

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6011998号
(P6011998)

(45) 発行日 平成28年10月25日 (2016. 10. 25)

(24) 登録日 平成28年9月30日 (2016. 9. 30)

(51) Int. Cl.		F I			
C 2 2 C	1/02	(2006. 01)	C 2 2 C	1/02	5 0 3 J
C 2 2 C	21/02	(2006. 01)	C 2 2 C	21/02	
B 2 2 D	27/20	(2006. 01)	B 2 2 D	27/20	B

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-281039 (P2012-281039)	(73) 特許権者	000004743
(22) 出願日	平成24年12月25日 (2012. 12. 25)		日本軽金属株式会社
(65) 公開番号	特開2014-125645 (P2014-125645A)		東京都品川区東品川二丁目2番20号
(43) 公開日	平成26年7月7日 (2014. 7. 7)	(74) 代理人	100116621
審査請求日	平成27年1月27日 (2015. 1. 27)		弁理士 岡田 萬里
		(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	菊入 鉄矢
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Al - Fe - Si 系化合物を微細化させたアルミニウム合金の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Si : 8 ~ 20 質量% , Fe : 0 . 5 ~ 1 質量% を含み、残部が Al と不可避的不純物からなるアルミニウム合金溶湯に、Al - Fe - Si 系化合物晶出の際に溶湯中に固相として存在する $Al B_2$ を、B がアルミニウム合金溶湯全体として 0 . 01 ~ 0 . 5 質量% の範囲となる量で、しかも B が $Ti B_2$ として 0 . 003 ~ 0 . 015 質量% 含有されている Al - B 合金の形で添加することを特徴とする Al - Fe - Si 系化合物を微細化させたアルミニウム合金の製造方法。

【請求項 2】

Si : 8 ~ 20 質量% , Fe : 1 質量超 4 質量% 以下と、さらに Mn : 0 . 005 ~ 2 . 5 質量% , Cr : 0 . 5 質量% 以下のいずれか 1 種以上を含み、残部が Al と不可避的不純物からなるアルミニウム合金溶湯に、Al - Fe - Si 系化合物晶出の際に溶湯中に固相として存在する $Al B_2$ を、B がアルミニウム合金溶湯全体として 0 . 01 ~ 0 . 5 質量% の範囲となる量で、しかも B が $Ti B_2$ として 0 . 003 ~ 0 . 015 質量% 含有されている Al - B 合金の形で添加することを特徴とする Al - Fe - Si 系化合物を微細化させたアルミニウム合金の製造方法。

【請求項 3】

前記アルミニウム合金溶湯が、さらに Ni : 0 . 5 ~ 6 質量%、Cu : 0 . 5 ~ 8 質量%、Mg : 0 . 05 ~ 1 . 5 質量% のいずれか 1 種以上を含むものである請求項 2 に記載の Al - Fe - Si 系化合物を微細化させたアルミニウム合金の製造方法。

10

20

【請求項 4】

前記アルミニウム合金溶湯が、さらに P を 0.003 ~ 0.02 質量% を含むものである請求項 2 または 3 に記載の Al - Fe - Si 系化合物を微細化させ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、アルミニウム合金の製造方法に関するもので、特に Al - Fe - Si 系化合物の微細に晶出させることができるアルミニウム合金の製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

アルミニウム合金の耐摩耗性、剛性を向上させるためには、Si を添加して初晶 Si や共晶 Si を晶出させることが有効である。Si の添加量を増やすと晶出量が増えて、これらの特性は向上する。ただし添加量の増加に伴い液相線温度が上昇するため、添加量には限界がある。そこで特性をさらに向上させることが必要な場合には、Al - Fe - Si 系化合物、Al - Ni 系化合物、Al - Ni - Cu 系化合物などの別の晶出物を利用する必要がある。これらの晶出物を得るためには Fe、Ni、Cu を添加する。これらの添加元素の内、Ni と Cu はアルミニウム合金のコストアップにつながるが、Fe は低コストである。しかし Al - Fe - Si 系化合物は晶出量を増やすと粗大化し、これにより強度、伸び、疲労などの機械特性が低下し、さらに加工性が低下するという問題があった。

