

## 석회석의 소성기술

고재만

(kohnank@hanmail.net)

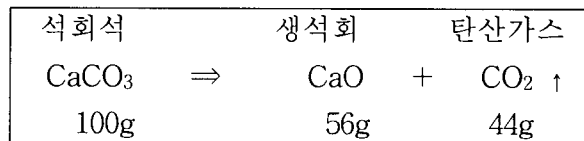
### 요약

생석회, 소석회, 경소돌로마이트, 경질탄산칼슘 생산을 위한 필수제조공정인 소성기술은 원료 석회석, 연료, 석회소성로의 응용에 따라 각 생산제품의 품질을 다양하게 변환시켜 석회사용용도에 적합하도록 석회제품을 생산하는 기술이다. 석회석 소성품질은 석회석의 크기 및 입자범위, 석회석의 화학성분, 결정형태, 고체연료와 유체연료의 사용구분, 석회소성로의 소성온도, 소성시간에 따라 소성도 및 반응성이 달라져 소성제품인 석회의 품질상태가 다양해진다. 예를들면 사용되는 제강용 석회는 매우 빠른 반응성이 요구되고 카바이트용 석회는 매우 낮은 반응성이 요구되는데 현실적으로 석회를 제조할 경우 동일한 소성로안에서 일정한 소성온도, 소성시간을 갖게 하여도 석회석의 크기가 다르고, 석회석 한개체는 표면과 내부와의 소성온도의 차이가 있기 때문에 소성도와 반응성이 동일하지 않다. 동일한 소성도 및 반응성을 갖는 석회제품을 생산하기 위한 방법중 낮은 소성온도의 장시간 소성방법은 높은 생산비용으로 경제성이 문제된다. 따라서 최적의 석회제품을 생산하기 위해서는 먼저 석회 활용 용도에 맞는 품질기준을 설정하여 그에 적합한 소성기술의 응용이 필요하다.

### 석회석(원료)

#### 개요

석회석은 화학적으로  $\text{CaCO}_3$ 로서 약  $900^\circ\text{C}$  이상의 온도(대기압)에서 다음과 같은 반응이 일어난다.



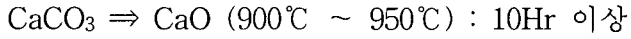
$900^\circ\text{C}$  이상의 가열이 필요하나 석회소성에서는  $1100^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ 가 적합하다. 미립자일 경우는  $600^\circ\text{C}$ 부터 탈탄산이 일어난다.

- 석회석, 생석회, 소석회, 물, 탄산가스와의 원단위표

$\text{CaCO}_3$	1kg	1.785kg	5.556kg	1.351kg	2.274kg
CaO	0.56kg	1kg	3.113kg	0.757kg	1.274kg
$\text{H}_2\text{O}$	0.18kg	0.321kg	1kg	0.243kg	0.409kg
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0.74kg	1.321kg	4.113kg	1kg	1.684kg
$\text{CO}_2$	0.44kg 0.226Nm <sup>3</sup>	0.785kg 0.402Nm <sup>3</sup>	2.443kg 1.252Nm <sup>3</sup>	0.594kg 0.304Nm <sup>3</sup>	1kg 0.513Nm <sup>3</sup>

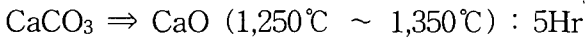
소성구분

- 저온소성시

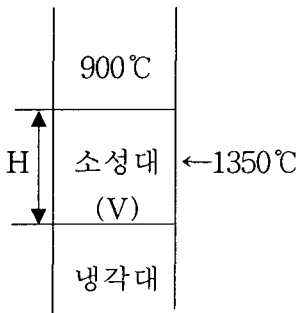


- 저온소성은 CO<sub>2</sub>는 빠져 나갔으나 CaO 결정입자의 간극이 소결되지 않은 상태가 유지된다.
- 연소상태의 생석회는 경탄산칼슘, 제강용제조에 적합하지만 소화발열반응이 빨라서 A.L.C. 제조에서는 발포팽창에서 오는 crack 발생원인이 된다.
- 침전부피가 크기 때문에 액상소석회 원료로 적합하다.
- 연소소성에 영향을 주는 물질은 MgO, NaCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, KCl 등이다.

