

技術資料

鐵鋼에 應用된 Plasma 技術 (II)

김 동 의*

1 . 序 論

1970년대의 에너지 위기 이후 에너지 문제의 장기 대책을 마련하기에 이르렀다. 즉 U^{235} 계의 원자력 에너지, H의 핵융합, 태양 에너지의 이용등이 그것이다. 또한 에너지 효율의 증대 방안으로서 여러가지가 대두되고 있다. 아크 방전은 오래전부터 이용되어 오고 있으나, 최근에 이르러 아크방전으로 일어나는 에너지를 Pinch effect에 의하여 集束시킴으로서 고온을 얻을 수 있었으며, 에너지 효율도 대단히 높으므로 각광을 받게 되었다.

Plasma flame은 고온이므로 금속의 제련분야에 이용되게 되었으며 특수강의 정련에 커다란 발전을 보게 되었다. 종래의 arc 전기로와 그 형태나 시설 등에 별 차이가 없으며 다만 흑연 적극 대신에 plasma torch¹⁾를 사용한다는 점이 다르다. 로의 분위기가 Ar, N₂ 등의 중성 분위기이기 때문에 합금원소가 많이 첨가된 합금강의 용해에 유리하며 C, O, N, S, H 등의 불순물 성분을 조절할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 현재 Plasma torch의 사용수명이 100 h ~ 200h에 불과하며 非移送式(nontransferable)의 개량, 대전류의 torch 제조 등의 문제가 아직 남아 있다.

제련분야에는 爐外精鍊에 利用될 것이며, tundish에서 2차精鍊 및 온도보존등의 이용이 예상된다. 최근에 Krupp社²⁾의 AC-plasma generator 개발은 획기적인 것이며 특히 종래의 arc 전기로에 비하여 시설비가 같은 수준이라는 점에 더욱 발전의 여지가 엿보인다.

본 해설에서는 vol.6, No.2의 “鑄鐵에 應用된 plasma 技術³⁾”에 이어 제철, 제강분야의 응용에 관한 최근의 동향과 전망에 관하여 기술코져 한다.

2 . 鐵鋼製練

轉爐製鋼과 아크爐製鋼에서 출강 후 爐外精鍊法으로 탈가스, 탈산, 탈유등을 효과적으로 행하여 고청정도강을 제조하고 있다. 한편 轉爐, 아크로에서 용해하고 주조하여 鋼片을 얻고 있다. 그리고 공기와의 접촉을 막아 가스의 흡수를 막는 소모전극법, electro slag 정련법, 진공아크정련법등에 의하여 재용해함으로써 고급강을 제조하고 있다. 그러나 최근 새로운 용해정련 방법을 고안하고 있으며, 최근에 대두되고 있는 것은 E B (電子 beam), plasma-arc process 등이다.

Plasma 용해법은 Ar+H₂ 가스등을 사용하므로 공기와의 접촉을 피할 수 있으며 아크에 의하여 고온을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 이상의 특수 정련법에서 처럼 과도한 시설을 피할 수 있으며 공기와의 접촉없이 고급강을 제조할 수 있는 장점이 있다.

Plasma arc melting(PAM)법은 Union Carbide Corp.의 Linde 연구소에서 1945년 140 kg 용량의 시험로가 가동됨으로서 시작되었다. 1960년대에 VEB/Edelstahlwerk의 Freital (E.Germany)에서 30 ton 로가 가동되었으며, 1973년 35 ton의 PAM로가 가동되었다. 20MW로 3本の D.C.Plasma torch에 의하여 가동되고 있으며 연간 80,000 ton의 stainless steel, 특수강을 생산하고 있다. 전력비는 450 ~ 500 Kwh/t 정도 소모된다.

