

耐火 煉瓦와 시멘트工業

宋 泰 雄

〈仁荷大學校 窯業工學科研究室〉

1. 緒言

耐火物은 高溫工業에 쓰이는 高溫에서 難熔性인 非金屬 無機材料로서 SK 26番(1580℃) 以上の 것으로 定義하고 있듯이 耐火煉瓦는 시멘트工業에 있어서 必須不可缺한 重要한 副資材로서 특히 그 品質은 큰 運轉效率 및 熱管理와 나아가서는 시멘트 生産原價에까지 큰 影響을 미치고 있다. 즉 品質이 不良한 耐火煉瓦를 사용할 경우 큰의 계속 運轉이 不可能 할 뿐만 아니라 非定期的인 耐火煉瓦 補修를 위하여 큰 運轉을 停止시킬 경우 生産性 低下는 물론 莫大한 熱損失을 가져오게 된다.

1977년 韓國洋灰工業協會에서 調查한 큰의 運休內譯을 살펴볼 것 같으면 다음 〈表-1〉과 같다.

〈表-1〉에서 보는 바와 같이 시멘트 生産에 支障을 초래하는 部分中에서 煉瓦補修가 차지하는 比率이 약 34.7%라는 큰 比重을 차지하

〈表-1〉 1977年度 運休內譯 比較

分 期	運 休 內 譯 (%)				
	煉瓦補修	쿨라補修	停電	其他	計
1/4 分期	31.7	8.4	0.8	59.1	100.0
2/4 分期	30.8	12.7	2.0	54.5	100.0
3/4 分期	35.5	21.2	1.4	41.9	100.0
4/4 分期	47.3	16.5	7.0	29.2	100.0
年 中	34.7	13.6	2.6	49.1	100.0

고 있다. 특히 4/4分期中에는 煉瓦補修가 차지하는 比率이 약 50%를 점하는 것으로 보아 耐火煉瓦와 시멘트業界는 必須不可缺한 關係에 있다.

한편 國內 시멘트製造設備는 比較的 近年에 建設된 現代式 設備가 大部分으로서 舊式設備에 비하여 單位生産能力이 極大化되어 있으며 특히 Rotary 큰 内部에 熱負荷가 매우 심하고 특히 燒成帶(sinter zone)에서의 熱의 衝擊이 매우 크므로 尙상 材質이 우수한 高級耐火煉瓦가 要求되고 있다.

마그네시아質 耐火物은 代表的인 強鹼基性 耐火物이며 耐火도가 높고 各種 熔融金屬 및 鑛滓에 대한 강한 耐蝕性을 가지고 있다. 마그네시아質 耐火物의 歷史는 1860年 오스트리아에서 벡세마(Bessemer) 轉爐에 사용한 것이 최초이며 그후 品質을 改良하여 오늘날에는 마그·크로 및 크로·마그系 耐火物의 출현을 보게 되었으며 크로·마그系 耐火物의 進歩는 鹼基性 平爐로 天井用 硅石煉瓦와 代置되어 全鹼基性 平爐가 쓰이게 되었다.

현재 製造業界에서 使用하고 있는 全體 耐火煉瓦中 약 70%를 점하고 있는 鹼基性 耐火煉瓦는 대부분(약 84%)이 direct brick 이며 silicate brick 은 燒成帶中에서도 溫度가 낮은 部分에 일부 사용하고 있는 바 이들 全量은 輸入에 의존하고 있다.

〈表-2〉는 耐火物 製品의 輸入制限 內容을 나타나고 있는 바 〈表-2〉에서와 같이 SK37番 以上만 輸入을 할 수 있는데 시멘트用 耐火煉

瓦는 SK37番以上 高알루미나質 煉瓦가 일부 사용되고 있으며 塩基性 耐火煉瓦인 크로마그네

建設의 擴大로 施設 근대화가 進行中에 있으며 耐火物의 需要는 꾸준히 增大되어 왔고 國內生産도 계속해서 伸長되고 있다.

〈表-2〉 耐火物製品의 輸入制限內容

CCCN	品 目	規 格	根 據
69.02	점토질내화벽돌, 고알루미나질벽돌	SK 37 미만	1978. 6. 19 동력자원부고 시제 7 호
	크롬마그네시아질벽돌중 크로마그벽돌 파마그크로벽돌	양회용 제외	
68.16	크롬마그네시아질벽돌 (불소성) 돌로마이트벽돌 (불소성)		"
28.18	마그네시아크링카	국산불능품	1978년도하반기 수출입 기별공고 (상공부고시제 78-12) 78.6.1
	산화마그네슘	MgO 함량 96% 초과분은 불포함	
69.03	도 가 니	(Graphite Crucible 및 carbon crucible)	"

註: 上記品目は 耐火物 協同組合의 推薦에 限해서 輸入된

시아質 煉瓦中 크로마그煉瓦와 마그크로煉瓦는 시멘트用 耐火煉瓦로서 輸入推薦 없이도 輸入을 할 수 있다. 이는 다시말해서 시멘트用 耐火煉瓦는 國産化가 불가능하고 高品位의 品質이어야 함을 말해 주고 있다.

