

## アルミニウム合金鋳物の流動性に及ぼす結晶粒微細化の影響

池 浩之<sup>\*</sup>、勝負澤善行<sup>\*</sup>、茨島 明<sup>\*</sup>  
高川 貫仁<sup>\*</sup>、本山 勝見<sup>\*</sup>、田中 悟<sup>\*\*</sup>

市販の微細化処理剤を添加してアルミニウム合金鋳物の結晶粒微細化を行い、その種類および添加量と結晶粒度の関係およびアルミニウム合金溶湯の流動長との関係を調べた。その結果、アルミニウム合金の結晶粒径は、同じTi添加量の場合フラックスより母合金の方が細くなる。そして、結晶粒度が細くなるほどアルミニウム合金溶湯の流動性は向上し、結晶粒径が3.5mmから1.5mmまで細くなると、同一注湯温度で約1.3倍長くなることが分かった。

キーワード：アルミニウム合金鋳物 微細化処理 流動性

## The Effect of Grain Refinement on the Fluidity of Aluminum Alloy Castings

IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, BARAJIMA Akira  
TAKAGAWA Takahito, MOTOYAMA Katumi and TANAKA Satoru

We get grain refining treatment of aluminum alloy castings by means of grain refining agents to be on the market. Then, We study a relation of addition quantity and a kind of treatment agents and grain size, and also liquidity of molten metal of aluminum alloys. The results grain size of aluminum alloys gets fine master alloys of rather than fluxes when even Ti quantity in treatment agents. We understood, the finer grain size is, the more fluidity of molten metal of aluminum alloys improve. Liquidity of molten aluminum alloys get long approximately 1.3 times as grain size gets fine 3.5mm to 1.5mm with the same temperature.

key word: aluminum alloy castings, grain refined, fluidity

### 1 緒 言

アルミニウム合金の薄肉鋳物や大型製品をVプロセスなどで鋳造する場合、最良の鋳造方案でも、湯回り不良が防げないときは、注湯温度を高くし、流動長を延ばすことによって不良を防止することがある。しかし、アルミニウム合金鋳物は、溶湯温度が高くなるほど酸化し易くなり、Mgなどの酸化消失が激しくなる。そして、水素ガス吸収速度が早くなり、結果としてガスポロシティが増加するとともに機械的性質が低下し、引けなどの欠陥が生じ易くなる。

一方、ある組成のアルミニウム合金の流動性を良くする方法としては、上記のように注湯温度を高くするほか、

鋳型温度を高くしたり、より熱伝導率の低い鋳型材料を選択するなど外的要因を変化させることでも可能となる。また、溶湯の微細化処理や改良処理を行うことにより流動性が良くなる<sup>1, 2)</sup>ことが知られている。例えば、亜共晶Al-Si系合金において、Si量が多いほど流動性は良くなるが、結晶粒微細化処理を行うことにより初晶デンドライト結晶の生成数を増やし、その寸法を細かくするほどデンドライトアーム間隙の液相の透過率が向上し、流動性は良くなるといわれている<sup>1)</sup>。しかし、市販されている二次合金地金を市販の結晶粒微細化剤を用いて微細化した場合の流動長の変化について調べた報告はみられない。

<sup>\*</sup>岩手県工業技術センター 金属材料部

<sup>\*\*</sup>横河電子機器株式会社

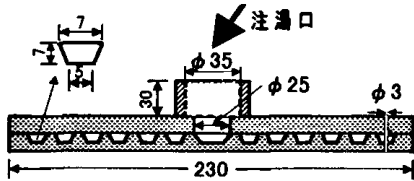


図1 流動長測定鑄型の概略図

表1 アルミニウム合金二次地金の成分(メカ分析値)

元素名	Cu	Si	Fe	Zn	Mg	Mn
wt%	0.08	7.04	0.34	0.02	0.42	0.22
元素名	Pb	Sn	Cr	Ca	Sb	Bi
wt%	0.01	0.01	0.02	.001	.002	.002
元素名	Ni	Ti	Al			
wt%	0.03	0.02	bal			

