現場技術

큐포라 酸素富化 操業의 實際的 利用에 관하여

金 鍾 喆*

1. 序　論

최근 경제발전과 더불어 각종 주물의 수요가 증가함에 따라 큐포라 및 전기로등의 熔解設備가 다양화되고 있는 실정이라 鑄鐵熔解로서는 큐포라가 가장 널리 이용되고 있으며 현재 전국 주단조업체 실태 조사서에 의하면 약 350여基[1]의 큐포라가 있는 것으로 집계되고 있다.

그러나 국내 큐포라의 熔解操業은 원자재 수급 및 주물용 연료 등의 질적인 열등함과 용해 계속설비의 불충분한 조건 등으로 대부분이 現場條件下에서 行하여 지고 있으며 이에 따른 熔湯成分 조정이 불균일하여 큐포라를 단순히 熔解度로서 사용하고 얻어진 熔湯을 다시 전기로라 기타 보온로에 넣어 成分調整이라 昇溫을 하는 二重熔解法[2] 등을 채택하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 다년간에 걸친 酸素富化操業을 통하여 큐포라의 生産性 재고와 效率的인 큐포라 운영으로 용해비절감 고급주철생산 및 대체연료사용 가능성 등을 검토하고 용해조업의 최적조건을 작성하여 현장용해 기준설정에 참고가 되고자 한다.

2. 實驗方法

2-1　熔解設備

당사 용해설비로는 큐포라 5 TON/H 2기, 5 TON/H 1기, 1 TON/H 1기 저주파유도로 5 TON 2기를 보유하고 있으며 實驗設備로는 금속재료 인장시험기 2기, 경도시험기 3기(BRINELL, SHORE) 초음파탁상기 3기 CE메타기, 주물사시험기 기타 충격시험기 등이 있으며 상기 산소부화조업 試驗은, 5TON/H큐포라의 주요設備만 간략히 소개코자 한다.

용　량 (T/hr)	노 내 경 (㎜)	유효높이 (㎜)	유효고비	풍　구 (EA)	용해속도 (t/hr)
5	950	4,400	4.6	100 φ×6	4.5/4.7

Fig.1　5 TON/H 큐포라 주요부치수

설 비 명	규　　격	수량	설 비 명	규　　격	수량
송 풍 기	75 φ고압공냉식	2기	풍 량 계	0～200 ㎥/min	1기
〃	75 φ고압수냉식	1기	풍 압 계	0～1,500 ㎜Aq	1기
열교환기	SCHACK식	2기	자동온도계	0℃～1,600℃	3기
집 진 기	燈頂습식법	2기	자동장입기	600 ㎏/batch	2기

Fig.2　5 TON/H 큐포라 부대설비

2-2　酸素富化裝置

당사 酸素富化裝置는 1978년 8월에 설치하여 현재까지 계속 사용중이며 施設投資額은 小額으로서 약 ₩1,000,000～₩2,000,000 정도이며 기본적으로 既存施設을 利用할 수 있도록 設計되었기 때문에[3] 極小의 위험부담과 最小의 投資費用만 있으면 된다고 본다.

또한 단시간 이내에 용이하게 設置可能하여 최소의 운전자 敎育으로 稼動이 可能하다.

다음은 設置槪略圖를 Fig-3에 表示하였다.

