

平成 27 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「低コスト・小規模投資で薄肉高強度を実現する
革新的ダイカスト技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 28 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 公益財団法人本庄早稲田国際リサーチパーク

目次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	2
1-3 成果概要	6
1-4 当該研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	9
2-1 溶湯流動性向上技術開発	9
2-1-1 金型表面処理の性能評価	9
2-1-2 溶湯保温のための潤滑剤供給装置開発	12
2-1-3 流動・凝固・熱解析技術の高度化	13
2-2 密度バラツキの低減技術開発	14
2-2-1 溶湯充填状態の最適化	14
2-2-2 低速領域の詳細制御	14
2-3 総合評価	17
2-3-1 最適鑄造条件の評価	17
第3章 全体総括	19
3-1 研究開発成果	19
3-2 事業化展開	19

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1) 研究開発の背景

自動車業界では、地球環境保護の観点から燃費向上が謳われ、車体の軽量化が求められている。また、グローバルでの調達が進み、短納期、高品質の要求に加え、コスト低減要請が年々激しくなっている。ダイカスト製品においても、川下企業より低コスト、小型軽量薄肉、高強度の強い要求がある。

しかし、従来の普通ダイカスト法では薄肉と高強度を両立させることは困難であり、川下企業からのニーズに応えることが出来ない。

また、薄肉品を鋳造する為に、真空装置を用いる場合があるが、装置が高価なため中小ダイカストメーカーにおいては、容易に導入することが出来ない。

本研究開発では、少額な設備投資で、川下企業のニーズである強度を備えた薄肉品を安価に提供できる革新的ダイカスト技術を開発することにある。具体的には低速・中圧でのダイカスト技術開発を行い、自動車産業を中心に分野横断的に本技術の拡大展開を図る。

2) 研究目的及び目標

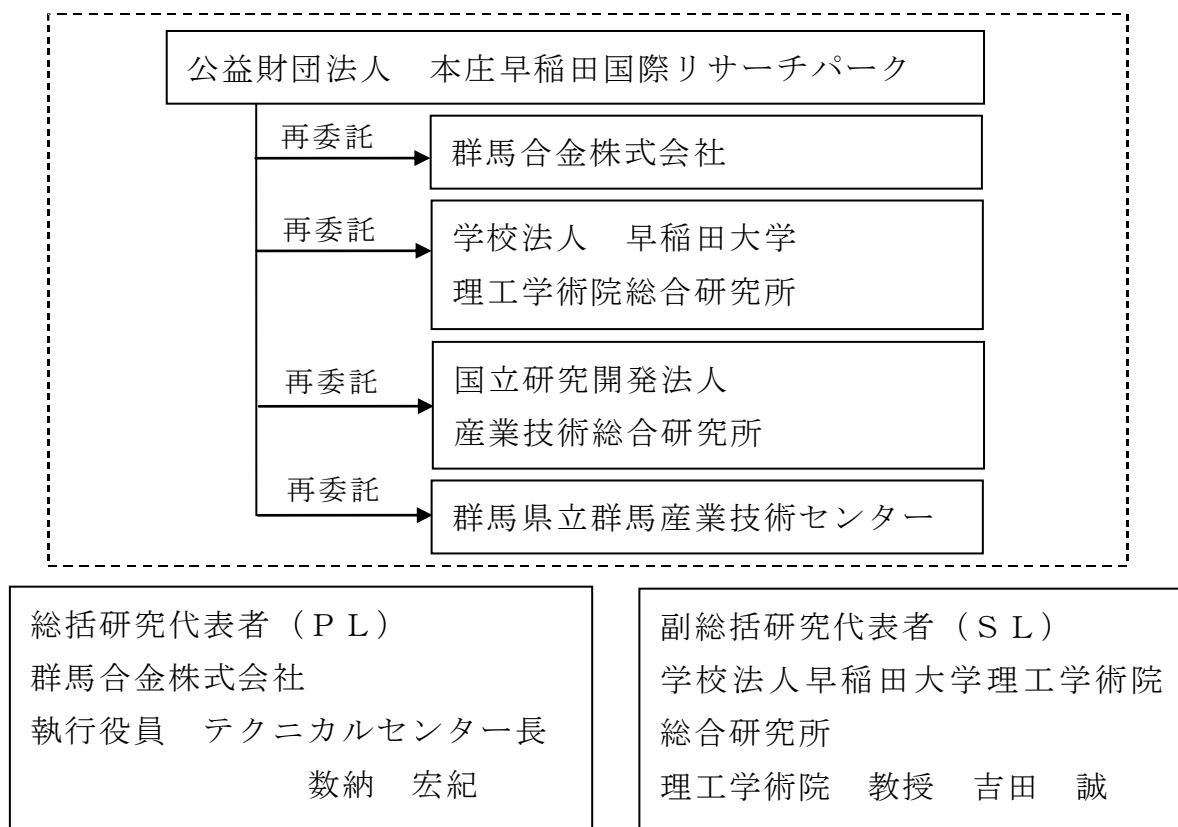
本研究開発では、大きな設備投資なく、生産コストを抑えた鋳造方法で、溶湯保温性の向上及び充填状態の最適化により課題解決を図る。

その為、以下の研究サブテーマに取り組む。

1. 溶湯流動性向上技術開発
 - 1-1. 金型表面処理の性能評価
 - 1-2. 溶湯保温のための潤滑剤供給装置開発
 - 1-3. 流動・凝固・熱解析技術の高度化
2. 密度バラツキの低減技術開発
 - 2-1. 溶湯充填状態の最適化
 - 2-2. 低速領域の詳細制御
3. 総合評価
 - 3-1. 最適鋳造条件の評価

