

球状黒鉛鑄鉄溶解中に発生するドロスの低減

村川悟*，樋尾勝也*，中村創一*

Reduction on Dross Generated in Ductile Cast Iron Melting

Satoru MURAKAWA, Katsuya HIO and Soichi NAKAMURA

1. はじめに

球状黒鉛鑄鉄溶解中に発生するドロスは、鑄造欠陥の原因となるため、発生量の削減が望まれている。このドロスは、溶湯中の炭素分が高いことにより、黒鉛が浮上してできるカーボンドロスと、マグネシウムなどの溶湯成分が酸化して生成する酸化物系のドロスがある。このうち、酸化物系のドロスは、球状化剤に含まれているマグネシウム、カルシウム、アルミニウムが溶湯へ溶け込んだ後に、あるいは、溶湯中の鉄、シリコンが、酸化することにより生成する¹⁾。

この酸化物系のドロス(以下、ドロスと称する)を構成する酸化物は、MgO, CaO, Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, MgSiO₃(エンスタタイト), Mg₂SiO₃(フォーステライト)などがある^{2),3),4)}。このドロスは、球状化処理剤による処理直後、さらに、鑄込まれるまでの溶湯の保持時に発生するが、この過程の中で、それぞれの酸化物がどの過程で発生しやすいかについては、明確になっていない。そこで、鑄鉄の球状化処理時の酸化物の発生傾向を明らかにするために、発生した酸化物を採取して分析を行った。

2. 実験方法

2.1 溶解方法およびドロスの採取

溶解は、高周波誘導溶解炉を用い、40kgの材料を溶解した。使用した溶解材料は、表1の化学成分の高純度銑鉄、鋼板、金属シリコン、フェロマンガンを、溶湯の目標組成を表2に示す。溶解は、

図1に示したプログラムの通り、溶解材料40kgを炉に装入して溶解を開始し、1823Kまで昇温した後に、処理用とりべへ移して、サンドイッチ法により1723Kで球状化処理を行い、反応終了直後に発生し浮上したドロス(以下、1次ドロスと称する)をすくい上げて採取した。さらに、溶湯を所定の温度(1523K、1673K)に降下させた後に、600S保持し、ふたたびドロス(以下、2次ドロスと称する)を採取した。なお、球状化処理剤は、表3の組成の処理剤を0.6kg使用した。

2.2 ドロスの分析

採取したドロスは、化学分析による成分分析、X線回折による結晶構造の解析を行った。

化学分析は、採取したドロスを乳鉢で粉砕し、アルカリ溶融後、溶融物を酸で溶解・脱水して、

表1 溶解材料の化学成分 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
高純度銑鉄	4.4	0.05	0.04	0.01	0.005
鋼板	0.04	0.03	0.12	0.02	0.003
フェロマンガ	6.5	0.2	73.2	0.09	0.02
金属シリコン	-	99>	-	-	-

表2 目標組成 (mass%)

C	Si	Mn	P	S
3.6	2.1	0.1	0.01	0.003

表3 球状化剤の成分 (mass%)

Mg	Si	Ca	Al
3.5	45	1.6	0.5

* 金属研究室

表4 成分分析の結果（酸化物換算：mass%）

	化学成分 (mass%)					
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	MnO
1次ドロス	32	8	19	36	3	-
2次ドロス (1523K)	44	19	17	3	7	7
2次ドロス (1673K)	40	2	33	1	14	1

表5 X線回折結果

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Mg ₂ SiO ₃
1次ドロス					-
2次ドロス (1523K)			-	-	-
2次ドロス (1673K)		-		-	

Al₂O₃, MnOは1次・2次共に検出なし
 : 検出あり - : 検出なし

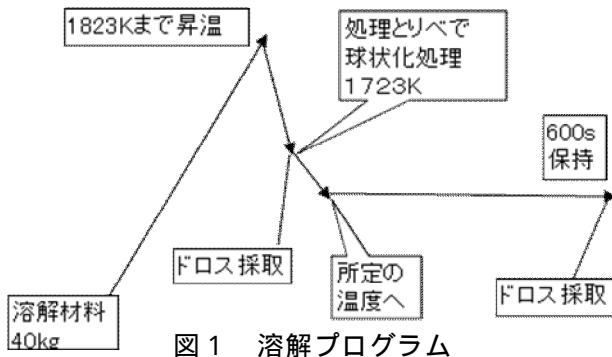


図1 溶解プログラム

生成した塩類をふたたび酸で溶解し、不溶性である酸化シリコンは重量法で、他の元素は、ろ液を使ってICP発光分光分析法で定量した。なお、得られた結果は酸化物に換算した。

3. 結果と考察

表4に、成分の分析結果を、表5に、X線回折の結果を示す。成分分析において、1次ドロスは、CaOが高く、2次ドロスはAl₂O₃、MnO濃度が高い傾向が認められる。さらに、2次ドロスにおいて、低温の1523Kの方が、高温の1673Kに比べて、Fe₂O₃、MnOが高く、MgOが低い傾向にある。X線回折結果についても、同様の傾向を示しており、1次ドロスと2次ドロスを比べた場合、1次ドロスでCaOが検出され、2次ドロスの温度による違いを比べると、低温の方がFe₂O₃が検出された。なお、X線回折結果では、高温のときにMg₂SiO₃（フォルステライト）が検出されるという結果も得られた。

以上から、主として球状化処理反応過程の1次ドロスでは、溶湯中のカルシウムが酸化してドロスが発生するが、その後は、溶湯中のカルシウム量が減少することにより発生が少なくなると考えられる。一方で、保持時に発生する2次ドロスの発生段階では、アルミニウム、マンガンの酸化が進行すると考えられる。この傾向は、熱力学的に計算される各元素の溶湯中における酸化傾向から、酸化し易いカルシウムが先に酸化されたと考えられる。

2次ドロスについては、Fe₂O₃、MnOの量に違いがあるが、これは、低温の溶湯では、鉄、マンガンの酸化が促進されることによると考えられる。

なお、Mg₂SiO₃は、SiO₂とMgOが反応することにより発生されるとされており¹⁾、反応が促進される高温の時に発生量が多くなり、検出されたと思われる。さらに、今回の実験ではMgSiO₃の発生が認められなかったが、MgSiO₃は溶湯の攪拌などにより溶湯の表面積が増加して、溶湯へより多くの酸素が供給されたときに発生しやすいとの報告³⁾がある。今回の実験では溶湯の保持時に、溶湯の攪拌などによる酸素の供給がなかったため、MgSiO₃が発生しなかったとも考えられるが、今後の検討が必要である。

4. まとめ

鑄鉄の球状化処理を行って、発生した酸化物を採取して分析した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 球状化処理直後に発生するドロスは、カルシウムの酸化物が多い。
- 2) 保持時に発生するドロスは、鉄、アルミニウム、マンガンの酸化物が多い。また、その保持温度が高くなると、マグネシウムの酸化物とシリコンの酸化物が反応したMg₂SiO₃（フォルステライト）が発生する。

参考文献

- 1) 張博 他;” 球状黒鉛鑄鉄 基礎・応用”,アグネ

(1983)

- 2) D.R.Askeland : “ Investigation of the mechanisms of dross formation in ductile iron ” .AFS Transaction,78,p125-132 (1970)
- 3) K.J.Best 他.”球状黒鉛鑄鉄製造時のドロス

鑄造欠陥 “.強靱鑄鉄協会技術情報,39(2),p6-19(2003)

- 4) M.Gagne et al.”Dross in ductile iron :source, formation and explanation”.Foundry Trade Journal,3669,p278-280(2009)