

平成20～22年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「鋳鉄金型によるアルミニウムダイカスト法の研究開発」

研究開発成果等報告書

平成23年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 財団法人埼玉県中小企業振興公社

成果報告書目次

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
1-2	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	7
1-4	当該研究開発の連絡窓口	8
第2章	前処理技術への対応 (最適な薬品処理条件の検証)	9
第3章	熱処理技術への対応	
3-1	熱処理条件が与える脱炭層深さへの影響の検討	12
第4章	鑄造試験による実用性の検討 (耐久性向上)	13
第5章	金型の試作	
5-1	本研究技術を用いた金型の試作	16
5-2	製品の試打ち結果	18
第6章	全体総括	
6-1	全体総括	20
6-2	今後の研究開発及び事業化に向けて	20

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

軽量化による燃費向上を狙って自動車業界ではエンジン本体やシリンダヘッド・ブロックなど铸造部品へのアルミニウム合金の適用が拡大している。アルミ铸造時に長年課題とされているのが铸造時に使用するストーク・ポッド・るつぼ・金型などといった主要铸造部品がアルミ溶湯との反応によりその部品寿命が極端に低下するという課題である。生産現場では、铸造部材の損傷がある程度進んだ時点で、一度アルミ製品の生産を中断して铸造部材の交換を行っている。その頻度は平均して月一回のペースにも及ぶとされている。

特に金型の実用化にあつては、本研究で視野における自動車のような民生用工業製品では、平成18年11月に(社)日本ダイカスト協会から発行されている「ダイカスト産業ビジョン」に述べられているように生産中止後も補修部品として様々な部品の要求があるがそれらの部品を常時十分な数だけそろえて持つことは保管経費と資産効率の点で不利益が大きすぎるため、必要に応じて生産することが行われる。このため古い金型も保管され補修部品が減少したり欠乏品に対する受注時に、その金型により極少量の生産が行われるのが現状である。この古い金型の保管経費の負担が大きいため保管経費削減の目的で試作金型と同様に耐久性が劣るが新しい金型を作る方法によって少量生産を行う場合がある。本研究の技術を応用して従来金型と比較して安価な铸造金型を製作し、アルミダイカスト製品を1,000個程度生産できる耐久性を持たせることでこのニーズに応えようとするものである。

1-1-2 研究開発の目的

本研究では、アルミ铸造の際に使用される铸造部品に耐溶損性を付与する事を目的に、従来より行われている窒化处理やセラミック被膜などの高価で高度な表面处理方法に替わり、高度な装置・技能を要さず、部品製造メーカーはもちろん、铸造現場でも採用可能な低コストの方法を開発するものである。

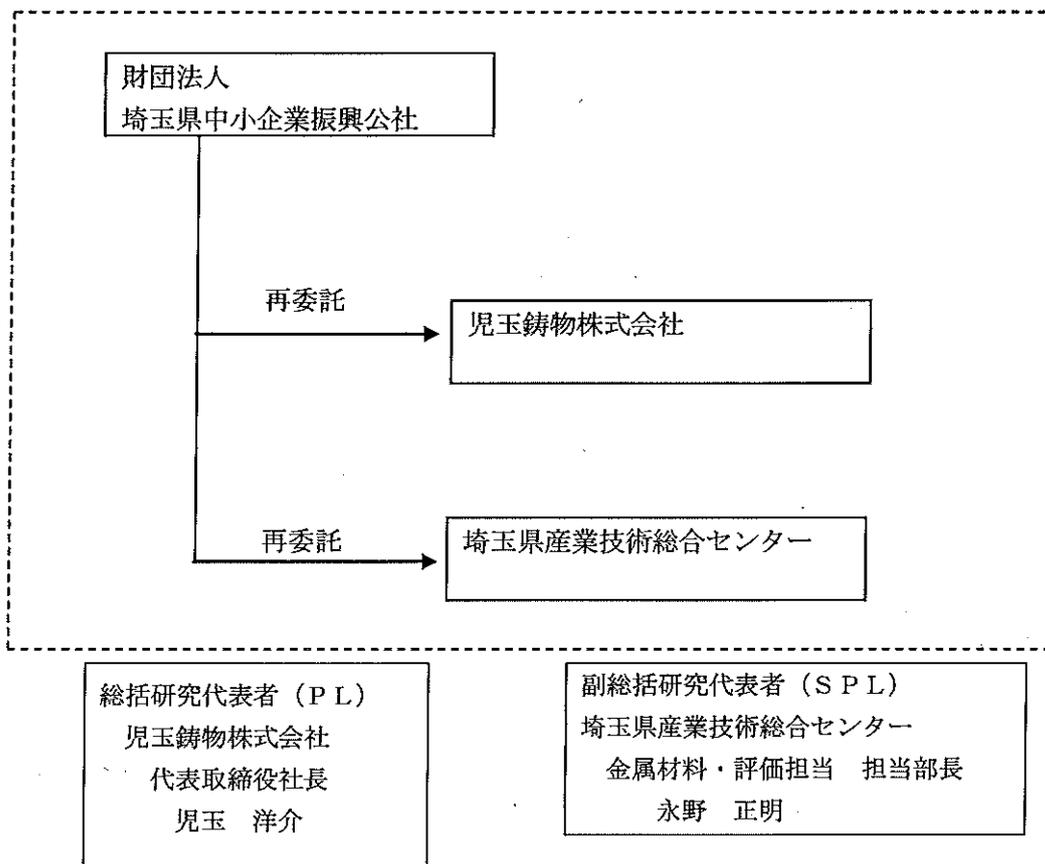
1-1-3 研究の目標

上記方法を活用し、表面部の皮膜処理だけでなく、母材の一部にも特殊な処理を施すことにより、浸食による铸造部品の劣化速度を緩める効果を持った技術を開発し、ストーク・ポッド・るつぼ及び铸造金型(小ロット用)への実用化を目指す。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織及び管理体制

