

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：34406  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2014～2016  
課題番号：26420064  
研究課題名(和文) 電気自動車を支える革新的半凝固ダイカスト法を用いた超薄肉 Al ヒートシンクの創成

研究課題名(英文) Creation of the super escalope Al heat sink using the innovative half solidification die-casting method to support an electric car

研究代表者  
布施 宏 (FUSE, HIROSHI)  
大阪工業大学・工学部・講師

研究者番号：70726778  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：Al-25%Si合金を用いたダイカストにおいて既存のダイカストでは成型不可能な薄肉形状が実現できることがわかった。特別な機械や装置を使用しなくても既存の設備で成型可能である。フィン先端厚みが1mm以下の薄肉ヒートシンクが成型可能である。フィンの抜き勾配も従来の1°から0.5°が可能である。Al-25%Si合金のダイカストは軽量化ニーズが旺盛なヒートシンクの軽量化においては極めて有効である。

研究成果の概要(英文)：It was revealed that the escalope shape that I could not mold could be realized by the existing die-casting in the die-casting using the Al-25%Si alloy. I can mold it with existing facilities even if I do not use a special machine and device. I can mold the escalope heat sink which is 1 mm or less in fin tip thickness. 0.5 degrees is available for the omission incline of the fin from conventional 1 degree, too. The die-casting of the Al-25%Si alloy is extremely effective in the lightweighting of the heat sink that lightweighting needs is excellent.

研究分野：材料加工学

キーワード：薄肉ダイカスト 鋳造 ヒートシンク

### 1. 研究開始当初の背景

(1)従来よりヒートシンク技術研究は種々の機関でなされていたが、A6063 を用いた鍛造製ヒートシンクや、超高速サーボマシンを用いたダイカスト製ヒートシンクなどの採用がポピュラーであった。何れの工法も薄肉化やフィン表面積の拡大などに技術的限界があり軽量、コンパクト、安価と言うテーマに対応する事は極めて困難な状況であった。これらの打開策として従来一切研究がなされていない、「過冷却を応用した過共晶 Al-Si 合金を用いた革新的半凝固ダイカスト法」を開発し基礎的研究を確立した。

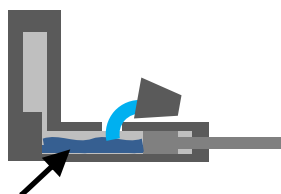
### 2. 研究の目的

(1)CO<sub>2</sub> 削減、地球温暖化ガスの抑止が世界中の課題となっており、自動車～民生用に至るまで照明機器のLED化が進む中でLEDの放熱技術対策が非常に難しく高コスト化の温床となっている。例として、自動車用LEDヘッドランプ化が中々普及していない現状は薄肉、コンパクト、高放熱特性を同時に確保できるダイカスト製ヒートシンクの製造は困難である。これらを解決する手段として今まで誰もが見いだせていない材料と工法を考えた。

### 3. 研究の方法

#### (1) 流動長調査及び比較

幅 7mm、肉厚 0.5mm、1mm、2mm、3mm、全長 810mm の渦巻形試験金型を用いて Al-25%Si 及び ADC12 合金の流動長を溶解温度 800℃、 casting 条件は同一条件における場合の流動性を調査比較した。図 1 に流動試験概要、図 2 に流動試験金型を示す。



射出開始温度:700  
射出速度 V : 0.6m/s

図 1 流動試験概要

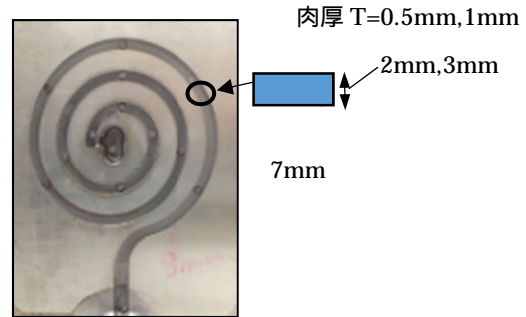


図 2 流動試験概要

### 4. 研究成果

#### (1) 流動試験結果

肉厚 T=0.5mm 概要の場合 ADC12 の場合 60mm の流動長であったが Al-25%Si 合金の場合は 115mm であり Al-25%Si 合金は肉厚 T=0.5mm の場合 ADC12 の場合 60mm の流動長であったが Al-25%Si 合金の場合は 115mm であり Al-25%Si 合金は ADC12 の 2 倍近い流動長を示した。肉厚 3mm の場合 Al-25%Si は金型最大流動長 810mm を示し ADC12 は 780mm の流動長であった。Al-25%Si 合金は 1mm 以下の薄肉形状で極めて良好な湯流れ性を示す事がわかった。結晶は ADC12 はデンドライトであり破断チル層も若干見えたのに対し、Al-25%Si は初晶 Si が微細に晶出している事がわかった。

