

燒成工程管理演習 (Ⅱ)

雙龍洋灰工業株式會社

東海工場生産課

課長 朴 炳 哲

2. 溫度測定

시멘트 工場에서의 溫度測定대상은

1. 가스의 온도측정
2. 物質 온도측정 (Raw Meal dust Clincer etc.)

3. 表面의 온도측정

의 3가지로 大別할 수 있다.

한편 이 溫度測定에 對해서는 各國規格에도 명시되어 있지만 그 測定기구는 측정기구 自體가 열을 방산하거나 흡수하지 않아야 하는 點에 유의해야 한다.

그외에도 精確한 측정을 위한 필수조건을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 측정 物質과 측정기구간에 열교환이 잘 되어야 한다.
- ② 反面 측정 物質外 他物體와는 열교환이 없어야 한다.
- ③ 측정기구 설치로 인하여 측정 物質의 흐름이 변하지 않아야 한다.
- ④ 측정기구의 철저한 보호와 관리
- ⑤ 설치시간 혹은 측정시간이 가급적 짧은 것이 좋다.
- ⑥ 측정點 주변의 닥트 외벽이 保溫되어 있어 열방산이 적을 것.
- ⑦ 온도계 삽입時 석면 등을 이용 파킹을 충분히 할 것.
- ⑧ 온도계는 物質 흐름 方向에 수직이나 15° 경사지게 삽입할 것 등이다.

온도계를 物質 흐름 方向에 경사지게 삽입 측정하는것이 좋다. 이유는 측정 物質이 온도계의 보호외관(protecting tube)을 길이 方向으로 스

쳐 지나갈뿐아니라 온도에 가장 예민한 부분과 먼저 접촉할 수 있기 때문이다.

또 온도계는 可能한 한 측정할 物質의 흐름 속으로 깊이 넣어야 하며 보호외관(protecting tube)의 두께는 비교적 얇도록 제작하고 또한 열전도율이 적은 材料를 씌어 좋다.

온도계의 설치장소 선정에 있어서도 측정기체가 전혀 스쳐지나가지 않는 구석진 부분(dead corner)을 피하도록 유의 해야한다.

측정할 部分에서 기체가 充分히 混合(Mixing)이 되지 않을 경우의 平均溫度를 구하려면 특별한 측정과정을 강구해야 한다.

측정할 동안 복사열에 의한 測定誤差가 發生할 가능성이 많다. “예”를 들면 콜라에서의 二次공기 온도 측정용 장치에서는 적열 크링카로 부터 오는 복사열의 영향을 받지 않도록 하게 하기 위하여 덮어 씌우는 등의 특별고려를 하기도 한다.

이상 살펴본 온도계의 설치장소의 선정 등에 손색이 없다 할지라도 온도계 自體의 성질 즉 온도필라(Feeler)나 보호 외관의 材質, 형상과 치수, 측정 物質의 속도 등의 영향으로 측정 오차가 수반될 수 있다는 점에 유의해야 한다.

경우에 따라서 온도계를 2~3個로 동시 측정, 상호 補正, 誤差如否를 대조 조사하기도 한다.

온도계 自體로부터 오는 誤差를 고려한것의 하나로써 석순형 써모엘레먼트(Suction Thermoclement)를 들 수 있는데 이는 압축공기를 利用 측정기체의 流速을 높여주고 있다.

측정時間이 짧아야 할 경우 또 온도와 壓力이 낮으면 유리 온도계를 사용해도 좋다.

필라멘트(Filament)가 노출되어 있지 않은 온도계의 경우 補正式은 다음과 같다.

$$t_w = t_a + n \cdot r (t_a - t_f)$$

t_w = 補正한 실지溫度

t_a = 測定溫度

n = 노출된 필라멘트의 길이

γ = 필라멘트의 誤差계수

수은 : $\gamma = 1/6300$

알콜, 톨루엔 : $\gamma = 1/800$

저항 온도계나 써모엘레멘트(Thermoclement)로 측정할 경우 補正式은 다음과 같다.

$$t_w = t_a + (z_v - t_b)$$

t_w = 補正한 실지溫度

t_a = 측정온도(계기의 Ampere 로 환산한 溫度)

t_b = 기준온도(Vergleichssteltemperatur)

t_b = 주위온도(Bezugstelle temperatur)

