T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高視認性を有する三元系AuCuAl生体用形状記憶合金マイクロワイヤーの作製プロセスの研究
Title(English)	Study on Fabrication Process of Ternary AuCuAl Biomedical Shape Memory Alloy Microwire with High Medical Imaging Quality
著者(和文)	後藤研滋
Author(English)	Kenji Goto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11105号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:細田 秀樹,舟窪 浩,三宮 工,木村 好里,曽根 正人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11105号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

論文要約

近年，血管疾患において身体に負担の少ない血管内治療が注目されている．血管内治療では，ステントやガイドワイヤー等の医療デバイスが使用されており，これらの医療デバイスには Ti-Ni 形状記憶合金が応用されている．しかし，Ti-Ni は構成元素である Ni の溶出による生体アレルギーの懸念があることに加え，X 線 CT や MRI 撮影において視認性が悪いという問題点がある．これより，生体有害元素を含有せず画像診断において高い視認性を有する新規形状記憶合金の開発が望まれている．そこで，生体適合性が良く X 線や MRI 撮影において高視認性を有する可能性のある AuCuAl 合金に着目した．また，本合金は加工性が良くないため，線材化プロセスの開発が必要である．そこで，このような難加工性材料の線材作製プロセスとして，超伝導 Nb_3Sn 線材作製法であるブロンズ法に着目し，AuCuAl 合金を構成する元素で複合線材を作製した上で，固相拡散反応によって AuCuAl 三元系単相マイクロワイヤーを作製するプロセスを提案した．以上より，本研究では，AuCuAl 合金の圧縮変形挙動，体積磁化率に着目し，また複合材線材の熱処理における拡散挙動を明らかにすることで，AuCuAl 合金マイクロワイヤー作製プロセスのための基礎的知見を確立することを目的とした．

まず，MRI 対応の形状記憶合金として実用化に好適な組成を決定するために，Au-Cu-Al 三元系でのβ相を含む広い合金組成を選定し，実験的に機械的性質と体積磁化率を調べ，組成との関係を調査した．その結果，AuCuAl 合金の体積磁化率は既存の生体用金属材料と比較して低く，人体の体積磁化率に近いこと，このため MRI における磁化率アーチファクト低減が期待できることを明らかにした．また，圧縮試験においては脆性ではなく高圧縮ひずみが得られたことから，粒界脆性が抑制されるならば，AuCuAl 三元系多結晶合金は本質的に延性であることを明らかにし，これらの結果から実用医療材料として好適な合金組成範囲を明らかにした．また，本研究では難加工である AuCuAl 合金マイクロワイヤーを作製する新手法として 2 種類の方法を提案した．第 1 は Au, Cu, Al 各単体の純金属の線と管を組み合わせ，これを線引きしてワイヤー化し，その後に熱処理中の固相拡散で合金化する作製方法である．また，第 2 は延性の良い 2 元系合金を管にして，それに純金属線を内包させたコアシェルワイヤーを作製し，それを線引きしてマイクロワイヤー化し，その後に熱処理で合金化する方法である．実験の結果，前者の純金属の線と管の組み合わせではマイクロワイヤー化は可能であるが，Au/Al 界面で固相拡散を阻害する Au_2Al が生成するために合金化が進まず，工業的に本手法を利用することは困難でることが明らかとなった．一方，後者の手法では，設計通りの線径 100μm の複合材マイクロワイヤーが作製でき，かつ，その後の熱処理により設計通りの AuCuAl 合金化が可能であることを明らかにした．そして，後者を二層構造拡散法と呼び，2 元系合金管と純金属線の界面に生成する反応層の成長速度定数から熱処理時間と合金化が可能な線径の関係を求めることによって，同手法の工業的適用範囲が最大線径で 300μm 程度であることなど，工業的限界も示した．また，同手法で作製した AuCuAl 合金マイクロワイヤーから作製した単結晶試験片が体温近傍で超弾性を示すことも確認した．しかし，創案した二層構造拡散法で作製した合金線では，表面の平滑性が悪化し内部欠陥が生じることが明らかとなったことから，工業生産を見据え，高い表面平滑性を有し内部欠陥の無いマイクロワイヤーを作製するために実用的な二層構造拡散法プロセスを検討した．その結果，Au-Cu/Al コアシェル構造ワイヤーに熱間ダイス引抜き加工を施すことで，線引きと合金化を同時に行うことができ，その際に表面の平滑化と内部欠陥の抑制が共になされることを明らかにした．さらに，実際に臨床現場で使用される X 線撮影装置および MRI 装置を用いて AuCuAl 合金の画像撮影を行い，その造影性を評価した．その結果，予想通り，AuCuAl 合金は Ti-Ni 合金と比較して X 線視認性が良いこと，また，MRI 撮影における磁化率アーチファクトもほとんど無く，画像診断において良好な視認性を有することを明らかにした．

以上より，本論文では，難加工性合金マイクロワイヤー作製のために，まず構成元素単体あるいはその合金が良好な加工性を持つことを利用して先に複合線材を作製し，その後，熱処理中に起こる固相拡散反応により単相合金化を行うというマイクロワイヤー作製プロセスを考案し，また工業的に利用できるプロセスを検討した．そして，本プロセスにより AuCuAl 合金では線径 300μm までのワイヤーが作製できること，および作製した AuCuAl 合金マイクロワイヤーが超弾性を有することを確認した．さらに本合金が医療用画像診断で高視認性を有することを確認し，工業的に利用可能なマイクロワイヤー作製プロセスの基礎的知見を確立した．