表2 微細化処理剤の形状と成分(メカ分析値)

処理剤	形状	Ti	B	K	C	F	Cl	Al
A	タブレット	6.0	0.9	25 ~30	5	15 ~20	40 ~45	-
B	母合金	5.05	0.98	-	-	-	-	bal
C	タブレット	10 ~15	1 ~5	20 ~30	1 ~5	30 ~40	20 ~30	-

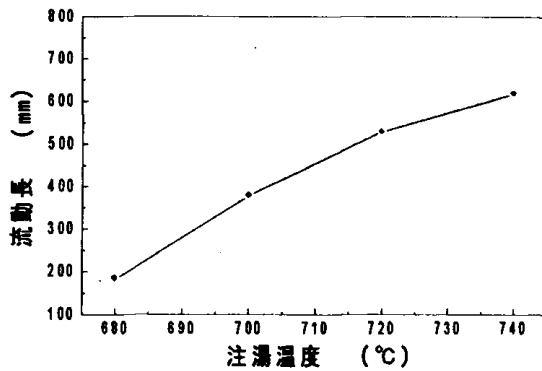


図2 注湯温度と流動長の関係

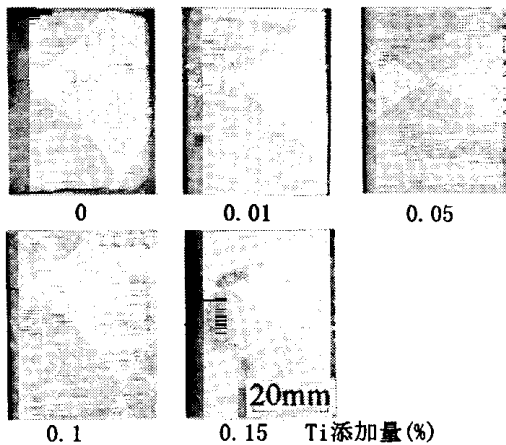


図3 微細化処理剤Aを用い、添加量を変化させたときのマクロ組織

本研究では、市販されているアルミニウム二次合金地金を市販の結晶粒微細化剤を用いて微細化したときの添加量による粒度変化と、それに伴う流動長の変化を調べることが目的とした。

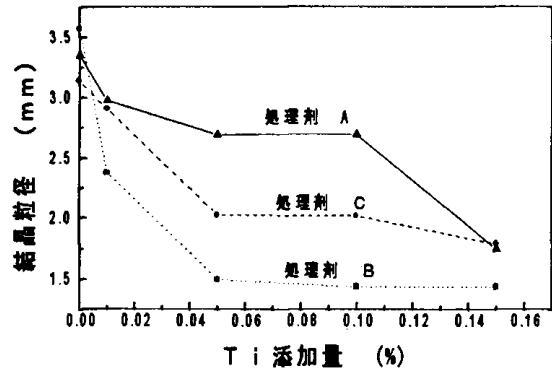


図4 微細化剤添加量と結晶粒径の関係

## 2 実験方法

図1に流動長測定鑄型概略図を示す。本鑄型は、中央部から外周方向へ流れる渦巻き状とし、その先端には、 $\phi 3$ のガス抜き穴を上下に設けた。上下の鑄型は、予め水平なガラス板上で平らにし、さらにお互いを摺り合わせて上下型に隙間がないことを確認した。そして、下型を水平基準器を用いて縦横の水平を確認した後、下型の周囲に接着剤を塗布し、上型を乗せさらに重しで固定した。上型の注湯口には $\phi 35 \times 30$ の湯溜まりを設けた。また、流動長の測定は2個の鑄型に注湯しその平均値を流動長とした。

