

Cement Rotary Kiln 하소대용 내화단열 벽돌에 대하여

김영결 · 이상훈 · 윤병로* · 김소진

〈(주)왕표기술연구소〉

오 기 동 〈부산공대 무기재료과〉

1. 서 론

Rotary kiln 형태의 변경이나 증유로부터 석탄으로의 연료전환에 의해 연료비가 현저하게 감소되었다. 그러나 시멘트 제조원가에서 연료비용이 차지하는 비율은 대단히 크다. 에너지 자원이 빈약한 우리나라에서는 열에너지의 효율적인 이용이 바람직하다. 그 일례로서 Kiln shell의 온도를 저하시키기 위하여 단열벽돌에 대한 여러가지를 검토할 필요가 있다. Cement rotary kiln의 하소대에 사용되는 내화물은 주로 알칼리염에 의해 침윤작용을 받아서 변질되고, 가동면이 박리하거나 시멘트 원료에 의해 마모가 일어난다. 이와같은 부위에 사용되는 내화물의 내알칼리성은 벽돌의 수명에 영향이 있다. 당사에서는 각종 용도에 적합한 재질의 단열벽돌을 제품화하여 많은 실적을 올리고 있다.

최근 Cement rotary kiln 하소대에 직접 내장할 수 있는 불소성 내화 단열벽돌을 제작하고 본 내화단열벽돌의 기계적 강도, 열적 성질, 조직관찰, 화학조성 및 구성광물상 등에 대하여 기초적으로 검토한 지견을 보고하고자 한다.

2. 실험결과 및 고찰

SIB-RUB는 벽돌 자체를 다공질화하여 경량화함으로써 단열성을 얻은 것이다. 일반적으로

내화물은 조직을 다공질화하면 강도, 부피, 안정성, 내마모성 및 내식성이 저하되므로 본 실험에서는 이 점을 고려하여 저부피비중, 고강도의 특성을 갖는 경량골재와 특수 바인더를 이용하여 불소성 벽돌을 제작하였다.

2-1 열 분석

SIB-RUB의 열분석 결과를 Fig.1에 나타내었다. 190℃ 부근에서 결합체의 탈수에 의한 흡열반응이 보이며 1,150℃ 부근에 Mullite의 생성에 의한 발열 피크가 보인다. SIB-RUB의 열간 감량은 거의 없다.

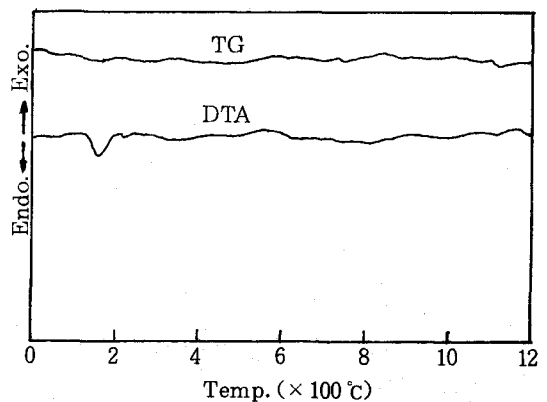


Fig. 1. DTA and TG Curves of SIB-RUB.

2-2 X-Ray 회절분석

분말 X-Ray 회절방법으로 CuK_{α} 선에 Ni-Filter 를 사용하여 1°/min 속도로 측정된 X-Ray 회절속도를 Fig. 2에 나타내었다.

