

粉末法による生体用チタン合金の開発

新潟工科大 村山 洋之介、東北大金研 正橋 直哉

1. はじめに (1から5まで10ポイント)

高齢化社会の到来と医療の発達に伴い、人工骨や人工歯根などといった人工補填材料の需要が、今後増加するものと予測されることから、生体との親和性がよく、毒性もないチタンをベースとした、生体用低弾性高強度チタン合金の開発が望まれている。本研究では、Ti-20mass%Cr合金を中心とした組成のTi-Cr系合金を簡便なSPS粉末法により作製し、Ti-Cr系合金の組成および組織と力学物性、とくに弾性率との関係を明らかにすることを目的とした。

2. 研究経過

純チタン粉末および純クロム粉末をTi-14CrからTi-26Crまで5組成となるように秤量し、混合粉末を、放電プラズマ焼結 (SPS 焼結) を行った。SPS 焼結の条件は、40MPaの圧力下で1200°C10分間行った。SPS 焼結後の組織から、一部の合金で組成の偏析が観察されたので、さらに、真空中で1200°C6時間の均質化熱処理を行った。力学物性の評価は、圧縮試験および引っ張り試験によって行い、弾性率は、試験片にひずみゲージを貼り付け、一定応力下でのひずみを測定し算出した。いずれも室温で行った。

3. 研究成果

図1は均質化熱処理後のTi-Cr合金の、圧縮試験による0.2%耐力である。Ti-26Crの降伏応力は1GPaを超えている。本実験で得られた降伏応力は小池らによる⁹⁾Ti-19Cr 鋳造合金よりも高くなっており、これは、本実験の試料が酸素を約0.26%含んでいるためと思われる。

均質化熱処理後のTi-Cr合金の弾性率の結果を図2にまとめて示した。ひずみゲージ法による弾性率は、Cr量とともに変化し、Ti-23Cr近辺に最小値を持つように見える。図中に共振法による弾性率の結果も示した。また、Koikeら⁶⁾およびSimpsonら¹⁰⁾の結果も図中に示し比較した。Koikeらの試料はアーク溶解後473K(200°C)のmagnesia-based moldに鋳造した試料、Simpsonらの試料はβ域から水焼き入れた試料を1273K(1000°C)まで加熱し、50K/min(50°C/分)の速度で冷却した試料である。純チタンの弾性率が約110GPaであることを考えると、Ti-14Cr合金の弾性率がかなり大きいことがわかる。また、Ti-17CrからTi-23Crの組成範囲では明らかに純チタンよりも弾性率が低減している。Ti-14Cr合金にω相が生成しているかどうか、今のところ不明であるが、Ti-14Cr合金の弾性率が高いため最小値を持つような傾向を示したといえる。

4. まとめ

準安定β相のTi-Cr系合金の弾性率は、Cr量によって変化し、Cr量17から23%付近まCr量とともにやや増加傾向にあるが、純チタンの弾性率よりも明らかに小さな値を持つことがわかった。

