

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5482899号
(P5482899)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C	21/02	(2006.01)	C 2 2 C 21/02
B 2 2 D	21/04	(2006.01)	B 2 2 D 21/04 A
B 2 2 D	27/20	(2006.01)	B 2 2 D 27/20 Z

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-524567 (P2012-524567)	(73) 特許権者	000004743
(86) (22) 出願日	平成23年7月6日(2011.7.6)		日本軽金属株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/065917		東京都品川区東品川二丁目2番20号
(87) 国際公開番号	W02012/008470	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開日	平成24年1月19日(2012.1.19)		弁理士 青木 篤
審査請求日	平成24年10月23日(2012.10.23)	(74) 代理人	100077517
(31) 優先権主張番号	特願2010-161167 (P2010-161167)		弁理士 石田 敬
(32) 優先日	平成22年7月16日(2010.7.16)	(74) 代理人	100087413
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 古賀 哲次
早期審査対象出願		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温強度と熱伝導率に優れたアルミニウム合金及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

S i を 1 2 ~ 1 6 質量%、N i を 0 . 1 ~ 2 . 5 質量%、C u を 3 ~ 5 質量%、M g を 0 . 3 ~ 1 . 2 質量%、F e を 0 . 3 ~ 1 . 5 質量%、P を 0 . 0 0 4 ~ 0 . 0 2 質量% を含み、残部が A l と不可避不純物から成る成分組成を有していることを特徴とする高温強度と熱伝導に優れたアルミニウム合金。

【請求項2】

S i を 1 2 ~ 1 6 質量%、N i を 0 . 1 ~ 2 . 5 質量%、C u を 3 ~ 5 質量%、M g を 0 . 3 ~ 1 . 2 質量%、F e を 0 . 3 ~ 1 . 5 質量%、P を 0 . 0 0 4 ~ 0 . 0 2 質量%、さらに 0 . 1 質量% 以下の M n を以下含み、残部が A l と不可避不純物から成る成分組成を有する高温強度と熱伝導に優れたアルミニウム合金。

【請求項3】

さらに、0 . 0 1 ~ 0 . 1 質量%の V、0 . 0 1 ~ 0 . 6 質量%の Z r を 1 種類以上含む成分組成を有する請求項 1 又は 2 に記載の高温強度と熱伝導に優れたアルミニウム合金。

【請求項4】

さらに、0 . 0 1 ~ 0 . 2 質量%の C r、0 . 0 1 ~ 0 . 2 質量%の T i を 1 種類以上含む成分組成を有する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の高温強度と熱伝導に優れたアルミニウム合金。

【請求項5】

10

20

0.2 mm²の観察視野をとったとき、晶出物の長手方向のサイズで大きい方から10個の晶出物の平均が230 μm以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の高温強度と熱伝導に優れたアルミニウム合金。

【請求項6】

請求項1～4のいずれか1項に記載の成分組成を有するアルミニウム合金溶湯に、液相線以上の温度で超音波を照射し、超音波照射終了後100秒以内に铸造することを特徴とする高温強度および熱伝導性に優れたアルミニウム合金の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車用ピストン等に用いられる高温強度と熱伝導率に優れたアルミニウム合金及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

アルミニウム合金は一般的に温度が高いほど強度が低下する。そのため自動車用ピストンなど高温下で使用されるアルミニウム合金は、高温強度を維持するために、従来よりSi, Cu, Ni, Mg, Fe, 及びMnなどの添加量を増やし、第二相粒子などの晶出物を増加させてきた。

これらの高温強度向上のための添加元素の中で、MnはFe系化合物の改良のために添加されている。Fe系化合物は高温強度向上に有効であるが、針状に粗大化する傾向があり、粗大化すると機械的性質が低下する。このため、Mnを添加してFe系化合物の化を図っている（例えば、特許第4075523号公報および特許第4026563号公報を参照）。