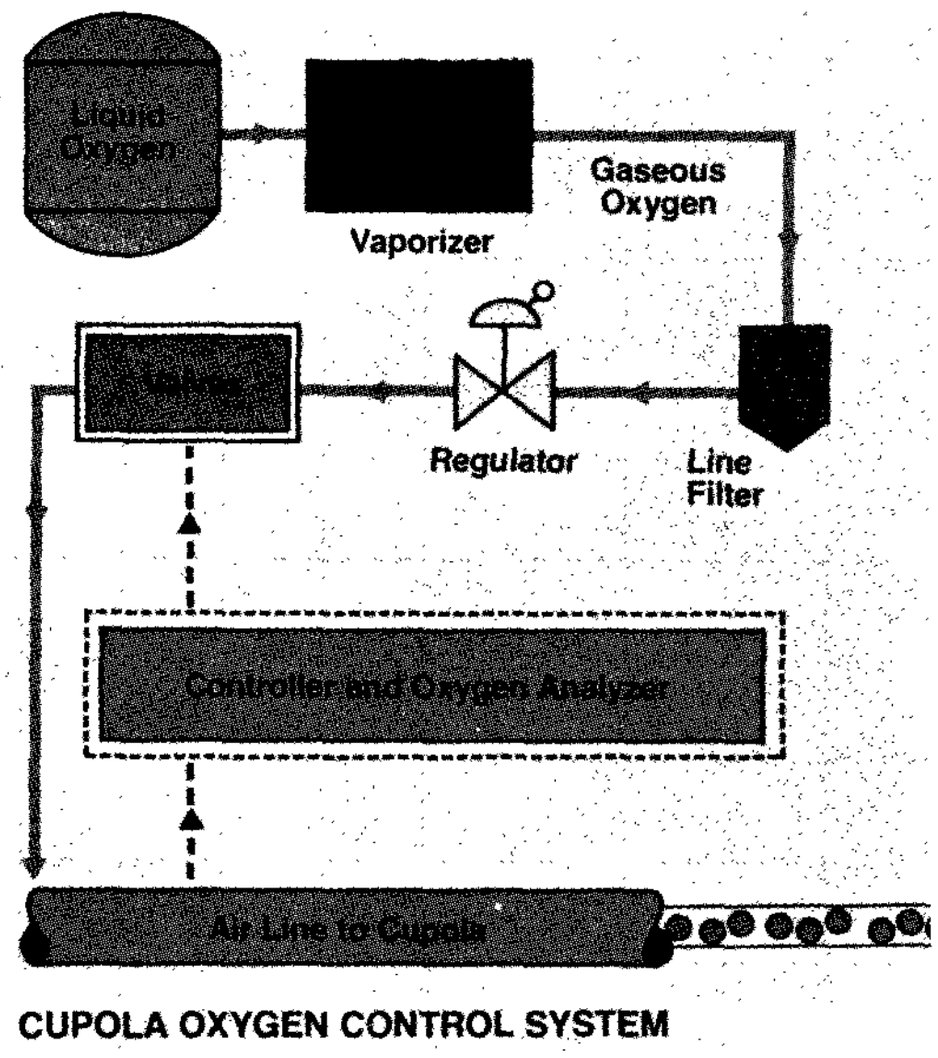

Fig.3

2-3　酸素富化操業

산소를 添加하는 方法은 현장조건에 따라 初湯溫度를 상승시키거나 爐상황이 惡化되었을 경우 간헐적으

* 1984年度 第1回 鑄物技術討論会에서 發表된 內容임
* 東洋鐵管株式會社 部長

로 添加하여 사용하는法[4]과 出湯溫度를 상승시켜 成分조정 및 高引張力의 鑄鐵을 얻을수 있도록 연속적으로 添加하는 法[5]이 있으며 당사는 익일 생산량 및 연료수급 사정에 따라 流動的일 경우도 있으나 일반적으로 다음과 같은 條件 아래서 操業하였음.

1) 큐포라 가동시간 : 10 H/day 연속작업

2) 재료장입량 : 400 *kg* / 1회

3) 송풍량 : turbo centrifugal blower基 100 m^3 /*mm* 공급

4) 코크스비 : 17 %～10 %

5) 연 료 : 코크스 50 %-피탄 50 %

6) 산소부화 조업시간 : 6 H～10 H/day

7) 산소부화량 : 1 %～3 %

2-4 使用材料

당사 주요제품은 水道用鋼管 鋼管말뚝 鐵鋼子조물 그리고 鑄物로서 주물제품은 주로 산업기계 제철설비 철도궤도용품 밸브류 자동차부품 기타 一般 鑄物品으로서 연간 7,000여톤을 生産하여 큐포라에 사용되는 주요재료는 다음 Fig 4와 같다.

