

Cement Burner용 Ultra low cement castable

전명곤* · 강해성 · 윤은석

<조선내화>

1. 서 론

시멘트 업체의 Kiln Burner용 캐스타블은 Al_2O_3 -SiC 재질의 치밀질 고강 Self flowing castable ,SFC-UL90S을 사용 중에 있다. 재질의 특성은 Silicon carbide 를 첨가하여 Alkali 반응에 의한 Crack, 박리현상 및 Dust의 마모 현상을 제어하였다. Burner용 캐스타블은 시멘트 클링커와 Alkali 분위기에 의한 부피팽창, Crack, 박리 발생 및 금물과 내화물의 열팽창 계수의 차이에 의한 응력으로 Crack 발생, 미세 Dust의 마모에 의한 손상이 발생하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 실험에서는 High Alumina base 재질에서 응력 저항성이 우수한 Mullite계 원료의 첨가 및 Silicon carbide 첨가에 따른 Alkali 반응성을 평가하였으며, 고온 팽창성 Mullite 광물의 미세 조직을 관찰하여 열충격 저항성의 특성 및 물성 특성을 검토하고자 한다.

2. 이론적 배경

Burner용 캐스타블의 손상 요인은 Cement clinker, Alkali의 내화물과 반응에 의한 $\alpha-Al_2O_3$ 가 $\beta-Al_2O_3$ 전이에 의한 부피 팽창 $\Delta V=17.2\%$ 으로 Crack 형성으로 박리 현상이 발생한다. 그리고 Corundum이 Alkali와 반응하여 Kaliophlite, Leucite의 낮은 융점의 화합물을 형성한다.

그리고 금물과 내화물의 열팽창 계수의 차이

에 따른 기계적 응력 및 금물의 산화 부식, 변형에 의한 Crack 이 발생한다. 내화물의 온도 구배에 다른 Crack이 발생하고, Clinker의 미세 dust의 마모 부착에 의한 화학적 손상이 발생한다. 상기의 3가지 요인에 의하여 Burner용 캐스타블이 Crack, 박리 및 마모 현상이 발생한다.

Mullite는 내화 원료로서 높은 내화도, 우수한 열충격 저항성, 높은 Creep 강도, 우수한 내침식성의 특성을 가지고 있다. 따라서 내화 캐스타블에서 낮은 열팽창계수 뿐만 아니라 Mullite 미세 구조 특성으로 Mullite계 원료를 Burner용 캐스타블로 적용 하였다. 시험의 목적으로 Mullite계 원료를 적용하여 미세구조에서 Mullite network 및 Mullite needle를 관찰하여, 열충격 저항성의 조사가 필요하다.

3. 실험

3.1 실험재료

본 실험에 사용한 원료는 고순도 Alumina, Mullite계 신원료, Silicon carbide, Reactive alumina, Alumina cement를 사용하였다.

파괴 에너지 감소, Crack 발달 지수를 감소로 열충격 저항성을 향상시키기 위하여 Mullite계 신원료를 적용하였으며, Alkali 저항성을 보강하기 위하여 Silicon carbide를 적용하였다. 캐스타블의 결합제는 Alumina cement를 사용하였다.

3.2 시편의 제조

기존 제품 배합구성 및 신 배합 조성의 내화 원료의 조성을 무게로 칭량한후 Castable Mixer 에서 수분을 기존품 5.0 wt/% 신배합품 5.3 wt/% 첨가하여 3분간 습식혼련을 하였다.

Workability는 Free와 15타 Tap으로 측정하였다.

시편 제조를 위하여 40×40×160mm의 금형에 캐스타블을 유입하고 진동을 20초간 가하여 시편을 제조한후 상온에서 24시간 양생하고, 110℃에서 12시간 동안 건조를 하였다.

3.3 물성 및 특성평가

건조된 상기의 조성의 시편들을 전기로에서 5℃/min 으로 승온하여 1350℃, 1500℃ 온도별로 3시간 유지시킨 후 로내에서 냉각하여 시편으로 하였다. 각온도에서 소성한 시편을 잔존 선변화율을 측정하였고, 40×40×40mm 의 크기로 절단하여 압축강도를 측정하였다.

열충격 저항성 평가 시험은 40×40×160mm 시편을 전기로에서 1000℃ 3시간 유지후 시편을 상온에서 공냉을 1시간 유지하는 시험을 반복한 후 곡강도를 측정하였다.

Alkali 반응 시험은 85×85mm cup 시편을 제조후 침식재로 Na₂CO₃ : K₂CO₃ : K₂SO₄ = 1 ; 2 : 0.5 비율로 조성된 침식재를 투입하여 전기로에서 1200℃ 5시간 유지한후 시편을 Cutting 하여 외관을 관찰하였다.