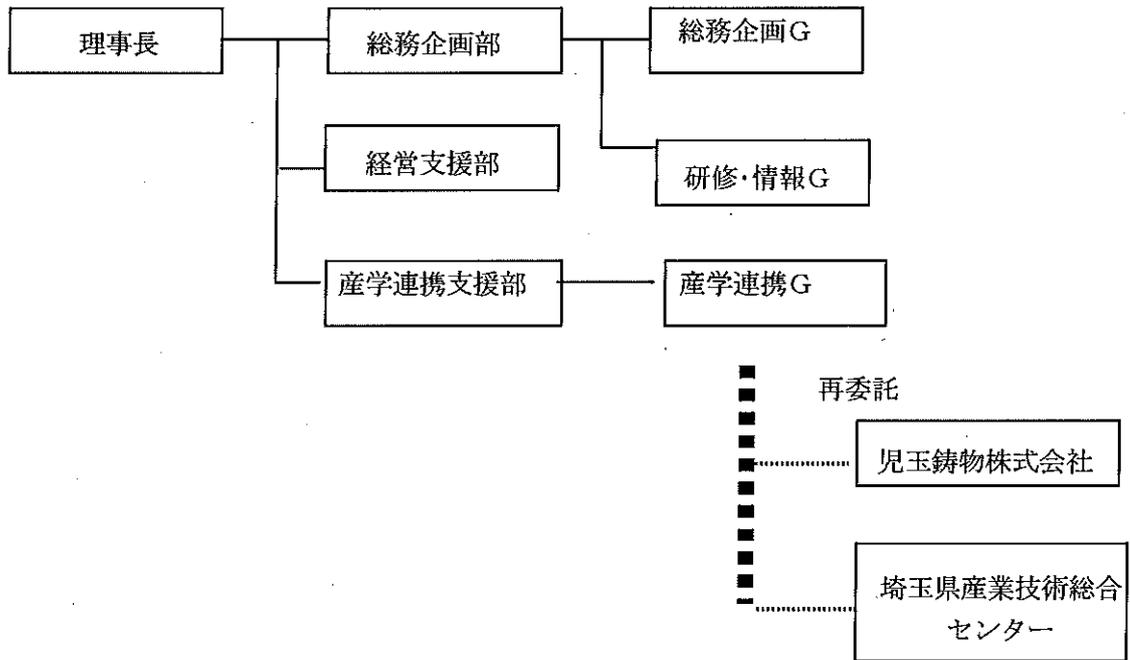
1) 研究組織 (全体)



2) 管理体制

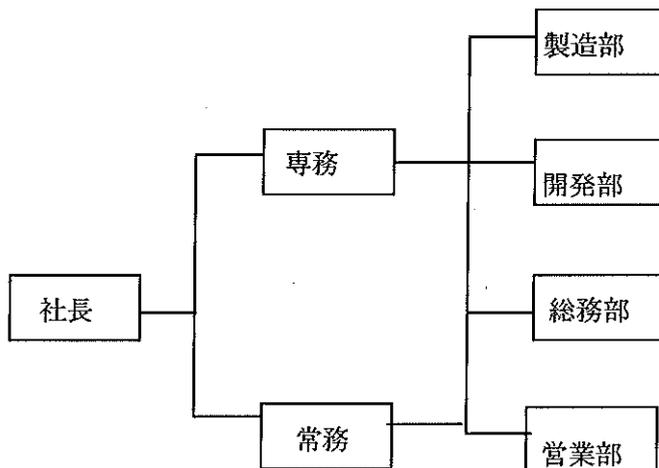
①事業管理者

[財団法人埼玉県中小企業振興公社]

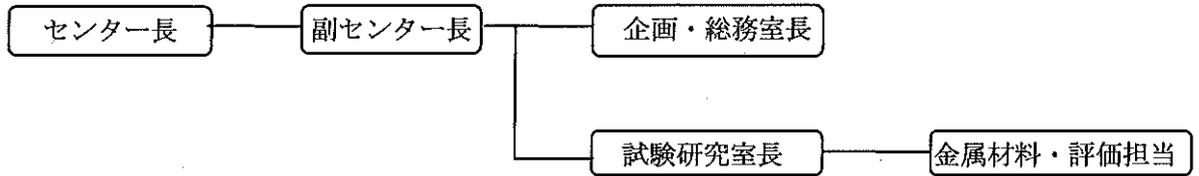


② (再委託先)

児玉鋳物株式会社



埼玉県産業技術総合センター



1-2-2 管理員及び研究員

【事業管理者】 財団法人埼玉県中小企業振興公社

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
中島 和弘	産学連携支援部 産学連携グループ 主査	④
関根 一宣	産学連携支援部 産学連携グループ 主査	④

【再委託先】

児玉鋳物株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
児玉 洋介	代表取締役社長	①③
児玉 賢一郎	常務取締役	①②③
飯塚 文夫	工場長	②
桜井 次男	係長	②
佐藤 充良	係長	①
宮内 隆和	研究員	①

埼玉県産業技術総合センター

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
永野 正明	金属材料・評価担当 担当部長	②③
秋山 稔	金属材料・評価担当 主任	②③
菊池 和尚	金属材料・評価担当 主任	②③
原田 雅典	金属材料・評価担当 技師	②③

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)

財団法人埼玉県中小企業振興公社

(経理担当者) 産学連携支援部産学連携グループ 主査 中島 和弘

(業務管理者) 産学連携支援部 部長 中島 規之

(再委託先)

児玉鋳物株式会社

(経理担当者) 専務取締役 岸 実

(業務管理者) 常務取締役 児玉 賢一郎

埼玉県産業技術総合センター

(経理担当者) 総務・企画室 担当部長 遠藤 治

(業務管理者) 試験研究室副室長 北村 英三

1-2-4 他からの指導・協力者
プロジェクト委員会

氏名	所属・役職	備考
児玉 洋介	児玉鋳物株式会社 代表取締役社長	委員長【PL】
児玉 賢一郎	児玉鋳物株式会社 常務取締役	
永野 正明	埼玉県産業技術総合センター 金属材料・評価担当担当部長	副委員長【SL】
秋山 稔	埼玉県産業技術総合センター 主任	
菊池 和尚	埼玉県産業技術総合センター 主任	
原田 雅典	埼玉県産業技術総合センター 技師	
厚澤 義一	本田金属技術(株) 生産事業本部 金型製作グループチーフ	
荒木 慎太郎	本田金属技術(株) 生産事業本部 製品設計グループチーフ	
関根 一宣	財団法人埼玉県中小企業振興公社 産学連携支援部 主査	
石井 博之	財団法人埼玉県中小企業振興公社 産学連携コーディネータ	

1-3 成果概要

1-3-1 研究開発概要

今年度は次の以下のテーマについて研究開発を行った。

①前処理（薬品処理）への対応

<目的> 薬品処理時間の短縮により生産性の向上

（実施者：児玉鋳物株式会社、埼玉県産業技術総合センター）

<内容> 生産性の向上のために薬品処理時間を変化させて黒皮の除去状態を検証し、最短の薬品処理時間を見いだす。

②熱処理技術への対応

<目的> 熱処理条件が与える脱炭層深さへの影響の検討

（実施者：児玉鋳物株式会社、埼玉県産業技術総合センター）

<内容> 今年度の脱炭法においては、約 1,000 μ m 程度の層を出来きるだけ短時間で生成することを目標にする。熱処理温度、処理時間、処理雰囲気（粉体を用いる）などの各条件が脱炭層の深さにどのように影響するか検討し、形成時間の最小化を図る。