2. 耐火物 業界의 現況

1) 現況

耐火物工業은 類型으로 보아 〈表-3〉과 같이 現在 零細企業이 많다. 그러나 重化學工業

稼動率面에서 보면 〈表-3〉에서 보는 바와 같이 384,300톤의 生産能力에 비해 1977年生産량은 226,412톤으로서 58.9%에 불과하였다. 이처럼 耐火物業界의 稼動率이 低調한 이유는

첫째로 1973年의 過熱景氣의 影響으로 施設增加와 生産工場 新設이 많았는데 石油波動以後 景氣는 오히려 下落되어 製鐵, 시멘트, 機械工業 등 關聯産業의 沈滯로 需要가 격감 되고 建築活動도 부진했으며, 둘째로 過當競爭으로 因하여 販賣價格은 오히려 못하고 在庫累增으로 오는 資金壓迫으로 스스로 操業을 短縮한 業界가 있었고 經營不實로 몇개 工場은 廢業하기에 이른 때문이다.

製品構造面에서 보면 酸性耐火物中心으로만 生産活動이 展開되어 왔기 때문에 中性耐火物의 大部分과 SK37番以上の 塩基性 耐火物은 國內生産이 부진하였다. 따라서 〈表-4〉, 〈表-5〉, 〈表-6〉에서 보는 바와 같이 상당량이 日本, 西獨, 美國 등에서 輸入되고 있는 실정이다. 1972年 및 1977年에 輸入量이 急増한 것은 浦項綜合製鐵 建設用 耐火物이 大量 輸入된데 起因하며 年度別로 輸入量에 큰 起伏을 보이고 있는 것은 耐火物이 高溫産業의 基幹材로서 플랜트 借款導入時 原資材로 取扱되어 함께 輸入되는 경우가 많았기 때문이다. 이렇게 70年代 중반에 들어 耐火物 輸入이 大規模로 增加하게 되자 特殊 耐火物의 國産化움직임이 일어났다. 즉 浦項綜合製鐵이 建設되기 前에는 200萬달러線의 耐火物 輸入量을 國産化하기 위해서 數十億원의 投資를 행한다는 것은 企業의 收支打算面에서 기대할 수 없었으나 國際 規模의 重化學工場이 建設됨에 따라 耐火物에 대한 需要가 크게 늘어나고 製品內容도 高級化 됨에 따라 輸入規模가 900萬달러에 이르게되자 代表的인 耐火物業體에서는 施設을 近代化하고 技術開發을 서두르는 등 國産新製品 開發에 앞장서게 된 것이다.

〈表-3〉

業体別 耐火 벽돌 生産施設 現況

業体名	工場所在地	製品名	施設現況			年間生産能力(M/T)	76年度生産実績(M/T)	77年度生産実績(M/T)
			方式	規格	數量			
東亞工業社	서울	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	80. 50	2	3,600	1,409	2,373
始興耐火工業社	서울	粘土質耐火벽돌	턴널爐(m)	35	1			
新日窯業社	서울	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	30	2	3,600	2,800	(폐업)
	宇星窯業(株)	서울	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	60			
韓國耐火(株)	富川	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	40. 15. 10	3	2,400		1,568
東明耐火工業社	仁川	子석벽돌	單窯(M/T)	60	1	3,000		2,400
中央耐火工業社	仁川	子석벽돌	單窯(M/T)	70	2	12,000		2,908
	仁川	子석벽돌	單窯(M/T)	100	4			
新星耐火工業社	서울	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	50	2	3,600		3,400
宇一特殊工業社	仁川	흑연질耐火物	單窯(M/T)	60. 50	2	3,000		2,160
京仁窯業社	仁川	質耐火벽돌				2,400		2,000
東洋耐火窯業社	仁川	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	80. 60. 60. 30	4	3,600	1,150	3,285
仁川耐火工業社	仁川	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	50	3		685	(폐업)
高麗耐火(株)	密陽	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	100	4	14,400	5,378	7,191
第一窯業社	密陽	粘土質高알루미나質	單窯(M/T)	80. 80. 60	3	9,600	4,601	3,973
嶺南窯業社	密陽	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	50	1			
新興耐火工業社(合)	密陽	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	70	2	5,200	4,255	3,130
密陽耐火工業社	密陽	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	80	2	6,000	4,747	(휴업)
三洋窯業社	密陽	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	50	2	6,000	1,400	3,096
朝興耐火工業(株)	釜山	粘土質高알루미나質	單窯(M/T)	60	2	5,200	3,037	3,190
韓國特殊耐火工業(株)	釜山	粘土質高알루미나質	單窯(M/T)	80	1	19,200	4,556	11,791
	釜山	粘土質高알루미나質	샤틀	30	1			
	釜山	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	69	1			
影島耐火工業社	釜山	粘土質高알루미나質	單窯(M/T)	60. 30	2	12,000	10,000	9,440
	釜山	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	45	1			
東洋特殊耐火工業社	釜山	粘土質高알루미나質	單窯(M/T)	80. 60. 20	3	20,400	9,551	8,848
	釜山	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	65	1			
豐韓窯業社	釜山	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	80. 50	2	6,000	4,278	4,656
迎日耐火工業社	密陽	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	50	1	2,000		(휴업)
呂原窯業(株)	迎日	耐火斷熱벽돌	單窯(M/T)	120. 80	2	1,500	694	1,100
朝鮮耐火化學工業(株)	呂原	粘土質耐火벽돌	單窯(M/T)	50	1	18,000	10,045	11,000
	木浦	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	70	1			
	木浦	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	100	4			
三華化成(株)	浦項	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	70	2	30,000	35,196	42,929
	浦項	粘土質高알루미나質	턴널爐(m)	120	1			
晉州耐火(株)	浦項	마그네시아크링카	回轉爐(m)	62	3	50,000	16,000	22,000
	浦項	監基性耐火벽돌	턴널爐(m)	73	1	30,000	5,000	9,158
三富耐火工業社	晉州	고령토샤트	回轉爐(m)	45	4	60,000	47,725	48,584
韓進特殊耐火工業社	개스터	분분			1	6,000	1,287	1,500
太有工業(株)	개스터	분분			1/4	2,400	(신설)	600
其他(年間廢業工場分 및 非組合員)						1,200		(신설)
合計						9,600	6,200	9,535
合計						384,300		226,412