1984년 Austria의 Voest-Alpine AG⁵⁾ (Linz Hüttle)는 그림 1과 같은 Ar(+H₂, N₂) plasma arc 로를 건설하였다. 용량은 45/60 t, 전기용량 36 MVA, 4本の torch로서 4 - 7 MW로 가동된다. 연간 약 13/18 만톤의 합금강을 생산할 계획이다. 그림 1은 Voest Alpin AG(Linz)의 45/60 t 용량의 plasma furnace이다. 이 plasma로에서 유황은 0.010 % P가

* 慶北大學校 工科大學 金屬工學科 教授

가능하며, (전극이 사용되지 않으므로 저 탄소계의 Cr 강의 생산이 가능하고 N₂ Plasma 를 쓸 경우 N-계 austenite stainless steel 의 제조가 가능하다.

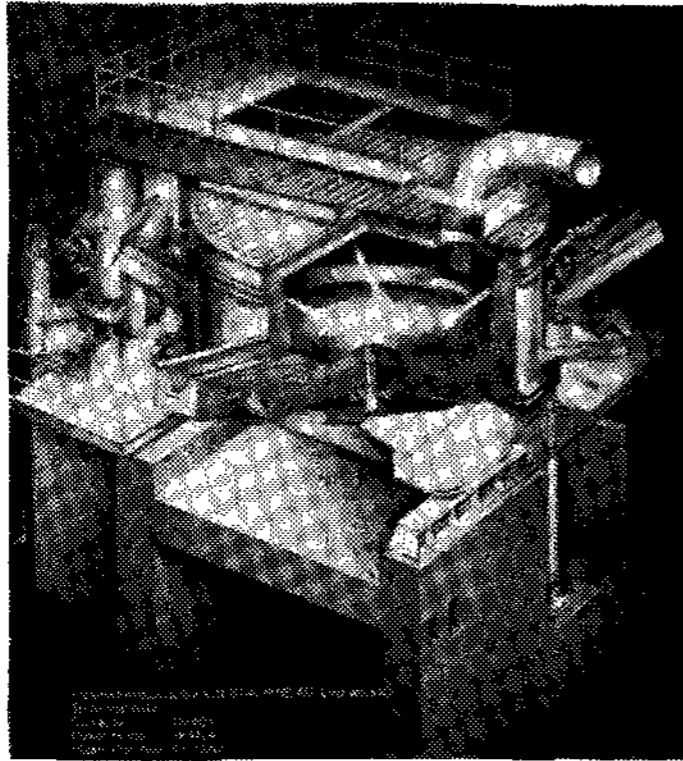


그림.1. Plasma furnace at the Voest-Alpine AG (45/60t)

