

7.1 天然ガスを熱源としたロータリーファーネス鑄鉄溶湯の特性

西尾憲行 藤川貴朗 金森陽一

1. はじめに

鑄造工場で鑄鉄を製造する場合、一般にキュボラと電気炉が使用されている。キュボラはコークスを熱源としているため、コークスの燃焼により発生する粉塵が多く、COやNO_x等のガスを排出するので、環境上問題がある。一方電気炉は、電気エネルギーを熱源としているため、環境上の問題点は少ないが、溶解コストが高い¹⁾。

これらに代わる溶解炉として、最近注目されているのが、ロータリーファーネスである。この炉は液化天然ガス(LNG)や液化プロパンガス(LP G)を熱源として、鑄鉄を溶解する炉である。

ロータリーファーネスの操業条件や機械的性質については、一部で報告されている²⁾が、不明確な面が多いため、まだ企業へ普及するまでには至っていない。

そこで、ロータリーファーネスを中小企業に普及させることを目的に、LNGで溶解した鑄鉄について、機械的性質や鑄造特性を調査し、従来から使用されている高周波電気炉で溶解した鑄鉄と比較検討した。

2. 実験方法

2.1 操業条件

ロータリーファーネスの大きな特色は、炉のライニングに加えられた熱で材料を溶解することである。そのため、炉体の予熱条件や熱源である酸素と燃料ガス量比(燃焼比率)によって、溶解条件が変わる³⁾

本報告では、表1に示す操業条件に統一して鑄鉄を溶解した。

表1 操業条件

| | |
|------------------|----------------------------------|
| バーナー角度 | 水平 |
| λ (燃焼比率) | 1.2 |
| 酸素ガス量 | 78 Nm ³ /H |
| LNGガス量 | 29 Nm ³ /H |
| 炉の回転方法 | 間欠回転 (90度回転/5分) 溶け落ち後、連続回転 |

表2 目標成分 (mass%)

| C | Si | 目標CE |
|-----|-----|------|
| 3.3 | 2.1 | 4.0 |
| 3.5 | 1.5 | |

2.2 溶解及び溶湯成分

溶解原料は銑鉄、戻り材、加炭剤およびフェロシリコンを使用した。表2に示すように、高C-低Si、低C-高Siの2種類の目標組成とし、CE値を定めてロータリーファーネスでFC 200相当の鑄鉄を溶解した。

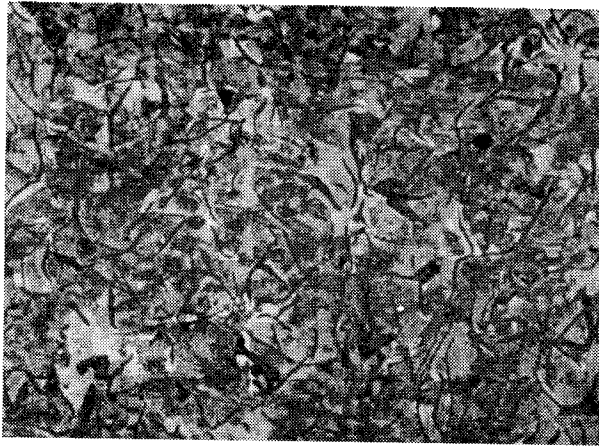
また、高周波電気炉では、銑鉄、鋼に加炭剤及びフェロシリコンを添加して、上記と同等の成分の鑄鉄を溶解した。

両者とも溶解温度は1500℃で、フラン自硬性鑄型で造型した試験片鑄型に、1350℃で注湯した。

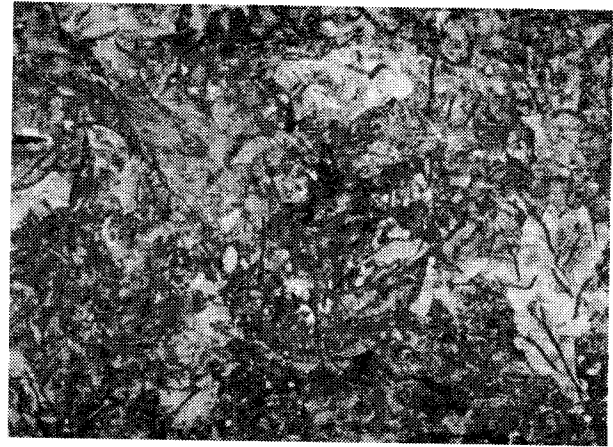
接種は機械的性質とチル試験について、Ca-Ba-Si系接種剤0.3%を杓で接種した。