資料：大韓耐火物工業協同組合

〈表 - 4〉

耐火煉瓦의 輸入實績

		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
SK 37 이하	M/T	1,494	783	11,210	1,051	1,127	12,412	別 表
	달 러	271,000	243,000	2,771,000	205,000	243,000	3,784,397	
SK 37 이상	M/T	7,503	7,131	16,585	23,875	16,422	6,594	
	달 러	1,867,000	1,751,000	4,920,000	3,325,000	6,338,000	2,824,680	
斷 熱 製 品	M/T	630	632	84	268	1,174	1,118	
	달 러	57,000	197,000	32,000	84,000	152,000	99,017	
不定形耐火物	M/T	1,039	1,354	3,230	3,005	5,823	4,878	
	달 러	182,000	338,000	621,000	952,000	1,899,000	1,536,430	
合 計	M/T	10,666	9,900	31,109	28,199	24,546	25,002	
	달 러	2,377,000	2,529,000	8,344,000	4,566,000	8,632,000	8,244,524	

資料 : KOTRA

〈表 - 5〉

1976年度 耐火物 輸入量

BTN No	품 명	단 위	수 량	금 액 (\$)	수입국별	수입액 (\$)
6901	단 열 제 품	M/T	11	32,269	일 본	10,371
					프 랑 스	16,675
					미 국	5,223
6902	내 화 벽 돌 (SK 34이상)	M/T	6,607	4,542,611	일 본	3,617,810
					프 랑 스	370,736
					도이칠란드	548,813
					미 국	5,252
6902	내 화 벽 돌 (SK 34이하)	M/T	162	375,180	일 본	331,962
					프 랑 스	2,064
					도이칠란드	1,455
					미 국	39,699
3819	내 화 시 멘 트 (캐스타블類)	M/T	700	457,354	일 본	107,265
					프 랑 스	107,191
					도이칠란드	24,560
					스 웨 덴	131,277
					영 국	2,285
					미 국	84,786
3819	내 화 물 탈	kg	113,230	1,187,346	일 본	1,043,946
					프 랑 스	41,076
					도이칠란드	25,730
					미 국	76,594
합 계			7,593	6,594,760		

資料 : 무역통계년보

〈表-6〉

1977年度 耐火物 輸入量

BTN No	품 명	단위	수 량	금 액 (\$)	수입국별	수입액(\$)
6901	단 열 제 품	M/T	634	343,484	일 본	298,316
					프 랑 스	3,206
					영 국	18,121
					미 국	23,841
6902	내 화 벽 돌 (SK 34초과)	M/T	25,974	9,752,751	일 본	7,783,465
					프 랑 스	58,256
					도이칠란드	650,311
					영 국	210,409
6902	내 화 벽 돌 (SK 34이하)	M/T	9,681	287,048	일 본	287,048
6902	기타내화제품	M/T	820	733,855	일 본	366,725
					도이칠란드	182,603
					미 국	184,527
6903	흑 연 및 카 본 도 가 니	팜 (kg)	460,919,000 (736,033)	318,866	일 본	193,564
					도이칠란드	18,727
					영 국	49,791
					미 국	56,784
3819	부정형내화물	kg	5,857,862	2,233,300	일 본	1,743,949
					도이칠란드	187,263
					영 국	5,023
					미 국	272,216
					프 랑 스	17,891
스 웨 덴	6,958					
합 계				13,669,304		

