

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：16101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800045

研究課題名(和文)MRI適合Au-Pd-Pt基合金の開発

研究課題名(英文)Development of MRI compatible Au-Pd-Pt alloy

研究代表者

武川 恵美 (TAKEGAWA, Emi)

徳島大学・ヘルスバイオサイエンス研究部・助教

研究者番号：50633872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：磁気共鳴画像法(MRI)においてアーチファクト(偽像)を生じない医療用生体合金として開発したAu-xPt-8Nb合金の加工性の向上を目的として、より加工性高いAu-Pd合金をベースとしたAu-Pd-X合金の開発を行ってきた。この合金はPd=10～26%の範囲でアーチファクトフリーを示す組成が存在しAu-Pt-8Nbよりも高加工性と高強度を示すことが明らかとなった。今後、より幅広い医療用デバイスへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The workability of MRI artifact free Au-xPt-8Nb alloys, the author have development, is insufficient for some type of biomedical devices. The authors have developed new Au-Pd based ternary alloys by adding a third element X exhibiting. Au-Pd-X alloys indicate MRI artifact free on Pd=10-26mass% and have good workability and are suitable for Biomedical devices requiring high-workability materials.

研究分野：医歯薬学

キーワード：非磁性 MRI 金合金

1. 研究開始当初の背景

MRI は急速に普及するとともに、従来の 1.5T (テスラ) 級から 3T 級への超高磁場化が進み、さらに次世代 MRI としての 7T 級の市販が始まっている。将来的には 16T 級を目指した開発が進められており、高磁場化とともに迅速に高精細な画像が得られるようになってきている。一方、超高磁場化にともない様々な問題が深刻化している。その一つが、生体内に設置された金属製デバイスにより惹起される金属アーチファクトである。従来は撮像方法の工夫により回避されてきた金属アーチファクトだが、超高磁場化にともない回避が困難なケースが出てくると考えられる。また、近年注目を集めている磁気共鳴血管画像法 (MRA) ではアーチファクトの回避がより困難であることなど、今後ますますアーチファクトが生じない金属製デバイスの必要性が高くなると予想される。

2. 研究の目的

MRI の磁場中では、金属製デバイスと周囲の生体組織は共に磁化されるが、磁化される程度が異なることで、磁場が乱されてアーチファクトが生じる。この乱れの大きさは、両者の体積磁化率 (外部の磁場に対して磁化される程度を示す値) の差の絶対値に依存すると考えてよく、磁化率が生体組織 (水の磁化率 -9×10^{-6} (以降 -9ppm と表す) 前後の値を示す) と同じ金属はアーチファクトフリーとなる。研究代表者らは、既知のアーチファクトフリー合金である Au-28Pt 合金 (mass%、以下同様) を基に、より高い機械的性質を示しうるアーチファクトフリー合金として Au-xPt-8Nb 合金を開発した。しかし、この合金は加工性が高くはなく、血管クリップや動脈瘤塞栓用コイルの様に単純形状のデバイスの作製は可能と期待できるが、ステントのように複雑なデバイスを作製するには相当な困難が予想される。そこで本研究では、より加工性が高い合金である Au-Pd 合金をベースとして、第 3 元素 X (特許準備中のため、現状では X とする。) の添加によってアーチファクトフリーを維持しつつ、高加工性と高強度を両立させた合金を開発することを目標とした。

3. 研究の方法

さまざまな組成の Au-Pd-X 合金を作製、圧延し 1000 焼鈍 (温度を制御すること合金を加工前の状態に戻す処理) 後、組成に応じて温度 30 分間の時効処理 (温度を制御すること複相化し、強度を増加させる処理) を行い供試材とした。磁化率は磁気天秤で測定し、機械的特性はビッカース硬さ (Hv) で測定した。