③鋳造試験による実用性の検討

<目的> ・試験片の耐久時間の向上

・本研究で開発した技術を用いて金型を製作し、その実用性を検証する。

（実施者：児玉鋳物株式会社、埼玉県産業技術総合センター）

<内容> ・耐久時間の向上（目標：80時間以上）のために試験片にコーティング（2種類）を施しその効果を検証する。

・金型を実際のダイカストマシンに組み込んで実際に製品を製作し、その耐久性を検証する。

1-3-2 研究結果概要

今年度の実験では、本技術で製作した金型を用いて実際にアルミダイカスト製品を生産したところ 1,000 ショット以上の耐久性を確認することが出来た。

① 金型製作に必要な 1,000 ミクロンの脱炭層を 8 時間で形成させる熱処理条件を見出した。

② 小ロット用（1,000 ショット程度）の金型の実用化が可能となった。

第2章 前処理技術への対応（最適な薬品処理条件の検証）

2-1 実験目的

黒皮を除去する方法として、一般的機械加工による切削除去が考えられる。しかし、本研究で製品化の対象としているるつぼ等は、機械加工で黒皮を除去するためには、その形状からコストがかかる。そこで薬品による洗浄によって、鋳鉄部材表面の黒皮を除去する方法を考えた。使用する薬品の種類（A、B、C）・濃度（L1、L2、L3、L4）・温度（T1、T2、T3、T4）をそれぞれ変化させて、黒皮除去条件の最適化を行う。さらに薬品、濃度、温度の最適条件を用いて処理時間を変化させて処理時間による表面状態の違いを検証する。

2-2 実験方法

実験に使用した試験片は、図2-1のような30mm×15mm×300mmの寸法で長さ20mm程度に切断する。その後、切断面をテフロン板に密着させて薬品の進入を防ぐように固定する。この状態で恒温水槽で一定温度（工場で生産時の温度）に保った薬品の中に浸漬させ、黒皮除去を行った後に機械加工で黒皮を除去したときと同様の熱処理を行い脱炭層の形成状態を観察した。また、表面状態をデジタルマイクロスコープで観察及び画像解析を行った。

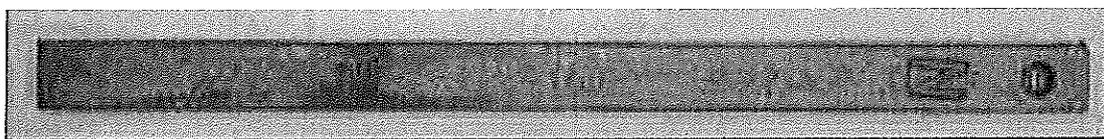


図2-1 薬品処理用試験片

2-3 実験結果

各種実験を行った結果、薬品Aと薬品Bが同等の結果を示したが扱いやすさ等を考慮して本研究では、薬品Aを採用した。薬品Aにおける各種条件での脱炭層の厚さの変化を図2-2に示す。全体的に濃度L2が安定した脱炭層を形成したことから生産現場の安全性を考慮して処理温度をT2に決定した。さらに、処理時間の最適化を図るために前述した条件で処理時間をt1、t2、t3、t4に変化させて表面状態を観察したところ図2-3に示すように処理時間の変化させても表面状態の違いはみられなかった。この結果から、生産現場においては、酸処理をt1以上行えばよいことがわかった。また、処理時間が多くなっても結果が変わらないことから生産管理の上でも有利であると考えられる。