また一方、添加量を増加させた場合、晶出物が粗大化しこれを起点として破壊が起きやすくなり室温強度が低下する。そこで、例えば特開2007-216239号公報に見られるように、室温強度の低下を低減するために、アルミニウム合金の铸造時にアルミニウム合金溶湯に液相線以上の温度で超音波を照射して粗大な金属間化合物の生成を抑制、すなわち組織の微細化を図っている。

【発明の概要】

【0003】

しかしながら、特許第4075523号公報または特許第4026563号公報で提案されているように、アルミニウムの高温強度を向上させる目的でMnを添加させる場合は、一部がアルミニウムへ固溶してアルミニウム合金の熱伝導率を低下させてしまう。このような合金をピストンなどの高温下で使用される部品に適用するとアルミニウム合金部材の温度が高くなってしまい、強度が低下した状態で使用されることになるといった問題点がある。

また、特開2007-216239号公報では強度を向上させるため液相線以上で超音波照射をすることで組織微細化を図っているが、高温強度および熱伝導率に優れた組成に調整したアルミニウム合金の具体的な提案は行われていない。

本発明は、このような課題を解決するために案出されたものであり、高温強度の低下を抑制する組成に調整するとともに、Mn含有量を極力少なくしてアルミニウムへの固溶を減らすことによって高温強度と熱伝導率に優れたアルミニウム合金を提供することを目的とするものである。

本発明の高温強度と熱伝導に優れたアルミニウム合金は、その目的を達成するために、Siを12～16質量%、Niを0.1～2.5質量%、Cuを3～5質量%、Mgを0.3～1.2質量%、Feを0.3～1.5質量%、Pを0.004～0.02質量%を含み、残部がAlと不可避不純物から成る成分組成を有していることを特徴とする。

また、Siを12～16質量%、Niを0.1～2.5質量%、Cuを3～5質量%、Mgを0.3～1.2質量%、Feを0.3～1.5質量%、Pを0.004～0.02質量%、さらに0.1質量%以下のMnを以下含み、残部がAlと不可避不純物から成る

10

20

30

40

50

成分組成を有するものであっても良い。

さらに、0.01~0.1質量%のV、0.01~0.6質量%のZrを1種類以上含む成分組成であってても良い。

さらにまた、0.01~0.2質量%のCr、0.01~0.2質量%のTiを1種類以上含む成分組成であってても良い。

そして、0.2mm²の観察視野をとったとき、晶出物の長手方向のサイズで大きい方から10個の晶出物の平均が230μm以下である金属組織を有しているものが好ましい。

このような成分組成を有するアルミニウム合金溶湯に、液相線以上の温度で超音波を照射し、超音波照射終了後100秒以内に鑄造することで室温特性を向上させ加工性に優れたアルミニウム合金を得ることができる。

10

本発明のアルミニウム合金は、比重の小さいSiと強化元素の組合せで高温強度を向上させており、軽量で比強度が優れている。一方で、アルミニウム中に固溶して熱伝導率を下げるMnの添加を無くす、或いはその添加量を0.1質量%以下に抑えることで添加したMnをFe系金属間化合物中に取り込むことによって当該Fe系金属間化合物を塊状に変えて高温強度に優れるとともに熱伝導率に優れたアルミニウム合金を得ることができる。

さらに本発明のアルミニウム合金は、鑄造時にアルミニウム溶湯に液相線以上で超音波処理を施すことにより、晶出物を微細化して分散することができるため、室温強度を向上させ加工性に優れたアルミニウム合金を得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0004】

図1は、超音波ホーンを用いた超音波処理装置の概要を説明する。

図2は、アルミニウム合金溶湯を超音波処理する態様を説明する。

図3は、実施例5、6で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図であり、(a)超音波なしの実施例5、(b)超音波ありの実施例6である。

【発明を実施するための形態】

【0005】

本発明者等は、自動車用ピストン等に使用可能なアルミニウム合金材として、高温強度と熱伝導率に優れたものを低コストで得るべく鋭意検討した。その過程で、Siと強化元素添加量を細かく調整して組み合わせることで高温強度を向上させることができ、しかも、アルミニウム中に固溶して熱伝導率を下げるMnの添加を止める、或いは添加量を極力少なくすることにより、熱伝導率に優れたアルミニウム合金を得ることができたものである。

