

技術資料

鑄鐵熔解用 Rotary Furnace

최창욱

Rotary Furnace for Cast Iron Melting

C. O. Choi

1. 서론

Rotary Furnace가 주철의 용해나 보온용으로 1920~30년경 이탈리아에서 처음으로 사용되었으며, 영국에서는 1930년경 처음 도입되어 1950년경 Sir W. G. Armstrong-Whitworth사에서 미분탄을 연료로 사용하는 용량 2~10ton의 Rotary Furnace 4기가 가동되어 당시 좋은 결과를 얻은 것으로 알려지고 있다. 그러나 미분탄은 발생분진량이 많고 노의 유지보수가 어려운 점 등 결점이 많아 액체연료로 대체사용되었다. 또한 일본에서는 1970년경 독일의 Fulmina사에서 개발한 Fulmina로가 도입되어 주철의 1차 용해로나 큐플라의 전도로서 사용되었으나 고온의 용탕을 얻기가 곤란하고 노의 라인닝 소모가 심하고 연료유로부터 배기가스 중에 SO_x, NO_x가 함유되어 있어 작업환경을 오염시키거나 용탕중 황이나 수소가 함유되어 주물의 재질을 불량하게 하여 구조결함을 발생시키는 것으로 지적되어 오래 사용되지 못하였다. 그러나 국내에서는 Rotary Furnace의 도입이나 사용실적이 전혀 알려지지 않고 있다.

최근 기체연료로서 산소를 병용한 소형 Rotary Furnace가 주철의 용해로로서 프랑스, 이탈리아, 독일 등 유럽에서 급속히 이용되고 있어 저자가 한국과학재단의 방문연구계획에 의하여 독일을 방문하였을 때 Rotary Furnace를 사용하는 Neue Ludwigshütte GmbH사를 방문, 견학할 수 있었던 기회가 있어서 현재 국내에서 관심을 갖고 있으므로 새로운 Rotary Furnace에 대하여 개요를 소개하고자 한다.

동아대학교 금속공학과

2. Rotary Furnace의 구조

프랑스 Air Liquide사와 이탈리아 Sogemi사가 공동으로 개발한 Rotary Furnace의 구조를 그림 1에 표시한다. 현재 용량은 1~25ton의 것이 가동되고 있다. 노체를 포함하여 용해설비는 비교적 간단하며 재료장입은 skip형과 apron형이 있다. 또한 장입으로부터 출탕에 이르기까지 모든 공정이 자동화되어 있다.