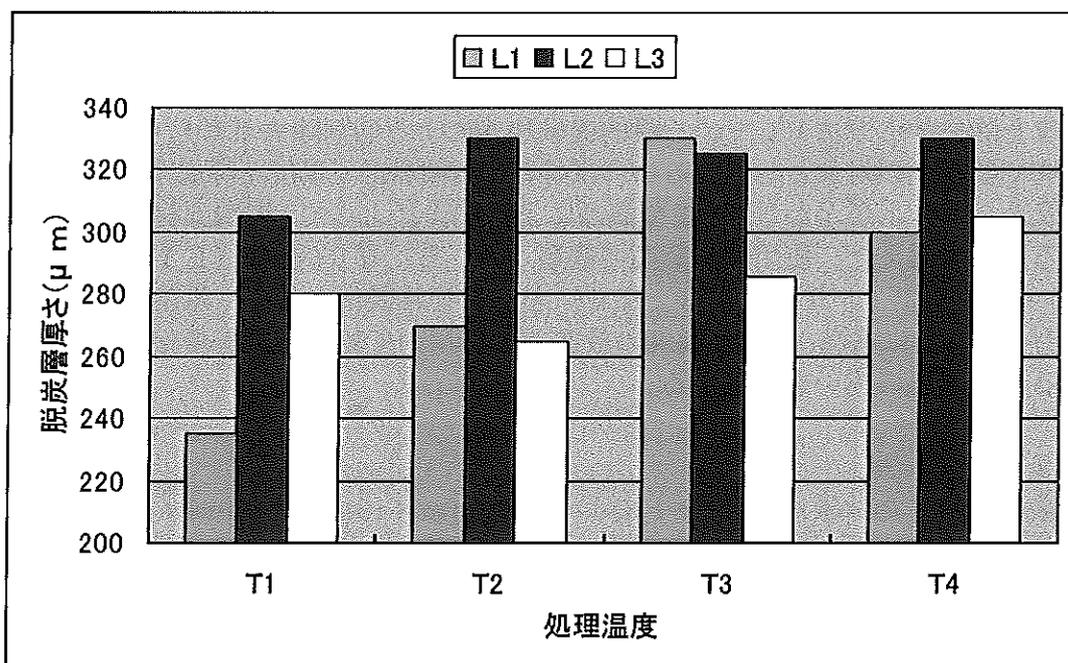


図 2-2 脱炭層の厚さの変化

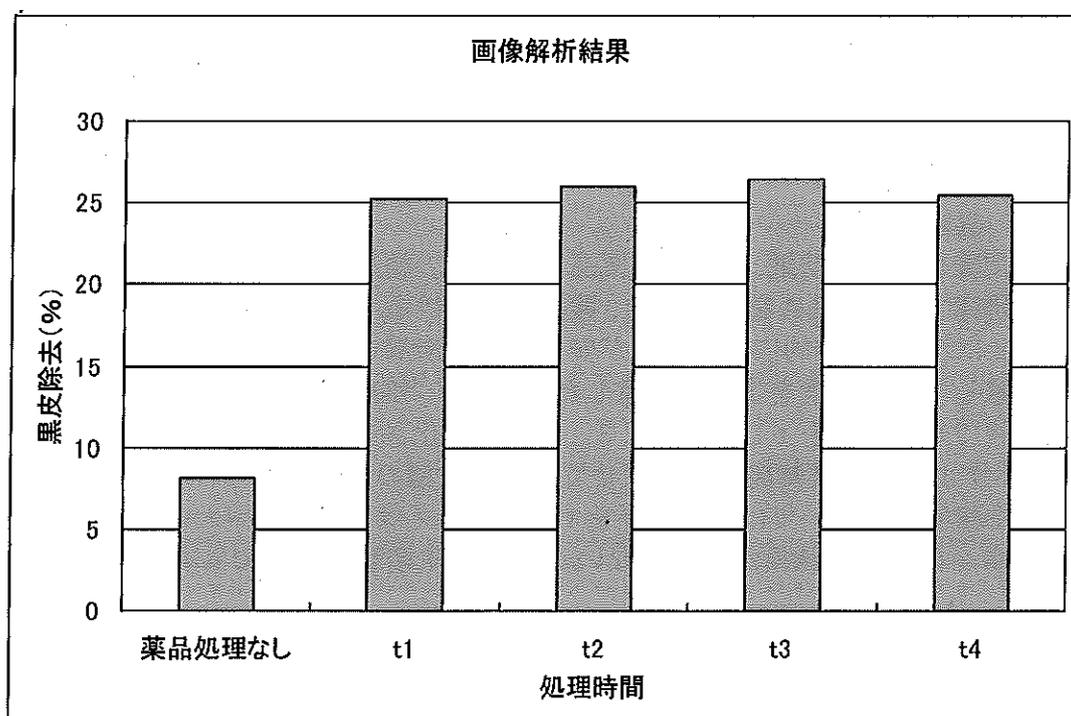


図 2-3 処理時間の違いによる画像解析結果

第3章 熱処理技術への対応

3-1 熱処理条件が与える脱炭層深さへの影響の検討

3-1-1 目的

粉体中で熱処理をすると脱炭層が形成された。そこで、熱処理条件が変化することで、脱炭層深さにどのような影響が現れるか確認し、適切な熱処理条件を調査する。

3-1-2 実験方法

使用した試験片は0.8Cr 鑄鉄標準試験片で、図3-1-1のように粉体を充填した容器の中に試験片を入れて密閉し、表3-1-1の条件で熱処理を行う。

表3-1-1 熱処理条件

温度 (°C)	時間 (h)
T 1	t 1
	t 2
	t 3
	t 4
	t 5
	t 6
	t 7
	t 8
T 2	t 5
	t 6
	t 7
	t 8
	t 9
	t 10
	t 11
t 12	

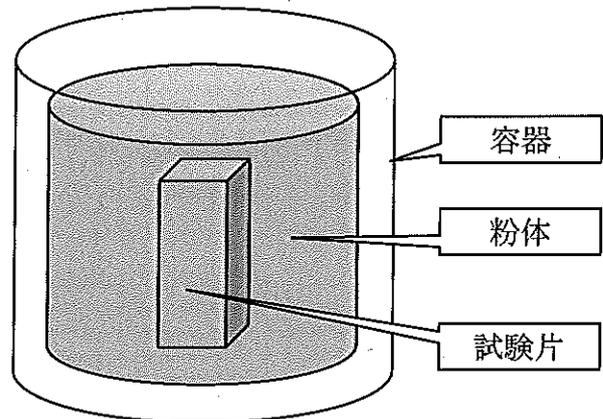


図3-1-1 実験方法

<実験方法>

- ・試験片を、粉体で充填した容器に入れて、密閉する。
- ・設定温度に対する温度変動±10K以内にする。
- ・常温から3時間で昇温、処理時間経過後に炉冷。

3-1-3 実験結果

大気中で熱処理した場合と違い、粉体中で熱処理すると生地組織中の黒鉛も脱炭しているようであった。そこで、脱炭層をフェライト地とパーライト地に分けて測定した。

その結果、両者の合計深さでは、T2℃よりもT1℃の方が、どの保持時間でも深かった。またT1℃でもT2℃でも、保持時間が長くなるにつれて、深くなった。T1℃、t8hでは、1,400μmの深さになった。

しかし、T1℃で熱処理を行った場合、全体的に粉体が熱で焼結してしまい試験片を取り出すために時間がかかった。T2℃で熱処理を行った場合は、粉体は、固まらずに試験片をすぐに取り出せた。以上のことから金型を製作するための熱処理条件としては、生産性を考慮して、T2℃でt6hの条件を採用することに決定した。

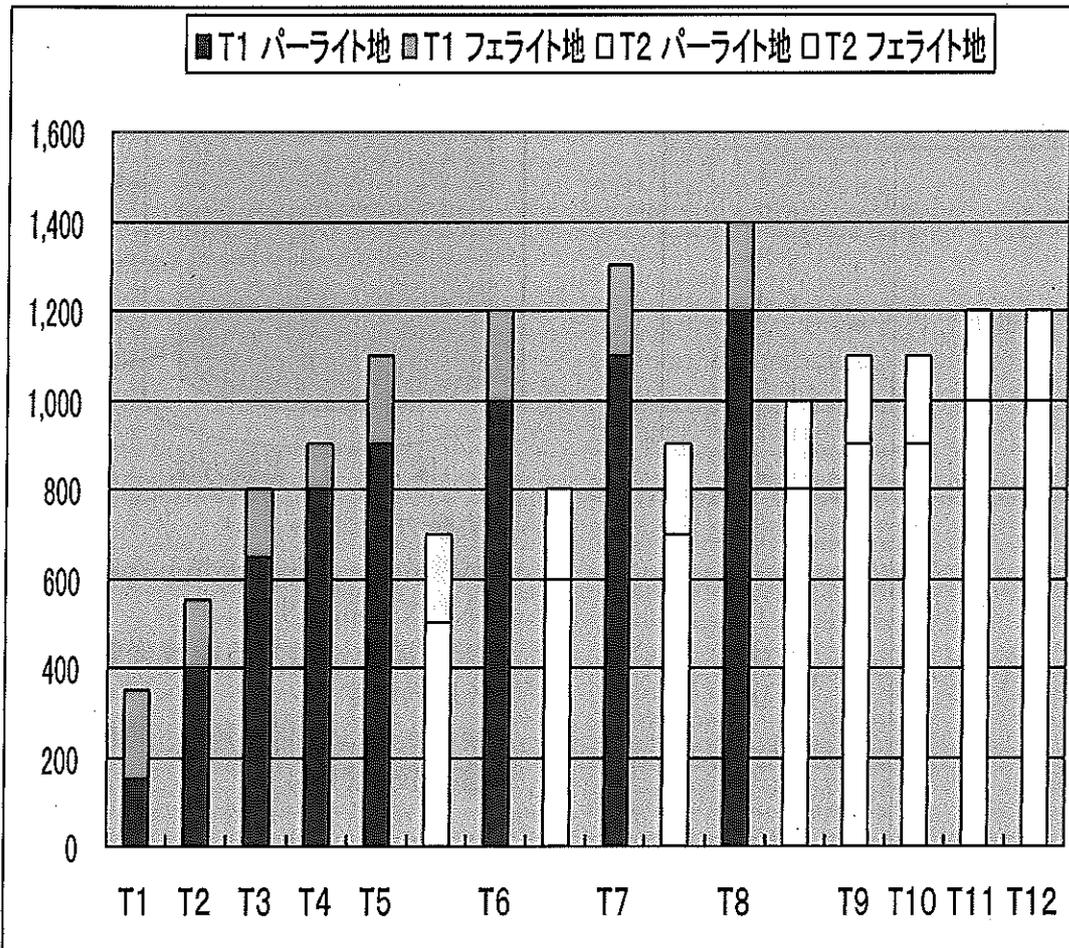


図 3-1-2 脱炭層深さ

第4章 鋳造試験による実用性の検討（耐久性向上）

4-1 試験片における炭素濃度の最適化検討

4-1-1 研究目的

母材の炭素濃度が変化することで耐久時間にどのような影響が現れるか確認し、適切な炭素濃度を調査する。これまでと同様に、アルミ溶湯中に鋳鉄試験片を一定時間浸漬させて、溶損するまでの時間が測定可能な浸食試験装置を用いて実験を行った。

