

Cement 공장 kiln보수용 고밀도 gunning 보수

전덕일* · 차철호 · 양삼열

〈 조선내화 (주) 〉

1. 개 요

최근, 내화물중 부정형 내화물은 시공성의 용이, 부분보수 가능등 시공적인 면과, 연와와 동등 이상의 물성을 갖는 재질개선 등 기술적인 면에서의 획기적 발전으로 전 요로설비에 걸쳐 그 사용량이 늘고 있는 추세다. 시멘트 공장에서도 cooler부위, preheater 부, burner부 등에서 부정형 내화물이 양호하게 적용되고 있는데, 이들에 사용되는 내화물의 수명은 kiln 가동율과 직결된다. Cooler 천정부는 hot gas와 냉각 공기의 열교환으로 온도편차가 심하게 발생하며, 전반적으로 clinker 냉각효율이 증가 하면서 온도가 상승하여 내화물은 열적spalling에 의한 crack 및 alkali에 의한 손상이 발생된다. Preheater부는 주로 coating 부착에 의한 작업부하 증가, coating 제거시 내화물의 손상이 문제가 되어 내coating 부착성이 뛰어난 SiC재질이 주로 사용된다. Burner부는 alkali에 의한 침식, 과소결에 의한 구조적spalling이 발생되며, clinker등에 의한 마모가 발생된다.

이러한 부위에는 내마모, 내alkali성의 high alumina질 혹은 Al_2O_3 -SiC재질이 사용된다. 이러한 손상 부위의 시공은 기존의 경우 완전히 해체후 재시공 함으로써 많은 인력과 시간을 요하였으나 손상 부위의 부분 해체후 gunning재로 부분보수할 경우 소요인력과 시간을 줄임으로써 조업의 안정적 관리에 크게 도움을 줄 것으로 생각된다.

본 보고는 부정형 내화물의 개략적 발달 사항과 gunning재의 발달사항을 살펴보고, cement kiln 보수용

의 고밀도 gunning공법 및 그 특징을 소개 하고자 한다.

2. 부정형 내화물의 발달

2-1. 부정형 내화물의 종류

부정형 내화물은 그 특징을 나타내는 여러 말들로 표현이 되는데 Jointless fire brick, Pliable Refractories, refractory concrete, Monolithic refractories, Mouldable refractories, Unshaped materials 등이다. 이러한 단어들로 표현되는 부정형 내화물은 그 시공방법, 경화방법에 따라 <Table1, 2>와 같이 분류된다. 본 보고서에서 관심을 갖는 castable과 gunning재는 내화골재에 결합제로 주로 알루미늄시멘트를 사용한 것으로 알루미늄시멘트의 수화에 의해 경화체를 형성하게 된다(결합제로 알루미늄시멘트 외에 다른 무기 결합제를 사용한 제품도 있음). 이하 알루미늄시멘트를 결합제로 사용한 castable 및 gunning재의 발달 사항을 살펴본다.

2-2. Alumina cement castable의 발달

<Fig. 1>은 alumina cement castable의 발달단계를 나타낸다. 초기 castable은 Al_2O_3 혹은 Al_2O_3 - SiO_2 계 등의 내화성 골재에 10-20%의 일반 알루미늄시멘트(Al_2O_3 45-55%)를 사용한 제품으로 시공성은 용이하나 다량의 시멘트 사용에 의한 사용중의 CaO - SiO_2 - Al_2O_3 계 저융물의 생성으로 고온사용에 문제가 있으며, 다량 수분 첨가에 의한 조직의 취약성

이 단점이다. 이를 개선하기 위하여 2단계로 시멘트의 개량이 이루어져 시멘트중의 CaO 함량을 줄이고 Al₂O₃ 함량을 크게 높인(Al₂O₃ 80-90%) 제품이 사용