항목	품명	주요화학성분 C	Si	Mn	P	S	비고
원재료	선철	4.4	1.55	0.50	0.09	0.025	KS P 2103 근거 1종 1호 F·A선 사용
	회주철	3.3/3.6	1.7/2.4	0.5/0.8	0.1 ↓	0.02/0.06	자가발생 회주철
	고철	0.1/0.8	0.1/0.4	0.3/0.8	0.05 ↓	0.05 ↓	자가발생 고철 및 일반고철
	Fe-Si	0.2 ↓	75/80	～	0.05 ↓	0.02 ↓	KS D 3713 근거 2호 사용 (Fe-Si2)
	Fe-Mn	7.3 ↓	1.2 ↓	73/78	0.4 ↓	0.02 ↓	KS D 3712 근거 고탄소 페로 망간 ($Fe-Mn_{H_c}$)
연료	코크스	F·C 80～85					KS E 3751 근거 주물용 코크스
	피탄	F·C 75～80					삼척탄, 봉명탄
	산소	액화산소					U.G.C
기타	접종제	Ca-Si Fe-Si					국내수입
	가탄제	F·C 92～95					〃

Fig. 4 주요원재료 및 연료

2-5 試驗項目

큐포라의 운영은 너무나 많은 作業要所를 갖고 있기 때문에 상당기간 (5～6個月) 이상 시험이 必要하여 각 공장 사정에 따라 결과치가 流動될 수 있으나 본稿에서는 당사 시험결과 작업표준화 시킨 내용중 일부 項目을 수록 발췌한 것을 참고 바란다.

1) 熱風溫度測定

일반조업時 爐內열풍온도와 O_2 사용량을, 1 %～3 %까지 증대시키면서 變化되는 열풍온도와의 관계를 測定하였다.

2) 酸素富化操業에 따른 熔解能力

일반조업과 O_2를 연속적으로 添加한후 初湯出銑부터 작업 종료까지의 시간당 출전량을 산출하였다.

3) 出湯溫度의 變化

일반조업과 O_2 사용량을 1 %～3 % 증대하여 出湯溫度를 시간별로 比較검토하였다.

4) 原材料 裝入比檢討

당사 큐포라 주 생산제품은 Valve류 및 공작기계류로서 (GC 17～GC 22) 정도의 材質[6]을 요하므로 평상시 강고철 사용량이 30 % 소요되었으나 增加 사용할 수 있는 有無를 검토하였음.

5) 대체 燃料使用

종전 큐포라의 연료로 코크스 대신 삼척탄이나 봉명탄 등을 대체해서 數回 사용해 보았으나 發熱量이 부족하여 원활한 조업을 할 수 없었으며, 산소부화시 피탄으로 대치사용 可能한지 그리고 코크스비를 줄일 수 있는지 검토하였음.

6) 經濟性檢討

材料費節減 內譯을 산출하고 酸素富化操業에 소요되는 일체 經費를 對比하여 經濟的으로 타당성 有無를 檢討하였음.

3. 結果 및 考察

3-1 熱風溫度測定

큐포라에 송풍되는 열풍온도를 熱風管으로 부터 채취하여 일반조업시 열풍온도와 O_2를 부화시킨후 열풍온도를 Fig 5, Fig 6에 표시하였다.

그림에서 보는바와 같이 조업후 1 hr경과때 부터 열풍온도는 조금씩 떨어지나 O_2 1 %를 추가 사용한 결과 效果를 볼 수 없었으며 cokes가 탄후 O_2를 3 % 증대 사용결과 서서히 상승하여 350 ℃를 상회하였다.