30

より具体的に説明する。Feを多量に添加したAl-Si系合金にあっては、針状のAl-Fe-Si系晶出物が粗大化して強度が低下しやすくなる。このため、通常はMnを添加して晶出物を塊状に改良している。晶出物を塊状化することによって強度の低下を抑制しようとするものである。ただし添加したMnのすべてがAl-Fe-Mn-Si系晶出物として晶出するわけではなく、アルミニウム中に固溶する分があるので熱伝導率を低下させてしまう。

40

一方、針状のAl-Fe-Si系晶出物を微細に分散できれば、塊状のAl-Fe-Mn-Si系晶出物の方が分散したものよりも高温強度が高いものが得られる。しかもMnの添加を無くせば、アルミニウム中へのMnの固溶もないので熱伝導率の低下も抑制できる。そこで、本発明ではAl-Fe-Si系晶出物の粗大化抑制をFe添加量の抑制等の成分組成の調整で図ることの他に、Mnの添加を止める、若しくは添加量を最小限に抑制してアルミニウム中へのMnの固溶をなくし、熱伝導率の低下を防いだものである。

また、鑄造時に超音波を照射することにより、晶出物の微細化を図ったものである。

以下にその詳細を説明する。

まず、用いるアルミニウム合金溶湯の成分・組成について説明する。

Si : 10 ~ 16 質量%

50

Siは高温強度を向上させる作用を有する。この効果はSiが10質量%以上で特に効果を発揮し、16質量%を超えると熱伝導率が低下する。また晶出量が多くなると室温での伸びが低下して加工性が悪化する。したがって16質量%を超えない範囲で添加する。

Ni : 0.1 ~ 2.5 質量%

Niは熱伝導率に悪影響を与えずに高温強度を向上させる作用を有する。Cuと同時に添加すると、Al Ni Cu系化合物として晶出して分散強化により高温強度を向上させる。0.1質量%に満たないとこのような効果が期待できず、2.5質量%を超えると合金密度が高くなり、比強度の向上が得られなくなる。

Cu : 3 ~ 5 質量%

Cuは高温強度を向上させる作用がある。Niと同時に添加させるとAl Ni Cu系化合物として分散強化により高温強度を向上させる。この作用は3質量%以上の添加で顕著となるが、5質量%を超えると熱伝導率を低下させてしまう。また、合金密度が高くなって比強度の向上が得られなくなる。そこでCuの添加量は3 ~ 5質量%とする。

Mg : 0.3 ~ 1.2 質量%

Mgは高温強度向上に有効である。特に超音波照射する際に、Mgの添加によってキャビテーション（微細な泡）が発生しやすくなるため、微細化効果を発揮する。この作用は0.3質量%以上の添加で顕著となるが、1.2質量%を超えると熱伝導率を低下させる。また伸びが低下して鑄造割れが生じやすくなる。したがって、Mgの添加量は0.3 ~ 1.2質量%の範囲とする。

Fe : 0.3 ~ 1.5 質量%

FeはSiと同時に添加させるとAl Fe Si系晶出物を形成して分散強化に寄与し高温強度を向上させる。この効果はFeの添加量が0.3質量%以上で発揮されるが、1.5質量%を超えるほどに多く添加すると粗大化するために機械的性質はかえって低下する。さらにFe添加量が多いと熱伝導率が急激に低下する。晶出物の粗大化を抑制しつつその効果を発揮させるためには、Fe含有量は0.3 ~ 1.5質量%に調整する必要がある。

P : 0.004 ~ 0.02 質量%

PはAl P化合物を形成してSiの異質核として作用する。これによって、単体Siを微細化して均一に分散させる作用がある。この作用は0.004質量%以上で特に効果を発揮し、0.02質量%を超えると湯流れ性が悪くなり、鑄造性が低下してしまう。そこでPの添加量は0.004 ~ 0.02質量%の範囲にする。