〈Table. 1〉 The variety and geatures of principal monolithic fefractories

Refractory	Features
Castable	Refractory materials consisting of coarse and fine refractory grains and suitable bonding cement, which are installed by pouring after mixing with water.
Twowellble	A sort of castable refractory installed by trowelling
Plastic	Refractory materials tempered with water and/or added with a binder, which have suitable plasticity to be pounded or rammed into place.
Ramming	Simiar materials to plastic refractories, which are somewhat more stiff than plastic refractories.
Patching	Refractory materials tempered with water and/or added with a binder, which have soft plasticity to be patched into place.
Gunning	Refractory materials which are installed by gunning machine.
Injection	Refractory materials that can be injected into a furnace in the slury state.
Vibratable	Refractory materials which are exclusively installed by vibrating cast.
Slinging	Refractory materials which are installed with a slinging machine.
Coating	Refractory materials which are used for coating on the working surface of the lining having a thin thickness.
Mortars	Finely ground refractory materials which are trowellable when tempered with water, and are used for laying and bonding refractory shapes.

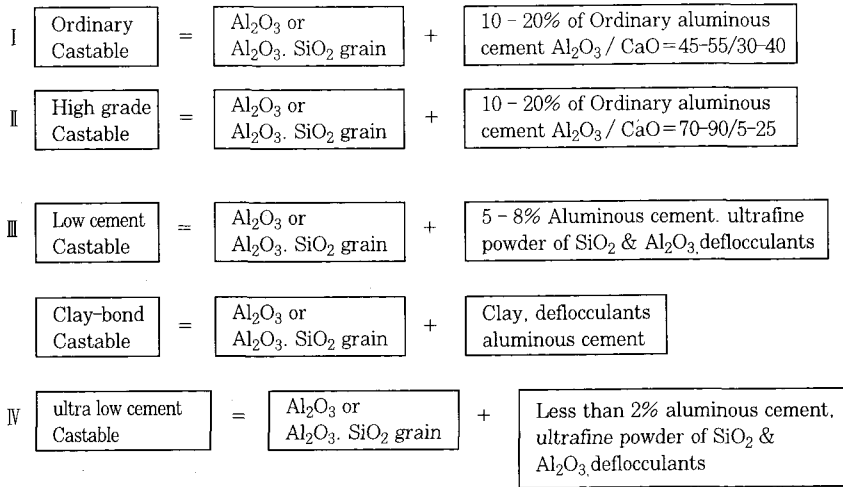
되었으나 고내식성, 고강도를 요하는 부위에는 저 cement를 사용한 치밀한 조직체의 castable이 필요하게 되어 분산제를 적용, 초미분의 분산, 해교를 이용하여 저수분 시공이 가능토록 한 low cement 치밀질 castable이 개발되게 되었다. 그러나 이러한 low cement 치밀질 castable은 혼련물의 요변성(thixotropy)을 이용한 것으로 시공시 진동 vibrator를 사용해야 하므로 시공부위가 협소 하거나 진동 vibrator를 사용할수 없는 장소에서는 시공이 불가능하고, 일반 castable에 비하여 시공시의 부하가 크다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 최근에는 분산, 해교 재의 연구, castable의 입도분포, 적정 초미분의 선택 등에 의해 진동 vibrator를 사용한 치밀질 castable과 동일한 물성을 나타 내면서 작업은 용이한 self flow castable이 개발, 적용되고 있다. 이상 설명한 castable들은 사용장소, 목적에 따라 각종 요설비에 다양하게 사용되고 있다.

2-3. Alumina cement 결합 gunning재의 발달

최근 gunning시공은 성형틀이 불필요하고, 국부보수가 가능한 등 시공면에서의 많은 잇점 때문에 증가 추세 이지만 짧은 혼련 시간으로 castable과 같은 충분한 혼련이 이루어지지 않기 때문에 물성에서 castable에 비해 충분하지 못하고, 시공시 분진 및 rebound loss가 문제가 된다. 따라서 내식성이 강한 저 cement castable을 gunning시공하는 방법, 장치들이 많이 연구 적용되고 있다. 〈Table. 3〉은 각종 gunning방법 및 그 특징을 나타

〈Table. 2〉 Classification based on setting characteristics

Setting characteristics	Main corresponding materials
Hydraulic setting	Castable refractories, Gunning refractories
Air setting	Plastic refractories, Ramming refractories, Refractory mortars
Heat setting	Plastic refractories, Ramming refractories, Refractory mortars
Chemical setting	Plastic refractories, Ramming refractories, Refractory mortars Castable refractories, Gunning refractories



