기술자료

주철 · 주강용 세라믹샌드 주형에 있어서 소착

임호열[†]

코리아 리소스

Sand Burning in Ceramic Sand Mold for Iron and Steel Casting

Ho-Youl Lim[†]

Korea Resource

1. 서 론

주철 및 주강주물에서 주형 재료로는 전통적으로 규사 및 크로마이트사가 사용되어 왔다.

그러나 규사 수급의 어려움과 환경문제의 대두에 따라 폐사 발생의 최소화와 사용된 주물사 재생을 통한 원가절감을 위해 규사 및 크로마이트사의 대체 재료로서 세라믹샌드의 사용이 증가하고 있다.

세라믹샌드는 열팽창이 낮고, 재생시 파쇄율이 낮으며 입형이 구형이고 좋은 내화도를 가지고 있어 잘 관리할 경우 원가 절감과 품질 향상을 함께 이룰 수 있다.

2. 주물사의 성질 비교

	규사 SiO ₂	Chromite사	Ceramic사
주성분	SiO ₂	Cr ₂ O ₃ FeO SiO ₂	Al ₂ O ₃ SiO ₂ Fe ₂ O ₃ Na ₂ O K ₂ O
융점(°C)		1850	1843*

*Al₂O₃ 71.8% 이상의 경우

3. 세라믹샌드에 있어서 화학성분의 영향

3.1 Al₂O₃ 및 SiO₂의 영향

Fig. 1의 Al₂O₃-SiO₂계 평형상태도에 의하면 0% < Al₂O₃ < 71.8% 범위의 조성범위에서 1597°C가 공용점으로, 이 온도 이상에서는 용액을 생성하기 시작한다.

71.8wt% < Al₂O₃ < 100wt%의 조성범위에서의 공용점은 1843°C로 이 온도 이하에서는 용액을 생성하지 않고 물라이트와 코런덤이 안정적으로 존재한다.

그러나 실제 열간하중연화온도는 이 온도보다 500°C 이상 낮아질 수 있으므로 주의를 해야 한다.

다음은 세라믹샌드의 불순물 특히, 알칼리에 의한 영향을 기술하고자 한다.

3.2 Na₂O의 영향

Al₂O₃-SiO₂계 내화물은 1597°C까지 액상을 생성하지 않지만 소량의 Na₂O혼입에 의해서 이 보다 500°C가 낮은 1050°C에서 액상이 생성된다.

Fig. 2는 1500°C에서 Al₂O₃-SiO₂계 내화물에 Na₂O가 5wt% 혼입된 경우의 용액 생성량을 나타내는 그림이다.

이 그림에서 알 수 있는 것과 같이, Na₂O의 반응량이 5wt%에서도 상당히 많은 용액이 생성됨을 알 수 있으며, 주철 및 주강주형용으로 사용되는 세라믹샌드의 일반적인 성분인 Al₂O₃ 70~75% 영역에서는 용액 생성량이 약 45%에 달하는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 주철 및 주강주물에서 Na₂O가 소착을 일으키는 주요한 원인의 하나로 작용할 수 있음을 보여주고 있다.

3.3 K₂O의 영향

Al₂O₃-SiO₂계 내화물은 1597°C까지 액상을 생성하지 않지만 소량의 K₂O혼입에 의해서 이 보다 600°C가 낮은 985°C에서 액상이 생성된다.

Fig. 1. Al₂O₃-SiO₂계 상평형상태도.

[†]E-mail : hylim52@paran.com

Fig. 2. Al₂O₃-SiO₂계 내화물에 5wt% Na₂O를 혼입한 경우의 1500°C에서 등온단면도(相平衡狀態圖, 古屋工大 山口教授).

Fig. 3. Al₂O₃-SiO₂계 내화물에 5wt% K₂O를 혼입한 경우의 1500°C에서 등온단면도(相平衡狀態圖, 古屋工大 山口教授).

Fig. 3은 1500°C에서 Al₂O₃-SiO₂계 내화물에 Na₂O가 5wt% 혼입된 경우의 용액 생성량을 나타내는 그림이다.

이 그림에서 알 수 있는 것과 같이, K₂O의 반응량이 5wt%에서도 Na₂O와 마찬가지로 상당히 많은 용액이 생성됨을 알 수 있으며, 주철 및 주강주형용으로 사용되는 세라믹샌드의 일반적인 성분인 Al₂O₃ 70~75% 영역에서는 용액 생성량이 약 38%에 달하는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 K₂O도 주철 및 주강주물에 있어서 소착을 일으키는 주요한 원인의 하나로 작용할 수 있음을 보여주고 있다.

