

平成17年度特別教育研究費助成報告書

研究題目 超高疲労強度バルクガラス合金の開発と
そのメカニズムの検討

氏名 藤田和孝

所属 機械工学科

専門分野: 材料強度学

助成金額 70 万円

研究目的

単相の薄膜アモルファス合金およびバルク金属ガラス(BMG)の疲労限度は、引張強さに比して約4%程度と結晶合金に比べると極めて小さいことが知られている。しかし、極最近の申請者らの研究結果によると、ナノ結晶をガラス相中に分散すること等により、その値が大きくなることが分かってきた。

そこで本研究では、ナノ結晶を分散させた種々の金属基 BMG を対象に疲労寿命試験を行い、疲労限度を明らかにするとともに、その強化メカニズムを検討することを目的とする。

研究方法

供試材は、銅鑄型鑄造法により作製した組成が $\text{Ti}_{41.5}\text{Zr}_{2.5}\text{Hf}_5\text{Cu}_{42.5}\text{Ni}_{7.5}\text{Si}_1$ at% および $\text{Cu}_{60}\text{Zr}_{30}\text{Ti}_{10}$ at% の直径 2mm の BMG 丸棒(それぞれ以下では Ti 基 BMG および Cu 基 BMG と呼ぶ)である。透過型電子顕微鏡(TEM)での組織観察の結果は、両試料とも直径数 nm の結晶が分散していた。引張強さ(σ_B)およびヤング率(E)は Ti 基 BGA がそれぞれ 2040MPa, 95GPa¹⁹⁾, Cu 基 BGA がそれぞれ 2000MPa, 114GPa¹⁷⁾である。

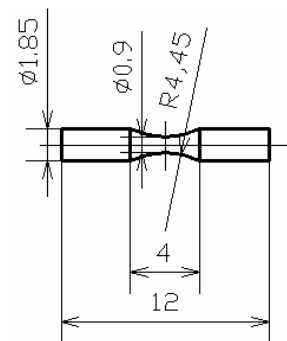


Fig.1 Configuration of test specimen.

試験片形状を Fig.1 に示す。同形状に機械加工後、加工の影響相を取り除くために試験部表面を直径で約

0.1~0.2mm 電解研磨した。最小断面部表面における応力集中率は 1.04 である。

試験機は電気油圧サーボ式疲労試験機を用いた。試験は応力比(R)=0.1 の軸力部分片振下で行い、繰返し速度は 10Hz とした。表面および破面観察には走査形電子顕微鏡(SEM)を用い、アモルファス度を見るためには X 線回折装置(XRD)を用いた。

研究成果

$S-N$ 曲線を Fig.2,3 に示す。縦軸は、Fig.2 は繰返し応力半振幅(σ_a)を引張強さ(σ_B)で除した σ_a/σ_B , Fig.3 は σ_a であり、横軸はいずれの図も破断繰返し数(N_f)である。Fig.2 には今回のデータと比較するために既報の筆者らによる Zr 基ナノ結晶分散 BGA¹⁵⁾のデータに加え、国内外の他の研究者による Zr 基^{3,4)}, Pd 基の単相 BGA⁵⁾および Zr 基ナノ結晶分散 BGA¹⁶⁾と、Co 基⁷⁾, Pd 基⁶⁾, Ni 基^{7,10,11)}, Fe 基^{8,9)}

の薄膜アモルファス合金のデータも合わせて示している。また、**Fig.3** では実用結晶合金との比較を行っている。今回得られた Ti 基 BGA の耐久比 (σ_w / σ_B) は 0.40, 疲労限度 (σ_w) は 806 MPa, Cu 基 BGA の σ_w / σ_B は 0.25, σ_w は 490 MPa である。

負荷が軸荷重で R が 0 と今回の試験条件とほぼ同じ条件下で得られた結晶合金のデータと比較した **Fig.3** を見ると, Ti 基 BGA の $\sigma_w=806$ MPa は, 高強度結晶合金であるクロムモリブデン合金鋼 (JIS SCM435) や合金工具鋼 (JIS SKD61) の高 $\sigma_w=$ 約 500 MPa^{12,20)} を遥に凌いでおり, 超高疲労限度と言っても過言でない大きな値であることが分かる。

単相材と比べてナノ結晶分散材の σ_w が大きい原因は, ナノ結晶が疲労によるすべりの発生と成長を阻止したことが考えられた。 σ_w が Ti 基 BGA, Cu 基 BGA, Zr 基 BGA の順に高くなった原因には, この順に疲労き裂発生部付近の欠陥寸法が小さいこと, および σ_B が大きいことも関係していると考えられた。

今後の課題

1. 疲労き裂の発生挙動の観察。
2. BMG が本質的に高い疲労限度を有するのかを調べるため, 他の金属基 BMG において疲労試験を実施し, 疲労限度を実験的に調査する。