- 고온소성시



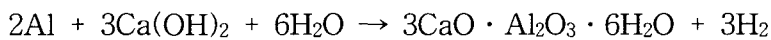
- 소성로 내부(소성대)에서 유지되는 시간의 결정이 필요



- 소성로 내부(소성대)에서 유지되는 시간의 결정이 필요
- $H(\text{높이}) \times \text{소성로 단면적} = V$  (석회 소성대 용적)
- $\text{소성대 용적}(V) \div \text{생산량} = \text{반응시간}$
- 경소에 영향을 주는 불순물 : 'S'계, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

A.L.C.용 생석회는 경소 생석회로 소성함.

⇒ CaO와 물과의 반응시간을 일정하게 유지할 수 있는 소성상태로 유도하고 소화온도를 억제해 발포와 응고 공정을 조정한다. (반응시 H<sub>2</sub>의 발생으로 기포발생의 균일화)



- 반응성실험으로(조립적정법 4N - HCl) 소성도 구분

- 25g법 기준 150ml 이상 - 연소
- 60ml ~ 150ml - 적소
- 60ml 이하 - 경소

활성도 측정으로서 25g법은 연소, 50g법은 적소, 100g법은 경소로 품질관리의 소성 기준으로 활용하며 생석회를 경소시키는 방법은 고온소성(1,350°C), 저온소성(장시간 1200°C) 및 용점을 떨어지게 하는 방법이 적용된다. 즉, 소성도란 소성온도, 소성시간에 의해 생석회 성질을 만들어낸다.

**석회석의 불순물**

석회석의 CaO 함량이 높을수록 생석회의 소화반응속도가 크다. 석회석에 함유된 불순물은 SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P, S 등으로 100% 소성시 불순물 함유량이 1%이면 소성시 생석회에서는 1.8~2.0%가 된다.

석회석을 수세하여 점토등 부착된 불순물을 제거하면 소성후 CaO 함량이 1~3% 상승된다.

- 석회석 불순물중 함량이 가장 높은 SiO<sub>2</sub>의 영향

석회석 내부에 함유 흡수 반응열 소량 ↓ 용융점 저하 ↓ 저온 경소 ↓ 소성문제점은 낮음	석회석 외부에 함유 소성 문제점이 발생 (1,300℃에서 불순물의 용융) ↓ Clinker 형성 ↓ 소성로 내부에 부착 (소성에 악영향)
--	---

**소성용 석회석의 입도구분**

입도	80~120	80~45	45~20	20~5	~5
구분	대괴	중괴	소괴	소립	분말
주용도	P.C.C	화학용	제강용	소결용	

※ 20~10mm 석회석을 shaft kiln에서 소성 가능한 소성로의 개발

**석회석의 입도별 소성온도 및 소성시간**

소성온도(℃)	석회석의 직경(mm)	소성률 95%이상 소성완료시간(Hr)
950	20	2.0
	30	3.5
	50	7.4
1,000	20	0.9
	30	1.8
	50	3.6
1,100	20	0.4
	30	0.9
	50	1.3

$$\text{※ 소성률(\%)} = \frac{\text{소성시 손실된 CO}_2\text{의 무게}}{\text{석회석중의 CO}_2\text{의 초기무게}} \times 100$$

석회석의 등급별 품질구분

등 급	성 분(%)				소성률(98%) CaO품위(%)	비 고
	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
고품위	55↑	0.5	0.2	0.01	98↑	수산화칼슘 특수강 유리섬유
중품위	53↑	1.0↓	1.0↓	0.05	95↑	제강용 E.C.H.
중,저품위	53↓	1~2	2.0	0.1	95↓	제철,제강용 수처리 비료
저품위	50↑	2↑	2↑	0.1↑	89↑	시멘트 석회질비료

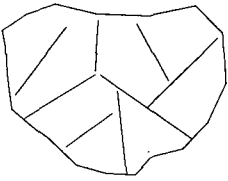
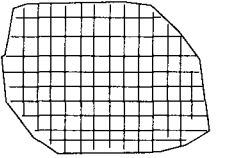
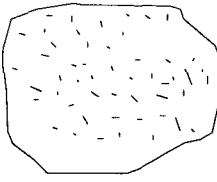
※ 국내 석회전문 생산업체는 소성률 저하로 품질수준이 낮다.