1 - 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

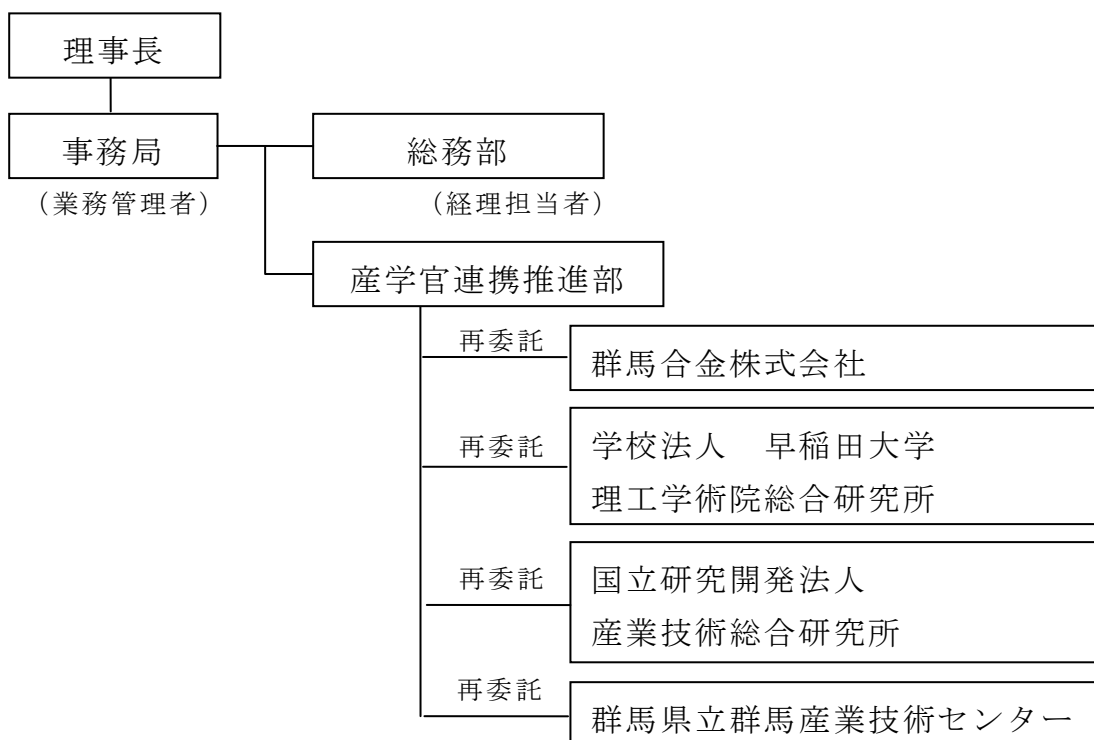
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

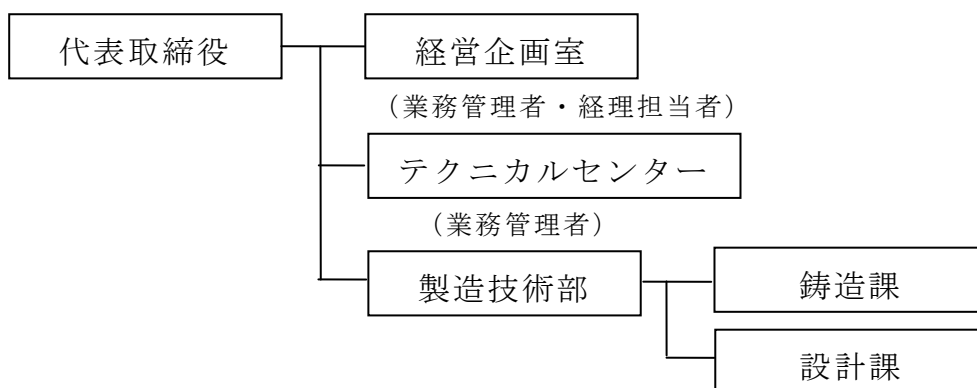
① 事業管理機関

[公益財団法人 本庄早稲田国際リサーチパーク]

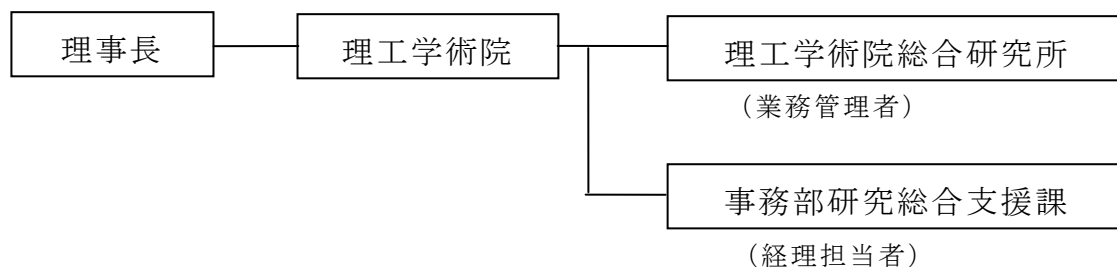


② 再委託先

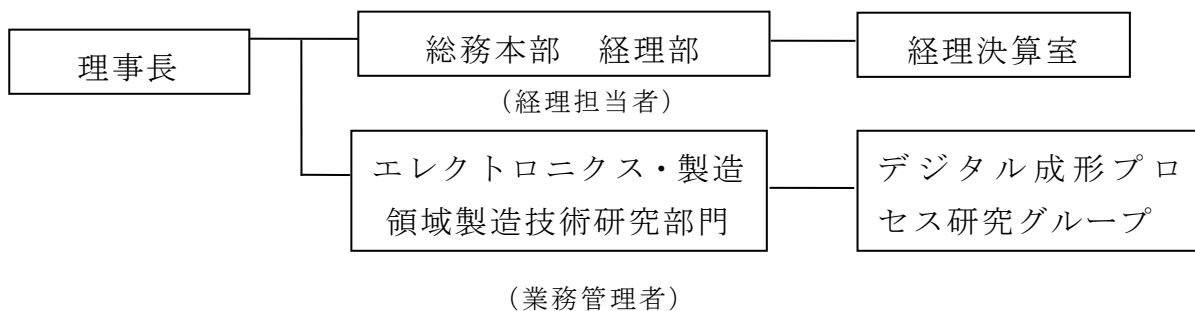
[群馬合金株式会社]



