

平成 19 年度特別教育研究費助成報告書

加工硬化するバルク金属ガラスの開発

氏名 所属 専門分野
藤田和孝 機械工学科 材料強度学
助成金額 500 千円

研究目的

金属ガラスは、高強度結晶合金を遥かに上回る引張強度と疲労限度を有し、破壊靱性も大きく、耐食性も SUS304 ステンレス鋼を遥かに上回るなど、機械構造部材として極めて高い能力を有する新材料である。しかし、それにも拘わらず、特に機械構造部材としての応用は未だ少ない。この最大の原因は、金属ガラスは SiO_2 などの酸化ガラスと同様、平滑材の引張試験においては塑性変形をほとんど示さず脆性的に破断するので、万一の破壊時にはエネルギーの吸収が少なく機械構造部材として使うには信頼性に欠けると見られているためである。よって申請者らはこの問題を解決すべく、数年来、金属ガラスにおいて引張塑性変形を出すための種々の研究や、異なる組成のバルク金属ガラスの破壊靱性を求め、大きな破壊靱性と組成やせん断帯との関係を調べてきている。

その結果、極最近、組成を共晶から亜共晶側に僅かに振ることにより、破壊靱性は極めて大きくなることを見出した¹⁾。この場合の破面様相は、通常の金属ガラスの破面様相とは大きく異なり、あたかも軟鋼の引張破面を思わせるような滑らかさと柔らかさを感じさせ、疲労き裂先端ではネッキングが見られ、さらに板厚中央部には大きなディンプルも形成されていた。そこで、本研究では、亜共晶組成の単相バルク金属ガラスを作製し、加工硬化を伴う引張塑性変形が生じないかどうかを検討する²⁾。さらに、せん断帯中の過冷却液体の粘度を変えた単相バルク金属を作製し³⁾、せん断帯中の過冷却液体の粘度が塑性変形と関係するかを明らかにする。また、ショットピーニングを行ったせん断帯が形成され易い試験片を用いて引張試験を行い、せん断帯の発生・成長が真に引張塑性変形と関係するか、また多くのせん断帯が生じてそれらが互いに干渉した場合に加工硬化を生じることがどうかを検討する。これらの検討は、引張応力下においてより大きな塑性変形と、加工硬化を誘起させる方法を探ろうとするものである。

研究方法

試験材料を組成番号で略式に示す。主元素は Zr であり、Pd 元素を変えることにより、粘性を変えた材料を作製した。材料の作製は、共同研究者である東北大学金属材料研究所横山嘉彦准教授が行った。組成、試験片寸法、引張りひずみ速度を Table 1 の前半に示す。試験片固定部は M8 のネジとした。

試験は電気油圧サーボ式疲労試験機の RAMP 波を使い、Table 1 に示すひずみ速度が出るように変位速度制御試験を行った。評点間の伸びはクリップゲージで測定し、最終的なひずみ速度はこの伸びを評点間距離で除して求めた。また応力は試験機のロードセルの荷重出力を初期断面積で除して求めた。試験片およびクリップゲージの取付状態を Fig. 2 に示す。

研究成果

Fig. 3 に引張試験の応力ひずみ線図の代表例を示す。また、Table 1 の後半に同線図より求めた

Table 1 Composition of materials, specimen sizes, test condition and mechanical properties.

Zr-Pd Bulk metallic glass

No. of Composition	Gage length mm	Diameter mm	Strain rate s^{-1}	Tensile strength MPa	Elastic strain %	Young's modulus GPa	Plastic strain %
1	4.40	2.97	0.112	1654	2.47	74.8	0.0
2	5.13	2.95	0.308	1650	2.21	75.4	0.0
3	4.49	2.93	0.326	1725	2.27	79.4	0.0
4	4.17	2.98	0.323	1716	2.31	78.3	0.0
5	6.37	2.97	0.106	1741	2.32	77.6	0.0
6	5.10	2.98	0.216	1715	2.26	75.6	0.0
7	5.04	2.97	0.097	1728	2.08	84.4	0.0

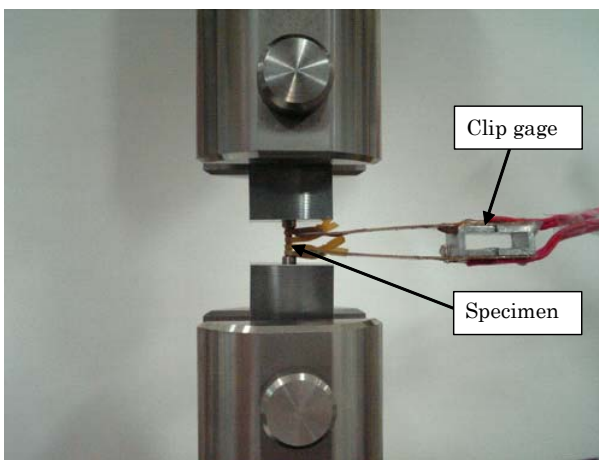


Fig.1 Mounting appearance of specimen and clip gage.

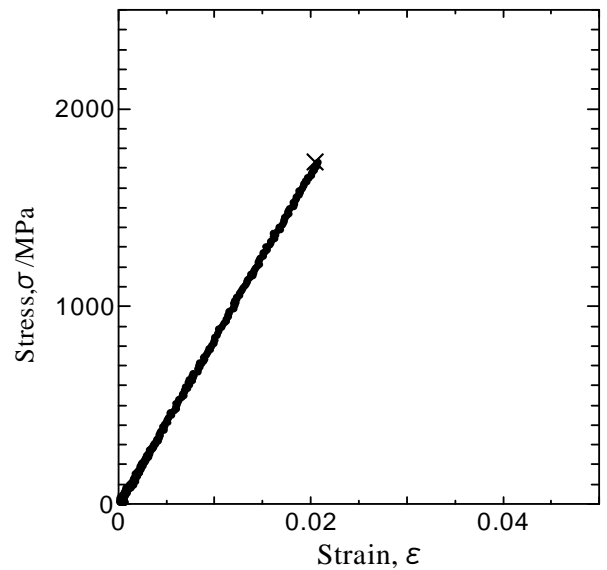


Fig.2 Tensile stress-strain curve.

機械的性質と塑性ひずみをまとめて示す。今回は残念ながら、7種類のすべての組成で、塑性変形の出現は観察できなかった。今後、亜共晶から過共晶まで幅広く組成を変えて金属ガラス単相材を作製し、まずは組成変形を出現させる。その後、ショットピーニングを行ったせん断帯が形成され易い試験片を用いて引張試験を行い、せん断帯の発生・成長が真に引張塑性変形と関係するか、また多くのせん断帯が生じてそれらが互いに干渉した場合に加工硬化を生じるかどうかを検討する。

参考文献

- 1) 藤田和孝ら：日本金属学会誌，71（2007）730-735.
- 2) 横山嘉彦，藤田和孝，井上明久，投稿中（2008）.
- 3) 山崎徹ら，日本金属学会講演概要，（2007 秋期）p. 476.