2.3 機械的性質及び鑄造特性

φ30mmの丸棒に鑄込んだ試料をJISZ 2201-8 試



引張り強さ：217 N/mm²
硬 さ：173 HB
ロータリーファーネス



引張り強さ：234 N/mm²
硬 さ：179 HB
高周波電気炉

┌
└ 100μm

図1 顕微鏡組織

試験片に加工し、1000 KN万能材料試験機により引張強さを測定した。また硬さは、試験片の端から1/4のところから切り出して、ブリネル硬さを測定した。

組織試験については硬さ試験片の一部から試料を採取して、顕微鏡観察を行った。

溶湯の铸造性については、渦巻き形湯流れ試験片⁴⁾、楔形チル試験片⁵⁾、及び分銅形引け試験片⁶⁾を用いて溶湯性状を評価した。

3. 実験結果

3.1 機械的性質および顕微鏡組織

表3にロータリーファーネスで得られた鑄鉄と、電気炉で得られた鑄鉄の引張強さと硬さの測定結果を示す。

接種無しの場合、ロータリーファーネスで得ら

表3 機械的性質

| | 化学成分 (mass%) | 引張り強さ (N/mm ²) | | 硬さ (HB) | |
|----------------|-----------------|-------------------------------|------|---------|------|
| | | 接種 無 | 接種 有 | 接種 無 | 接種 有 |
| ロータリー ファーネス | C : 3.38 | ① 187 | 216 | 175 | 170 |
| | Si : 2.22 | ② 199 | 215 | 187 | 183 |
| | C : 3.44 | ① 192 | 220 | 174 | 172 |
| | Si : 1.54 | ② 189 | 217 | 182 | 173 |
| 高 周 波 電 気 炉 | C : 3.32 | ○ 163 | 180 | 155 | 151 |
| | Si : 2.15 | ② 160 | 195 | 150 | 148 |
| | C : 3.43 | ① 170 | 234 | 185 | 187 |
| | Si : 1.50 | ② 156 | 234 | 179 | 179 |

れた鑄鉄の方が、電気炉の比べてやや高い引張強さが得られたが、接種をした場合は、電気炉の方が高い結果も得られている。接種を前提に考えると、溶解炉による明確な差は得られなかった。しかし、接種無しの場合において、ロータリーファーネスの方がやや高い結果が得られたことについて、接種の効果も含めて、今後検討する必要がある。

図1にロータリーファーネスと電気炉で得られた鑄鉄の顕微鏡組織を示す。ロータリーファーネス、電気炉とも方向性のないA型黒鉛である。

3.2 鑄造特性

3.2 (1) 湯流れ性

渦巻き形試験片に1350℃で注湯した時の、湯流れ長さの一例を図2に示す。

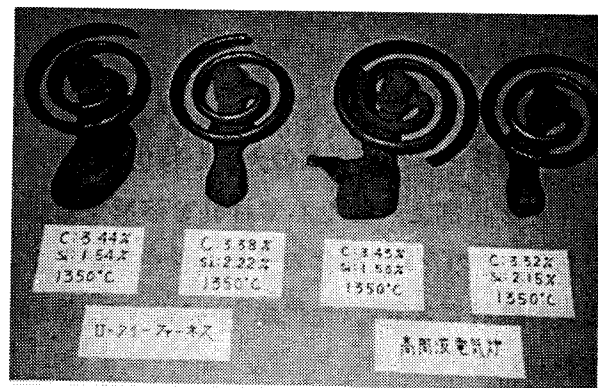
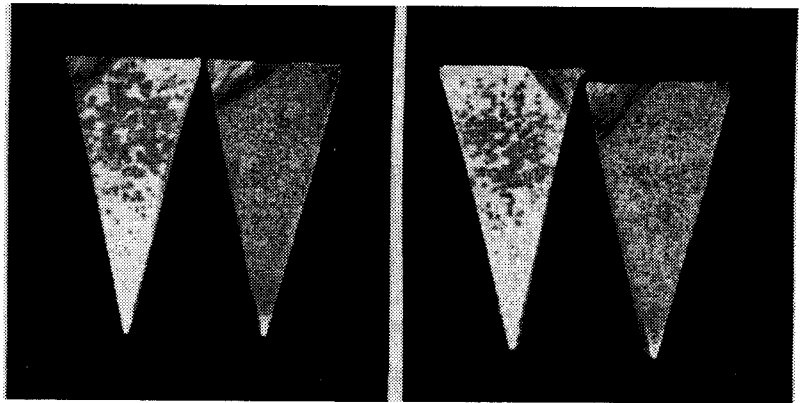


図2 湯流れ試験結果

湯流れ長さは溶湯成分や注湯温度によって変わるが、ロータリーファーンエスの場合は50cm～68cm、電気炉の場合は56cm～69cmの範囲でばらつきがあったものの、電気炉の方がやや湯流れ性が良い傾向を示した。