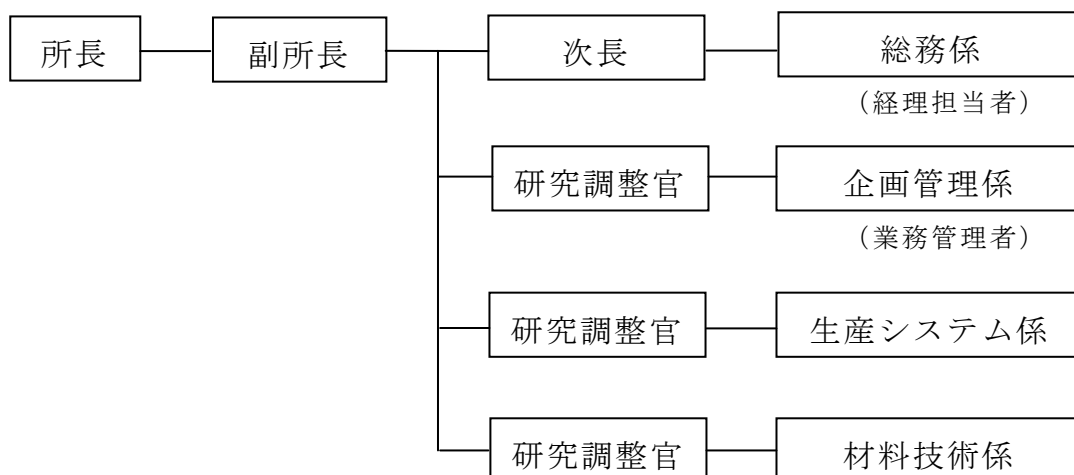
[学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所]



[国立研究開発法人産業技術総合研究所]



[群馬県立群馬産業技術センター]



3) 研究者氏名、協力者

① 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人 本庄早稲田国際リサーチパーク

<管理員>

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
里見泰啓	産学官連携推進部 産学官連携マネージャー	2-4

【再委託先】

<研究員>

群馬合金株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
数納 宏紀	執行役員 テクニカルセンター長	2-1, 2-2, 2-3
六本木 哲夫	製造技術部 次長	2-1, 2-2, 2-3
奥山 旭	製造技術部 設計課 係長	2-1, 2-2, 2-3
爰島 崇	製造技術部 設計課	2-1, 2-2, 2-3
北爪 秀則	製造技術部 鋳造課 課長	2-1, 2-2, 2-3
荻原 正	製造技術部 鋳造課 技師	2-1, 2-2, 2-3

学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
吉田 誠	理工学術院 教授	2-1, 2-2, 2-3

国立研究開発法人産業技術総合研究所

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
梶野 智史	エレクトロニクス・製造領域 製造技術研究部門 デジタル 成形プロセス研究グループ 主任研究員	2-1, 2-3

群馬県立群馬産業技術センター

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
小宅 勝	研究調整官	2-1, 2-2, 2-3
黒岩 広樹	生産システム係 独立研究員	2-1, 2-2, 2-3
須田 高史	生産システム係 独立研究員	2-1
狩野 幹大	生産システム係	2-1
徳田 敬二	材料技術係 独立研究員	2-1

② 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

公益財団法人 本庄早稲田国際リサーチパーク

(経理担当者)	総務部	中根 有希
(業務管理者)	事務局長	大橋 雄一

(再委託先)

群馬合金株式会社

(経理担当者)	経営企画室次長	長井 徳充
(業務管理者)	テクニカルセンター長	数納 宏紀
	経営企画室次長	長井 徳充

学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所

(経理担当者)	事務部研究総合支援課	相田 竜太
(業務管理者)	理工学術院 教授	吉田 誠

国立研究開発法人産業技術総合研究所

(経理担当者)	総務本部 経理部 経理決算室長	新井 清和
(業務管理者)	エレクトロニクス・製造領域 製造技術研究部門長	淡野 正信

群馬県立群馬産業技術センター

(経理担当者)	総務係 主幹	浅田 岳治
(業務管理者)	企画管理係 係長	石黒 聡

1-3 成果概要

(1) 溶湯流動性向上技術開発

① 金型表面処理の性能評価

溶湯流動性を確保するためには、ダイカスト工程において、注湯から金型充填完了までの間で溶湯の保温性を確保することが必要である。そのため、金型表面処理及び粉体潤滑剤の活用を検討した。

◆金型表面処理

複合セラミックス処理について、耐久試験装置で耐久試験を実施した。試験は、ア) チッカ処理、イ) PVD処理及び、ウ) 複合セラミックス処理の3種類で、試験条件は溶湯中と空气中を移動1秒、停止2秒の繰返しで実施した。

その結果窒化処理は2,500回、PVD処理は11,170回で溶損、複合セラミックス処理は30,000回でも溶損は認められなかった。

◆粉体潤滑剤

熱伝達係数を精度よく測定するためには、ア) 溶湯が型との界面全体に接触するようにする イ) 熱電対を型中心に接触させる ウ) 型中心に注湯できる様調整する エ) 適切な溶湯量を検討する オ) 注湯量、初期の型温を一定にする、といった対応をとる必要があることが分かった。それらを考慮し、静止状態及び流動状態の熱伝達係数を測定した。

