

金属ガラス複合材料の製造プロセスに関する研究

材料技術部門

非晶質構造のため乏しいとされる金属ガラスの導電率を改善して電気接点材料などへの応用可能性を検討するため、パルス通電焼結機を用いて過冷却液体状態での粘性低下を利用した粉末プロセスを検討し、ジルコニウム系金属ガラスと純銅の複合化を試みました。

■ 金属ガラスとは

金属ガラスは1980年代後半に開発された新しい非晶質（アモルファス）金属で、従来の材料に比べて非晶質を得るために必要な冷却速度が小さくて済むため、それまで鋳造法では不可能だったバルク体の製品が得られ応用範囲が格段に広がりました。さらに、ガラス遷移温度以上まで加熱すると粘性が低下して流動性を示すようになり、この状態では優れた成形性や転写性を発揮します（図1）。このようなユニークな加工特性と非晶質材料の特徴である高強度、高耐食性などの優れた材料特性を合わせ持つことから、次世代の金属材料として様々な用途への応用が期待され、研究開発が盛んに行われています。

その一方で、結晶金属に比べると電気や熱は伝わりにくく、導電性や熱伝導が必要な用途には向かないとされていました。そこで、そのような用にも応用できるよう、金属ガラスに銅などの良導体を添加することで導電率が改善できないか検討してみました。

■ 実験概要

本研究では成形性に優れた代表的な金属ガラスであるジルコニウム系合金（ $Zr_{55}Al_{10}Ni_5Cu_{30}$ ）を選択し、この粉末と純銅粉末を混ぜ合わせた混合粉末をパルス通電焼結機を用いて固化、成形しました。

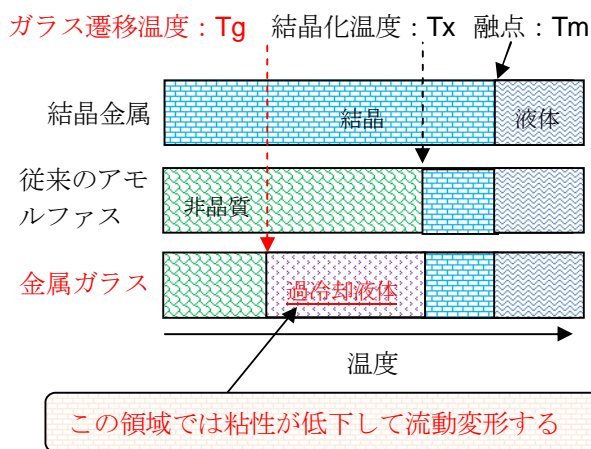


図1 金属ガラスの相変化

パルス通電焼結機は、黒鉛製の型に粉末等の試料を装填し通電による抵抗発熱を利用して型全体を加熱しながら1方向に圧縮加圧する装置で、真空に引いたチャンバー内で加熱するため特段試料の封止を施さなくても酸化の恐れが無く、外部熱源からの熱伝導による加熱方式に比べて極めて短時間に加熱が可能などの特徴を有しています。このような特徴を利用して、粉末の焼結や固体の拡散接合などに応用されています。本研究では、金属ガラスが流動性を示す温度まで急速加熱後、温度を保持しながら加圧することで粉末が変形して隙間を埋めると共に、粉末同士が接合し緻密化することを想定した加工条件を検討しました。なお、一般的に用いられている黒鉛型は、成形に必要な十分な圧力をかけようとする外周へ広がろうとする試料からの側圧で破壊してしまう恐れがあるため、強度の低い黒鉛型でも十分な圧力を付加するための方法として、一旦粉末を仮成形した成形体を作製し、それをより大きな型に移して側圧がかからない状態で再度圧縮する方法を取りました（図2）。この方法により、粉末の仮成形時に対して最大10倍の圧力で圧縮成形できました。

■ 結果

上記の方法で作製した成形体は外周部に一部耳割れが発生したものの、中央部は欠陥の無い健全な状態であることを確認しました（図3、4）。また、X線回折法により加工後も金属ガラス相は原料粉末と同じ非晶質状態であることを確認しました（図5）。

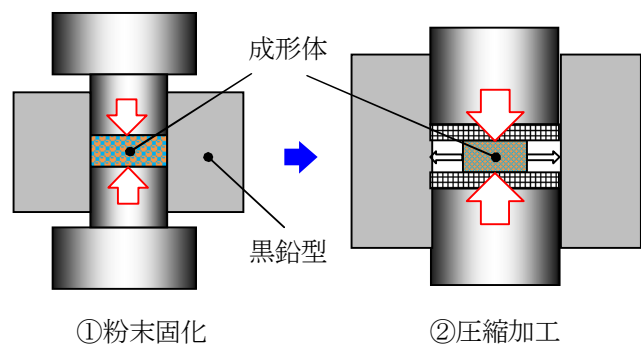


図2 加工プロセス模式図

さらに、目的とした導電率の改善については、成形体の面内方向に対して測定を行い相対値（% IACS：標準焼きなまし純銅の導電率を100%とした相対値）を求めたところ、一般的な複合則から予想される通り添加した純銅の体積率にほぼ近い値を示し、期待した効果が確認できました（図6）。しかしながら、引張強度が予想に反して小さく、粉末同士の接合が一部不十分だった可能性が考えられます（図7）。これを改善するため、型の材質や加工方法などさらなるプロセスの改良を検討中です。