#### (2) ヒートシンクフィンへの充填性について

フィン高さ 40mm までのヒートシンクフィン形状の金型を使用して薄肉フィンへの充填性を調査した。薄肉形状の充填性を調査した形状概略図を図 3 に示す。

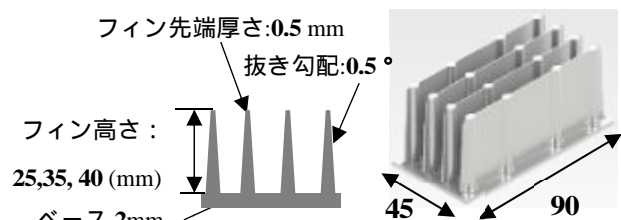


図 3 薄肉形状の充填性を調査した形状概略

鑄造条件は溶解温度を 800℃ と 830℃ の 2 パターンとした。Al-25%Si 合金においてフィ

ン高さ 35mm ,溶解温度 830 の場合は射出速度 0.6m/s でフィン完全充填し , 溶解温度 800 の場合射出速度 0.8m/s でフィン完全充填出来た . フィン高さ 35mm の充填結果を図 4 に示す .

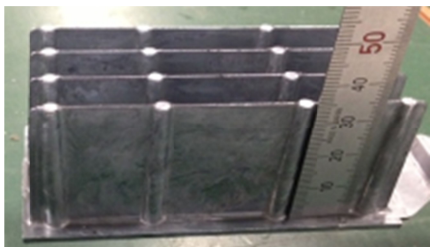


図 4 Al-25%Si によるフィン高さ 35mm ヒートシンク

溶解温度 800 でスリーブへ注湯した場合 , 射出直前の溶湯温度は 680 を下回るため射出速度がアップし 0.8m/s 必要であった . 溶解温度 830 の場合射出直前のスリーブ内溶湯温度が高温となるため初晶 Si が晶出する温度で射出開始するため 0.6m/s の遅い射出速度で充填した . ADC12 の場合溶解温度を同じ 830 , スリーブ注湯後速やかに射出開始をしたが , 射出速度を 1.2m/s まで速くしてもフィン高さ 25mm のヒートシンクのフィンは完全充填する事はなかった . 図 5 に ADC12 ヒートシンク 鑄造結果を示す .

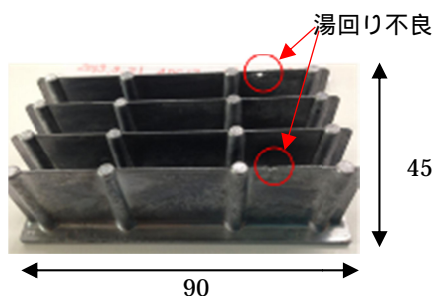


図 5 ADC12 (溶解温度 830 ) によるフィン高さ 25mm ヒートシンク鑄造結果

Al-25%Si 合金においては射出速度を 1.2m/s まで速くする事でフィン高さ 40mm でも完全充填する . ヒートシンクゲート付近 , 中央部 , 湯先の各結晶状態についてはゲート側に初晶 Si が層となって析出した . 湯先側は Si 初晶粒径も小さくなっている事がわかった . ADC12 においてはフィン先端厚さ 0.5mm , 抜き勾配 0.5 度のフィン形状を有するヒート

シンクは実現が不可能であった . ADC12 で実現不可能なフィン形状を図 6 に , 実現可能なフィン形状を図 7 に示す . 図 8 に ADC12 で実現可能なヒートシンク形状概要を示す .

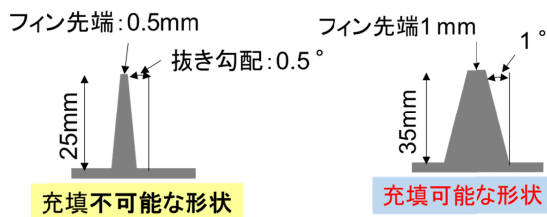


図 6 ADC12 で実現不可能なフィン形状 図 7 ADC12 で実現可能なフィン形状

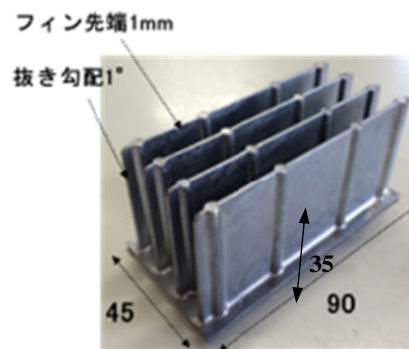


図 8 ADC12 で実現可能なヒートシンク形状

Al-25%Si における実現可能なフィン形状を図 9 に示す . 本研究においてはヒートシンクフィン高さは最終的に射出速度 1.6m/s でフィン先端厚さ 0.5mm , フィン抜き勾配 0.5° , フィン高さ 50mm のヒートシンクが実現可能である事が本研究にてわかった . フィン高さ 50mm のヒートシンクを図 10, 図 11 に示す .

