch klinische Tests durch. In der Dentalimplantologie [10,11] ist die Beschichtung mit Hydroxylapatit Stand der Technik. In anderen Disziplinen ist die Diskussion noch nicht abgeschlossen.

Das in der Medizin verwendete Material hat folgende Bedingungen [9] zu erfüllen:

1. Die Mineralphase sollte zu mehr als 95 % Hydroxylapatit sein.
2. Das Verhältnis von Ca zu P sollte dem idealen stöchiometrischen Verhältnis 1,67 entsprechen.
3. Das Material sollte keramisiert sein [9].
4. Deshalb ist es besser, bei der Nomenklatur statt Hydroxylapatit (HA) das Wort Hydroxylapatit-Keramik (HAK) zu verwenden.

HAK hat schlechte mechanische Eigenschaften [16], ist aber bioaktiv und unter den Calciumphosphaten im Körper am wenigsten resorbierbar. Will man also seine bioaktiven Eigenschaften - d. h. Knochenwachstum förderndes Potential - nutzen, muß man, dem Prinzip der Funktionentrennung folgend, die metallischen Prothesenteile mit HAK beschichten.

Die Beschichtung wird i. a. mit Hilfe des Plasmaspritzens durchgeführt [6]. Dies ist seit fast einem Jahrzehnt Stand der Technik. Es lassen sich bei richtiger Verfahrensführung Titan und seine Legierungen, Kobalt-Chrom-Legierungen und Edelstahl mit HAK beschichten.

Tabelle 1. Typische Eigenschaftswerte von HAK [16].

Eigenschaft	Richtwert	Bemerkung
theoretische Dichte	3,16 g/cm ³	idealer Wert, in der Praxis selten
Festigkeit - Druckfestigkeit - Biegefestigkeit	100 ... 200 MPa max. 100 MPa	bei theoretischer Dichte spröde wie Fensterglas
Bruchzähigkeit	1 MPa•m ^{1/2}	
E-Modul	max. 100 GPa	bei hoher Dichte
Härte	500 HV	(Richtwert)
Wärmedehnung	11•10 ⁻⁶ K ⁻¹	
Schmelzpunkt	1 650 °C	Zersetzung!
Korrosionsbeständigkeit		bei HAK zunehmend mit steigendem pH-Wert