석회석과 생석회의 품질관계 (제강용 생석회 기준)

항목	요구품질 기준	용도에 따른품질	품질을 좌우하는 요소		
			석회석	연료	소성조건
CaO(%)	≥90	높을수록 좋다	●		●
MgO(%)	≤2	낮을수록 좋다	●		●
SiO <sub>2</sub> (%)	≤2	낮을수록 좋다	●	●	
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	≤2	낮을수록 좋다	●	●	
CO <sub>2</sub> (%)	≤3	낮을수록 좋다			●
S(%)	0.2	낮을수록 좋다		●	●
소화온도(℃)	20℃/분	용도에 따라 다름	●	●	●
활성도 (50g법10분치)	300cc	높을수록 좋다	●	●	●
입도(m/m)	10~50	분말상 혼입이 낮을수록 좋다	●	●	●

※ 소화온도기준 : A.L.C용 3.5℃/분  
화학용 2.5℃/분  
P.C.C용 30℃/분

석회석 소성시 소성과정중 분말이 발생되어 소성장애를 일으키는데 결정입자가 50  $\mu\text{m}$ 이상의 결정조직의 석회석이 분화율이 높다.

분화발생형태		생석회가 비교적 큰 입자로 쪼개지는 현상
		미세한 입자로 부서지는 현상
		분말상태로 부서지는 현상

### 소성도구분

소성도는 연소(soft burned), 경소(hard burned), 사소(dead burned)로 구분한다.

구분	결정입자 ( $\mu\text{m}$ )	겉보기 비중	기공률(%)	비표면적 ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	수축률
연소	1.0	1.60	51.4	19,500	0
적소	2.1	1.71	48.0	14,300	14.0
경소	12.43	2.05	37.9	4,500	28.0

※ 사소 생석회는 제품불량 중 가장 나쁘다.

※ 경소상태에서 장시간 소성을 계속하면 결정이 융합하여 전체용적이 수축한다.

## 연료

### 개요

석회석의 소성 반응은 흡열반응으로 소성에 필요한 열은 외부로부터 공급되어지는데 다량의 분해열이 필요하다.

20℃ 기준; 42.2 kcal/g · mol, 425 kcal/kg · CaCO<sub>3</sub>, 753 kcal/kg · CaO

석회소성용 연료는 공기와 용이하게 연소하고 경제성이 양호하여야 하며 연료의 필요조건은 다음과 같다.

- ▶ 연소가 잘되고 다량의 열이 발생된다.
- ▶ 저장, 운반, 취급이 용이하다.
- ▶ 공급이 원활하고 가격이 안정적이며 저렴하다.
- ▶ 취급상 안전하고 환경, 위생상 오염이 적다.
- ▶ 연소생성물(배기)에 의한 대기, 수질 등의 환경오염이 없다.

### 연료의 종류

항목 \ 종류	고체연료	액체연료	기체연료
연료명	석탄, 코크스, 유연탄, Masec탄	중유, 등유, 경유, 재생 연료유	L.P.G., L.N.G., 발생로 가스
발열량	낮다	높다	높다(종류에 따라 일정하지 않다)
회분	많다	미량	없다
연소효율	낮다 (미분탄 연소시 높다)	높다	가장 높다
과잉공기량	많다	적다	완전연소
연소의 제어	어렵다 (미분탄 연소시 용이)	쉽다	쉽다
수송	수송용이, 하역 불편	수송, 하역 용이 근거리 pipe line 설치용이	원거리 대량수송 곤란 (LPG, LNG 제외) 근거리 pipe line 설치용이
저장	노천 야적이 가능 넓은 야적장 필요	고가의 저장탱크 필요	특수 저장조 필요
연소장치	소형, 간단 (미분탄 연소시 대형)	소형	대형
공해대책(대기오염)	필요	필요	약간 필요
단위 열량당 가격	낮다	약간 높다	높다

