

## 半溶融成形したSiC粒子添加359アルミニウム合金の評価

金属材料科 岩澤 秀\* 鈴木洋光 菅野尚子  
株式会社浅沼技研 上久保佳則 高橋正詞 杉浦泰夫

## Evaluation of cast 359 aluminum alloy reinforced with SiC particles produced by thixocasting process

Shigeru Iwasawa, Hiromitsu Suzuki, Naoko Kanno,  
Yoshinori Kamikubo, Masashi Takahashi and Yasuo Sugiura

Thixocasting process offers excellent features with high quality and light weight of aluminum casting parts. In this study, we produced 359 aluminum based cast alloys reinforced with SiC particles produced by thixocasting process. The macro-and micro structures and wear properties of each composite castings were investigated. Each composite cast alloys consist of homogeneous dispersed SiC particles in eutectic region,  $\alpha$ -Al and eutectic phase. The size of SiC particles are about 10  $\mu$ m~30  $\mu$ m. Wear test results, SiC composite cast alloys indicate less wear loss than ADC12 die cast alloy and hypereutectic Al-Si alloy specimens.

## 1. はじめに

固液共存温度領域から成形加工する半溶融成形法では、凝固時の冷却速度が高まり、晶出相が微細晶出し、機械的性質の向上が期待できる。また、鋳物の高品質化・軽量化など、付加価値を高める鋳造法としても注目されている。半溶融成形法は、半溶融金属に圧力を負荷して金型に充填させるが、この成形圧力は、従来のダイカスト法に比べて低いことが、経験的に実証されてきた。したがって半溶融成形法の低圧成形の特長を活かし、普通の砂中子を用いることができれば、これまで以上に複雑形状部品への高圧鋳造の適用が可能と考えられる。

ところで、半溶融成形に使用される合金組成は、AC4CH合金などの既存の亜共晶組成の鋳造用Al-Si-Mg系合金が用いられることが多いものの、耐摩耗性や熱膨張などのアルミニウム合金の欠点を補う合金への適用も非常に興味深い。

本研究では、金型に砂中子を装填した鋳型を用いて、SiC粒子分散Al-9mass%-0.6mass%Mg合金359を半溶融成形した事例について述べる。

## 2. 実験方法

## 2. 1 ビレットの製造及び成形

市販の359-20vol%、30vol%及び40vol%SiC（以下vol%は%と略す）合金をそれぞれ電気炉にて溶解した後、室温の鉄鋼製容器（内径100mm、高さ250mm）に注湯した。注湯温度は、いずれの複合材とも約700℃とした。なお、10%SiC合金では、20%SiC合金を357アルミニウム合金で薄めて溶解した。得られた各複合材ビレットを高周波誘導加熱装置を用いて、半溶融温度まで加熱し、油圧プレスに設置した鋳型に成形した。ビレットの半溶融温度は、10%SiCは、585℃~590℃、20%SiCでは590℃、30%、40%SiC及び45%SiCでは、595℃~600℃とした。成形試験に使用した鋳型は、砂中子と金型を組

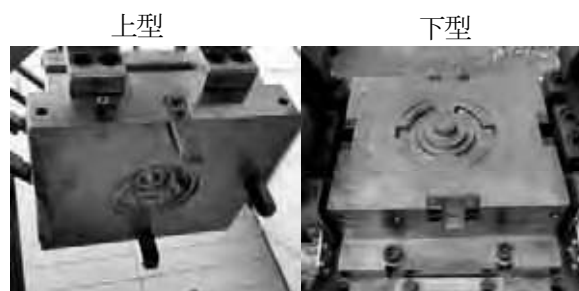


図1 成形試験に用いた鋳型

\*) 現 浜松工業技術支援センター

合わせた実部品形状の鋳型（以後、ハイブリッド鋳型と称す）で、図1に外観を示す。成形条件は、成形速度260mm/s、成形圧力30MPa、金型温度約200℃、砂中子温度を室温とした。図2に砂中子を示す。砂中子は、人工砂を用いてコールドボックスにより製作し、下型にセットする。