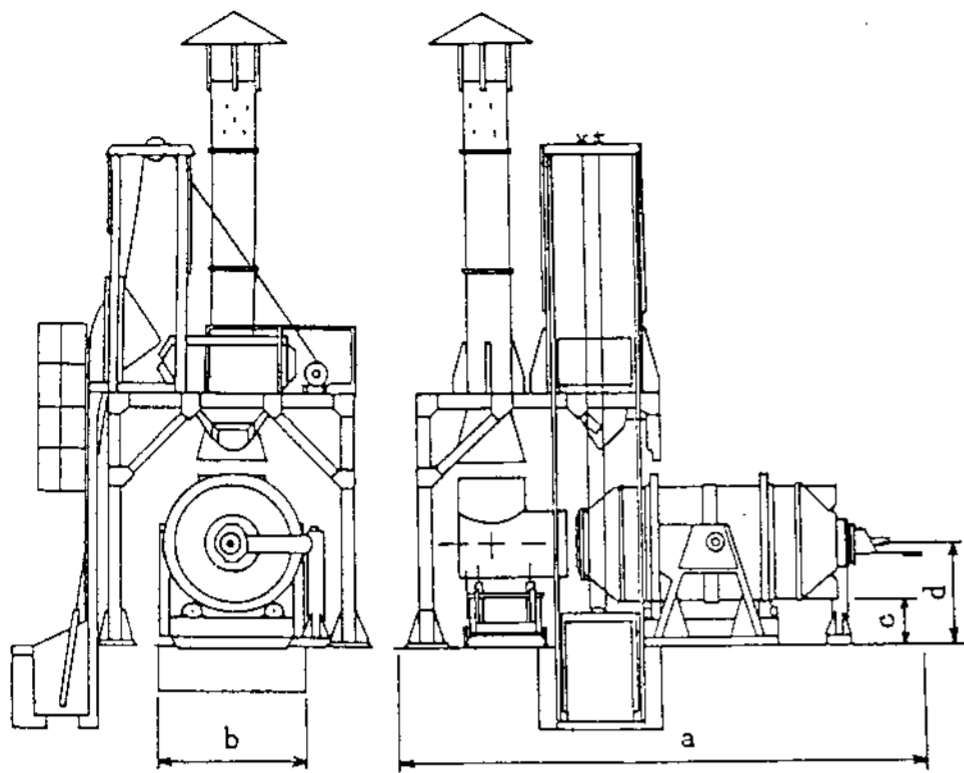
Air Liquide사의 자료에 의하면 1985년에 유럽에서 12기가 가동되었으나 1991년에는 이탈리아 80기, 프랑스 16기, 스페인 17기, 독일 7기 등 모두 120기로서 6년간 약 10배의 급속한 증가를 나타내었다. 이들중 가동중인 Rotary Furnace의 규모별 분포예를 보면 표 1과 같다. 비교적 소기업이 많으며 또한 미하나이트기술 도입공장이나 자동차부품을 생산하는 고품위의 주물품을 생산하는 공장에서도 이를 채용하고 있다.

그림 1의 Rotary Furnace의 주요구조는 표 2와 같이 구성되어 있다.

노체는 그림 2에 나타낸 바와 같이 양측에 원추부를 가진 원통형인데, 한쪽은 버너를 설치한 버너설치구로서 조업종료시의 슬락을 제거하는 제진구를 겸하고 있으며, 다른 한쪽은 재료장입구로서 조업시 배기가스를 연도로 유도하는 통로

표 1. Rotary Furnace 설치공장의 규모별 분포.

공장규모(종업원수)	설치공장수
20인 이하	5
20~40인	35
40~80인	25
80인 이상	5
계	70



용량 t	각부치수, mm			
	a	b	c	d
1	6500	1400	900	1600
2	6800	1600	800	1600
3	7800	1740	730	1600
5	9400	1950	700	1675
8	9800	2060	650	1680

그림 1. 스킵프식 장입장치를 가진 Rotary Furnace의 구조에.

