

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5242416号
(P5242416)

(45) 発行日 平成25年7月24日 (2013. 7. 24)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 2 D 1/00 (2006. 01)	B 2 2 D 1/00 Z
B 2 2 D 17/00 (2006. 01)	B 2 2 D 1/00 B
	B 2 2 D 1/00 L
	B 2 2 D 17/00 3 1 1
	B 2 2 D 17/00 3 1 3
請求項の数 21 (全 10 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2008-553303 (P2008-553303)	(73) 特許権者	507233408
(86) (22) 出願日	平成19年1月31日 (2007. 1. 31)		ナショナル サイエンス アンド テクノ
(65) 公表番号	特表2009-525192 (P2009-525192A)		ロジー ディベロップメント エイジェン
(43) 公表日	平成21年7月9日 (2009. 7. 9)		シー
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/002503		タイ国 パシユムサニ 1 2 1 2 0、クロ
(87) 国際公開番号	W02007/092203		ング ルアング、クロング 1、パホリョ
(87) 国際公開日	平成19年8月16日 (2007. 8. 16)		シン ロード、タイランド サイエンス
審査請求日	平成22年1月13日 (2010. 1. 13)		パーク 1 1 1
(31) 優先権主張番号	60/764, 348	(74) 代理人	100070002
(32) 優先日	平成18年2月2日 (2006. 2. 2)		弁理士 川崎 隆夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100144059
			弁理士 熊谷 一正
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 半熔融金属処理に好適な金属構造を準備する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガス気泡を使用して非樹枝粒状構造を有する半熔融の金属又は合金を形成する方法において、

液体金属又は液体合金を提供するため、金属又は合金を熔融温度以上で加熱する第 1 工程と；

前記液体金属又は液体合金内に挿入され又は収容された少なくとも 1 つの固体媒体を通してガス気泡を流し、前記液体金属又は液体合金を攪拌しながら前記液体金属又は液体合金を前記熔融温度以下の温度に冷却し、固体留分を形成する第 2 工程と；

前記固体留分の重量が、前記金属又は合金の重量の 0 . 0 1 - 0 . 5 の範囲に到達すると前記ガス気泡の流通を停止させ、非樹枝粒状構造を有する半熔融金属又は半熔融合金を提供する第 3 工程と；

を具備することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記固体留分の重量が、前記金属又は合金の重量の 0 . 0 1 - 0 . 2 の範囲に到達すると、前記ガス気泡の流通を停止させることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記冷却が前記液体金属又は合金を前記固体媒体と接触させることにより更に達成されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

10

20

ガス気泡を流す前記工程が毎分少なくとも摂氏 1 度の冷却速度を提供することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記冷却が前記液体金属又は液体合金を前記固体媒体と異なる少なくとも 1 つの他の固体媒体に接触させることにより更に達成されることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 6】

前記固体媒体が空気又は冷却液を貫通して流す手段により冷却されることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 7】

前記固体媒体が前記ガス気泡流により前記金属又は合金と反応するのを防止されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 8】

前記固体媒体が、動いたり回転したりしないことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

前記ガス気泡を流す工程が更に前記液体金属又は液体合金からスラグ、溶解ガス、不純物を除去することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】

ガス気泡を使用して非樹枝粒状構造を有する半熔融の金属又は合金を形成するためのシステムにおいて、

液体金属又は液体合金を提供するため金属又は合金を熔融温度以上で加熱する手段と；

20

前記液体金属又は液体合金に導入され又は挿入される少なくとも 1 つの固体媒体を通じてガス気泡を流し、前記液体金属又は液体合金を前記ガス気泡で攪拌しながら前記液体金属又は液体合金を前記熔融温度以下に冷却し、固体留分を形成する手段と；

前記固体留分の重量が、前記金属又は合金の重量の 0.01 - 0.50 の範囲に到達すると前記ガス気泡流を停止させ、非樹枝粒状構造を有する前記半熔融金属又は半熔融合金を提供する手段と；