原料は微細化元素をほとんど含まない表1に示す組成の日本軽金属㈱製アルミニウム二次合金地金(JIS C4CV)を用いた。これを電気炉にて最高温度750°Cで溶解した後、表2に示す3種類の市販の微細化処理剤を、それぞれ溶湯中への添加量を変化させて微細化処理を行った。その後、フラックスによる脱滓処理、 $N_2$ ガス導入による脱ガス処理後10分間静置し、720°Cの温度で前述の流動長測定鑄型と4号引張試験片鑄型に注湯した。

このようにして得られた試験片を用いて、各微細化剤添加量に伴う組織変化、添加量と流動長、添加量と機械的性質の関係などについて調べた。

## 3 結果

図2は、注湯温度変化による流動長変化結果である。これより温度が高くなるほど流動性は良くなり、注湯温度が680°Cから700°Cと、20°C高くなると流動長は約2倍も上昇することが分かる。

図3は、表2の微細化処理剤Aを用いたときの添加量と結晶粒径の関係をマクロ組織で示した例である。なお添加量は、処理剤中のTi量に換算した。これより、処理剤の添加量が増えるにしたがって結晶粒径が細くなっていることが分かる。図4は、各微細化処理剤によるTi

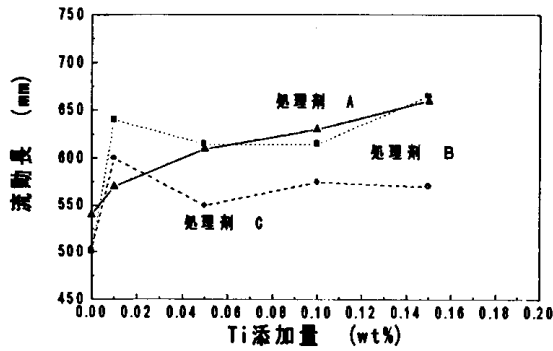


図5 微細化処理剤添加量と流動長の関係

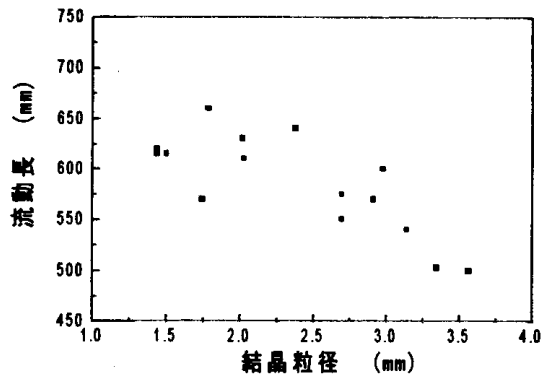


図6 結晶粒径と流動長の関係

換算添加量と結晶粒径の関係である。各処理剤により微細化処理効果が大きく異なり、0.05~0.1%のTi添加量の範囲では、処理剤Bは処理剤Aと比較し、同じTi添加量で結晶粒径は約1/2となっていることが分かる。

図5は、各微細化処理剤の添加量と流動性の関係を示した結果である。処理剤Aは、添加量が増加するほど流動長は増す傾向にある。一方処理剤B,Cは、約0.01%の添加量で流動長は、急激に大きくなるが、その後ほとんど変化しないことが分かる。

図6は、図5を結晶粒径と流動長との関係で示した結果である。これより結晶粒径が3.5mmの場合、流動長は約500mm、1.5mmの粒径では約650mmと、結晶粒径が細くなると流動長は約1.3倍も長くなっていることが分かる。これは、図1の結果から、注湯温度を720から740℃に約20℃上昇させたのに匹敵する流動長の変化である。

図7は微細化剤添加量による引張強度および伸びの変化を示した結果である。強度は、0.01%の添加で若干上昇するがその後ほとんど変化しない。また、微細化処理のみを行っても伸びにはほとんど影響しない。