キーワード

バルク金属ガラス, アモルファス, 非晶室, 疲労限度, 破壊力学, フラクトグラフィ

成果発表等

次ページ以降参照。本テーマと密接に関係する発表は番号を○で囲んでいる。また, 論文として学会誌に投稿中である。

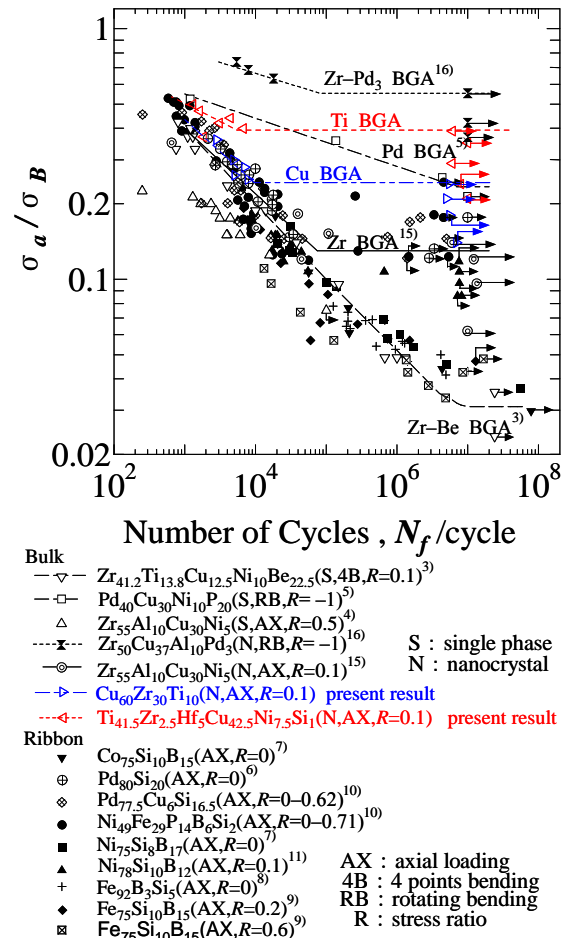


Fig.2 $S-N$ curves normalized by the tensile strength σ_B of bulk glassy alloys and thin film metallic amorphous alloys.

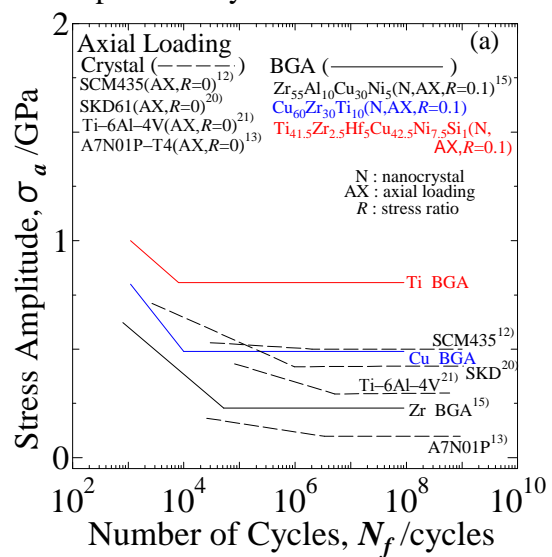


Fig.3 Comparison between $S-N$ curves of bulk glassy alloys and crystalline alloys under axial loading.

平成17年度(2005年度)特別教育研究費報告書 貼付参考資料

論文および口頭発表リスト 氏名 藤田和孝

論文リスト(2005/4/1~2006/3/3)

番号	著者名(全員)	題 目	雑誌名	巻(年)頁
1	Kazutaka Fujita , Jyunji Ohgi, Vaclav Vitek, TaoZhang and Akihisa Inoue	Molecular Dynamics Simulation on anelasticity under Tensile and Shearing Stresses in Single Component Amorphous Metal	Materials Transactions	Vol.46, No12(2005) 2875-2879
2	Kazutaka Fujita , Yasuo Morishita, Nobuyuki Nishiyama, Hisamichi Kimura, Akihisa Inoue	Cutting Characteristics of Bulk Metallic Glass	Materials Transactions	Vol.46, No12(2005) 2856-2863
3	<u>Kazutaka Fujita</u> ^{1,a} , Nobuyuki Nishiyama ^{2,b} , Kenji Amiya ^{2,c} , Tao Zhang ^{3,d} , Hisamichi Kimura ^{4,e} , Akihisa Inoue ^{4,f}	Fracture Toughness in Zr-Based Bulk Metallic Glass	Journal of Metastable & Nanocrystalline Materials	Vols.24-25 (2005) 323-326

口頭発表リスト(2005/4/1～2006/3/31)

番号	発表者名(全員)	題目	発表学会名	開催地	年月
①	藤田和孝, 網谷健児 沈宝龍, 張偉, 木村久道, 井上明久	Cu-Hf-Ti バルク金属ガラスの疲労強度	日本金属学会 2006 年度春期大会講演概要	早稲田大理工学部	2006/3/21 -23
2	藤田和孝, 横山嘉彦, 木村久道, 井上明久	バルク金属ガラスの破壊靱性に及ぼす負荷速度と試験片切欠き底半径の影響	日本金属学会 2005 年度秋期大会講演概要, p.264	広島大学工学部	2005/9/28 -30
3	<u>Kazutaka FUJITA</u> , Akinori OKAMOTO, Nobuyuki NISHIYAMA, Yoshihiko YOKOYAMA, Hisamichi KIMURA and Akihisa INOUE	Fracture toughness in Zr-, Pd-, Cu- and Ti-based Bulk Glassy Alloys	Abstracts of The 12 th International Conference on Rapidly Quenched & Metastable Materials, p.148	Jeju, Korea	2005/8/21 -26
④	<u>Kazutaka FUJITA</u> , Tetsuro HASHIMOTO, Wei ZHANG, Hisamichi KIMURA and Akihisa INOUE	Fatigue Strength in a Cu- and Ti-based bulk glassy alloys	Abstracts of The 12 th International Conference on Rapidly Quenched & Metastable Materials, p.147	Jeju, Korea	2005/8/21 -26
5	<u>Kazutaka FUJITA</u> , Akinori OKAMOTO, Nobuyuki NISHIYAMA, Yoshihiko YOKOYAMA, Hisamichi KIMURA and Akihisa INOUE	Effects of Loading Rates, Notch Root Radius and Specimen Thickness on Fracture Toughness in Bulk Metallic Glasses	Abstract of 12 th Int. Symp. ,Metastable, Mechanically Alloyed and Nanocrystalline Materials, P II -26	Paris, France	2005/7/3 -7

以上