

210 等方静水圧加圧と焼結により作製した有機物内包クローズドセル構造金属材料の圧縮特性および減衰率測定

NIMS (物質・材料研究機構) ○岸本 哲, 宋 振綸
新谷紀雄

1. はじめに

構造材料においては強度や剛性などの構造材料本来の性質以外に損傷の自己検出機能や制振性などの機能を付加する試みが行われている。特に、米国などでは、センサーやアクチュエーターを構造物に付加し、コンピュータにより制御する、スマートストラクチャーの研究が盛んに行われている。しかし、構造材料そのものにこのような機能を持たせるための研究は数少ない。

近年、セル構造材料特有の形状により生ずる諸性質に注目が集まり、広く研究が行われ始め¹⁾、特にセル壁により内部が閉ざされているクローズドセル構造材料は特異な性質を示すと考えられている。しかし、この種の金属材料は casting 中に発泡剤を添加する方法や^{2), 3)} 中空金属粒子を焼結して製造する⁴⁾ 内部が中空のクローズドセル金属材料がほとんどであった。

このため、著者らはこれらの材料とは異なり、セル壁の金属とは異なる物質をセル内に密閉するため、多様な機能を有すると考えられるクローズドセル構造を有する金属材料の作製技術を開発した⁵⁾。本研究では、有機物をセル物質として内包するクローズドセル構造金属体を作製し、この材料の機械的性質と制振性を評価して本材料の製造プロセスと機械的性質との関係を明らかにする。

2. クローズドセル金属材料の作製

有機物を内包するクローズドセル構造金属材料作製法を Fig.1 に示す。作製の手順は以下のとおりである。1) ミクロンサイズの有機物(ポリスチレン)の粒子に金属をコーティングする。2) これを成形容器に充填し、等方静水圧加圧により成型し、グリーン体を作製する。3) このグリーン体を真空中で加熱・焼結すると有機物を内包するクローズドセル構造金属材料が完成する。

3. 実験方法

本研究では有機物粒子として、直径 10 μm のポリスチレン粒子(日本合成ゴム製)を用いた。この粒子に無電解メッキにより約 0.2 および 0.5 μm の厚さで Ni - 2.5%P 合金をコーティングした。さらに酸化防止のため、約 0.02 μm の厚さで金をコーティングした。これを直径 10mm 高さ 10mm のフッ

素系ゴム成形容器充填し、90 $^{\circ}\text{C}$ において等方静水圧加圧を行った。その後、真空中・800 $^{\circ}\text{C}$ および 850 $^{\circ}\text{C}$ において加熱・焼結し、直径約 8.5mm 高さ 8.5mm の円柱状のポリスチレンを内包するクローズドセル構造体を作製した。

さらにこのクローズドセル構造体の断面を走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察し、機械的性質を測定するための圧縮試験を行った。また制振性を評価するために半価幅法による損失係数の測定も行った。

3. 結果および考察

3.1 クローズドセル金属材料の作製

上記手法により作製したクローズドセル構造金属材料の断面の SEM 観察の結果を Fig.2 に示す。図に示すように、各々のセルは多面体に変形してセル壁同士は互いに接合してセル構造体を形成している。また、一部内包物の無いセルがあるものの、ほとんどのセル内に内包物が存在している。

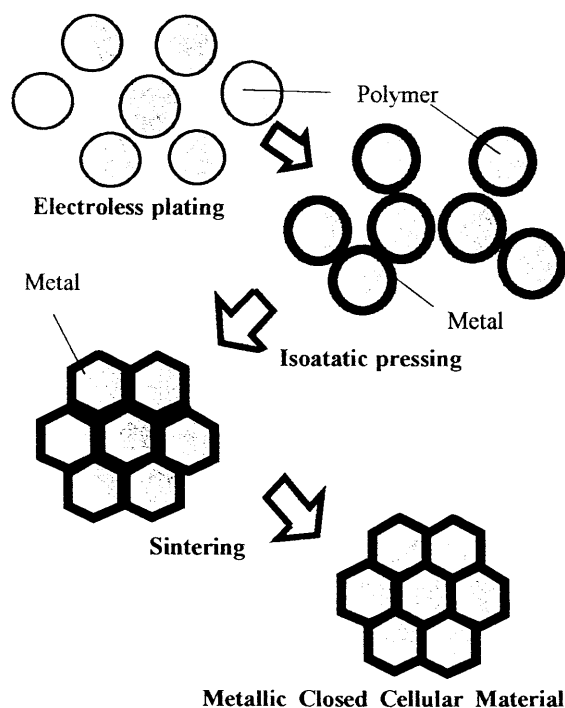


Fig.1 Flow diagram of closed cellular metal fabricating process.

