

技術  
論文

# 不純物除去装置の実用化に向けた取組み

(株) ダイハツメタル出雲工場 白石 武文、藤原 裕也

(株) 木下製作所 木下 潔、笠木 正嗣

(株) ナニワ炉機研究所 村田 博敏、山本 貢

## 1 緒言

環境への配慮から重量物の軽量化が進み、自動車等ではマンガン等を多く含む高張力鋼板(以下ハイテン材と呼ぶ)の使用比率が高まっている。

これらハイテン材を原料として溶解された鉄鉱は、溶湯中のマンガン(以下Mnと記述)の含有量が増加し、機械的性質(特に伸び)の低下など铸造欠陥を発生する原因となる。

そのため、現状ではハイテン材を使用する場合は鉄鉱を使ってMn含有量を薄める方法が採られているが、鉄鉱の価格が高いために大きなコストアップの要因になっている。

以前よりこの問題は、今後铸造業界全体の存続にかかる重要な問題になるとの認識から、(株)木下製作所と(株)ナニワ炉機研究所が10年前よりMn等の不純物金属を鉄鉱溶湯から除去する不純物除去装置の開発を進めてきた。

この装置は一般的な取鍋を使って処理時間15分でMn含有量を半減させることができ、処理コストも溶湯1kg当たり約3円に抑えることができる。

Mnの高いハイテン材と鉄鉱やMnの低い鉄スクラップのコスト差を考えれば、処理コスト¥3/kgでハイテン材が使用できればコストメリットは大きく、原材料の選択肢も広がる。

また、この装置はMn以外にもAL、Zn、B等の不純物金属も除去でき、昨今の鉄スクラップ汚染に対して有効

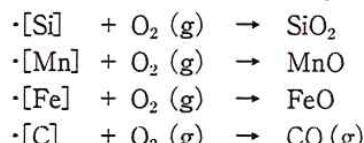
な除去技術である。

今回この装置の1号機を(株)ダイハツメタル出雲工場へ納入し、実用化に向けた取組みを開始した。その操業実績について報告する。

## 2 不純物除去技術について

### 2-1 不純物金属除去の原理(酸化除去)

溶湯中に含まれる不純物(Mn、Al、Zn、B、ほか)が除去される反応式は、これまで報告されているとおり以下の反応式で取り除かれると考えられる。



本除去装置で実施される反応をモデル的に示したものを見図1、図2に示す。

まず、反応条件として適正な温度にコントロールされた溶湯を誘導電気炉より受け入れる。図1に示した初期段階では、取鍋内の上部空間を酸素吹込みにより充満させ、溶湯を羽根で攪拌することにより酸素と溶湯中に含まれる不純物金属(Mn等)との反応を促進させる。これにより図2に示したように溶湯中のMn等の不純物金属が酸素と反応し、酸化物を生成しスラグとして除去される。また、この反応は同時に発熱反応であり処理が進むにつれて溶湯温度が上昇する。

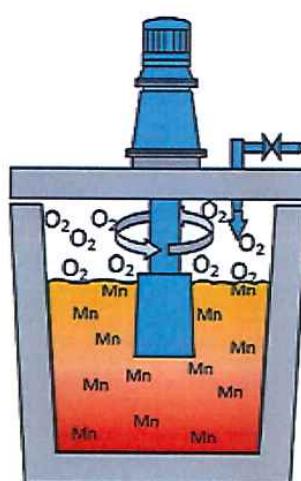


図1 除去初期における取鍋内の様子

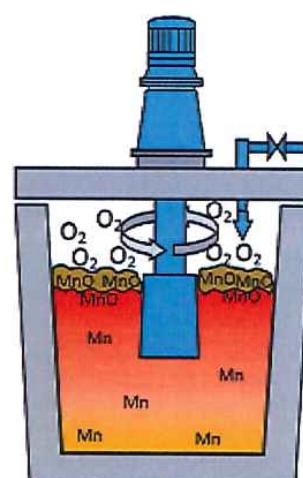


図2 除去後半における取鍋内の様子

## 2-2 装置の概要

写真1および図3に(株)ダイハツメタル出雲工場に納入した除去装置を示す。

装置の外形寸法は、幅3m×奥行き6.5m×高さ5mとなっており、使用する取鍋は一般的な3.5t用の取鍋を使用している。機器の構成は、取鍋を処理装置にセットするための移動台車と溶湯を攪拌するための攪拌羽根およびモーターと酸素吹込み口が備え付けられた処理蓋から成り立っている。

