جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة التصميم الميكانيكي

تحديد البارامترات المثلى لتحضير خليطة تيتانيوم-زركون "Ti-Zr" بتقانة تعدين المساحيق المعدنية للتطبيقات الطبية الحيوية

Determining the optimum parameters for preparing (Ti-Zr) alloy by powder Metallurgy technology for biomedical applications

م. جيهان الاسطواني
أ.م.د مهلب الدّاود د. فاتن عجيب

الملخص

تم في هذا البحث إعداد صفائح ترميم العظام من خليطة (تيتانيوم_زركون) بالنسب الوزنية التالية:
(70%wt Ti_30%wt Zr) باستخدام طريقة تعدين المساحيق المعدنية بحيث تكون الخصائص الميكانيكية لهذه الصفائح قريبة جداً من خصائص العظم الطبيعي ومساميتها أعلى من (40%) وذلك لتحقيق عملية زرع مرضية وظيفياً لصفائح ترميم العظام.

تم تحديد ضغط الكبس المناسب للحصول على المسامية المطلوبة لصفائح ترميم العظام تجريبياً عوضاً عن إضافة مادة كربونات هيدروجين الأمونيوم كمادة مساعدة على تشكيل المسامات لأنّ إضافتها أدّت للحصول على عينات غير مقبولة إما مفتتة أو فيها تشققات كبيرة. تم تحديد درجة حرارة التلبيد المثلى وزمن التلبيد الأمثل للحصول على صفائح ترميم العظام بالخصائص الميكانيكية والمسامية المطلوبة حيث كانت درجات حرارة التلبيد المدروسة (900°C,1000°C,1100°C,1200°C,1300°C)، وأزمنة التلبيد (1h,2h,3h) بعد حساب المسامية للعينات الناتجة وتحديد الخصائص الميكانيكية لها بإجراء اختبار المقاومة على الانضغاط، وأخيراً تم تقييم التوافق الحيوي لصفائح ترميم العظام المنتجة.

النتائج: تبيّن أنّ ضغط الكبس المناسب للحصول على صفائح ترميم العظام بالخصائص المطلوبة هو (190.985 Mpa)، درجة حرارة التلبيد المثلى للحصول على صفائح ترميم العظام المطلوبة هي (900°C)، وزمن التلبيد الأمثل هو (1h=60 min)، وأثبتت تجربة السائل الحيوي (SBF) على عينة من العينات الملبّدة عند درجة الحرارة (900°C) والزمن (1h=60 min) أنّ العينة متوافقة حيوياً ولها القدرة على تشكيل الأباتيت عند زرعها في الجسم البشري.

الكلمات المفتاحية: تعدين المساحيق المعدنية، درجة حرارة التلبيد، زمن التلبيد، صفائح ترميم العظام، التوافق الحيوي.

القسم النظري

تتطلب الإصابات العظمية زرع مواد حيوية اصطناعية لتقويم وإصلاح العظم المتضرر، تُسمّى الهياكل المسامية التي تُوفر الدعم وتسمح للخلايا بالالتصاق والتكاثر والتمايز لاستعادة وظائف العظام بصفائح ترميم العظام وتقوم هياكل صفائح ترميم العظام بتحديد الشكل النهائي للعظم الجديد [1]

استُخدمت خلائط التيتانيوم على نطاق واسع في التطبيقات الطبية الحيوية نظراً لخصائصها الممتازة مثل: المقاومة العالية، التوافق الحيوي، المقاومة الجيّدة للتآكل، حيث تم استخدامها في تصنيع: مفصل الورك الاصطناعي، مفصل الركبة الاصطناعي، صفائح عظمية وبدائل العظام [3],[2]

يعد عنصر الزركون مادة ذات أهمية بالنسبة للزرعات الجراحية لأنّه يُظهر مقاومة ميكانيكية مقبولة، توافق حيوي مرضي، اندماج عظمي جيّد، مقاومة جيّدة للتآكل [4]، كما أظهرت الدراسات التي قارنت الزرعات الجراحية للتيتانيوم مع زرعات التيتانيوم المضاف لها زركون أن سطح الاتصال بين الزرعة والعظم كان أكبر في زرعات التيتانيوم المضاف لها زركون [5]

يجب أن تتمتع صفائح ترميم العظام بمسامية أعلى من (40%) [6]

القسم النظري

وأن تكون خصائصها الميكانيكية قريبة جداً من خصائص العظم الطبيعي [7]

- معامل مرونة منخفض (0.1÷30 Gpa).
- مقاومة انضغاط (2÷200 Mpa) [8].