4. 研究成果

Au-Pd 合金では Au-32Pd 合金で磁化率が -9ppm を示し、Au-xPt-8Nb 合金より良好な冷

間圧延性を示した (図 1)。しかし、焼鈍材で 74Hv、圧延材で 154Hv と Au-5Pt-8Nb 合金より硬さは低く、時効処理が不可能である点からも用途は限定的と考えられた。これを改良するため Au-Pd 合金に第 3 元素 X を添加した Au-Pd-X 合金の磁化率は Pd 組成、X 組成いずれにも依存し、重回帰分析の結果 $Pd(\%) + X(\%) = 33$ ($R^2 = 0.85$) の組成で磁化率 9ppm を示すことがわかった (図 2)。これらの合金は、1000 で単相化が可能で、時効熱処理による強化が可能であった。磁化率 -9ppm 近傍の値を示すいくつかの組成の合金を評価した結果、焼鈍材で 87Hv (Pd=26、X=6) から 118Hv (Pd=16、X=17)、圧延材で 174Hv (Pd=26、X=6) から 200Hv (Pd=16、X=17) と、Au-5Pt-8Nb 合金 (焼鈍材で 167Hv、圧延材で 210Hv) よりは低かったが、時効処理を行うことで 200Hv (Pd=16、X=17) まで増加した。Au-5Pt-8Nb 焼鈍材の時効処理は 193Hv を示すことから、Au-Pd-X 合金は Au-5Pt-8Nb 合金と同等の機械的特性を発揮すると考えられた。(図 3、4)。また、いずれの合金も Au-5Pt-8Nb 合金より良好な冷間加工性を示した。(図 5)。以上より、Au-Pd-X 合金はアーチファクトフリーを維持しつつ高強度と高加工性を両立し、Au-xPt-8Nb 合金より幅広い医療用デバイスへの応用が期待できることがわかった。