20

【0003】

アルミニウム合金における Al - Fe - Si 系化合物の粗大化を防ぐために、通常は Mn や Cr を添加している。ただし Fe の添加量が多い場合には十分な微細化効果は得られない。

Fe の添加量が多い場合の微細化手法として、例えば特許文献 1 では、Fe が 1 ~ 4 質量% に対して、Si 含有量を $1.7 \times \text{Fe 含有量} + 1.3 \sim 1.3.7$ 質量%、Ti 含有量を $0.05 \sim 0.07 \times \text{Fe 含有量} + 0.1$ 質量%、Cr 含有量を $0.1 \times \text{Fe 含有量} + 0.05 \sim 0.15$ 質量%、Mn 含有量を $0.4 \sim 0.6 \times \text{Fe 含有量}$ に調整し、液相線温度以上で超音波照射をしている。

アルミニウム合金溶湯に対して液相線温度以上で超音波振動を照射することにより、アルミニウム溶湯内における結晶核の芽であるエンブリオが増加する。これにより多数の結晶核が生成して、晶出物が微細に晶出する。また、アルミニウム合金溶湯の成分、組成範囲を上記のとおり調整したことにより、各種晶出物を短時間の間に、しかも Al - Ti 系化合物、Al - Cr 系化合物、Al - Fe - Si 系化合物、Si の順となるように晶出させる。これにより Al - Ti 系化合物及び Al - Cr 系化合物を Al - Fe - Si 系化合物の核として作用させる。

30

【0004】

また本発明者らは特許文献 2 で、Al - Fe - Si 系化合物の凝固核として作用する高温安定な珪化物粒子を添加することを提案している。珪化物という意味で、 CrSi_2 、 TiSi_2 、 WSi_2 、 MoSi_2 、 ZrSi_2 、 TaSi_2 、 NbSi_2 等が想定できる。上記金属珪化物の融点は $1500 \sim 2000$ である。融点が $1500 \sim 2000$ であっても、溶湯中に保持しておくといつかは溶解してしまうが、高融点であればしばらくは固相として存在することができ、凝固核になることができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2010 - 090429 号公報

【特許文献 2】PCT / JP2012 / 075692

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 の方法では、 $Al-Ti$ 系化合物、 $Al-Cr$ 系化合物がまず微細化し、これを凝固核とすることで $Al-Fe-Si$ 系化合物を微細にしている。しかしながら、超音波照射を行うので、超音波照射設備の増設に伴うコスト上昇ばかりでなく、ホーンサイズによっては処理量に限界がある、といった問題点がある。

また、特許文献 2 の方法では凝固核を粉末形態で添加している。このため溶湯との濡れ性が悪く、添加が困難であることが予想される。各種の珪化物の内、例えば $CrSi_2$ を $Al-Cr-Si$ 合金で添加する場合は、添加は容易である。この合金中では、 Cr と Si が凝固核である $CrSi_2$ を生成している。ただし不要な $Al_{13}Cr_4Si_4$ と Si も生成してしまうため、凝固核の数が少ない、といった問題がある。

10

【 0 0 0 7 】

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、簡便で効率的な手段の採用により、 $Al-Fe-Si$ 系化合物微細に晶出させることが可能な廉価なアルミニウム合金を製造する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の $Al-Fe-Si$ 系化合物を微細化させたアルミニウム合金の製造方法は、その目的を達成するため、 $Si: 8 \sim 20$ 質量%、 $Fe: 0.5 \sim 1$ 質量%を含み、残部が Al と不可避免の不純物からなるアルミニウム合金溶湯に、 $Al-Fe-Si$ 系化合物晶出の際に溶湯中に固相として存在する AlB_2 を、 B がアルミニウム合金溶湯全体として $0.01 \sim 0.5$ 質量%の範囲となる量で、しかも B が TiB_2 として $0.003 \sim 0.015$ 質量%含有されている $Al-B$ 合金の形で添加することを特徴とする。