Mn : 0 ~ 0.1 質量%

MnはAl Fe Si系金属間化合物からなる晶出物に取り込まれて当該晶出物を塊状化する作用を有する。しかし多量に添加すると全量が前記晶出物に取り込まれることはなく、過剰分がアルミニウムに固溶して合金全体の熱伝導率を低下させることになる。そこで、Mnの添加量は0質量%、若しくは0.1質量%以下とする必要がある。

V : 0.01 ~ 0.1 質量%、Zr : 0.01 ~ 0.6 質量%

VとZrはマクロ組織を微細化し均一に分散させることに寄与するが、熱伝導率を低下させるので、必要に応じて添加する。なお、V、Zrは1種類以上の添加で効果を発揮するが、Vを添加した場合、格子ひずみ量が大きく熱伝導率を低下させやすいことからVの添加量は0.1質量%以下とする。一方Zrを添加した場合、格子ひずみ量はVよりも小さく、Zr系の晶出物が晶出するため固溶量が低減し、熱伝導率が低下しにくいことからZrは0.6質量%まで添加することができる。

Cr : 0.01 ~ 0.2 質量%、Ti : 0.01 ~ 0.2 質量%

CrおよびTiはAl Fe Si系化合物を改良すると同時にAl Fe Si系化合物の異質核にもなり分散強化による高温強度向上に寄与する。ただし、熱伝導率を低下させるので、微量のみの添加にすることが好ましい。なお、Cr、Tiは1種類以上の添加で効果を発揮する。

上記合金組成からなるアルミニウム合金では、Fe添加量を抑制し、また必要によりAl Fe Si系晶出物を微細化する元素を添加しているため、Al Fe Si系晶出

10

20

30

40

50

物の粗大化を防止し、室温引張特性の低下を低減することができる。この効果は特に、 0.2 mm^2 の観察視野をとったとき、晶出物の長手方向のサイズで大きい方から10個の晶出物の平均が $230\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下である場合に発揮される。

本発明のアルミニウム合金は、上記の添加元素と不可避不純物からなる組成のアルミニウム溶湯を重力鑄造法などの一般的に用いられる鑄造方法によって鑄造することで得られる。

なお、必要により鑄造の際にアルミニウム合金溶湯に液相線以上の温度で超音波処理を施す。これにより、核生成を促進し組織を微細化することができ、アルミニウム合金の室温特性を向上させることができる。室温伸びを確保することによって加工時の割れを防止する狙いがあり、さらに晶出を促進させてその分固溶量が減少し、熱伝導率が向上する。

使用する超音波処理用装置は、図1に示すように超音波ジェネレータ1、振動子2、ホーン3と制御ユニット5から構成する。

一例として、磁歪振動子を構成した超音波発生装置の操作原理を説明する。超音波ジェネレータ1により発生した交流強力電流を超音波振動子2に印加し、超音波振動子によって発生した超音波振動はネジ方式接続4を介してホーン3によってホーン先端に伝達し、先端からアルミ溶湯中に導入する。共振条件を保つために、共振周波数自動制御ユニット5を備える。このユニットは、振動子に流れる電流値を周波数の関数として測定し、電流値が最大値を保持するように、周波数を自動調整する。

この際に用いる超音波ホーンは、高耐熱性を有しアルミニウム溶湯中で超音波照射させてもエロージョンされにくい材料を用い、例えばセラミックス材料、耐熱性の高い金属性ホーンとしてはNb-Mo合金などを選択することができる。なお付与する振動としては振幅 $10\sim70\text{ }\mu\text{m}$ (p-p)、周波数 $20\sim27\text{ kHz}$ 、出力 $2\sim4\text{ kW}$ 程度の超音波を $5\sim30$ 秒程度付与することで微細化を達成することができる。ここで、p-pはピーク-ピークであり、例えばサイン波の場合は最大値と最低値との差のことをさす。