装置の容量は、1t、3t、5t、10tまでを処理できるように計画予定である。

## 2-3 除去装置の工程

不純物除去方法を以下に示す。

- 1) 誘導電気炉で予め溶解された溶湯を所定の取鍋に受け、処理装置にセットする。
- 2) 移動台車にて処理装置内へと移動させる。
- 3) 処理蓋が下降し、取鍋にセットされ溶湯の攪拌および酸素吹鍊が実行される。
- 4) 開始から15分で処理が終了し、処理蓋が上昇し、取鍋から取外される。
- 5) 移動台車にて元の位置に移動し、スラグ除去エリアへ移動させる。



写真1 除去装置の全景

アヘ移動させる。

- 6) 発生したスラグを除去し、誘導電気炉へ溶湯が戻される。
- 7) 成分調整および溶湯温度確認後、注湯ラインへと出湯される。

次に(株)ダイハツメタル出雲工場がこの装置を導入した経緯と実際の操業状況について報告する。

## 3 ダイハツメタルの会社概要と導入の経緯

### 3-1 (株)ダイハツメタル出雲工場の概要

今回、本装置を導入した(株)ダイハツメタル 出雲工場は鋳鉄部品の鋳造加工の一貫生産を行う工場である。生産品目の主力は自動車用の足回り部品やエンジン部品で、船舶関連部品、工作機械部品等も手掛ける。材質はFC、FCD、CVに対応でき、1～4kg程度の小物部品から20tクラスの大型部品まで作り分けが可能な工場である。

溶解設備は11t熱風キュボラ、高周波炉誘導炉3基、低周波炉誘導炉8基を有し月間9000tレベルの溶解能力を有している。

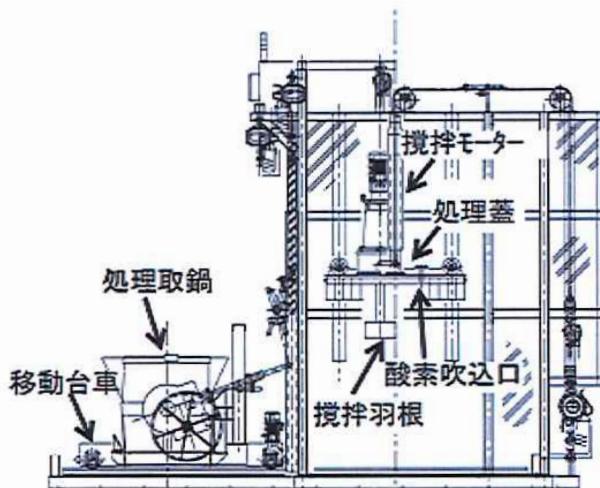


図3 除去装置の構成



写真2 出雲工場の全景 (敷地面積 141,500m<sup>2</sup>)



写真3 11t熱風キュボラ (水冷式ノーライニング)

溶解鉄源として主に自動車の外板プレス屑を活用しており、昨今の自動車の軽量化に伴う鉄源の高マンガン化が進む中、低マンガングラップの入手困難性、銑鉄による希釗のためのコストアップに悩まされており、かねてより注目していた脱マンガン装置を導入するに至った。

### 3-2 導入に向けての検討事項

当工場は高周波炉で材料溶解の後、低周波炉にて成分調整・昇温を行う2重溶解を採用している。一方、脱マンガン処理により除去されるのはMnだけでなく、铸鉄に必要な成分(C, Si等)も除去されることが予想されていた。単なる試験で終わらせないようにするために、後々生産ラインへ組み込むことを考慮した装置設計をする必要があった。

そこで2重溶解のパターンを出来るだけ崩さないようにすることと、必要な成分を迅速に補うことを考慮し、高周波炉にて材料溶解した後に、脱マンガン処理を実施し、その後に低周波炉にて成分調整・昇温を行えるような仕様とした。

当工場における高周波炉の出湯パターンは2.5t～3tを45分のサイクルで出湯するという形を取るため、装置もこれに合わせて、1回の処理時間を15分、処理量を2.5～3tとしてナニワ炉機研究所へ設計を依頼した。また、同時に、溶湯の攪拌および酸素を使用するという観点より、十分な安全性を確保した設計とした。