20

【 0 0 0 9 】

$Si: 8 \sim 20$ 質量%、 $Fe: 1$ 質量%超 4 質量%以下と、さらに $Mn: 0.005 \sim 2.5$ 質量%、 $Cr: 0.5$ 質量%以下のいずれか 1 種以上を、さらに必要に応じて $Ni: 0.5 \sim 6$ 質量%、 $Cu: 0.5 \sim 8$ 質量%、 $Mg: 0.05 \sim 1.5$ 質量%、 $P: 0.003 \sim 0.02$ 質量%のいずれか 1 種以上を含み、残部が Al と不可避免の不純物からなるアルミニウム合金溶湯に、 $Al-Fe-Si$ 系化合物晶出の際に溶湯中に固相として存在する AlB_2 を、 B がアルミニウム合金溶湯全体として $0.01 \sim 0.5$ 質量%の範囲となる量で、しかも B が TiB_2 として $0.003 \sim 0.015$ 質量%含有されている $Al-B$ 合金の形で添加する方法であってもよい。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明のアルミニウム合金の製造方法によれば、 Si 及び Fe を含有するアルミニウム合金溶湯に、 $Al-Fe-Si$ 系化合物の晶出の際に溶湯中に固相として存在し、かつ $Al-Fe-Si$ 系晶出物の凝固核となる AlB_2 を添加しておくことにより、珪化物を添加した場合と同等の微細化効果が得られる。

また、 AlB_2 を $Al-B$ 合金の形態で添加すると、粉末で添加した場合よりも溶湯中に拡散しやすく、粉末より添加が容易である。また $Al-B$ 合金中の晶出粒子は AlB_2 のみであり、凝固核の数も多い。

40

$Al-Fe-Si$ 系化合物の晶出温度が AlB_2 の晶出温度より低くなるような組成では、一度溶解し、再度晶出する AlB_2 も $Al-Fe-Si$ 系化合物の凝固核として作用する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】実施例、比較例で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図（その 1）

【図 2】実施例、比較例で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図（その 2）

【図 3】実施例、比較例で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図（その 3）

【図 4】実施例、比較例で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図（その 4）

50

【図5】実施例、比較例で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図（その5）

【図6】実施例、比較例で製造されたアルミニウム合金の金属組織を示す図（その6）

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明者等は、多量のSiとFeを含むアルミニウム合金を製造する際に、溶湯の冷却・凝固の過程で晶出するAl-Fe-Si系晶出物の粗大化を防止し、微細に晶出させる方法について、鋭意検討を重ねてきた。

特許文献1で提案した方法においてAl-Fe-Si系晶出物の微細化効果が得られたため、超音波照射によって微細化したAl-Fe-Si系化合物の構成元素を調査したところ、 CrSi_2 と TiSi_2 がAl-Fe-Si系化合物の凝固核になっていることがわかった。さらに特許文献2で提案した方法において CrSi_2 、 TiSi_2 を含む珪化物を添加することによってもAl-Fe-Si系化合物が微細化することがわかった。

10

【0013】

特許文献2中の CrSi_2 と AlB_2 は同じ結晶系である。したがってAl-Fe-Si系化合物の晶出の際に AlB_2 を固相として含有させておけば、これがAl-Fe-Si系化合物の凝固核として機能して、晶出物の微細化効果が得られると推測し、本発明に到達したものである。