$t_b = 0$

$$t_w = t_a + t_b$$

PtRh-Pt 나 Fe-Const 의 경우 전압의 補正은 다음과 같이 한다.

$$E_o = E + OE = E + k \cdot t_v$$

《表 2-1》 各 써모카플의 온도-전압

端子	Fe	NiCr	PtRh
- 端子	Fe	NiCr	PtRh
+ 端子	Konst	Ni	Pt
溫度	電壓 (Thermopannung in mV)		
-200	-8.15 ± 0.5		
-100	-4.60 ± 0.4		
0	0	0	0
100	5.37 ± 0.4	4.40 ± 0.3	0.64 ± 0.05
200	10.95 ± 0.4	3.14 ± 0.3	1.44 ± 0.05
300	16.55 ± 0.4	12.24 ± 0.3	2.32 ± 0.05
400	22.15 ± 0.4	16.38 ± 0.3	3.26 ± 0.05
500	27.84 ± 0.4	20.64 ± 0.3	4.22 ± 0.05
600	33.66 ± 0.4	29.94 ± 0.4	5.23 ± 0.05
700	39.72 ± 0.8	29.15 ± 0.4	6.27 ± 0.05
800	46.23 ± 0.8	33.27 ± 0.4	7.34 ± 0.05
900	53.15 ± 0.8	37.32 ± 0.4	8.45 ± 0.05
1000		41.32 ± 0.4	9.60 ± 0.05
1100		45.22 ± 0.6	10.77 ± 0.05
1200		49.02 ± 0.6	11.97 ± 0.05
1300			13.17 ± 0.05
1400			14.38 ± 0.05
1500			15.58 ± 0.05
1600			16.76 ± 0.05

$E = 0^\circ C$ 測定電壓

$E_o =$ 실제(眞) 전압

$k = t_v$ 와 $t_b(0^\circ C)$ 사이에서 溫度 $1^\circ C$ 當 電壓 변화

(예) Fe-Const.

$$E = 22.15n.$$

$$t_v = 25^\circ C$$

$$k = 0.0537 \text{ 일때}$$

$$E_o = 22.15 + 0.0537 \times 25 = 23.49$$

表 2-1 에서

$$t_w = 424^\circ C$$

현장에서의 應用

流量 측정, 含塵量測定 및 온도 측정용 파넬 計器 補正時 精確한 온도 측정이 필요하다.

크링카 溫度測定

그림 2-1 에서 보는 바와 같이 써모박스(Thermo-box)와 저항 온도계(310 B px 550 DIN 43769)로 크링카 온도를 측정한다. (독일의 예) 크링카로 이 써모박스를 채웠을 때 박스 自體가 거의 크링카 온도에 도달하면 크링카를 비운後 다시 측정할 크링카로 채워서 온도를 측정한다.

크링카를 채워 30~60 分 지나면 크링카의 온도가 평형에 도달하여 다음 最高溫度에 도달한다. 실제로는 온도계에 기록계를 연결 연속기록

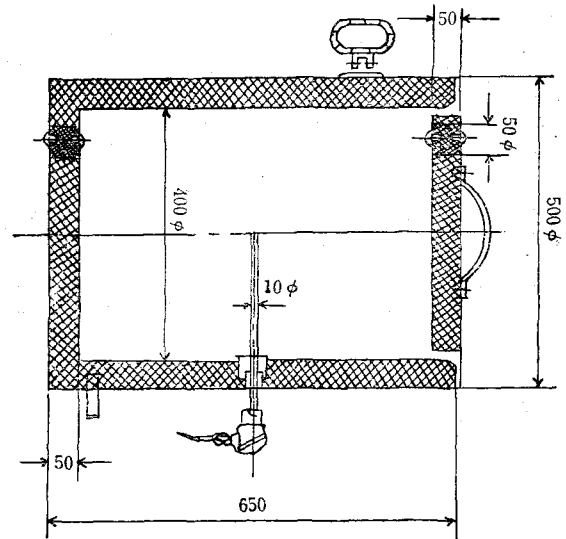


그림 2-1 크링카 온도 측정용기

하면 최고點을 발견하기 쉽다.