### 연료의 특징비교

※ 기체연료와 고체연료의 혼합사용

고체와 액체연료의 혼합(COM)사용 ⇒ 연료비용 절감, 품질안정

### 고체연료

고체연료는 칼로리당 가격이 유체연료보다 낮고(생석회 원가의 30%이상이 연료비로 소요됨), 안정적인 공급이 가능하나, 고체연료가 연소하고 남는 회분의 영향으로 고순도의 품질을 요구하는 화학공업용 등에 품질을 만족시키지 못한다. Shaft Kiln 석회 소성로에 고체연료를 사용할 경우, 가열 과정 중 발생하는 유출물의 종류와 온도와의 관계는 다음과 같다.

온도(°C)	유출물
상온 ~ 약 350	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO, 소량의 유류와 타르
약 350~약 600	탄화 수소류, 발열량이 높은 gas, 증기(타르 등)
약 600~약 700	비교적 발열량이 높은 gas 발생. 타르는 발생하지 않음
약 700~약 1,000	온도가 상승되고, 발생 gas의 발열량도 낮아지며 CO와 H <sub>2</sub> 가 생성

온도 및 고체 연료 (Massecc 탄) 입자에 따른 탄의 연소 속도

온도(°C)	K (cm/sec)	τ' (실험치)		*τ'' (보정된 연소시간)		**τ (이론치)	
		Dp=3 cm	Dp=4cm	Dp=3cm	Dp=4cm	Dp=3cm	Dp=4cm
925	9.3	3.5hr	5hr	7.0hr	10hr	3.14hr	4.2hr
950	9.6	3.43hr	5.4hr	6.52hr	10.26hr	3.12hr	4.15hr
1,000	10.2	3.67hr	5.2hr	6.97hr	9.88hr	3.05hr	4.05hr
1,100	11.5	2.8hr	5.0hr	5.32hr	9.5hr	2.92hr	3.9hr

\* : 석회 소성로 내부 소성대의 평균 산소 농도를 9.7%로 가정하고 실험치의 보정 (1.9배)

석탄의 연소 시간은 다른 변수가 일정하다고 가정할 때 산소 농도에 반비례한다

\*\* :  $\tau = \rho c R_c / (M \cdot W)_c K C_{Ag}$

·  $C_{Ag}$ : 석탄입자 표면에서의 산소 농도 (moles/cm<sup>3</sup>)

· K : 총괄 연소 속도 정수(cm/sec)

·  $R_c$ : 탄의 연소율

Cokes 입경과 소성대 길이

cokes 입경 (m/m)	소성대의 길이 (m)
60 ~ 80	약 2.2
40 ~ 60	약 1.5
20 ~ 40	약 1.0
10 ~ 20	약 0.5

- cokes 입자가 클수록 소성대 길이가 길어진다.
  - 분탄의 함량이 높으면 소성장애(Clinker)가 일어난다.
  - 입도의 범위가 넓으면 연소 속도가 같아지는 것을 방지
    - 소성로의 열분포 확산 효과
    - cokes 입도 분포가 넓은 것이 좋다.
- ex) 10~22m/m (30%) + 20~ 35m/m(70%)를 혼합하여 사용

고체연료(석탄)의 Ash (단위: %)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	내화도(℃)
47~46	7~30	2~16	2~10	0.2~2	2.5~8	0.9~9	1,000~1,500

- SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO → 내화도  
내화도 1은 낮고 5 이상이면 내화도가 1,350℃ 이상이다.
- 고체연료 Ash의 내화도는 Shaft Kiln 소성로에서 유체연료, 기체연료, 미분탄 연료와 혼합 사용시 필히 내화도를 측정하여야 한다.
- 석회 소성로에서 고체연료는  
회분, 휘발분이 적고 고정탄소가 풍부하며 회분의 용융점이 높고 입도의 균일성 및 분말혼입이 없어야 한다.  
또한 유황 등의 함량이 낮고 착화 온도가 높으며 균일한 품질이 유지 되어야 한다.
- 회분의 증가 → 연료사용량증가 → 생산량 감소, 품질저하  
휘발분 증가 → 착화 온도 저하 → 소성대 상승, 불균일 제품  
연료의 입도 변화 → 소성대 길이의 변화 → 미연소탄 발생, 불균일 제품  
연료의 분말 혼입 → 소성로 내부에서 국부적으로 몰림 → 공극사이로 급속히 하강  
→ Clinker 형성 주요인.



### 액체 연료

액체 연료는 상온에서 액체 상태인 연료로써 석탄계와 석유계로 구별되고 석탄과 액체 연료를 혼합한 COM(coal oil mixture)등이 있다.

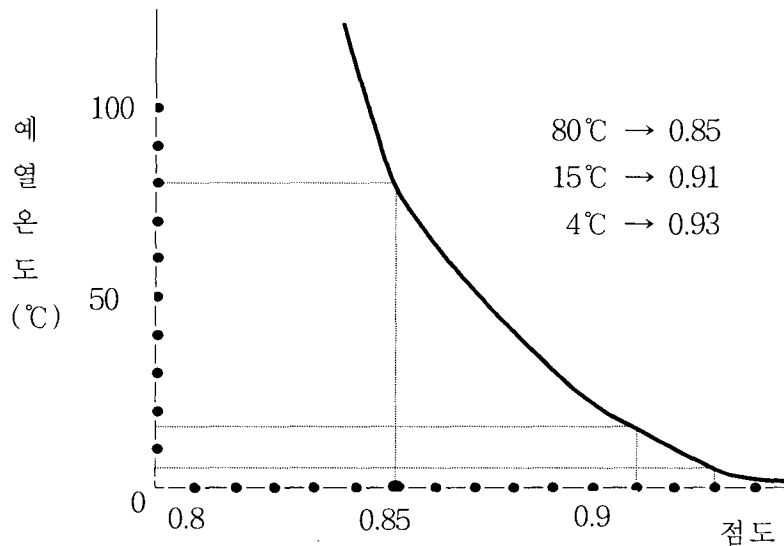
액체 연료의 장단점

장 점	단 점
연소가 용이하고, 제어가 쉽다. 연소 효율 및 전열효과가 높다. 계량, 기록이 용이 저장, 운반이 편리하고 품질의 변화가 적다. 다양한 유종으로 혼합사용이 가능하다. 구매가 편리하다.	소성온도가 높기 때문에 국부 과열 현상이 일어나기 쉽다. 화재, 역화 등의 안전사고 위험이 높다. 사용 burner의 종류 및 fan 등에 의한 소음발생이 높다.

### 중유의 품질 관리

비중이 높으면 (C/H 비가 클때) → 발열량 감소, 점도 증가.

점도가 높으면 burner의 무화 불량 → 연소상태 불량 → 그을음 발생.



점도는 온도에 잘 변화되기 때문에 중유는 가열시켜 유동성과 무화성을 조정하여 연소시킨다. 중유는 취급온도가 낮으면 점도가 높고 유동성도 나쁘기 때문에 동절기에 취급 이송 line의 가열 및 보온이 필요하다. 중유에 황성분이 높으면 연소시 SO<sub>2</sub>가 되고 그중 SO<sub>3</sub>가 배기gas의 노점이하에서 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 변하여 저온부식이 일어난다. 또한 생석회 중에 "S" 함량이 증가되어 제강용등에 적합하지 않으며, 수처리제로 생석회의 사용시 침전부피가 낮아져 사용량이 증가 된다.

