

## 表面処理による鋳鉄の性質向上に関する研究

—耐アルミ溶湯鋳鉄製品の製造技術に関する研究—

森田憲輔\* 永野正明\* 矢澤貞春\* 秋山稔\*

児玉洋介\*\* 児玉賢一郎\*\* 大庭和治\*\*

### Study on the High-grade Foundry Technique

—Study on Character Improve of Cast Iron by Surface Treatment—

MORITA Kensuke \*, Nagano Masaaki\*, YAZAWA Sadaharu \*, AKIYAMA Minoru \*

KODAMA Hirosuke \*\*, KODAMA Kenitirou \*\*, OHBA Kazuharu \*\*

抄録

アルミ溶湯に損傷されにくい鋳鉄製品を開発し、鋳鉄製品の高付加価値化を図ることにより、鋳鉄鋳物製造業の競争力を向上させることを目的としている。これまでに開発した材料をベースに、表面加工および熱処理条件を変化させて耐アルミ溶湯溶損性の向上を図った。その結果、耐溶損性に優れた鋳鉄製品の開発に成功した。

キーワード：耐アルミ溶湯溶損性，アルミニウム，0.8%クロム鋳鉄

## 1 はじめに

県内鋳鉄鋳物製造業の課題のひとつに、海外製品の低価格に価格で対抗するのではなく、鋳造品の高付加価値化を図ることが挙げられる。なかでも、生産量を伸ばしているアルミダイキャスト業界では、その生産機械に鋳鉄製品を使用しているが、鋳鉄製品とアルミ溶湯が接触する部分の損傷が隘路となっている。

これまでの研究<sup>1,2)</sup>において、アルミ溶湯に損傷されない材質を検討し、熱処理温度により耐アルミ溶湯溶損性が変化することを見いだした。そこで本研究では耐アルミ溶湯溶損性の更なる向上条件と機械的特性を研究し、実機製品への可能性を検討した。

## 2 実験方法

### 2.1 耐アルミ溶湯溶損性の向上

クロムを0.8%含んだ鋳鉄（以降“0.8Cr鋳鉄”と呼ぶ）の熱処理条件を変化させて、その影響を検証した結果、熱処理温度によって耐アルミ溶湯溶損性に違いがあることを発見した。その中で、我々は120時間程度の耐アルミ溶湯溶損性を得ることに成功した<sup>1)</sup>。

本研究では、耐アルミ溶湯溶損性の更なる向上条件の研究と、機械的特性が実機レベルに対応しているかを検討した。

### 2.2 耐アルミ溶損性評価方法

耐アルミ溶損試験及び評価方法は、黒鉛るつぼ内で溶解させたアルミ溶湯内に試験片を上下運動させる方法を用いた。溶損試験の概要図および仕様をそれぞれ図1、表1に示す。試験片は実機を想定した厚さ(30mm)とした。

\*材料技術部

\*\* 児玉鋳物 (株)

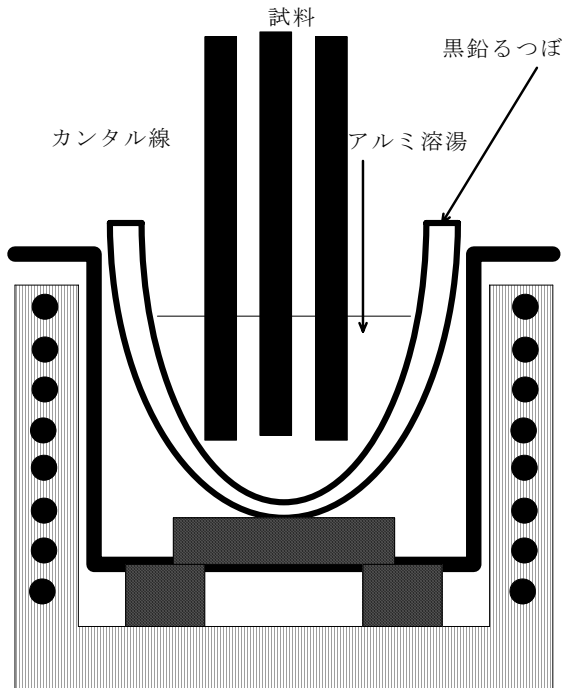


図1 溶損試験方法

表1 溶損試験の仕様

試験片の往復ストローク	100mm
試験片の動き方	平均200mm/sの往復運動
試験片の寸法	25×300×30mm
試験片の数量	6本
アルミ溶湯の種類	ADC12
試験温度	660℃±20℃

耐アルミ溶湯溶損性の評価は、前述の試験方法によって試験片の溶損試験を行い、試験片の幅または厚さが、試験開始時の3/4になるまでの時間を測定した。溶損試験前後の試験片を図2に示す。

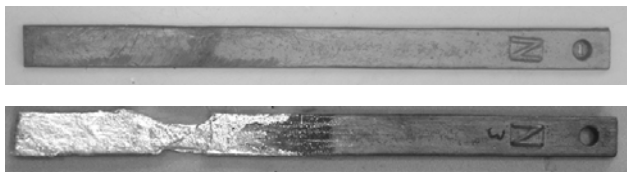


図2 溶損試験前後の試験片

(上：試験前 下：試験後)