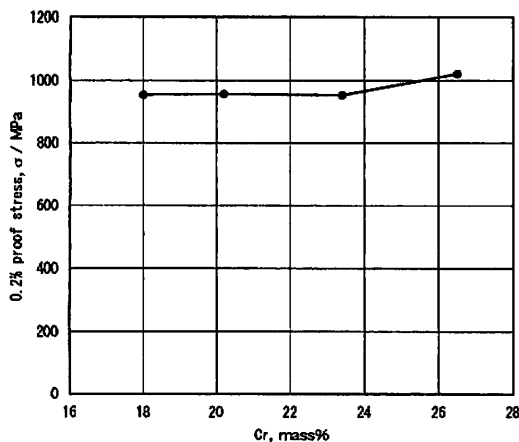


図1 Ti-Cr合金の0.2%耐力と組成

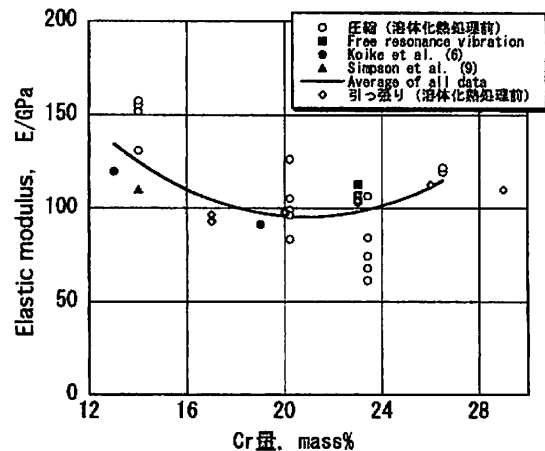


図2 Ti-Cr合金の弾性率と組成

金属ガラスの構造と塑性変形能

東北大・環境 吉見享祐 蓋暁輝 北大・エネマテ 山内啓

東北大・金研 加藤秀実 正橋直哉 東北大・学際セ 才田淳治 東北大・金研 井上明久

1. はじめに

金属ガラスは、結晶構造を持たないガラス状のアモルファス金属材料で、高強度、低ヤング率、高耐食性という性質のほか、優れた磁気特性を持ったものが多く、産業分野に広く応用されることが期待されている。近年、一部の金属ガラスで、ガラス遷移温度以下の低温で良好な塑性変形能を発現するものが見出され、その塑性変形挙動の解明研究が盛んに行われている。以前の研究¹⁾で、 $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5}$ のCuをPdで完全に置換することにより、室温において巨大な圧縮塑性伸びを発現することが報告された。しかし、引張試験では両者の塑性変形能に明瞭な差異は見られなかった。そこで本研究では、両者の塑性変形能および変形挙動の差異を明らかにするために、マイクロスモールパンチ (MSP) 法により多軸応力下で $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Pd_{17.5}$ および $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5}$ を変形させ、その塑性変形挙動を調査した。

2. 研究経過

バルク金属ガラスである $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Pd_{17.5}$ および $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5}$ から $\phi 3\text{mm}$ 、厚さ 0.2mm の試験片を切り出し、MSP 試験に供した。MSP 試験は室温で、クロスヘッド速度 $0.1\text{mm}/\text{min}$ にて荷重を加えることによって試験片を変形させ、破断させた。記録した荷重—変位曲線および走査型電子顕微鏡 (SEM) より、これらバルク金属ガラスの塑性変形挙動を解析した。

3. 研究成果

図1に、MSP 試験によって破断亀裂が発生した時点の、 $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Pd_{17.5}$ および $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5}$ 試験片の外観写真を示す。 $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Pd_{17.5}$ (a)は、 $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5}$ (b)に比べて、約4倍の大きな塑性歪みが観察された。SEMによって試料表面を詳細に観察したところ、 $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Pd_{17.5}$ では変形が集中した試験片の中央部で、高密度の同心円状と放射状のせん断帯が交差している様子が見られた。荷重—変位曲線からは、弾性変形、塑性変形、塑性伸び変形、塑性不安定変形の各段階を経て最終的に破断に至った様子が示された。これに対して $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5}$ は、放射状のせん断帯のみの発生となっており、その密度も $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Pd_{17.5}$ ほど高くなかった。また荷重—変位曲線からは、弾性変形段階を経た後、塑性変形段階で最大変形抵抗に達し破断に至ったことが示された。このように、MSP 法は、金属ガラスの塑性変形挙動を評価するのに極めて有効であることが示された。図2に、主要構成元素であるZrに対する他の構成元素の原子寸法比および組成の関係を示す。この図からも明らかなように、Pdの原子寸法はAlに近いのに対してCuはNiのそれと近く、したがってCuをPdで置換した場合、金属ガラス中の原子の局所構造が大きく変化したことが示唆された。このことが、塑性変形挙動に何らかの影響を及ぼしたものと考えられた。

4. まとめ

本研究によって、MSP 法は金属ガラスの塑性変形挙動の評価に有効な手法であることが示された。塑性変形能の差異は、構成元素の組成および原子寸法比に影響されているものと考えられた。

5. 発表 (投稿) 論文

"ROOM TEMPERATURE PLASTICITY OF $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{17.5-x}Pd_x$ BULK METALLIC GLASSES",
K. Yoshimi, H. Kato, J. Saida and A. Inoue, Mater. Sci. Forum 539 – 543 (2007) 2054 – 2058.