資料: 무역통계년보

〈表-3〉에서 現在 國內의 代表的인 耐火物 業體에 대해서 알아볼 것 같으면

① 朝鮮耐火(木浦)

朝鮮耐火는 浦項綜合製鐵 단지내에 完全自動화된 施設을 갖춘 工場을 增設했으며 日本 品川白 煉火株式會社로부터 技術을 導入하여 特殊不定形 耐火物, 高爐用 만드材, 흑연質定盤, 煉瓦 등 從來 輸入에만 依存했던 耐火物의 國産化에 注力하여 先進國과 同一한 品質의 製品을 生産하고 있을뿐 아니라 浦項製鐵의 擴張計劃에 對備, 生産 25,000톤의 高温燒成, 現代式 키른을 浦項에 增設中에 있다.

② 晋州耐火(晋州)

晋州耐火는 韓·日合作會社로서 高령토를 써서 1,600℃에서 燒成물라이트 사뭇트를 生産하여 SK35를 保障하는 良質의 耐火煉瓦 骨材用 原料로 供給하고 있으며 日本의 合作會社로 부터의 技術導入許可를 當局으로부터 받아 곧 물라이트 質 高級耐火物 原料를 生産할 豫定이다.

③ 三華化成(仁川 및 浦項)

三華化成에서는 海水에서 水酸化마그네슘을 採取하여 stamping用 마그네시아 크링카를 生産해 오다가 1975年 8월에 國內에서 唯一한 塩

基性 耐火物工場을 竣工 國內에 豊富히 埋藏되어 있는 白雲石 原鑛을 主原料로 하고 chrome 등 一部 特殊原料만을 輸入 사용하여 90%의 國産化工程을 이룩하여 마그·크로 및 크로·마그 煉瓦를 生産하고 있고 곧 direct bond 煉瓦를 비롯한 모든 塩基性 耐火物의 輸入代替 國産化가 一部는 이루어졌지만 더욱 시멘트用 마그크로·크로마그 煉瓦의 國産化를 위해 계속 努力을 게을리하지 않고 있다.

3. 耐火煉瓦의 生産實績 및 主要需要處

1) 生産實績

우리나라에서 生産되는 耐火煉瓦는 일반적으로 약 85%가 SK32 및 SK34등의 一般加熱用 耐火煉瓦로서 SK35以上の 高알루미나質 煉瓦 및 其他 煉瓦는 약 15%에 불과한 실정이다.

가장 많이 쓰이는 SK32와 SK34의 生産比率를 보면 6 : 4로 SK32의 生産이 많았으며 그

(表-7) 耐火煉瓦의 生産實績 (單位: M/T)

年度	生産量	增加率	備 考
1962	24,900	%	協同組合의 設立
1963	29,268	117.5	
1964	40,547	138.5	시멘트工業의急成長으로 인한增加
1965	37,682	92.9	總生産의15%를過當했던工場의休業
1966	46,356	123.0	
1967	51,695	111.5	
1968	55,121	118.9	
1969	78,215	141.9	
1970	77,477	99.1	不景氣로 인한 需要 減退 始作
1971	69,117	89.2	廢業, 休業, 業체속출로인한生産萎縮
1972	75,770	109.6	
1973	100,803	133.0	유례 없는 호경기로 인한 增加
1974	120,000	119.0	油類波動으로 全体稼働率 低下
1975	123,143	102.6	
1976	126,547	102.8	生産量 保合狀態
1977	153,728	121.5	
平均增加率		114.7	

의 高알루미나質 및 斷熱벽돌 등은 少量으로 주로 注文에 의해 生産하고 있다.

第1次 經濟開發 5個年計劃이 着手된 1962年以後의 生産實績을 보면 (表-7)과 같다.

(表-7)은 시멘트, 鐵鋼, 電力産業의 施設 擴充에 起因한 輸要增加로 그 生産量은 꾸준히 增加하여 1962年~1977年 사이 平均 增加率 114.7%를 보였고 특히 1964년에는 前年에 비해 138.5%나 크게 增加하였는 바 이는 시멘트 工業의 急速한 成長으로 인한 需要增加 때문이었다. 1965년에는 當時 總生産量의 15%를 生産했던 工場(密陽所在K工場)의 休業으로 前年 對比 6.6%의 生産減少를 보인적이 있으나 基幹 産業部門의 施設擴張으로 1969년에는 141.9%로 크게 增加하였다.