超音波照射の位置として、重力鑄造の際溶解炉内で超音波照射した例を図2に示す。なお、超音波照射位置はこれに限られることはないが、超音波照射を終了してから100秒以内で鑄造をすることで超音波照射の効果が高まるため、超音波照射を終了してから100秒以内で鑄造を開始できる位置ならどこでもよい。例えば図示はしないがラドル内、湯溜り内などでもよい。

また、重力鑄造法に限らず、DC鑄造法、ダイカスト法やその他の鑄造法においても、所定の位置で超音波照射することによって、アルミニウム溶湯の微細化効果を得ることができる。

100秒以内で鑄造を開始するための超音波照射位置としては例えば、DC鑄造では、樋内、鑄型内、ダイカストでは溶解炉内、ラドル内、湯溜り内、スリーブ直上、スリーブ内で超音波を照射することができる。

このように、超音波照射終了から鑄造までの時間を100秒以内にするすることで、分散させた異質核が元の状態に戻り微細化効果が消失してしまうのを防ぐことができる。

なお、超音波照射時の合金溶湯温度は液相線から100以内にするのが好ましい。これにより超音波照射から鑄造までの時間を短縮することができる。溶湯温度が高すぎると溶湯中のガス量が増え、溶湯品質が低下する。また炉材、ホーンなどの寿命が低下する危険がある。

以下、具体的な製造事例を実施例によって説明する。

【実施例】

【0006】

実施例1～4、7、8

表1に示す組成に調整したアルミニウム合金溶湯を溶製した。アルミニウム合金溶湯を、注湯温度 740 から 200 に加熱したJIS4号舟型に重力鑄造により鑄込んだ。なお、この時の冷却速度は液相線までが 24 /s、液相線から固相線までの冷却速度が 5.9 /sであった。

得られた金型鑄造材には 220 ×4時間の時効処理を施し、空冷した。

10

20

30

40

50

350 引張試験及び室温引張試験を行うために、熱処理した各合金から、切削加工により高温引張試験片及び室温引張試験片を切り出した。高温引張試験は、350 に100時間予備加熱した後の試験片を対象とした。

熱伝導率の評価は、これと比例関係にある導電率を熱処理された各合金から測定することで評価した。

このときの350 引張特性、室温引張特性、熱伝導率を表2に示す。

【表 1】

表 1：供試材の成分組成

供試材	化学組成 (質量%)										
	Si	Cu	Ni	Mg	Fe	Mn	Cr	Ti	Zr	V	P
実施例 1	15	4	2.5	0.8	0.8	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
実施例 2	15	3	2	0.8	0.8	0.01	0.2	0.1	0.1	0.1	0.01
実施例 3	15	3	2	0.8	0.8	0.01	<0.01	0.1	0.1	0.1	0.01
実施例 4	15	3	2	0.8	0.8	0.01	<0.01	<0.01	0.1	<0.01	0.01
実施例 5	13	4	2	1	1.2	0.08	0.1	0.2	0.1	0.1	0.01
実施例 6	13	4	2	1	1.2	0.08	0.1	0.2	0.1	0.1	0.01
実施例 7	15	3	2	0.8	0.8	<0.01	<0.01	0.1	0.2	<0.01	0.01
実施例 8	15	3	2	0.8	0.8	<0.01	<0.01	0.1	0.5	<0.01	0.01
比較例 1	12	3	2	0.7	0.5	0.5	<0.01	0.2	0.1	0.1	0.01
比較例 2	13	1	1	1	0.1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
比較例 3	13	1	1	1	0.1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
比較例 4	15	3	1	1	1.7	0.8	0.6	0.4	<0.01	<0.01	0.01
比較例 5	15	3	1	1	1.7	0.8	0.6	0.4	<0.01	<0.01	0.01