#### 4 考 察

市販のAC4C二次合金地金を市販の結晶粒微細化剤を用いて微細化すると、同じ注湯温度でも、微細化剤により

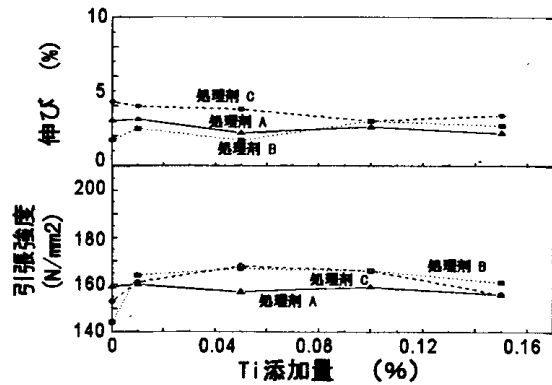


図7 微細化剤添加による機械的性質の変化

流動長は約1.3倍も異なることが分かる。ここで、2,3の点について考察する。まず、各微細化処理剤による結晶粒径の差について述べる。微細化剤の成分は表2に示したとおりで、最も微細化効果の高い処理剤BはTiとB(硼素)を含む母合金であり、効果の小さい処理剤AとCはTi, BのほかK, C, F, Clなどを含むタブレット形状のフラックスである。通常、Bを含まないフラックスや母合金でTiを添加する場合は、0.15%以上添加すると結晶粒の微細化効果が現れるといわれている<sup>3)</sup>。また、Ti, Bを含んでいるフラックスや母合金はTiAl<sub>3</sub>の他TiB<sub>2</sub>結晶が存在しているため、0.05~0.1%のTi添加量でも効果があるといわれている<sup>3)</sup>。よって本研究の結果で母合金に比べてフラックスの方がより微細化効果が小さい理由は、フラックスはTi, Bを含んでいるが、何らかの理由で、Al溶湯中へのTiなどの固溶量が母合金の場合に比べて多くなり、結果としてTiAl<sub>3</sub>結晶が初晶生成の異質核になりづらくなり微細化効果が小さくなったためと考えられた。そして、処理剤AとCでの効果の違いは、処理剤Cの方がTiの含有量が多いためと考えられる。

作業性および作業環境の面で、フラックスはホスホライザーを用いて添加するが、反応する際、白煙と刺激臭を発生するため作業上扱いにくい。それに比較し、母合金は溶湯に添加して溶解させるだけなので、今回用いたフラックスに比べると作業上扱い易かった。ところでTiAl<sub>3</sub>, TiB<sub>2</sub>は、Al溶湯より密度が大きいので、坩堝底へ沈殿し、介在物となって悪影響を及ぼす<sup>3)</sup>。そのため鑄造現場では、なるべく微細化処理剤は少量添加に押さえた方がよい。よって本研究では、Ti量に換算して、0.15%添加量内に止めたが、処理剤A, Cの場合は、その溶湯中への添加量を0.15%に増していくと、微細化効果はさらに大きくなると考えられる。

次に、結晶粒微細化による流動性の向上について述べる。アルミニウム合金溶湯の流動は、液相温度範囲から準液相温度範囲の段階で起こる。準液相温度範囲の段階

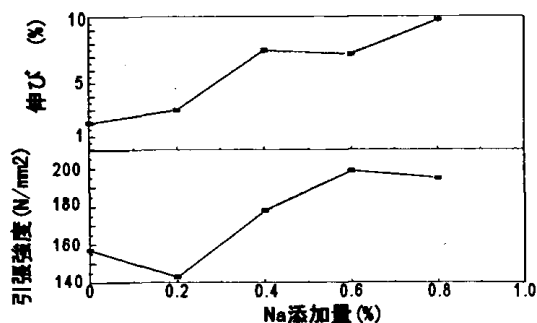


図8 改良処理剤添加量による機械的性質の変化

とは、液相と初晶が混在する状態で液相の比率が約50～60%程度までの温度範囲をいう<sup>3)</sup>。一定組成のアルミニウム合金の初晶出現温度は一定であり、結晶粒径が細かいほどデンドライトアームのネットワーク間隙の液相の透過率が良くなり、その結果流動性が良くなるといわれている<sup>4)</sup>。本研究の結果でも同様のことがいえる。しかし、図6で示すように同じ結晶粒径でも流動長に幅がある。これは、結晶粒径および流動長測定精度も影響しているためと考えられる。