爐상황을 안정시킨후 O_2를 2 %로 감소한 결과

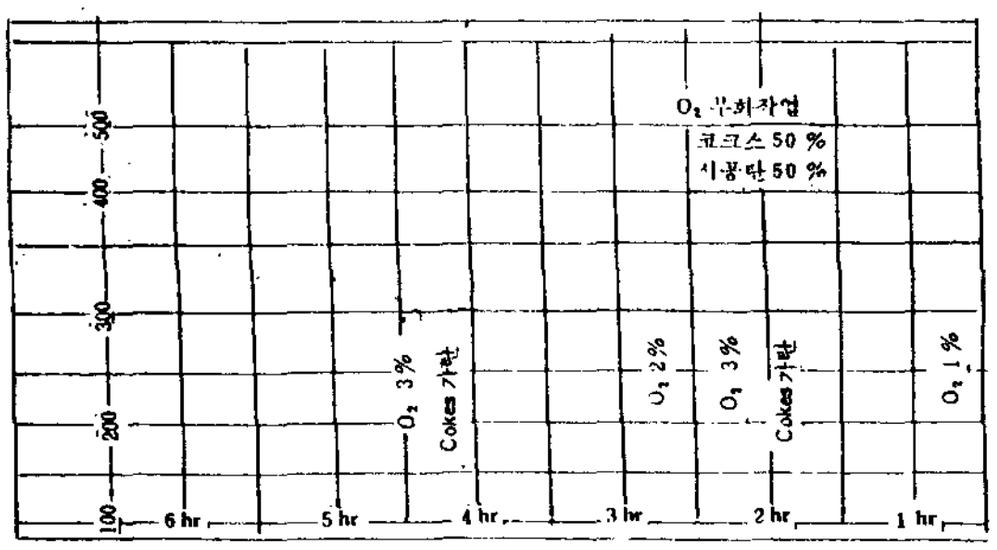

Fig. 5 O_2 부 화 작 업

330 ℃ 정도로 하향했으나 일반조업 때보다 20 ℃ 가량 높은 온도를 유지하였다. 가탄량은 Cokes 70 K/회[7] 로서 爐상황에 따라 추가 裝入하였으며 O_2 富化操業시 加炭回數가 약간 적었다.

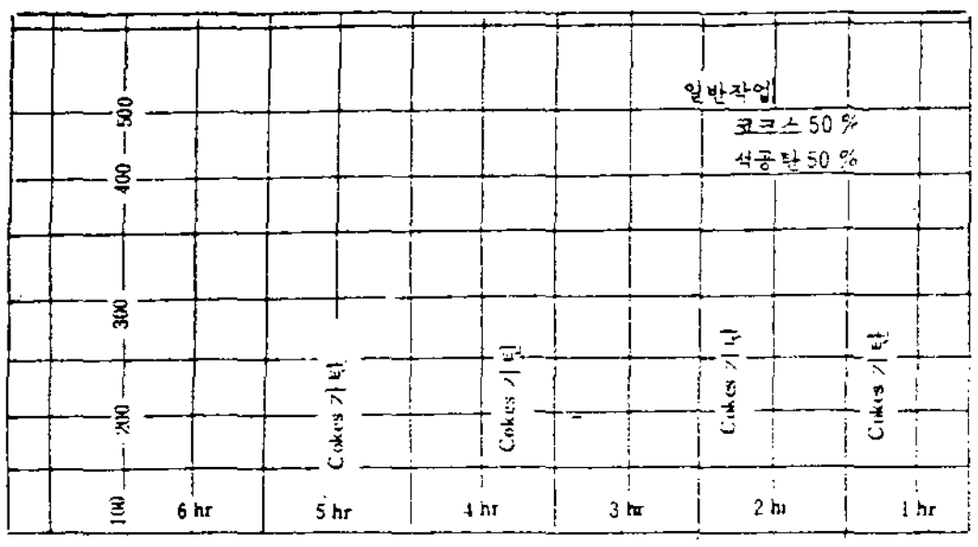

Fig.6 일 반 조 업

3-2 酸素富化操業에 따른 熔解能力

다음과 같은 조건 Fig 7으로 月平均 操業結果를 검토한 결과 시간당 出銑量은 O_2 添加操業시 4,900 *kg* / hr로서 일반조업 4,500 *kg* / hr 보다 400*kg*/hr 증대 되었다.

용 해 능 력 현 황 (5 TON 큐포라)

항 목	일 반 조 업	산소부화조업
점 화	04:30	04:30
공 취	08:00 ~ 08:30	08:00 ~ 08:30
장 입	08:30 ~ 17:00	08:30 ~ 17:40
송 풍	09:00 ~ 17:30	09:00 ~ 18:20
출 탕	09:20 ~ 17:30	09:20 ~ 18:20
코크스비 (%)	19	17.5
출 선 시 간	8시간10분	9시간
용 해 량 (*kg*)	37.000	44.000
시간당출전량 (*kg* / h)	4.530	4.880

Fig.7 용 해 능 력 현 황

3-3 出湯温度의 變化

O_2 添加量에 따른 출선온도는 당사 큐포라에서 測定하기에 困難하여 參考文獻 (新版 큐포라 핸드북 16-3) 참조[8] 하여 Fig 8에 표시하였으며 시간별 출탕온도의 變化는 O_2 사용량 2 %로 연속작업 했을때와 일반조업시 출전온도를 비교 검토하여 Fig 9에 표시하였다. Fig 8에 의하면 측정온도가 각 文獻마다 차이가 있으며 당사에서 O_2 2 %부화시 평균출선온도는 1,470 ℃ 이었으며 Fig 9에서는 일반조업 보다 O_2 添加시 평균출선온도는 25 ℃ 가량 상회하고 있다.