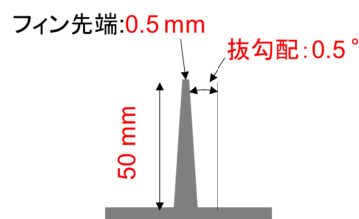


図 9 Al-25%Si で実現可能なフィン形状

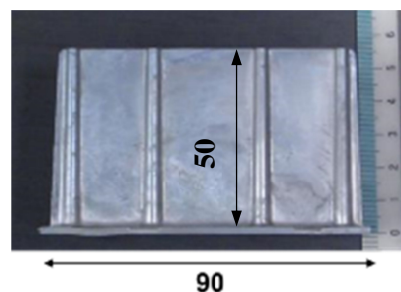


図 10 フィン高さ 50mm, ヒートシンク

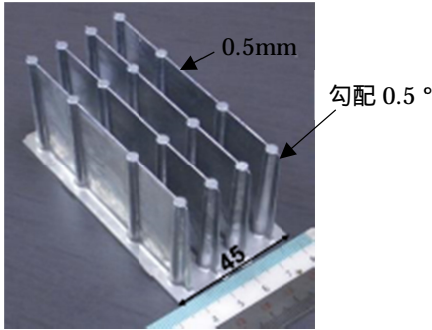


図 11 フィン高さ 50mm, ヒートシンク

図 8 に示す ADC12 ヒートシンクは先端 1mm, 抜き勾配 1°, フィン高さ 35mm で射出速度が 1.6m/s で充填した。図 11 に示す Al-25%Si ヒートシンクは先端 0.5mm, 抜き勾配 0.5°, フィン高さ 50mm の形状が射出速度 1.6m/s で実現可能であった。これらの結果より Al-25%Si 合金は流動性が極めて良い事から射出速度が遅い速度でも薄肉形状のダイカストが可能である事がわかった。従来実現不可能な革新的薄肉形状のヒートシンクが実現可能であった。

図 12 にヒートシンクフィン高さとの関係を示す。

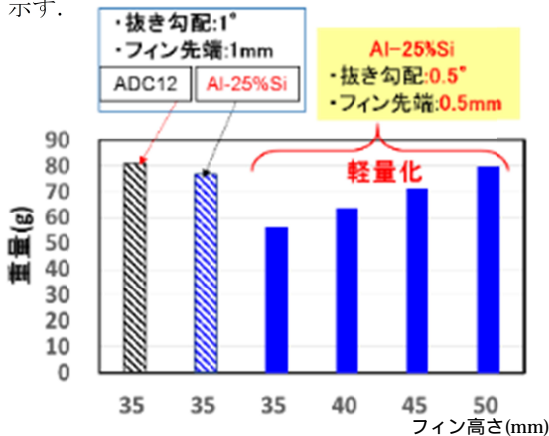


図 12 ヒートシンクフィン高さとの関係

抜き勾配 1°, 先端 1mm の ADC12 製フィン高さ 35mm のヒートシンクよりも抜き勾配 0.5°, 先端 0.5mm の Al-25%Si 製フィン高さ 50mm の形状の方が軽量でありフィンの表面積が広がる。Si 量が 10%以上の場合の放熱性能は表面積に左右されると一般的に言われておおり, フィン高さ 50mm が実現出来

る Al-25%Si 製ヒートシンクは放熱性が優れており, 尚且つ薄肉軽量化も両立できる事がわかった。Si 量と放熱性能に関する研究に関しては次の研究に委ねる。

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

布施宏

「Al-25%Si 薄肉ダイカスト品の放熱特性」

軽金属学会第 131 回秋季大会

2016 年 11 月 5 日 茨城大学水戸キャンパス (茨城県水戸市)

布施宏

「過共晶 Al-Si 合金を使用した薄肉ダイカスト」

日本鑄造工学会関西支部鑄造懇話会

(招待講演)

2014 年 10 月 31 日, 近畿大学 11 月ホール

(大阪府東大阪市)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

布施 宏 (FUUSE Hiroshi)

大阪工業大学・工学部・講師

研究者番号: 70726778

(2) 研究分担者

羽賀 俊雄 (HAGA Toshio)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号: 00212134