(表-8) 耐火煉瓦의 主要需要處

	構成比 %	主要 需要 處 名
製鐵·製鋼	56.0	浦項製鐵, 仁川製鐵, 三票製鋼, 日新製鋼, 韓國綜合特殊鋼, 聯合鐵鋼, 釜山파이프, 東一鐵鋼, 韓國鐵鋼, 東國製鋼, 極東鐵鋼, 現代洋行
機械·鑄物	15.4	大宇重工業, 豊山金屬, 現代自動車, 韓國鑛業製鍊, 金星電線, 三星重工業, 大韓電線, 永豐鑛業, 國際電線, 三星電子, 嶺南鑄物, 高麗亞鉛, 韓國鑄鐵, 昌原工業, 大韓金屬計器, 大韓重機, 溫山銅製鍊
窯業 시멘트	23.4	雙龍洋灰, 韓一시멘트, 東洋세멘트, 亞細亞시멘트, 星信洋灰, 現代시멘트, 高麗시멘트, (株)유니온, 大韓유리, 三星코닝, 韓國명유리, 大林窯業, 韓國窯業, 馬仁産業, 否南社, 鷄林窯業, 韓國陶磁器, 韓國유리等 도자기 工場
肥料化學	3.9	韓國綜合化學, 韓國肥料, 嶺南化學, 豊農肥料, 京畿化學, 韓國協和化學, 鎭海化學, 東洋化學, 大韓플라스틱, 호남肥料, 東西石油, 南海化學, 윈킨레이온, 韓國티타늄, 韓獨藥品, 극동셀石油, 蔚山無機化學, 太原物産, 味元産業, 東信化學, 호남에치렌
電力其他	1.3	韓國電力, 鐵道廳, 東明木材, 大韓重石, 湖南精油, 大韓石油, 各보일리용

資料: 大韓耐火物工業 協同組合

1970년부터는 生産이 다소 둔화되었는데 이는 시멘트 重工業部門의 景氣惡化로 몇개의 業體가 廢業 또는 休業狀態에 들어갔기 때문이다. 그러나 1973년에는 關聯業體의 景氣過熱로 供給이 오히려 需要를 따라가지 못하여 耐火煉瓦의 品貴現狀을 빚는 가운데 生産規模는 처음으로 100,000톤을 上廻하였다.

2) 主要 需要處

한편 耐火物 需要處를 살펴보면 <表-8> 과 같다.

<表-8>에서 볼 수 있는 바와 같이 製鐵, 製鋼部門은 耐火物 全體需要의 56%를 차지하며 耐火物과 가장 密接한 關聯을 가지고 있으며 다음으로 窯業 시멘트가 23.4%를 차지하고 있으며 機械鑄物이 15.4% 肥料化學이 3.9%, 電力, 其他가 1.3%의 比率로 되어 있다.

3) 시멘트 生産計劃과 耐火煉瓦의 需要展望

1960年代 初만해도 우리나라 시멘트 總生産 規模는 50萬톤 水準으로서 每年 外國産 시멘트의 輸入이 불가능했으나 그간 3次에 걸친 經濟開發計劃에 힘입어 今年의 경우 <表-9>에서 보는 바와 같이 시멘트의 生産能力은 약 1,600萬톤에 이르게 되었으며 1977年만 하더라도 400萬톤 以上の 輸出을 함으로써 세계적으

<表-9> 시멘트 生産計劃과 需要展望

區分 年度	시멘트 需要量	시멘트 生産 實績 및 計劃	耐火煉瓦 所要量	耐火煉瓦 原單位	備 考
1976	12,649	11,873	14.0	(kg) 1.18	需要量은 內需 및 輸出의 合 計分임.
1977	15,157	14,418	17.0	1.18	
1978	16,393	15,721	23.5	1.49	
1979	18,381	18,307	25.5	1.39	
1980	20,612	23,100	27.6	1.19	
1981	23,110	27,520	29.8		
	平 均			1.25	

註: 시멘트 1톤 生産에 對한 耐火煉瓦 原單位 1.11kg 과는 차
이가 있음.

시멘트 輸出國으로 成長, 4次 經濟開發 5個年 計劃이 끝나는 1981年度에는 年産 2千7百 萬 噸의 能力을 保有하게 되어 世界 10位 以內의 生産 上位國으로 飛躍의 인 발전을 하고 있다.

한편 耐火煉瓦 消費量도 시멘트 生産 增加에 比例해서 增加하고 있으며 耐火煉瓦 原單位는 1976년부터 1981년까지 推定平均値가 1.25kg으로 增加된 편이나 이 數値는 어디까지나 推定 值이므로 正確한 資料가 될 수 없다.

4. Rotary kiln 과 耐火物

Rotary kiln은 乾燥, 燬燒, 熔融作業을 連續 的으로 또한 大規模로 할 수 있기 때문에 시멘트 크링카의 燒成은 물론 石灰, 돌로마이트의 燒成을 비롯하여 化學工業에 이르기까지 廣範圍하게 쓰여지고 있다. Rotary kiln에 의한 시멘트 크링카의 製造方法에는 乾式法과 濕式法이 있고 半乾式이라고 불리우는 Lepol 式이 있다.

乾式法은 粉碎混合한 原料를 乾燥狀態로 裝入하는 키른으로 길이 40-70m, 濕式法은 슬러리 狀態의 調合原料를 裝入하며 原料를 乾燥하여야 하므로 보통 乾式法에 比하여 길며 길이는 100-120m나 된다.