3-4 原材料 및 燃料裝入比 檢討

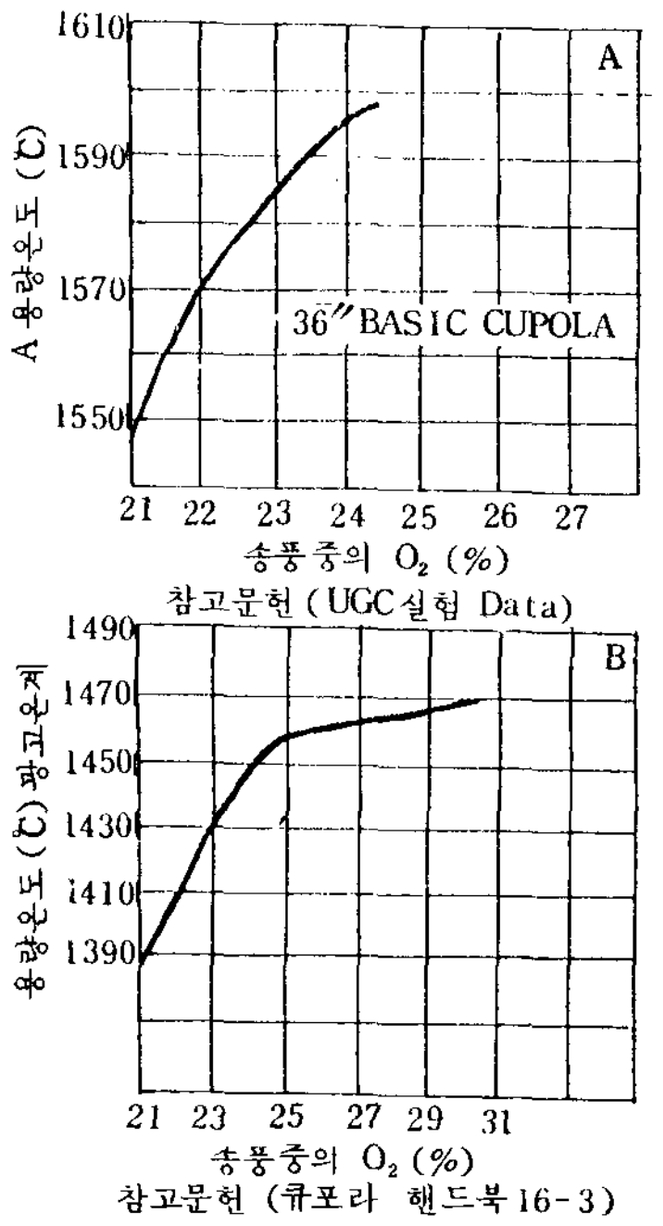

Fig.8 O_2 첨가량에 따른 용탕온도 (A.B)