を具備することを特徴とするシステム。

【請求項 11】

前記金属又は合金がピレット状であることを特徴とする請求項 10 記載のシステム。

【請求項 12】

前記固体媒体が黒鉛、セラミック、又はそれらの合成物からなることを特徴とする請求項 10 記載のシステム。

30

【請求項 13】

前記固体媒体が少なくとも 1 つの出口を介して前記ガス気泡を供給することを特徴とする請求項 10 記載のシステム。

【請求項 14】

前記固体媒体がパイプ、羽車、ロッド又は容器であることを特徴とする請求項 13 記載のシステム。

【請求項 15】

前記固体媒体が、動いたり回転したりしないことを特徴とする請求項 13 記載のシステム

40

【請求項 16】

前記固体媒体がガス放出口を有する多孔質であることを特徴とする請求項 13 記載のシステム。

【請求項 17】

少なくとも 1 つの温度センサーを更に具備することを特徴とする請求項 10 記載のシステム。

【請求項 18】

前記温度センサーが前記固体媒体に取付けられることを特徴とする請求項 17 記載のシステム。

50

【請求項 19】

前記固体媒体が、10%開放気孔率の多孔質黒鉛ロッドであることを特徴とする請求項16記載のシステム。

【請求項 20】

前記ガスが窒素、アルゴン、炭酸ガス、及びそれらの混合物からなるグループから選択されることを特徴とする請求項10記載のシステム。

【請求項 21】

前記合金がアルミ合金、マグネシウム合金、銅合金、鉄合金、亜鉛合金、ニッケル合金、及びチタニウム合金からなるグループから選択されることを特徴とする請求項10記載のシステム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、参照のために全開示がここに組込まれている、2006年2月2日に出願された米国仮特許出願第60/764,348号の利益を主張する。

【0002】

本発明は半溶融鑄及び成形用の非樹枝状金属スラリーを準備するための方法に関する。特に、本発明は液体金属又は合金に挿入され又は収容する少なくとも1つの固体媒体を通してガス気泡を流し、液体金属又は合金をその溶融温度以下に冷却し、この液体金属又は合金をガス気泡で攪拌し、固体留分を形成する。

20

【背景技術】

【0003】

半溶融金属(SSM)処理に好適な金属構造(組織)は1970年代の初期に「鉛錫の液体/固体混合物の流動学」と表題されたD.B.Spencer氏の博士論文(指導教官はマサチューセッツ工科大学のM.C.Flemings)(1971年6月)に最初に開示された。彼らは固相/液相温度範囲で凝固合金を機械的に攪拌し、固相は樹枝状でなく、球状粒子であることを発見した。固相の非樹枝特性はこれらの金属“スラリー”に固有流動性を与えた。最高50%の固相を含む金属スラリーは液体合金以上の大きさの“有効粘性率”順で均一に流れる。もし金属スラリーが部品に成形されると、より高い粘性率は金型充填での乱流を減少させ、空気の取込み及び封入を最小にすることにより高品質部品を製造できる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

SSM処理の発明以来、産業はこれらの処理の将来性にますます認識するようになった。今日、SSM研究は世界的に学級的且つ産業的に実施される。産業においてSSM応用の広がり、しかしながら、まだその初期段階にある。アルミ合金の自動車への応用はSSMへの産業的関心の重要な注目の的であった。燃料効率及び環境についての関心はより軽量な車両に向けた原動力になった。これは車両でのアルミ鑄造利用を継続して増大させ、高品質アルミ合金をもたらすSSMのような処理のため需要を増大させた。アルミSSM用に考慮されている自動車部品の一部は「アルミ合金の半溶融鑄造(現状報告書)」(現代鑄造、1997年2月、41-43ページ)と表題された論文でS.P.Midson及びK.Brissing氏により記載されたサスペンション・コンポーネント、エアコンプレッサ、及びマスタブレーキシリンダである。商業車メーカーはターボディーゼルエンジンの次の製品ラインのためにシリンダブロックを製造するために流動鑄造工程を使用した。「新生産プロセスを採用しているディーゼルエンジン用の高張力アルミシリンダブロックの開発」(SAEインターナショナル、出版2004-01-1447)M.Yamazaki氏らを参照。