金型は、窒化処理品を用い、潤滑剤として、油性、粉体((株)MORESCO製RCP-1及びBGW-1(断熱性を有する粘土鉱物))を使用した。

・静止状態

油性は、バラツキが大きく、RCP-1は、塗布量 $3\text{g}/\text{m}^2$ 以上で $1,000\text{ (W}/\text{m}^2\text{ K)}$ 前後で安定、BGW-1は、約 $2,000\text{ (W}/\text{m}^2\text{ K)}$ 程度で安定となった。

・流動状態

静止状態と比較し、流動状態の熱伝達係数は、粉体潤滑剤の種類、各配合比に係らず、約 $1,000\text{ (W}/\text{m}^2\text{ K)}$ と比較的低い値になった。

BGW-1は、新たな粉体潤滑剤として期待できる。

② 溶湯保温のための潤滑剤供給装置開発

プランジャ内に生成される凝固層は機械的強度に悪影響を及ぼすことからその制御が必要となる。この対応として粉体潤滑剤が有効であることが知られているが、一般的なダイカストに適用し普及した例はない。理由として、粉体の潤滑性能の課題と高価格また、供給装置の信頼性があげられる。今回開発した粉体潤滑剤供給装置は、任意重量の粉体潤滑剤を供給出来、給湯を妨げない方式となっている。更に、制御として、油性及び粉体

潤滑剤が、個々または両方が任意重量で制御できるハイブリッド仕様とした。

潤滑剤供給装置は、連続鋳造でも供給が損なわれず潤滑剤の供給が出来ることが確認できた。また、供給量の経時変化も問題ないことが確認でき、本供給装置の量産適用が期待できる。

粉体潤滑剤については、市販の RCP-1 に対し、性能同等かそれ以上で安価なものを目標として開発した断熱性の粘土鉱物を主成分とする BGW-1 を使用した。プレート金型を使用しサンプルを鋳造し、引張試験、破断面観察を実施した。破断面の評価は、早稲田大学が提案している CFI (Cold Flake Index) で行った。

その結果、BGW-1 は油性潤滑剤に比較し、引張荷重で 6.5%、伸びで 31.2% 高い値であった。また、破断面の CFI 調査結果は、油性が 3.5、BGW-1 が 0.5 となった。

③流動・凝固・熱解析技術の高度化

静止及び流動状態の熱伝達係数を用いて、油性潤滑剤、BGW-1 の低速領域での溶湯挙動を解析した。また、注湯後の湯面変動が停止するまでの時間を、スリーブ充填率を変量させ解析した。

その結果、スリーブ充填率が低い方が湯面変動が短時間で収束し易い傾向にあることが分かった。

(2) 密度バラツキの低減技術開発

①溶湯充填状態の最適化

スリーブ内溶湯挙動は、従来解析結果のみで評価しており、実際の溶湯挙動を可視化し確認した事例は少ない。解析技術の高度化を図る上で、スリーブ内溶湯挙動を可視化することは有意義であると考え、射出スリーブ内溶湯挙動実験装置を製作し、プランジャ速度変化に対するスリーブ内溶湯挙動を確認した。

②低速領域の詳細制御

低速領域の射出スリーブ内の溶湯挙動は、射出スリーブ内の空気が溶湯に巻き込まれて混入し、製品の品質低下を招く可能性が高い。そこで、低速領域でも空気を巻き込まない速度制御を検討し、試作品を製作し製品内部品質の確認を行った。金型仕様及び鋳造条件は、量産を想定して決定した。また、潤滑剤は油性、BGW-1 にて行った。

その結果、スリーブ外周温度は、油性の方が BGW-1 より 60℃以上高くなり、

溶湯の熱が逃げていることが分かった。また、鑄造品の X 線 CT 画像を確認した所、BGW-1 は油性潤滑剤と比較し鑄巣の発生が抑えられていることが確認できた。

(3) 最適鑄造条件の評価

(1) 及び (2) の結果を基に実機試験にて条件の最適化を図った。量産品を模した実験金型にて、潤滑剤は BGW-1 のハイブリッド方式を用い鑄造圧力は 40MPa で、低速速度：0.2~0.4m/s、高速速度：2.0~2.3m/s の範囲で条件の最適化を図った。評価は、応力集中部の比重で行った。その結果開発品の方が平均値が高く、バラツキも小さい結果となった。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

① 事業管理機関

住所：〒367-0035 埼玉県本庄市西富田 1011	
名称：公益財団法人 本庄早稲田国際リサーチパーク	
代表者役職・氏名：理事長 橋本 周司	
Tel：0495-24-7455	Fax：0495-24-7465
E-mail：wrp-info@howarp.or.jp	
連絡担当者所属役職・氏名：公益財団法人本庄早稲田国際リサーチパーク 産学官連携マネージャー 里見泰啓	
Tel：0495-24-7455	Fax：0495-24-7465
E-mail：y.satomi@kurenai.waseda.jp	

② 総括研究代表者

③ 副総括研究代表者

(フリガナ)：スノウ ヒロキ	(フリガナ)：ヨシダ マコト
氏名：数納 宏紀	氏名：吉田 誠
所属組織名：群馬合金株式会社	所属組織名：学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所
所属役職：執行役員 テクニカルセンター長 数納 宏紀	所属役職：理工学術院 教授 吉田 誠
Tel：0270-76-3501	Tel：03-5286-3329
Fax：0270-76-2582	Fax：03-5286-3329
E-mail：h-suno@gkg-gr.com	E-mail：makoto-yoshida@waseda.jp
e-Rad 研究者番号 (8ケタ)： 30585279	

第2章 本論

2-1 溶湯流動性向上技術開発

2-1-1 金型表面処理の性能評価

(実施者：群馬合金株式会社、学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所、
国立研究開発法人産業技術総合研究所、群馬県立群馬産業技術センター)