【0014】

AlB_2 の融点はAl-Fe-Si系化合物の晶出温度より高温であるため、一定の時間は溶湯中に固相として存在し、Al-Fe-Si系化合物が晶出する際の核となる。しかし長時間保持すると、最終的には溶解する。そして一度溶解すると、再度晶出する際には、Al-Fe-Si系化合物より高温で晶出するとは限らない。この場合はAl-Fe-Si系化合物の核はない状態である。これに対して、 AlB_2 の高温安定性を向上させるためには、Al-B合金を作製する際、予め加えた TiB_2 を凝固核として AlB_2 を晶出させることが有効である。 TiB_2 は少量でもアルミニウム合金溶湯中で固相として存在することができる微細粒子であるため、これを凝固核とした AlB_2 の高温安定性も向上する。

20

【0015】

以下に本発明を詳しく説明する。

まず、アルミニウム合金溶湯の成分、組成範囲について説明する。

30

Si : 8 ~ 20 質量%

Siは、アルミニウム合金の剛性、耐摩耗性を向上させ、熱膨張を低減させるために必須の元素であり、8 ~ 20 質量%の範囲で含有させる。8 質量%を満たない場合は铸造性が悪い。20 質量%を超えた場合はSiの晶出温度が著しく高くなり、溶解温度、铸造温度を高くする必要がある。これにより溶湯中のガス量が増加し、铸造欠陥が発生する。また、铸造温度の上昇は耐火材寿命の低下を招くことにもなる。

【0016】

Fe : 0.5 ~ 4 質量%

Al-Fe-Si系化合物として晶出し、アルミニウム合金において剛性を向上させて熱膨張を低下させる。Fe含有量が、0.5 質量%より少ないと剛性を高めるために必要な量のAl-Fe-Si系晶出物が得られず、4 質量%より多いと晶出粒子が粗大化してしまうため、加工性が低下する。さらに、4 質量%を超えるとAl-Fe-Si系化合物の晶出温度が高くなり、铸造温度を高くする必要がある。これにより溶湯中のガス量が増加し、铸造欠陥が発生する。また、铸造温度の上昇は耐火材寿命の低下を招くことにもなる。

40

【0017】

Mn : 0.005 ~ 2.5 質量%

MnはAl-(Fe, Mn)-Si系化合物として晶出する元素であり、針状粗大なAl-Fe-Si系晶出物を塊状に変える作用があるので必要に応じて含有させる。Fe量が1 質量%を超えると、Al-Fe-Si系化合物の針状粗大化が問題になってくる。この場合にはFe量の0.5 ~ 0.6 倍程度のMnを添加することが塊状化に有効である。Fe量が

50

1 質量%未満の場合はFe量と関係なく、0.005～0.6 質量%の添加で良い。しかし、2.5 質量%より多いと粗大化を促進させてしまう。さらにAl-(Fe, Mn)-Si系化合物の晶出温度が高くなり、溶解温度、鑄造温度を高くする必要がある。これにより溶湯中のガス量が増加し、鑄造欠陥が発生する。また、鑄造温度の上昇は耐火材寿命の低下を招くことにもなる。

【0018】

Cr: 0.5 質量%以下

CrはAl-(Fe, Mn, Cr)-Si系化合物として晶出する元素であり、針状粗大なAl-Fe-Si系晶出物を塊状に変える作用があるので必要に応じて含有させる。しかし、0.5 質量%より多いとAl-(Fe, Mn, Cr)-Si系化合物の晶出温度が高くなり、溶解温度、鑄造温度を高くする必要がある。これにより溶湯中のガス量が増加し、鑄造欠陥が発生する。また、鑄造温度の上昇は耐火材寿命の低下を招くことにもなる。

【0019】

P: 0.003～0.02 質量%

Pは初晶Siの微細化剤として働く。その作用を有効に発現させるためには0.003 質量%の含有が必要である。しかしながら、0.02 質量%を超える量を添加すると湯流れが悪くなり、湯まわり不良等の鑄造欠陥が発生しやすくなる。そこで、P含有量の上限は0.02 質量%とする。特にSiが11.5 質量%以上の場合にはP: 0.003～0.02 質量%を含んでいることが好ましい。