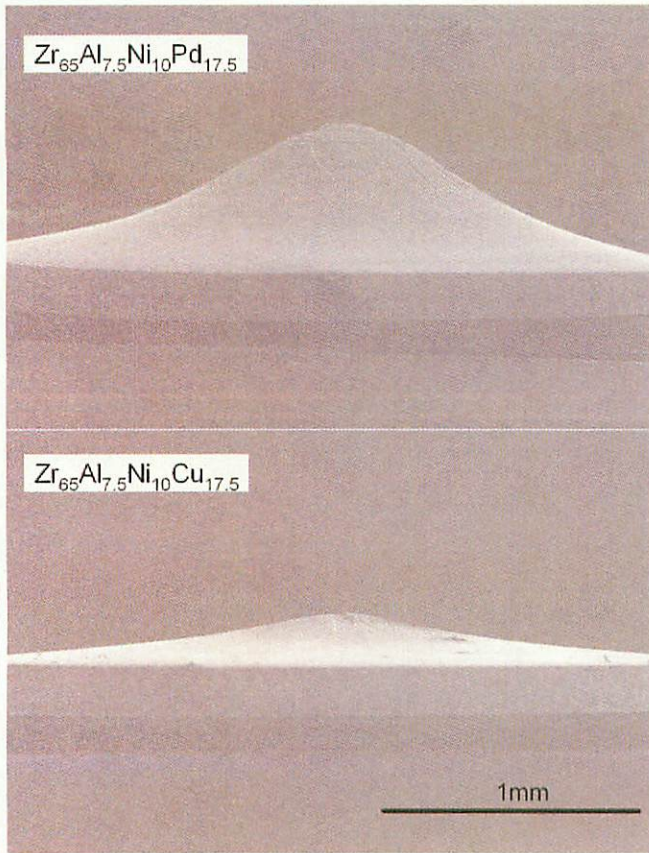


Fig. 1. SEM micrographs of the side view of the specimens after MSP test.

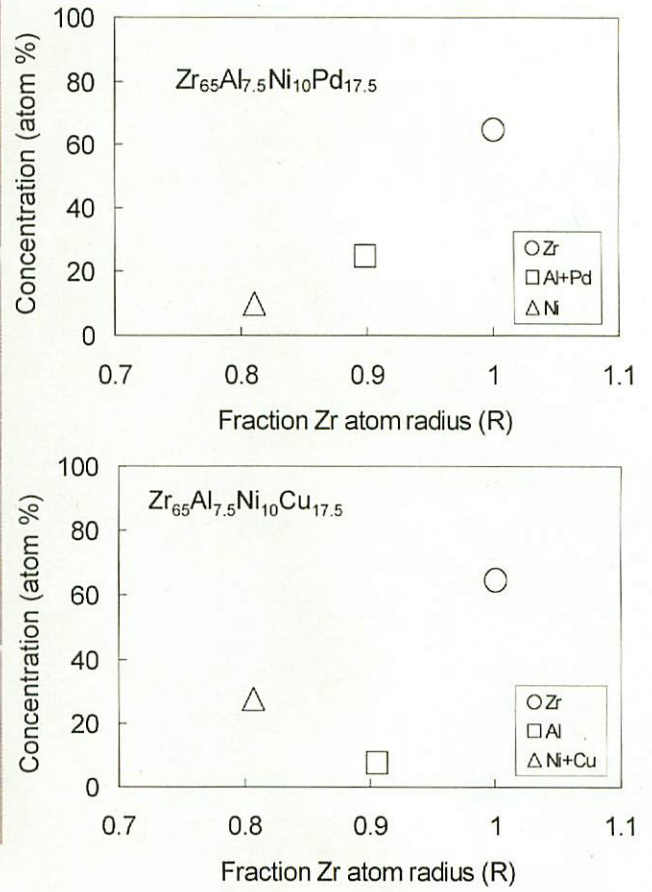


Fig. 2. Comparison of relative atomic sizes and concentrations