



Title	Compressive Deformation and Energy Absorption Characteristics of Porous Metals with Controlled Pore Morphology and Microstructure
Author(s)	宋, 榮換
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59175
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	宋 榮 換 (SONG YEONGHWAN)
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)
学位記番号	第 25512 号
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	Compressive Deformation and Energy Absorption Characteristics of Porous Metals with Controlled Pore Morphology and Microstructure (気孔形態および微細組織を制御したポーラス金属の圧縮変形およびエネルギー吸収特性)
論文審査委員	(主査) 教授 中嶋 英雄 (副査) 教授 中野 貴由 教授 宇都宮 裕 准教授 多根 正和

論文内容の要旨

本研究は高エネルギー吸収特性を有するポーラス金属の設計指針を提案することを最終的な目的として、ポーラス金属のエネルギー吸収特性に及ぼす気孔形態および微細組織の影響を解明するための研究を行った。本論文は以下に示す全 5 章より構成されている。

第 1 章では、発泡金属およびロータス型ポーラス金属を気孔構造によって分類し、それらの作製方法、圧縮変形およびエネルギー吸収特性に関するこれまでの研究を概観し、それに基づき本研究の目的を述べた。

第 2 章では、無加圧固液反応法で作製した Al-3.7%Si-0.18%Mg/5 mass% AlN 複合材を母材とし TiH₂ を添加して AlN 粒子を均一に分散させ、均一な気孔サイズを有する発泡 Al/AlN 複合材を作製することができた。これは生成された金属間化合物の均一な分布によって熔融金属の粘度が増加したことによると考えられる。作製された発泡 Al/AlN 複合材の圧縮特性を調べた結果、発泡 Al/AlN 複合材は純 Al 発泡金属より 4 倍高い単位重量あたりのエネルギー吸収量を有することが分かった。このように、複合材を母材とする発泡金属の作製はエネルギー吸収特性を増加させるのに有効であることを明らかにした。

第 3 章では、ロータス型ポーラス金属の高ひずみ速度下でのプラトー領域の発現メカニズムを明らかにすることを目的として、ロータス型ポーラス炭素鋼 S15CK をモデルとして選定し、圧縮変形挙動を調べた。その結果、気孔方向が圧縮方向と平行である試料のみ、低温 (77 K) 高ひずみ速度 ($3.4 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$) 下で変形双晶の形成に起因するクラックの発生と、その後、圧縮方向と平行に伸びた気孔によってクラックの伝播が抑制されることによって、プラトー領域が発現する新しいメカニズムを明らかにした。

第 4 章では、第 3 章で解明された新しいプラトー領域の発現メカニズムの室温 (298 K) 下での発現条件を明らかにするために、新しいプラトー領域の発現メカニズムが母材の脆性的な変形に起因することに着目し、炭素の含有量が異なるロータス型ポーラス炭素鋼 S30C および S45C を用いて圧縮変形挙動に及ぼす母材の脆性の影響を調べた。その結果、(1) クラックの発生による加工硬化の抑制とともに、(2) 圧縮方向と平行な方向に伸びた気孔によるクラックの伝播の抑制、または (3) 組織内部で延性的な変形挙動をもつ第 2 相によるクラックの伝播の抑制によって室温下でプラトー領域が発現することを明らかにした。プラトー領域が発現した試料のエネルギー吸収特性を評価し、従来の Al 発泡金属と比較した結果、ロータス型ポーラス炭素鋼は従来の商用発泡 Al より 10 倍以上高い単位

重量あたりのエネルギー吸収量とともに 80% 以上のエネルギー吸収効率を示すことを明らかにした。このように気孔率が低いポーラス金属においても気孔方向および微細組織を制御することで優れたエネルギー吸収特性が得られることを明らかにした。

第 5 章では、本研究の総括を行い、本研究の成果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本研究は高エネルギー吸収特性を有するポーラス金属の設計指針を提案することを最終的な目的として、ポーラス金属のエネルギー吸収特性に及ぼす気孔形態および微細組織の影響を解明するための研究を行っている。本論文は以下に示す全 5 章より構成されている。

第 1 章では、発泡金属およびロータス型ポーラス金属を気孔構造によって分類し、それらの作製方法、圧縮変形およびエネルギー吸収特性に関するこれまでの研究を概観し、それに基づき本研究の目的を述べている。

第 2 章では、無加圧固液反応法で作製した Al-3.7%Si-0.18%Mg/5%AlN (mass%) 複合材を母材とし TiH₂ を添加して AlN 粒子を均一に分散させ均一な気孔サイズを有する発泡 Al/AlN 複合材を作製することができた。これは生成された金属間化合物の均一な分布によって熔融金属の粘度が増加したことによると考えられる。作製された発泡 Al/AlN 複合材の圧縮特性を調べた結果、発泡 Al/AlN 複合材は純 Al 発泡金属より 4 倍高い単位重量あたりのエネルギー吸収量を有することが分かった。このように、複合材を母材とする発泡金属の作製はエネルギー吸収特性を増加させるのに有効であることが明らかになった。

第 3 章では、ロータス型ポーラス金属の高ひずみ速度下でのプラトー領域の発現メカニズムを明らかにすることを目的として、ロータス型ポーラス炭素鋼 S15CK をモデルとして選定し、圧縮変形挙動を調べた。その結果、気孔方向が圧縮方向と平行である試料のみ、低温 (77 K) 高ひずみ速度 ($3.4 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$) 下で変形双晶の形成に起因するクラックの発生と、その後、圧縮方向と平行に伸びた気孔によってクラックの伝播が抑制されることによって、プラトー領域が発現する新しいメカニズムを提案した。

第 4 章では、第 3 章で解明された新しいプラトー領域の発現メカニズムの室温 (298 K) 下での発現条件を明らかにするために、新しいプラトー領域の発現メカニズムが母材の脆性的な変形に起因することに着目し、炭素の含有量が異なるロータス型ポーラス炭素鋼 S30C および S45C を用いて圧縮変形挙動に及ぼす母材の脆性の影響を調べた。その結果、(1) クラックの発生による加工硬化の抑制と共に、(2) 圧縮方向と平行な方向に伸びた気孔によるクラックの伝播の抑制、又は (3) 組織内部で延性的な変形挙動をもつ第 2 相によるクラックの伝播の抑制によって室温下でプラトー領域が発現することを明らかにした。プラトー領域が発現した試料のエネルギー吸収特性を評価し、従来の Al 発泡金属と比較した結果、ロータス型ポーラス炭素鋼は従来の商用発泡 Al より 10 倍以上高い単位重量あたりのエネルギー吸収量と共に 80% 以上のエネルギー吸収効率を示すことを明らかにした。気孔率が低いポーラス金属においても気孔方向および微細組織を制御することで優れたエネルギー吸収特性が得られることを明らかにした。

第 5 章では、本研究の総括を行い、本研究の成果をまとめている。

以上のように、本論文は、ポーラスアルミニウム合金および炭素鋼の圧縮変形およびエネルギー吸収特性を明らかにしたものであり、学術的、実用的にも重要な知見を多数含んでおり材料工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。