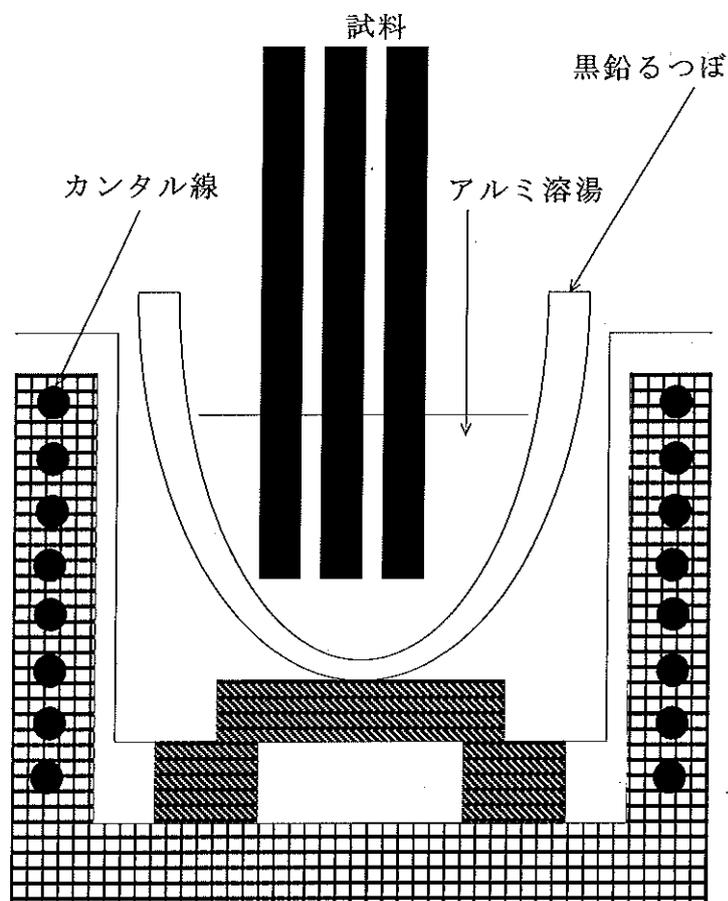


図 4-1-1 簡易型浸食試験装置

4-1-2 試験方法

耐アルミ溶湯溶損性の評価方法として、簡易型の浸食試験装置を用いる。図 4-1-1 に装置の模式図を示す。黒鉛るつぼ内で溶解させたアルミ溶湯中に試験片を浸漬し、試験片を機械的に上下運動させ、溶損するまでの耐久時間を測定する。

試験条件

<試験片>

材質：0.8Cr 鋳鉄

形状：φ30×300mm

炭素濃度：c1、c2、c3(%)

<試験条件>

試験片の往復ストローク…100mm

アルミ溶湯の種類…ADC12

試験温度…740°C±20°C

4-1-3 試験結果

各炭素濃度での耐久試験結果を図4-1-2に示す。

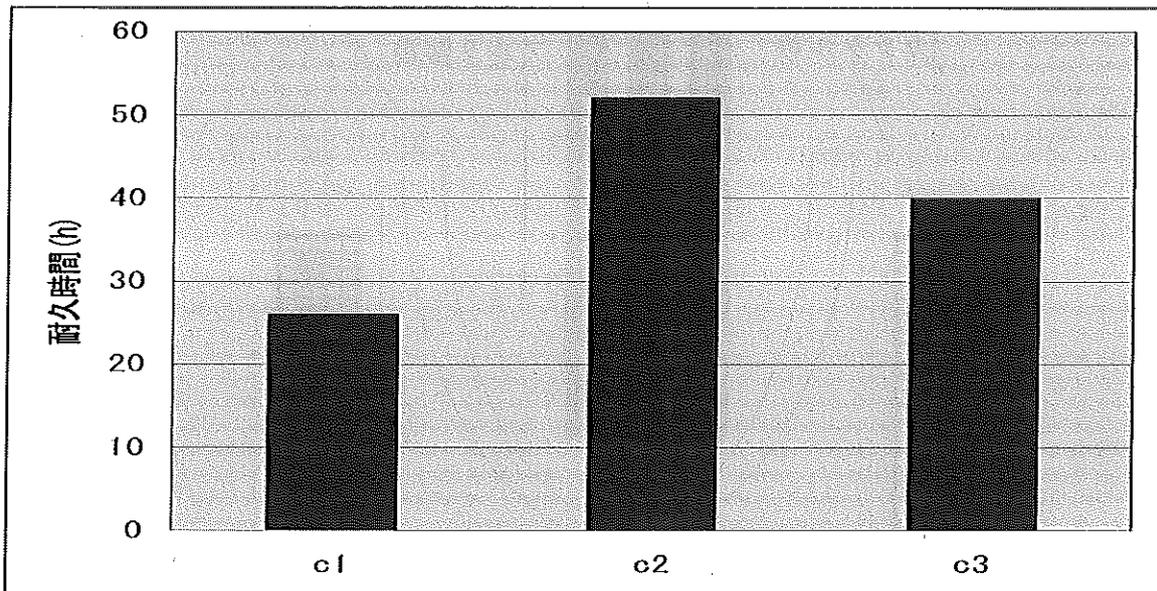


図4-1-2 耐久試験結果

図4-1-2の試験結果から、c1、c3の試験片に比しc2試験片の耐久時間が長かったことが分かる。これより、炭素濃度が高い場合も低い場合も耐久性が低下すると考えられ、c2が適切であると考えられる。

また、耐久時間に関して、従来の試験片と同等の耐久時間が得られたと考えられる。

4-2 熱処理炉の比較

4-2-1 目的

これまで本研究では熱処理を電気炉で行ってきたが、電気炉は試験研究用の炉であり、今後は量産用のガス炉での生産が必要となる。そこで、ガス炉で熱処理したものと、電気炉で熱処理したもので耐久性に差があるか比較した。

4-2-2 試験方法

これまで電気炉で行ってきた熱処理と同じ条件（温度・時間）でガス炉にて処理したものを耐久試験にて比較した。ただし、電気炉内の雰囲気は大気中と同等の条件であるが、ガス炉については雰囲気調整を施した。