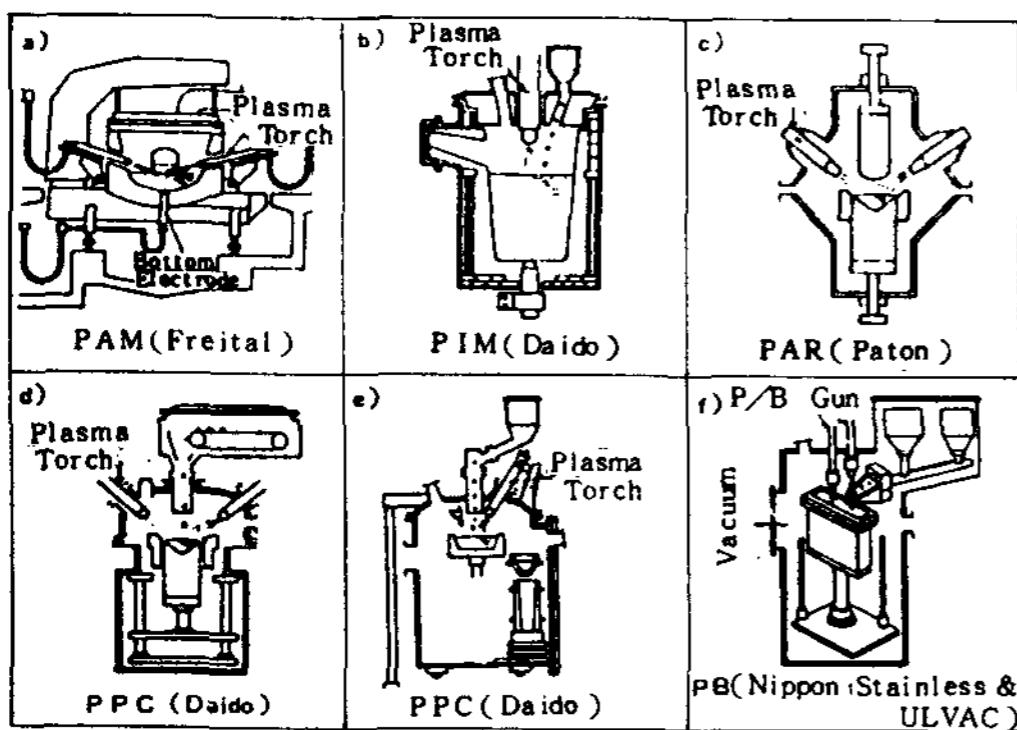


그림.2. Plasma arc melting processes

1982년 Krupp社²⁾는 3φ-AC 3t PAM 시험로를 설치하였으며 400 V에서 1.6MW로 송전되는 3本の torch로 용해작업을 하고 있다. 현재까지의 시험결과 중 성분위기로 운전되므로 철 및 합금원소의 회수율이 높으며 C의 흡수가 없는 것이 특징이다. 또한 Ar 사용료는 흑연전극 사용·비용에 미치지 못한다. 또한 아크로에 비하여 소음공해가 적으며 arc 로보다 전력의 flicker 현상이 적어 다른 공장에 영향을 크게 미치지 않는다. 그러므로 Krupp社는 1985년 siegen에 20MVA의 10 t plasma 로를 건설중이며 12-Ka torch를 1987년까지 개발하면 용량은 훨씬 증가되리라 예상된다.

특수 정련법⁶⁾으로는 여러가지가 대두되고 있으며 위에서 설명한 PAM(plasma arc melting process),

PIM(plasma induction melting process), PAR(plasma arc remelting process), PPC(plasma progressive casting process), PSC(plasma skull casting process), plasma smelting process 등이 대두되고 있다. 그림 2에 상기 Process 들의 그림⁷⁾을 표시하였다.

3. Plasma 용융 環元

환원가스가 plasma의 고온에서는 쉽게 원자상태로 해리되며 상당한 량이 이온화된다. 그러므로 환원반응을 빠른 속도로 진행시킬 수 있다. 이와같은 장점을 살려 미국의 Westinghouse electric corp, Bethlehem steel corp, 등이 plasma process에 의한 광석 환원을 계속 실험하고 있다. 또한 plasma 고온을 이용하여 조약코크스나 coal을 가스화하여 환원가스를 제조하려고 하고 있으며, Sweden의 SKF社에서는 이 Plasma 환원가스를 이용하여 sponge iron, DRI, 용선을 얻는 Plasmared, Plasmasmelt process를 개발하였다. 그림 3은 최근에 Bethlehem steel co에서 개발한 Falling Film 반응로이다.