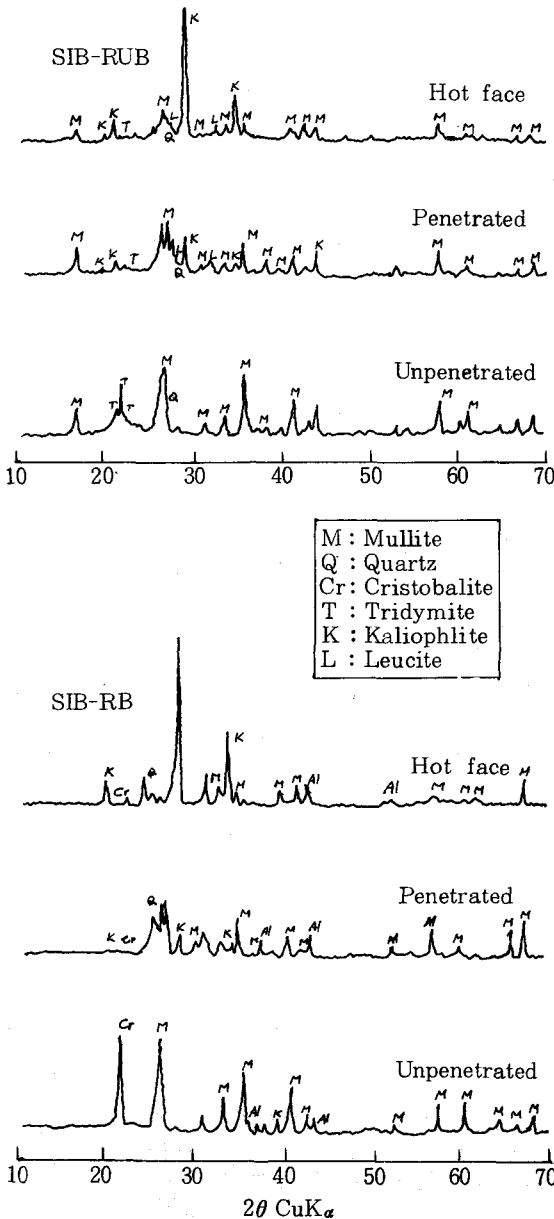


Fig. 2. X-ray patterns after corrosion test

회절선에 의하면 SIB-RUB는 Mullite, Cristobalite, Quartz 등으로, SIB-RB는 Mullite, Tridymite 의 물질로 동정되어 있다. 또한 SIB-RUB의 경우 미침식면에서 가동면에서 갈수록 Mullite, Tridymite, Quartz, Cristobalite 등은 점차 감소하고 그대신 Kaliophlite, Leucite

Table 1. Properties of unburned insulation brick

Properties	Brand	SIB-RUB
Max. Service temp. (°C)		1,300
Refractoriness (SK)		30
Apparent porosity (%)		30.8
Water absorption (%)		18.2
Apparent specific gravity		2.38
Bulk specific gravity		1.67
Cold crushing strength (kg/cm ²)		180
Modulus of rupture (kg/cm ²)		35
Thermal expansion (% at 1000°C)		0.36
Permanent linear change (%) 1300 °C × 8 hrs		+0.2
Thermal conductivity (kcal/m·hr·°C) at 350 °C		0.62
Spalling resistance (cycle) 1000 °C × 10 min, cooling 10 min		20
Chemical composition (%)	Al ₂ O ₃	31.0
	SiO ₂	62.0

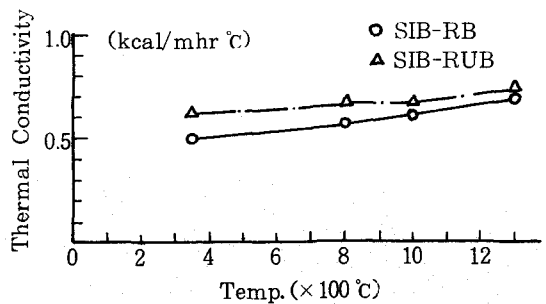


Fig. 3. Thermal conductivity of SIB-RB and SIB-RUB.

는 점차 증가하는 것을 알 수 있다. 이것으로 보아 미침식면에서 가동면으로 갈수록 반응이 진행하고 있다는 것을 알 수 있다.

SIB-RB의 경우도 SIB-RUB와 비슷한 결과를 나타내고 있다.

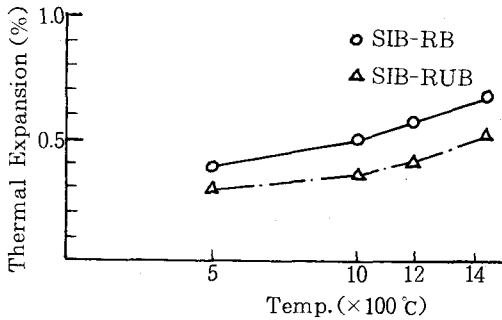


Fig. 4. Thermal expansion curves of SIB-RB and SIB-RUB

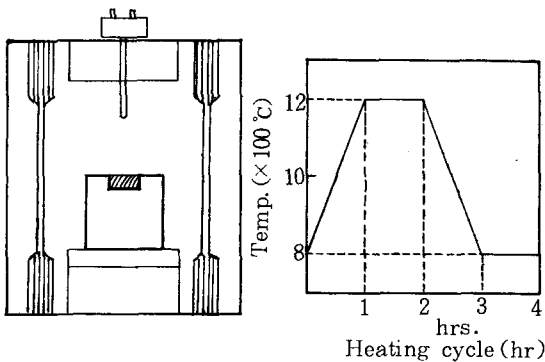


Fig. 5. Corrosion test furnace

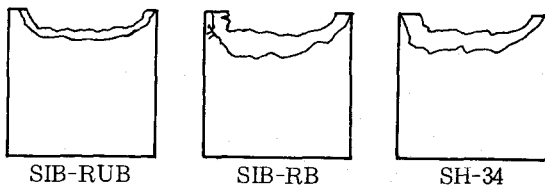


Fig. 6. Result of alkali corrosion test.

Table 2. Properties of Specimen

Properties	Unburned	Burned		
	SIB-RUB	SIB-RB	SH-34	
Max. Service temp. (°C)	1,300	1,400	SK 34	
Apparent porosity	30.8	39.2	18.0	
Bulk specific gravity	1.67	1.60	2.20	
Cold crushing strength (kg/cm ²)	180	150	460	
Chemical composition (%)	Al ₂ O ₃	31.0	40.8	41.0
	SiO ₂	62.0	56.2	53.0

2-3 기계적 강도 및 성질

SIB-RUB 시편의 기계적 강도 및 주요한 물성을 Table 1에 나타내었다. 최고 사용온도는 1,300 °C이며 압축강도는 180 kgf/cm², Spalling test는 1,000 °C에서 10분간 가열후 10분간 공냉시킴을 20회 반복한 결과 탈락이 없었다.