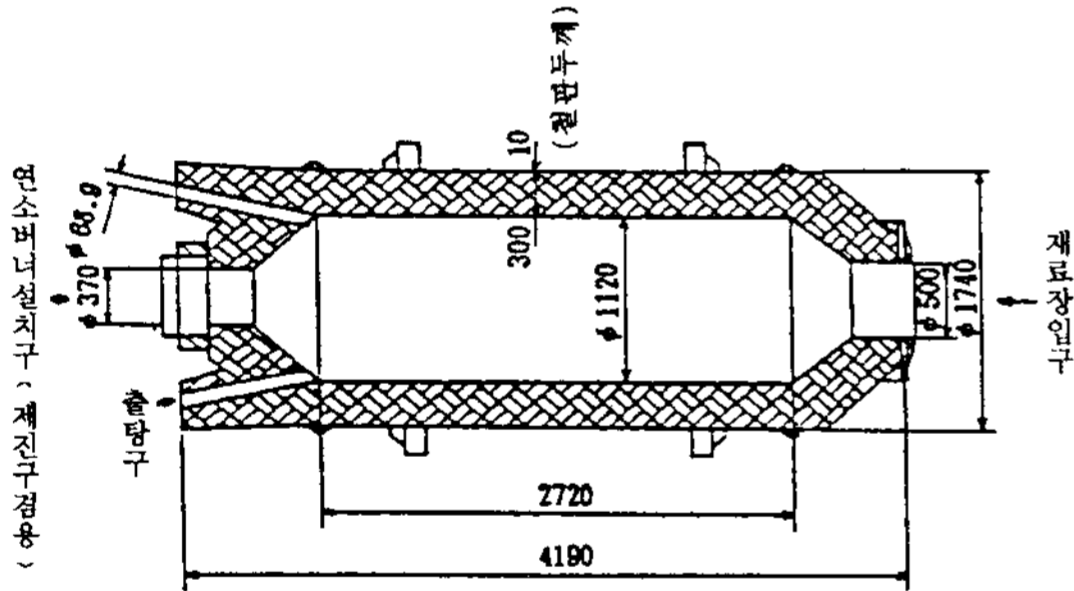


그림 2. Rotary Furnace(용량 3ton)의 노체 구조에.

이다. 노체는 유압이나 전동으로써 경동하는 구조로 재료장입은 일반적으로 노를 경사시켜 실시하며 수평으로 재료를 장입하는 형식도 있다. 재료장입후 노를 수평으로 하여 연도와 결합시켜

표 2. Rotary Furnace의 주요구조.

노 체	원통부와 원추부로 구성
연소버너	순산소버너 및 냉각장치
회전 및 경동장치	전동기어에 의한 회전 및 경동
장입장치	컨베이어식 혹은 바켓식
성분조정용 투입장치	공기이송장치에 의해 가탄제 및 합금철 투입
조작반	컴퓨터에 의한 완전 자동제어
산소 및 연료공급장치	

다른 측에서 버너를 설치하여 노체를 원통축을 중심으로 회전시키면서 지금의 예열, 용해, 보온 등을 실시한다.

온도측정과 가탄제나 합금류의 첨가는 주로 버너설치구를 이용한다. 출탕은 출탕구를 열어 실시한다. 노내 용탕의 용해가 끝나면 노를 경사시켜 최후에 노내에 잔류하는 슬락을 버너설치구로 낙하제거한다.

용량 3ton 노에서 재료장입구는 50mmφ, 버너설치구 370mmφ, 원통부내경 1120mmφ, 내화물의 두께 300mm, 출탕구는 버너설치구 외주에 2개 설치되어 있다. 3ton 노에서는 약 70mmφ×700mm로 되어 있다. 버너는 3중관으로 중앙으로부터 연소가스, 외측에는 산소, 최외주에는 물로 냉각한다. 순산소를 사용하므로 화염은 약 2850°C에 달하여 공기연소보다 연소가스량이 적어 열의 분산이 방지된다. 화염의 길이조정이 용이하여 짧은 화염을 만들어 열효율을 향상시킬 수 있는 이점도 있다.

3. 사용재료

Rotary Furnace는 회주철, 구상흑연주철 및 Ni-Hard나 Ni-Resist 등의 합금주철도 용해가 가능하다. 원재료는 주물공장에서 사용하는 보통의 재료를 사용한다. 장입지금의 크기는 장입구경 이하(예를 들면 3ton 노에서 500mmφ)가 좋고 절삭분에 부착된 기름이나 아연도금강판의 아연 등도 화염의 조정으로 제거가능하다.

현재 가동하고 있는 공장의 지금배합예를 표 3에 표시하였으며 강고철을 60%까지 배합할 수 있다. 이때 용탕의 가탄은 전극설, 석유코크스, 무연탄 등을 장입재료와 동시에 첨가하나 용해후 노내 또는 출탕통로에 첨가하는 방법도 있다.

노벽 라인닝은 통상 SiO₂ 90~95%를 함유한 SiO₂-Al₂O₃계 산성라인닝재가 사용된다. 축노는 도가니형 유도전기로와 같이 코어를 삽입하여 외각철판과의 사이에 라인닝재를 넣어 다진다.

자연건조후 소성처리에 의하여 표면은 세라믹화하는 것을 특징으로 하며 이 처리는 원통부는 500회 이상, 양측 원추부는 25~50회 연속가능하다. 조그마한 침식부는 매회 출탕후 열간 또는 냉간보수한다.

