

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

新鑄造方法によるアルミニウムダイカスト製品製作の研究開発

研究開発成果等報告書

平成22年 3月

委託者 関東経済産業局
委託先 株式会社エーケーダイカスト工業所

目 次

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	
1-1-1	研究開発の背景・目的	1
1-1-2	研究開発の目標・方法	1~2
1-1-3	従来技術と新技術の違い・効果	2~3
1-1-4	研究の概要	4
1-1-5	研究実施内容	4~5
1-2	研究体制	
1-2-1	研究組織及び管理体制	5~6
1-2-2	研究者氏名	6~7
1-2-3	経理担当者及び業務管理者の所属、氏名	7
1-2-4	協力者	7
1-3	成果概要	7~8
1-4	当該研究開発の連絡窓口	8

第2章 本論

	序文	9
2-1	金属表面とアルミニウム合金間の金属間化合物発生防止の開発	
2-1-1	目 的	10
2-1-2	課題と目標	10
2-1-3	成 果	10
2-1-4	結果、評価	10~12
2-2	射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ防止の開発	
2-2-1	目 的	12
2-2-2	課題と目標	12~13
2-2-3	成 果	13~14
2-3	射出プランジャーと射出スリーブの圧力漏れ防止の開発	
2-3-1	目 的	14~15
2-3-2	課題と目標	15
2-3-3	成 果	15~16
2-4	アルミニウム合金溶解／保持炉の試作開発	
2-4-1	目 的	16
2-4-2	課題と目標	16~17
2-4-3	研究開発	17
2-5	操作性を重視したアルミニウム用ホットチャンバー量産型試作機の開発	
2-5-1	目 的	18
2-5-2	研究開発	18~20
2-5-3	成 果	20

第3章 全体総括

3-1	総合研究開発成果	21
3-2	研究開発後の課題・事業化展開	21

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標等

1-1-1 研究開発の背景・目的

現状のアルミニウムダイカスト製法は、コールドチャンバーダイカスト法が主流であり、自動車強度部品に於いては適するが、強度をそれ程必要としない小物部品、極小部品にも関わらず、大型のコールドチャンバーダイカストマシンに頼らざるを得ない。このことから低コスト化、短納期化を掲げる自動車、家電産業は東南アジアでのダイカスト生産を余儀なくされているのが現状で、国内大手ダイカストメーカーもそれに連なって海外展開を図る。よって、国内中小零細ダイカストメーカーの受注状況は極端に減少している。

また、海外勢力と同じコールドチャンバーダイカスト生産法とするため、納期に於いても海外勢力に飲み込まれている。この現状を打破するため、新鑄造方法によるアルミニウムダイカスト製品製作の研究開発が必要であった。

この対策として、困難とされていたアルミ素材対応小型ホットチャンバーダイカスト法の開発で、アルミ精密小物ダイカストの大量生産、高品質、低コスト化が可能になり、尚かつ、高生産性・ラッシュオーダー時の優位性・CO₂削減等、環境問題の解消並びに海外勢力と対抗、等の課題改善ができ、自動車、家電産業の要請に応えることができると同時に、国内中小零細企業の活性化が日本経済の起死回生の策となる事を確信する。

1-1-2 研究開発の目標・方法

経済産業省が掲げる技術指針として、自動車、家電産業に於ける鑄造に関わる技術、下記に掲げる技術の新鑄造方法研究開発にて基幹産業に於ける問題点の改善を行う。

基幹産業の現状問題点

- ・低コスト化
- ・短納期化

新鑄造方法による具体的改善目標

- ・自動車・家電・ダイカスト生産に於けるCO₂削減、コスト低減に貢献。：低コスト化
- ・国内・外のラッシュオーダー問題を抱える家電産業への貢献。：短納期化
- ・世界同時不況を引きずる中小零細ダイカストメーカーへの貢献。：国内景気回復

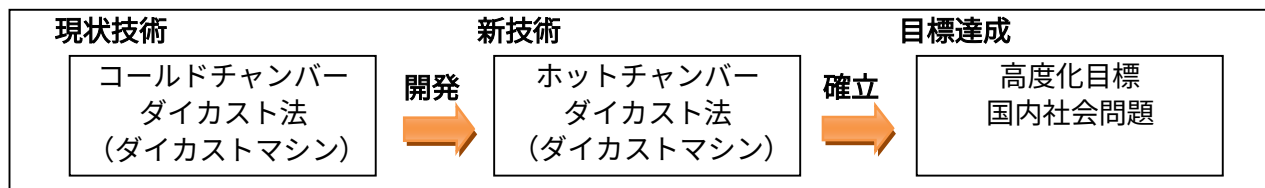
自動車及び家電産業に於ける高度化目標を達成させるには、アルミ素材対応型小型ホットチャンバー・ダイカストマシンが改善策となり、また国内中小零細企業の早期景気回復に至っても絶対的に必要である。現状までの実験開発結果の中で新たに、コールドチャンバーマシンに比べ金型内に流れる溶湯（アルミ素材）がホットチャンバーマシンでは溶湯温度低下が少ないため、溶湯の流速を補って上げれば薄肉製品製造に優れる結果にあるため、薄肉軽量化の高度化目標にも対応できる。

目標達成方法

- ・当該研究開発である、新鑄造方法「アルミニウムホットチャンバーダイカスト法」を早期に確立する。

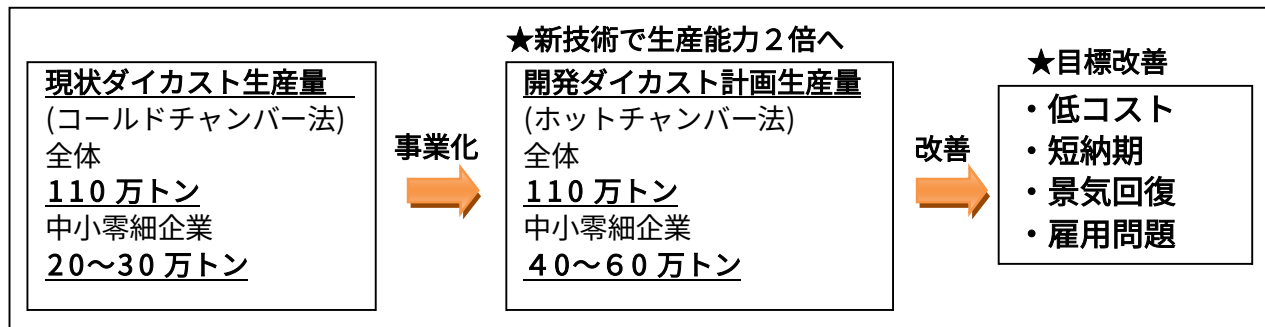
※現状のアルミニウムダイカスト製法は、コールドチャンバーダイカスト法が主流であり自動車強度部品に適するが、強度を必要としない部品、小物部品、極小部品、に問わず大型のコールドチャンバーダイカストマシンで高コスト生産を行う傾向が根強くある。

★ 解決方法

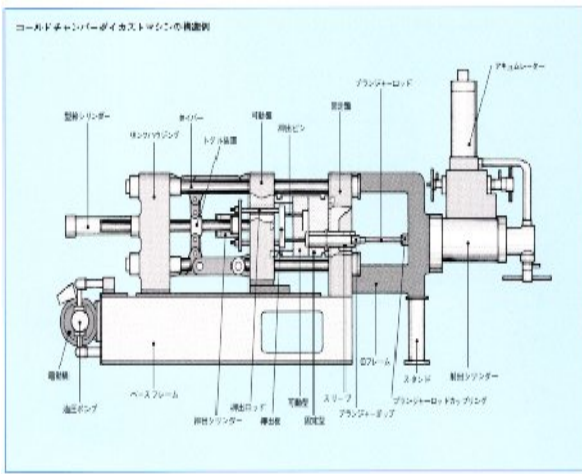
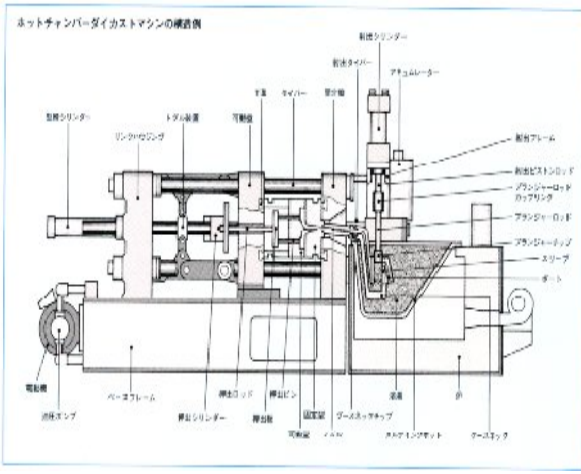