最終的に写真1に示したような、装置全体をブース化し

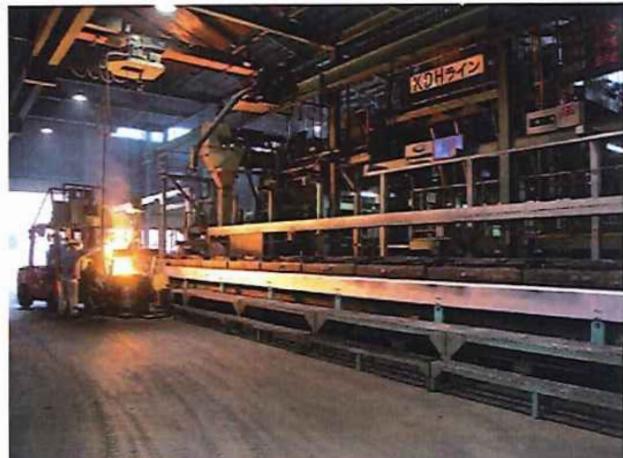


写真4 生型造型ライン

溶湯の飛散防止としたうえで、ブース全体を集塵する仕様とした。実際に使用したところ、想像以上にヒュームが発生し、結果的にブース化は正解であった。

### 4 操業試験結果

#### 4-1 Mn除去率について

図4に処理時間15分における脱Mn量の一例を示しました。処理開始後、5分毎に溶湯をサンプリングし、成分分析した結果、直線上に下がっていることが確認できた。

#### 4-2 その他元素の除去率について

铸鉄に取って必須元素であるCおよびSiは、一般にはMn等よりも優先酸化されるのでMn等が除去されるよりも先に除去される傾向にあるが、本技術においてはこれらの元素の除去率は低く抑えることができる。

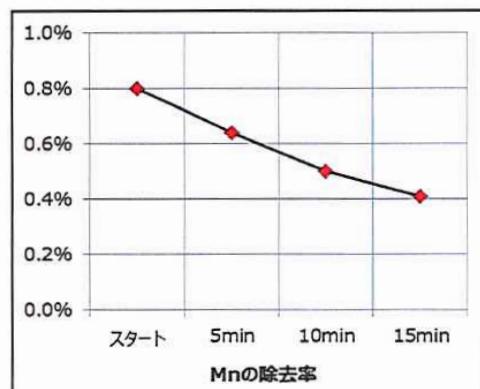


図4 5分毎におけるMnの変化量

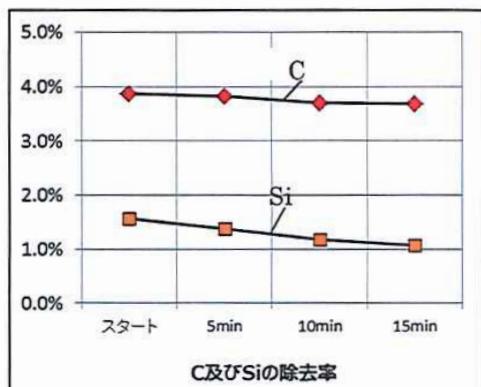


図5 5分毎におけるC, Siの変化量

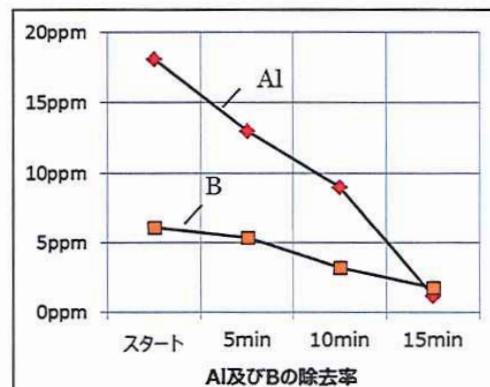


図6 5分毎におけるAl, Bの変化量

図5に示したようにCは5%程度、Siは30%程度の除去率となっている。

また、図6に示したように鉄鉱にとって有害とされるAlおよびBについても除去されていることが確認できた。

Al、Bともに15分の処理で数ppmまで除去されており、高品質鉄物の製造への利用が期待できる。

次に実際の操業試験結果例を表1、表2に示す。

表1の初期段階ではMnの除去率は37%であったが、酸素供給量、攪拌羽根回転数等を制御することで表2にあるようにMn除去率50%以上を安定して確保できるようになった。