【0020】

Ni: 0.5～6 質量%

NiはCuが存在する状態ではAl-Ni-Cu系化合物として晶出し、剛性を向上させ熱膨張を低減させる作用があるため、必要により添加する。また高温強度も向上させる。この作用は0.5 質量%以上で特に効果を発揮し、6.0 質量%を超えると液相線温度が高くなるため、鑄造性が悪くなる。そこでNiの添加量は0.5～6.0 質量%の範囲にすることが好ましい。

【0021】

Cu: 0.5～8 質量%

Cuは機械的強度を向上させる作用があるため、必要により添加する。またAl-Ni-Cu系化合物として剛性も向上させて、熱膨張を低減させる。また高温強度も向上させる。この作用は0.5 質量%以上の添加で顕著となるが、8 質量%を超えると化合物の粗大化が進み機械的強度が低下してさらに耐食性も低下してしまう。そこでCuの添加量は0.5～8%にすることが好ましい。

【0022】

Mg: 0.05～1.5 質量%

Mgはアルミニウム合金の強度を上昇させるために有用な合金元素であるため、必要により添加する。Mgを0.05 質量%以上添加することで上記の効果が得られるが、1.5 質量%を超えるとマトリックスが硬くなって、靱性が低下するので好ましくない。そこでMgの添加量は0.05%～1.5 質量%にすることが好ましい。

【0023】

次に、アルミニウム合金溶湯に添加し、Al-Fe-Si系化合物の晶出の際に凝固核として作用する物質の形態、添加量等について説明する。

各元素の組成範囲を上記のとおり調整したアルミニウム合金溶湯に、Al-Fe-Si系化合物晶出の際に溶湯中に固相として存在する AlB_2 を、Bがアルミニウム合金溶湯全体として0.01～0.5 質量%の範囲となる量で添加する。この量は、 AlB_2 に換算すると0.02～1.2 質量%になる。 AlB_2 はAl-Fe-Si系化合物晶出の際に凝固核となり、Al-Fe-Si系化合物を微細に晶出させることができる。計算値としての AlB_2 が0.02 質量%に満たないとこの効果が得られず、1.2 質量%を超える程に多いと溶湯の粘性が高くなって、流動性が悪化する。

【0024】

アルミニウム合金溶湯への AlB_2 の添加は $Al-B$ 合金で行うことが好ましい。例えば $Al-0.5$ 質量% B 合金, $Al-3$ 質量% B 合金, $Al-4$ 質量% B 合金等が使用できる。これら合金中の B は通常 AlB_2 の形態を採っている。 AlB_2 による微細化効果は 30 分程度持続するので、添加後 30 分以内に鑄造を行うことが好ましい。微細化効果をさらに延長させるためには、 $Al-B$ 合金として、予め TiB_2 を 0.003 ~ 0.015 質量% 添加した合金を用いることが好ましい。この合金では TiB_2 を凝固核として AlB_2 が晶出しているので、 AlB_2 が長期に亘って核として有効に作用することになる。この場合、 AlB_2 の微細化効果が 1 時間以上持続する。

なお、 AlB_2 の添加は $Al-Fe-Si$ 系化合物の晶出の際に固相として存在することができれば、上記のような方法に限定されない。

10

【実施例】

【0025】

$Al-2.5$ 質量% Si 合金, $Al-5$ 質量% Fe 合金, $Al-10$ 質量% Mn 合金, $Al-5$ 質量% Cr 合金, $Al-20$ 質量% Ni 合金, $Al-30$ 質量% Cu 合金, 純 Si , 純 Fe , 純 Cu , 純 Mg , $Al-19$ 質量% $Cu-1.4$ 質量% P 合金を使用し、表 1 に記載の成分組成のアルミニウム合金溶湯を調製した。

実施例 1 ~ 7 の B は、福岡アルミ工業(株)社製の $Al-4$ 質量% B 合金インゴットをスライスして添加した。実施例 8 では TiB_2 を 0.007 質量% 含有させた $Al-0.5$ 質量% B 合金(自社製)で B を添加した。

