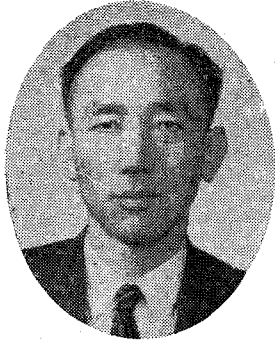


# 增産改修工事 後の



## Lepol Kiln의 Heat balance

韓一세멘트工業株式會社

丹陽工場 工場長

金 鎮 元

### 1. 序

1967年 6月 日本小野田세멘트會社 技術(Know How 에 屬함)指導下에 Lepol Kiln (Double gas pass system)의 增産改修工事を 하였다. 元來의 600 t/D의 生産容量을 主要機械의 代置없이 750 /D로 能力을 向上시켜 約 25% 程度의 增産을

하고 있다. 이 改修工事後 Kiln 의 熱管理上의 缺陷은 찾고져 第2號 Kiln 에 關하여 heat balance 를 算出하여 比較檢討하였다.

本 heat balance 는 JIS R 0303 (1965) “시멘트 工業用 窯爐의 熱 勘定方式”에 依하여 算出했다.

### 2. 測定結果

測 定 期 日	1968年 10月 11日			
外 氣 溫 度	20°C			
Kiln 運 轉 時 間	24 時 間			
Clinker 生 產 量	814 ton/day			
項	目	單 位	測 定 및 計 算 值	
Clinker	生 產 量	t/h	34	
	組 成	SiO <sub>2</sub>	%	22.08
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	5.58
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	3.67
		CaO	%	63.79
		MgO	%	2.46
	石 灰 飽 和 度		90.8	
溫 度	Cooler 入 口	°C	1,220	
	Cooler 出 口	°C	180	
乾 原 料 에 서 發 生 하는 排 氣	水 蒸 氣 量	Nm <sup>3</sup> /kg·Cl.	0.266	
	CO <sub>2</sub> 量	Nm <sup>3</sup> /kg·Cl.	0.269	

原 料	使 用 量		Nm <sup>3</sup> /kg·Cl	1.55	
	水 溫		%	12.5	
	分 度		°C	38	
燃 料	種 類			無 煙 炭	
	組 成	水 分(M)		%	2.1
		揮 發 分(VM)		%	3.5
		灰 分(Ash)		%	23.2
		固 定 炭 素(F.C)		%	70.4
		硫 黃(S)		%	0.8
		高 發 熱 量		Kcal/kg	6,000
		低 發 熱 量		Kcal/kg	5,887
		溫 度		°C	35
		使 用 量		kg/kg·Cl.	0.068
			C—Oil		
			C:86%		
			H:12%		
			10,386		
			9,738		
			120		
			0.052		
燃 燒 用 空 氣	一 次 空 氣	容 量	Nm <sup>3</sup> /kg·Cl.	0.25	
		溫 度	°C	46	
		壓 力	mmAg	510	
	二 次 空 氣	容 量	Nm <sup>3</sup> /kg·Cl.	0.89	
		溫 度	°C	880	
Kiln	容 量		Nm <sup>3</sup> /kg·Cl	1.207	
	溫 度		°C	1,080	
	壓 力		mmAg	-20	
排 gas	組 成	CO <sub>2</sub>	%	20.6	
		O <sub>2</sub>	%	3.4	
		CO	%	0.5	
		N <sub>2</sub>	%	75.5	
	空 氣 比			1.185	
Lepol Preheater 排氣 gas	容 量	溫 度	Nm <sup>3</sup> /kg·Cl	2.615	
		溫 度	°C	92	
		壓 力	mmAq	-4	
	組 成	CO <sub>2</sub>	%	14.8	
O <sub>2</sub>		%	10.2		
CO		%	0.1		
N <sub>2</sub>		%	74.9		
空 氣 比			2.06		
Cooler Stack 排 gas	容 量		Nm <sup>3</sup> /kg·Cl	1.60	
	溫 度		°C	320	

### 3. Heat Balance 計算

(註 1)

$$Q_{a1} = W_{f1} \times H_{l1} = 0.068 \times 5887 = 400 \text{ kcal/kg·Cl.}$$

$W_{f1}$ : Clinker 1kg 當 Coal dust 使用量 (kg/ kg·Cl.)