最後に、結晶粒を細かくしても機械的性質がほとんど影響を受けない理由として、神尾らはAl-4%Cu-4.5%Si合金を例に取り以下のように述べている<sup>5)</sup>。Tiを添加すると結晶粒は微粒化するが、 $\alpha$ 相の形状は花卉状となり、デンドライト・セル・サイズは粗大となり、共晶および晶出化合物も粗大化するため、機械的性質に及ぼす結晶粒微粒化の効果が相殺されるという。また、一般的に共晶Siが微細になると、引張強度と伸びは向上することがよく知られている。そこで、共晶Siの微粒化処理を行うときに一般的に用いられるNaの量を変化させて溶湯中に添加したときの引張強度と伸びの変化を図8に、各Na添加量時のマイクロ組織写真を図9にそれぞれ示す。これらより、0.4%Na添加から共晶Siの微粒化効果があらわれSi形状は、粗い針状から細かい粒状へと変化する。それに伴って機械的性質は上昇する。そして、0.8%Na添加では、Na未添加合金に比べて、強度が約1.4倍、伸びが約10倍も向上している。つまり共晶Siが微細となるほど引張強度および伸びは著しく向上することが分かる。よって、Ti添加量を変化させて結晶粒微粒化処理を行ったときに機械的性質がほとんど変化しない理由は、本結果の場合、機械的性質が共晶Siの寸法に大きく支配されているため

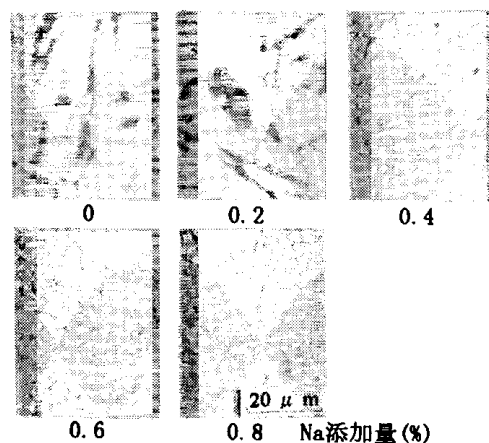


図9 共晶Si微粒化剤の添加量を変化させて処理し、得られたアルミニウム合金のミクロ組織

と考えられる。

## 5 結 言

AC4C7Mn系二次合金地金を原料として、3種類の結晶粒微粒化剤を添加し、微粒化剤による結晶粒径、流動長および機械的性質などを調べた結果以下の結論が得られた。

- 1) いずれの微粒化処理剤を添加しても、結晶粒径は小さくなるが、同じTi添加量でも処理剤の種類によりその効果に違いがある。これは処理剤に含有するTi, Bの含有量およびそれらの結晶形態の相違が原因と考えられる。
- 2) 本研究の範囲内では、結晶粒径が細くなるほど流動性は向上する傾向にある。また、同じ注湯温度でも、流動長は約1.3倍も向上する。
- 3) 機械的性質は、微粒化処理を行ってもほとんど変化しない。その理由は、機械的性質が共晶Siの寸法に多く支配されているためと考えられた。

なお、本研究は平成8年度技術パイオニア養成事業の一環として実施したものである。

## 6 参考文献

- (1) 例えば、磯部, 久保田, 北岡: 鋳物 47 (1974) 345.
- (2) 照元, 尾崎, 三宅, 岡田: 鋳物 63 (1991) 671.
- (3) 神尾: 鋳物 66 (1994) 377.
- (4) 素形材センター: 鋳造技術専門講座, アルミニウム合金鋳物・ダイカの溶湯品質と欠陥対策 (1997) 11.
- (5) 神尾, 手塚, 熊野, 高橋: 鋳物 51 (1979) 408.