比較例 5 の $CrSi_2$ は日本新金属(株)製の平均粒径 2 ~ 5 μm の $CrSi_2$ 粉末(品番 $CrSi_2-F$)で添加した。

20

微細化剤を添加してから鑄造までの保持時間は実施例 1 ~ 7 が 30 分, 実施例 8 が 70 分, 比較例 5 が 30 分である。鑄造法としてダイカストと重力鑄造を用いたが、冷却速度はいずれも 10^{-2} /s である(ダイカスト: 肉厚 6 あるいは 10 mm の板, 銅製鑄型を用いた重力鑄造: $\phi 10$ の丸棒)。鑄造温度は 760 ~ 770 の範囲でほぼ同等である。鑄型温度も 100 ~ 130 の範囲でほぼ同等である。

【0026】

図 1 ~ 6 は、実施例 1 ~ 8、比較例 1 ~ 7 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。図 1 ~ 6 の金属組織写真において、灰色部分は $Al-Fe-Si$ 系の化合物であり、黒色部分は単体 Si の結晶である。

30

実施例 1 と比較例 1 は同一組成を有する合金を試料とし、実施例 1 に AlB_2 を添加した。比較例 1 でも著しく粗大な $Al-Fe-Si$ 系化合物は存在しないが、実施例 1 の方が微細である。

実施例 2 と比較例 2 はほぼ同一組成を有する合金を試料とした。そして B を添加した実施例 2 の方が微細である。

【0027】

実施例 3 と比較例 3 は同一組成を有する合金を試料とした。 B を添加した実施例 3 の方が微細である。

実施例 4 と比較例 4、5 がほぼ同一組成を有する合金を試料とした。 B を添加した実施例 4 は B 無添加の比較例 4 より微細である。実施例 4 と比較例 5 は同等組織であるが、比較例 5 では粉末状の微細化剤を添加することは困難であり、溶湯攪拌を行っても粉末状の微細化剤は、溶湯中に十分に拡散されず、通常、粉末で添加した場合、10% 程度しか溶湯とうまく混ざらなかった。

40

【0028】

実施例 5 と比較例 6 は同一組成を有する合金を試料とした。 B を 0.4 質量% 添加した実施例 5 の方が微細である。

実施例 6、7 と比較例 7 が同一組成を有する合金を試料とした。 B をそれぞれ 0.04, 0.01 質量% 添加した実施例 6、7 では微細な $Al-Fe-Si$ 系化合物を得ている。

実施例 8 では B 添加を $Al-B-TiB_2$ 合金で行った。その結果、1 時間以上の保持時間でも微細な $Al-Fe-Si$ 系化合物を得た。

50

以上の結果から、アルミニウム合金溶湯に AlB_2 を添加することにより $Al-Fe-Si$ 系化合物が微細化すること、微細化剤として $Al-B-TiB_2$ 合金が用いることによって微細効果の持続時間が長くなることがわかる。