$H_{l1}$ : Coal dust 的 低發熱量

1) 入熱:  $Q_i$

1.1. 燃料的 燃燒熱:  $Q_a$

i) Coal dust 的 燃燒熱:  $Q_{a1}$

(Kcal/kg·Coal)

ii) C—Oil의 燃燒熱:  $Q_{a2}$

$$Q_{a2} = W_{f2} \times H_{l2} = 0.052(\text{註 2}) \times 9720$$

$$= 505 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$W_{f2}$ : Clinker 1kg 當 C—Oil 使用量  
(kg/kg·Cl)

$H_{l2}$ : C—Oil 低發熱量 (KCal/kg·C—Oil)

$$Q_a = Q_{a1} + Q_{a2} = 905 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

1.2. 燃料의 顯熱:  $Q_b$

i) Coal dust의 顯熱:  $Q_{b1}$

$$Q_{b1} = W_{f1} \times C_{f1} \times (t_{f1} - t)$$

$$= 0.068 \times 0.25 \times (35 - 20)$$

$$= 0.255 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl}$$

$W_{f1}$ : Clinker 1kg 當 燃料使用量  
(kg/kg·Cl)

$C_{f1}$ : 燃料의 比熱 (Kcal/kg°C)

$t_{f1}$ : 燃料의 溫度 (°C)

$t$ : 常溫 (20°C 基準)

ii) C—Oil의 顯熱:  $Q_{b2}$

$$Q_{b2} = W_{f2} \times C_{f2} \times (t_{f2} - t)$$

$$= 0.052 \times 0.45 \times (120 - 20)$$

$$= 2.34 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$$Q_b = Q_{b1} + Q_{b2} = 2.59 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

1.3. 原料의 顯熱:  $Q_c$

i) 乾原料의 顯熱:  $Q_{c1}$

$$Q_{c1} = W_m \times C_m \times (t_m - t)$$

$$= 1.55(\text{註 3}) \times 0.20 \times (38 - 20)$$

$$= 5.58 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{cl.}$$

$W_m$ : Clinker 1kg 當 乾原料 重量

$C_m$ : 原料의 比重

$t_m$ : Lepol grate 入口의 原料 溫度

ii) 原料中の 水分의 顯熱:  $Q_{c2}$

$$Q_{c2} = W_r \times (t_m - t)$$

$$= 1.55 \times 0.125 \times (38 - 20)$$

$$= 3.37 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$W_r$ : Clinker 1kg 當 原料中の 水分量

$$Q_c = Q_{c1} + Q_{c2} = 8.95 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl}$$

$$\doteq 9 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

1.4. 全入熱:  $Q_1$

$$Q_1 = Q_a + Q_b + Q_c \doteq 917 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl}$$

2) 出熱:  $Q_2$

2.1. Clinker의 燒成用熱:  $Q_d$

i) 乾原料를 900°C 까지 加熱하는데 所要되는 熱:  $Q_{e1}$

$$Q_{e1} = W_m \times C_m \times (900 - t)$$

$$= 1.55 \times 0.264 \times (900 - 20)$$

$$= 360 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

ii)  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  및 *Kaolin* 分解에 所要되는 熱:  $Q_{e2}$

$$Q_{e2} = 714(CaO) + 588(MgO) + 564(Al_2O_3)$$

$$= 505 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

iii) 分解된 原料를 900°C 에서 1450°C 까지 加熱하는데 必要한 熱:  $Q_{e3}$

$$Q_{e3} = 0.265 \times 1450 - 0.234 \times 900$$

$$= 173 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

iv) Clinker 生成熱:  $Q_{e4}$

$$Q_{e4} = 100 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

(Nacken의 文獻에 依함)

v) 900°C 에서 分解된  $CO_2$  및 水蒸氣의 顯熱:  $Q_{e5}$

$$Q_{e5} = (V_{CO2} \times C_{CO2} + V_{H2O} \times C_{H2O}) \times 900$$

$$= 187(CaO) + 262(MgO) + 159(Al_2O_3)$$

$$= 187 \left( \frac{64.35}{100} \right) + 262 \left( \frac{2.82}{100} \right) + 159 \left( \frac{5.23}{100} \right)$$

$$= 136 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

vi) 1450°C 에서 Clinker: 保有顯熱:  $Q_{e6}$

$$Q_{e6} = 0.265 \times 1450 = 384 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