■背景・目的

溶湯流動性を確保するためには、ダイカスト工程において、注湯から金型充填完了までの間で溶湯の保温性を確保することが必要である。そのためには、大きく二つ、金型充填までの保温及び、スリーブ内の保温を確保させる必要がある。前者については金型表面処置、後者については粉体潤滑剤の活用で、溶湯保温を目指す。溶湯保温性評価は、熱伝達係数で行う。

I) 金型表面処理の耐久試験

事前検討で耐久性が期待された㉞複合セラミックス処理 と比較のため㉜窒化処理及び㉝PVD処理の3試料について、図2-1-1に示す耐久装置を用い耐久試験を実施した。実験条件は680℃のADC12溶湯に、2秒浸漬、1秒で上昇、2秒空气中、1秒で下降、2秒浸漬・・・の繰り返し(図2-1-1)で30,000回の耐久を実施し、耐久後の試料の変化を確認した。

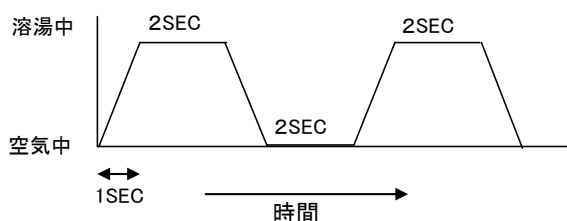


図 2-1-1 耐久実験条件

㉜の窒化処理品は耐久2,500回で ㉝のPVD処理品は耐久11,170回で溶損、㉞の複合セラミックス品は耐久30,000回での試料の変化は認められなかった。

II) 熱伝達係数測定

流動中の熱伝達係数を精度良く測定するため、まず静止状態の熱伝達係数測定装置にて熱電対の設置方法や温度バラツキ等の改善を検討した。得られた知見を基に流動中の熱伝達係数を測定した。

i) 静止状態の熱伝達係数測定

①実験方法

実験装置を製作し、熱電対を深さ 2, 4, 6mm の 3ヶ所に設置し各位置の温度履歴から熱伝達係数を算出し、再現性を確認した。

②実験条件

溶湯：ADC12(注湯温度：650℃)

熱電対：φ0.5 シース露出型(銀ペースト塗布)

サンプリングタイム 20ms

金型材質：SKD61(窒化処理) 温度：150℃

熱電対位置：

金型：3系統 X 深さ 2, 4, 6mm

溶湯：界面から 1, 5mm

塗布粉体：

無し

RCP-1 (100%)・・・(株)MORESCO 製

BGW-1 (100%)・・・開発品

BGW-1+ワックス

③粉体塗布方法

金型を 150℃～160℃に加熱、金型の周囲に紙を置き、その上に粉体を塗布し、粉体量を測定、金型上の塗布量を予測した。

④実験結果

評価基準として粉体塗布無しの熱伝達係数を測定した。金型昇温開始より 4～5秒後に凝固が始まることから、金型昇温 3秒後の平均熱伝達係数を評価指標とした

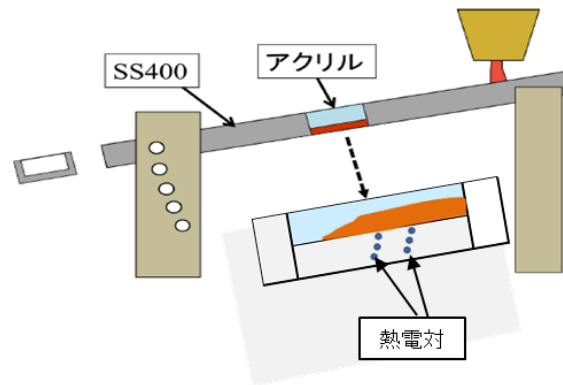
油性は、2,000～15,000 (W/m² K) とバラツキが大きい。RCP-1 は、塗布量によって 1,000 (W/m² K) 前後で安定、BGW-1 は、約 2,000 (W/m² K) 程度で安定した。

ii) 流動状態の熱伝達係数

①実験方法

装置写真を図 2-1-3 のような装置を製作し、熱電対を 2か所、深さ 2, 4, 6mm の 3つつつ設置し各位置の温度履歴から熱伝達係数を算出し、再現性を確認した。

図 2-1-2 熱伝達係数測定装置



②実験条件

溶湯：ADC12(注湯温度：650℃)

熱電対：φ0.5 シース露出型(銀ペースト塗布)

サンプリングタイム 20ms

金型材質：SKD61(窒化処理) 温度：150℃

注湯方法：ラドル自動給湯

熱電対位置：

金型：2系統 X 深さ 2, 4, 6mm

溶湯：界面から 1mm

塗布粉体：

無し、BGW-1+ワックス

③粉体塗布方法

i) ③と同内容にて塗布

④実験結果

静止状態と比較し流動状態の熱伝達係数は、粉体潤滑剤の種類、各配合比に係らず、約 1,000 (W/m² K) と比較的低い値になっている。

iii) 流動状態の熱伝達係数の速度依存性調査

①実験方法

- ・流動状態の熱伝達係数測定装置の樋の角度(θ)を変化させ(図 2-1-13)熱伝達係数の速度依存性を調査した。
- ・実験条件、潤滑剤塗布方法は、ii) と同様
- ・潤滑剤は、無しと BGW-1+ワックス

②実験結果

潤滑剤塗布無し及び BGW-1 とともに熱伝達係数と明確な流速依存性は確

認できなかった。

2-1-2 溶湯保温のための潤滑剤供給装置開発

(実施者：群馬合金株式会社、学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所、群馬県立群馬産業技術センター)

■背景・目的

スリーブ内に溶湯を注ぐと、温度低下により凝固層が生成される。この凝固層は、プランジャにより剥離・破断され製品内部に流入し、機械的強度に悪影響を及ぼすことから、その抑制が必要である。