40

【0005】

2つの半溶融金属処理ルートが、即ち、「チキソ鑄造」及び「流動鑄造」が産業的に実行可能である。チキソ鑄造とは非樹枝構造(組織)が十分に凝固されたピレット(鋼片)

50

を固相/液相温度範囲で再加熱し、部品に成形することに得られるプロセスである。流動鋳造とは非樹枝構造を有するスラリーが液体合金から作られ、部品に成形されるプロセスである。

【0006】

過去30年にわたって、産業界で使用されたSSM処理ルートは(2002年10月20-24日に、韓国、Kynogjuで開催されたWorld Foundry会議で)「高粘性液体及び半溶融金属鋳造:処理及び製品」表題された論文においてM.C.Flemings氏やW.L.Johnson氏らにより提出されたチキソ鋳造であった。電磁的に攪拌されたピレットが「新電磁流動鋳造により半溶融合金の詳細」(プロセス、冶金会議B、(23b)、1992年4月、189-206ページ)と表題された論文で、C.Vives氏により記載されたように連続キャスターにより製造される。チキソキャスターはこれらのピレットを購入し、それらを固相/液相温度範囲で再加熱し、それらを部品に成形する。高品質アルミ合金が得られても、運用コスト及び工程管理のような問題がチキソ鋳造の広範囲の応用を阻止した。2000年において、チキソ処理は「半溶融金属処理による近正味成形」(マテリアル・アンド・デザイン、(21)、2000、387-394ページ)とP.Kapranos氏らにより表題された論文において北米、ヨーロッパ、日本のアルミ鋳造の250万トンわずか1%と見積もられた。

10

【0007】

したがって、半溶融金属処理の最近の傾向は流動鋳造ルートを進歩させることである。液体合金が製造現場で非樹枝金属スラリーに形成され、スクラップ金属が社内でリサイクルできるので、流動鋳造はチキソ鋳造以上の即時コスト優位を有する。今日、液体合金から非樹枝構造を製造するためのいくつかのプロセスが入手可能である。使用された第1の方法は固相/液相温度範囲で金属を機械的に攪拌することである。米国特許第5,555,926号、第5,887,640号、及び第5,983,978号を含むいくつかの特許は機械的攪拌による金属スラリーを製造するように設計された装置を記載している。「2軸流動モールド処理による工業合金の半溶融プロセス」(マテリアルサイエンスアンドエンジニアリングA、(299A)、2001、210-217ページ)S.Ji,Z.Fan,M.J.Bewis.も参照のこと。しかしながら、長期間にわたって溶融アルミに対する露出に耐えられる強固な攪拌材料の欠如は産業上でのこの機械的攪拌方法の使用を制限した。

20

【0008】

この時点までに、流動鋳造への難問は非樹枝金属スラリーを製造するため液体合金を効率的に処理する方法について知識が制限されていることだった。凝固の初期段階中の条件(固相の最初の数パーセントのみの形成)を制御することにより、非樹枝構造を容易に形成可能であることが分っている。局所的な急速冷却と溶解物の活発な攪拌の組合せにより、温度は液相線の直上から直下に降下し、R.A.Martinez氏により「半溶融構造の形成のための新技術」(2001年6月)と表題された彼のMS論文と、「流動微細構造の成形及び処理」と表題された彼の博士論文により(マサチューセッツ工科大学のM.C.Flemings指導教官)記載されているように非樹枝構造がおよそ数秒で得られる。

30

【0009】

Flemings氏は米国特許第6,645,322号で冷却回転ロッドを液相線以上に維持された溶解物に漬けることにより球状粒子を有する合金を効果的に流動鋳造する方法の特許取得した。回転棒の侵付けは同時に高局部冷却の領域を作り、活発な対流を与え、バルク溶融温度を液相線以下に降下させる。本プロセスは大きな過熱変動で液体金属からスラリーを製造でき、アルミ合金スラリーを製造するための強固で有効な方法にする。しかしながら、本方法は可動固体媒体を要求するので、いくつかの問題を予期させる。まず第1に、ロッドの回転中に水冷システムをロッドに連続的に適用することは簡単ではない。温度センサーのようなセンサーは温度測定のためにロッド内に取付けることは簡単ではない。更に、ロッドの回転中に、渦が形成される可能性がある。渦の形成は金属酸化の増進になる。これらの問題を回避するため、固体媒体の回転を要求しない方法を得ることが望まれる。