تُفضّل خلائط التيتانيوم من النوع (β) للزرعات الجراحية نظراً لمقاومتها الميكانيكية العالية، وتوافقها الحيوي الجيّد، معامل مرونتها المنخفض، مقاومتها الممتازة للتآكل، ويُعتبر الزركون من العناصر الخلائطية التي تعمل على استقرار الطور (β) في خلائط التيتانيوم [9].

تُعتبر تقانة تعدين المساحيق المعدنية طريقة فعالة لإنتاج المواد الحيوية المسامية، حيث تسمح هذه الطريقة بالحصول على المسامية المطلوبة من خلال التحكم بضغط التدميج أو إضافة مواد تساعد على تشكيل المسامات

القسم العملي

- ✓ اختبارات المساحيق المستخدمة.
- ✓ تحديد محتوى كربونات هيدروجين الأمونيوم لصفائح ترميم العظام المسامية.
- ✓ تحضير العينات.
- ✓ قياس مسامية العينات بعد التلبيد.
- ✓ اختبار المقاومة على الانضغاط للعينات بعد التلبيد.
- ✓ الفحص المجهري للعينات الملبّدة.
- ✓ تقييم التوافق الحيوي للعينات المحضّرة بشروط التلبيد المثلى

النتائج والمناقشة

حصلنا على صفائح ترميم عظام للعظم البشري المسامي من خليطة:
(70%wt Ti-30%wt Zr) بنيتها مؤلفة من المسامات و الطور (β)، باستخدام تقانة تعدين المساحيق المعدنية بمسامية وخصائص ميكانيكية متوافقة مع القيم المطلوبة لصفائح الترميم باستخدام ضغط كبس (190.98 Mpa = 1.5 Ton) وبالتلبيد عند درجة حرارة (900 °C) لمدة (60 min) في جو من الأرغون بتدفق (168.9 Liter/hour)، وبالتالي فإنّ بارامترات التلبيد المثلى للحصول على صفائح ترميم عظام مسامية (70%wt Ti-30%wt Zr) هي التلبيد عند درجة حرارة (900 °C) و بزمن تلبيد (60 min).

أثبتت تجربة السائل الحيوي (SBF) أن العينة (6) المحضّرة بتقانة تعدين المساحيق المعدنية وبشروط التلبيد المثلى والمعالجة كيميائياً والمغمورة في السائل الحيوي متوافقة حيوياً ولها القدرة على تشكيل الأباتيت عند زرعها في الجسم البشري.

المراجع

1- Zielinski, A. (2019). Titanium Scaffolds – Hopes and Limitations. **American Journal of Biomedical Science & Research**. (Vol. 4)issue 6, pp. 390–391).

2- Geetha, M., Singh, A.K., Asokamani, R., & Gogia, A. K. (2009). Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants – A review. **Journal of Pa Program in Materials Science**. (Vol. 54, Issue 3, pp. 397–425).

3- Niinomi, M., Nakai, M., & Hieda, J. (2012). Development of new metallic alloys for biomedical applications. **Journal of Ta Acta Biomaterialia** (Vol. 8, Issue 11, pp. 3888–3903). Elsevier Ltd.

4-Inoue, A. (n.d.).(2000). STABILIZATION OF METALLIC SUPERCOOLED LIQUID AND BULK AMORPHOUS ALLOYS. **Journal of Acta Biomaterialia**. (Vol. 48)Issue 1,pp. 279–306).

5- Guglielmotti, M. B., Renou, S., & Rómulo Luis Cabrini, M. (1999). A Histomorphometric Study of Tissue Interface by Laminar Implant Test in Rats. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** (Vol. 14).

6-Yılmaz, E., Gökçe, A., Findik, F., Gulsoy, H. O., & Iyibilgin, O. (2018). Mechanical properties and electrochemical behavior of porous Ti-Nb biomaterials. **Journal of Mec Mechanical Behavior of Biomedical Materials** (Vol. 87,pp. 59–67).

7-Wen, C. E., Yamada, Y., & Hodgson, P. D. (2006). Fabrication of novel TiZr alloy foams for biomedical applications. **Journal of Materials Science and Engineering C**. (Vol. 26, Issue 8,pp. 1439–1444).

8-Gaynor, F. (n.d.). (1969).The Mechanical Properties of Bone. Virtual Library project. **Artificial Limbs**. (Vol. 13,pp. 37–48).

9-FELLAH, M., HEZIL, N., LEILA, D., ABDUL SAMAD, M., DJELLABI, R., KOSMAN, S., MONTAGNE, A., JOST, A., OBROSOV, A., & WEISS, S. (2019). Effect of sintering temperature on structure and tribological properties of nanostructured Ti–15Mo alloy for biomedical applications. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China** (English Edition), (Vol. 29, Issue 11, pp. 2310–2320).