★ 解決の理由

自動車・家電・その他産業市場



1-1-3 従来技術と新技術の違い・効果

コールドチャンバー法	ホットチャンバー法
 特徴：1.大型マシンによる大物ダイカストが生産できる。 2.サイクルごとにスリーブに注湯する。 3.鑄造圧力を高くすることができる。 (20~120MPa程度) 4.鑄造サイクルタイムは注湯に要す時間だけ、 ホットチャンバーマシンより長い。	 特徴：1.主として亜鉛合金、マグネシウム合金などの鑄造に 使用される。 2.射出部が溶湯中にあるので注湯する必要がなく、 鑄造サイクルが早い。 3.鑄造圧力が低い (7~25 MPa) 4.酸化物、空気の巻き込みが少ない。

★ ホットチャンバー法の優位性

1. ダイカスト業界ではアルミ素材では対応が困難とされてきた
国際競争力に優れ独創性がある。(差別化)

2. 省スペース・コンパクトマシン

トータルコストが約 1/3 倍低減が可能。(省エネ・業界の活性化)

3. ハイサイクル生産マシン

コールドチャンバーの約2倍の生産能力を有す。(差別化・経済効果のアップ)

4. 低圧力鑄造マシン

コールドチャンバーの約1/3倍パワーで同製品鑄造が可能。(差別化・省エネ)

5. 低溶解保持マシン

コールドチャンバーの溶解保持温度を-50℃下げることが可能。(省エネ・温暖に貢献)

6. 金型への負担低減

低圧力鑄造マシンのため、コールドチャンバーに比べ寿命が延びる。(コストダウン)

7. 薄肉製品製造に優れる

コールドチャンバーに比べ溶湯の流れが優れる。(差別化・経済効果アップ)

★ 具体的ホットチャンバー法の優位性内容

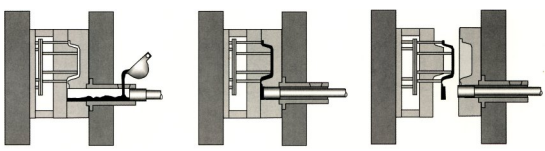
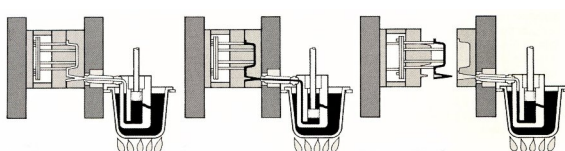
従来技術と新技術の違い (コールドチャンバーとホットチャンバーの違い)	
従来技術：コールドチャンバー	新技術：ホットチャンバー
 1. 型締・注湯 2. 射出 3. 型開・製品押出	 1. 型締・注湯 2. 射出 3. 型開・製品押出
課題 ① 50cm² 製造時、大型マシンが必要。 (型締力 80Ton が必要) ② 注湯時、溶湯温度が低下する。 (注湯温度前に 700℃が必要) ③ 注湯時、注湯付属装置が必要。 (給湯ラドル装置が必要) ④ 薄肉製品製造時、金型に高技術が必要。 (溶湯流れが悪い) ⑤ 8h 操業時、1200個生産 (良品)	効果 ① 50cm² 製造時、マシンが小型化。 (型締力 25Ton で可能) ② 注湯時、溶湯温度低下がなく一定。 (650℃一定) ③ 溶湯を保持しダイレクト注湯。 (給湯ラドル装置が不必要) ④ 薄肉製品製造が容易。 (溶湯流れが良い) ⑤ 8h 操業時、2400個生産 (良品)

図1 射出機構の違い

★技術が普及した場合の期待効果

- 自動車・家電などのその他基幹産業
基幹産業製品の低コスト化／基幹産業製品の短納期化／軽量化／国内経済効果のアップ／地域の活性化
- ダイカスト業界
設備のトータルコストダウン／生産のコストダウン／省エネ化／地球温暖化への配慮／地域・業界の活性化／国内経済効果のアップ／産業の空洞化防止

1-1-4 研究の概要

アルミニウムダイカスト製品の低コスト、短納期化を改善するには、アルミニウムホットチャンバー法を開発することで実現するが、現状商業的な完成体のマシンは存在しなく、世界的に業界内では過去より研究されてきたが、アルミニウム材料と射出機構部品（図1）との金属反応に悩まされ、商業化を断念するしかないという形が業界一般常識である。よって、ダイカストメーカーはコールドチャンバーダイカストマシンに頼る形でアルミニウムダイカスト生産を行うのが現状である。よって、本プロジェクトにて下記に上げる問題を研究開発で解決することにより実用化が可能になる。

- ① 金属表面とアルミニウム合金間の金属間化合物発生問題
・解決策：オリジナル新金属の作成、コーティング技術の開発。
- ② 射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ問題
・解決策：オリジナル新金属の作成、コーティング技術の開発。
- ③ 射出プランジャーと射出スリーブの圧力漏れ問題
・解決策：ピストンリングを新開発作成、コーティング技術の開発。
- ④ アルミニウム合金溶解／保持炉の早期部品破損問題
・解決策：高性能電気式溶解保持炉を試作開発。
- ⑤ 高温鋳造によるダイカスト製品製造に於けるマシン操作性の問題
・解決策：実鋳造作業による操作性を向上させた設計を行い、試作機を開発。

以上の5項目を開発することによりアルミニウムホットチャンバー法が可能になる。

1-1-5 研究実施内容

① 金属表面とアルミニウム合金間の金属間化合物発生防止の開発

（実施：株式会社エーケーダイカスト工業所、エーケー産業株式会社）

マシン金属部品と溶湯アルミ合金が早期に化学反応を起こし、早期部品破損が発生するためオリジナル金属成分による、新金属対策開発を行う。

解決策：メカニズムの検討を行い、オリジナル合金金属を製作する。そのオリジナル合金金属を加工し、3種類の特殊コーティングテストを行う。

② 射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ防止の開発

（実施：株式会社エーケーダイカスト工業所、エーケー産業株式会社）

溶湯アルミ合金から発生する高熱により、射出プランジャー、射出スリーブを使用している際に焼き付きやカジリが発生するので防止策開発を行う。

解決策：形状開発設計を行い、①で製作したオリジナル合金金属を使い設計部品形状へ加工を行う。加工後、3種類の特殊コーティングを施し、実鋳造テスト・消耗実験を行う。

③ 射出プランジャーと射出スリーブの圧力漏れ防止の開発

（実施：株式会社エーケーダイカスト工業所、エーケー産業株式会社）

溶湯アルミ合金から発生する高熱により、射出プランジャー、スリーブ間の隙間からシール材の早期破損により溶湯もれが原因で圧力低下が発生するので防止策開発を行う。

解決策：形状設計を行い、マグネシウムダイカスト用プランジャーリング材を使用し製作する。製作の後、表面に P-CVD コーティングを施し、実鑄造テスト・消耗実験を行う。

④ アルミニウム合金溶解／保持炉の試作開発

（実施：株式会社エーケーダイカスト工業所、エーケー産業株式会社）

従来はガス・オイル等のバーナーで溶解することから、局部的な加熱が部品へ伝わる。アルミ溶湯温度管理の不適當 から発生する部品破損の改善として電気式溶解保持炉の試作開発を行う。高性能電気式溶解保持炉と溶解保持制御の開発設計を行い、溶解保持炉と制御盤を製作する。また、実際にアルミニウム合金を溶解し溶解時間経過等、測定溶解実験を行う。その際、消耗部品（開発坩堝・開発グースネック）との消耗実験を行う。

⑤ 操作性を重視したアルミニウム用ホットチャンバー量産型試作機の開発

（実施：株式会社エーケーダイカスト工業所、エーケー産業株式会社）

高温溶解を要するアルミ合金用ホットチャンバーマシンになると操作性が重要視されることと、研究開発の成果には実鑄造作業が必要であり、目的・目標を達成するために試作機を開発製作し実鑄造テストを行う。また、ダイカスト製品・ダイカストマシンの早期実用化が要求されるため、ダイカスト製品を製造するために必要な金型やその他付帯装置を製作する。

⑥ プロジェクトの管理・運営

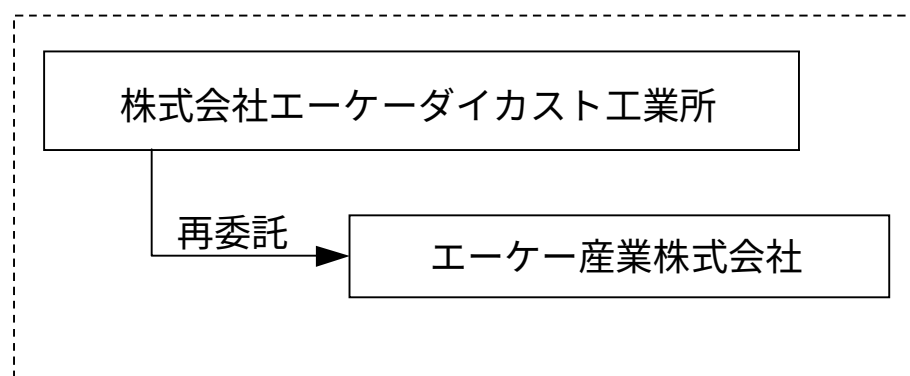
（実施：株式会社エーケーダイカスト工業所）

開発進捗状況・指導・確認等を含め3回程度の委員会を開き、アドバイザーにも意見、アドバイス等を頂く。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織及び管理体制

