

錫浴法によるオーステンパ球状黒鉛鑄鉄製造での錫付着防止

勝負澤 善行*、 茨島 明*、 池 浩之**
高川 貫仁*、 中村 直次***、 昆野 武晴***

錫浴法によるオーステンパ球状黒鉛鑄鉄(ADI)鑄物の製造において、鑄物への錫付着防止が不完全であり問題となっている。ここでは錫付着防止及び除去技術について、(1)被覆法、(2)錫浴と大気炉併用により錫を溶融除去する方法、(3)錫浴による熱処理終了直後に瞬間水冷を行い錫を除去する方法 等を考案し検討を行った。

その結果、次のことが分かった。(1)被覆法では、カオリンを塗布した場合、錫付着を防止することができる。(2)大気炉併用法での錫溶融除去は効果的であり、錫付着はほとんど無い。また、ADIの一般的な機械的性質を得るためには、錫浴での保持時間を20分以上とし、大気炉での保持時間は10min以下とすることが必要性である。(3)瞬間水冷法は、非常に簡単な方法で錫を脱落でき、ADIの機械的性質にも大きな影響が無い。

キーワード: 金属錫浴オーステンパ熱処理、金属錫付着防止除去

Improvement of Austempering used Tin-Bath process

SHOUBUZAWA Yoshiyuki , BRAJIMA Akira ,IKE Hiroyuki,
TAKAGAWA Takahito ,NAKAMURA Naotugu and KONNO Takeharu

In Austempering used Tin-Bath process to make Austempered Ductile Cast Iron (ADI), we carried out to examine three methods for free from tin adherence to Castings. These methods were as follows. (1) Coating method : Castings were coated for free from tin by kaolin and bentonite. (2) Double furnace method : An atmospheric furnace was used after Tin-Bath in isothermal heat treatment. (3) Momentarily water-cool method : Castings were cooled momentarily in water-bath after isothermal heat treatment used Tin-Bath.

The results obtained were summarized below. (1) Castings coated kaolin prevent to adhere Tin. (2) Tin was removed from Castings by an atmospheric furnace combined use. In order to get ordinary mechanical properties of ADI, Castings need to hold over 20 minutes in Tin-Bath. (3) Momentarily water-cool method is easy and simple to peel off tin from Castings without effect to reduce ordinary mechanical properties of ADI by Tin-Bath.

key words: austempered ductile cast iron, prevention of adherence to castings

1 緒 言

現在、生産工場の各工程において排出・廃棄物質の発生種類や量等を制限して、環境負荷を少なくすることが世界的に大きな課題となっている。

著者らは、従来より熱処理工場で使用され周辺環境に

塩害をもたらす溶融塩を使用した塩浴法に代わり、低融点(504K)な溶融金属錫(Sn)をベイナイト化恒温炉の媒液として用いる Sn 浴法を提案し、Sn 浴オーステンパ熱処理装置¹⁾を開発した。この熱処理装置を使用した鑄鉄鑄物のオーステンパ熱処理の特徴は、Sn が人体に対して

*金属材料部、**企画情報部、***岩手鑄機工業(株)

無害であり周辺環境にも無負荷である他、金属の熱伝導性が良好であるため熱処理性能が優れていることである。この熱処理では、鑄鉄鑄物への金属 Sn 付着が心配されるが、オーステナイト化工程で鑄鉄鑄物表面に酸化鉄皮膜が生成することにより、平板状鑄物では Sn 浴からの Sn 付着は起こらないことを確認している。しかし、実操業でのパイプ状鑄物の内面や複雑形状鑄物凹部では、酸化鉄皮膜表面に凝固収縮による Sn 付着が生じ、Sn の除去は難しい場合もあった。

ここでは、鑄鉄鑄物への Sn 付着防止と付着しつつある Sn 除去等の対策技術について、被覆法、Sn 浴と大気炉併用法、瞬間水冷法等を考案し検討を行ったので報告する。

2 実験方法

2-1 供試材とオーステンパ熱処理

各検討に使用した球状黒鉛鑄鉄は、表1に示す化学組成の FCD500相当品である。この鑄鉄を Sn 付着が生じやすいパイプ形状に機械加工し、#150の炭化珪素(SiC)を用いて表面をエアー・ブラスト仕上げを行い各試験に用いた。パイプ状試験片の寸法形状を図1に示す。

また、Sn 浴法を用いた基本的なオーステンパ熱処理は、電気炉で1173K × 60min のオーステナイト化後、

表1 鑄鉄の化学組成 (mass%)