### 2.3 熱処理の影響

これまでの実験で、熱処理が耐溶損性に有効な結

果をもたらすことが分かった。そこで、鋳鉄の溶融アルミによる浸食のメカニズムの解析と耐溶損性向上のための条件を下記の実験を通して考察した。

## 3 実験および結果

### 3.1 黒皮に関する耐アルミ溶損実験

溶融アルミからの浸食を守る要因に、鋳造後の表面に現れる酸化皮膜（以下、黒皮）が考えられている<sup>1,2)</sup>。

なお、実験に使用した試験片は、クロムを0.8%含んだ鋳鉄で、(株)児玉鋳物で生産されている鋳鉄をベースしている。試験片の主な化学成分を表2に示す。

表2 試験片の化学成分 (%)

T・C	Si	Cr	Mg	Al
1.71	1.26	0.8	0.004	0.1

この試験片を使用して、黒皮の働きを確認する実験を行った(表3)。熱処理後に黒皮部を完全に切削除去することで、黒皮の存在と耐久時間の関係について考えた。なお、熱処理温度は6段階(T1<T2<T3<T4<T5<T6)に分類した。

表3 試験片の実験条件 (JS11~JS16)

	加工条件	熱処理条件
JS11	熱処理→黒皮除去	T1
JS12		T2
JS13		T3
JS14		T4
JS15		T5
JS16		T6

試験結果を図3に示す。耐久時間に大きな差は現れず、すべて約60時間であった。特に、JS15、16は黒皮を除去しない場合、耐久時間は約120時間だが、黒皮を除去することで耐久時間は半減してしまうことが分かった。

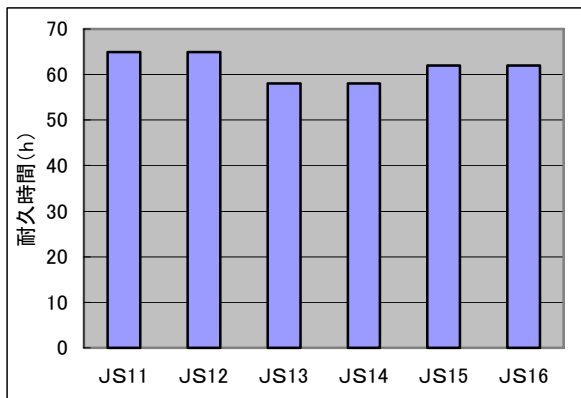


図3 熱処理温度と耐久時間

### 3.2 脱炭層と耐食性

3.1項の結果から、耐溶損性の向上には黒皮が必要なことが分かった。さらに、黒皮がなくなればどの試験片も同じ速度で浸食されることも判明した。そこで黒皮除去後でも耐久性を向上させる方法を検討し、次の実験を行った(表4)。

始めに黒皮を切削除去を行い、その後に熱処理を行う。これにより母材の表面から一部の炭素を脱炭させて脱炭層を作り、その上面に熱処理による酸化皮膜を発生させる。この2重層により出来た試験片を用いて試験を行った。なお、熱処理温度は6段階(T1<T2<T3<T4<T5<T6)に分類した。

表4 試験片の実験条件(JS23~JS28)

	加工条件	熱処理条件
JS23	黒皮除去→熱処理	T1
JS24		T2
JS25		T3
JS26		T4
JS27		T5
JS28		T6

試験結果を図4に示す。熱処理温度が上がるにつれて、耐久時間も増すことが分かり、すべての試験片で100時間を大きく上回る結果となった。特に、熱処理温度T5、T6での試験片は、耐久時間がそれぞれ230時間、300時間となった。この結

果から、本方法の有効性が示された。

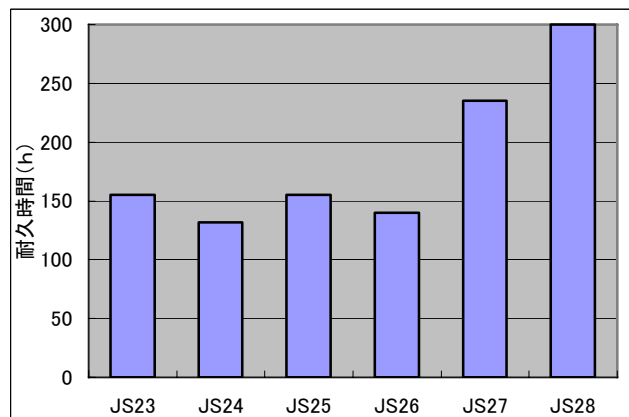


図4 熱処理温度と耐久時間

### 3.3 温度範囲の確認

実験の結果から、耐久時間が熱処理温度依存することがわかった。そこで、熱処理温度の上限と下減を調べるために、温度範囲をさらに拡大して実験を行った(表5)。

表5 試験片の実験条件(JS23~JS28)

	加工条件	熱処理条件
JS29	熱処理→黒皮除去	Ta
JS30		Tb
JS31		Tc
JS32		Td
JS33		Te
JS34		Tf

(Ta, Tb<T1 T6<Tc, Td, Te, Tf)