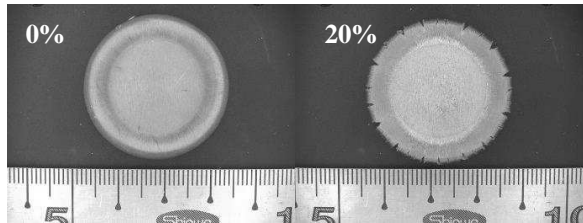


図3 成形体外観（数字は銅の添加率）

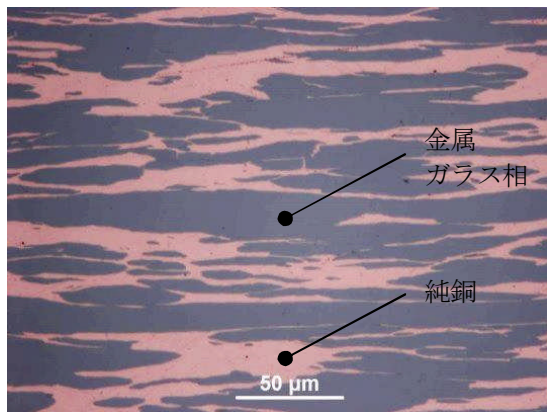


図4 複合材料の断面組織

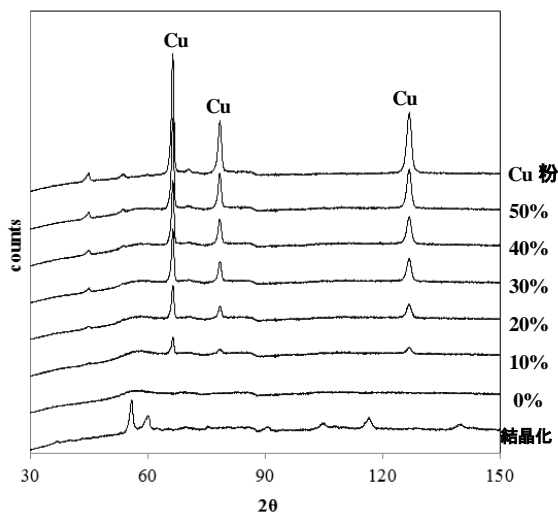


図5 成形体のX線回折パターン（数字は銅の添加率）

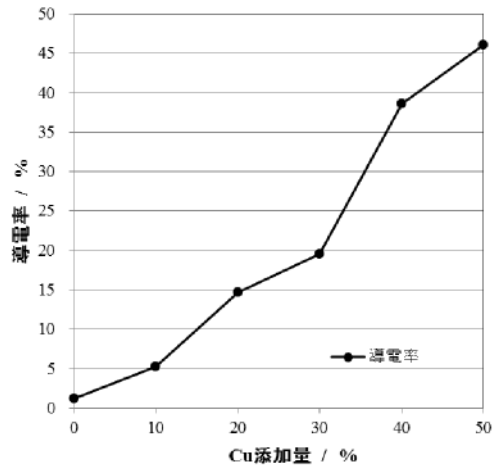


図6 複合材料の導電率測定結果

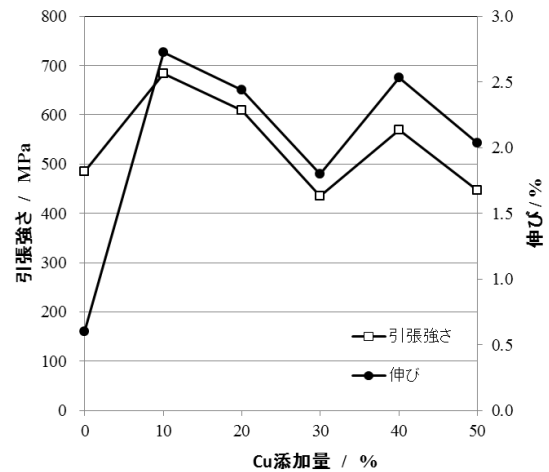


図7 複合材料の引張試験結果

■ 今後の展開

今回得られた金属ガラス複合材料には課題も残されていますが、導電率の改善には一定の目途が付けられました。また、パルス通電焼結法は試料に特別な前処理をしなくても大気から遮断された環境で短時間加熱が可能のため、本装置単体で複合化を達成できればプロセスの簡素化が期待できます。今後は、残る課題をクリアしつつ、電気接点材料等への応用を検討していく予定です。

長野県工業技術総合センター
 材料技術部門 金属材料部 安澤真一
 TEL:026-226-2012 FAX:026-291-6243
 E-Mail kogyoshiken@pref.nagano.lg.jp