(1450°C에서 Clinker의 平均比熱을 0.265 Kcal/kg°C로 했음)

$$Q_d = Q_{e1} + Q_{e2} + Q_{e3} - Q_{e4} - Q_{e5} - Q_{e6}$$

$$= 418 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

2.2. Cooler 入口에서의 Clinker 顯熱:  $Q_f$

$$Q_f = C_{Cl1} \times (t_{Cl1} - t) = 0.253 \times (1220 - 20)$$

$$= 304 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$C_{Cl1}$ : Clinker 比熱

$t_{Cl1}$ : Cooler 入口에서의 Clinker 溫度

2.3. Clinker의 Cooler 出口에서의 持出熱:  $Q_g$

$$Q_g = C_{Cl2} \times (t_{Cl2} - t) = 0.265 \times (180 - 20)$$

$$\doteq 43 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$C_{Cl2}$ : Clinker 比熱

$t_{Cl2}$ : Cooler 出口에서의 Clinker 溫度

2.4. Clinker 冷却用 剩餘空氣의 持出熱:  $Q_h$

$$Q_h = A_3 \times C_A \times (t_A - t)$$

$$= 1.60(\text{註 4}) \times 0.311 \times (320 - 20)$$

$$= 149 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$A_3$ : Clinker 1kg 當 Cooler 에서 排出된  
餘剩空氣의 量 ( $N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Cl.}$ )  
 $C_A$ : 空氣比熱 ( $\text{Kcal}/N_m^3 \cdot ^\circ\text{C}$ )  
 $t_s$ : 餘剩空氣 溫度

2.5. 原料中の 水分蒸發熱:  $Q_i$

$$Q_i = W_r \times r = (1.55 \times \frac{12.5}{100}) (596 - 0.55 \times 20)$$

$$= 113 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$W_r$ : Clinker 1kg 當 原料水分  
 $r$ : 常溫에서 물의 蒸發熱 ( $\text{Kcal}/\text{kg}$ )

2.6 排 gas 의 持出熱:  $Q_j$

i) 原料에서 發生하는 水蒸氣의 顯熱:  $Q_{j1}$

$$Q_{j1} = \frac{22.4}{18} \times (W_r + W_{H_2O}) \times C_{H_2O} \times (t_g - t)$$

$$= \frac{22.4}{18} \times (1.55 \times \frac{12.5}{100} + 0.02) (\text{註 3})$$

$$\times 0.36 \times (92 - 20) = 7 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$W_r$ : Clinker 1 kg 當의 原料中 水分量  
( $\text{kg}/\text{kg} \cdot \text{Cl.}$ )

$W_{H_2O}$ : Kaolin 에서 發生하는 水蒸氣量  
( $\text{kg}$ )

$C_{H_2O}$ : 水蒸氣의 比熱 ( $\text{Kcal}/N_m^3 \cdot ^\circ\text{C}$ )

$t_g$ : 排 gas 溫度 ( $^\circ\text{C}$ )

$t$ : 常溫

ii) 原料에서 發生한  $\text{CO}_2$  의 顯熱:  $Q_{j2}$

$$Q_{j2} = V_{\text{CO}_2} \times C_{\text{CO}_2} \times (t_g - t)$$

$$= 0.269 \times 0.41 \times (92 - 20) = 8 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

但  $V_{\text{CO}_2}$  는 Clinker 分析値中에서  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$   
의 含量으로 다음 式에서 求한다.

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22.4}{56} \times \left( \frac{\text{CaO}}{100} \right) + \frac{22.4}{40} \times \left( \frac{\text{MgO}}{100} \right)$$

$$= 0.40 \times \frac{\text{CaO}}{100} + 0.56 \times \frac{\text{MgO}}{100}$$

$$= 0.40 \times \frac{63.79}{100} + 0.56 \times \frac{2.46}{100}$$

$$= 0.269 \text{ } N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Cl.}$$

$V_{\text{CO}_2}$ : Clinker 1kg 當 原料에서 發生하  
는  $\text{CO}_2$  量 ( $N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Cl.}$ )

$C_{\text{CO}_2}$ :  $\text{CO}_2$  gas 이 比熱 ( $\text{Kcal}/N_m^3 \cdot ^\circ\text{C}$ )

$t_g$ : 排 gas 溫度 ( $^\circ\text{C}$ )

iii) 燃燒 Gas 의 顯熱:  $Q_{j3}$

$$Q_{j3} = [G_O \times C_G + A_O \times (m-1) \times C_A]$$

$$\times W_f \times (t_g - t)$$

$G_O$ : 燃料 1kg 當 理論燃燒 gas 量  
( $N_m^3/\text{kg} \cdot \text{fuel}$ )

$C_G$ : 燃燒 gas 의 比熱 ( $\text{Kcal}/N_m^3 \cdot ^\circ\text{C}$ )

$A_O$ : 燃燒 1kg 當 理論空氣量  
( $N_m^3/\text{kg} \cdot \text{fuel}$ )

$C_A$ : 空氣의 比重 ( $\text{Kcal}/N_m^3 \cdot ^\circ\text{C}$ )

$W_f$ : Clinker 1kg 當 燃料使用量 ( $\text{kg}$ )

$t_g$ : 排 gas 의 溫度 ( $^\circ\text{C}$ )

$t$ : 常溫

a) Coal dust 의 경우

$$G_O = \frac{1.17 \cdot \text{HI}}{1,000} + 0.05 = 6.93 N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Coal}$$

$$A_O = \frac{1.01 \cdot \text{HI}}{1,000} + 0.5 = 6.32 N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Coal}$$

$$Q_{j3a} = [6.93 \times 0.33 + 6.32(2.06 - 1) \cdot 0.311]$$

$$\times 0.068 \times (92 - 20)$$

$$= 21 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

b) C-Oil 의 경우

$$G_O = \frac{1.11 \times \text{HI}}{1,000} + 0.04 = 10.74 N_m^3/\text{kg} \cdot \text{oil}$$

$$A_O = \frac{1.04 \times \text{HI}}{1,000} + 0.02 = 10.14 N_m^3/\text{kg} \cdot \text{oil}$$

$$Q_{j3b} = [10.74 \times 0.33 + 10.14(2.06 - 1) \cdot 0.33]$$

$$\times 0.052(92 - 20)$$

$$= 26 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl}$$

$$Q_{j3} = Q_{j3a} + Q_{j3b} = 47 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$$Q_j = Q_{j1} + Q_{j2} + Q_{j3} = 62 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

2.7. Dust 및 放射其他의 損失熱:  $Q_k$

$$Q_k = Q_1 - (Q_e + Q_g + Q_h + Q_i + Q_j)$$

$$= 917 - (418 + 43 + 149 + 113 + 63)$$

$$= 132 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{cl.}$$

2.8. 全出熱:  $Q_2$

$$Q_2 = Q_e + Q_g + Q_h + Q_i + Q_k = 917 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

3. 循環熱:  $Q_3$

3.1. Primary air 에 依한 回收熱:  $Q_1$

$$Q_1 = A_1 \times C_A \times (t_{A1} - t)$$

$$= 0.25(\text{註 4}) \times 0.311 \times (46 - 20)$$

$$= 2 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$A_1$ : Clinker 1kg 當 豫熱 1次空氣量

( $N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Cl}$ )

3.2. Secondary air 에 의한 回收熱 :  $Q_m$

$$Q_m = A_2 \times C_A \times (t_{A2} - t)$$

$$= 0.89(\text{註 4}) \times 0.331 \times (880 - 20)$$

$$= 253 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

$A_2$ : Clinker 1kg 當 豫熱 2次空氣量  
( $N_m^3/\text{kg} \cdot \text{Cl.}$ )

$t_A$ : air 比重

3.3. 全循還熱

$$Q_3 = Q_1 + Q_m = 2 + 284 = 286 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{Cl.}$$

4. 熱效率 :  $\eta\%$

4.1. 燒成效率  $\eta_p(\%)$

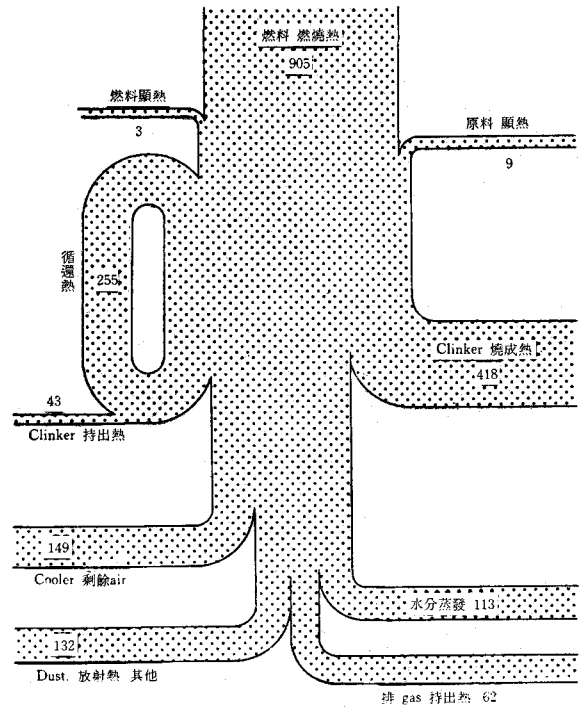
$$\eta_p = \frac{Q_e - Q_c}{Q_a} \times 100 = \frac{418 - 9}{905} = 45.2\%$$

4.2. Kiln 效率  $\eta_k(\%)$

$$\eta_k = \frac{Q_e + Q_i - Q_c}{Q_a} \times 100$$

$$= \frac{418 + 113 - 9}{905} = 57.7\%$$

熱精算 Diagram (單位 : Kcal/kg·Cl.)



第 1 表 Kiln No. 2 的 Heat balance 表

項	目	記 號	熱 量	
			Kcal/kg·Cl.	%
入 熱 $Q_1$	1.1. 燒料의 燃燒熱	$Q_a$	905	98.7
	1.2. 燃料의 顯熱	$Q_b$	3	0.3
	1.3. 原料의 顯熱	$Q_c$	9	10
	計		917	100
出 熱 $Q_2$	2.1. Clinker 의 燒成用熱	$Q_e$	418	45.6
	2.2. Cooler 入口의 Clinker 顯熱	$Q_f$	(304)	
	2.3. Cooler 出口에서 Clinker 持出熱	$Q_g$	43	4.7
	2.4. Clinker 冷却用 餘剩空氣의 持出熱	$Q_h$	149	16.2
	2.5. 原料中の 水分蒸發熱	$Q_i$	113	12.3
	2.6. 排 gas 의 持出熱	$Q_j$	62	6.8
	2.7. Dust 및 放射其他의 損失熱	$Q_k$	132	14.4
	計		917	100
循 還 熱 $Q_3$	3.1. 1次空氣에 의한 回收熱	$Q_l$	2	
	3.2. 2次空氣에 의한 回收熱	$Q_m$	253	
	計		255	
熱 効 率 $\eta$	4.1. 燒成效率 (%)	$\eta_p$		45.2
	4.2. Kiln 效率 (%)	$\eta_k$		57.7

第 2 表 改修工事 前後의 比較

項 目	記 號	改修工事前 1966. 8. (Kcal/kg·Cl)	改修工事後 1968. 10. (Kcal/kg·Cl)	日本小野田セ メント田原工場 1967. 3. 10. (Kcal/kg·Cl)	
入 熱 $Q_1$	1.1. 燃料의 燃燒熱	$Q_a$	891	905	982.2
	1.2. 燃料의 顯熱	$Q_b$	2	3	5.8
	1.3. 原料의 顯熱	$Q_c$	5	9	21.9
	一次空氣의 顯熱				9.1
	Cooler 吹入空氣顯熱				15.6
	Lepol 冷風 leakage 顯熱				18.0
計		898	917	1,052.6	
出 熱 $Q_2$	2.1. Clinker 燒成用熱	$Q_e$	418	418	429.5
	2.2. Cooler 入口의 Clinker 顯熱	$Q_f$	(329)	(304)	
	2.3. Cooler 出口의 Clinker 持出熱	$Q_g$	24	43	25.6
	2.4. Clinker 冷却用 餘剩空氣持出熱	$Q_h$	154	149	133.2
	2.5. 原料中の 水分蒸發熱	$Q_i$	113	113	157.7
	2.6. 排 gas 의 持出熱	$Q_j$	65	62	167.8
	2.7. Dust 放射 其他 損失熱	$Q_k$	124	132	138.8
計		898	917	1,052.6	
循 還 熱 $Q_3$	3.1. 1次 空氣에 依한 回收	$Q_l$	3	2	
	3.2. 2次 空氣에 依한 回收	$Q_m$	252	253	
	計		255	255	
熱 効 率 $\eta$	4.1. 燒成効率 (%)	$\eta_p$	46.5	45.2	
	4.2. Kiln 効率 (%)	$\eta_k$	59	57.7	

第 3 表 日本 小野田セメント田原工場 Heat balance 表

單位 : Kcal/kg·Cl.

項 目	時 日	1月20日 14.00~15.00		3月10日 一直			
		內 譯	計	內 譯	計		
入 熱	燃 料 의 顯 熱		4.3		5.8		
	燃 料 의 燃 燒 熱		1,058.4		982.2		
	1 次 空 氣 의 顯 熱		9.3		9.1		
	原料의 顯熱 { 乾 原 料	12.3	23.4	13.2	21.9		
		水 分				11.1	8.7
	Cooler 吹入 空氣 顯熱		16.4		15.6		
	Lepol 冷風 leak 顯熱		14.4		18.0		
合 計		1,126.2		1,052.6			
出 熱	Clinker 顯 熱		428.5				
	原料의 水分蒸發熱		149.7				
	Mantle 上 Stack 排 熱		5.7				
	餘剩空氣顯熱 { 原料乾燥用	23.0	109.5	24.0	133.2		
		Boiler 用				48.3	53.9
		Cooler stack				38.2	55.3

出	排 gas 持 出 하 는 顯 熱	原料 蒸氣 顯熱	{ 1 號 fan	3.7	14.3	4.4	14.8
			{ 2 號 fan	10.6		10.4	
		原料 CO <sub>2</sub> 顯熱	{ 1 號 fan	3.0	11.6	3.6	11.8
			{ 2 號 fan	8.6		8.2	
		燃燒 gas 顯熱	{ 1 號 fan	10.3	38.4	13.1	45.9
	{ 2 號 fan	28.1	32.8				
熱	Cooler 出口 Clinker 顯熱 Dust 持出 顯熱 Kiln Shell 放射 顯熱 Lepol Shell 放射 顯熱 其他 不明 損失 顯熱 合 計		{ 1 號 fan	26.9	102.5	28.2	95.3
			{ 2 號 fan	75.6		67.1	
					(166.8)		(167.8)
						22.5	25.6
						7.9	7.1
				61.3	55.2		
				6.3	5.7		
				168.0	70.8		
				1,126.2	1,052.6		

#### 4. 改修工前後의 比較檢計

위의 第2表는 當工場 Kiln의 Clinker 增産改修工事前後의 Kiln과 當工場과 같은 改修工事を 하여 運轉하고 있는 日本 小野田세멘트田原工場의 Kiln의 熱精算 結果를 比較한 것이다.

1. 當工場의 Kiln 全體熱 消費量은 田原工場의 1052 Kcal/kg·Cl 보다는 적지만 改修工事前보다 19 Kcal/kg·Cl. (約 2.2%) 增加하였다.

2. Cooler 冷却用空氣(餘剩)에 依한 熱損失이 多少 減少된 反面 Cooler 出口에서의 clinker에 依한 熱損失이 24 Kcal/kg·Cl. 에서 43Kcal/kg·Cl로 約 2倍가까이 增加되었다. 이는 Cooler의 冷却效率의 低下를 意味한다. 其中 一部 原因으로 是 Clinker의 增産에도 있다.

3. Cooler의 冷却效率의 向上과 Cooler Waste air의 利用은 熱管理面에서 大端히 重要하다고 본다.

4. 排 gas에 依한 熱損失은 前보다 約 3Kcal/kg·Cl 減少되었다. 이는 排 gas의 溫度의 低下에 基因된다.

5. dust에 依한 熱損失이 增加된 것은 dust의 發散量이 從前보다 많아졌다.

#### 5. 結 論

熱精算表에서와 如히 Clinker 增産改修工事後에는 工事前보다 生産量이 增加된 反面 消費 熱量이 多少 더 든다는 것은 既知의 事實이다. 爲先 이러한 過消費 熱量의 補充策의 한가지로서 Waste heat의 有効適切한 利用이 模索되어야 한다. 이 改修工事的 根元地이며 Pilot Plant 格으로 되어있는 日本 工場에서도 亦是 熱管理面의 徹底를 期하고져 널리 利用되고 있다.

##### 註 1. Coal dust의 低發熱量計算 (H<sub>1</sub>)

高發熱量: 6,000 Kcal/kg·coal

Coal dust의 工業分析

水分 (M): 2.1%

揮發分 (VM): 4.3%

灰分 (Ash): 23.2%

固定炭素 (FC): 70.4%

硫黃 (S): 0.9%

Diederichs 法에 依한 成分計算

可燃性物質 = VM + FC = 4.3 + 70.4 = 74.7%

$$V_c = \frac{VM}{VM + FC} \times 100 = \frac{4.3}{4.3 + 70.4} = 5.7\%$$

$$H_c = V_c \left( \frac{7.35}{V_c + 10} - 0.013 \right)$$

$$= 5.7 \left( \frac{7.35}{5.7 + 10} - 0.013 \right) = 2.5$$

V<sub>c</sub>: 可燃性 物質中의 VM%

H<sub>c</sub>: " " H<sub>2</sub>%

$$\therefore H = H_c \times 0.747 = 2.5 \times 0.747 = 1.86\%$$

$$\begin{aligned} \therefore HI_1 &= HI_1 - 6(9H + M) = 6,000 - 113 \\ &= 5,887 \text{Kcal/kg} \cdot \text{Coal} \end{aligned}$$

註 2. C-Oil 의 低發熱量 ( $HI_2$ )

重油의 元素分析을 하지 않았을 때는  $C=86\%$   
 $H=12\%$  로 함. (JIS R 0303 付屬書1에 依함)

$$\begin{aligned} HI_2 &= H_{h_2} - 6(9H + M) \\ &= 10,386 - 6(9 \times 12) = 9,738 \text{Kcal/kg} \cdot \text{Cl.} \end{aligned}$$

註 3. Clinker 1kg 當 乾原料 所要量 ( $W_m$ ) 計算

a) Clinker 中  $Al_2O_3$  가 Kaolin 에서 緣由된다고 하면 여기서 發生하는 水蒸氣의 量은

$$\begin{aligned} W_{H_2O} &= 0.353 \times \frac{Al_2O_3}{100} = 0.353 \times \frac{5.58}{100} \\ &= 0.02 \text{kg/kg} \cdot \text{Cl.} \end{aligned}$$

b) Clinker 中の  $CaO$ ,  $MgO$  가  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  에  
서 緣由된다고 하면 여기서 發生하는  $CO_2$  量은

$$\begin{aligned} W_{CO_2} &= 0.786 \times \frac{CaO}{100} + 1.10 \times \left( \frac{MgO}{100} \right) \\ &= 0.786 \times \left( \frac{63.79}{100} \right) + 1.10 \times \left( \frac{2.46}{100} \right) \\ &= 0.532 \text{kg/kg} \cdot \text{Cl.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } W_m &= 1 + W_{H_2O} + W_{CO_2} = 1 + 0.02 + 0.532 \\ &= 1.55 \text{kg/kg} \cdot \text{cl} \end{aligned}$$

註 4. Cooler 에서의 餘剩空氣 計算 ( $A_3$ )

a) Cooler 에 供給되는 全冷却空氣量 ( $V_a$ )

① Cooler fan I 의 空氣量測定 ( $V_{a1}$ )

$$\begin{cases} P_v = 46 \text{mmAg} \\ P_s = 118 \text{mmAg} \end{cases}$$

$$\text{斷面積 : } S = (1.05 \times 0.85) \text{m}^2$$

$$v_1 = C \sqrt{2gh/r} = 0.80 \sqrt{\frac{19.6 \times 46}{1.23}}$$

$$= 21.7 \text{m/sec.}$$

$$V_a = 1.05 \times 0.85 \times 21.7 = 19.7 \text{m}^3/\text{sec} (15^\circ \text{C})$$

$$= 18.4 \text{Nm}^3/\text{sec}$$

② Cooler fan II 의 空氣量測定 ( $V_{a2}$ )

$$\begin{cases} P_v = 100 \text{mmAg} \\ P_s = 150 \text{mmAg} \end{cases}$$

$$\text{斷面積 : } S = 0.1 \text{m}^2$$

$$v_2 = 31.6 \text{m/sec}$$

$$V_{a2} = 0.1 \text{m}^2 \times 31.6 \text{m/S} = 3.16 \text{m}^3/\text{S}$$

$$\approx 3 \text{Nm}^3/\text{sec.}$$