Lepol 式 方法은 原料粉碎物을 造粒機 (pelletizer)로서 粒狀으로 만든다음 이것을 廢熱을 利用하여 乾燥 및 燬燒한 다음 키른에 裝入하는 것으로 熱效率이 매우 좋기 때문에 25-30m 程度의 길이로서 크링카를 充分히 燒成할 수 있다. 同 키른의 下端에는 微粉炭, 重油天然가스 등을 燃料로 하여 完全燃燒시키면 이 廢가스는 上端部로 排出하게 되어 있다. 同키른 上端部에는 原料가 投入되고 키른 傾斜가 3-6%로 롤러 (supporting roller)에서 1-1.5r. p. m 程度의 速度로 廻轉하고 있으므로 投入된 原料는 서서히 下端으로 移動하면서 乾燥帶, 豫熱帶, 燬燒帶, 燒成帶, 冷却帶를 通過하여 크링카가 生成된다. Rotary키른內 各部分 溫度는 <表-10>과 같다.

〈表-10〉

乾燥帶 (Drying zone) : 200~650°C (단 濕式키른에 한 함)
豫熱帶 (Preheating zone) : 650~820°C
煨燒帶 (Calcining zone) : 820~1380°C
燒成帶 (Sintering or clinker zone) 1380~1600°C
冷却帶 (Cooling zone) : 1600~1100°C

資料 : 耐火物工學

1) Rotary kiln 用 耐火物

① 乾燥帶

슬러리(slurry)의 水分을 乾燥시키고 移動을 쉽게 하고자 chain을 달아 놓았기 때문에 內裝 耐火煉瓦의 磨損이 일어난다. 그리고 슬러리 水分의 浸透로 일어나는 것을 防止하기 위해서 組織이 緻密한 粘土質 耐火煉瓦를 쓴다.

② 豫熱帶 및 煨燒帶

耐스폴링성이 큰 것이 要求되며 특히 煨燒帶에 있어서는 시멘트原料에 대하여 耐侵蝕성과 높은 強度가 要求된다. 豫熱帶에는 SK30~SK32 程度의 粘土質 耐火煉瓦가 쓰이며 煨燒帶에는 SK33~SK34의 high-duty 級 粘土質 耐火煉瓦가 일반적으로 쓰이는데 燒成帶에 塩基性 耐火煉瓦를 쓰는 경우에는 高알루미나質 煉瓦(Al_2O_3 含量 70%)가 쓰인다.

③ 燒成帶

키른중에서 가장 操業條件이 苛酷한 곳이 燒成帶인데 內裝用 耐火煉瓦는 耐스폴링性 耐磨耗性이 커야 할 뿐만 아니라 코오팅(coating) 形成이 容易하여야 한다. 크링카가 內裝耐火煉瓦 表面에 熔着하여 생긴 이 코오팅은 火焰 또는 시멘트 成分이 直接 耐火物과 接觸을 못하게 하므로 耐火煉瓦의 化學的 侵蝕 磨損을 防止하여 준다.

燒成帶에는 從來에 super-duty 級 粘土質 耐火煉瓦(SK35以上)가 使用되었으나 요즘에 와서는 高알루미나質 耐火煉瓦(Al_2O_3 70~80%)

와 燒成 또는 不燒成 마그크로煉瓦, 또는 燒成 마그네시아煉瓦와 같은 塩基成 耐火煉瓦가 使用되고 있다. 塩基成 耐火煉瓦는 크링카에 대하여 耐蝕性이지만 其他의 操業을 할 때 冷却으로 인한 스폴링이 일어나 表面의 剝落이 쉽게 일어나는 缺點이 있다. 그리고 이 耐火物의 熱傳導率은 比較的 높으므로 키른의 外殼과 內裝耐火煉瓦사이에는 斷熱벽돌을 쌓는다. 키른의 壽命에 가장 損傷을 많이 받게되는 部分이 燒成帶인데 損傷 原因으로는 스폴링, 機械的 磨損, 化學的 侵蝕등을 들 수 있겠고 燒成帶 및 煨燒帶에서 形成하는 코오팅은 크링카와 耐火物과의 反應性이 좋으면 쉽게 形成되는데 이 코오팅이 適當히 發達하면 耐火煉瓦의 剝落防止에 效果의이지만 過度하게 발달하면 오히려 熔損의 原因이 된다.

④ 冷却帶

크링카를 冷却시켜주는 部分으로 耐火物은 耐스폴링性, 耐磨耗性이어야 한다. 이 部分은 化學的 侵蝕이 적으므로 組織이 緻密한 粘土質 耐火煉瓦 또는 알루미나質 耐火煉瓦가 쓰인다.

冷却部의 末端部에는 最近에 와서는 耐磨耗性과 耐스폴링성이 優秀한 炭化珪素(Sic)質 耐火煉瓦가 使用되고 있다. 炭化珪素質 耐火煉瓦는 塩基性 耐火煉瓦에 弱하고 酸化零圍氣에서 分解하지만 크링카와 反應한 유리質 部分이 保護層을 形成하므로 문제시되지 않는다.