**액체 연료의 관리**

- i) 연료의 선정시 가격, 수송, 저장 연소장치 및 연소방법 확인, 예비장치의 유무, 연소성, 안전성, 제품 품질 및 안전성 환경상의 문제, 비중, 인화점, 점도, 유동성, 유황분 등의 검토가 필요하다.
- ii) 입고시 kg단위, kl단위의 결정, 비중, 온도, 중량을 계산하며 점도, 유동점, 수분 등의 수입검사를 실시한다.  
액체 연료의 발열량 차이가 발생시 석회 소성로에 큰 문제가 발생되므로 특히 주의가 요구 된다.
- iii) 저장용량, 저장조가 소방법 및 위험물 취급법규에 적합하여야 한다. 점도가 높은 연료의 입고시 저장조 내부에 히터(증기,전열)를 설치하여 유동성을 좋게 한다.  
2종류 이상이 혼합되어 액체연료를 사용할 시 발열량의 확인이 중요하다.  
(수분, 이물질 혼입 방지대책)
- iv) 저장탱크 주위의 정리정돈, 화기의 엄금은 물론 불필요한 가연물을 방치하지 않으며 소화기와 소화장비를 비치한다. 탱크내부의 청소된 침전물은 안전한 장소로 처리하며 누유가 되어 배출되는 일이 없도록 엄중한 관리가 필요하다.

**기체연료**

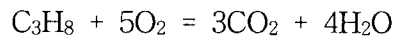
기체 연료는 천연가스(LNG) 및 액화석유가스(LPG-Liquified Petroleum Gas) 와 고체 및 액체 연료로부터 부산물로 발생되어 제조되는 발생로 가스가 있다.

장 점	단 점
연소효율이 높고 완전 연소 된다.	설비 투자비가 높다
연소용 공기, 연료자체의 예열은 비교적 적은 소모열량으로 발열량을 높게 얻을 수 있다. 또한 배기 열원을 이용하여 예열공기로 사용시 효율이 높다	연료비가 높다
연소조절이 간단하고, 자동제어, 균일가열, 조성분위기의 조절이 용이하다	저장이 어렵다(고압특수 저장 Tank)
회분이 전혀 없으며, 소성로의 수명이 연장된다.	가스 유출시, 폭발위험이 있다.

상온에서 압력을 가하면 쉽게 액화되는 석유계 탄화수소가스를 액화 석유가스(LPG)라 한다. 기체 연료로서 장단점은 다음과 같다.

장 점	단 점
저장, 수송이 편리하고 사용상의 제약이 적다.	저장, 배관 등의 설치비용이 높다. 안전상의 특별한 주의가 필요하다.
발열량이 높다. (약 20,000~30,000kcal/Nm <sup>3</sup> )	연료비가 높다.
황분이 적고 유해성분의 함량이 거의 없다.	기체의 비중이 공기보다 무겁다 (약 1.5~2, 공기=1) 누출되어 낮은 지대에 모이는 경우 인화 폭발의 위험이 높다.
액화시킬 경우 $\frac{1}{250}$ 의 체적으로 감소시켜 저장할 수 있다.	기화 잠열이 크므로(약 90~100kcal/kg) 사용시에 기화기가 필요하다.
	완전연소에는 대량의 공기가 필요하다 (이론 공기량은 가스 용적의 25~30배) 연소속도가 느리고 연소 영역이 좁기 때문에 연소전용 기구가 필요하다.
	취급상 안전에 특별한 주의가 필요하다.

LPG의 주성분인 프로판 가스는 연소시에 탄산가스와 물을 생성한다.



※ 연소시 발생되는 H<sub>2</sub>O로 인해 1,100℃ 이상의 소성온도에서는 생석회의 압축강도가 약간 떨어지지만 생석회의 활성도는 높고 균일한 소성도의 생석회를 얻을 수 있다.

### 석회 소성로

석회소성로는 산업의 성장과 함께 발전되고 있고, 다양한 용도의 생석회 요구 품질 수준에 따라 석회소성로 성능도 발전되어 왔다. 철강산업의 급속한 발전은 석회소성로의 대형화, 현대화의 계기가 되었다.

석회소성로는 열효율이 좋고, 생석회 중에 미분해물(CO<sub>2</sub>)이 적으며, 활성도가 높고 소성도가 균일한 생석회를 제조할 수 있어야 하며, 일반적으로 다음사항을 고려하여 석회소성로를 설정할 수 있다.