<Fig. 1> Conceptual changes on technology of aluminous cement castable

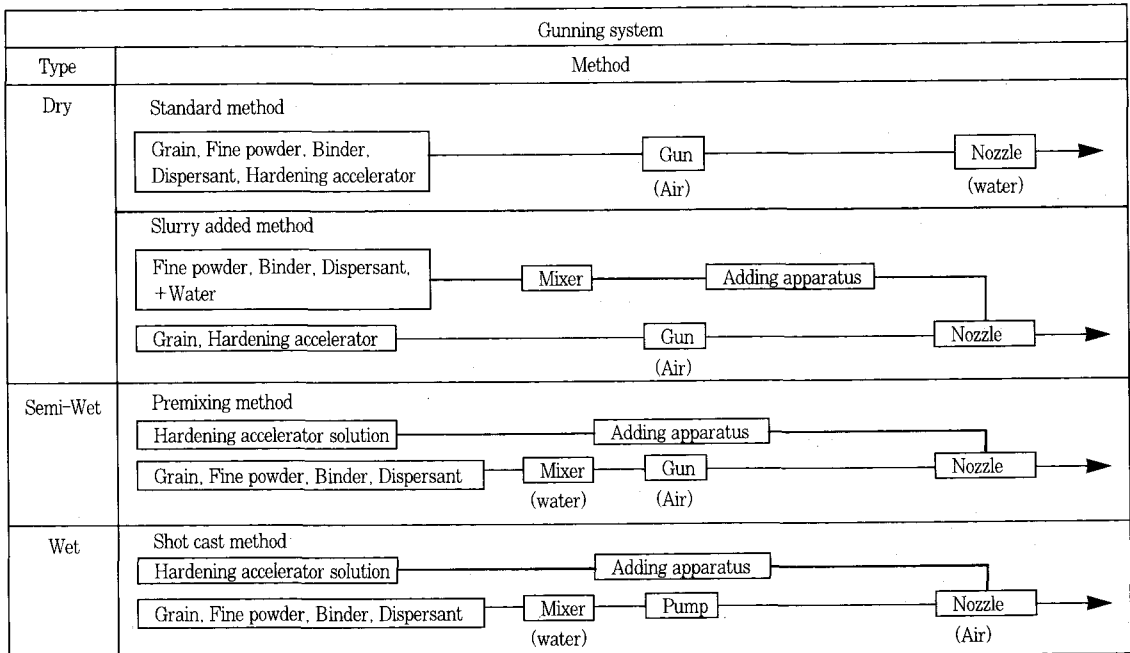
낸다. gunning재는 일반 gunning재에서 문제가 되는 분진발생 억제, rebound loss감소, 치밀조직 등에 관심을 두고 미분의 충분한 혼련을 위한 방법들이 연구되고 있다. 그 방법들중 대표적인 Slurry added method, Premixing method, Shot cast method를 기존 Standard method와 비교하고자 한다.

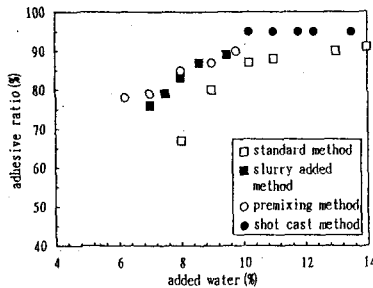
3. 고밀도 gunning system 연구

3-1. 각종 gunning방법 비교

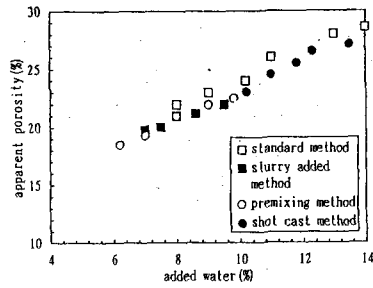
일반 gunning재는 nozzle에서 충분한 혼련이 이루어지지 않기 때문에 상기에 열거한 각종 문제들이 발

