

依頼講演 溶融還元プロセスを中心とする各種製鉄法の比較 (139)

神戸製鋼所 技術情報企画部 西田禮次郎

1. 緒言

近年の溶融還元法はエネルギー密度向上を可能とする O_2 の工業的利用が可能を契機に欧米において開発が行われたように考えられる。初期のものに回転炉方式のDored法やまた微粉鉄の急速還元のCyclo-steel法やJet-Smelting法などが挙げられるが、いずれも耐火物の寿命、プロセスの安定性、エネルギー原単位などの点が未解決で開発は中止された。

これに対し還元鉄製造法は技術の容易さもあり1970年代前半には10数プロセスが競い合って開発されたが、結局天然ガス利用のシャフト炉と固定層方式に落ち着いた。しかしエネルギーショックを契機にその企業化は中南米、中近東、東南アジア等の天然ガスの豊富な開発途上国のみで行なわれている。また固定層はエネルギー消費量の多さゆえ最近では新設されていない。

先進国では再び石炭の活用ということで溶融還元法が見直され、欧州を中心として開発が進められているが、最近ではようやく本邦も参加し始めた。還元鉄と同じ様に今後10年位の間に多くのパイロットや実用プラントが建設、操業され、そのプロセスの優劣が定まることになる。

2. 最近の溶融還元法の開発状況

開発の最も先行したスウェーデンではInred, Elred, Plasmasmeltの3法が開発された。いずれも同国産のキルナ精鉄を対象とし、予備還元にはFlash-smeltingや流動層法を、溶融還元にはエネルギー密度の高いアークやプラズマ加熱を採用している。前2者はパイロットプラントの段階を終了しているが、実用プラント建設の目途は立っていない、また後者は成品価格の高いフェロアロイダスト処理に指向している。

西独ではKRとCOIN法が挙げられる。両法とも現在のところ予備還元には現実的なシャフト炉を考慮しており、溶融還元には前者はコークス充填層炉を後者は鉄浴炉を用いているが生産性向上を目的としてエネルギー密度を上げるための高圧化を指向している。なおKR法は200t/dプラントでの試験は終了し、現在南ア、ISCOR社と30万t/年のプラント建設の契約が報じられている。COIN法は3t炉で試験中である。

本邦でもCIGプロジェクト(新日鉄、鋼管、神鋼)におけるスウェーデンとの共同FSが行なわれ、また住金、川鉄などでも独自の開発が進められている。

また溶融還元技術そのものとは異なるが、西独のKS法とブラジルのEOF法がある。両法とも粉炭と O_2 を鉄浴中へ底吹、部分燃焼でスクラップを溶解させるが、エネルギー効率向上のため鉄浴上の発生COを2次燃焼させ、放射熱による鉄浴への熱回収を企ている。前者は125t炉で実用生産に入っている。本邦の大同特殊鋼でも同様な開発が行なわれているが、EOF法ともども排熱利用によるスクラップ予熱を行ないエネルギー効率向上を狙っている。

東鉄は底吹技術を電気炉へ応用し、鋼浴の攪拌させ溶解時間の短縮を狙ったと考えられる開発を試みている。

3. 各製鉄法の比較及び今後の方向

溶融還元法以外の還元鉄-電気炉、スクラップ溶解法も含む代表的な製鉄法の所要エネルギーを第1表に示した。これらの数値により一応のエネルギー比較は可能であるが、信頼性の点から厳密なプロセス評価は難しいことを述べておきたい。

エネルギー以外の技術問題も含め、今後の技術的方向を含めた主なコメントを述べる。

(1) 還元鉄-電気炉法は経済性を含め、ここ当分シャフト炉方式の優位はゆるぎそうもなく、輸送対策としてのホットブリケット技術や、電気炉の電力消費量低下のための還元鉄のホットチャージ技術が確立、普及して

Table 1. Energy consumption (Gcal/t).

	Shaft		Rotary kiln DR(RT) EF	K S	Coin		K R	Inred	El red	Plasma smelt	Scrap EF	
	DR(RT) EF	DR(high temp.) EF			Excess gas (small)	Excess gas (large)					Over-sea	Japan
Coal kg	-		865 (5.54)	240 (1.54)	489 (3.28)	833 (5.33)	1000 (6.00)	620 (4.15)	680 (4.35)	200 (1.28)	-	
Cokes kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50 (0.35)	-	
Natural gas Nm ³	340 (3.06)	340 (3.06)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O ₂ Nm ³	-	-	-	210 (0.29)	441 (0.62)	705 (0.99)	550 (0.77)	[660] Power con. 330KWh (0.46)	-	-	-	26 (0.04)
Power KWh	Shaft 132 EF 720 Sum.852 (1.96)	Shaft 132 EF 420 Sum.552 (1.85)	Kiln 62 EF 744 Sum. 806 (1.85)	80 8 (0.18)	271 (0.62)	244 (0.56)	50 (0.12)	{ EF 300 Power 50 Sum. 350 (0.81)	{ EF 660 Power 106 Sum. 766 (1.76)	{ EF 1120 Power 50 Sum. 1170 (2.69)	530 (1.22)	437 (1.01)
Excess energy Gcal			Excess gas 1.3	Excess gas 0.94	Excess gas 1.07	Excess gas 3.11		Excess Power 360KWh (0.83)				
Remarks				Desulf. 30 KWh (0.07)	Desulf. 30 KWh (0.07)	Desulf. 30 KWh (0.07)	Desulf. 30 KWh (0.07)	Desulf. 30 KWh (0.07)	Desulf. 30 KWh (0.07)			
Primary energy Gcal	5.02	4.33	7.39	2.08	4.59	6.95	6.96	4.22	4.42	4.32	1.22	(1.08)
Net. energy Gcal	5.02	4.33	6.09	1.14	3.42	3.84	4.20	4.22	3.59	4.32	1.22	(1.08)

() : Gcal conversion, [] : Self-supplied during the process RT : Room temperature

いこう。しかし10年位先には安価な粉鉍利用の流動層法が設備コストをシャフト炉並みに下げて登場する可能性がある。

(2) KS法やスクラップ・電気炉などでは、排ガス利用による鉄源の800°C程度の予熱技術が確立し、エネルギー原単位の大幅低下が可能となる。効率的予熱には鉄源の粒度が揃っていることが必要で、スクラップの評価体系の変化や還元鉄ブリケットの評価の高まることが予想されよう。

(3) 熔融還元法は、還元鉄製造-溶解システムとして見た場合、還元鉄・電気炉法に比べリフォーマが不必要で設備コストが低下する。ただシステム的には予備還元炉の排ガスの利用方法と熔融還元炉の発生ガスと予備還元炉の所要ガス量のバランスなどにある。技術的には熔融還元炉では生産性の点でエネルギー密度の上限、予備還元鉄の残存FeOの還元による急激なガス発生対策、ダスト発生量と排ガス処理技術などがある。また予備還元炉では低金属化還元鉄の製造などの問題がある。

(4) 高炉法と熔融還元法の比較では、エネルギーや技術問題以前のプラント規模で圧倒的な差がついている、前者は300~400万t/年に達するが後者は当面、30~50万t/年程度と考えられるので、経済性の点で後者の不利であることはいなめない。しかし将来、熔融還元法プラントの大型化が可能になれば、大規模のO₂プラントは必要とするが、コークスプラントは不必要でさらに流動予備還元技術が完成すれば焼結やペレットプラントも省けるなどのメリットも多く、熔融還元法も十分な競争力がつくように考えられる。