- ▶ 석회석 Size, 물리 화학적 성질 (열충격성)

- ▶ 석회의 사용목적(괴상생석회, 분말생석회, 소석회, 액상소석회) 및 용도별로 요구되는 품질
- ▶ 석회석 소성시 발생하는 CO<sub>2</sub>의 활용여부(제강, 경탄산칼슘 등)
- ▶ Maintenance가 용이(성력화, 설비가동율 etc.)
- ▶ 저렴한 설비투자 비용 및 건설기간의 최소화

석회소성로의 구분 및 종류

구분	종류	비고
입형로 (Shaft Kiln)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 혼합 입형 소성로(고체연료 혼소)</li> <li>· 토중로, ALC로, 중자로</li> <li>· Beckenbach-이중원통형, 이중경사로</li> <li>· Maertz-Fine Lime Kiln, RCE Kiln</li> <li>· 2~3 본 Shaft Kiln(원통형, 각형)</li> <li>· 국정식, Azbe형, K.H.D(횡류형), Cross Beam형, U.C식 입로</li> <li>· Multi Chamber Shaft Kiln</li> <li>· Recycled chamber shaft kiln</li> </ul>	<p>각 석회 제조업체 충무화학, 백광소재 POSCO</p> <p>백광소재</p> <p>태영석회 백광소재</p>
회전로 (Rotary Kiln)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Rotary Kiln</li> <li>· 고마식 (입형 Rotary)</li> <li>· Calcimatic</li> </ul>	<p>POSCO</p> <p>백광소재</p> <p>삼천개발(가동중지)</p>
유동층 소성로 (Fluidized bed Kiln)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 미쯔비시식 유동층 소성로</li> <li>· Doll, Oliver식 유동소성로</li> <li>· GSC (Gas Suspension Calcination)</li> <li>· Dual Calcination</li> </ul>	<p>국내 미보유</p>

국내 석회 소성로의 발전 단계

구분	소성로의 형식	생석회의 용도
1970년대	· 재래식 토중로 자연통풍식 연료 : 무연탄	O/S : 제강용, 카바이트용 U/S : 소석회 원료
1980년대	· 토중로 (Shaft Kiln 형) 강제통풍식 연료 : 무연탄	O/S : 제강용, 카바이트용, 폐수처리용 U/S : 소석회 원료
1990년대	· A.L.C 용(Shaft kiln) 연료 : Cokes	3mm O/S : ALC용, 화학공업용 3mm U/S : 소석회 원료, 과립생석회
	· Top Shaped Lime kiln (회전로) 연료 : 정제유, PCOM	20mm O/S : 제철 제강용, 화학공업용 5~20mm : E.C.H 용, 액상소석회용 5mm U/S : 폐수처리용
	· Beckenbach Shaft Kiln 연료 : PCOM, 미분탄	20mm O/S : 제철, 제강용 12~20mm : 알루미나 시멘트용, 제강용 (L/F 용) 3~12mm : 고화제, 소석회 3mm U/S : 과립생석회
2000년대	· Multi Chamber Shaft Kiln	20mm O/S : 제철, 제강용 20mm U/S : 폐수처리용, 화학 공업용
	· Recycled Chamber Shaft Kiln	5mm O/S : PCC용, 유리섬유용, 특수강용 5mm U/S : 금속용, 고효성 소석회 제조용

국내 석회소성로의 설비 생산능력

구분	원석의 입도(m/m)	사용연료	생산능력(ton/day)
토중로	70~120	무연탄	10~20
입형로	20~40	무연탄	30~100
Beckenbach식 입형 소성로	30~80	미분탄, B-C유, PCOM	180~300
입형 Rotary kiln	20~40	미분탄, 정제유, PCOM	50
MCSK	30~80	미분탄, 정제유	160
RCSK	20~80	LPG, B-A유	10~150