2) 耐火物의 脫落要因

우선 Rotary 키른에서 耐火物의 脫落要因을 分析하여 보면 熱的 要因 機械的 要因 化學的 侵蝕 및 Coating 과 ring 形成 등으로 因하여 耐火物이 脫落되는데 이들을 좀더 詳細하게 論한다면.

① 熱的 要因

熱的 要因으로는 耐火物 表面의 溫度가 키른의 回轉 耐火物의 熱傳導率 및 coating 에 의한

insulation 效果 등에 의하여 顯著하게 變化한다. 激甚한 溫度變化는 不安定한 Coating의 脫落을 초래하여 큰의 定常運轉條件下에서 耐火物의 溫度變化는 단지 耐火物의 表面에 16~20mm정도로 얇은 層에 影響을 미치며 停止中에 耐火物의 損傷은 急激한 冷却으로 발생한다.

② 機械的인 要因

機械的인 要因으로는 큰內에서 燒成物이나 乾燥帶에 설치된 Chain은 耐火物의 磨耗을 초래하며 큰內에 燃燒개스 速度가 7~15m/sec로 微細한 dust를 飛散하게 하여 耐火物의 侵蝕을 초래한다.

큰 shell은 完全한 強體는 아니다.

回轉中에는 tyre나 큰의 構造로부터 보면 tyre를 中心으로 하여 耐火物에 다소 強한 壓縮, 引張 및 비틀림이 일어난다. 비교적 強性이 없는 耐火物은 部分的으로 發生하는 壓縮力으로 因해 耐火物의 破損이나 脫落을 초래한다.

큰의 heating-up 및 cooling 또는 週期的인 溫度變動에 의하여 耐火物에 thermal spalling을 일으켜 耐火物의 crack을 초래한다.

이러한 spalling은 crack의 크기와 形態에 따라 여러가지 要因에 의해 影響을 받으며 예를 들어 壓縮力 耐火煉瓦 置數, 팽창률 延性 熱傳導率 heating-up 및 cooling時 溫度變動의 抵抗 및 速度 등을 들 수 있다.

③ 化學的 侵蝕

化學的 侵蝕은 耐火物의 體積增加로 因해 새로운 鑛物이 形成되어 發生하는 것으로 耐火物의 組織이 脆弱해지고 갈라지게 된다.

化學的 變動이나 侵蝕은 대개 耐火物의 溫度變動이 커질 때에 발생한다.

또한 燒成物의 侵蝕에 依해서나 coating의 侵蝕으로나 혹은 耐火物의 熔融 등으로 耐火物의 調成이 變更되어 化學的 鑛物學的 性質을 變更시킨다.

燃燒개스는 燒成中 燒成物로부터 蒸發 되거나 燃料로부터 生成된 alkali, sulfate, chloride, fluor-

ide 등을 포함한 dust를 含有하게 된다. 이러한 化合物은 耐火物 組織 깊이 侵透하고 組織을 破壞하게 된다.

④ Coating 및 ring 形成

coating 및 ring 形成으로는 燒成帶의 높은 溫度와 溫度變化에 따른 影響으로부터 耐火物을 保護해 주는 coating의 形成에 크게 좌우된다. 이러한 燒成帶에 coating 附着은 煉瓦와 5mm두께의 얇은 熔融狀態의 反應物質로 연결되어 크링카와 耐火物의 相互作用을 通하여 1280°C에서 熔融附着된다. coating의 安定化 乃至 形成은 耐火物 材質의 도움 없이도 우연히 일어날 수 있다.

SP큰 및 Lepol큰에서는 25~35%, Wet큰에서는 10%의 耐火物이 이러한 coating으로 保護된다. 燒成帶의 定常的인 coating의 두께는 20cm이나 50cm以上으로 成長된 coating은 큰 運轉에 커다란 장애가 된다. 특히 예열기에서도 알카리 化合物의 附着으로 運轉에 支障을 주는 coating이 生成된다.

5. 問題点과 對策

耐火物 製品 需給計劃(76~81年)으로 粘土質 耐火煉瓦는 1976年の 12萬톤 生産에서 1981년에 17萬톤으로 高알루미나質 煉瓦는 14,000톤에서 36,000톤으로 塩基性 耐火煉瓦는 6,000톤에서 30,000톤으로 生産이 늘어나게 되어 있으며 其他 단열 규석질 製品生産은 16,000톤에서 24,000톤으로 增加되도록 計劃되어 있다.