材種/元素	C	Si	Mn	P	S	Mg
FCD500	3.71	2.81	0.27	0.019	0.011	0.047

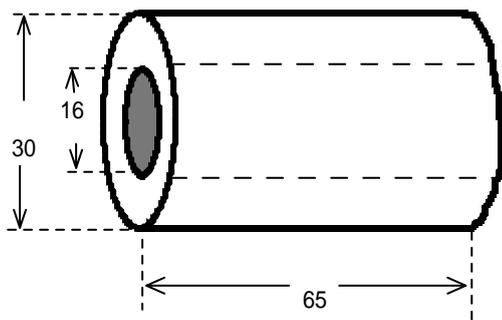


図1 パイプ状試験片の寸法形状

Sn 浴に鑄鉄鑄物を投入して573K × 30min の恒温化熱処理(ベイナイト化)を行い、その後空冷した。

2-2 被覆法

この方法は、オーステナイト化温度(1,000~1,200K)範囲での消失が無く、又は変質しても Sn とは濡れにくい物質を鑄鉄表面に塗布して Sn 付着を防止するものである。用いた塗布物質と配合条件を表2に示す。それぞれに水を加えて混練し、試験片の両面に塗布・乾燥後オ

ーステンパ熱処理を行った。Sn 付着の有無は、鑄鉄鑄物の中心部を縦に切断してパイプ内側面で調べた。その後、熱処理に対する被覆の影響を調べるため、試験片肉厚の中心と内側・外側部分の硬さ測定を行った。

表2 用いた被覆材

No.	種別
a	カオリン(耐火粘土: 10g)
b	カオリン(5g)+アルミナ(Al ₂ O ₃ : 5g)
c	ベントナイト(鑄造用粘土: 10g)
d	ベントナイト(5g)+コンスターチ(デンプン粉: 5g)

注: 10g 又は5g+5g は、100ml の水に合計量を添加

2-3 大気炉併用法

図2に示すように、鑄鉄鑄物表面に付着しつつある Sn を除去するため、Sn 浴での恒温処理の途中で同温度の大気炉に鑄鉄鑄物を移し、ある時間(t min)保持して溶融除去することを検討した。すなわち、パイプ状試験片を1173K × 60min のオーステナイト化後、573K の Sn 浴で(30-t) min 間恒温保持し、573K の大気炉に逐次移して t min 間保持して、付着 Sn を溶融除去するものである。処理後、(2)と同様に Sn 付着の観察を行った。また、この方法が機械的性質に与える影響を確認するため、JIS 4号試験片を用いて同様の熱処理を施し、引張試験と硬さ試験を行い比較検討した。

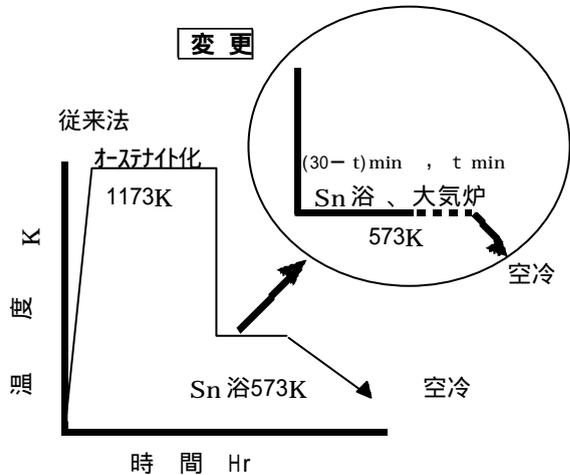


図2 大気炉併用法の説明

2-4 瞬間水冷法

この方法は図3に示すように、鑄鉄鑄物を Sn 浴で恒温熱処理後空冷する従来法をわずかに変更し、空冷直前に一瞬間(1~2秒)水冷して、凝固する Sn と固相の鑄鉄との収縮量の差を利用して、Sn をはく離除去するものである。一瞬の水冷により、鑄鉄鑄物の表面と付着しつつある Sn だけが大きく冷却され、一定時間の恒温熱処理によりベイナイト化がほとんど終了した鑄鉄鑄物本体の温度降下は少く、材質に影響は少ないと考えられた。

しかし、この水冷により、残留オーステナイトよりマルテンサイトが析出する材質硬化が懸念され、熱処理後 Sn 付着観察を行うと共に、JIS 4号試験片を用いて引張試験と硬さ試験を行い機械的性質の変化を確認した。

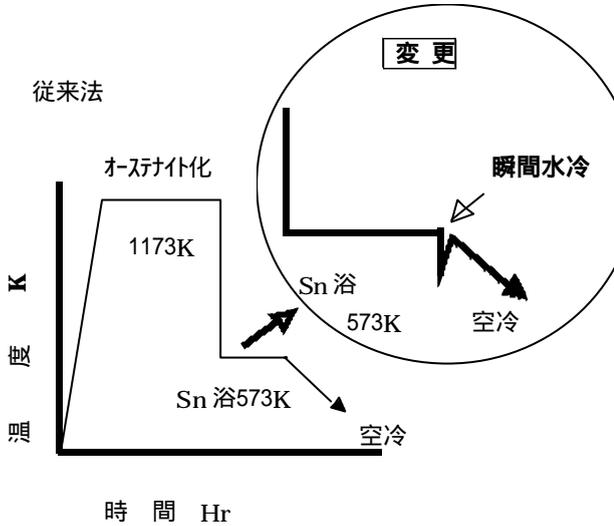


図3 瞬間水冷法の説明

3 結果及び考察

3-1 被覆法

図4に、無被覆と被覆した熱処理後の各試験片の内側面を示す。無被覆では全面に Sn 付着があるが、カオリンを塗布した(a)と(b)試験片では Sn 付着が無いことが分かる。(a)試験片内面には、カオリンが1173Kで石英とムライトに変質し全面に白色相として残って、Sn 付着防止に効果的であったことが窺える。