### 소성로별 특징

#### ▶ 순환 챔바 경사식 석회 소성로(Recycled Chamber Shaft Kiln)

RCSK 석회 소성로는 고순도, 고효율 석회 제품을 생산하기 위해 (주)백광소재에서 독자적으로 개발한 석회소성로로서 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- 고순도 석회 제품의 생산이 가능하다
- 사용 석회석의 입도 범위가 넓다. (10mm~120mm)
- R-CO<sub>2</sub> 의 소성도 조절이 용이하다. (1%±0.5%)
- 비교적 결정질 원석의 소성도 소성장애가 없다.
- 소성로 내부 석회석의 흐름상태가 이상적이다.  
(큰 입자와 작은 입자와의 분리 현상)
- 다양한 연료를 사용할 수 있다.
- 상, 하단 2단계로 고온의 가스를 순환시켜 소성도의 균일성을 유지하며 열 효율을 향상시킨다.
- 건설기간이 짧다. (6개월)
- 완전자동화가 가능하며 Maintenance가 용이하다
- 배기가스 CO<sub>2</sub>의 함량이 높아서 CO<sub>2</sub> 재활용하기가 용이하다.

#### ▶ Multi Chamber Shaft Kiln

독일 IPZ사가 개발한 소성로이며 국내(태영석회) 1기가 가동되고 있으며, 다음과 같은 특징이 있다.

- 사용석회석 크기의 범위가 넓다. (최소와 최대 입자경이 1:4~1:7 까지 가능)
- 불순물 혼입이 높은 석회석의 소성도 용이하다.
- 다양한 연료를 사용할 수 있다.
- 소성도와 반응성의 조절이 용이하다. (다단의 연소실 4~6개)
- 비교적 소성 열원단위가 낮다. (950 kcal/kg · CaO)
- 소성로 내화물의 구조가 간단하고 축로 비용이 저렴하다.
- 건설기간이 짧다.

#### ▶ Maertz RCE Shaft Kiln

경소 생석회 생산이 용이한 Shaft Kiln으로 다음과 같은 특징이 있다.

- 경소 생석회의 균일한 품질을 생산할 수 있다.  
(T<sub>60</sub> : 2~12분 이상 조정가능)
- 작은 size (10~30, 20~50mm)의 원석으로 경소 생석회를 얻을 수 있다.
- 소성로 크기가 작으며 생산능력당 투자비용이 가장 적다.(150t/d · CaO → 20m<sup>3</sup>)
- 독특한 버너 랜스와 2단의 연소 영역을 갖고 고온(1,500℃) 소성으로 연소 · 경소 생석회 생산이 용이하다.

## 맺는말

국내 부존자원 중 매장량이 가장 풍부한 석회석은 다양한 형태의 용도로 개발되어 실용화 되고 있으며, 계속해서 고부가가치화 제품 개발이 진행되고 있으나 국내의 현실은 한정된 일반적인 석회 제품으로만 응용되고 있는 실정이다.

국내 응용 제품의 개발이 활성화 되지 않는 주요 원인은 양적으로 풍부한 부존 자원을 갖고 있으나, 순도면에서 고순도 석회석의 자원은 풍부하지 않고 석회 제조기술 또한 낙후하여 고순도 석회석으로도 고순도의 생석회 제품을 생산하기가 어려운 현실이다.

고순도 생석회를 생산하기 위해서는 석회 소성로의 성능 향상이 필수적인데 고순도, 고효율 생산용 석회소성로는 건설비용이 높고, 품질 관리 기술이 요구되기 때문에 국내 석회 업체 대부분은 자금력과 기술력의 부족으로 소성로의 현대화를 시키지 못하는 실정이다.

최근 국내 석회 업체 전문회사에서 독자적인 고순도, 고효율용 석회소성로의 개발은 국내 석회업의 발전에 많은 기여가 될 것이며, 향후 석회 소성로의 성능 향상 및 건설비용의 절감, 열원단위의 절감 등의 지속적인 개선이 이루어져 국내 석회 업체의 발전이 기대된다.

한편, 현재 석회업체에서 석회 소성용으로 사용하지 못하는 소립 size(5~20 mm)의 석회석을 이용하여 연소, 경소 소성조정이 가능한 석회 소성로의 개발 또한 이루어 질 것으로 전망된다.