## 2. 2 組織観察及び特性評価

得られた複合材鋳物を切断して、カラーチェック試験及びマクロ組織観察により鋳物の健全性を評価した。鋳放しのまま材のミクロ組織観察では、切断した試料を樹脂埋めして、耐水ペーパー及びダイヤモンド微粒子を用いてバフ研磨した後、ふっ酸水溶液で腐食させて、金属顕微鏡を用いて、写真撮影し、SiC複合材の分布、形状を調べた。摩耗試験は、半溶融成形のまま材について幅20mm、長さ40mm、厚さ10mmの板状試験片の表面を耐水ペーパー#1,000まで研磨し、大越式摩耗試験機を用いて試験し、摩耗痕の幅から算出した摩耗量により評価した。



図2 砂中子の外観

## 3. 結果及び考察

図3にハイブリッド鋳型を用いて半溶融成形した複合材鋳物の外観写真を示す。いずれの複合材鋳物とも表面には、不廻り、割れなどの欠陥は認められず、健全な外観を示した。図4に断面マクロ組織写真及び図5に断面のカラーチェック写真を示す。マクロ組織写真では、SiC粒子の凝集、液相と固相が分離した偏析などは認められず、均一分散したSiC複合組織となった。カラーチェック写真では、10% SiC及び40% SiCで製造した鋳物内部に分散した微少な空洞欠陥が認められた。

図6に代表的な各複合材のミクロ組織写真を示す。SiC複合率の増加に伴いSiC粒子は多く観察される。SiC粒子は、初晶 $\alpha$ -Al相を縁取るように分布しており、共晶部分に偏在しているのがわかる。SiC複合率が高いほど晶出する初晶 $\alpha$ -Al相の面積率は少