残部は Al と不可避的不純物である。

【表 2】

表 2：供試材の特性

	350℃引張特性		室温引張特性		熱伝導率 (W/(m·K))	晶出物サイズ*1) (μm)
	σB (MPa)	δ (%)	σB (MPa)	δ (%)		
実施例 1	80	10	265	0.7	127	117
実施例 2	82	8.9	264	0.8	123	115
実施例 3	85	7.9	281	0.6	125	120
実施例 4	80	6.7	261	0.7	122	117
実施例 5	86	7.7	259	0.5	124	210
実施例 6	83	10.3	275	0.7	127	116
実施例 7	80	7.8	275	0.7	127	117
実施例 8	77	7.8	275	0.7	126	117
比較例 1	81	7.4	267	0.8	114	110
比較例 2	51	36.7	238	2.2	150	108
比較例 3	53	28.7	240	2	150	108
比較例 4	80	0.4	215	0.2	117	250
比較例 5	80	1.7	216	0.2	119	249

* 1) ; 晶出物サイズは、0.2mm²の観察視野について 200 倍で晶出物数を調査したとき、
長手方向のサイズで、大きい方から 10 個の平均値である。

実施例 5

表 1 に示す組成に調整したアルミニウム合金溶湯を澆鑄した。アルミニウム合金溶湯を、注湯温度 700 から、160 に加熱した J I S 4 号舟型に重力澆造により鑄込んだ

。なお、それ以外は実施例 1 ~ 4 と同様の方法で鑄造を行った。

得られた金型鑄造材には 220 × 4 時間の時効処理を施し、空冷した。その後、実施例 1 と同様に 350 引張試験及び室温引張試験、熱伝導率の評価を行った。

このときの 350 引張特性、室温引張特性、熱伝導率を併せて表 2 に示す。

実施例 6

表 1 に示すように、実施例 5 と同一組成のアルミニウム溶湯を溶解炉内に配置した坩堝内に用意した。次に、Nb Mo 合金製の超音波ホーンを予熱炉内で予熱した後、坩堝内のアルミニウム溶湯中にホーンを浸漬させて超音波を照射した。

この時使用した超音波発生装置は、V I A T E C H 社製の超音波発生装置であり、周波数 20 ~ 22 kHz、音響出力 2 . 4 kW に設定し超音波照射を行った。ホーンの振動振幅は 20 μm (p p) とした。坩堝を取り出し、超音波照射終了から 20 秒後に、注湯温度 700 から、160 に加熱した J I S 4 号金型に重力鑄造した。このときの溶湯の液相線は 640 に対して超音波終了温度が 700 であり鑄造性に問題はなかった。なお、冷却速度は実施例 1 ~ 5 と同様である。

得られた金型鑄造材には 220 × 4 時間の時効処理を施し、空冷した。その後、実施例 1 と同様に 350 引張試験及び室温引張試験、熱伝導率の評価を行った。このときの 350 引張特性、室温引張特性、熱伝導率を併せて表 2 に示す。

組成は実施例 5 と同じであるが超音波照射により、室温引張特性が向上していることがわかる。

比較例

比較例 1 ~ 5

同様に、アルミニウム合金の組成を表 1 のように調整し、実施例と同様の方法で鑄造を行った。超音波処理の有無、超音波処理温度、冷却速度、注湯温度、舟型温度は表 3 に示す通りである。なお、比較例 3、5 は超音波処理を施しており、超音波処理の方法は実施例 6 と同様である。

得られた金型鑄造材には 220 × 4 時間の時効処理を施し、空冷した。その後、実施例 1 と同様に 350 引張試験及び室温引張試験、熱伝導率の評価を行った。

このときの 350 引張特性、室温引張特性、熱伝導率を併せて表 2 に示す。

10

20

【表 3】

表 3 : 各処理条件

	液相線 ℃	超音波 処理	処理 温度 ℃	冷却速度 (液相線ま で) ℃/s	冷却速度 (液相線～固 相線) ℃/s	注湯 温度 ℃	舟型 温度 ℃
実施例1	570	なし	—	24	5.9	740	200
実施例2	640	なし	—	24	5.9	740	200
実施例3	570	なし	—	24	5.9	740	200
実施例4	570	なし	—	24	5.9	740	200
実施例5	640	なし	—	24	5.9	700	160
実施例6	640	あり	700	24	5.9	700	160
実施例7	570	なし	—	24	5.9	740	200
実施例8	570	なし	—	24	5.9	740	200
比較例1	610	なし	—	24	5.9	740	200
比較例2	570	なし	—	24	5.9	740	200
比較例3	570	あり	740	24	5.9	740	200
比較例4	720	なし	—	24	5.9	720	150
比較例5	720	あり	720	24	5.9	720	150