〈表-11〉에 따라 入量은 1976年の 16,000톤에

〈表-11〉 耐火物의 需給計劃 〈單位: M/T〉

	1976	1977	1978	1979	1980	1981
점토질내화벽돌	120,000	130,000	130,000	140,000	150,000	170,000
고알루미나질벽돌	14,000	15,000	20,000	30,000	30,000	36,000
염기성내화벽돌	6,000	12,000	12,000	20,000	24,000	30,000
거다(단열및규석질)	8,000	9,000	13,000	15,000	16,000	24,000
수 입	16,000	10,000	10,000	5,000	-	-
計	164,000	176,000	185,000	210,000	220,000	260,000

(本計劃은 第5次 5個年計劃에 對備 1976年度에 作成된것임)

서 1980년에는 全無하게 되어 自給狀態에 들어 갈 것으로 되어 있다. 또한 1981年度에는 現在의 國內耐火物工場의 full稼動으로 需給이 一致하게 된다.

앞으로 우리나라 耐火物工業이 當面하고 있는 問題點과 對策方向을 열기해 보면 다음과 같다.

① 輸入動向에서 이미 살펴본 바와 같이

1,300萬달러에 도달한 輸入規模를 縮小하는 新製品의 開發 및 輸出을 도모하지 않고서는 耐火物工業의 積極적인 發展을 기대할 수 없다. 즉 製鐵, 시멘트 硝子業界에 所要되는 一部 特殊耐火物은 아직도 多量 輸入하고 있는 실정이다. 따라서 耐火物工業의 積極적인 發展을 도모하기 위해서는 마그네시아質 돌로마이트質 등 鹼基性耐火物의 完全 國產化와 지르콘煉瓦 炭化珪素質 電鑄耐火物 등 特殊耐火物의 開發이 과감하게 이루어져야 한다.

② 製品의 品質向上을 위한 原料處理 配合 燒成의 技術改善이 이루어져야 할 것이다. 많은 工場들이 試驗室조차 갖추지 않고 原料의 特性分析도 없이 SK위주의 耐火煉瓦 生産에 집중하다 보니 品質 自体가 경시되는 傾向이다. 따라서 均一하지 못한 天然國內原料에 대한 積極적인 特性分析和 配合方法의 研究開發로 여러가지 용도에 맞는 우수한 耐火物 開發을 이룩해야 할 것이다.

③ 施設의 近代化가 이루어져야 할 것이다. 現在 大部分의 耐火物工場이 在來式施設로 操業 하고 있으므로 品質의 向上 및 에너지 節減 生産性提高를 위해서는 施設改替가 시급하다. 더구나 最近 人力不足의 現象이 차츰 두드러지게 나타나기 때문에 이에 對備하기 위해서도 可能的 限의 施設 自動化가 요망된다.

④ 製品의 專門生産體制가 갖추어져야 한다. 영세성을 띤 工場에서 低技術 水準으로 多種多様な 製品이 散漫하게 生産되고 있는데 規模의 大型化乃至 適正化를 통한 專門化 生産體制를 갖추지 않고서는 영세성을 脫皮할 수 없을 것이다.

製鐵用 시멘트用 주물用 보일러用 등 各工場이 特性있는 製品에의 專文化로 共存하는 것이 經濟

合理化에도 도움이 될 것이며 專門技術 向上으로 品質의 向上도 기대할 수 있게 될 것이다.

또 耐火物은 90% 정도가 注文生産이므로 製品의 專文化는 더욱 絶실하다 하겠다 다행히도 1978年度에 國內 톱크라스의 메이커가 粘土質 耐火煉瓦 및 一部製品을 영세 메이커들에게 下請發注業界 스스로가 生産, 系列化를 圖謀하게 되었음은 고무적이며 계속 권장되어야 하겠다.

⑤ 政府의 보다 積極적인 支援施策이 要求된다. 重化學工業의 發展을 圖謀하기 위해서는 耐火物工業의 育成은 必須的이다. 왜냐하면 耐火物工業의 發展이 없이는 製鐵을 비롯한 重化學工業의 成長이 기대될 수 없기 때문이다.

第 4次 5個年計劃이 끝나는 이듬해인 1982년에 粗鋼生産量은 1,187萬톤, 시멘트生産量은 약 2,800萬톤대로 增加될 것으로 計劃되어 있는데 이러한 大規模 生産을 達成하기 위해서는 이에 對應하는 耐火物工業의 積極적인 育成도 뒤따라야 할 것이다.

6. 結 言

시멘트業界가 必要로 하는 鹼基性 耐火煉瓦는 現在 三華化成(株)에서 生産稼動中에 있으나 아직 外國產에 比하여 몇가지 問題點이 대두되고 있는데 이는 國家的인 次元에서 國際競争力을 強化 製品의 水準이 先進國 水準에 到達되도록 까지는 國內業界의 技術開發 增進의 保護를 위해 國產可能 耐火物의 輸入制限措置를 계속해야 하며 耐火物 工業은 주로 영세성을 띤 公장이 많아 低技術水準으로 多種多様な 製品이 散漫하게 生産되고 있는 生産體制를 大型化乃至 適正化를 통한 專門化를 위해 政府에서 資金 및 稅制 惠沢面 등 과감한 施策을 강구해 나가야 할 것으로 보인다.