

審査の結果の要旨

氏名 タンティコム カンヤータップ

セル状材料、ハニカム材は、低密度、高強度・高剛性、高振動減衰性、高エネルギー吸収能など諸性質に優れ、一部応用に供されているが、その構造設計と研究開発は緒についたばかりである。これらセル構造体の力学的性質は、相対密度、セルのサイズ、形状、規則性などにより変化するため、これらを設計、制御し、力学特性などを向上させることへの期待は大きい。本論文では、このような規則的セル構造体の製造プロセスならびに最適設計の指針を得ることを目的として行った研究の結果を述べたもので、7章よりなる。

第1章は序論であり、研究の背景と本論文の目的と構成を述べている。

第2章では、ステンレス鋼および無酸素銅の細径チューブを出発素材とし、六角形格子状配置のセル構造体を創製するプロセスについて述べている。ここでは、SUS304 ステンレス鋼ならびに無酸素銅製細径管からなるセル構造体を化学的表面処理プロセスならびに機械的接合プロセスにより製造する方法について詳述している。そして、無電解ニッケルめっき表面処理プロセスは直接接合に不適な金属、合金のセル構造体の創製に適し、機械的接合プロセスは高拡散係数を有し、低融点の金属、合金のセル構造体の創製に適することを明らかにしている。また、3点曲げ試験によりこれらの構造体の力学特性を測定するとともに、その信頼性の確認を行っている。

第3章では、規則的セル構造体の面内圧縮変形応答に関する実験の結果を行い、その変形特性に与える種々のパラメータ依存性を検討した結果について述べている。まず、規則的なセル構造体の面内圧縮変形応答モードには、対称変形と非対称変形モードが存在することを見出している。前者は局所的なせん断変形を伴わない、セル構造体全体の一様変形にあり、緻密材料と同様に初期降伏現象後に加工硬化を示す応力-ひずみ関係となること、後者は特定セル領域に局所化したせん断変形が生じ、そこから離れた領域は一様な対称変形すること、を実験により明らかにしている。

第4章では、規則的セル構造体の面内圧縮変形応答に対する有限要素解析の結果を述べている。まず、セル局所的なひずみがセル構造体の公称ひずみとほぼ等しいことを明らかにし、セル構造体が対称モードで変形する場合、セル構造体の公称ひずみが0.15を超える時点で局所せん断変形するセルの局所的ひずみは急速に増大することを明らかにしている。

また、その理由を、局所的な変形に伴うセル自体のスピン変形、局所的崩壊変形の開始により、公称ひずみ 0.15 以上の領域で無拘束塑性流動状態となり、負荷能力を失うもの、と考察している。

第 5 章では、規則的セル構造体の変形応答挙動に対する種々の力学的パラメータによる影響を検討した結果を述べている。まず、相対密度の崩壊応力ならびに変形挙動への影響を検討し、相対密度増加に伴い対称変形モードは比較的高ひずみまで保持され、応力-ひずみ関係にも広い加工硬化領域が観察されること、低相対密度セル構造体では、早期の圧縮変形において非対称変形モードが支配的となり、セル構造体崩壊応力はほぼ一定となることを示している。次に、対称-非対称変形モード遷移に影響を与える因子として隣接セル間の接触半径を検討し、その増大に伴い対称変形モードの非対称変形モードへの遷移が促進されること、これはセル間の局所的応力伝達の差異として説明されることを明らかにしている。さらに、セル間に含浸させたエポキシ・レジンバッファ材の影響を検討し、バッファ材により変形一様性と崩壊変形安定化が促進され、加工硬化量も増大することを示している。

第 6 章では、これまでの知見を基に、酸化物粉末グリーン体のレドックス成形プロセスによる規則的セル構造体の新たな作成法を開発するとともに、その圧縮特性に対する規則性の影響を検討した結果について述べている。これらは、正方形ならびに三角形ユニットセルを持つもので、 Cu_2O /バインダーのグリーン成形体の水素雰囲気還元、無加圧焼結により、相対密度 92% のものを得ている。正方形ならびに三角形ユニットセル構造体の面内圧縮特性は同一相対密度であっても全く異なり、前者では各行セルの連続的座屈による崩壊変形すること、後者では構成三角形セル 6 角形内での一方向局所曲げ変形の発生、伝播により、圧縮に伴う吸収エネルギーも前者よりも増大することを明らかにしている。これらの結果は理論解析予測との合致し、セル形状や種々パラメータの最適化により、規則的セル構造体の力学特性の設計、制御が可能であることを示している。

第 7 章は本論文の総括である。

以上要するに、本論文は規則的セル構造体の特性を実験ならびに理論により解析し、その製造プロセスと最適構造設計に関する指針を与えたもので、材料工学への貢献は大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。