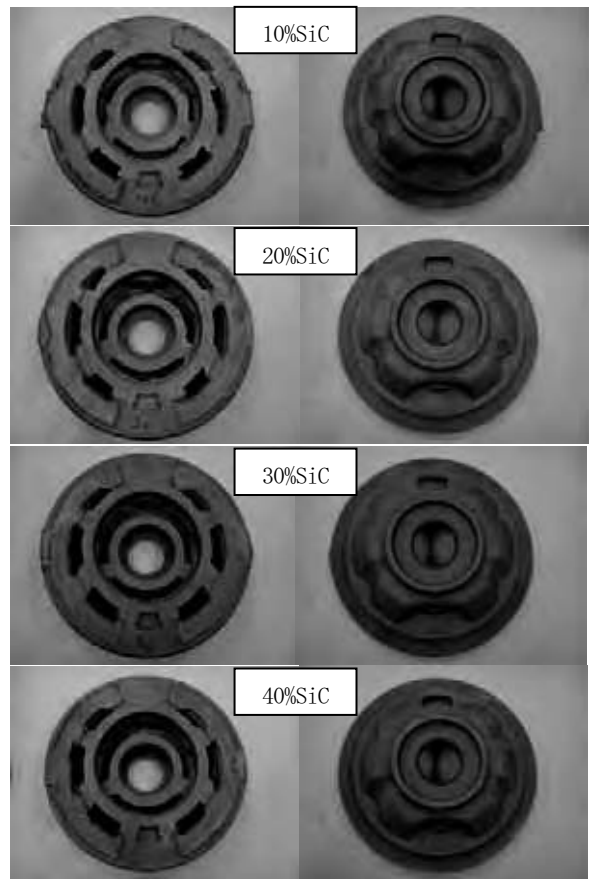


図3 複合材鋳物の外観写真

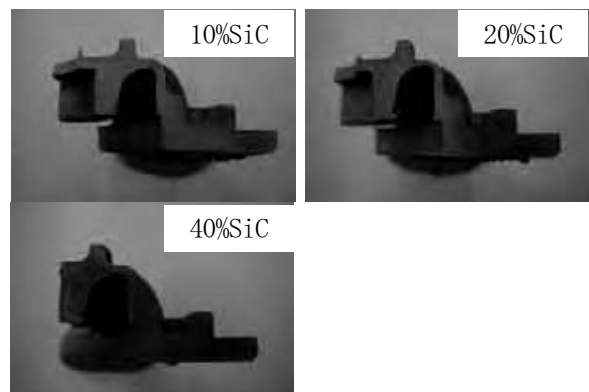


図4 マクロ組織写真

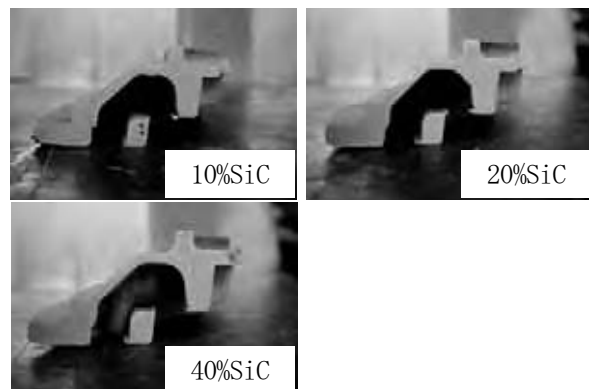


図5 カラーチェック写真

【報告】

なく、SiC粒子は均一分散しているように観察される。SiC粒子の平均粒子径は、10%SiC及び20%SiC

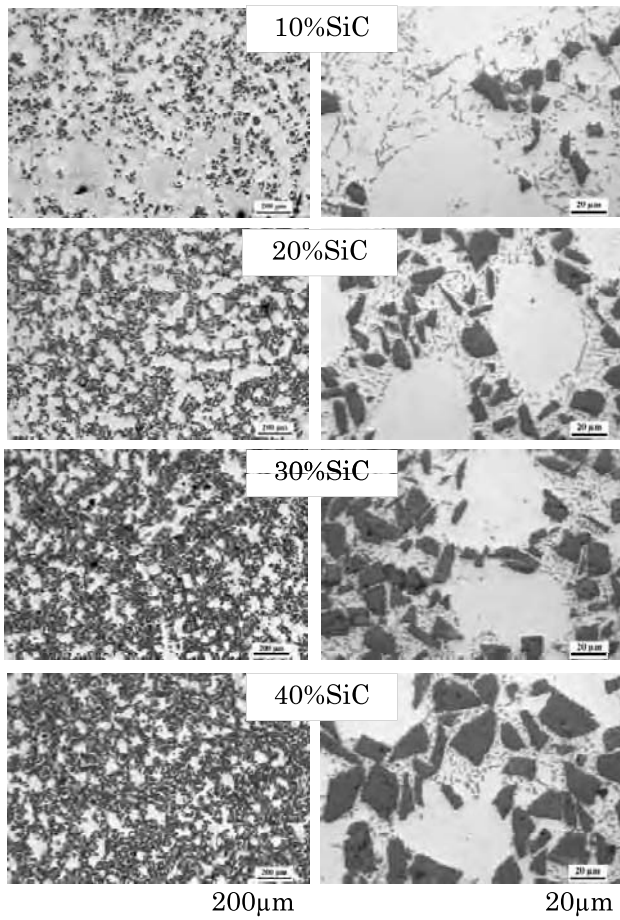


図6 ミクロ組織写真



図7 大越式摩耗試験機

で14.2  $\mu\text{m}$ 、30%SiCで10.2  $\mu\text{m}$ 、40%SiCでは27.9  $\mu\text{m}$ であった。

図7に大越式摩耗試験機を示す。摩耗試験条件は、摩耗速度1.98m/s、摩耗距離200mとして、付加荷重20.6N及び185Nとして、乾式で行った。相手材は、SUJ2を用いた。比較材として、AC4C-T6、ADC12、15%Si、18%Si、21%Si過共晶Al合金についても摩耗試験を行った。摩耗量の測定は、摩耗試験後の摩耗跡をマイクロ스코プにて摩耗長さを測定して算出した。

図8に負荷荷重20.6Nで摩耗試験した後の試料表面を示す。いずれも相手材との摩耗により削り取られた形態になっており、亜共晶合金のAC4C-T6合金は、最も摩耗跡が大きく、次いでADC12及び過共晶合金、複合材の順に摩耗跡が小さい。また、SiC複合率が多いほど、摩耗跡の大きさは小さい、すなわち摩耗しにくい結果となった。摩耗試験結果を図9に示す。いずれの合金とも負荷荷重の大きい方が、摩耗量は増加する。過共晶Al合金では、Si量の増加に伴い、摩耗量は減少する。SiC複合材では、10%SiC合金で、20%SiC合金と同等な耐摩耗性を示す。複合率が高くなるにつれて、摩耗減量は減少し、良好な耐摩耗特性を示した。摩耗跡断面のミクロ組織写真を図10に示す。ADC12では、摩耗面直下に組成流動した痕跡が認められており、また試験後の相手材表面にも被試験材の一部が付着していた。このことは、ADC12の摩耗では、試験中において相手材との凝着作用が生じたものと考えられる。複合材では、摩耗表面のSiC粒子に一部破壊されたものが観察される。摩耗は、これらのSiC粒子が担っ