조제재는 재료장입시에 지금의 1.65%규사와 0.3%석회석 첨가를 표준으로 하여 SiO₂ 91%, Al₂O₃ 6.5% 라인닝재를 사용하는 노에서 SiO₂ 68.5%, Al₂O₃ 5.0%, CaO 0.5%, FeO 15.8%, Mn 7.5%의 조성을 가진 슬랙 3~3.5%를 만든다.

4. 조업

장입, 용해, 출탕 등 모든 조업은 컴퓨터에 의하여 제어되므로 노내를 최적의 조업상태로 유지할 수 있다. 먼저 노체를 버너로써 예열한 다음 노를 경사시켜 재료를 장입한다. 이때 버너는 끄고 버너설치구 문을 닫는다.

재료장입후 노체를 수평으로 하고 버너를 점화하여 버너설치구로 노체내에 삽입한다. 화염의 길이나 온도, 분위기의 산화·환원의 정도는 자동조정되어 노를 회전하면서 용해조업을 개시한다. 조업은 예열, 용해, 유지(성분조정이나 승온을

포함)의 3기로 분류하며 예열기는 산화연소, 다른 2기는 환원연소가 바람직하며 산소와 연소가스의 배합비(O₂m³/가sm³×100)를 OXY RED Ratio라 하며 이 값은 195~220 사이에서 변화된다.

성분조정은 1차는 배합계산에 의하여 성분관리를 하고 용해가 되면 용탕의 노전시험결과에 따라 부족성분을 공기 이송장치인 airshooter를 이용, 첨가하므로 노체의 회전에 의하여 가탄제나 Fe-Si이 용탕내에 쉽게 장입·용해될 수 있다.

Rotary Furnace의 재료장입비 예를 표 3에 표시한 바와 같이 강고철은 최고 60%까지 장입할 수 있으며 용탕중의 성분손실은 C 7~10%, Si 15~20%, Mn 30~35%, Cr 2% 이하, 30% Cr의 경우 10%, Ni 10%, Mo 10~15%이며, 2차성분조정후의 손실은 가탄제 50%, Fe-Si 15%, Fe-Mn 4%이다. 강재배합비에 따른 용탕의 조성과 기계적 성질의 측정결과 예를 표 4에 나타내었다. 강재의 배합률이 증가하면 CE값이 증가하였으며, 인장강도는 감소경향을 나타내었으나 경도는 증가하는 경향을 보였다.

사진 1과 사진 2는 Rotary Furnace에 의하여 얻어진 편상흑연을 가진 회주철과 구상흑연주철의 현미경조직을 나타낸다.

표 5는 Rotary Furnace의 용량별 용해시간과 연료소비량을 나타낸다. 용량이 커지면 용탕 ton 당 연료소비량은 감소함을 알 수 있다.

표 3. 장입재료의 배합비율 예.

장입예 장입재료(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
강고철(steel scrap)	5	5	10	20	20	25	30	40	40	50	50	50	60
선 철(pig iron)	90	75	10	80	30	35	10	20	30	30	25	30	20
회수철(return scrap)	5	20	80	-	50	40	60	40	30	20	25	20	20

표 4. 강재배합률에 의한 용탕의 화학조성 및 기계적 성질변화.

강재배합률(%)	C	Si	CE	인장강도(kgf/mm ²)	경도(HB)
20	3.20	2.47	4.06	32.6	220
30	3.30	2.60	4.10	30.6	206
40	3.34	2.29	4.13	27.3	214
50	3.25	2.60	4.13	29.5	220