この内包物を EDX 分析をしたところ炭素を検出でき、本材料が Ni-P 合金をセル壁とし、セル内にセル壁とは異なる物質（有機物）を内包するクローズドセル材料であることが確認できた。

また、焼結温度の異なる試料を比較した場合、焼結温度の高い方がすき間無く接合されている。

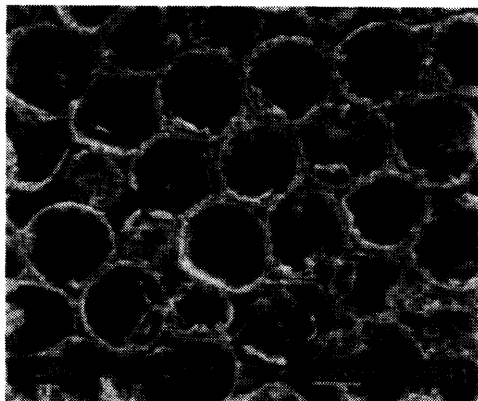


Fig.2 Cross-section of closed cellular metal sintered for 1h at 850 °C.

3.2 機械的性質

本材料の機械的性質を調査するため、室温において圧縮試験を行った。その一例を Fig.3 に示す。焼結条件の異なる数種類の試料の応力-ひずみ曲線である。

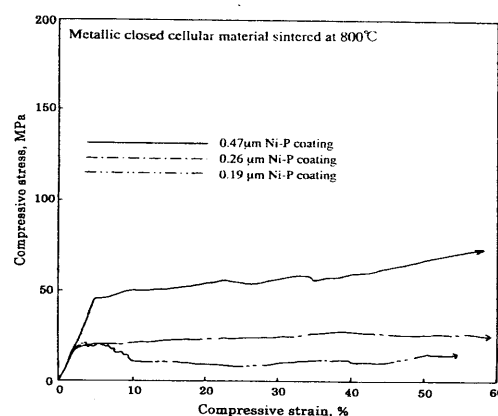
応力-ひずみ曲線は、初期の弾性領域、ひずみに対して応力がほぼ一定のプラトウ領域、および鋸歯状を示す領域に分かれた。また、このプラトウな応力は焼結温度が高いほど、セル壁の厚みが厚いほど高い傾向にある。焼結温度が高い場合はセル壁の接合の状態良く、プラトウな応力の上昇に寄与したものと考えられる。

これらの破断した試料の破面の SEM 観察を行った結果、破面には破壊されたセルが観察され、応力-ひずみ曲線が鋸歯状を示すのはセル同士が剥離することによって生じると考えられる。このように本材料はある応力から塑性変形を開始し、徐々に応力が変化しながら長く変形し続けるため、多量のエネルギーを吸収できるものと考えられ、衝撃エネルギー吸収材として有用であると考えられる。

3.3 損失係数

本材料の制振性を評価するために、半価幅法による損失係数の測定を行った。その結果、セル壁厚 $0.54\mu\text{m}$ 、焼結温度 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ のセル構造金属材料を室温において測定したところ 4.4×10^{-3} であり、またセル壁厚 $0.54\mu\text{m}$ 、焼結温度 $830\text{ }^{\circ}\text{C}$ のセル構造金属材料では 5.4×10^{-3} であった。これらの結果は焼結温度の違いにより、制振性も変化させられる可能性を示唆する。

(a)



(b)

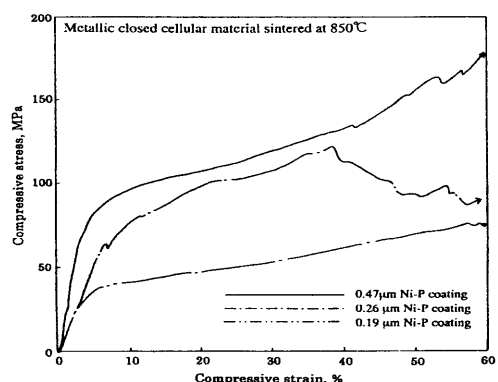


Fig.3 Compressive stress-strain curve for metallic closed cellular materials sintered at (a) $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ and (b) $850\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. 結言

有機物を内包し、Ni-P 合金をセル壁とするクローズドセル構造体を作製した。この材料は金属材料とは異なる特異な変形過程と高いエネルギー吸収率を持ち、エネルギー吸収を目的とする構造用部材として利用できる可能性を示した。また、製造プロセスの違いにより、圧縮過程、プラトウ応力や損失係数が異なり、エネルギー吸収性や制振性を製造過程によりコントロールできることを示唆した。

参考文献

- 1) L. J. Gibson and M. F. Ashby, Cellular solid - Structure and properties Second edition, Pergamon press, Oxford (1997)
- 2) 今川耕二, 上野英俊, 秋山茂, 工業材料, **30**, 69 (1980)
- 3) 蔵本茂, 中村英夫, 吉田良広, アルトピア, **21**, 17 (1991)
- 4) H. D. Kunzu, J. Baumeister, j, Banhat and M. Weber, Powder Metall. Inter., **25**, 182 (1993)
- 5) S. Kishimoto and N. Shinya, Materials and Design, **21**, 575 (2000).