4-2-3 試験結果

図 4-2-3 に耐久試験結果を示す。

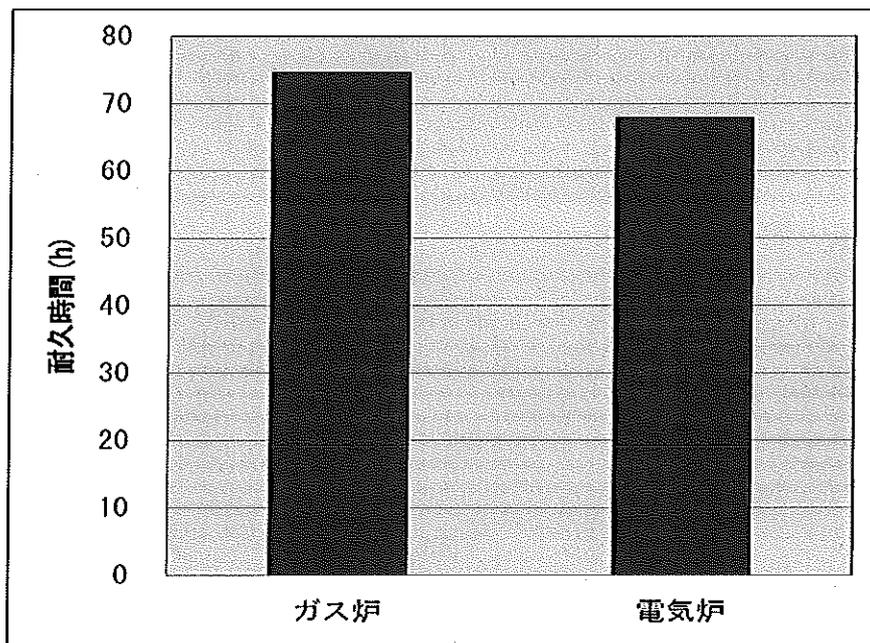


図 4-2-3 熱処理炉による耐久試験の比較

図 4-2-3 の試験結果から電気炉処理の試料に比して、ガス炉処理の試料の耐久性がやや高いことが分かる。このことから、量産用ガス炉で雰囲気調整した状態での熱処理は、電気炉による熱処理より優位性があると考えられる。