이 方法에 依한 測定誤差는 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 이다. 크링카의 열용량(Sensible heat)은 다음과 같다.

$$Q_{\text{f\u00fchlb}} = G \cdot Lpm(t - 20) \text{ Kcal/Lg-cli}$$

G : 크링카의 量(kg/kg-cl)

C_{pn} : 크링카의 平均 比熱

t : 크링카의 測定 溫度

(예) 크링카 클라 出口에서의 크링카온도 152°C 크링카의 平均비열 $0.193 \text{ Kcal/Lg}^{\circ}\text{C}$ 일 때

$$Q_{\text{f\u00fchlb}} = 1 \times 0.193(152 - 20) = -25.5 \text{ Kcal/Lg-cl}$$

복사 및 전도에 依한 열손실 측정계산은 다음과 같다.

[用語說明]

C_s = 검은 색 物體의 복사계수 $4.96 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{K}^4$

C = 灰色物體의 " = $\epsilon \cdot C_s \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{K}^4$

ϵ = Emission number (그림)

α = 열전달 계수(복사 및 전도) $\text{kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

α_s = 복사에 依한 열전달계수 "

α_{kf} = 전도 " " (free) "

α_{kw} = " " " (강제 전달)

T_o = 物體의 表面溫度 $^{\circ}\text{K}$

Q_o = 物體의 表面溫度 $^{\circ}\text{C}$

T_a = 주위 平均 溫度 $^{\circ}\text{K}$

Q_a = 주의 平均 溫度 $^{\circ}\text{C}$

T_m = 物體와 주위 온도의 平均值 $^{\circ}\text{K}$
 $= 1/2(T_o + T_a)$

W = 강제 열전도의 경우 바람의 속도 m/Sec

d_a = 키른 外徑 m

F₁, F₂ = 表面積 m²

G_{hi} = 크링카-생산량 kg/b

Q_{s+h} = 열손실량 kcal/kg-cl

$$\alpha_s = C \times \frac{\left(\frac{T_o}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_a}{100}\right)^4}{Q_o - Q_a} \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

열전달계수가 다른 여러個의 物體의 경우

$$C_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \varphi\left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}\right)} \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}^4$$

$$\varphi = \frac{F_1}{F_2}$$

키른이나 쿨라가 나란히 설치 되어 있어 상호 영향을 받을 때

$$C_{1,2} = \frac{C_1 \times C_2}{C_s} \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}^4$$

$$\alpha_{kf} = 80.33 \cdot T_m^{-0.724} (Q_o - Q_a)^{-0.333} \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_{kw} = 28.03 \cdot T_m^{-0.351} \cdot W^{0.805} d_a^{-0.195} \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

총열손실량

$$Q_{s+h} = \frac{1}{G_{ke}} [F_1 \times \alpha_1 (Q_{o1} - O_{a1}) + F_2 \alpha_2 (Q_{o2} - Q_{a2})] + [\dots\dots\dots \text{Kcal/kg-cl}]$$

3. 流量 測定

1. 푸란트관(promt-rohr)에 依한 流量 測定

(1) 개 요

새로운 푸란트의 설계 및 계획(project) 성능보장시험 및 공장인수인계시험時에는 이 流量測定은 반드시 실시하게 된다. 대개의 경우 측정대상은 주로 다음과 같다.

- ① 키른 및 건조기(분쇄기 포함)의 排 가스
- ② 키른의 一次공기 ③ 쿨라의 냉각공기
- ④ 쿨라의 순환공기 ⑤ 쿨라의 排 가스

測定포인트의 선정에 대해서는 規格에도 명시되어 있지만 다음과 같다.

「흐르고 있는 기체의 流量測定時 그 測定포인트는 同一場所에서의 流速이 時間에 따라 변하지 않는 라미네이트 푸로우(Lamination flow, quasi-stationär strum)中에서 선정해야 한다.

