Entwicklung einer Aluminium- und Vanadium-freien Titanlegierung auf Basis technisch reinen Titans für den Einsatz in der Osteosynthese und Implantattechnik

19708 N

Im Rahmen des AiF Projektes 19708 N wurden auf Basis der Reintitansorte Grad 4 neue, für die Medizintechnik vorgesehene, Titanlegierungen entwickelt. Ziel war es, Legierungen zu entwickeln, die hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung ausschließlich Legierungselemente beinhalten, die entweder bereits im menschlichen Körper vorkommen oder für die keine negativen Auswirkungen bekannt sind. Anspruch der neuentwickelten Legierungen ist es, die mechanischen Eigenschaften des Standardmaterials Ti 6Al 4V (ELI) bei weiterhin guter Korrosionsbeständigkeit zu erreichen oder zu übertreffen, sodass letztere Legierung daher potentiell für den Einsatz in der Osteosynthese und Implantattechnik ersetzt werden kann. Hintergrund ist, dass die Legierungselemente Aluminium und Vanadium in Ti 6Al 4V (ELI) und Ti 6Al 7Nb hinsichtlich der Verwendung im menschlichen Körper aufgrund der toxischen und karzinogenen Wirkung von Vanadium und der neurotoxischen Wirkung von Aluminium und der möglichen Entstehung von Brustkrebs und der Alzheimer-Krankheit von medizinscher Seite zunehmend kritisch gesehen werden.

Auf Basis von CP-Ti Grad 4+ (Ti 0,4O 0,5Fe 0,08C) wurde der Einfluss der Legierungselemente O, Au, Nb, Mo, Si und In auf das Gefüge und die mechanischen sowie korrosiven Eigenschaften umfassend untersucht. Dafür wurden zahlreiche Legierungen im Labormaßstab erschmolzen und analysiert. Dabei zeigte sich, dass Si, Nb, Mo und O starke Mischkristallverfestiger sind. Alle Legierungen weisen α- und β-Phase auf. Im Labormaßstab konnte gegenüber CP-Ti Grad 4+ die Dehngrenze und Zugfestigkeit bei weiterhin guter Duktilität deutlich gesteigert werden, sodass teilweise die mechanischen Eigenschaften von untersuchtem Ti 6Al 4V ELI erreicht oder übertroffen werden.

Auf Basis dieser Untersuchungen wurden drei Legierungen, Ti 0,4O 0,5Fe 0,08C 0,3Si 0,1Au, Ti 0,44O 0,5Fe 0,08C 0,4Si 0,1Au und Ti 0,44O 0,5Fe 0,08C 2,0Mo in größeren Mengen erschmolzen und umfassend analysiert. Die höchsten statischen mechanischen Eigenschaften weist die Legierung Ti 0,63O 0,58Fe 0,096C 2,1Mo mit einer Dehngrenze von etwa 1115 MPa, einer Zugfestigkeit von 1150 MPa und einer Bruchdehnung von 16,5% auf, die im oberen Bereich von Ti 6Al 4V liegen. Rundgeknetetes Material der Legierung Ti 0,44O 0,5Fe 0,08C 0,4Si 0,1Au besitzt eine Dehngrenze von etwa 870 MPa, eine Zugfestigkeit von 910 MPa und eine Bruchdehnung von 18,3%. Diese Werte liegen oberhalb der minimalen Anforderungen für Ti 6Al 4V für Verwendung bei chirurgischen Implantaten. In Schwingversuchen konnte zusätzlich eine Oberspannung von ca. 510 MPa (R-Wert ca. 0,02) bzw. von ca. 555 MPa (R-Wert ca. 0,04) dauerhaft ertragen werden.

Die Legierungen weisen inhärent sehr gute Korrosionseigenschaften auf. Es kann eine Abhängigkeit der Korrosionsbeständigkeit von den enthaltenen Legierungselementen beobachtet werden. Im Allgemeinen verbessert das Legieren mit Mo, Nb und Au das Korrosionsverhalten in simulierter Körperflüssigkeit als auch in künstlichem Speichel. Das Legieren mit Si zeigt einen weniger starken Effekt, jedoch kann auch keine drastische Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit verzeichnet werden. Durch die Oberflächenmodifikation mittels Plasma-elektrolytischer Oxidation ist es möglich die Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit der Legierungen nochmals deutlich zu erhöhen, sowie die Biokompatibilität zu verbessern, sodass sich die neu entwickelten Legierungen für einen Einsatz als Implantatwerkstoff sehr gut eignen.

Durch die Forschungsarbeiten steht ein neuer Titanwerkstoff für die Anwendung in der Medizin-technik zur Verfügung, der sich durch eine verbesserte Biokompatibilität bei vergleichbaren oder besseren mechanischen Eigenschaften von bisher im Einsatz befindlichen Materialien auszeichnet. Nach einer noch zu erfolgenden Zertifizierung des Werkstoffs eröffnet dies insbesondere den in Deutschland ansässigen kleinen und mittelständischen Unternehmen in Deutschland einen Wettbewerbsvorteil gegenüber ausländischen Marktführern.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema von 01/18 bis 04/21 an der **Technischen Universität Braunschweig,**

Institut für Werkstoffe (Langer Kamp 8, 38106 Braunschweig, Tel.: 0531/3913073) unter der Leitung von Dr. Carsten Siemers und am **DECHEMA-Forschungsinstitut** (Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main, Tel. 069/ 7564-398) unter der Leitung von Prof. Dr. W. Fürbeth

Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 19708 N der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.