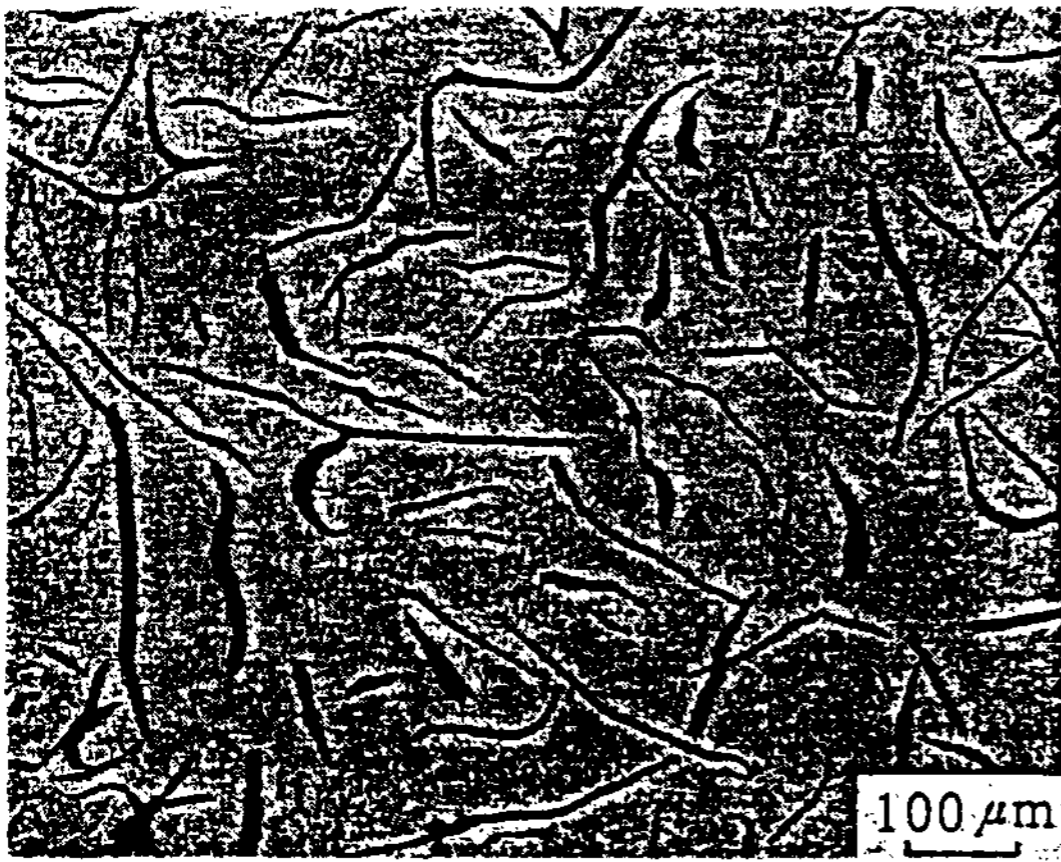


사진 1. Rotary Furnace에 의한 회주철의 현미경조직.