（1）研究組織（全体）



統括研究代表者（P L）
エーケー産業株式会社
機械部 開発技術課
リーダー 河田 潤

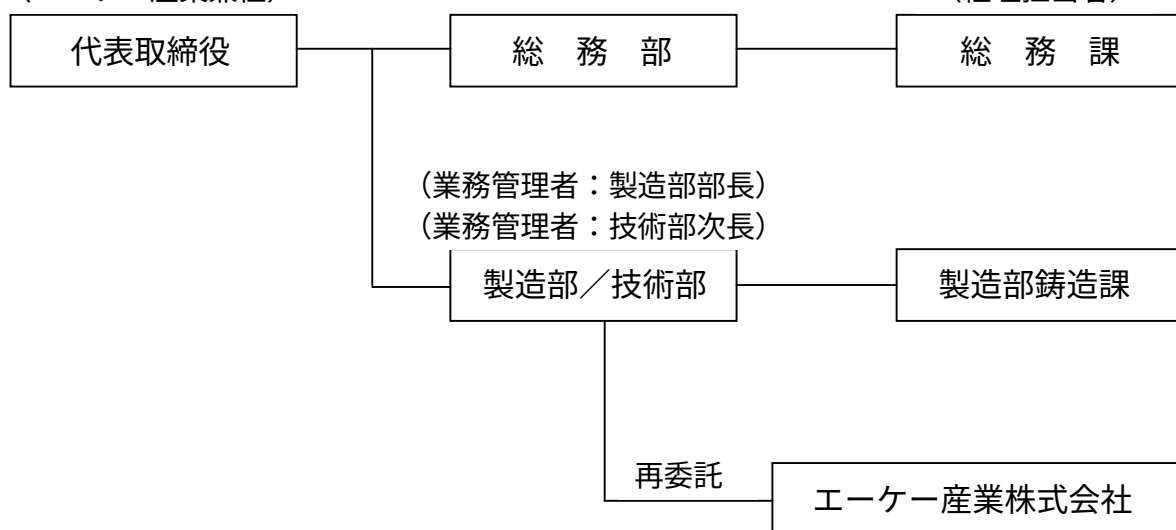
副統括研究代表者（S L）
株式会社エーケーダイカスト工業所
製造部
次長 安達 由起夫

2) 管理体制

① 事業管理者

[株式会社エーケーダイカスト工業所]

(エーケー産業兼任)



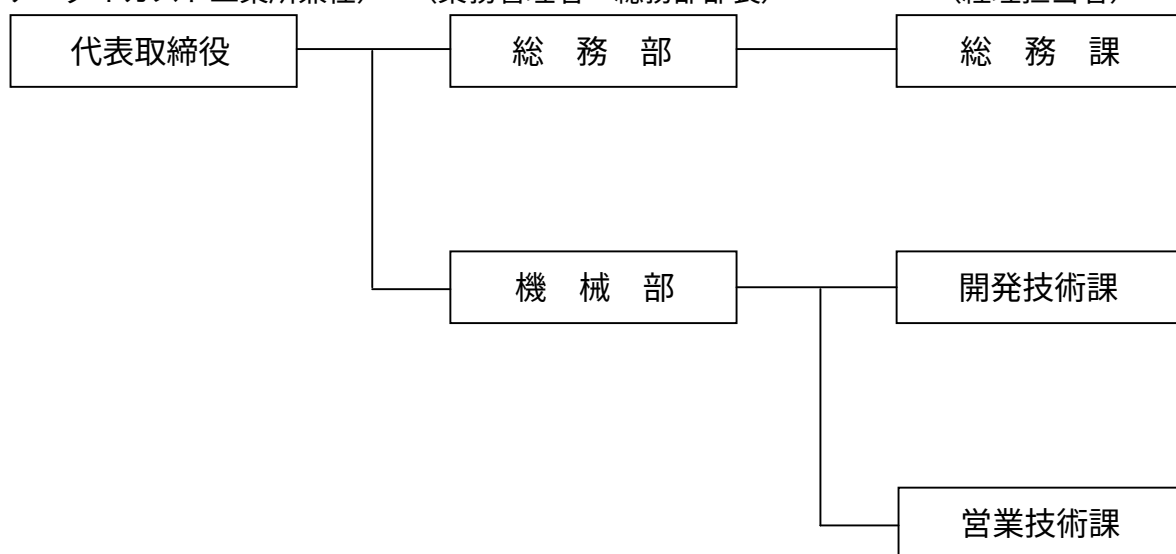
② 再委託先

[エーケー産業株式会社]

(エーケーダイカスト工業所兼任)

(業務管理者: 総務部部長)

(経理担当者)



1-2-2 研究者氏名

【事業管理者】株式会社エーケーダイカスト工業所

① 管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
渋谷 薫	製造部 部長	⑥
五味 清	技術部 次長	⑥

② 研究員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
渋谷 薫（再）	製造部 部長	⑤
安達 由起夫	製造部 次長	①②③④⑤
八木原 利夫	製造部 鑄造課 課長	⑤

再委託先】エーケー産業株式会社
研究員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
鈴木 憲昭	機械部 営業技術課 課長	④⑤
河田 潤	機械部 開発技術課 リーダー	①②③④⑤

1-2-3 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

（事業管理者）

株式会社エーケーダイカスト工業所

（経理担当者） 総務部総務課

福原 寿子

（業務管理者） 製造部 部長

渋谷 薫

技術部 次長

五味 清

（再委託先）

エーケー産業株式会社

（経理担当者） 総務部総務課

大島 博子

（業務管理者） 総務部 部長

羽田 登喜男

1-2-4 協力者

埼玉大学 理工学研究課 工学博士 荒居 善雄 教授

（オリジナル合金の機械的性質及びオリジナル合金の仮装鑄造時寿命試験の検証等で協力。）

社団法人 日本ダイカスト協会 技術部 工学博士 西 直美 部長

（アルミニウム合金ダイカスト射出機構部に於けるアルミニウム合金とオリジナル合金射出部品の科学的反応根拠意見等アドバイスで協力。）

1-3 成果概要

①金属表面とアルミニウム合金間の金属間化合物発生防止の開発

当該研究に於けるアルミニウム合金溶湯内、溶着・溶損試験結果を考慮し Co（コバルト）ベースの超合金金属の性質を利用し、オリジナル合金成分を配合し材料製作を完成させた。

また、金属間化合物発生を遅らせるコーティング膜も溶着・溶損試験の際、同時に試験を行い最もアルミニウム合金溶湯に適したコーティング膜を選び、オリジナル合金への密着バランスを考慮し特殊コーティング膜とオリジナル合金の調和を完成させた。

②射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ防止の開発

①のオリジナル合金母体と特殊コーティング膜で形成した射出機構部品（射出プランジャー、射出スリーブ）を製作し実鑄造試験を行った。この実鑄造試験の際焼き付き、カジリを防止策としてオリジナル合金と特殊コーティング膜を使用した。

また、実鑄造試験を行った際、オリジナル母体合金と特殊コーティングで形成される部品同士のクリアス寸法公差を見いだすことができた。

③射出プランジャーと射出スリーブの圧力漏れ防止の開発

圧力（溶湯）漏れ防止策としてオリジナルでシール材としてプランジャーリングを完成させた。実鑄造の結果として、ある程度のアルミダイカスト製品を圧力（溶湯）漏れなく鑄造生産は可能で成果は出せたが、量産を行った際まだ懸念が残る。

今後、量産実用化に向けプランジャーリングについてはさらなる改善、改造が必要であると考えている。

④アルミニウム合金溶解／保持炉の試作開発

研究内容として、ホットチャンバーマシン用アルミニウム合金の溶解炉として立案設計から製作、性能実験まで執り行うことができた。研究製作した溶解炉は、溶解能力、ホットチャンバーマシンとしての機能、熱効率、環境負荷への軽減、作業性、メンテナンス性においては良好な結果が得られた。しかし、本来目指すべき射出消耗部品の高寿命化を計る上での溶解温度の均一安定化についての結果を得られるまでにはおよばなかった。ただ、これは時間的な制約によるものである為、今後継続して研究実験をしてゆくものである。しかも完成した溶解炉は能力的には特に問題がないので、温度制御を中心に研究し、確立して行く。