従来のチップ潤滑剤は、油性または水溶性であり、凝固層（破断チル層）の問題を抱えている。

この解決のため、粉体潤滑剤が有効であるが、一般的なダイカストに適用した例はない。そこで、量産で問題なく使用できる供給装置を開発するとともに、粉体潤滑剤は安価で高性能なものを目指す。

i) 粉体潤滑剤供給装置の製作

従来の粉体供給装置は、ノズル詰りの課題があったが、エジェクタ内部の構造を見直し、ノズル詰りを解消した塗布装置を製作した。

装置の特徴は、①油性と粉体の両方の供給が可能なハイブリッド式 ②供給量は個別に任意に設定可能となっている。

ii) 粉体供給装置の耐久性確認

エア一圧 0.15MPa にて塗布時間と粉体潤滑剤の吐出量を調査した。1年間使用後でも、粉体吐出量は初期と変わらないことが確認できた。

iii) 粉体潤滑剤の検討

従来使用されている粉体潤滑剤 RCP-1（株）MORESCO 製）は、高価格のため同等性能以上で低価格の粉体潤滑剤として BGW-1 を検討してきた。実使用量での価格比較で BGW-1 は RCP-1 の 1/65 である。

プレート金型によりサンプルを鋳造し、試験片を採取して引張試験及び破断面調査また、ランナー部の破断面調査を行った。破断面の調査は CFI（Cold Flake Index）で評価した。

①試験片採取方向検討

潤滑剤の違いによる強度差を確認するため、製作したプレートから JIS Z2201 13号試験片(13B)を採取し引張試験を実施するに当たり、試験片採取方向を確認した。

溶湯流動方向に並行と垂直の向きに試験片を採取し引張試験を実施した。潤滑剤は RCP-1 を使用した。

荷重・伸び共に高い値を示しバラツキも少ないため、溶湯流動方向に対し、並行に採取することにした。

②引張試験結果

油性潤滑剤及びBGW-1を使用したの13B試験片により引張試験をした結果、BGW-1は油性に対し、引張荷重で6.5%、伸びで31.2%高い値を示した。

③スリーブ外周温度

スリーブ外周部注湯口下の温度を計測した結果、油性は215~240℃、ハイブリッド及び粉体は155~180℃であった。

iv) 表面処理とCFI値

当初より検討してきた表面処理をプレート金型のランナー部(図2-1-27)に適用し、潤滑剤は、油性、粉体、ハイブリッドにて低速速度、高速速度を変化させ鋳造し、ランナー部の破断面を調査した。評価はCFI値で行った。

その結果、油性潤滑剤使用時は、表面処理の効果が認められるが、ハイブリッド及び粉体では顕著な差は認められなかった。

v) 粉体潤滑剤を使用した実機確認で分かったこと

- ・粉体潤滑剤(RCP-1, BGW-1)100%では、連続鋳造が困難であり潤滑性の向上が必要。
- ・粉体の塗布量を増加させた場合、連続鋳造の時間は伸びたが、粉体の価格的に量産適用は厳しい。
- ・ハイブリッド及び粉体は、スリーブ内容湯温度低下を抑制している。
- ・BGW-1はRCP-1の約1/65の価格であり、また、強度・伸び共に従来品を凌ぐ値となった。
- ・表面処理は、金型耐久性には効果があったが、溶湯保温に関しては、優位性があるとは言えない。

2-1-3 流動・凝固・熱解析技術の高度化

(実施者：群馬合金株式会社、学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所、

■背景・目的

スリーブ内の溶湯を波立たせないためには、ショットタイムラグ (STL) を長くし、ゆっくり射出させなければならない。そのためには注湯温度低下を防ぐ、すなわち熱伝達係数を下げることが必要である。

スリーブ内湯面変動を確認する方法として、ガスマーカ (溶湯に囲まれた空気にマーカをつける) 数を調査した。

また、静止及び流動状態の熱伝達係数を取得したので、この値を用い解析を実施し、実機との相関を確認しつつ精度の高い解析技術を検討する。

i) ガスマーカ調査

スリーブ充填率、STL、流動速度を変化させた時のガスマーカ調査を実施した。

ガスマーカ調査結果より、エア巻き込みの大半は注湯時の湯面変動によるものであり、スリーブ充填率が高い程、その影響も大きくなっている。また、初期速度が小さい方が、チップ移動開始直後のガス量増加は抑えられる傾向にある。この傾向は、STL 及び充填率の差に関係なく同傾向である。

以上のことから、注湯時及びチップ移動開始直後の湯面変動を抑えることで、エアの巻き込みは抑えられると考えられる。

ii) 溶湯状態に応じた熱伝達係数での解析

① 静止及び流動状態の熱伝達係数を用いての解析

静止状態及び流動状態の熱伝達係数を用い、低速域の溶湯挙動を解析した。その結果、溶湯温度低下の支配的要因は注湯時であり、熱伝達係数の小さな粉体潤滑剤は、溶湯温度低下抑制に効果があることが分かる。

② 注湯後の湯面変動の解析

注湯後の湯面変動が停止するまでの時間を、スリーブ充填率を変化させ、解析した。

スリーブ充填率 10% では、湯面変動は約 2.7 秒で収束、充填率 30% では、湯面変動は約 3.7 秒で収束、充填率 50% では、湯面変動は約 4.6 秒で収束した。スリーブ充填率が低くなるほど湯面変動は短時間で収束し易くなることが確認できた。

2-2 密度バラツキの低減技術開発

2-2-1 溶湯充填状態の最適化

(実施者：群馬合金株式会社、学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所、群馬県立群馬産業技術センター)

■背景・目的

スリーブ内溶湯挙動は、従来解析結果のみで評価しており、実際の溶湯挙動を可視化し確認した事例は少ない。解析技術の高度化を図る上でスリーブ内溶湯挙動を可視化し確認することは有意義であると思われる。