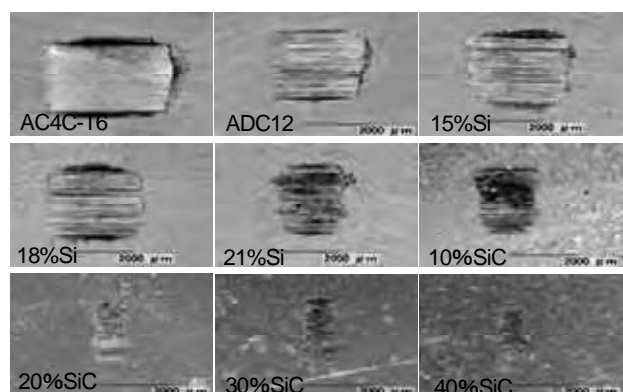


図8 摩耗試験後の試料表面

ているものと推測される。SiC粒子が多いと、相手材との接触面積が増加し、そのために高含有SiC複合材の方が良好な摩耗特性を示したものと考えられる。

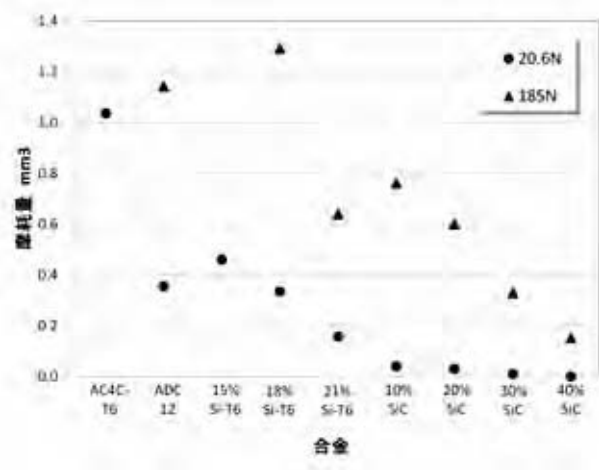


図9 摩耗試験結果

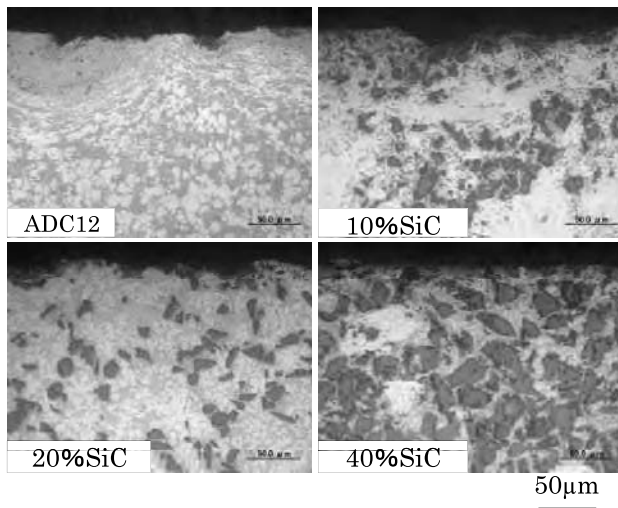


図10 摩耗痕断面のマイクロ組織

#### 4. まとめ

金型と砂中子を組合わせたハイブリッド鋳型を用いて、SiC粒子添加鋳造アルミニウム合金を半溶融成形した。得られた複合材鋳物の特性と品質を調べて、実用性の可能性を検討した。

1) 砂中子を用いて半溶融成形したところ、砂中子は崩壊せず、砂落ちなども見られなかったことから、砂中子を用いた半溶融成形は、十分実用性を備えているものと考えられる。

2) 複合材鋳物は、均一分布したSiC粒子とマトリックス合金組織となっており、偏析及び引け巣などは、ほとんど観察されず、健全な鋳物を成形することができた。

3) SiC複合材鋳物の耐摩耗性は、既存のダイカスト合金、過共晶合金に比べて良好であり、摩耗性を高めた魅力的な合金であると考えられる。