40

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は局所的な冷却と活発な対流の組合せがその液相線温度の直上に維持された溶解物に適用されると、非樹枝構造は凝固の開始後の数秒で形成可能であるというMartinez及びFlemingsにより提示された原理を利用している。本発明で、液相線温度以上の温度に維持された熔融金属合金に固体物を通じて気泡を流すことにより、非樹枝、半熔融金属スラリーが得られることが発見された。本発明において、ガス気泡は活発な対流を提供し、同時にある局所的な冷却を与える。局所的な冷却は固体物の使用を介して達成される。従来発明と対照的に、本発明は、従来技術のような羽根車又は円柱ロッドのような固体物でなく、攪拌するために媒体としてガス気泡を使用する。

10

【0011】

一態様において、本発明は固体物を通じて液相線温度以上の温度に維持された熔融金属合金にガス気泡を導入することにより非樹枝半熔融金属スラリーを準備するための方法を記載している。本発明において、固体物は回転しないので、いくつかの利点が予期される。非回転部品を使用すると、冷却システム及びセンサーシステムが簡単な設計で適用できる。渦が熔融金属合金に形成されないため、渦による金属の酸化増進が回避される。多孔質固体物がガス気泡を与えるために使用されると、固体媒体の孔からのガス気泡流が熔融金属合金と媒体表面間の保護層として作用するので熔融金属合金と侵付けされた媒体間の濡れ及び反応は回避される。更に、熔融金属合金内のガス気泡流はスラグ、溶解ガス、及び熔融金属合金からの不純物の除去を助け、これらの広範囲に使用されたプロセスは脱ガス又は脱スラグ処理として知られている。

20

【0012】

本発明の前述の及び更なる特徴及び特性は同一参照番号で同一素子を指定する添付の図面を参照して考慮される以下の詳細な説明からより明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

図1は本発明の実施例に従った非樹枝半熔融スラリーを準備するための装置を示している。本装置は熔融金属合金を受け且つ保持するための保持容器と、不活性ガス気泡を与えるためのランス（空洞円筒管）と、より局所的な冷却を与えるための固体物（オブジェクト）を含んでいる。一処理において、ランス（ガス吹込み管）は液相線温度以上の温度に保持された熔融金属合金に侵付けされる。不活性ガスはガス発生気泡を発生するランスを通じて流れ、その間、固体物は熔融金属合金内に降ろされている。ガスは窒素、アルゴン、炭酸ガス、及びこれらの混合物からなるグループから選択される。金属合金はアルミ合金、マグネシウム合金、銅合金、鉄合金、亜鉛合金、ニッケル合金、及びチタニウム合金からなるグループから選択される。

30

【0014】

金属合金の温度が液相線以下に降下すると共に、非樹枝半熔融金属合金スラリーが形成される。金属合金スラリーが重量で約1% - 約50%の固形成分を有すると、固体物は除去され、ガス流が停止される。また、金属合金スラリーが質量で約1% - 約20%の固形成分を有すると、ガス流を停止させてもよい。

40

【0015】

パイプ、羽根車、ロッド、又は容器のような本発明の他の変形が可能である。これらのいくつかは図2 - 図4に与えられ、図2は他の実施例を示す。このプロセスにおいて、不活性ガスは固体物のノズルを通じて流れる。他の実施例において、図3において、不活性ガスは多孔質固体物を通じて流れる。この場合、微小且つ均一な気泡が得られる。図4は他の実施例を示す。一プロセスにおいて、不活性ガスは壁部に配置された多孔質固体物を通じて流れる。微小ガス気泡は全ての壁面、底面又はこれら表面の一部のみに導入できる。固体物は黒鉛、セラミック、金属、又はこれらの材料の合成物から形成できる。