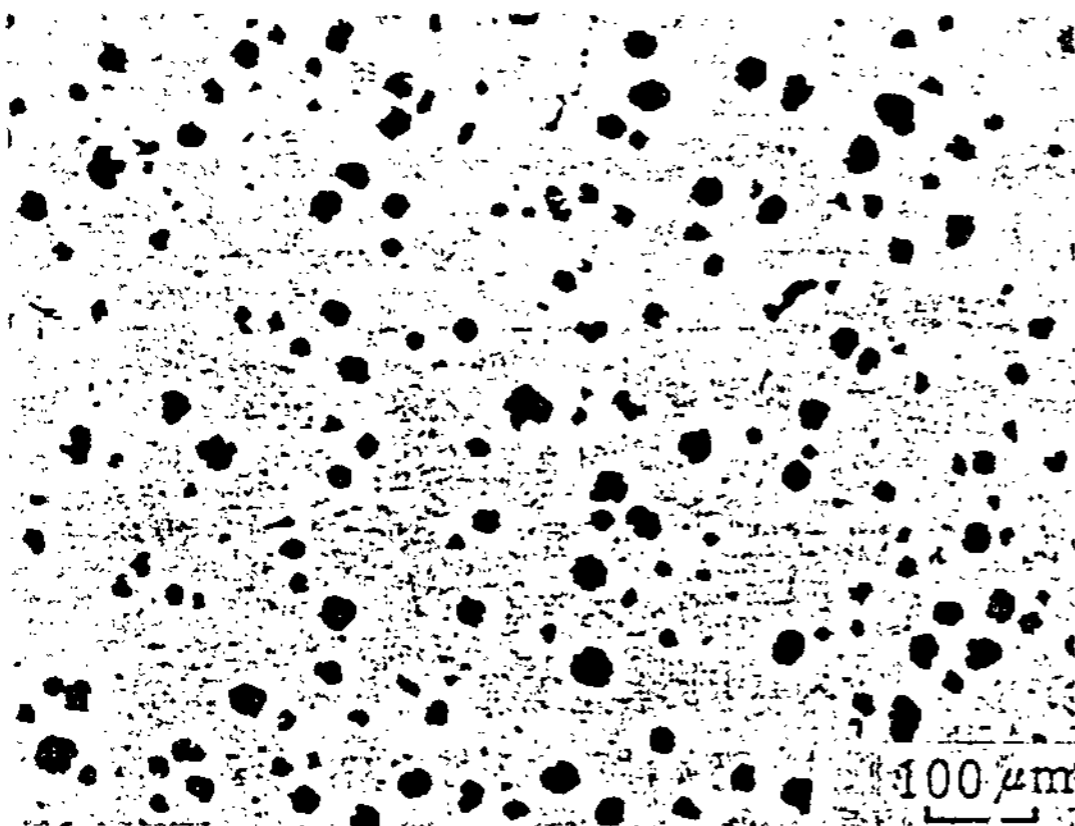


사진 2. Rotary Furnace에 의한 페라이트형 구상흑연 주철의 현미경 조직.

5. 결 론

Rotary Furnace의 주요특징은 공기대신에 순

산소를 사용하므로 배기가스량이나 배기가스중의 분진, NO_x, SO_x 등의 함유량이 큐폴라와 비교하여 적은 것을 쉽게 알 수 있다. 따라서 공해문제나 작업환경 개선과 생산제품의 품질면에서 고품위제품이 생산가능한 것으로 사료되므로 중소주물공장에서는 Rotary Furnace에 대한 관심이 증가할 것으로 예측되어, 주철용해로로서 참고자료로 도움되기를 바란다.

참 고 문 헌

1. 石野 亨 : 鑄鍛造と熱處理, (1991. 8) 2
2. W. J. Roscrow : The British Foundryman, 64 (1971) 41
3. 石野 亨 : 鑄鍛造と熱處理, (1991. 8) 2
4. SOGEMI Co. : Rotary Melting Furnace, (1991)
5. Air Liquide Co. : Rotary Furnaces in Europe, (1991. 7)
6. J. Arriaran, L. Cobos, J. R. Guridi : 58th
7. 에너지관리공단 : 에너지이용합리화시범사업 기술세미나 교재, (1992. 12) 10
8. 石野 亨 : 鑄物, 64 (1992) 814
9. 에너지관리공단 : 에너지이용합리화시범사업 기술세미나 교재, (1992. 12) 26
10. 石野 亨 : 鑄物, 64 (1992) 815
11. G. Bard : Metallurgical Operation of SOGEMI Rotary Furnace, (1991. 2)
12. A. Vigorell : SOGEMI Oxy-Combustion Rotary Furnace, (1991. 9)

표 5. 용량별 용해시간 및 연료소비량.

용 량 (ton)	용해시간 (min)	용해온도 (°C)	연료소비량/용량		연료소비량/t·용량		
			LNG(m ³)	산소(m ³)	LNG(m ³ /t)	LPG(m ³ /t)	산소(m ³ /t)
1	70	1520	100	195	100	40	195
2	80	1520	170	320	85	34	160
3	80	1520	240	480	80	32	160
5	100	1520	320	640	64	26	128
8	120	1520	500	1000	63	25	125
12	130	1520	720	1450	60	24	120
20	140	1520	1300	2600	65	23	130
25	150	1520	1340	2880	54	21	115