そこで、スリーブ内溶湯挙動実験装置を製作し、実際の溶湯変動を捉え、解析技術の高度化に結びつける。

I) スリーブ内溶湯挙動実験装置製作

専用のスリーブ内溶湯挙動実験装置を製作した。湯面変動は詳細が確認できる様、多点位置測定システムを使用し確認した。

充填率 10%で約 3 秒で収束、注湯から湯面の停止までは充填率 15%で約 5 秒という解析結果を得た。この結果を基に実機でのショットタイムラグを見極める。

2-2-2 低速領域の詳細制御

(実施者：群馬合金株式会社、学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所、群馬県立群馬産業技術センター)

■背景・目的

ダイカスト鑄造において、射出スリーブ内の溶湯挙動、特に低速領域での射出速度によっては、射出スリーブ内の空気が溶湯に巻き込まれて混入し、製品の品質低下を招く。

そこで、溶湯に対する空気の巻き込みが生じやすい低速領域の速度制御をすることは、鑄造品質を向上させるために非常に重要となる。

マシン特性を考慮した、低速領域の速度制御を検討し、実機にて試作品を製作し製品内部品質の確認を行う。

I) 実験金型及び実験条件

i) 実験金型

量産品を模した形状の製品を鑄造するため金型を製作した。

ii) 実験条件

鑄造圧力：40 MPa

プランジャ潤滑剤：油性、ハイブリッド、粉体の3種類

速度：低速速度を変量させ鑄造

iii) 実験結果

a) スリーブ外周温度

油性は250℃、粉体及びハイブリッドは160℃となった。

b) 金型内部圧力及び温度

金型に内圧センサーと熱電対を取り付け、金型内圧と温度を測定した。

その結果、油性に対し粉体及びハイブリッドは各々平均で約6%、7%高い値を示した。また、温度バラツキは、油性が大きく、金型温度は高い方から油性、粉体、ハイブリッドの順になっている。

c) X線CT画像

現行量産品と、試作品の品質評価として、X線CT画像による内部品質を確認した。X線CT画像の断面は、応力集中部で確認した。試作品は、従来品と比較し鑄巣の発生が抑えられている。

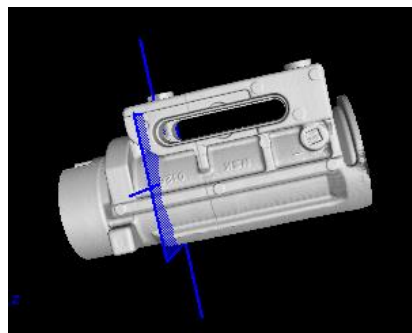


図 2-2-1 試作品および X 線 CT 断面箇所（応力集中部）

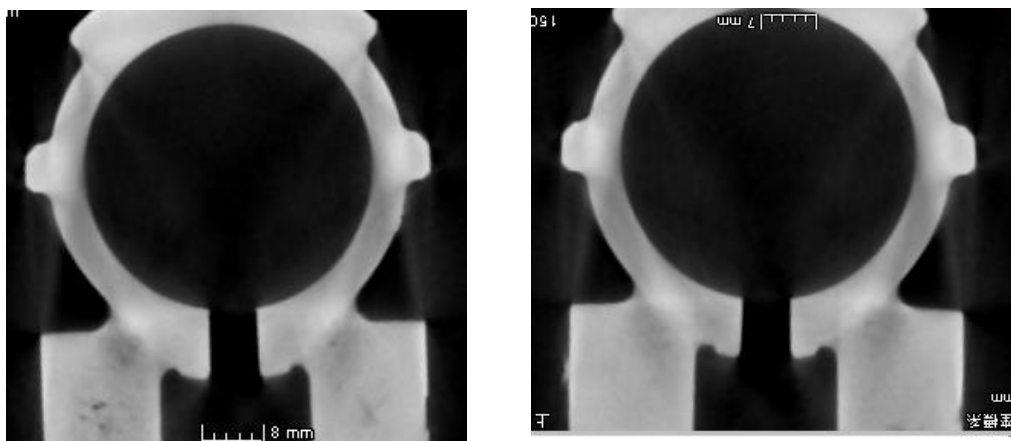


図 2-2-2 断面画像（左：従来品 右：試作品）

2-3 総合評価

2-3-1 最適鑄造条件の評価

(実施者：群馬合金株式会社、早稲田大学、独立行政法人産業技術総合研究所、群馬県立群馬産業技術センター)

2-1 及び 2-2 にて確認して得られた結果を基に、更なる条件の最適化を図り、商品化へ結びつけられる鑄造条件を検討した。

また、得られた結果に対する評価として、アドバイザーらの意見を参考に CFI 値によるまとめ方について検討した。

I) 鑄造条件の最適化

2-2-2 での結果を基に、実機試験にて条件の最適化を検討した。量産品を模した実験金型にて、潤滑剤は BGW-1 のハイブリッド方式を用い鑄造圧力 40Mpa で、低速速度：0.2~0.4m/s、高速速度：2.0~2.3m/s の範囲で条件の最適化を図った。