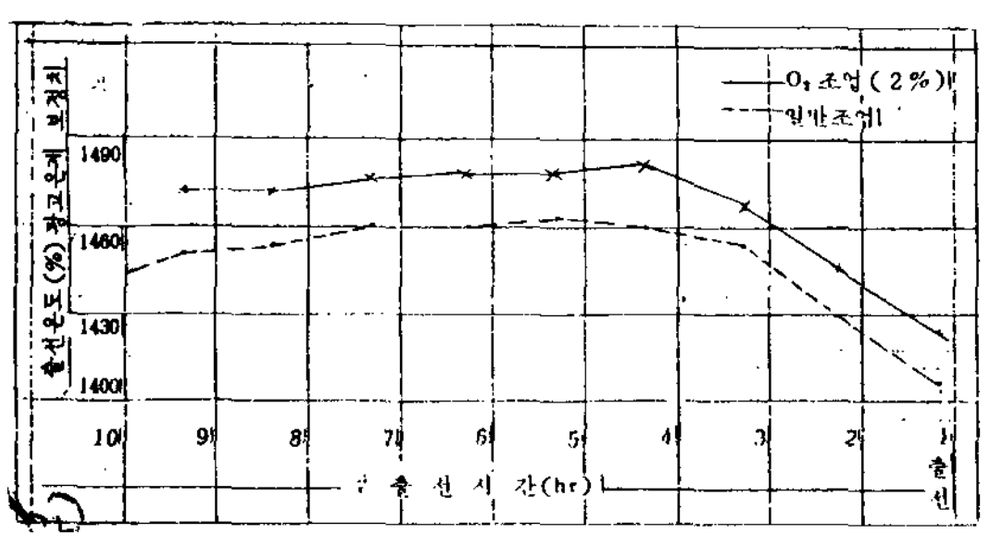

Fig.9 시간별 출선온도의 변화

당사에서는 일반코크스 조업시 加炭이 잘 되지 않아 고철 사용량을 30 % 정도밖에 裝入하지 못했으나 산소조업후 燃料를 일반괴탄으로 대체하여 Fig 10과같이 조업한 내용을 표시하였다.

산소부화 조업후 銑鐵사용량을 25 %로 감소시키고 고철사용량을 45 %까지 증가한 결과 용탕성분은 카본이 종전 3.5 %에서 3.3 %로 떨어졌으나 고온으로

(1회장입 = 400 *kg*)

구 분	일 자	장입회수	선 철	고 철	회주철	코크스	괴 탄	산소량
기존조업	7·8월 평 균	104	40	30	30	9.5	9.5	~
O_2 부화조업	9. 5	119	35	35	30	5	13	560㎥
	9. 7	106	30	40	30	5	12.5	498㎥
	9.10	97	25	45	30	0	17.5	456㎥
	9.12	115	25	45	30	0	17.5	541㎥
	평 균	109	29	41	30	2.5	15	514㎥

0.04 %로 0.025 %가 감소되었다.

Fig.10 장 입 비 대 비 표

서 유동성은 좋았으며 材料裝入을 同一하게 한후(선철 30, 고철 40, 환원설 30) 용탕성분의 變化를 시험한 결과 (Fig 11 참조) 카본성분은 0.2 %가량 증가하고 유황성분은 일반조업지 0.065에서 O_2 부화후