【 0 0 2 9 】

表 1：供試アルミニウム合金材の成分組成（質量％），製造条件， $Al-Fe-Si$ の状態，および微細化剤添加の難易

	合金組成(質量%)								微細化剤添加量(質量%)			製造条件			$Al-Fe-Si$ の状態	微細化剤添加の難易
	Si	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Mg	P	B 単体	AlB_2	$CrSi_2$	保持時間 (分)	鑄造法	鑄造温度 (℃)		
実 施 例	1	90	05	03	-	-	-	-	003	007	-	30	ダイカスト	770	微細	容易
	2	110	25	15	-	25	40	-	05	112	-	30	ダイカスト	760	微細	容易
	3	170	30	18	-	05	-	001	003	006	-	30	重力鑄造	770	微細	容易
	4	180	35	20	-	05	-	001	004	009	-	30	重力鑄造	770	微細	容易
	5	200	40	20	-	05	-	001	04	090	-	30	重力鑄造	770	微細	容易
比 較 例	6	185	38	19	03	-	25	02	004	009	-	30	ダイカスト	770	微細	容易
	7	185	38	19	03	-	25	02	001	002	-	30	ダイカスト	770	微細	容易
	8	170	30	18	03	-	05	001	002	005	-	70	重力鑄造	770	微細	容易
	1	90	05	03	-	-	-	-	<0005	-	-	-	ダイカスト	770	実施例 1 より粗大	なし
	2	130	25	15	-	25	40	001	<0005	-	-	-	ダイカスト	760	実施例 2 より粗大	なし
	3	170	30	18	-	05	-	001	<0005	-	-	-	重力鑄造	770	実施例 3 より粗大	なし
	4	180	35	20	-	05	-	001	<0005	-	-	-	重力鑄造	770	実施例 4 より粗大	なし
	5	186	38	20	025	-	01	001	<0005	-	01	30	重力鑄造	770	実施例 4 と同等	困難
	6	200	40	20	-	05	-	001	<0005	-	-	-	重力鑄造	770	実施例 5 より粗大	なし
	7	185	38	19	03	-	25	02	<0005	-	-	-	ダイカスト	770	実施例 6, 7 より粗大	なし

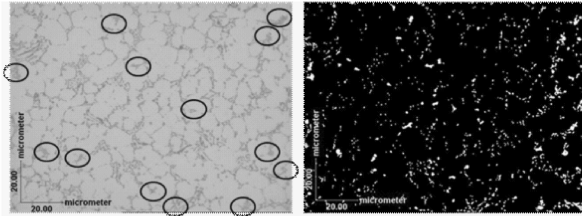
10

20

30

40

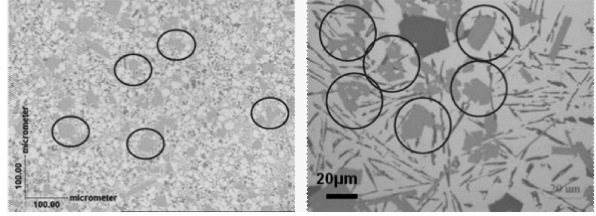
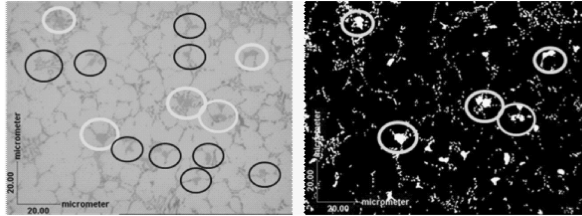
【図 1】



実施例1: Al-9Si-0.5Fe-0.3Mn-0.03B

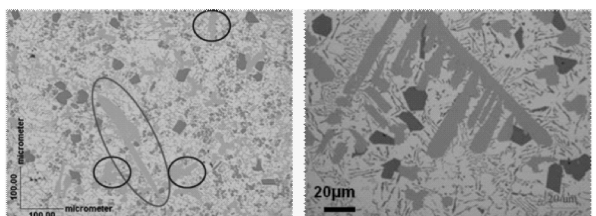
【参考】実施例1の二値化画像

【図 2】

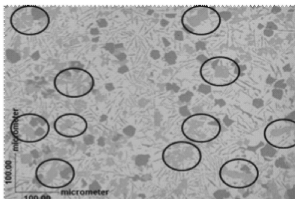
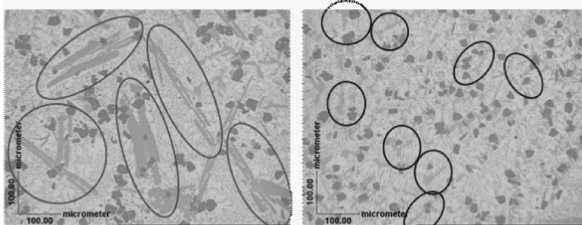
実施例2:
Al-11Si-2.5Fe-1.5Mn-0.5B-2.5Ni-4Cu実施例3:
Al-17Si-3Fe-1.8Mn-0.03B-0.5Cu-0.01P