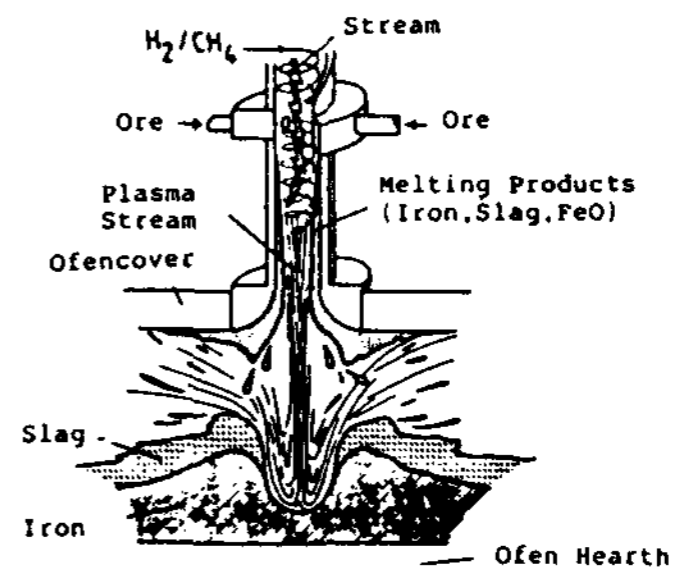


그림.3. Falling-film plasma reactor(Bethletem steel)

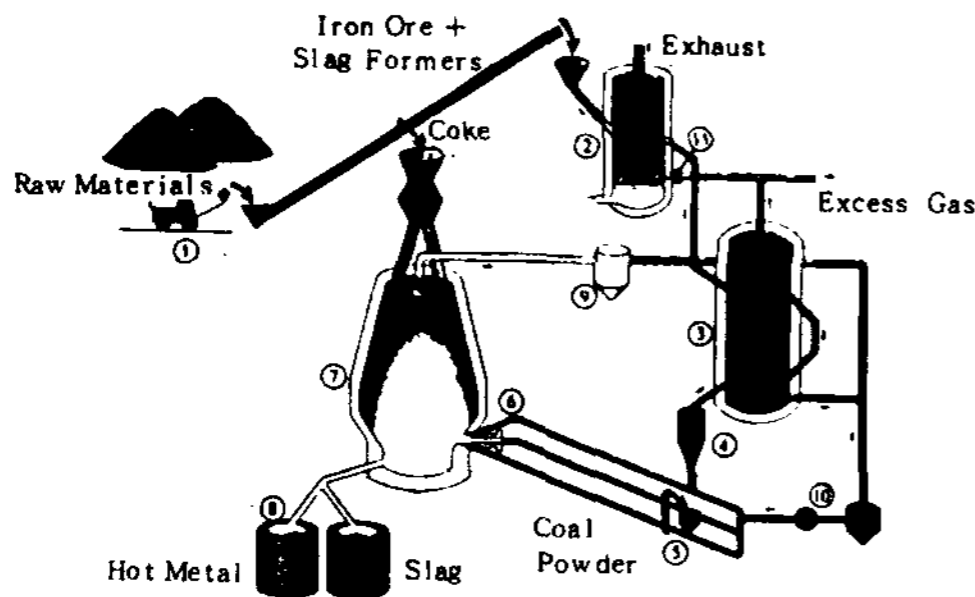
Westinghouse electric corp,은 Mesabi metal process⁸⁾를 개발하고 있으며 1983년 1.5 MW plasma System으로 움직이는 10,000 t/Y의 pilot plant를 Pickands Mathers & Co,와 공동으로 건설하였다. 본래 광석의 입도가 적고 환원성이 나쁜 Minnesota taccovite를 사용하고 North America의 western coal을 직접 Plasma process에 적용하여 약 400,000 t 규모의 소단위 공장 건설을 목적으로 하였다. 즉, plasma process는 고온이며 환원가스가 농축되어 있으므로 값비싼 용광로용 코크스를 석탄분으로 대체할 수 있으며

Pelletizing이나 sintering 같은 공정없이 분광석을 직접 plasma process에 의하여 사용할 수 있기 때문이다.

Sweden의 SKF⁹⁾社는 에너지 효율이 낮은 기존의 Wiberg DR plant (25,000 tpy)를 plasma process로 바꾸어 조업함으로써 연간 약 50,000 t의 출산량을 보였다. 즉, 첫 단계로서 fluidized bed에서 예비환원하며, 예비환원된 광석과 석탄분을 shaft로의 환원대에 플라즈마가스와 함께 불어 넣는다. 이와같이 용융상태의 슬래그와 용선을 얻을 수 있으며 이것을 Plasmasmelt Process라 한다.