⑤操作性を重視したアルミニウム用ホットチャンバー量産型試作機の開発

量産型アルミニウムホットチャンバーダイカストマシンを新作設計、製作を行った。高温溶解を要するアルミニウム合金用ホットチャンバーマシンになると操作性が重要視され一番重要になるのは、射出機構部になる。この射出機構部に於いては、研究項目①、②、③を反映させたオリジナル合金、オリジナル機構形状で構成される。

重要となる実鑄造試験は、簡易的に亜鉛用ホットチャンバーダイカストマシンを改造したマシンで試験を行ってきたが、この改造マシンは全体的に大型で、取り扱い性能が悪く射出機構に多々問題が発生した。よってこの改善策として、コンパクト省スペースに新設計を施し射出機構の取り扱いの悪さから発生する部品の早期破損を射出機構部品のコンパクト形状化設計にすることにより、部品加工精度が上がると共に、コストも下げることができた。また、コンパクト部品になったため、2人作業で行っていた鑄造準備作業も1人作業ででき、高温対策を考慮し、部品組み付けの単純化を行ったためトータルのコストを下げることも出来た。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

〒355-0812

埼玉県比企郡滑川町大字都25-6 東松山工業団地6-7

株式会社エーケーダイカスト工業所

担当：製造部 部長 渋谷 薫 次長 安達 由起夫

TEL:0493-56-4161 FAX:0493-56-4245

E-mail : akd@akd-group.com

〒355-0812

埼玉県比企郡滑川町大字都25-6 東松山工業団地6-7

エーケー産業株式会社

担当：機械部 開発技術課 リーダー河田 潤

TEL:0493-56-4884 FAX:0493-56-4885

E-mail : .aks@mba.sphere.ne.jp

第2章 新鑄造方法によるアルミニウムダイカスト製品製作の研究開発

序文

アルミニウムダイカスト製品の低コスト、短納期化を改善するには、アルミニウムホットチャンバー法を開発することで実現するが、現状商業的な完成体のマシンは存在しなく、世界的に業界内では過去より研究されてきたが、アルミニウム材料と射出機構部品との金属反応に悩まされ、商業化を断念するしかないという形が業界一般常識である。

アルミニウムは酸素と結合しやすく、元はボーキサイトからアルミナに精錬され、アルミナから酸素とアルミニウムに電気分解された元素である。その元素は金属反応が強く、化合物を作りやすいが、比重が軽く、加工がしやすいため世の中に好まれる元素の一つである。

この金属反応の強いアルミニウムを溶湯にして成型加工をして行くため、射出機構部品は当然ながら金属部品では早期部品破損へと繋がる。

そこで考え、たどり着くのがファインセラミックス仕様射出機構部品になる。

ファインセラミックスは、熱膨張が小さく表面内部共に高強度で耐熱、耐摩耗に優れ、さらにアルミニウムとの濡れ性が悪い。すなわち、アルミニウムと反応結合が悪いということになるため一見アルミニウム用ホットチャンバー射出機構部品に適していると考えるのが適切であるが、ダイカスト実生産状況に於いて大きな欠点が存在する。

その欠点とは、ヒートショック（熱衝撃）に非常に弱い点があげられる。

現在のファインセラミックスは以前から比べて非常に良く改善され割れなくなったと賞賛されるが、基本的には陶器であり、引張方向に自由がないため高強度重視が仇になることと、ダイカスト生産は大気中で生産するため、アルミニウム溶湯との温度差は600℃を超えるため慎重に部品を扱わないと使用と同時に部品破損へと繋がる。また、材料成分的には安価であるが、精度が必要となるダイカストマシンの射出機構部品単価は高コストで早期破損へと繋がる。

よって、この射出機構部品にはある程度の自由度（引張強度）が欲しく、尚且つ表面が高強度で耐熱、耐摩耗、アルミニウムに対して化学反応がなく濡れ性が悪い合金金属が欲しくなる。しかしながら、このような合金金属は市販で存在しないため、オリジナル合金と特殊コーティングを施した射出機構構造部品を開発し、この部品を主軸にトータルにすぐれた、新鑄造方法を開発する。



Cu(銅)合金の溶損
アルミニウム合金溶湯内 2 h



ファインセラミックの破損
アルミニウム合金溶湯内使用 0 h



Ni(ニッケル)系化合物の成長
アルミニウム合金溶湯内 4 h



Fe(鉄)系化合物の成長
アルミニウム合金溶湯内 8 h

2-1 金属表面とアルミニウム合金間の金属間化合物発生防止の開発

2-1-1 目的

アルミニウム用ホットチャンバー ダイカストマシンの実用化を目指しオリジナル合金を製作する。アルミニウムダイカスト生産に於いて現在は、コールドチャンバー法による加工方法が主流であるが、金属射出機構部品がアルミニウム合金溶湯内に保持されていると早期に金属間化合物が発生し、部品が破損してしまうため化合物の発生を防止するためオリジナル合金を製作する。また、化合物発生防止策の一環として特殊コーティングを表面に展開し、耐熱、耐摩耗、耐腐食の効果を出す。また、オリジナル合金はフレッチング疲労特性を行い、再々委託先である埼玉大学理工学研究科に評価を委ねオリジナル合金の結果を見いだす。

2-1-2. 課題と目標

平成20年度までの社内研究に於いて、現段階のオリジナル金属では溶湯アルミ合金内で時間が経つにつれて、金属表面でテルミット反応を起こし、徐々に母材が軟化し溶湯アルミ合金が母材内に食い込み溶着・溶損と進む現象にある。アルミニウムは特に、銅(Cu)、ニッケル(Ni)などは早期に溶損し、Fe系では金属間化合物が発生する。また、最良と考えられるファインセラミックを使用するとヒートショックから高コスト部品が早期破損する現象にいたる。当該研究では、社内研究検討結果を踏まえ、オリジナル金属の強化として開発ベースとなっている耐熱・耐摩耗性及び酸化被膜欠落防止策でCO（コバルト）基主成分合金とする。またコーティング反応性を考慮しC（炭素）を添加し、耐熱高強度を考えW（タングステン）とCr（クロム）を添加しタングステン炭化物を形成させ効果を出す。また、金属間化合物発生を遅らせるため、3種類の特殊コーティングを施しアルミニウム合金鑄造試験を行う。また、埼玉大学による機械的特性試験を実施しオリジナル合金を確立する。

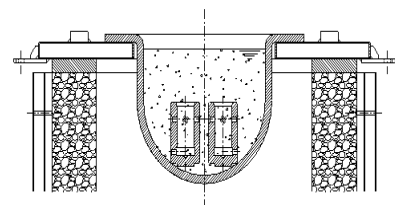
2-1-3. 成果

★合金成分を決定するためSKD61材、ステライト No12 材に塩浴拡散コーティングを施しアルミニウム溶湯内試験を行った。

電気ヒーター式試験用溶解保持炉にてアルミニウム合金（ADC12）を溶解。
・溶解保持設定：650℃一定
・溶解保持された溶湯アルミニウム（ADC12）内に投入。
・1日5～6h対象物を溶湯内へ漬け込む。
・合計60～70h／（10日～11日間）試験を繰り返した

試験

溶解保持炉内部試験状況図



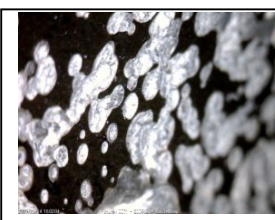
2-1-4. 結果、評価

アルミニウム合金溶湯内試験結果



SKD61+ZAC

※短時間で溶着が始まり部品として使用は不能。



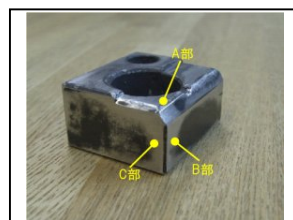
SKD61+拡散 A

※6日目より孔食が発生8日目より使用は不能。



SKD61+拡散 B

※11日目、上写真状態でコーティング膜として高評価。



ステライト No12+TBS

※11日目、上写真状態で合金に高評価。

評価

	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日
ZAC	○	△	×	—	—	—	—	—	—	—	—
拡散A	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	△	×	—	—
拡散B	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
TBS	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

※材質としてステライト No12 に高評価判断。

拡散 B コーティング膜に高評価判断。

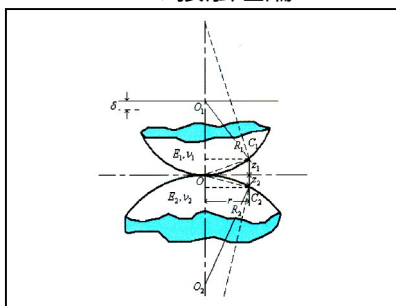
オリジナル合金成分の決定

コーティング効果によるアルミニウム合金溶湯（ADC12）内、溶着・溶損試験の結果を考慮しオリジナル合金を製作した。試験結果を評価すると、母体合金に於いては、高強度、高耐熱のコバルト基合金材の方が SKD61 材に比べ良好結果がでているため、ベース金属をコバルト基合金としたい。しかし、ステライト No12 では、溶湯アルミニウム合金（ADC12）使用温度域で硬度低下が 350HV まで落ちるので、長時間の使用には疑問が残る。よって、ステライト No12 をベースに強化を図り、オリジナル合金成分配合を行い部品を製作した。成分配合は、下記に示す。