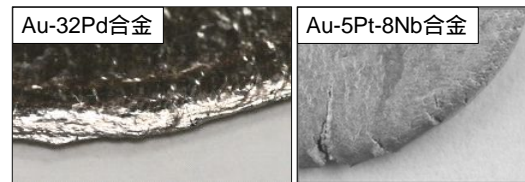


図 1 Au-32Pd 合金の冷間圧延性

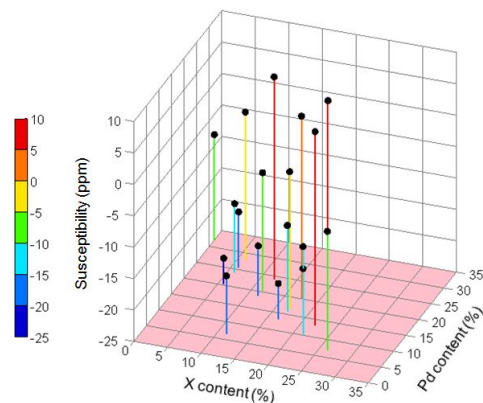


図 2 Au-Pd-X 合金の磁化率

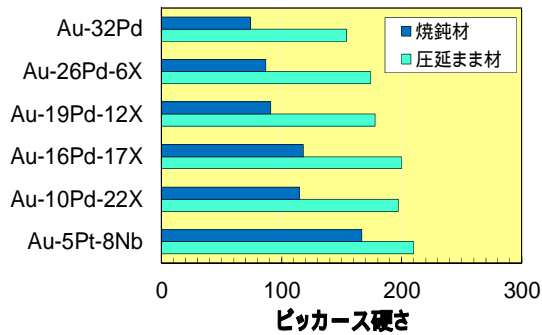


図3 Au-Pd-X合金のビッカース硬さ

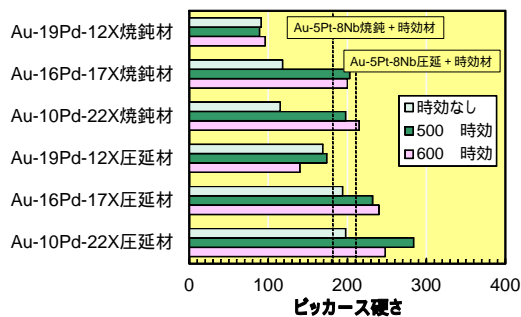


図4 Au-Pd-X合金の熱処理硬化性

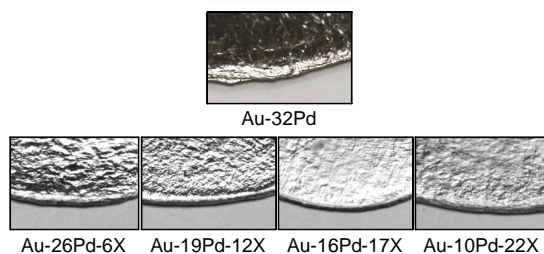


図5 Au-Pd-X合金の冷間圧延性

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

Emi UYAMA, Shihoko INUI, Kenichi HAMADA, Eiichi HONDA, Kenzo ASAOKA; Magnetic susceptibility and hardness of Au-xPt-yNb alloys for biomedical applications, Acta Biomaterialia, 査読有, 9, 2013, pp.8449-8453, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2013.05.028>

[学会発表](計 9件)

浜田賢一、宇山恵美、乾志帆子、菅田栄一: 生体用非磁性 Au-Pd 基合金の特性、第154回日本金属学会2014年春季大会、東京工業大学(東京都)3月22

日、2014年

Kenichi HAMADA, Shihoko INUI, Emi UYAMA and Eiichi HONDA: Magnetic-resonance-imaging

Artifact-free Au-7Nb-5Pt Alloy: Mechanical Properties of Wire, International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials 2013 (Thermec '2013), Rio Hotel, Las Vegas, USA, Dec 3, 2013

Kenichi HAMADA, Emi UYAMA, Shihoko INUI and Eiichi HONDA: Tensile Properties of Au-7Nb-5Pt and Au-8Nb-5Pt Alloy Wire for Use in MRI-Artifact-Free Biomedical Devices, 25th European Conference on Biomaterials (ESB2013), Hotel Melia Castilla, Madrid, Spain, September 9, 2013

Emi UYAMA, Shihoko INUI, Kenichi HAMADA, Eiichiro HONDA, Fumiaki KAWANO: MRI-compatible Au-Pd-Based Ternary Alloy for Biomedical Applications, 25th, European Conference on Biomaterials (ESB2013), Hotel Melia Castilla, Madrid, Spain September 9, 2013

Emi UYAMA, Shihoko INUI, Kenichi HAMADA, Eiichi HONDA, Kenzo ASAOKA, and Fumiaki KAWANO: Microstructure of Magnetic-resonance-imaging Compatible Au-xPt-8Nb Alloy, 91st General Session and Exhibition of the International Association for Dental Research, Seattle Convention Center, Seattle, WA, USA, March 22, 2013

Kenichi HAMADA, Shihoko INUI, Emi UYAMA, Eiichi HONDA and Kenzo ASAOKA: Magnetic-resonance-imaging

Artifact-free Au-8Nb-5Pt Alloy: Mechanical Properties of Wire, 91st General Session and Exhibition of the International Association for Dental Research, Seattle Convention Center, Seattle, WA, USA, March 22, 2013

Shihoko INUI, Yumika IDA, Emi UYAMA, Kenichi HAMADA, Eiichi HONDA and Kenzo ASAOKA: Properties of Au-Pd Alloy for Magnetic-resonance-imaging Compatible Biomedical Devices, 91st General Session and Exhibition of the International Association for Dental Research, Seattle Convention Center, Seattle, WA, USA, March 22, 2013

宇山恵美、乾志帆子、浜田賢一、河野文昭、浅岡憲三: Au-Pt合金の磁化率への組成、加工および熱処理の影響、第60回日本歯科理工学会学術講演会、10月13日、2012年、九州大学(福岡県、福岡市)

乾志帆子、宇山恵美、浜田賢一、浅岡憲
三、医療用非磁性 Au-Pd 基合金の開発：
Au-Pd 合金の磁化率と機械的特性、第 6
0 回日本歯科理工学会学術講演会、九州
大学（福岡県、福岡市）、10月13日、
2012年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武川 恵美 (TAKEGAWA Emi)
徳島大学・ヘルスバイオサイエンス研究
部・助教
研究者番号：50633872