

機関番号：14401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21760557

研究課題名（和文） 連続鋳造を用いた熱分解法によるロータス金属の製法の構築

研究課題名（英文） Construction of Fabrication Technique of Lotus-Type Porous metal through Thermal Decomposition Method

研究代表者

井手 拓哉（IDE TAKUYA）

大阪大学・産業科学研究所・助教

研究者番号：40507183

研究成果の概要（和文）：一般に、金属の固液相間のガス溶解度差を利用して円筒状の気孔が一方向に配列したロータス型ポーラス金属が作製できる。ガス原子を含むガス化合物は、一般に吸熱反応にて解離し、ガスを発生する。本研究では、ガス化合物の熱分解を利用した連続鋳造法を開発することを目的として、溶湯のガス濃度およびガス化合物の添加方法に関する基礎的知見を構築した。さらに開発した連続鋳造装置を用いてロータスアルミニウムを作製した。

研究成果の概要（英文）：Lotus-type porous metal with cylindrical pores was fabricated by unidirectional solidification through thermal decomposition method. The elongated pores are evolved due to the solubility gap between liquid and solid when the melt dissolving hydrogen is solidified unidirectionally. In the present study, in order to fabricate lotus-type porous metals, continuous casting technique utilizing thermal decomposition method is developed. And, lotus aluminum is fabricated through thermal decomposition method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究代表者の専門分野：金属凝固学・材料組織学

科研費の分科・細目：材料工学，構造・機能材料

キーワード：新機能材料、ポーラス金属

1. 研究開始当初の背景

一般に、金属の固液相間のガス溶解度差を利用して円筒状の気孔が一方向に配列したロータス型ポーラス金属が作製できる。ごく最近、我々は、水素等のガス原子を含む化合物(以後、ガス化合物と表記)を気孔のガス源とするガス化

合物熱分解法を発明した。ガス化合物は、一般に吸熱反応にて解離し、ガスを発生する。この熱分解反応を金属の鋳造・一方向凝固と同時に熔融金属内で生じさせ、生成するガスを気孔のガス源として利用することにより、ロータス金属が作製できる。ロータス金属を軽量構造材料

およびヒートシンクなどへの応用するためには、ガス化合物熱分解法を連続的な凝固プロセスに適用しなければならない。しかしながら、ガス化合物熱分解法を鋳造方法へ適用するための研究はこれまで行われていない。そこで、本研究では、最初に水素雰囲気下でロータスアルミニウムを作製し、アルミニウムの連続鋳造条件を確立する。さらに、水蒸気雰囲気下でロータスアルミニウムを作製する。水蒸気とアルミニウムの反応により生成する水素によりロータスアルミニウムが作製可能であるかを検討する。それらの知見に基づきガス化合物熱分解法を用いた連続鋳造装置の開発し、ガス化合物熱分解法によりロータスアルミニウムを作製する。

2. 研究の目的

本研究では、ガス化合物熱分解法を利用した連続鋳造法を開発し、長尺、均一な多孔質構造を有するロータス金属を作製することを目的とする。

具体的には

(1)水素雰囲気下でアルミニウムを一方向凝固させ、ロータスアルミニウムの一方向凝固条件を明らかにする。

(2)水蒸気雰囲気下でアルミニウムを一方向凝固させ、水蒸気より解離した水素を利用してロータス Al を作製する。連続鋳造時の経過時間に対する気孔率および水蒸気分圧の変化を調べる。

(3)ガス化合物熱分解法を連続鋳造法に適用し、ロータスアルミニウムを作製する。

3. 研究の方法

(1)水素雰囲気下でのロータスアルミニウムの作製

試料の一方向凝固には連続鋳造装置を用いた。純アルミニウムをカーボンるつぼ内で高周波加熱により加熱し、溶解させた。溶解したアルミニウムを目的の温度で保持し、雰囲気ガスから十分に水素を溶解させた。その後、ダミーバーを一定速度で一方向に連続的に引き出すことで試料を一方向凝固させた。試料作製時にそれぞれ水素分圧、引出速度、固-液界面前方の温度勾配および溶湯の保持温度をそれぞれ変化させた。

(2)水蒸気雰囲気下でのロータスアルミニウムの作製

試料の一方向凝固には連続鋳造装置を用いた。純アルミニウムをカーボンるつぼ内で高周波加熱により加熱し、溶解させた。溶解したアルミニウムを目的の温度で保持し、水蒸気/アルゴンの混合ガスを供給した。その後、チャンバー内

の湿度を一定に保ちつつ、ダミーバーを一定速度で一方向に連続的に引き出すことで試料を一方向凝固させた。本研究では水蒸気/アルゴン混合ガス雰囲気中の水蒸気ガス分圧を変化させた。その際の水蒸気分圧はチャンバーに取り付けた湿度計を用いて測定した。