アルミニウム合金溶湯内フレッチング疲労試験

繰り返し応力により金属疲労が生じることをフレッチング疲労と言い、フレッチング疲労が起きると、フレッチングの無いときの疲労限度よりも著しく低い応力で接触面に疲労亀裂が発生する。それによって、フレッチング疲労強度は通常の $1/2 \sim 1/3$ となることがある。

ヘルツの接触理論



左図のように O 点で接触する 2 つの球の弾性係数を E_1, E_2 とし、ポアソン比を ν_1, ν_2 とし、O 点から y の距離にあたる点 C_1, C_2 は変形前には両球の共通接線から z_1, z_2 だけ離れており、両球が押し付けられ δ だけ接近したときに接触する。

半径 R_1 の球と半径 R_2 の球の接触で、接触円半径 a 及び中心の接触距離 δ 、接触円の中心に生じる最大圧力 P_0 はヘルツの接触理論より求められる。

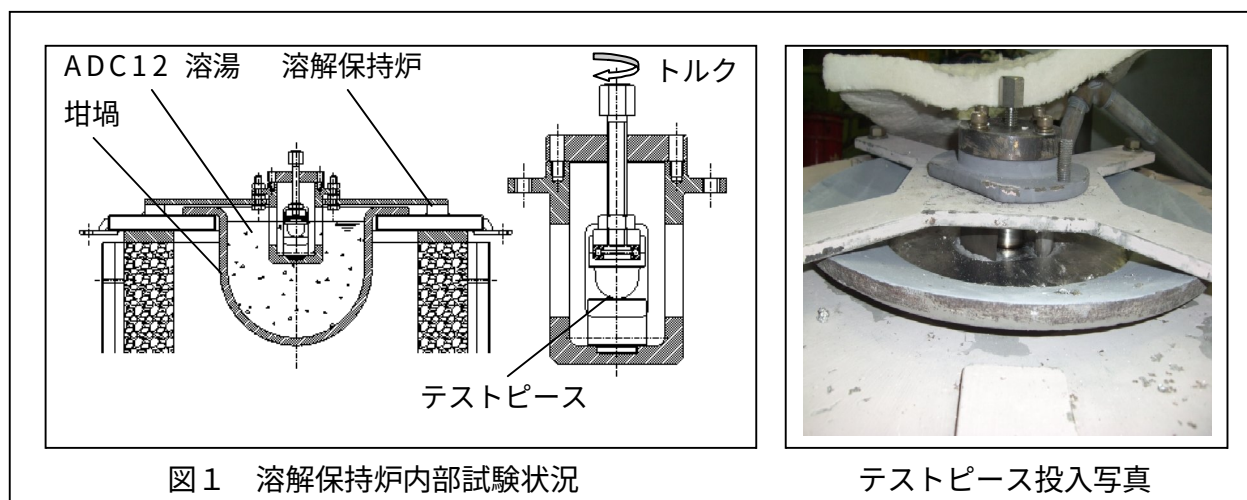
※上記の理論を応用し、新試作オリジナル合金と従来のオリジナル合金 2 種類に特殊コーティングを施したテストピース（下記図 1）を試作し射出スリーブ・射出プランジャーにみため、アルミニウム合金溶湯内で球状部品へ 20Mpa のトルクを加え疲労試験を行った。トルク加え回数 100 回、ダイカストに於ける射出駆動 10,000 回と過程し試験を行った。

設備仕様

電気ヒーター式試験用溶解保持炉にてアルミニウム合金（ADC12）を溶解。

（溶解保持炉下記写真、図 1 を参照）

- ・溶解保持設定：640℃一定
- ・溶解保持された溶湯アルミニウム（ADC12）内に投入。



※上記、アルミニウム合金溶湯内試験とフレッチング試験結果を考慮し、新試作オリジナル合金と各種コーティングを組み合わせ射出機構部品製作し②射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ防止等の開発を行う。

2-2. 射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ防止の開発

2-2-1. 目的

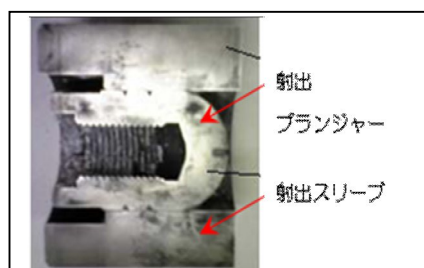
アルミニウム用ホットチャンバー ダイカストマシンの実用化を目指し射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリの防止対策を行う。

この防止策を改善することで、アルミニウム用ホットチャンバー ダイカストマシンの射出機構部品をアルミニウム溶湯内で高寿命化が可能になる。改善策として2-1項目でオリジナル合金を使用し、各種コーティングの効果を利用し、射出プランジャーの形状、寸法公差を実製造から見いだし開発する。

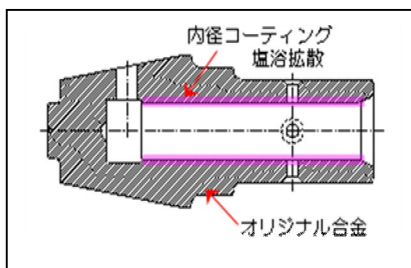
2-2-2. 課題と目標

平成20年度までの社内研究に於いて、射出プランジャーに於いては、P-CVD コーティングを施し、ある程度の結果を出しているが、射出スリーブに於いては筒形状で溶湯アルミニウム合金内に常時浸され、内径部は金属母材表面と溶湯アルミニウム合金が接触し、さらに射出プランジャーが摺動するため耐摩耗、溶湯アルミニウム合金による溶着、溶損の防止を考慮しなければならない。平成20年までのオリジナル合金では、時間が経つに連れて溶着・溶損が発生してくる現象があるため、2-1研究オリジナル金属材料を母材料として使用し、研究開発を実施する。また、射出プランジャーにて P-CVD コーティングで良好結果を示しているが、

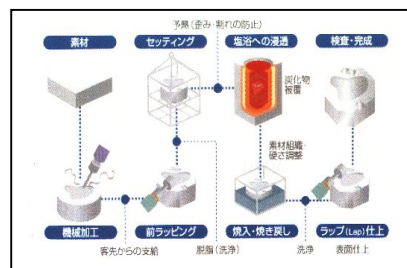
P-CVD コーティングには弱点があり、P-CVD 法では形状にもよるが、内径に膜を形成することができない。さらに、コーティング膜を形成する処理温度が溶湯アルミニウム合金保持温度（640℃～700℃）で使用する際、コーティング処理温度が500℃～550℃程度では、早期にコーティング膜が破損し使用不能になる。よって700℃～750℃以上の処理温度で、円筒形状内径にコーティングが可能なコーティングを選定すると、3層CVDコーティング（1000℃処理）、高温塩浴拡散処理2種類（900℃～1000℃処理）のコーティングを施し早期溶着、溶損防止策を3種類から見いだす。また、高温処理温度となるため、部品形状寸法制度が崩れる可能性があるが、対策として、2-1開発オリジナル合金開発から見だしアルミニウム合金鋳造試験を行う。



焼付きカジリ断面



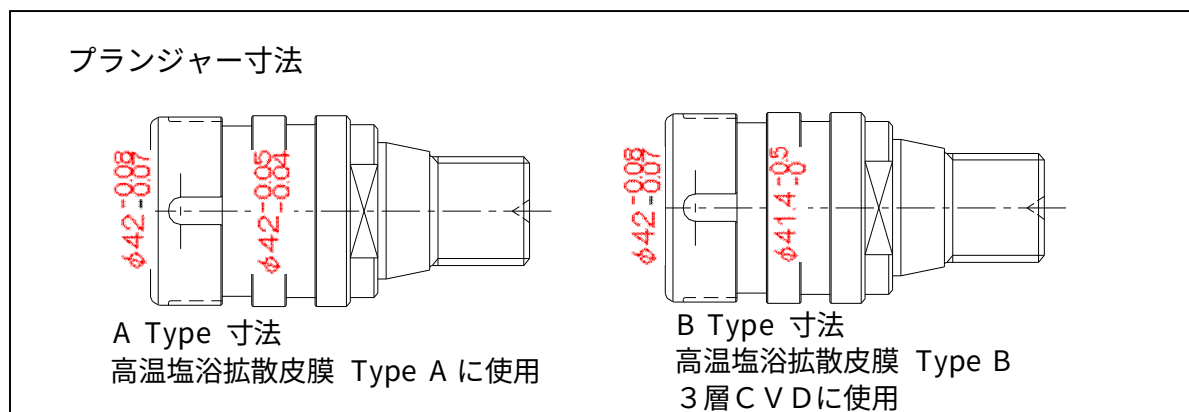
開発射出スリーブ断面



塩浴拡散プロセス

2-2-3. 成果

- ★2-1研究のオリジナル合金を使用し射出機構部品を設計製作し実鋳造試験を行った。
- ※焼き付きカジリ対策として部品表面にはコーティング膜を施し、同時にプランジャー寸法を2種類製作し形状からのアプローチも行った。プランジャーの寸法は下記図に示す。