3.4 조직 관찰

Alkali 침식을 실시한 시편의 미세구조 관찰은 SEM-EDS를 이용하여 미세구조 및 Alkali 침투 정도를 관찰하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 소성에 따른 물성 변화

개발품의 화학조성은 내Spalling성 향상을 위한 Mullite계 원료의 적용으로 Al₂O₃ 성분이 낮아 졌고, 내 alkali성 증대를 위하여 SiC 함량을 증가하였다. 물성 특성은 부피비중은 기존품 보다 개발품이 비중이 낮다. 압축강도는 기존품의 경우 1350℃에서 1500℃에서 감소하였으나, 개발품의 경우 1350℃, 1170Kg/cm² 에서 1500℃ 1050Kg/cm²으로 감소가 적다. Flowability는 개발품의 경우 열충격 저항성을 개선하는 PSD 입도구성이기 때문에 Vibrating 작업성은 양호한 수준이다. Hydraulic 결합은 Ultra low cement type으로 적용하였다.

개발품은 고온에서 잔존 팽창성을 나타내도록 설계되어 있고, 이는 금물(철피등)의 열팽창 응력을 저감시키기 위한 목적이다. 열간에서 지속적인 팽창특성으로 crack 억제효과가 있다. 기존품은 팽창성 원료의 첨가로 인한 고온 팽창성이 발현되나, 개발품은 반응생성물인 Mullie화에 의한 팽창성이 발현되어 고온에서의 강도하락 단점이 개선되었다.

Table 1. Physical Properties of Conventional and Developed

	Conventional	Developed
Chemical composition(%)		
Al ₂ O ₃	87	66
SiO ₂	6	22
SiC	5	8
Bulk density(g/cm³)		
110℃ -24h	3.12	2.87
1350℃ -3h	3.09	2.76
1500℃ -3h	2.95	2.71
Cold crushing strength(Kg/cm²)		
110℃ -24h	570	425
1350℃ -3h	1550	1170
1500℃ -3h	870	1050
Flowability(mm)		
Free	185	130
Tap 15타	220<	190

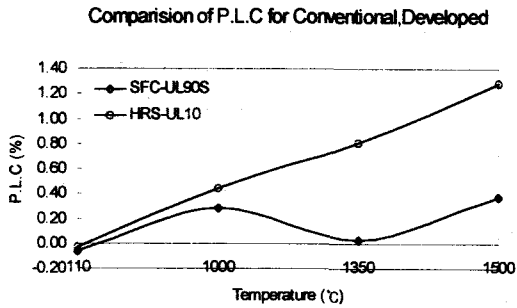


Fig. 1 Comparison of permanent linear change for Conventional and Developed

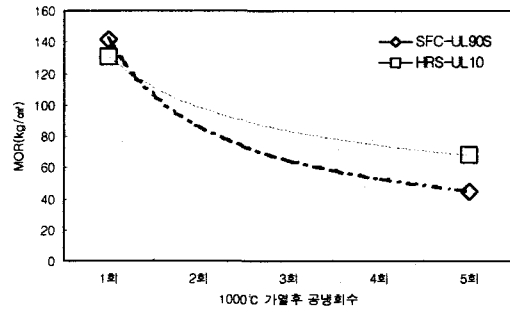


Fig. 2 Comparison of Thermal shock Resistance for Conventional and Developed

4.2 열충격 저항성 시험

열충격 저항성 시험은 열충격에 의한 Crack 발생 특성을 평가하는 방법으로 기존품과 개발품의 시편을 1회에서 5회 까지 반복시험을 실시

한후 곡강도를 측정하였다. 5회 반복후 개발품은 기존품 대비 강도 저하율이 낮게 나타나 Crack 발생 제어가 우수하였다.

4.3 Alkali 반은 평가

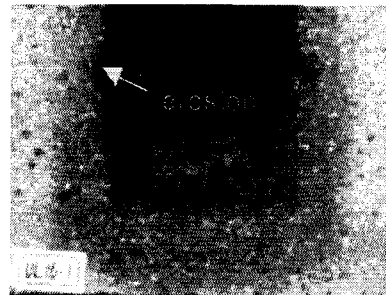
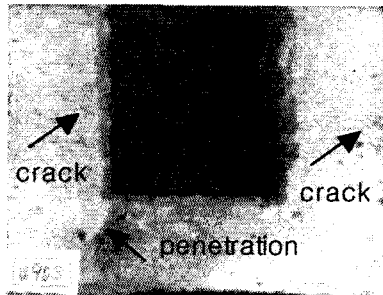