表 1 に示す結果から明らかなように、Si, Cu, Ni, Mg, Fe, Mn, P、或いはさらに V, Zr, Cr, Ti 含有量を適切に調整した供試材では、所望の 350 引張特性、室温引張特性及び熱伝導率が得られている（実施例 1～8）。しかも、超音波照射を行った実施例 6 では、超音波照射を行わなかった実施例 5 と比べて、室温引張特性が大幅に向上していることがわかる。

図 3 は、それぞれ上記実施例 5、6 で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す顕微鏡写真である。白色部分が相であり、灰色部分が Al-Ni-Cu 系または Al-Fe-Si 系の化合物、黒色部分は初晶 Si の結晶である。これらの写真より超音波によって針状粗大な晶出物がなくなっていることが認められる。この針状粗大な晶出物の有無により室温引張特性が変化していると理解される。

これに対して添加合金成分が請求項に規定した範囲を外れた供試材では、所望の 350 引張特性、室温引張特性及び熱伝導率が得られていない（比較例 1～5）。

すなわち、比較例 1 では、350 引張特性、室温引張特性は良好であったが、Mn 添加量が多すぎるために熱伝導率が低くなっていることがわかる。

比較例 2、3 では、金属間化合物を形成する元素の添加量が少ないため、晶出物の量が少なく 350 引張特性、室温引張特性の基準を満たさなかった。比較例 3 では超音波照射をしたため室温特性が比較例 2 と比べて上昇したが、それでもなお 350 引張特性、室温引張特性ともに満足のものではなかった。

比較例 4、5 では Fe の添加量が多く 350 引張特性は良好であったが、室温引張特性が低かった。Fe 添加量が多すぎたために晶出した金属間化合物が粗大化し、機械的性質が低下したものと考えられる。また過剰の Mn を添加しているために熱伝導率が低かった。比較例 5 は超音波を照射しているが超音波照射によっても室温引張特性を改善しきれなかった。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 0 7 】

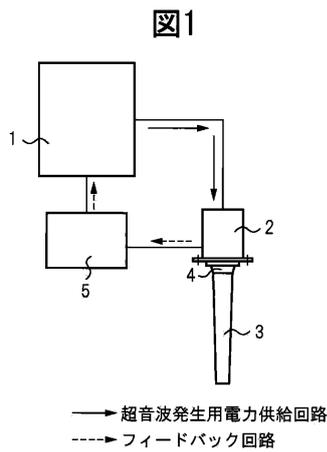
本発明によれば、高温強度の低下を抑制する組成に調整するとともに、Mn含有量を極力少なくしてアルミニウムへの固溶を減らすことによって高温強度と熱伝導率に優れたアルミニウム合金が提供される。

【 符号の説明 】

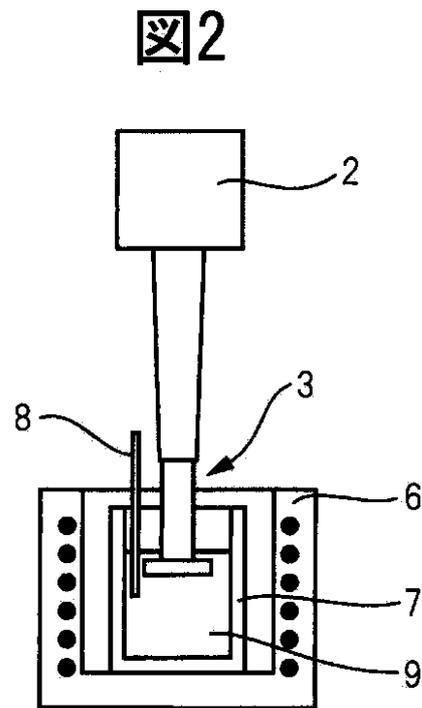
【 0 0 0 8 】

- 1：超音波ジェネレータ
- 2：振動子
- 3：ホーン
- 4：ネジ方式接続
- 5：制御ユニット
- 6：電気炉
- 7：るつぼ
- 8：熱電対
- 9：溶湯