【0016】

熔融金属又は合金はガス気泡流により及び固体物との接触により冷却される。1つ以上

50

の上記固体物を同時に配置できるので、熔融金属又は合金は複数の固体物と接触することにより冷却可能である。更に、固体物はこの物体を通して空気、水、任意の冷却材を流すことにより冷却される。

【0017】

冷却及び攪拌機能のほかに、ガス気泡は固体物が金属又は合金と反応するのを防止し、スラグ、溶解ガス、又は金属又は合金から不純物を除去する。

【0018】

本発明の他の実施例はここに開示された本発明の明細書又は実施を考慮して当業者に明らかであろう。

例 1

多孔質黒鉛ディフューザー（散気装置）を使用して処理された A 3 5 7 合金

【0019】

以下は、図 3 を参照した、A 3 5 7 の非樹枝半熔融スラリーを準備するための方法の詳細な説明である。

【0020】

約 5 2 0 グラムのアルミ合金 A 3 5 7 (A l - 7 . 0 w t % S i - 0 . 5 w t % M g) が電気炉内に置かれた窒化ボロンで被覆されたステンレス坩堝内で溶解された。多孔質黒鉛ロッド (2 . 5 4 c m O D 、 1 . 5 c m O D 、 長さ 1 5 . 2 4 c m 、 2 . 6 g / c m ³) がディフューザーを形成するために加工された。黒鉛ディフューザーの壁部は概略 1 0 % 開放気孔率であった。黒鉛ディフューザーは熔融物に微細ガス気泡を与えるためガス流量計に取付けられたアルゴンガスシリンダに接続された。合金は 6 3 0 で熔融且つ加熱された。熔融物は約 1 / 分の冷却速度で 6 2 5 にゆっくりと徐冷却され、ディフューザーは約 2 リッター / 分の体積流量で微細アルゴンガス気泡を導入することによりすばやく浸付けされた。泡立て処理は熔融物の約 1 0 % の固相が達成されるまで実施され、その後、ディフューザーがすばやく除去され熔融物の徐冷を可能にする。熔融温度が 5 8 0 (約 4 5 % 固体留分) に達すると、坩堝内の金属の薄片が除去され水中で急冷された。

【0021】

サンプルは研磨され、光学顕微鏡で調べられた。比較のため、図 5 が非処理樹枝微細構造（組織）の典型的顕微鏡写真を示すために提供される。顕微鏡写真は 4 0 0 μ m 以上の粗粒子構造を示す。対照的に、図 6 はこの方法により処理された非樹枝半熔融構造の典型的な顕微鏡写真を示す。この方法において、粒子構造は 2 0 0 μ m 以下でより微細である。

例 2

ランスを使用して処理された A 3 5 7 合金

【0022】

以下は、図 1 を参照した、A 3 5 7 合金の非樹枝半熔融スラリーを準備するための方法の詳細説明である。

【0023】

約 5 2 0 グラムのアルミ合金 A 3 5 7 (A l - 7 . 0 w t % S i - 0 . 5 w t %) が電気炉内に置かれた窒化ボロンで被覆されたステンレス坩堝内で溶解された。ステンレス管 (0 . 4 c m I D 、 0 . 6 c m O D) は図 1 に示されるようにランスを形成するために加工された。この管の端部は機械的に閉じられ、小さいノズルが機械加工された。ランスは窒化ボロンで被覆され、熔融物内に微細ガス気泡を提供するためにガス流量計に取付けられたアルゴンガスシリンダに接続された。ランスは熔融物内に浸付けされ、その間、合金は 6 3 0 に加熱された。熔融物は約 1 / 分の冷却速度で 6 2 5 に徐冷却され、黒鉛で被覆された固体銅冷却体は微細アルゴン気泡が同時にランスを通して導入されている状態で急速に浸付けされた（図 1 参照）。体積流速は約 1 . 5 リッター / 分であった。泡立て処理は熔融物の約 5 % の固相が得られるまで実施され、その後、固体銅冷却体がすばやく除去され且つガス流が停止された。熔融物は徐冷された。金属温度が 5 8 0 (約