3.4 FeO의 영향

Fig. 4는 1600°C에서 Al₂O₃-SiO₂계 내화물에 FeO가 5wt% 혼입된 경우의 용액 생성량을 나타내는 그림이다.

이 그림에서 알 수 있는 것과 같이, Na₂O나 K₂O와 마찬가지로 FeO의 반응량이 5wt%에서도 상당히 많은 용액이 생성됨을 알 수 있으며, 주강주형용으로 사용되는 세라믹샌드의 일반

Fig. 4. Al₂O₃-SiO₂계 내화물에 5wt% FeO를 혼입한 경우의 1600°C에서 등온단면도(相平衡狀態圖, 古屋工大 山口教授).

적인 성분인 Al₂O₃ 70~75% 영역에서는 용액 생성량이 약 20%에 달하는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 주철 및 주강주물에 있어서 FeO가 소착을 일으키는 원인의 하나로 작용할 수 있음을 보여주고 있다.

또한, 세라믹샌드의 생산 과정에서 별도의 유리 철분(Free Fe)이 발생될 수 있으며, 이 성분 또한 소착의 원인으로 작용할 수 있다.

4. 주물업계 사례

4.1 소착 발생 사례

아래의 사진(Fig. 5)은 K₂O, Na₂O 등이 높게 함유한 세라믹샌드를 사용하여 생산한 주강주물 사진이다.

주물의 코너 부위에 다량의 소착이 발생하고 있다.

4.2 성공 사례

아래의 사진(Fig. 6)은 낮은 K₂O-Na₂O의 세라믹샌드를 사용하여 생산한 주강주물 사진이다. 탈사 상태에서 소착이 없는

Fig. 5. 제철설비용 주강 주물에 발생한 소착 (중량 7톤, 주입 온도 1560°C).

Fig. 6. 발전설비용 주강품 외관 (중량 10톤, 주입온도 1570°C).

양호한 표면을 보여주고 있다.

제품 생산에 사용된 세라믹샌드의 화학성분은 다음과 같다.

Al_2O_3	75% 이상
$Na_2O + K_2O$	1.5% 이하
Fe_2O_3/FeO	2.5% 이하
Free Fe	0.4% 이하

AFS 입도지수 50

표면사 세라믹샌드
이면사 세라믹샌드
크로마이트사 사용치 아니함

5. 결 언

앞에서 기술한 바와 같이, Al_2O_3 - SiO_2 계 세라믹샌드는 Al_2O_3 함량이 높으면 1843°C (Al_2O_3 75%의 경우)이하에서는 용액이 발생되지 않는 높은 내화도를 가지고 있으나, 불순물(Na_2O ,

K_2O , FeO 등)이 높아지면 용액 발생온도가 500~600°C 낮아져 1000°C 전후에서도 상당한 용액이 발생하여 용탕과 반응하여 소착의 원인이 된다.

주강보다 상대적으로 주입온도가 낮은 주철의 경우에도 불순물(Na_2O , K_2O , FeO 등)이 높아지면 세라믹샌드의 용해가 발생되어 소착이 발생하기 쉬우며 주철의 특성상 가우징 및 용접보수하기가 쉽지 않으므로 주의해야 한다.

사용되는 도형재의 내화기재 및 점결제에 대해서도 세라믹샌드가 영향을 받는 것도 관찰되고 있다.

주물사의 성능과 품질은 생산되는 제품의 품질과 성능에 직접적으로 적지 않은 영향을 주며, 생산성 및 원가에도 많은 영향을 주고 있다.

세라믹샌드의 특성을 잘 이해하고 관리하는 주물업체들은 표면사 및 이면사를 세라믹샌드 하나만으로 사용하는 One System Sand 체계를 채택하고 있는 반면, 세라믹샌드의 관리가 미흡한 업체들은 표면사로 특수사(크로마이트 등)를 사용하고 있는 Two System Sand 체계를 채택하고 있어 원가 부담은 물론 누적되는 폐 크로마이트 주물사 등으로 인하여 주물사 전체의 품질이 갈수록 나빠지는 악순환을 경험하고 있는 주물공장도 있다.

소착이 없는 좋은 품질의 주물을 생산하기 위해서는 주강이나 주철 주물 모두 低 Na_2O - K_2O - FeO 세라믹샌드를 사용해야 하고, 세라믹샌드 주물사에 대한 화학 성분 및 품질관리 로트는 아래와 같은 범위로 관리하는 것이 바람직하다.

Al_2O_3 :	75% 이상
$Na_2O + K_2O$:	1.0~1.5% 이하
FeO :	2.5% 이하
Free Fe(유리 철분):	0.4% 이하
AFS 입도지수:	40 ~ 70
품질 관리 로트:	1톤~5톤 단위