(3) ガス化合物熱分解法を用いた連続鋳造装置の開発およびガス化合物熱分解法によるロータスアルミニウムの作製

ガス化合物熱分解法を用いた連続鋳造装置を新たに開発した。本連続鋳造装置は、金属溶湯連続供給機構、ガス化合物連続添加機構および連続引出機構(図からなる。溶解ルツボ内で高周波加熱により金属を溶解する。その後、押し込み棒を熔融金属に押し込み、内ルツボから熔融金属を溢れさせることでタンディッシュ(反応炉)に溶湯を供給する。この時の熔融金属の供給量は押し込み棒の断面積および押し込み速度で制御する(金属溶湯連続供給機構)。また、ガス化合物連続添加機構を用いて、タンディッシュにペレットを添加する。連続的に一定量の熔融金属およびガス化合物をタンディッシュに添加することで、粘性等の熔融金属の性質やガス濃度をタンディッシュ内で制御することができる。上述の方法でガス濃度を制御した熔融金属をダミーバーで引出し、鋳型内で連続的に一方向凝固させることによってロータス金属を作製するための連続鋳造装置を開発した。

上述の熱分解法を用いた連続鋳造装置によってロータスアルミニウムの作製を試みた。Ar 雰囲気下で純アルミニウムをカーボンるつぼ内で高周波加熱により加熱し、溶解させた。熔融アルミニウムをタンディッシュに連続的に供給した。この時、アルミニウムの供給量と引き出し量が等しくなるように押し込み棒の押し込み速度を設定した。TiH₂ を圧粉成形し、ガス化合物としてタンディッシュに添加した。

4. 研究成果

(1) 水素雰囲気下でのロータスアルミニウムの作製

ガス化合物熱分解法を用いた連続鋳造装置の開発し、ロータスアルミニウムの作製を行った。ロータスアルミニウム作製の基礎的知見の構築を目的とし、水素雰囲気下でロータスアルミニウムを作製した。作製条件を最適化することで気孔率 40%程度、比較的均一な気孔径

を有するロータスアルミニウムが作製可能となった。また、それらの気孔形成機構を水素の拡散に基づく基礎的な凝固機構で理解することで、多孔質構造と凝固の条件の関係を明らかにした。

(2) 水素雰囲気下でのロータスアルミニウムの作製

水蒸気雰囲気下でロータスアルミニウムの作製を試みた。水蒸気を連続的に供給しつつ一定速度で凝固させることでロータスアルミニウムが作製できる。連続 casting 中の雰囲気の水蒸気分圧を一定に保つことで長尺で均一な試料が作製できることを明らかにした。

(3) ガス化合物熱分解法を用いた連続 casting 装置の開発およびガス化合物熱分解法によるロータスアルミニウムの作製

ガス化合物熱分解法を用いた連続 casting 装置を開発し、その連続 casting 装置を用いてロータスアルミニウムを作製した。開発した連続 casting 装置を用いて 30% 程度の気孔率および 1 mm 程度の気孔径を有するロータスアルミニウムが作製可能となった。気孔率の増加および気孔径の均質化が今後の課題である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計12件、すべて査読有り)

- ① T.B. Kim, M. Tane, S. Suzuki, H. Utsunomiya, T. Ide, H. Nakajima, Strength and Pore Morphology of Porous Aluminum and Porous Copper with Directional Pores Deformed by Equal Channel Angular Extrusion ", Mater. Sci. Eng. A, **528**, (2011), 2363-2369.
- ② Y.H. Song, M. Tane, T. Ide, Y. Seimiya, B. Y. Hur and H. Nakajima, Fabrication of Al-3.7%Si-0.18%Mg Foam Strengthened by AlN Particle Dispersion and its Compressive Properties, Metallurgical Materials Transactions A, 40A, (2010), 2104-2111.
- ③ T. Ide, T. Wada and H. Nakajima, Fabrication of Lotus-type Porous Iron by Thermal Decomposition Method, Materials Science Forum, 658,

(2010),240-243.

④ Y.H. Song, M. Tane, T. Ide, Y. Seimiya and H. Nakajima, Effect of Foaming Temperature on Pore Morphology of Al/AlN Composite Foam Fabricated by Melt Foaming Method, Materials Science Forum, 658, (2010),189-192.

⑤ Y. Iio, T. Ide and H. Nakajima, Effect of Transfer Velocity on Porosity of Lotus-type Porous Aluminum Fabricated by Continuous Casting Technique, Materials Science Forum, 658, (2010),211-214.

⑥ 井手 拓哉, 中嶋 英雄, ガス化合物熱分解法によるロータス型ポーラス金属の作製, 金属, アグネ技術センター, 80, (2010), 11-16.

⑦ T. Ide, Y. Iio and H. Nakajima, Fabrication of Lotus-type porous Aluminum by Continuous Casting Technique, Proceedings of the 12th International Conference on Aluminium Alloys, (2010), 1639-1644.

⑧ 井手拓哉, 中嶋英雄, 熱分解法により作製されたロータス銅の気孔形成に及ぼすTiH₂添加方法および添加量の影響, 銅と銅合金, 48, (2009), 96-99.