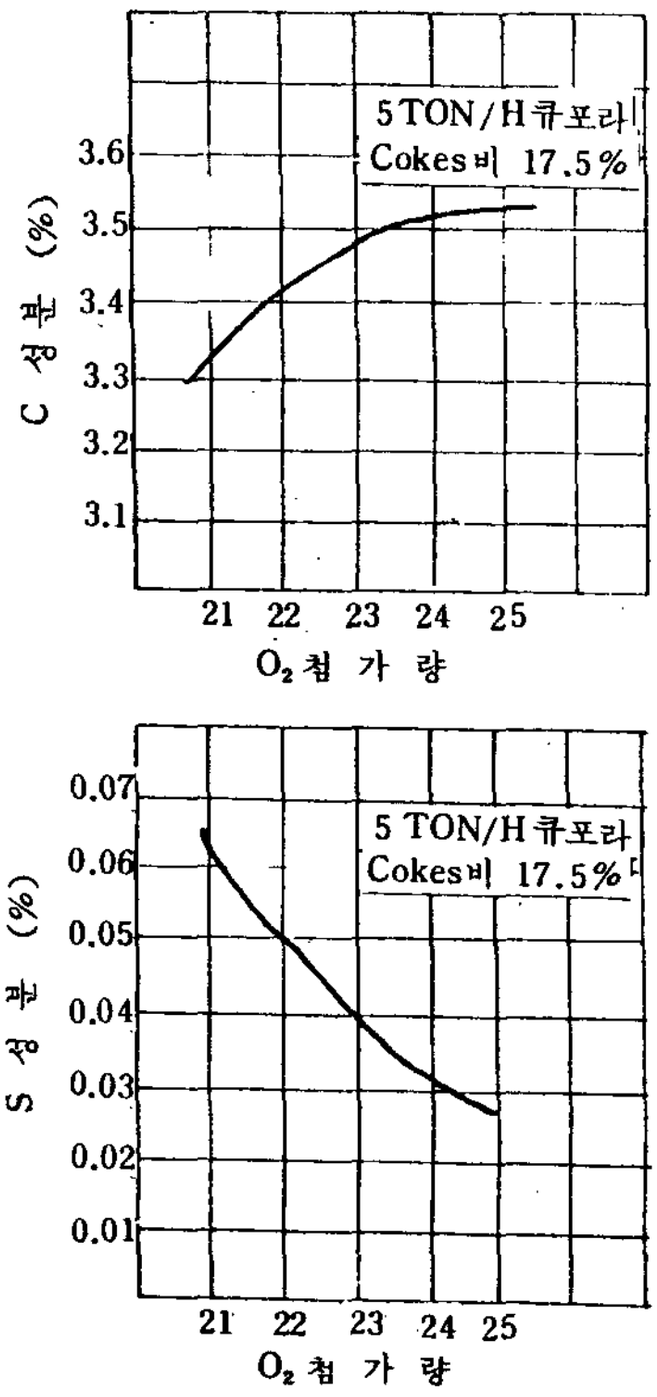

Fig.11 용탕성분의 변화

3-5 經濟性 檢討

熔解費절감 및 O_2 사용으로 인한 소요금액을 시험기간중 생산한 공작기계 프레스 (Fr20 ~ Fc25) 의 裝入比를 근거로 산출하였다.

2) 熔解費절감 (일일기준)

1回 장입시 절감액 3,550원

총장 입회수 100회

1) 材料費 (1회 장입기준)

항 목		단위	단가(원)	일 반 조 업		산소부화조업		비 고
				장입량 (kg)	금 액 (원)	장입량 (kg)	금 액 (원)	
원	선 철	kg	130	160	20,800	100	13,000	−7,800
자	고 철	〃	100	120	12,000	180	18,000	+6,000
재	회주철	〃	110	120	13,200	120	13,200	
계		〃		400	46,000	400	44,200	−1,800
연	코크스	kg	165	38	6,270	~	~	−6,270
	피 탄	〃	110	38	4,180	70	7,700	+3,520
료	계	〃		76	10,450	70	7,700	−2,750
부	Fe-Si	kg	750	0.8	600	0.8	600	
	Fe-Mn	〃	440	12	528	1.2	528	
자	석회석	〃	9	20	180	20	180	
재	산 소	㎥	200	~	~	5	1,000	+1,000
총 계					57,758		54,208	−3,550

O_2 탱크 임대료 20,000원

계 3,550 × 100 - 20,000 = 335,000 원

4. 結 論

本 實驗을 통하여 얻은 結果는 다음과 같다.

1) 酸素富化量 : 5 TON/H 큐포라 (내경 950㎜) 에서는 1.8 %~2 % 사용이 가장 적합하다.

2) 시간당 出銑量 : O_2 添加 (2 %) 操業時 일반 조업에 비해 400 kg / hr 증대되었으며 出銑量은 平均 4,900 kg / hr 정도이다.

3) 出銑溫度 : O_2 添加 (2 %) 操業時 平均 14.70 C로서 일반조업에 비해 25 C가량 고온으로 출선되었다.

4) 材料裝入 : 일반회주철 (Fc 10°~Fc 25) 용해시 고철배합비를 종전 30 %에서 45 %까지 增加 사용했으나 裝入바켓 용량으로 그이상 장입이 困難하였다.

5) Cokes : 19 %에서 17.5 %로 절감되었다.

6) 熔湯成分 變化 : 카본은 0.2 % 정도 증가 되었으며 S성분은 0.025 가량 감소되었다.

7) 熔解費 : 1回 장입시 절감액은 약 3,550원으로 6 % 절감되었다.

이상과 같이 酸素富化操業으로 큐포라 熔解能力을 보다 향상시켰으며 燃料수급 및 cost를 절감시키는 效果를 얻었다.

최근에는 산소부화 Line을 직접 tuyere에 설치하여 보다나은 조업능력을 향상시키는 方案도 연구중에 있으며 마지막으로 5 TON/H爐를 통한 국부적인 실험으로 內容이 다양화 하지 못한 점을 사과 드리며 미흡한 資料이나마 각공장 조업에 조금이나마 보탬이 되기를 바랍니다.

〈參考文獻〉

1) 한국주조공학회 주조 1983. Vol3. p 191.

2) 일본주물협회 주물편람 1978 (p 1106 ~ p 1107)

3) 공업진흥청 용선로설계 및 시공기준 1977 (p 101 ~ p 106)

4) 공업진흥청 용선로 작업표준 1979 (p 120)

5) 日本鑄物工業會 鑄銑의 材質 昭和 37年 (p 178 ~ p 181)

6) 공업진흥청 용선로 작업표준 1979 (p 90 ~ p 100)

7) 日本鑄物協會 新版 큐포라 핸드북 1979 (16-3) UGC 실험 Data