開発品は、従来品に対し、比重の平均値が高く、バラツキは少ない結果となった。実用化に向けた技術開発が確認できた。

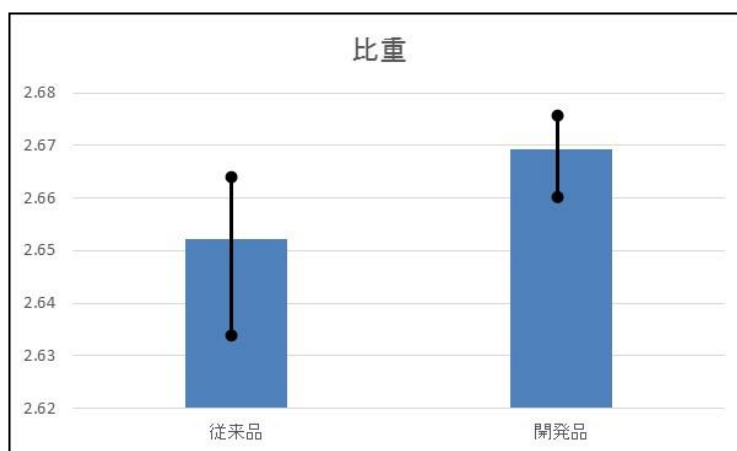


図 2-3-1 比重測定結果

II) CFI による評価

2-1-2 の ii) での引張試験にて、引張試験片の CFI を取得した。また、ランナー部（引張試験片との紐付き）の CFI も取得した。

ハイブリッドの CFI 値は小さく引張強さとの相関が確認できた。

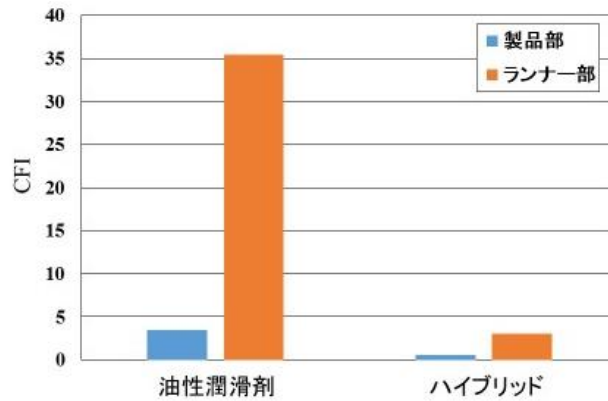


図 2-3-2 引張試験片及びランナー部の破断面 CFI

また、ワイブル解析にてハイブリッドの効果を検証した。結果を図 2-3-3 に示す。

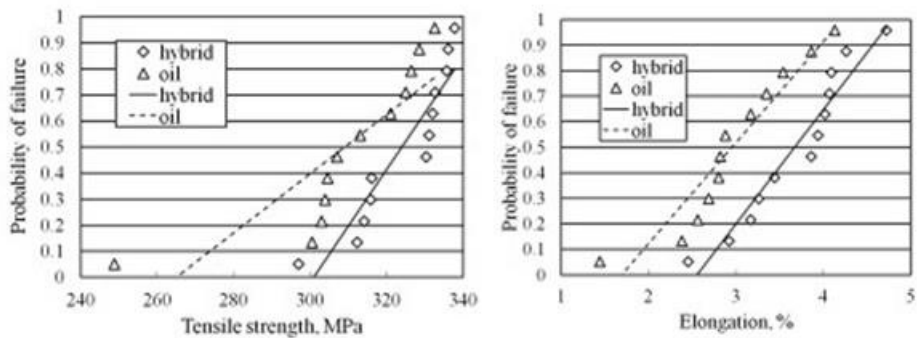


図 2-3-3 引張強さ及び伸びのワイブル解析

回帰線(近似曲線)の傾きは、ハイブリッドの方が大きくバラツキが少ないと言える。プロットの分布から、いくつかの破壊原因があると考えられるため、今後さらなる破面観察を進め破壊原因を究明する。

強度評価が必要なダイカスト製品に CFI の適用が有効であると考えられるため、データの蓄積を行い結果の信頼性を確認して行く。

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果

1. 溶湯流動性向上技術開発

- ① 静止及び流動状態の熱伝達係数測定において、ばらつきを抑える手法を見出し、日本鑄造工学会第167回全国講演大会において発表した。
- ② 粉体潤滑剤の流動中の熱伝達係数は、静止状態と比較し潤滑剤の種類や配合比に係わらず約 $1,000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ と比較的低い値となった。
- ③ 耐溶損性を有する表面処理を見出し、溶湯保温性について実機確認した結果、従来の油性潤滑剤を使用した場合、表面処理有りでのCFIは $1/2 \sim 1/10$ となったが、粉体のBGW-1潤滑剤は顕著な差は認められなかった。
- ④ 量産で問題なく使用可能な粉体潤滑剤供給装置を開発した
- ⑤ 新たに見出した粉体潤滑剤は、従来の油性潤滑剤と比較しスリーブ外周温度で約 60°C 低い値を示した。溶湯温度低下抑制を示している。
また、引張試験片 (JIS 13B) での結果は、新たな粉体潤滑剤は引張荷重で6.5%、伸びで31.2%、油性潤滑剤より高い値を示した。
- ⑥ 熱伝達係数測定での値を用い解析を行った所、溶湯温度差として約 60°C の結果となった。実機試験のスリーブ外周温度と一致した。

2. 密度バラツキの低減技術開発

- ① スリーブ内容湯挙動を、多点位置測定システムを用い確認することができた。
- ② 低速領域の速度制御を検討し、条件の適正化を図り、従来350トン仕様の金型を250トン仕様にダウンサイジングし、実機確認を行った。鑄造圧力40MPaでも、従来品同等以上の内部品質、密度を確保することが出来た。

3. 総合評価

- ① 大きな設備投資なく、従来技術の高度化、条件の最適化により、より小さな鑄造機で、小さな鑄造圧力で、従来品質同等以上の製品が確保でき当初目標が達成できた。
- ② 今後は、データを蓄積し、CFIによる評価法の有効性を検討していく。

3-2 事業化展開

本研究開発にて、低速・中圧鑄造技術の基礎が確立できた。今後はスリーブ内の溶湯保温についてさらなる改善を進め異種材料への展開も進める。

また、今回確立できた鑄造技術を既存顧客へ提案し、新規商権の獲得を目指す。さらには、各種展示会へ積極的に出展し、各分野のニーズを発掘し、異分野への技術展開を検討していく。