試験結果を図5に示す。先ほどの試験結果と比較してみると、熱処理温度T6(JS23)を中心に耐久時間が低下することが分かる。熱処理温度Ta(JS29)、Tb(JS30)に関しては、黒皮層を切削除去した試験片と同程度の耐久時間しか得られなかった。これは熱処理温度が低かったため、十分な脱炭層を生成できなかったことが考えられる。一方、JS31以降の試験片は全て耐久時間200時間に到達した。これは熱処理により十分な脱炭層が作られたものと考えられる。

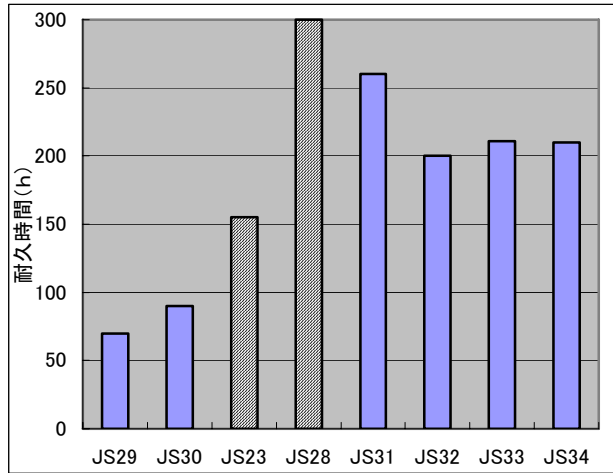


図5 熱処理温度と耐久時間

#### 4 まとめ

今回の結果として、

- ① 2重層（脱炭層と酸化皮膜層） 鋳鉄生成技術
- ② 耐久時間 300時間（従来の3倍の寿命）

を得ることが出来た。

##### (1) 黒皮層の存在

熔融金属から鋳鉄の浸食を守るものに黒皮層が必要なことがわかった。黒皮層が浸食された後は、母材の浸食が急激に進んでいくことも分かった。そのため、耐久時間を向上させるには、黒皮層を厚くする必要があり、今後はその方法を考えることが必要になる。

##### (2) 脱炭層の存在

予め母材の一部を脱炭させた層をつくることにより、急激な母材の浸食を防ぐことができた。また、脱炭後に鋳鉄表面に現れる酸化皮膜層は緻密で均一なものとなる。この脱炭層との2重構造の耐久性は、通常の黒皮層のみの耐久性をはるかに上回ることも分かった。今後、耐久時間を向上させるためには、脱炭層を厚くする技術を考える必要がある。

##### (3) 熱処理温度と耐久時間

脱炭層と黒皮層の2重構造の精度は熱処理温度に大きく影響することがわかった。低温の場合では鋳鉄内部の炭素が十分に脱炭されなかったため、十分な膜厚が生成されなかったためだと考えられる。同時に黒皮層も十分に生成されなかった

ことが考えられる。

一方、高温での熱処理の場合では、鋳鉄内部の炭素は十分に脱炭されて厚い層を生成する。しかし、黒皮層は高温すぎると表面から剥がれだしてしまい、層が薄くなることを確認した。

今後は、この2重構造の最適な熱処理温度を詳細に検証し、実機でその性能を確認する。

##### (4) 今後の展開

本研究で提案した技術は、予め製品の表面を切削加工する必要がある。そのため、大型製品や複雑な形状を持つ製品などの場合、切削加工には時間とコストがかかりすぎてしまう問題がある。今後は切削加工に変わる表面処理技術を考える必要がある。

#### 謝 辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として御指導いただきました（株）インテグラルの瀧澤貴久男氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 永野正明 他：鋳鉄の耐アルミ溶湯溶損性向上に関する研究，埼玉県産業技術総合センター研究報告，3，（2005）120
- 2) 永野正明 他：鋳鉄の耐アルミ溶湯溶損性向上に関する研究，埼玉県産業技術総合センター研究報告，4，（2006）89
- 3) 児玉鋳物株式会社：耐溶湯溶損性に優れた鋳鉄及びその製造方法，特開 2004-124170
- 4) 松野茂弘，高橋昭一：非鉄金属用湯部材，特願平 11-90617
- 5) 久保公雄，朝尾浩光：日本鋳造工学会，第140回全国講演大会論文集，40
- 6) 橋浦正史，片岡悠司：鋳造工学 74，（2002）193.
- 7) MISHIMA Y：Mechanical properties and phase stability of L12Ni3Al ternary compounds，NATO ASI Series. E. Applied Sciences，（1989）23
- 8) GIL F J：Grain growth kinetics of the

- near alpha titanium alloys, Journal of Materials Science Letters, (2000) 2023
- 9) Hideo Nakae : Influence of growth direction on the microstructure of UDS Cu-Pb monotectic alloy using zone-melt tecqnice, J.CrystalGrowth, 222, (2001)806
- 10) T.Kanno, Y.You, H.Hiraoka, M.Morinaka and H.Nakae: Proceedings of AFC-5, (1997)137