一方、鑄造用ベントナイトを塗布した(c)と(d)試験片では、いずれも Sn 付着があった。これはオーステナイト化熱処理中の800~900Kで、鑄造用ベントナイトの粘結力が失われ脱落してしまい、試験片表面が Sn が付着しやすい状態なるためと考えられる。

次に、被覆のオーステンパ熱処理に対する影響を確認するため硬さ試験を行った。その結果を表3に示す。いずれの試験片も同レベルの硬さであり、試みた被覆では硬さに影響が無く、他の機械的性質にも影響が無いと思われた。

表3 被覆による硬さの変化(HRC:ロツクワイル硬さスケール)

被覆別/位置	内側	中心	外側
無し	40.7	38.9	41.3
(a)	41.5	41.4	41.8
(b)	40.1	40.4	40.5
(c)	42.7	42.4	42.3
(d)	39.9	40.0	40.4

・内側：パイプ内面部 ・中心：肉厚中心部 ・外側：パイプ外側部

3-2 大気炉併用法

図5に Sn 浴と併用し大気炉に5min 間保持した試験片のパイプ内側面の状態を示す。Sn は熔融除去され付着は確認できないが、試験片を573Kの大気で保持したため薄い酸化錫膜(金色)が全面に観察される。この酸化錫皮膜は、ショット・ブラストで容易に除去できるものであった。

(Sn 浴573K × 25min 大気炉573K × 5min)

図5 大気炉併用法によるSn付着の無い面

図4 被覆法によるSn付着の有無

また、Sn 浴と大気炉では冷却能力が異なり、機械的性質への影響が心配されたので、JIS 4号試験片を用いて同様の熱処理を行い調べた。その結果を表4に示す。冷却能力の低い大気炉での保持時間が長い程、引張強さと硬さが低下する。この方法では、大気炉保持時間10分以内で良好な機械的性質を得ることができた。

表4 機械的性質 (Sn浴、大気炉573K)

No.	Sn浴時間 min	大気炉時間 min	引張強さ MPa	硬さ HRC
1	30	0	1394	44.7
2	20	10	1390	43.6
3	15	15	1391	43.4
4	10	20	1277	41.0

(試験片：JIS 4号試験片)

3-3 瞬間水冷法

図6に、Sn 浴で573K ×30min 恒温処理直後、空冷と1秒の瞬間水冷を施した各試験片内面の状態を示す。空冷ではSn 付着は多いが、瞬間水冷した場合はSn がはく離され付着は無いことが確認でき、この方法が簡単でしかも有効であることが分かる。

この方法を実施した温度域では、Sn は2.8%の凝固収縮³⁾があり、鑄鉄は0.9%の個体収縮があるので、その差が鑄物からSn をはく離する要因と考えられる。はく離したSn 皮膜は紙状であり、鑄物にわずかに付着していてもエアー・ブラストなどで容易に除去できるものである。また、瞬間水冷しても鑄鉄鑄物の保持熱量により鑄物全体が水温まで低下することはなく、後の空冷で従来に近い状態で冷却された。

次に、水冷による材質変化についてJIS 4号試験片を用いて調べた結果を図7に示す。2秒の水冷によりわずかに引張強さが上昇し伸びも低下するものの、機械的性質の変化は極わずかであり、実用上の問題は無かった。

なお、この方法が他の2種に比べ、最も低コストで実用化も容易であると考えられた。

図7 瞬間水冷法による機械的性質の変化

4 まとめ

Sn 浴を用いたオーステンパ熱処理において、鑄鉄鑄物に対するSn 付着防止・除去技術について3種類の方法を考案して検討し、次の結果を得た。

- (1) 被覆法では、カオリン100%とカオリン50%+アルミナ50%を塗布した試験片で、Sn 付着を防止することができた。
- (2) 大気炉併用法でのSn の溶融除去は効果的であり、Sn 付着はほとんど無い。また、目的とする機械的性質を得るためには、Sn 浴での保持時間を長くすることが必要であることが分かった。
- (3) 瞬間水冷法は、非常に簡単な方法でSn を脱落でき、機械的性質にも大きな影響が無いことが分かった。
- (4) Sn 付着防止・除去について検討した3種類の方法の中では、低コストで実施が容易で、しかも効果的なのは瞬間水冷法であった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、当所 研究補助員 岩清水康二氏にご助力をいただいたことを記し厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 勝負澤,加藤：鑄造工学 Vol.71(1999)484
- 2) 上田,滝田：鑄物 Vol.60(1988)529
- 3) 金属データブック第2版 (日本金属学会編)p318

- (1) 空冷 (2) 瞬間水冷

図6 瞬間水冷法によるSn付着の有無