<Table. 3> Outline of various gunning systems for low cement castable

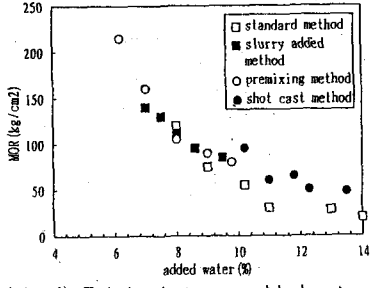




〈Fig. 2〉 Relation between added water for gunning and adhesive ratio on various gunning methods



〈Fig. 3〉 Relation between added water for gunning and apparent porosity of gunned sample



〈Fig. 4〉 Relation between added water for gunning and adhesive ratio or various gunning methods

〈Table 4〉 Chemical composition and grain size distribution of gunning material for test

chemical composition(%)	Al ₂ O ₃	50
	SiO ₂	45
grain size distribution(%)	3-1mm	35
	1-0.074mm	30
	0.074mm>	35

생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 다량의 수분과 결합제가 첨가 되어야 하는데 이는 재질의 물성을 크게 저하시킨다. 따라서 물성 향상을 위해서는 gunning재에서도 castable과 마찬가지로 저cement화, 저수분화가 필요하다. 이를 위한 방법들로 연구된 상기 3종의 방법으로 〈Table 4〉에 나타낸 재질을 사용하여 첨가수분에 따른 부착성, 물성을 실험 하였다. 〈Fig 2, 3, 4〉는 그 결과를 나타낸다. 〈Fig. 2〉는 첨가수량에 따른 부착성을 나타낸 것으로 일반 gunning재는 첨가수량 약 10%이상에서 85%이상의 부착성을 나타내는 반면, 고밀도 gunning보수를 위한 gunning재는 약 8%정도의 수분에서도 85%이상의 부착성을 나타내는것을 확인 하였다. 첨가수량의 감

소는 치밀한 조직체를 형성하게 되는데, 〈Fig. 3, 4〉의 기공율, 강도는 그 결과를 나타낸다.

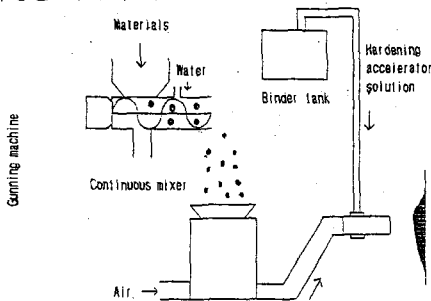
3-2. 고밀도 gunning system(PDG)

이상의 gunning방법들중 cement kiln 보수용으로 적합한 Premixing method(PDG)에 대해서 소개한다. 고밀도 gunning공법 PDG(Pre-Dispersed Gunning)란 분산효과를 충분히 발현 시키고 gunning시 분진 발생을 최소화 하기 위해 미리 시공수분의 약 반량으로 pre-mixing 한후 gunning기로 이송, gunning nozzle에서 경화촉진제 수용액을 첨가하는 방법으로 그 구성은 〈Fig. 5〉에서와 같이 premixing을 위한 연속 혼련기, binder tank, gunning machine으로 구성되어 있다.

이상의 PDG방법은 저수분 gunning시공 가능, 고밀도, 고강도 시공체, 고접착율, gunning시 분진극소, 작업성 양호등의 특성을 갖는다.

4. 결 론

부정형 내화물의 기술 발달에 따라 cement kiln도 cooler부, preheater부, burner부를 중심으로 부정형 내화물이 채용되어 양호하게 사용되고 있다. 그중 시공의 용이성에 따라 각 maker에서 검토되고 있는 gunning시공의 방법 및 특성에 대하여 살펴 보았다. 이중 cement kiln 보수용으로 적합한 기존 유입 castable과 유사한 품질 특성을 나타내는 고밀도 gunning방법의 적용은 보수시간 단축, 소요인력 감소등 조업의 안정적 관리에 크게 도움이 될 것이다.



〈Fig. 5〉 A schematic diagram of PDG gunning system