Fig. 3 Comparison of Alkalic reaction for Conventional and Developed

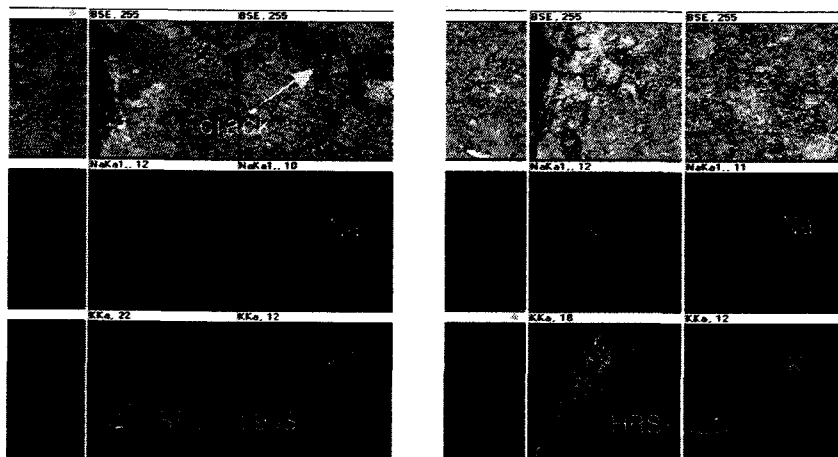


Fig. 4 Comparison of EDS Mapping for Conventional and Developed

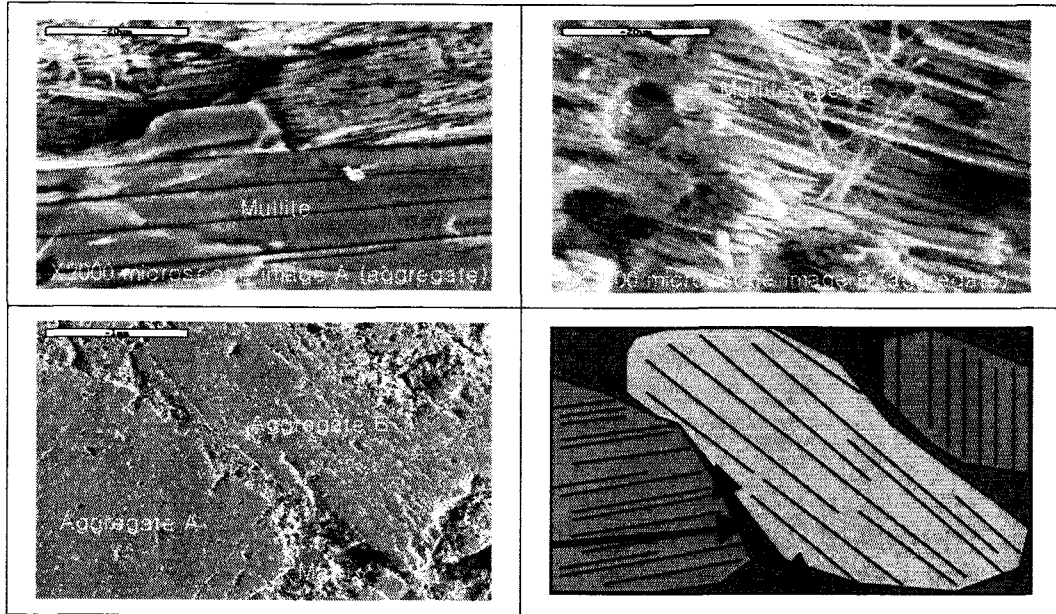


Fig. 5 SEM Photomicroscopes of developed specimens at 1500°C for 3hrs.

Alkali test 결과 기존품은 Crack 및 침투가 발생하였으며, 개발품은 침식이 발생하였다.

Alkali 침투 경향을 관찰한 결과는 기존품, 개발품 모두 내alkali성이 양호하였다. 가동면부위의 1~2mm에만 K의 침투가 확인되었으며, 내부로의 침투는 거의 없었다. 내부 조직에서 관찰시 기존품은 미세 crack이 확인되었으나 개발품은 crack이 없이 치밀한 조직을 이루고 있다.

4.4 미세구조 관찰

Mullite 광물 및 mullite needle 형성을 관찰하기 위하여 1500°C 에서 3시간 소성한 시편의 미세 조직을 Fig 5에 나타내었다. 미세조직에서 Aggregate A는 Mullite 광물이 생성되었으며, Aggregate B는 Mullite 광물과 mullite needle 형성으로 Crack 의 진행을 제어하였다.

5. 결 론

시멘트 업체의 Kiln Burner에 적용되는

Al₂O₃-SiC 재질의 캐스타블에 있어서 Mullite계 원료와 Silicon carbide 첨가량에 따른 열충격 저항성평가 및 물성 평가 시험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 캐스타블 결합은 Ultra low cement type 으로 적용하였다.
2. 내 spalling성이 우수한 원료와 SiC 조성으로 열충격 저항성 시험 결과 고온 팽성 광물 구조로 개발품은 기존품 대비 강도 저하율이 낮게 나타났다.
3. Alkali 반응 시험 결과 내 alkali성을 향상시키는 SiC 조성으로 기존품, 개발품 모두 내 Alkali성은 양호하였고, 개발품은 기존품 대비 Crack 발생이 없었다.
4. Al₂O₃-SiC질 캐스타블의 미세조직에서 Aggregate는 Mullite 광물과 mullite needle 형성으로 구조적 Crack 의 진행을 제어하였다.