第5章 金型の試作

5-1 本研究技術を用いた金型の試作

5-1-1 実験目的

本研究の技術を応用して従来金型と比較して安価な鋳鉄金型を製作し、アルミダイカスト製品を1,000個程度生産できる耐久性を持たせることを目的とした。

5-1-2 実験方法

本研究に使用した研究用サンプルの形状を図5-1-1に示す。

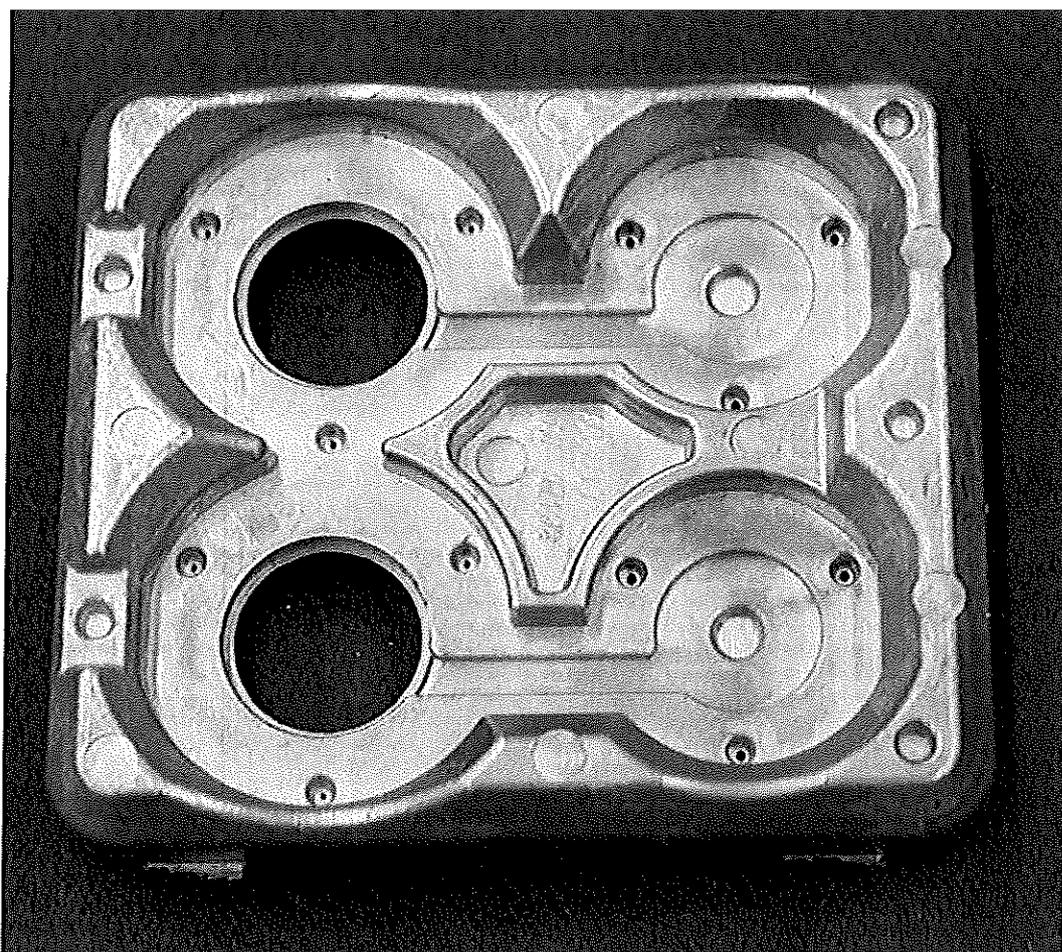


図5-1-1 研究用サンプル形状

本研究で使用している鋳鉄を用いて図 5-1-2 の工程で作製する。

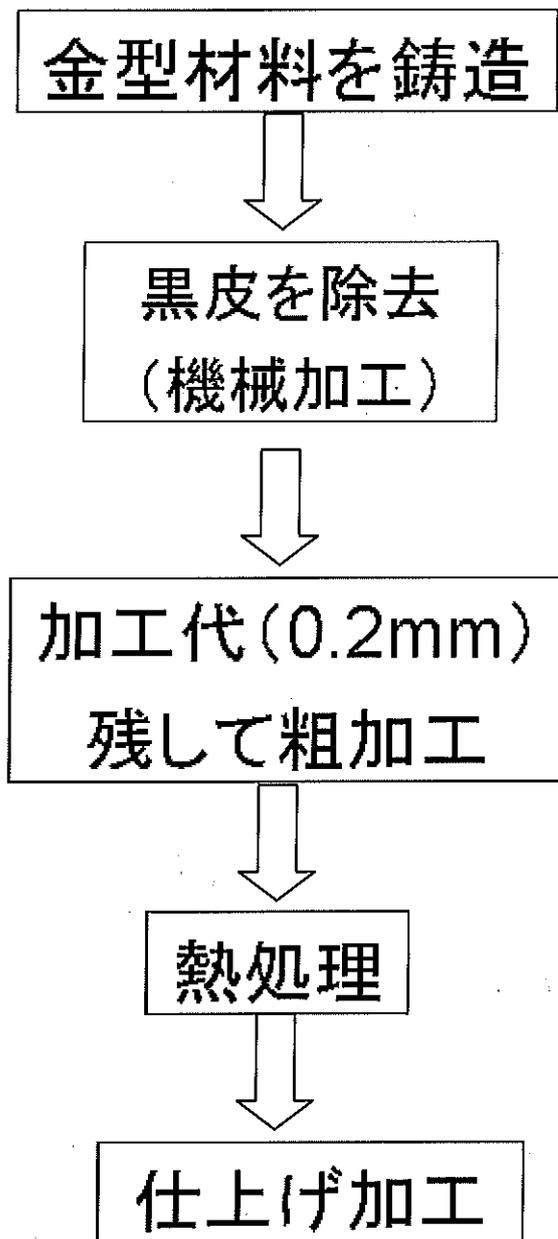


図 5-1-2 金型の製作工程

5-2 製品の試打ち結果

5-2-1 研究用サンプル試打ち

完成した金型を用いて(有)協和合金の協力の下、ダイカストマシンで実際に研究用サンプルを作製した。

鑄造条件を表 5-2-1 に示す。

表 5-2-1 鑄造に使用したダイカストマシン及び鑄造条件

鑄造条件	鑄造機	東洋機械金属製 横型ダイカストマシン 125トン
	鑄造合金	ADC-12
	溶解温度	680°C 温度調整器にて設定
	離型剤	離型剤 1、離型剤2
	射出圧力	600 kg/cm ²
	射出速度	低速 0.25m/S 高速 1.2m/S
	チップ径	φ50
	ショットサイクル	20S
	型開時間	4S

5-2-2 結果

離型剤1を用いて行った試打ちでは、250ショットまでは、問題なかった。しかし、その後金型に亀裂があらわれはじめ、300ショットでは、金型の堰部分が破損している。また、製品の至る所に金型に亀裂が生じたためのしわが見受けられた。しかし、金型破損の原因は、アルミ溶湯による溶損ではなく、ヒートショックによるものと溶湯との摩擦によるすくわれによるものであった。

従って、ヒートショックを少なくする離型剤を用いてヒートショックを改善すれば、ショット数の少ない試作金型や欠乏品を受注時の極少量の生産が行われる金型への応用は、十分に可能性があると考えられる。そこで離型剤2を用いてもう一度実験を行った。その結果、図 5-2-3、4 に示すとおり 1,041 ショットを終えてもゲート部等の損傷がなく良好な結果を得た。これは、ヒートショックを軽減する離型剤2を使用したために金型の寿命が延びたと考えられる。このことから小ロットの金型や試作金型での需要が見込まれる。