그림 4는 SKF의 plasmasmelt process의 개략도이다.

최근 Plasma의 고온을 이용하여 Fe-alloy 제조에 많은 연구가 진행되고 있으며 Westinghouse + Mitsubishi의 Fe Mn 제조, SKF社의 plasmachrome 등을 들 수 있다.



- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1) Raw materials | 7) Shaft furnace |
| 2) Iron ore | 8) Liquid iron and slag |
| 3) Fluidized bed reactor | 9) CO and H ₂ |
| 4) Pre-reduced ore | 10) Off-gas |
| 5) Coal powder | 11) Remaining CO and H ₂ |
| 6) Plasma generator | |

그림.4. Plasmasmelt process (SKF)

4. 結 論

Plasma flame은 고온이므로 환원가스가 해리되어 이온화된다. 그러므로 광석환원 속도가 매우 빠르며 공기를 사용하지 않으므로 N₂가 없고 BF에 비하여 Co, H₂가스의 농도가 매우 높은 장점을 가지고 있다. 그러므로 앞으로 광석환원¹⁰⁾분야에도 plasma 환원 process는 적용될 전망이 있다. 현재 SKF社의 plasmasmelt Process와 미국의 mesabi metal project는 소규모, 별도공장 단위로 확산될 가능성이 크다. 그러나 현재 기존 제철소에서 어떻게 plasma process를 받아들여 적

용하며, 에너지 절약, 생산원가의 절감등을 이룩할 것인가 하는 것이 금속계에는 관심거리이다. 다음으로 중요한 것은 용광로에서 풍구의 공기를 plasma에 의하여 가열하는 방법이다. 풍구의 공기를 더욱 예열함으로써 코크스비의 절감을 기대할 수 있으며 hot stove의 부담을 덜어 주는 방안이 예상된다. 또한 풍구에 석탄분, oil계, 천연가스, cog, cold gas, steam, 산소, tar 등을 injection함으로써 더욱 연료비를 절감할 수 있다. 1kg의 coal injection으로 1.2kg의 cokes를 절감할 수 있다는 최근의 보고가 있으며 plasma heated blast에 의하여 연료비가 370~500 kg/NTHM에서 165 kg/NTHM까지 낮아진 실험결과¹¹⁾가 있다. 또한 먼 장래에는 광석의 예비처리 즉, sintering, pelletizing 등의 공정을 생략한 소단위 제철소가 출현할 가능성도 있으며, 기술집약적인 생산공정에 의한 합금강을 주로 생산하는 공장건설이 가능할 것이며, 에너지 효율이 높다는 점과 소음공해가 적으며 공해, 폐기물의 양이 줄어들 수 있다는 점에서 미래의 제철소로 등장할 수 있는 여건을 갖추고 있는 셈이다.

5. 참고문헌

1. G. Magnolo : can. Mining and Met., Jan (1964) 57
2. D. Neuschutz, H. O. ROssner, H. J. Bebbler and J. Hartwig : Iron and steel Engineer, May (1985) 27
3. 金 東 義 : 주조, 6 (1986) 125
4. H. Fiedler : Neue Hütte, 21 (1967) 69
5. DR. Lugscheider : SEASI Quart., July (1983) 69
6. 加藤剛志 : 日本金屬學會會報, 23 (1984) 934
7. 大澤秀雄, 小野清雄 : 鉄と鋼, 68 (1982) 1479
8. M. G. Fey : Iron and steel Engineer, May (1985) 38
9. C. J. Labee : Iron and steel Engineer, Oct, (1983) 67
10. 金台東, 曹龍煥, 金東義 : 大韓金屬學會誌, 24 (N) (1986) 176
11. V. Dembovsky : Plasma Metallurgy, Elsevier (1985) 216