プランジャー寸法図

★各種射出機構部品製作



オリジナル合金射出機構部品
高温塩浴拡散皮膜 Type A
プランジャー寸法：A Type



オリジナル合金射出機構部品
高温塩浴拡散皮膜 Type B
プランジャー寸法：B Type



オリジナル合金射出機構部品
3層CVD
プランジャー寸法：B Type

★結果・評価

実铸造結果・評価 No1

オリジナル合金射出機構部品
高温塩浴拡散皮膜 Type A
プランジャー寸法：A Type



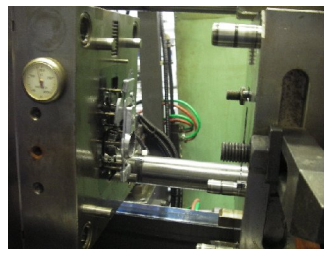
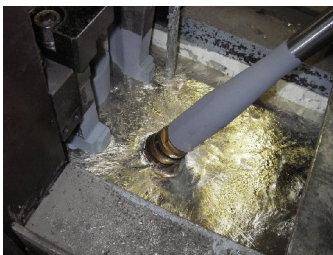
A Type 寸法は1度も铸造しないうちにカジリが発生した。プランジャー先端部はB Type 寸法にしてあるため挿入できたが上部寸法部分でカジリが生じた。

A Type 寸法/拡散皮膜 Type A 実铸造

実铸造結果・評価 No2

オリジナル合金射出機構部品
高温塩浴拡散皮膜 Type B
プランジャー寸法：B Type

オリジナル合金射出機構部品
3層CVD
プランジャー寸法：B Type



B Type 寸法は特に問題なく実铸造が可能である。コーティング膜は2種類共に安定している。しかし寿命を考えると塩浴拡散 Type B の方が良いと考える。



Type B 寸法/3層CVD・拡散皮膜 Type B 実铸造
(写真：3層CVD 実铸造)

総合的に評価して、プランジャー径寸法で大きな差を生じることが解った。A Type 上部寸法は亜鉛ダイカスト铸造に於いて最も適した寸法であるが、アルミには通用しないが B Type は良好である。また、3-1 結果で報告するが、B Type 寸法を $\phi 42/-0.06, -0.07$ ストレート寸法にすれば、さらに良くなると判断ができた。コーティングに於いては金属間化合物の発生を防止しているためカジリ問題より、焼き付き問題対策に有効であると考え。

2-3. 射出プランジャーと射出スリーブの圧力漏れ防止の開発

2-3-1. 目的

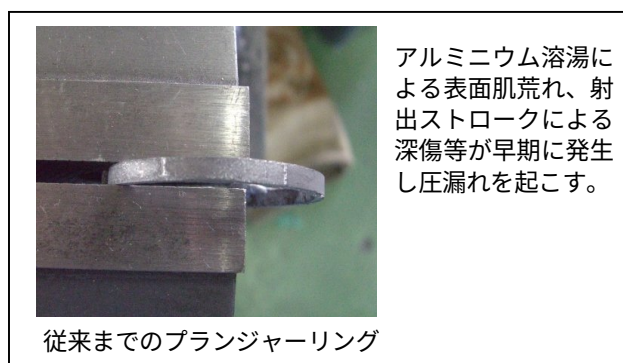
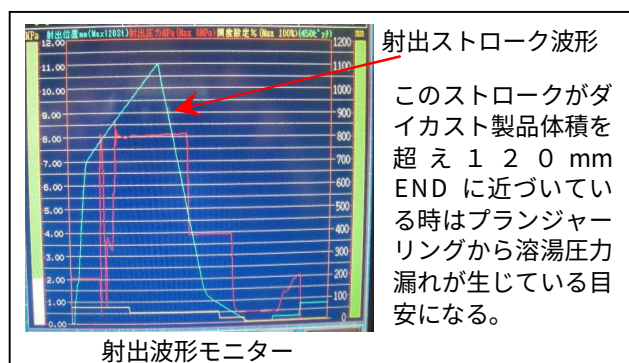
アルミニウム用ホットチャンバー ダイカストマシンの実用化を目指し射出プランジャーと射出スリーブ間の 圧力漏れ（アルミニウム溶湯金属漏れ）を防止する。金型内にアルミニウム溶湯合金を押し込む際、射出スリーブに貯まった溶湯合金を射出プランジャーで押し込むが、射出スリーブ、射出プランジャーだけの摺動だけでは焼き付き、かじりを生じる。その防止策を直径の寸法公差・形状だけでは、金型に溶湯を押し込んだ際に金型、射出プランジャー先端間に

圧力漏れを生じダイカスト製品の気密性に欠ける。よって、射出プランジャーから圧力（溶湯）漏れが起きないようにシール材を開発する。

従来ホットチャンバー方式で使用されるプランジャーリングをアルミニウムホットチャンバーダイカストマシン用プランジャーリングとして開発する。そこには、溶湯熱の問題、アルミニウム溶湯との化学反応の問題がある。アルミニウム溶湯との化学反応に於いては、2-1、2-2の研究開発から、コーティングにて改善対策を見いだした。熱に関しては、マグネシウム合金用プランジャーリングを採用し、改善策としてコーティング、マグネシウム合金用リング、形状の改善から開発プランジャーリングの実製造試験を行い、圧力漏れ防止策とする。

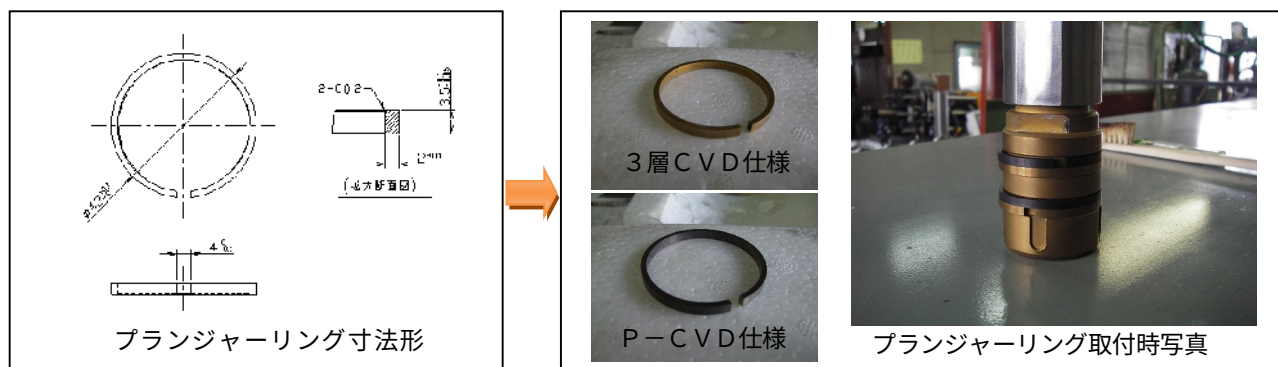
2-3-2. 課題と目標

平成20年までの社内研究に於いて、射出プランジャーと射出スリーブ間の溶湯アルミニウム合金の圧力漏れシール部品（プランジャーリング）にマグネシウムダイカスト用プランジャーリングを使用した結果、プランジャーリング表面に溶着から始まる溶損が発生し、早期に使用不能に陥った。よってプランジャーリング表面には、②研究同様3層CVDコーティングを主軸とし、比較材としてP-CVDコーティング試験も行う。高温塩浴拡散コーティングには於いては、マグネシウムダイカスト用プランジャーリング材料成分にC（炭素）が少なく拡散できないので、3層CVD、P-CVDの2種類コーティングで試験を行う。また、プランジャーリングには張力が必要になるためオリジナル合金での対処は厳しいのでプランジャーリング形状及び使用方法を新たに新設計し、アルミニウム合金製造を行う。



2-3-3. 成果

★オリジナルでプランジャーリングを作成し2-2研究開発と同時に実製造試験を行った。プランジャーリングの合金種にはマグネシウム製造で実績のあるDIN規格：W,1.2.888に各種コーティングを施し製作をした、W,1.2.888はアルミニウムには向かないがプランジャーリングは早期に破損しても良い消耗部品であり、逆にオリジナル合金は高強度材であるためプランジャーリングには向かない。また、コーティングについては炭素(C)が少ないため塩浴拡散コーティングが不可能であるため、3層CVD、P-CVDに限定した。