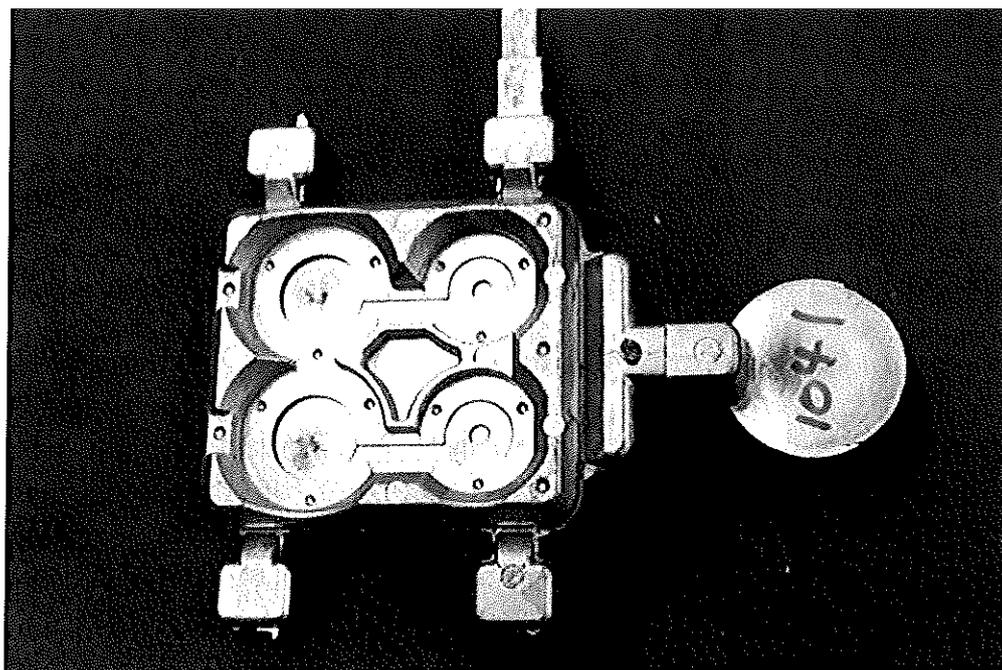


図 5-2-3 離型剤 2 使用 1,041 ショット目

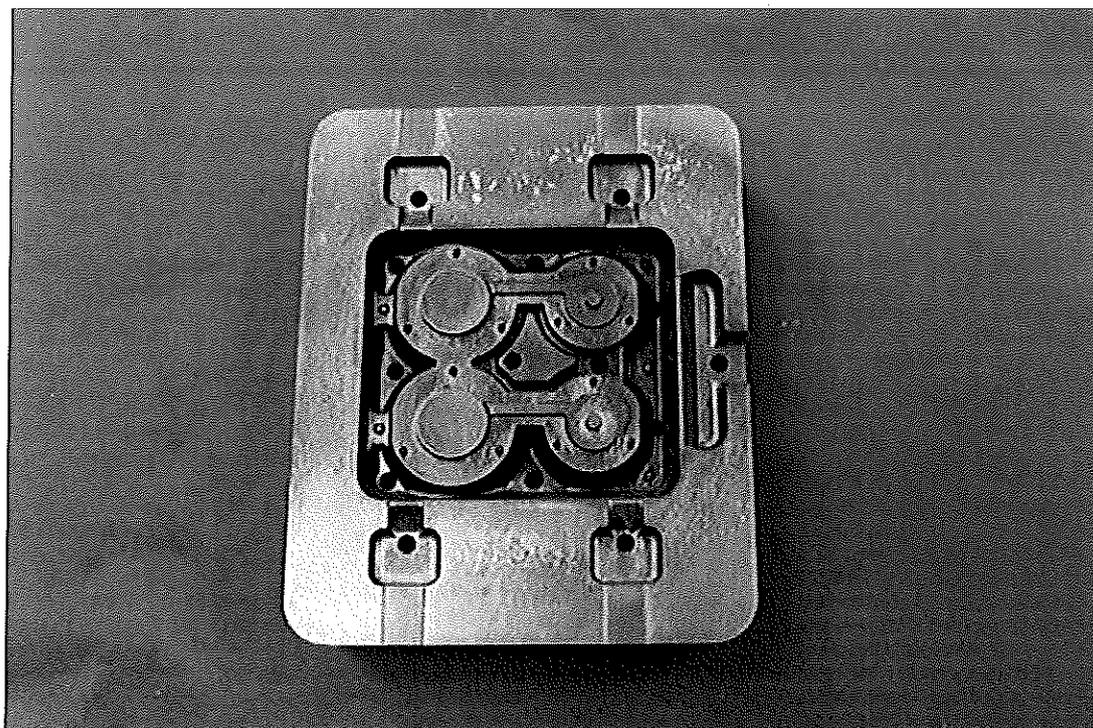


図 5-2-4 試打ち後の金型

第6章 全体総括

6-1 全体総括

黒皮のまま製品となるるつぼ、ラドルに関しては、最適な酸処理条件及び熱処理条件を見だし従来品の2倍の耐久性を実現した。

金型は、本研究で開発した技術を使用して1,000ショット程度の小ロット生産用のものに使用できるものの開発に成功した。

6-2 今後の研究開発及び事業化に向けて

6-2-1 るつぼ

本研究で浸食試験を行う際に使用したるつぼは、図6-1-1に示す $\phi 170$ のものであるが実験状況における耐久性は、1,000時間以上と十分実用に耐えられると判断した。そこで現在、M社に納入していた図6-1-2に示す口径500サイズのるつぼを、本研究で開発した製品に変更したところ、従来品は1ヶ月で交換していたが、当製品は、2ヶ月使用しておりさらに使用期間を3ヶ月に伸ばすことにチャレンジしていく。



図6-2-1 実験に使用した $\phi 170$ るつぼ

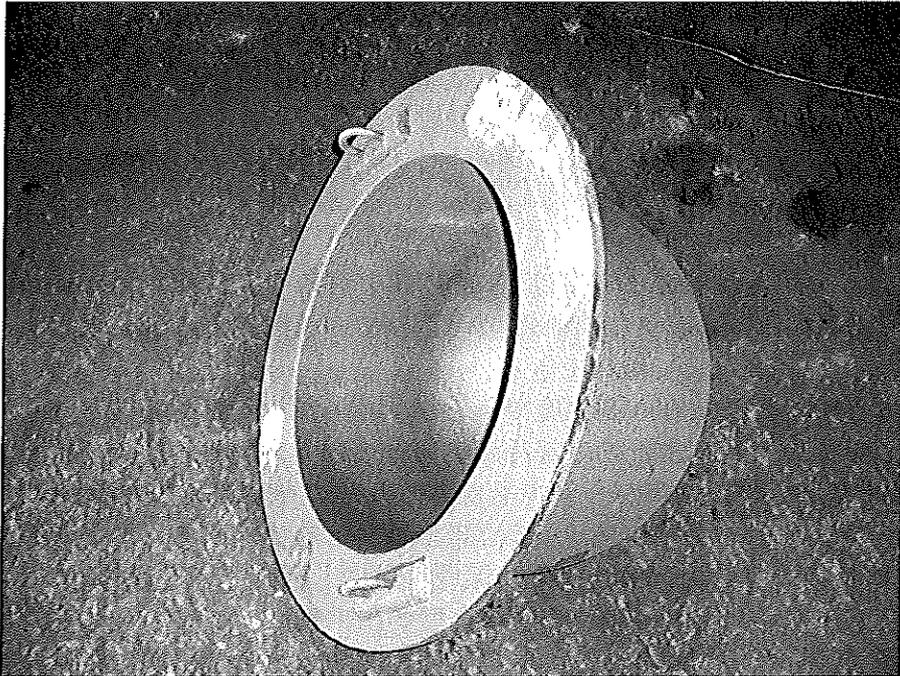


図 6-2-2 本研究で開発したφ500 ろつぼ
今後は他社に営業をかけるのと、インターネットで紹介し、需要に合わせてろつぼの種類を増やしていく予定である。

6-2-2 ラドル

アルミ溶湯をろつぼからくみ上げるラドルもM社に図6-2-1のT社タイプ N1.0(1kg用)を納入している。

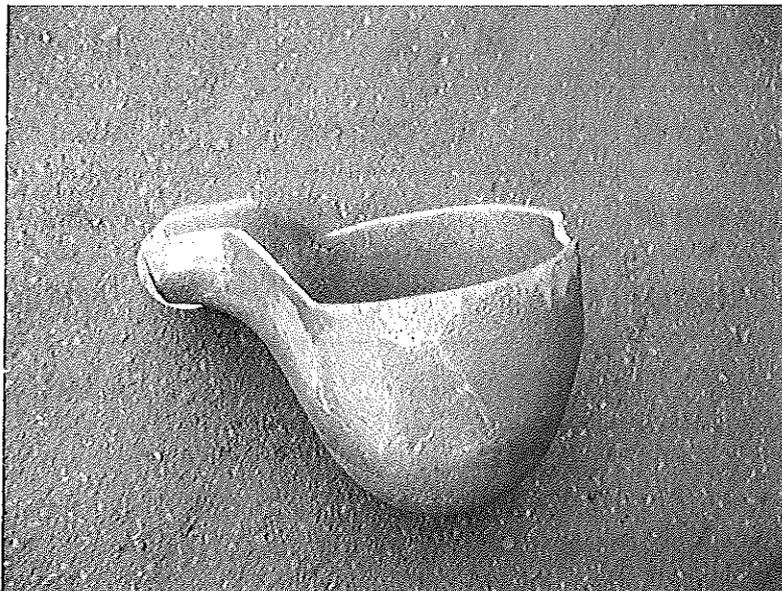


図 6-2-3 N1.0 ラドル

従来品は、20,000 チャージで交換しているが、当製品を納入したところ 40,000 チャージ使用出来ている。予定としては、N1.0を手始めにN40.0までラドルの種類を増やし拡販に努め、さらにUタイプ、TYタイプのラドルも生産していく予定である。

6-2-3 金型

現在金型材として使用されている素材は、SKD61が多く使われておりkg当たり1,500円である。当製品はブロックで有れば型代込みで600円であり加工性も良く、トータルコストでは、1/3以下で製作できる。

但し、型寿命は今のところ1,000個程度であるが、現在自動車部品産業のダイカスト業界においては、早稲田大学日本自動車部品産業研究所のレポートにも有るとおり、自動車メーカー側は製作した自動車一台でもある限りその一台のための補給部品を準備しておくことが求められていると考え、補給部品の供給体制を維持しようとしている。そのため、金型の長期保有に拍車が掛かり、保管場所にも困り経営を圧迫している。

従って100~1,000ロット使用可能な安価な金型が出来れば、従来の金型保管義務はなくなり、経営改善が図れる。このことから本研究で開発した金型に関して県内自動車部品メーカーから高い評価を得ている。

6-2-4 売り上げ見込み

平成23年度の売り上げ目標は、表6-4-1の通り4,540,000円を予定している。そして、将来的には、自社において金型加工も行い、素材から金型製品までの一貫生産体制を整えていく予定である。

表6-4-1 平成23年度売り上げ目標

製品名	数量	単価	売上金額(円)
るつぼ	50個	68,800/個	3,440,000
ラドル	100個	5,000/個	500,000
金型(材料)	1000kg	600/kg	600,000
合計			4,540,000