【 図 1 】



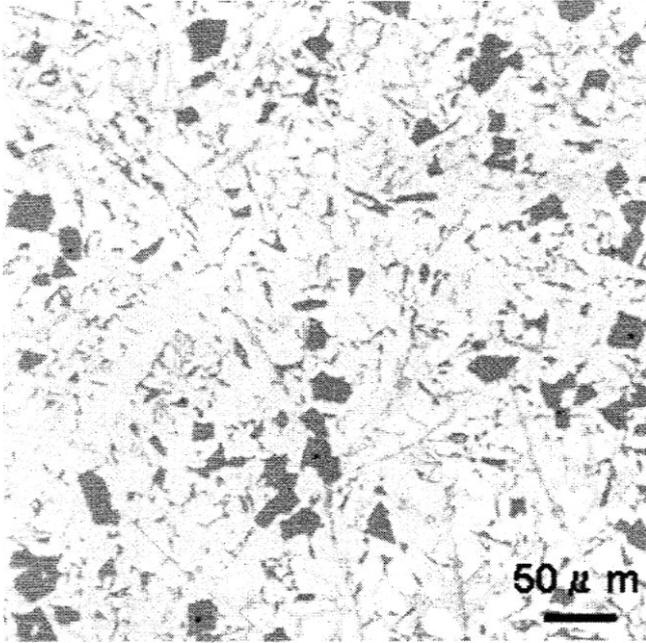
【 図 2 】



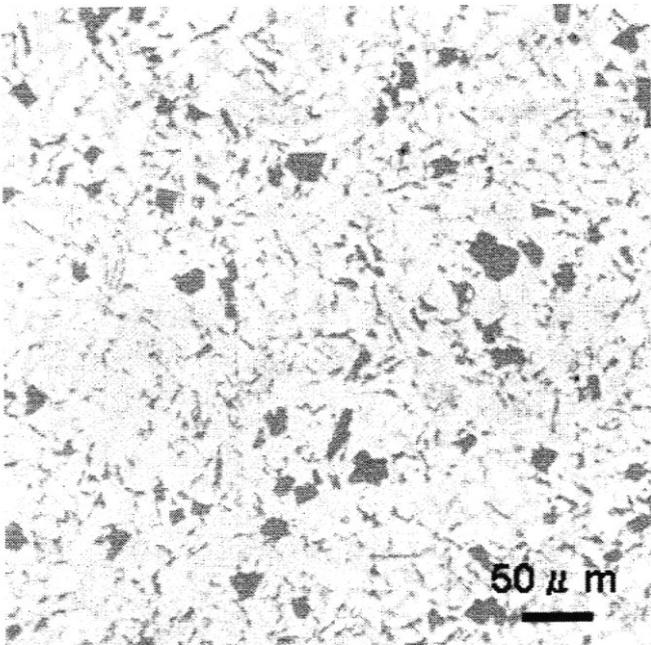
【図3】

図3

(a)



(b)



フロントページの続き

- (72)発明者 ケイ カツ
静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内
- (72)発明者 山元 泉実
静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内
- (72)発明者 織田 和宏
静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内
- (72)発明者 石田 豊
静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社グループ技術センター内
- (72)発明者 堀川 宏
東京都千代田区鍛冶町二丁目6番2号 日軽エムシーアルミ株式会社内

審査官 鈴木 毅

- (56)参考文献 特開2002-249840(JP,A)
特開平04-072033(JP,A)
特開2008-127665(JP,A)
特開平10-226840(JP,A)
特開2007-216239(JP,A)
特開2004-209487(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 21/02
B22D 21/04
B22D 27/20