比較例1: Al-9Si-0.5Fe-0.3Mn

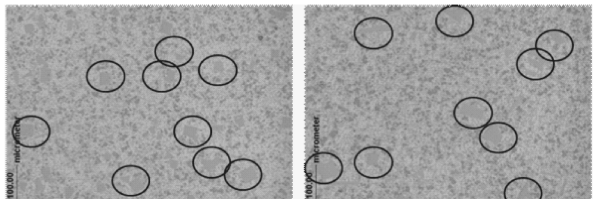
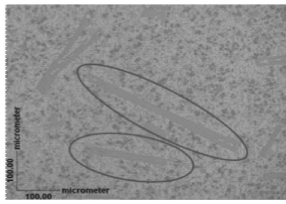
【参考】比較例1の二値化画像

比較例2:
Al-13Si-2.5Fe-1.5Mn-2.5Ni-4Cu-0.01P比較例3:
Al-17Si-3Fe-1.8Mn-0.5Cu-0.01P

【図 3】

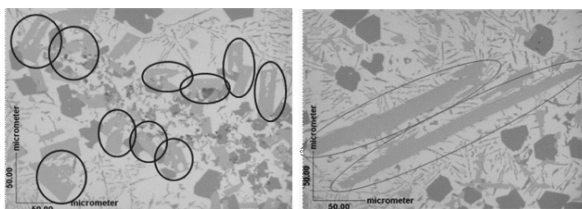
実施例4:
Al-18Si-3.5Fe-2.0Mn-0.04B-0.5Cu-0.01P比較例4:
Al-18Si-3.5Fe-2.0Mn-0.1Cu-0.01P比較例5: Al-18.6Si-3.8Fe-2.0Mn-0.25Cr
-0.1Cu-0.01P-0.1CrSi2

【図 5】

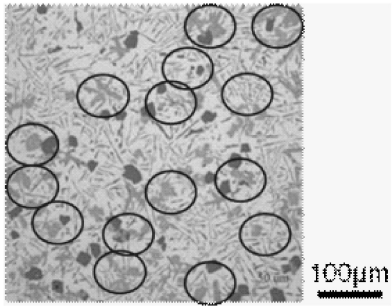
実施例6: Al-18.5Si-3.8Fe-1.9Mn-0.3Cr
-0.04B-2.5Cu-0.2Mg-0.01P実施例7: Al-18.5Si-3.8Fe-1.9Mn-0.3Cr
-0.01B-2.5Cu-0.2Mg-0.01P

比較例7: Al-18.5Si-3.8Fe-1.9Mn-2.5Cu-0.2Mg-0.01P

【図 4】

実施例5:
Al-20Si-4Fe-2.0Mn-0.4B-0.5Cu-0.01P比較例6:
Al-20Si-4Fe-2.0Mn-0.5Cu-0.01P

【図 6】



実施例8: Al-17.0Si-3.0Fe-1.8Mn-0.3Cr-0.02B-0.5Cu-0.01P

フロントページの続き

(72)発明者 磯部 智洋

静岡県静岡市清水区蒲原 1 丁目 3 4 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 岡田 浩

静岡県静岡市清水区蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内

審査官 川口 由紀子

(56)参考文献 特表 2 0 0 2 - 5 3 5 4 8 8 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 5 6 8 7 3 (J P , A)

特表平 1 1 - 5 1 3 4 3 9 (J P , A)

特表 2 0 0 0 - 5 1 1 2 3 3 (J P , A)

特開昭 6 1 - 2 2 3 1 5 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C 2 2 C 1 / 0 2

C 2 2 C 1 / 0 3

C 2 2 C 2 1 / 0 2