2-4 열전도율

시료를 1,400 °C까지 8 °C/min의 승온속도로 열전도율을 측정 한 결과는 Fig.3에서 보는 바와 같다.

2-5 열간 선팽창률

시료를 1,400 °C까지 6 °C/min의 승온속도로 열간선팽창률을 측정 한 결과는 Fig.4와 같다.

2-6 알칼리 침식 시험방법

시험체의 품질은 Table 2에서와 같고 시편의 크기는 표준형 size로서 114×65mm의 면을 凹形으로 약 5mm 절단하여 가열, 침식면으로 하였다. 다음 시편을 Fig.5에서 보는 바와같이 실험전기로에 set하여 온도변화(800~1,200 °C /4 hrs.)를 20회 반복하였다. 침식제로는 K₂SO₄ 80% + KCl 20%, 여기에 포틀랜드 시멘트를 3% 내외로 첨가한 혼합염을 각 시편에 대하여

Table 3. EDS analysis of test pieces after corrosion test.

Component	Hot face		Penetrated		Unpenetrated	
	Intergral	%	Intergral	%	Intergral	%
Al	89,275	25.01	95,378	21.91	104,410	34.70
Si	87,892	24.63	148,358	34.08	184,997	61.48
P	1,891	0.53	1,674	0.38	3,280	1.09
S	376	0.11	736	0.17	1,876	0.62
K	172,874	48.44	184,685	42.43	2,362	0.78
Ca	1,013	0.28	1,805	0.41	789	0.26
Fe	3,575	1.00	2,657	0.61	3,184	1.05

200g씩 열간에서 첨가하였다.

시편의 중앙부분을 절단하고 침식제의 침투깊이와 균열 발생의 유무에 대하여 조사한 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

SIB-RUB는 알칼리 침투가 얇은 반면 SIB-RB는 알칼리 침투가 깊고 약간의 미균열이 발생하였다. 시편과 침식제와의 반응에 의한 조직변화를 침식표면, 침윤부분, 미반응면 등의 3단계로 구분하고 반사현미경으로 관찰하였다. 시료의 침식상태는 침윤부, 침식표면으로 갈수록 커지고 있다. 내알칼리성 벽돌의 수명에 크게 영향을 미치는 킨 내장용 벽돌로서 SIB-RUB 불소성 제품과 SIB-RB 소성 제품을 비교하여 볼 때 SIB-RB는 알칼리의 침투가 다소 깊기 때문에 장기간에 걸친 알칼리의 축적으로 구조적인 스펀링이 발생할 수 있는 반면 SIB-RUB는 불소성 단열벽돌이기 때문에 벽돌의 조직에 유연성이 있으며 알칼리와 연와의 반응에 수반하는 팽창응력을 완화하여 균열의 발생을 예방하게 된다. 따라서 구조적 스펀링에 의한 박리의 두께가 얇기 때문에 손모속도가 느릴 것으로 추정된다. 또한 침식표면, 침윤부분 및 미반응면 등 각 부분에 대하여 EDS를 이용하여 반응생성물을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다.

2-7 SIB-RUB의 에너지 절감 효과

SIB-RUB와 SH-34를 로타리 킨른 예열대

에 사용하였을 때의 Shell 온도 및 방산열량을 산출하여 보았다. 벽돌의 내장두께가 150mm이고 Wind speed가 1m/sec, 킨른 내부온도가 1,000°C일 때 SH-34를 사용하면 Shell가 표면온도가 243°C, 방산열량이 4,557 Kcal/m²hr로 나타났고, SIB-RUB를 사용한 경우에는 Shell 표면온도가 201°C, 방산열량이 3,133 Kcal/m²hr로 나타났다. 이 데이터로 에너지 절감효과를 계산하여 보면 방산열량의 차이가 1,424 Kcal/m²hr로서 다시 전체 석탄발열량으로 환산하여 보면 연간 268 M/T의 석탄 사용량을 줄일 수 있는 효과가 기대된다.

3. 결 론

시멘트 킨른 하소대에 직접 내장할 수 있는 불소성 내화단열벽돌에 대하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 불소성이므로 조직의 기공경이 작고 원료 조성과 입도의 조정으로 알칼리염의 침투를 저하시킨다.
- 2) 불소성이므로 고온에서 벽돌조직에 유연성이 있으며 응력을 완화시키므로 내스폴링성이 우수하다.
- 3) 불소성이므로 벽돌의 치수에 정확을 기할 수 있고 시공이 용이하다.
- 4) 단열성이 우수하여 Kiln shell로부터의 방산열량을 감소시킬 수 있다. ♣