⑨ T. Wada, T. Ide and H. Nakajima, Fabrication of Porous Metals with Directional Pores through Thermal Decomposition of Chromium Nitride, Metall. Mater. Trans. A, 40A, (2009), 3204-3209.

⑩ T. Ide, M. Tane and H. Nakajima, Compressive Deformation Behavior of Porous γ -TiAl with Directional Pores, Mater. Sci. Eng. A, 508, (2009), 220-225.

⑪ H. Nakajima, T. Ide and S.Y. Kim, Fabrication of Porous Metals with Directional Pores through Solidification of Gas-dissolved Melt, Mater. sci. forum, 620-622, (2009),758-790.

⑫ T. Ide and H. Nakajima, Fabrication of Lotus-type Porous Copper through Thermal Decomposition of Titanium Hydride, J. Phys. Conf. Ser. 165, (2009), 12064.

〔学会発表〕 (計16件)

①常深昭寛, 井手拓哉, 中嶋英雄, 野村光, ロータス型ポーラス銅における気孔の分布, 銅および銅合金技術研究会, 2010年11月5日, 東海大学高輪キャンパス, 東京

②金泰範, 多根正和, 井手拓哉, 中嶋英雄, 宇都宮裕, ECAE加工に伴うロータス型ポーラスアルミニウムの気孔形態の変化, 日本金属学会, 2010年9月26日, 北海道大学, 北海道

③飯尾裕太郎, 井手拓哉, 中嶋英雄, ロータス型ポーラスアルミニウムの気孔形態に及ぼす一方向凝固時の温度勾配の影響, 日本金属学会, 2010年9月26日, 北海道大学, 北海道

④井手拓哉, 中嶋英雄, ロータス型ポーラスアルミニウムの気孔形態に及ぼす水蒸気分圧の影響, 日本金属学会, 2010年9月26日, 北海道大学, 北海道

⑤井手拓哉, 常深昭寛, 中嶋英雄, 野村光, ロータス型ポーラス金属における気孔の空間分布, 日本金属学会, 2010年9月26日, 北海道大学, 北海道

⑥J.W. Lee, S.K. Hyun, M.S. Kim, T. Ide, H. Nakajima, Compressive Properties of Lotus NiAl Fabricated by Continuous Zone Melting Technique, 日本金属学会, 2010年9月26日, 北海道大学, 北海道

⑦久次米利彦, 井手拓哉, 中嶋英雄, ポーラス AlN/Al 複合材料の作製, 日本金属学会, 2010年9月26日, 北海道大学, 北海道

⑧宋榮煥, 多根正和, 井手拓哉, 中嶋英雄, 清宮義博, Bo-Young Hur, 発泡 Al/AlN 複合材

の気孔形態と圧縮特性に及ぼす AlN 粒子の影響, 高温学会, 2010年5月31日, 大阪大学, 大阪

⑨井手拓哉, 中嶋英雄, 水蒸気を用いたロータス型ポーラスアルミニウムの作製, 日本金属学会, 2010年3月30日, 筑波大学, 茨城

⑩飯尾裕太郎, 井手拓哉, 中嶋英雄, ロータス型ポーラスアルミニウムの気孔形態制御, 日本金属学会, 2010年3月30日, 筑波大学, 茨城

⑪井手拓哉, 中嶋英雄, Günter Stephani, 生体材料用ロータス型ポーラス Mg 合金の作製, 日本金属学会, 2009年9月16日, 京都大学, 京都

⑫飯尾裕太郎, 井手拓哉, 中嶋英雄, ロータス型ポーラスアルミニウムの気孔率に及ぼす引出速度の影響, 日本金属学会, 2009年9月16日, 京都大学, 京都

国際会議

⑬T.B. Kim, M. Tane, S.Suzuki, T. Ide, H. Utsunomiya, H. Nakajima, "Improvement of Strength of Lotus-type Porous Aluminum through ECAE process", The 12th International Symposium on Eco-materials Processing and Design, Chiang Mai, Thailand, 2011年1月10日,

⑭T. Ide, Y. Iio, H. Nakajima, "Fabrication of Lotus-type Porous Aluminum by Continuous Casting Technique", The 12th International Conference on Aluminum Alloys, Yokohama, Japan, 2010年9月9日,

⑮T. Ide, T. Wada, H. Nakajima, "Effect of Transfer Velocity on Porosity of Lotus-type Porous Aluminum Fabricated by Continuous Casting", The 11th the International Symposium on Eco-materials Processing and Design, Sakai, Japan, 2010年1月10日,

⑯Y. Iio, T. Ide, H. Nakajima, "Effect of

Transfer Velocity on Porosity of Lotus-type
Porous Aluminum Fabricated by Continuous
Casting”, The 11th the International Symposium
on Eco-materials Processing and Design, Sakai,
Japan, 2010 年 1 月 10 日,

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井手 拓哉 (IDE TAKUYA)
大阪大学・産業科学研究所・助教
研究者番号：40507183

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし