

NSP 키른에서 일어나는 諸運轉 및 運轉特性

宋 昌 辛

<東洋세멘트 生産部>

1. 緒 言

最近 시멘트 제조기술은 大型化를 要하고 있으나, 大型化도 한계에 도달, kiln의 직경이 커져 장기 안전 연속 운전이 힘들고 내화연와의 trouble 과 부대시설(驅動 girth gear 切削, 支持用 type...等)의 問題點들이 대두되는 바 kiln 자체의 能力개발이 要求되고 있었다. 이에 따라 S.P kiln은 cyclone 과 導管에서 浮遊懸濁된 상태로 粉體와 gas의 熱交換을 행하므로 시멘트 원료를 kiln의 高溫에만 의지 脫炭酸($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$)시키는 問題點을 착안 脫炭酸 反應의 대부분을 熱效率이 높은 S.P에서 일어나도록 해 kiln의 大型化를 可能케 한 제반 事項을 檢討하여 보았다.

2. N. S. P kiln의 燒成方法

2-1 NSP의 燒成方法

시멘트의 燒成反應은 煨燒反應(흡열반응)과 화합물 생성(발열반응)으로 大別할 수 있다.

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow - 420 \text{ Kcal/kg-cli}$ 의 흡열량은 시멘트 理論 燒成 熱量(400 ~ 430 kcal/kg-cl)보다 크므로 시멘트 clinker 燒成에 있어서 脫炭酸 效率이 좋고 나쁨은 매우 중요하다.

재래식 S.P kiln 방식에서는 脫炭酸의 40~50%을 행하고 나머지 50~60%의 煨燒와 燒成反應은 kiln에서 行하였으나 N.S.P 방식은 S.P 사이에 특수 연소 장치를 설치하여 脫炭酸에 필요한 熱量을 供給하여 脫炭酸 效率을 높혀(70~85%) kiln에 thermal load을 덜어 주므로 kiln 生産能力을 up시키는 방식이다.

2-2 NSP kiln type

명	칭	煨燒爐 方法	開 發 社	備 考
M F C	mitsubishi fluidized calcinator system	流 動 層 式	三菱重工社 三菱鑛業Cement社	
S F	suspension preheater & flash furnace	氣流式 + 渦室式	石川島播磨重工社 秩父Cement社	

R. S. P	Rein forced suspension preheater	"		
K. S V	kawasaki spouted bed & vortex chamber	渦室式+噴流式	川崎重工社	
prepol		流動層式	Polysius 社	

2-3 生産 能力 檢討

a) S. P kiln 의 burning capacity 와 kiln dimension 관계 (일반)

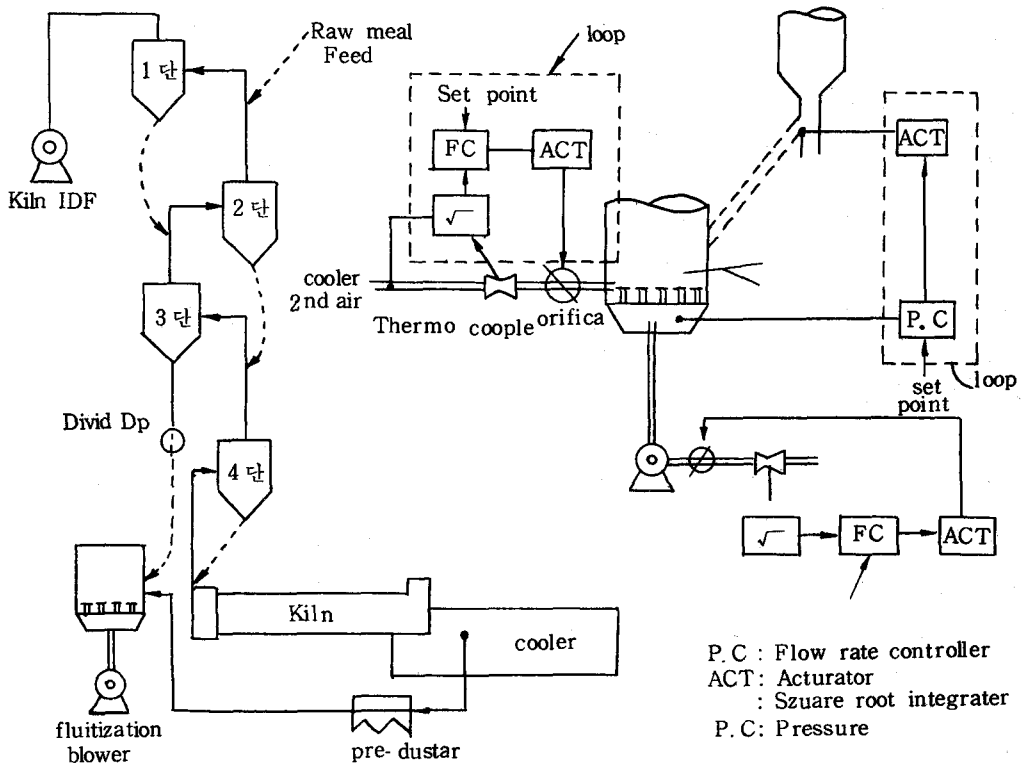
$$i) \text{ burning capacity (t/h)} = 0.3437 D^{2.278} L^{0.297}$$

Where D : kiln shell 의 inside dia (m)

L : kiln length (m)

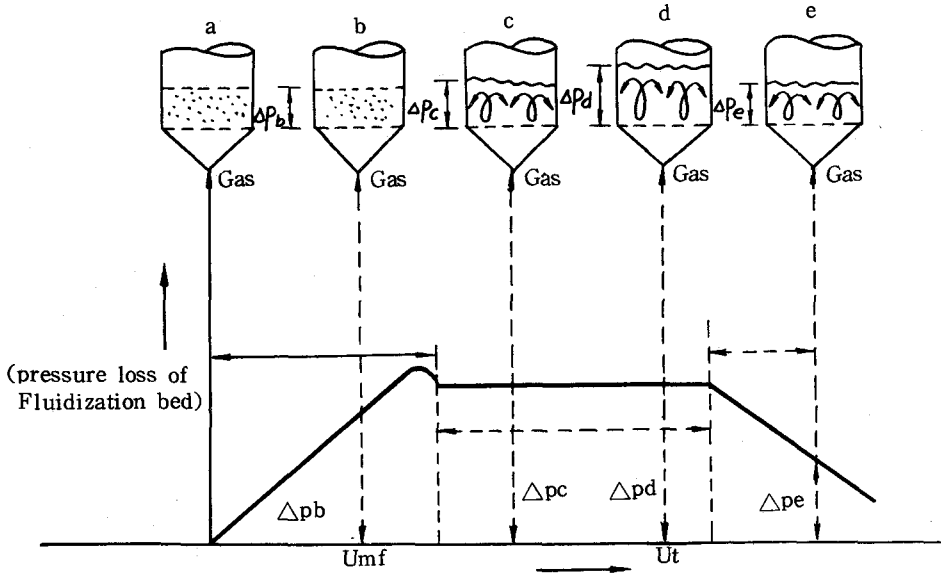
3. MFC system

3-1 MFC 의 工程



3-2 MFC 原理

fluidization 의 condition



fluidization gas velocity

umf : minimum fluidized velocity

ut : terminal velocity

ii) 本工場の # 3.4.5 SP kiln 時 能力 및 NSP 개조 후 생산성

	S P kiln 時	NSP 개조 후 실적	생산성 증가율(%)
# 3 K(dopol type)	(1440 t-cl/d)	2200 t/d	52.8 %
# 4.5 K(humbodt)	(2263 t-cl/d)	3400 t/d	50.2 %

註 : N. S. P 개조후는 현재 생산실적이며 S. P 時는 상기 공식에 의한 능력임.

b) kiln 의 retention time

	S. P kiln 運轉時	N. S. P 개조 후
# 3 K(dopol)	1440 t/d × a rpm	2200 t/d × 2.53 × a. rpm
# 4.5 K(humbodt)	2260 t/d × b rpm	3400 t/d × 1.31 × b. rpm

c) 生産性は 약 50 % up 되었다.

4. MFC Kiln 과 SP Kiln 과의 諸現象

4-1 p/h 하소율 관계

① Ig-loss

區 分	dopol		humbodlt	
	SP kiln	M F C	SP kiln	M F C
4 단 A	22.05 (49 %)	15.20 (68 %)	22.26 (48 %)	15.34 (68 %)
4 단 B	22.66 (48 %)	15.34 (68 %)	22.52 (48 %)	15.97 (66 %)
M F C		20.18		21.16

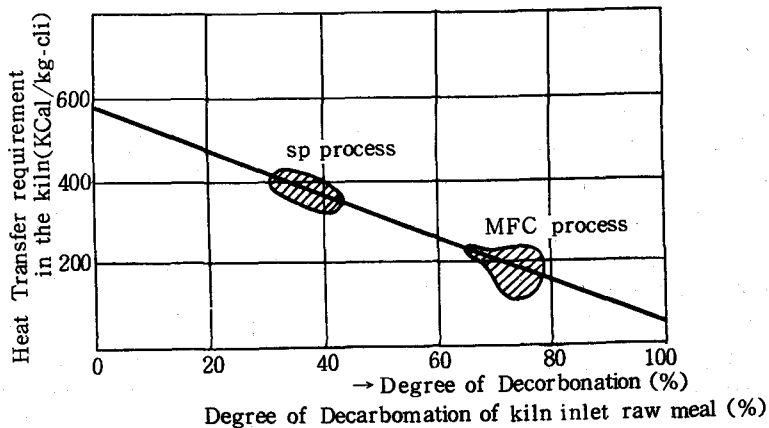
註 i) ()의 %는 하소율임

$$ii) \text{ 하소율 } \varphi = \left(1 - \frac{I(100 - I_f)}{I_f(100 - I)} \right) \times 100$$

∴ I = 각단 Ig-loss

I_f = feed 원료 Ig-loss

② p/h의 decarbonization degree를 검토하여 보면 MFC의 하소율은 48%이었으며 kiln inlet는 68% 이루어졌음을 상기 도표에서 볼 수 있었고 p/h에서 heat of decomposition 관계 SP kiln에서는 200 kcal/kg-cll이었으나 MFC후 400 kcal/kg-cll으로 kiln의 thermal load를 대폭 감소시킬 수 있었으며 kiln의 heat transfer requirement 상태는 다음 장의 표와 같다.



∴ kiln transfer requirement in the kiln

$$\text{註 : MFC 하소효율} = \frac{\text{원료분해열} + \text{원료현열차}}{\text{연료의 연소열} + \text{흡인공기현열}} \times 100$$

4-2 MFC의 운전관계

MFC는 vessel 내부의 流動層 形成에 필요한 1000~1500 mmH₂O의 壓力이 필요하며, MFC의 fuel combustion maximum cap는 3000 × 10³ kcal/h/cm² 정도며 MFC의 연소 공기 중 가능한 2차(cooler)공기 회수를 최대한 하여야 하나 유동층을 형성키 위해 fluidization air(1차)도 어느 한계선까지는 필요하다.

MFC의 연소는 free board 부에서 되며 연소 공기비 0.9~1.2정도가 이상적이고 $\beta F = 1.4 \sim 1.6$ ($= \frac{\text{total oil}}{\text{kiln oil}}$) 유지하는 것이 바람직하다.

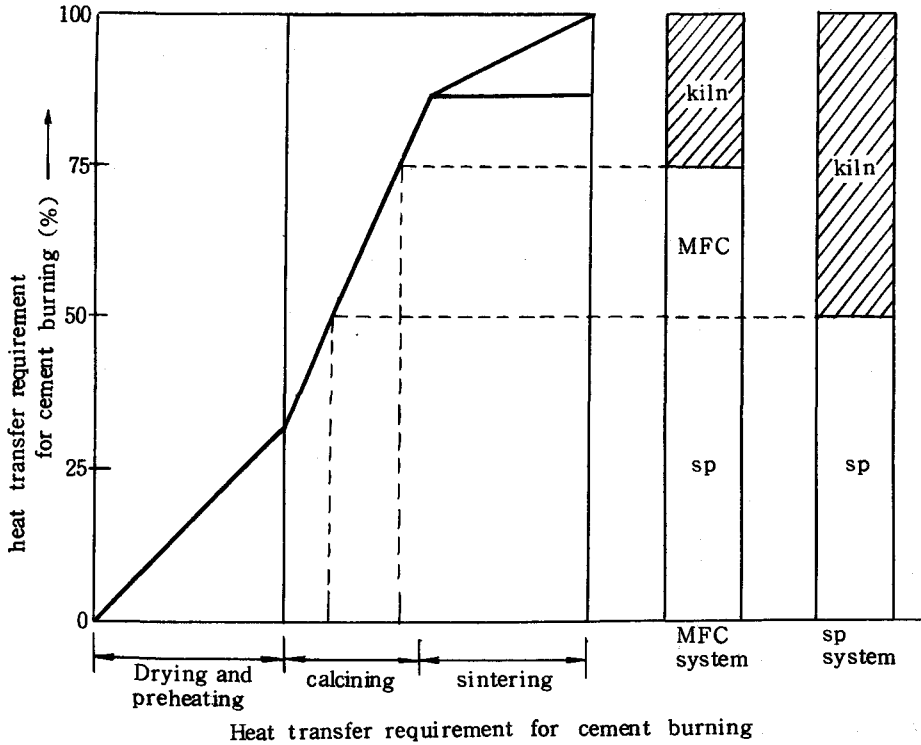
통상 유동층의 유동화 풍속은 uf의 10~40% 정도이지만 MFC에서는 10배 전후 해서 운전이 바람직하고 vessel 원료층의 溫度와 vessel 排氣 溫度는 20~40℃ 차이를 유지하였다.

① MFC 자체의 열수지

入 熱			出 熱		
항 목	kcal/kg-cl	%	항 목	kcal/kg-cl	%
원료의현열	54.3	25.6	원료의현열	47.4	22.3
흡입공기 (2차)현열	11.2	5.3	排 Gas 현열	79.8	37.6
연료의현열	0.8	0.4	원료분해열	84.4	39.7
연료의연소열	146.0	68.7	기 타	0.7	0.4
total	212.3	100	total	212.3	100

② heat transfer requirement for clinker burning

		SP kiln	M F C
에열대	① heating up to decarbonating temp	310(kcal/kg-cl)	310(kcal/kg-cl)
	② decomposition	200(")	400(")
	total	510(")	710(")
kiln	① decomposition	300(")	100(")
	② heating up to sintering temp	180(")	180(")
	③ clinker formation	-100(")	-100(")
	total	380(")	180(")
total		890(")	890(")



5. 結 言

1. N. S. P system 은 여러가지 type 이 있으나 어떠한 type 이 적합하고 유익한 것에 대해서 어필할 수는 없으나, 좀 더 진보적인 면에서 시멘트 기술을 습득하고 관찰하여 NSP system에 대한 충분한 검토와 개발이 요청되고 있다고 사료되며 차후 우리도 좀 더 연구한다면 보다 효율적인 new type 을 충분히 개발할 수 있으리라 생각된다.
2. 본 工程에서 MFC 부착 후 여러가지 문제점도 많았지만 현재 점차적인 개선으로 정상 가동은 하고 있으나 同一 S. P kiln에 MFC 부착 후 생산성은 50% 정도 증가되었고 이에 따라 노동 생산성이 상승되었고 kiln 內 thermal load가 작아 내 화연와 원단위가 하락되었고 kiln 內 원료가 flashing 현상이 적으며 상태 회복이 빠르고 안정된 운전으로 품질적인 면에서 향상되었고 설비 투자액이 적게 드는 이 점을 말할 수 있겠다.