10

20

30

40

50

45%固体留分)に達すると、坩堝内の金属の薄片が除去され、水中で急冷された。その後、本サンプルは研磨され、光学顕微鏡で調べられた。図7は微細構造(組織)の典型的顕微鏡写真を示す。

【0024】

本発明の原理、好ましい実施例及び動作モードが前述の明細書に記載された。しかしながら、保護を目的とした本発明は開示された特有の実施例に限定されるものではない。ここに記載された実施例は制限的というより実例にすぎない。変形及び変更が本発明の精神から逸脱することなく採用された他の手段及び均等物により実施可能である。従って、特許請求の範囲で規定された本発明の精神及び範囲内の全てのこのような変形及び変更及び均等物が包含されることが明白に意図される。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】図1は本発明による非樹枝状半熔融金属スラリーを準備するための装置の第1実施例を示す。

【図2】図2は本発明による非樹枝状半熔融金属スラリーを準備するための装置の第2実施例を示す。

【図3】図3は本発明による非樹枝状半熔融金属スラリーを準備するための装置の第3実施例を示す。

【図4】図4は本発明による非樹枝状半熔融金属スラリーを準備するための装置の第4実施例を示す。

【図5】図5は本発明を適用することなく設けられた樹枝微細構造の典型的な顕微鏡写真を示す。

【図6】図6は本発明により設けられた非樹枝状半熔融構造の典型的な顕微鏡写真を示す。

。

【図7】図7は本発明により設けられた他の微細構造の典型的な顕微鏡写真を示す。

【符号の説明】

【0026】

10 プレス

20 上部コアロッド

【図 1】

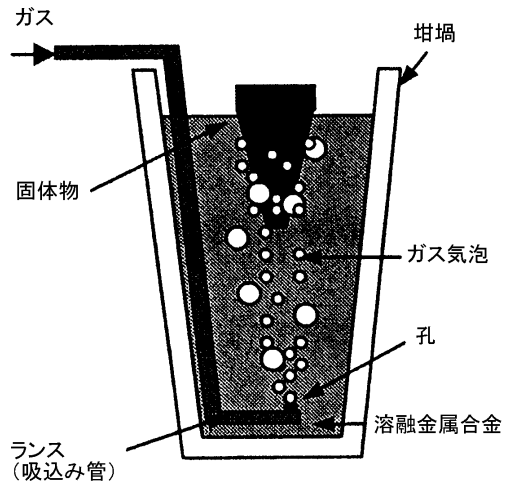


Figure 1

【図 2】

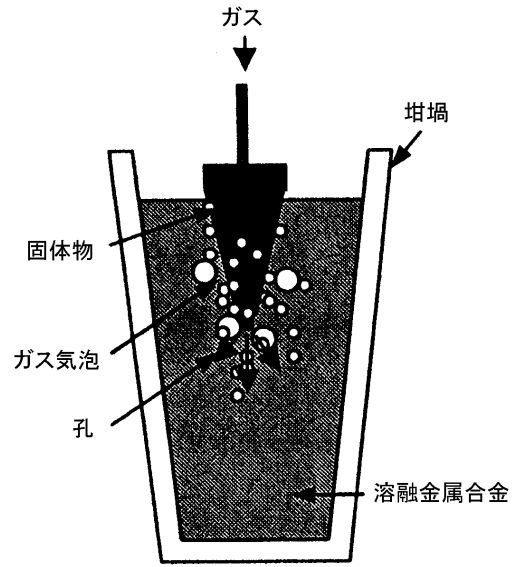


Figure 2

【図 3】

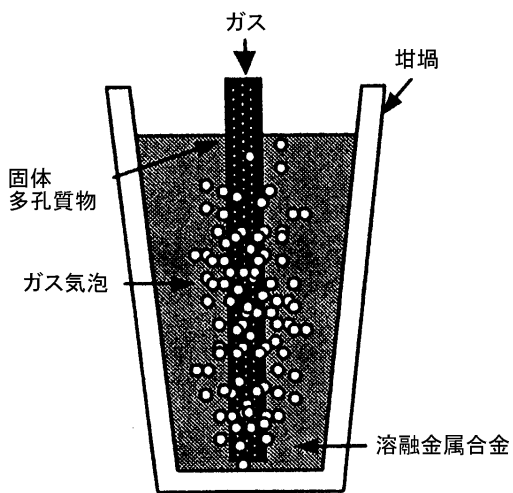


Figure 3

【図 4】

