

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),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11105号,<br>授与年月日:2019年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:細田 秀樹,舟窪 浩,三宮 工,木村 好里,曾根 正人                                                                          |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11105号,<br>Conferred date:2019/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                           |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                                |
| 種別(和文)            | 審査の要旨                                                                                                                                                                                          |
| Type(English)     | Exam Summary                                                                                                                                                                                   |

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  |       | 号   | 学位申請者氏名 |       | 後藤 研滋 |  |
|-------------|-----|-------|-----|---------|-------|-------|--|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏 名   | 職 名 |         | 氏 名   | 職 名   |  |
|             | 主査  | 細田 秀樹 | 教授  | 審査員     | 曾根 正人 | 教授    |  |
|             | 審査員 | 舟窪 浩  | 教授  |         |       |       |  |
|             |     | 三宮 工  | 准教授 |         |       |       |  |
|             |     | 木村 好里 | 教授  |         |       |       |  |

### 論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「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」と題し、全 6 章で構成されている。

第 1 章「緒論」では、血管内治療デバイス用金属材料について概観し、再発診断や予後観察における視認性の重要性という観点から、医療用金属材料を使う上での X 線 CT や MRI 撮影における問題点を指摘している。そして AuCuAl 合金のこれまでの研究について述べ、医療用材料として本合金が期待できる理由と、本合金は磁化率やレントゲン造影性に関する研究が無いこと、および、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ことを述べている。そして、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<sub>3</sub>Sn 線材作製法であるブロンズ法について述べ、本研究の目的と論文の構成について説明している。

第 2 章「AuCuAl 合金の圧縮変形挙動および体積磁化率」では、MRI 対応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、組成との関係を系統的に調査している。この結果、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 における金属アーチファクト低減が期待できることを明らかにしている。また、圧縮試験においては本合金は脆性ではなく、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述べている。これらの結果から総括し、実用医療用材料として好適な合金組成を示している。

第 3 章「AuCuAl 合金マイクロワイヤーの作製およびその拡散挙動」では、AuCuAl マイクロワイヤーを作製する 2 種類の新しい手法を提案している。第 1 の手法は Au, Cu, Al 各単体の純金属の線と管を組合せ、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する方法である。また、第 2 の手法は延性の良い 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、第 1 の手法では、マイクロワイヤーの作製は可能であるが、Au/Al 界面で固相拡散を阻害する Au<sub>2</sub>Al 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あると述べている。一方、第 2 の手法では、設計組成通りの線径 100μm の複合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 合金化ができたことを明らかにしている。後者を二層構造拡散法と呼び、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、工業的限界も示している。また、同手法で作製した AuCuAl 合金線から単結晶試験片を作製し、その微小圧縮試験から、同材料が実際に体温で超弾性を示すことを述べている。

第 4 章「工業生産を見据えた AuCuAl 合金マイクロワイヤーの作製プロセスの検討」では、第

3章で創案した二層構造拡散法で作製した合金線の表面と内部構造を調べ、表面の平滑性と内部欠陥の問題があることを明らかにし、これらの欠陥を無くす製造プロセスの必要性を述べている。このため、工業生産を見据え、欠陥の無いマイクロワイヤー作製のための、実用的な二層構造拡散法プロセスについて検討している。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ている。

第5章「医療診断装置を用いた AuCuAl 合金の X 線および MRI 視認性」では、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、AuCuAl 合金の画像撮影を行い、その造影性を評価している。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、良好な視認性を有することを明らかにしている。

第6章「結論」では、各章で得られた結言をまとめ、本研究の結論を述べている。

これらを要するに本論文は、難加工性合金の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、実際に AuCuAl 合金に利用し、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を確立したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。