★結果・評価



総合的に評価すると、プランジャー自体は 2-2 研究開発 B type 寸法であるため、2-2 で評価をした様に寸法を $\phi 42/-0.06, -0.07$ ストレート寸法にすれば、鑄造時のプランジャーリング状態が変わってくると推測できるが、現状のプランジャーリングでは寿命が早いため、完成帯を考えるならば、プランジャーリングの形状変更、材質の変更が早期に必要と考える。しかし、従来のプランジャーリングと異なり、プランジャーの形状構造検討により前ページ写真のような深傷は発生しなくなり、コーティングにて表面肌荒れもなくなり、現状のままだもアルミニウム合金の鑄造は可能である。よって、今後傷もないのに圧力漏れを起こす原因を追及する課題が残る。

2-4. アルミニウム合金溶解／保持炉の試作開発

2-4-1. 目的

射出消耗品の高寿命化を計る為、高性能アルミニウム合金溶解／保持炉（以下より溶解炉とする）の開発研究を行う。前項 2-1、2-2、2-3 に於いて開発研究されたオリジナル金属による射出消耗品を有効かつ高寿命化を計る為には、精度良い温度管理と溶湯アルミニウム合金温度（以下より溶湯）の均一化が要求される。我々の平成 20 年度までの社内研究に於ける研究結果として溶湯加熱媒体に石油燃焼機器（オイルバーナー）を用いた溶解炉を使用していた。この方式だと燃焼炎の付近が局部的に加熱され、溶湯温度の不均衡が発生した。この現象より、局部加熱された消耗品が早期破損へとつながった結果が得られ、溶湯温度の均一化を計る為、精度良く温度管理ができ、制御性に富む高性能な電気式溶解炉の開発を目指す。

2-4-2. 課題と目標

アルミニウム合金を溶解・保持をさせる際、アルミニウム合金はデリケートであり、良いダイカスト製品を製造するには、原料であるアルミニウム合金溶湯の溶解・保持を細かに管理する必要がある。ガスやオイルなどの燃料をバーナーにて坩堝を温めると、局部的に熱を持つ個所から破損し、バーナーでは温度制御がばらつくため、電気式溶解保持炉を新設計し、アルミニウム合金を均一に温め部品の早期破損改善を行う。また、高性能溶解保持管理炉とし、ヒーター制御を 3 ゾーンに分けて、3 ゾーン PID 制御を行い溶湯アルミニウム合金の均一温度溶解保持を目指し高性能電気式溶解保持炉の新設計製作を行い、溶解保持試験で高性能化見込です。

液体燃料バーナー仕様



使用後の現象



※液体燃料バーナー仕様は、るつぼ壁面とアルミニウム 溶湯間に化合物が形成され、アルミニウムが剥がれない。
650℃設定：約 8 h x 15 回
溶解保持

実験用ヒーター式電気炉仕様



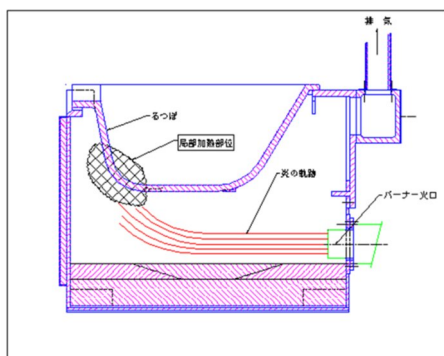
使用後の現象



※実験用ヒーター式電気炉仕様は、るつぼ壁面とアルミニウム溶湯間に化合物が発生しないため結合がない。
650℃設定：約8h x 15回
溶解保持

2-4-3. 研究開発

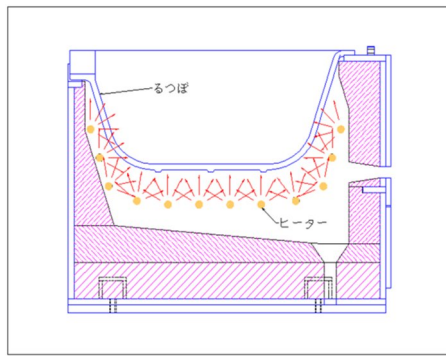
★2-4-2 課題と目標、使用後の写真を見ても解るように液体燃料式バーナー炉とヒーター式電気炉での違いは一目で解るほど化合物の発生度合いが違うため高性能電気式溶解保持炉を製作し溶解温度データーを採取した。



るつぼ式バーナー溶解保持炉構

上図のバーナー式では、図で説明する通り局部的に熱量がこもりアルミニウム合金を溶解する際均一に溶解することができないことが機械消耗部品及びアルミニウム合金自体に悪影響を及ぼす。しかし、ヒーター式では、アルミニウム合金を均一に溶解することと、ヒーター自体を制御できるのでアルミニウム合金、機械部品に対して最も適切な溶解ができるため、高性能溶解保持炉を設計開発した。

開発



るつぼ式ヒーター溶解保持炉構造

★ヒーターの選定



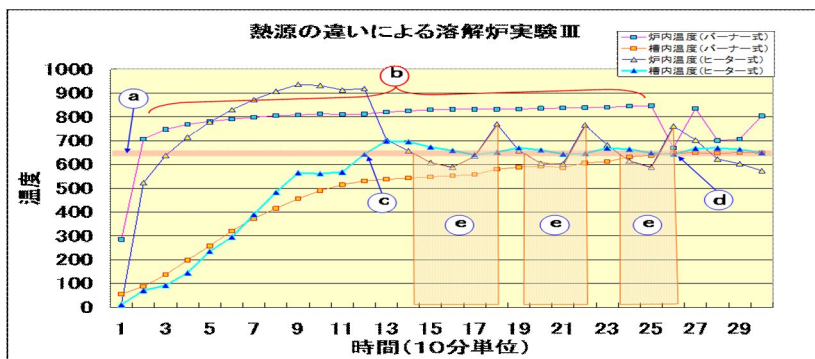
炭化ケイ素ヒーター

アルミニウム用とするため高温炉に使用可能な炭化ケイ素を選定した。他のものは使用温度域1000℃以下など、形状に制限が多いものや、一つ一つの出力が小さいためヒーター本数を多数使用しなくてはならなくなる。また、ヒーター破損時の取扱等も考え左写真のヒーターを選定した。

★熱源の違いによる溶解炉実験



高性能溶解保持炉完成写真



製作上は完成まで進むことができた。実験調整としては2時間以内の溶解については実証することが出来たが、保温維持の±5℃以内が可能かどうかの確認実験まで進めることが出来なかった。ただし、溶解保持能力としては充分な為、今後調整等で充分クリア出来る範囲内と判断出来る。

2-5. 操作性を重視したアルミニウム用ホットチャンバー量産型試作機の開発

2-5-1. 目的

従来までのアルミニウム合金ダイカスト鑄造は、コールドチャンバーダイカストマシンによる製品製造が一般的であるが、当該研究射出機構部の研究開発成果を大いに利用し、実用化に向けた操作性を重要視したアルミニウム用ホットチャンバー量産型試作機を製作開発する。

2-5-2. 研究開発

①型締機構

型締力25 Ton 機を製作。基本構造は亜鉛ダイカストマシンと同じで製作を行ったが、アルミニウムダイカスト製品市場としては、小物ダイカスト製品より中物、大物に偏るが、現市場として家電メーカー製品は、小物、中物の部類となるためコールドチャンバー最小マシン80 Ton 機を対象に1/3倍 型締力25 Ton 機で製作。



型締ユニット



型締シリンダーφ80

②射出機構

射出機構は最大重要ポイントであり、2-1、2-2、2-3 研究項目で開発しオリジナル合金、塩浴拡散コーティング Type B から構成される射出スリーブ、射出プランジャー、開発ピストンリングを装備することでアルミニウム合金ダイカスト鑄造を可能にする。また、メルティングポット、グースネックは、以前に開発したオリジナル合金で構成し、溶着をオリジナルのライニング剤で防御をする。この部品はコストがかかるため今回、大幅に形状変更をして重量を下げたためコスト低減ができた。また、射出スリーブ自体の形状も現状からコスト下げるためコンパクトにしてコスト低減に努めた。



射出機構



グースネック



射出スリーブ

現状までのグースネック取付け、セッティングには非常に時間と労力を費やしていたが、今回の開発にはグースネック事態をコンパクトにし、取付けをボルトの締付けからテコ利用したクランプ仕様で開発した。マシン外側よりグースネックを抑えるため、簡単取付けでありアルミニウム溶湯の反射熱に触れない状態でグースネックの取り外しができるようになり短時間、低コストで組み替えを可能にした。



現状取付 1



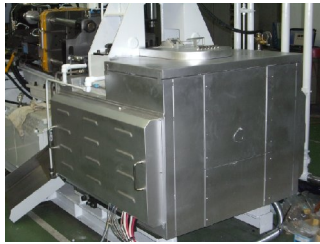
現状取付 2



新開発取付

③溶解保持炉

溶解保持炉については、2-4 研究項目開発であるため詳しくは割愛してもらうが、省エネ環境を重視し、ガス溶解保持方式から電気溶解保持方式で開発。この研究項目で開発した高性能電気式アルミ溶解保持炉を本機に装備する。