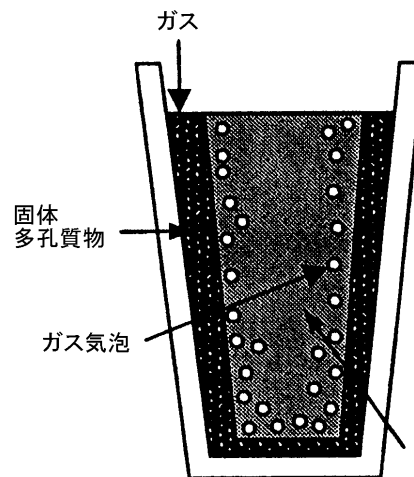


Figure 4

【 図 5 】

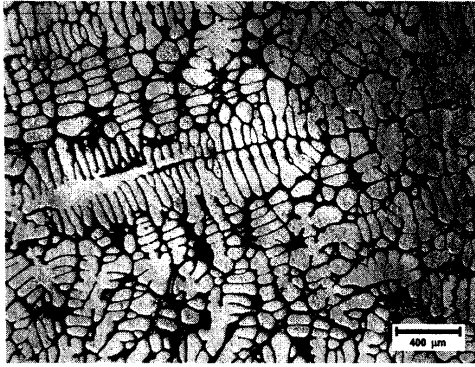


FIG. 5

【 図 6 】

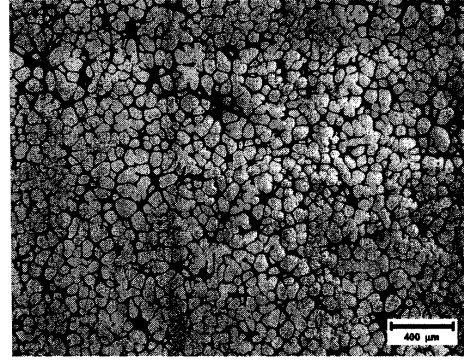


FIG. 6

【 図 7 】

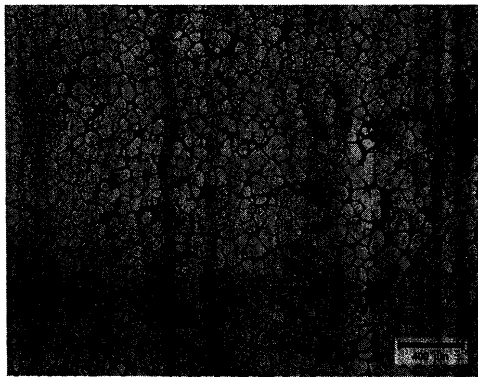


FIG. 7

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 B 2 2 D 17/00 3 3 2
 B 2 2 D 17/00 3 3 4
 B 2 2 D 17/00 3 3 6
 B 2 2 D 17/00 3 3 8
 B 2 2 D 1/00 Q

(72)発明者 ワナシン, イェサダ
 タイ国 9 0 1 1 0, ソンクラ, ハト ヤイ, プリンズ オブ ソンクラ ユニバーシティ
 内

(72)発明者 マルティネス, ラウル, エー.
 アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 2 1, アルバニー, サウスイースト セブン ミル レ
 ーン 3 3 9 9 2, セルメット, インコーポレーテッド内

(72)発明者 フレミングス, マートン, シー.
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 2 1 3 9, ケンブリッジ, マサチューセッツ アベ
 ニュー 7 7, マサチューセッツ インスティチュート オブ テクノロジー内

審査官 川崎 良平

(56)参考文献 特開昭55-117554(JP,A)
 実開平05-005840(JP,U)
 実開昭62-159951(JP,U)
 特開平05-123829(JP,A)
 特表平11-504682(JP,A)
 特開平04-048027(JP,A)
 特開平02-104440(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 B 2 2 D 1 / 0 0