ロータリーファーンエスの溶湯は、キュボラや電気炉に比べて、湯流れ性は良い⁵⁾と言われているが、今回は逆の結果となり、今後もう少し詳細に検討する必要がある。



接種 無 有 無 有
ロータリーファーンエス 高周波電気炉
C : 3.44 Si : 1.54 C : 3.43 Si : 1.50

図4 チル発生状況

3.2 (2) チル特性

図3に楔型チル試験片によるチル深さの結果を示す。この結果より高C-低Siの場合はいずれの溶湯も全面にチルが発生した。しかし、接種をするとロータリーファーンエス、電気炉ともチルはほとんど発生しなくなり、チルの発生状況についても差は認められなかった。

図4にロータリーファーンエスと電気炉で得られた溶湯のチル発生状況を示す。

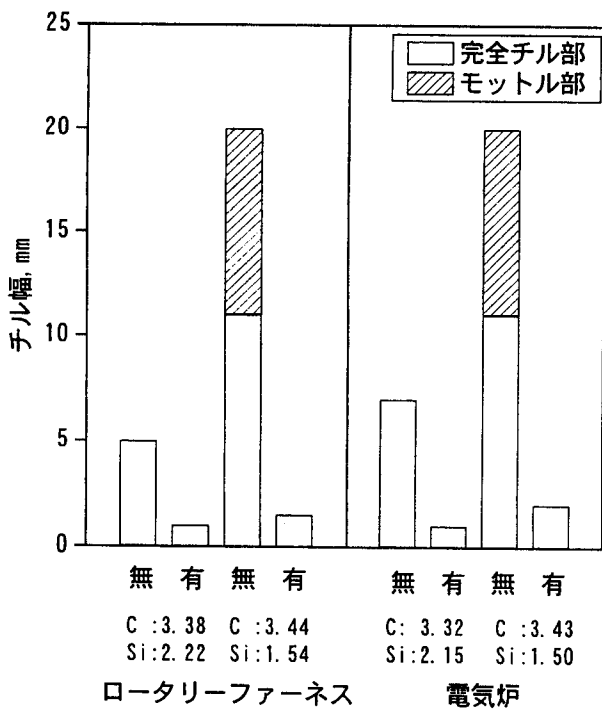
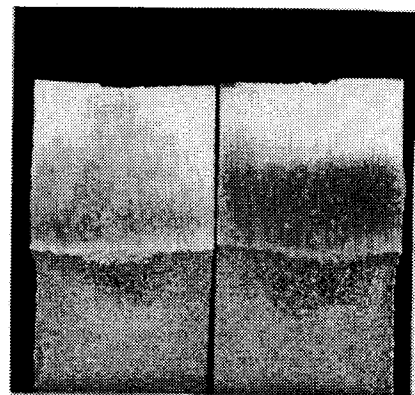
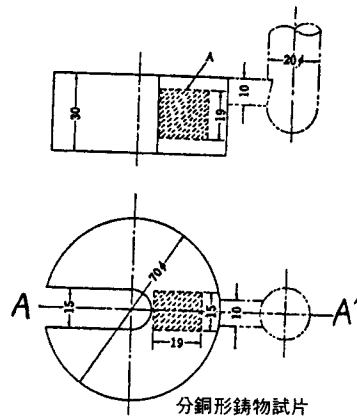


図3 溶解方法とチル量

3.2 (3) 引け試験

分銅形引け試験片を用いて、溶湯の引け性を試験した結果、図5に示すようにロータリーファーンエス及び電気炉の溶湯とも引けは発生せず、いずれも良好な結果が得られた。



高周波電気炉 ロータリーファーンエス
C : 3.32 Si : 2.15 C : 3.38 Si : 2.22

図5 引け試験結果 (A-A' 断面)

4. まとめ

新しい溶解炉であるロータリーファーネスと電気炉で溶解した鑄鉄溶湯について、機械的性質及び鑄造特性を比較検討した結果、機械的性質、チル特性及び鑄鉄の引け性は明確な差は認められなかった。

湯流れ性については、電気炉溶湯の方が、やや良い結果が得られたが、今後もう少し詳細に検討する必要がある。

謝辞

この研究は中小企業庁の「石油代替エネルギー等技術改善費補助金」の補助を受けて実施したもので、ご指導いただきました工業技術院名古屋工業技術研究所技術交流推進センター町田充秀氏、中部通商産業局に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大針洋男：鑄鍛造と熱処理 (1986) 6, 11
- 2) 中小企業事業団：廃ガス利用天然ガス回転炉
公開説明会資料 (1995)
- 3) 中小企業事業団：廃ガス利用天然ガス回転炉
公開説明会資料 (1995)
- 4), 5), 6) 加山延太郎：鑄鉄鑄物教本 (共立出版)
(1966) 71, 133, 171
- 7) 石野亨：鑄鍛造と熱処理 (1995) 5, 3