また、溶湯温度については、どちらの結果においても開始温度に対して終了温度が上昇している。

つまり酸素と溶湯中に含まれる不純物金属(Mn等)の酸化反応により、溶湯温度が上昇することが確認された。

表1 操業試験結果例1（初期段階）

酸素供給量	80 m3/h	開始温度	1396 °C		
攪拌羽根回転数	115 rpm	終了温度	1426 °C		
溶湯処理量	2500 kg				
	C	Si	Mn	Al	B
処理前	3.40%	1.76%	0.75%	0.0019%	0.0014%
処理後	3.23%	1.41%	0.47%	0.0010%	0.0010%
除去率	5%	20%	37%	47%	28%

表2 操業試験結果例2

酸素供給量	120 m3/h	開始温度	1358 °C		
攪拌羽根回転数	150 rpm	終了温度	1424 °C		
溶湯処理量	2500 kg				
	C	Si	Mn	Al	B
処理前	3.85%	1.58%	0.81%	0.0024%	0.0008%
処理後	3.60%	1.07%	0.40%	0.0000%	0.0004%
除去率	6%	32%	50%	100%	58%

#### 4-3 処理による生成物について

これまでの試験の結果、処理時間15分で安定して50%以上のMnを除去できることが確認できた。

次に、Mnを酸化物として除去する際に生成されるスラグおよび排ガスダストについて確認を実施した。

発生量は、図7に示すようにこれまでの試験結果からバラツキがあるもののスラグ生成量が溶湯1トン当たり4%、粉塵ダスト生成量が溶湯1トン当たり0.15%ほど発生することが確認された。

また、生成物のEDS分析を行った結果、C、O、Si、Mn、Fe、Al、Znなどが検出された。図8にスラグ分析結果、図9にダスト分析結果を示す。

図7より生成量の大半はスラグが占めており、Si、Mn、Alなどがスラグ側に回収される。Znについては、スラグとしてではなく、ダスト側に回収されることが本分析からうかがえる。さらに分析量を増やし、今回の傾向が平均的