高性能溶解保持炉 1



高性能溶解保持炉 2

ノズル（グースネックから金型へ溶湯を流し込む噴射口）ヒーターに関して 亜鉛用は500℃程度で使用するが、アルミ用は690℃で使用するようになる（研究開発実績から）亜鉛用では20分程度で500℃まで達するが690℃までは達しない。そこで、開発マシンには新型ノズルヒーターを開発し装備させた。熱効率、形状、設計を施し、亜鉛用と同じ20分程度で700℃まで上がるノズルヒーターを開発。



亜鉛用ノズルヒーター



開発アルミ用ノズルヒーター

④スプレー冷却関係

アルミニウム合金は、高い溶湯温度で金型へ溶湯を鑄込むため、金型の表面温度が上がりすぎると金型内で凝固したダイカスト製品が縮まなく製品が金型から抜けてこなくなる現象に陥る。金型内部の冷却強化を考えると共に金型表面の冷却と製品を金型から剥がすためにダイカスト離型剤を噴霧状にして塗布するが、金型温度が高すぎるとこの離型剤は金型へ付着できない。よって1工程内で冷却と離型剤塗布を同時に行う装置を開発した。



亜鉛用スプレー装置



アルミホット用開発スプレー装置

⑤制御関係

制御関係に於いてはメインに、型締・射出・押出・スプレー・その他の制御は通常の亜鉛用と変わらないが溶解保持炉制御の関係で制御盤が大きくなるが開発マシンはコンパクトマシンを目標にしているためできるだけ空スペースに納めコンパクト化を図った。またマシン操作制御関係も操作性を考慮し、一括集中型で移動可能操作とした。



従来制御盤



従来操作盤



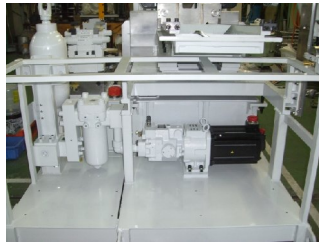
一括集中型制御関係

⑥省エネ関係

開発マシンは操作性を重視することはもちろんであるが、省エネにも貢献し環境配慮を施した。ダイカストマシンの駆動源である作動油に対して従来マシンは常時モーターポンプを動作させているが開発マシンには、サーボモーターを搭載させたポンプを使用し従来に比べて約50%程度省エネに貢献できた。また、溶解保持炉に関しても液体燃料バーナーで溶解保持をしていた亜鉛改造マシンに比べて熱効率を約50%程度省エネに貢献できた。



従来の作動油駆動



開発マシンの作動油駆動

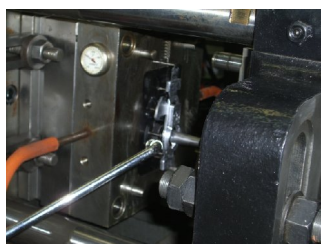
2-5-3. 成果

マシントータル的に従来の亜鉛マシン、亜鉛改造アルミ試験から比べて非常にコンパクトにまとめることができた。また、亜鉛合金の倍温度内で作業をする環境化に対して省エネを含み作業性、操作性を充実させることができた。そして早期の実用化を目指し鋳造データー採取も可能であり、現状アルミニウム合金をホットチャンバーマシンにて鋳造する技術データーはないため、このマシンにて業界的にもアルミニウム合金ダイカスト製造に一役できるマシンに仕上がった。



アルミニウム合金用ホットチャンバー ダイカストマシン

高温鋳造によるダイカスト製品製造に於けるマシン操作性の問題の解決として解決策をすべて盛り込んだため、アルミニウムダイカスト製品の鋳造が可能となり、その他社内に於けるダイカスト生産に於ける実績、マシン製作に於ける実績をプラスすることにより実用化に向けた、操作性を重視したユーザー向けのアルミニウム用ホットチャンバー ダイカストマシンを形にすることができた。



実鋳造作業風景 1



実鋳造作業風景 2

左写真は、開発アルミニウムホットチャンバーダイカストマシンを使用し連続鋳造を行った写真である。当該研究開発部品等をすべて搭載し実鋳造を行った。

このダイカストマシンには於いては、さらなるマシンの改善、コストダウンを見だし早期にアルミニウムダイカスト製品製造の確立を行い、マシン販売事業を進める。



連続鋳造



アルミダイカスト製品

第3章 全体総括

3-1 総合研究開発成果

新鑄造方法によるアルミニウムダイカスト製品製作の研究開発として第2章にて5項目の研究開発を述べてきたが、この主題の実用化には欠かせない研究開発サブテーマであった。このサブテーマを総合するとホットチャンバー方式によるアルミニウムダイカストの生産実用化がより現実に見えてきた。

①金属表面とアルミニウム合金間の金属間化合物発生問題の解決として

オリジナル合金を開発し、その合金と特殊コーティング（高温塩浴拡散皮膜 Type B）を組み合わせることで、溶湯アルミニウム合金内での金属間化合物の発生を遅らせることができた。

②射出プランジャーと射出スリーブの焼き付きカジリ問題の解決として

①の解決により、実鑄造試験が可能になりアルミニウム合金用ホットチャンバー方式による射出プランジャーと射出スリーブに対する適切な部品形状、寸法クリアランスを設定できたので焼き付きカジリ問題が解決できた。

③射出プランジャーと射出スリーブの圧力漏れ問題の解決として

①、②が解決することにより実射出状況が確認できるようになり圧力漏れの対策としてオリジナルプランジャーリングの製作と早期実用化に向けた改善策が見つかった。

④アルミニウム合金溶解／保持炉の早期部品破損問題の解決として

液体燃料バーナー使用から高性能電気式溶解保持炉への製作研究開発をしたことにより、飛躍的にメルティングポット（るつぼ）、グースネック、射出プランジャー、射出スリーブの寿命を延ばすことができる。また、アルミニウム合金溶解保持時の騒音環境の改善、熱効率アップによる省エネ化が達成できた。

⑤高温鑄造によるダイカスト製品製造に於けるマシン操作性の問題の解決として

①～④項の解決策をすべて盛り込んだため、アルミニウムダイカスト製品の鑄造が可能となり、その他社内に於けるダイカスト生産に於ける実績、マシン製作に於ける実績をプラスすることにより実用化に向けた、操作性を重視したユーザー向けのアルミニウム用ホットチャンバー ダイカストマシンを形にすることができた。

当該研究にて製作した製品名：オープナー（飲料水キャップ開閉用装飾品）



亜鉛ダイカスト



アルミダイカスト

同一金型で亜鉛ダイカストとアルミダイカストを製作比較。
製品密度について（亜鉛ダイカスト製品より算出）
総重量 164.7g／製品密度 6.8g/cm³(Zn) = 24.22cm³
24.22cm³ x ADC12 密度 2.7g/cm³(AL) = 65.39g
写真 68.0g により密度良好。



通常ペットボトル



缶

顧問デザイン Design
(株) アイロムスタッフ
取締役会長 依田 真吾
(JIDA 会員)
Shingo Yoda

3-2. 研究開発後の課題・事業化展開

研究開発後の課題として、実鑄造試験時プランジャーリングによる圧力漏れの改善策が見えたが、プランジャーリングの寿命が非常に短いことが問題で、寿命向上が当面の目標であり課題である。しかし、当該研究にて解決策をある程度見いだしているため早期実用化にありつきたい。プランジャーリングの改善策として、今後プランジャー形状変更、プランジャーリングの寸法・形状変更を施し実鑄造により早期実用化できること確信している。幸い、試験と同時に当該研究で開発したアルミ用ホットチャンバーマシンを使用し試作・少量生産でも依頼をしたいというユーザーもいるため、この好意に甘え鑄造試験と同時にアルミダイカスト製品を製造し事業化を展開する。また、ダイカストマシンに於いてはダイカストユーザーの声もあるため協力会社のエーケー産業株式会社へ委託し、さらなるマシンの改善、コストダウン、を見だしマシン販売の事業化も進める。

参考文献

改訂版 ダイカスト技能者ハンドブック 全国ダイカスト工業協同組合連合会
印刷所：株式会社 双葉レイアウト
ダイカスト技術ニュース 社団法人 日本ダイカスト協会

参考資料文献提供協力社
埼玉大学 工学部機械工学科 材料力学研究室
大同アミスター 株式会社
株式会社トーカロ

禁 無 断 転 載

平成22年3月31日

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業 成果報告書

株式会社 エーケーダイカスト工業所
〒171-0022
東京都豊島区南池袋 2-30-16 グリックビル 4F
TEL:03-3986-6556 FAX:03-3980-2900
E-mail: akd-3441@oregano.ocn.ne.jp