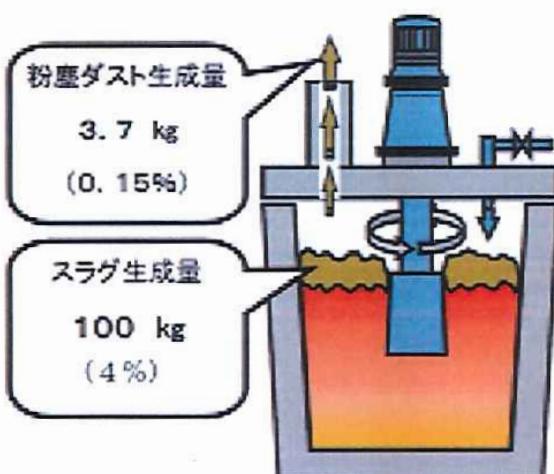


図7 処理生成物の構成

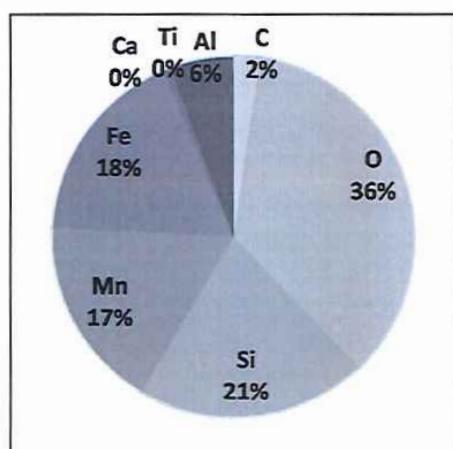


図8 スラグ分析結果例（EDSによる定性分析）

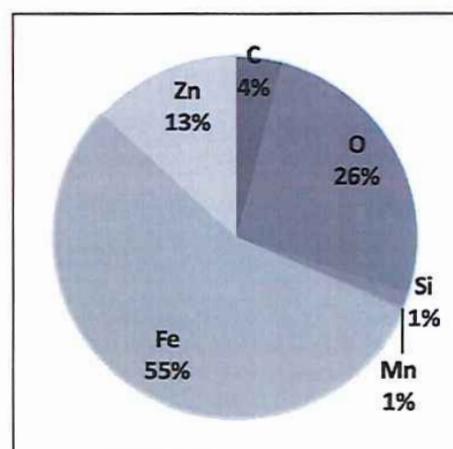


図9 ダスト分析結果例（EDSによる定性分析）

なレベルであるかどうかを確認する必要がある。

#### 4-4 溶湯処理費用について

これまでの試験結果では、目的とする不純物除去が処理時間15分で除去できることが確認された。本処理にかかる費用について確認を行った。

1) 電気使用料: 0.015円/kg

攪拌羽根、移動台車、処理蓋、排ガス集塵装置を15分間で処理した前提で電気単価を13円で計算

2) 酸素吹込み費用: 0.64円/kg

酸素供給設備をCEからの供給として酸素単価を35円/m<sup>3</sup>で計算

3) 攪拌羽根消費費: 1.0円/kg

攪拌羽根単価を1本: 50,000円として平均20チャージ使用で計算

4) スラグ処理費: 0.16円/kg

平均的なスラグ発生量が4%を確認

廃棄物処理費が4円/kgで計算

5) 成分調整Fe-Si費用: 1.13円/kg

最大0.5%減耗した場合、Fe-Si単価を170円/kgで計算

これら必要な諸経費を総合計した場合、2,945円/kgと3円/kg以下の処理が可能であることが確認できた。

#### 5 不純物除去装置の課題

上記試験結果からハイテン材の使用が可能となり幅広いスクラップの選択が可能となった。同時に処理によって発生するスラグの処理方法等の問題も出てきており、今後の課題について以下に示した。

1) 生産ラインとの組合せについて

あくまでバッチ式での処理のため、脱マンガン処理の15分に加え取鍋の運搬や除滓作業にも5分程度必要となっている、本装置を生産工程に組み込むためには、レイアウトの再検討が必要である。また

安全に配慮した結果、装置が大型化しており、より一層の小型化が要求される。

#### 2) 生成スラグの処理

処理反応によって約4%のスラグが発生し、この除滓および処分方法が課題となる。

#### 3) 攪拌羽根の寿命および交換作業について

20チャージ程度の頻度で交換が必要な場合、特に取替え作業の単純化及び長寿命化が必要である。

#### 4) 酸素の取り扱いについて

当工場では液化酸素のCE(コールドエバボレー)ターカーより酸素を供給することで必要量を確保したが、CEを持っていない工場においては、酸素の確保が大きな課題になると思われる。また、当然のことながら溶解工程で酸素を取り扱うという点についても、細心の注意を払う必要がある。

#### 6 結言

① Mn量は15分処理で50%以上低減できる。

② 処理コストは約¥3/kg。Mnの低い鉄スクラップ、銑鉄とMnの高い鉄スクラップとのコスト差を考えればメリットは大きい。

④ スラグの発生量は処理溶湯の4%程度。

⑤ スラグ発生量の低減、処理方法の効率化が課題。

⑥ 攪拌用パドルの寿命の一層の向上が処理コスト、操業にとって重要。

まだ克服すべき課題はあるが、処理方法、コストは実用化レベルに達したと考えられる。よって今後は、さらなる効率化とともに、本処理によって得られる溶湯の性状やその溶湯で鋳込まれた製品の品質確認に移る。

今後一段と厳しさを増す鉄スクラップ事情を克服するためにこの技術の普及に努めていきたいと考えている。

### デジタル鋳物砂強度試験機

生砂型の圧縮強度測定に

SC-200D-C型

シェル、自硬性鋳型の抗折強度測定に

SC-200D-B型

抗圧、抗折兼用測定に

SC-200D-BC型

日本鋳造協会ご指導



TAKACHIHO REIKI CO., LTD.  
TAKACHIHO .:::

高千穂精機株式会社

本社〒192-0906 東京都八王子市北野町 507-8

☎042-644-8511(代) FAX042-642-8411

大阪 ☎06-6361-2727(代) FAX06-6361-0124

URL <http://www.takachihoseiki.co.jp>