이는 닥트內 平行으로 移動하는 흐름으로서 닥트의 中央이 流速이 가장 빠른 點이다. 그러나, 터뷰란트 프로우 中에서도 測定이 不可能한 것은 아니다.」

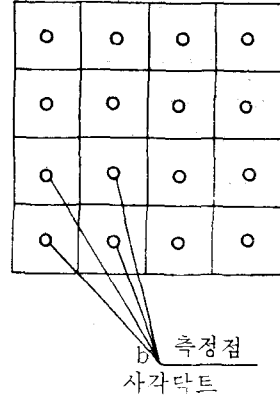
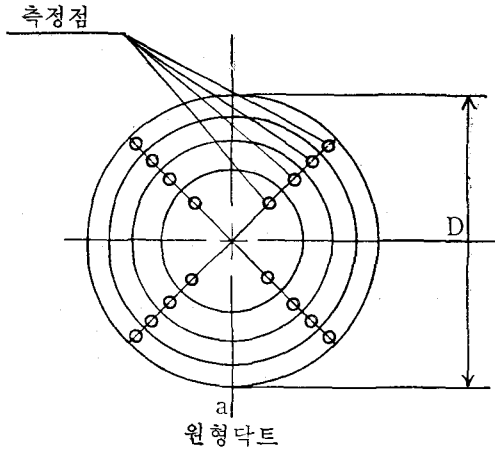
測定할 部分 닥트는 적어도 닥트직경의 3倍以上의 길이가 직선을 이루고 있어야 한다. 即 曲部, 담파, 연결部 샘플링 파이프 등이 가까이 없어야 한다.

그렇지 않을 경우 흐름의 변동이 심하게 되어 測定誤差가 크게 된다.

測定포인트에서의 流速은 最低 3m/sec 이라야 하고 닥트가 원형(圓形)일 경우 2個의 測定軸을 四角닥트의 경우 數個의 測定軸을 擇하여 測定포인트를 그림 2-2에서 보는 바와 같이 선정한다.

(2) 測定方法

그림 2-2, 表 2-2로서 測定點을 結定한다. 다음 測定用 도관을 넣기전에 壓力(+,-)으로 마노미터(Monometer)의 액이 넘치거나 빨려들어



《그림 2-2》 단트形에 따른 측정축과 측정점

《표 2-2》 圓形단트의 측정점의 위치

	10 點	8 點
1	0.025. D	0.035. D
2	0.080. D	0.105. D
3	0.145. D	0.200. D
4	0.255. D	0.325. D
5	0.340. D	0.675. D
6	0.660. D	0.800. D
7	0.775. D	0.895. D
8	0.855. D	0.965. D
9	0.920. D	
10	0.975. D	

D=측정點에서의 단트 직경

1) Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 18 (1955), S. 35

가지 않도록 사전 檢査해야한다.

푸란트관을 단트에 넣을때 測定가스가 푸란트관 頭部를 스쳐 平行으로 通過하게 하거나 150° 경사되게 주의 해야한다. 이때 測定點에서의 測定壓力(staudrack)는 2回 읽어 記錄한다. 이와 同時에 기체의 온도와 靜壓(U-manometer에 依함)도 測定記錄 해준다.

그외에도 대기압(b)도 計算記錄한다. 上記 기체의 온도, 壓力, 대기압은 流量計算을 위하여 比重, 水分과 함께 必要하다.

測定誤差

測定誤差에 영향을 주는 要因은 다음과 같다.

- ① 담파, 샘플링파이프, 曲部, 連結部, 가가이 測定포인트를 擇하는 것
- ② 기체의 흐르는 方向(軸)과 푸란트관의 方

向이 부적당한 경우

- ③ 먼지로 測定口가 막힐 때
- ④ 프란트관의 連結호스 連結不良

(3) 計算

푸란트관에 依한 諸測定値와 流速間에는 다음과 같은 關係式이 成立한다.

$$V = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_c} (P_1 - P_2)}$$

$$= 4.43 \times \sqrt{4p_c} \sqrt{\frac{1}{\gamma_c}} \text{ m/sec}$$

$$\gamma_c = \rho_{of} \times \frac{273.2}{760} \times \frac{P_c}{T_c} \text{ kg/m}^3$$

上記式으로 부터 流量(m³/h)은,

$$V_c = v \cdot F \times 3,600 \text{ m}^3/\text{hr}$$

위式에 v, γ_c를 代入하면

$$V_c = 26.601^3 \times F \cdot \sqrt{\frac{p_c \cdot T_c}{\rho_{of} \cdot P_c}}$$

표준상태의 유량 V₀은;

$$V_0 = V_c \times \frac{273.2}{760} \times \frac{P_c}{T_c}$$

$$= 0.3595 \times V_c \times \frac{P_c}{T_c} \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

온도에 따른 유량과 比重의 환산式은 다음과 같다.

$$V_1 = V_2 \times \frac{T_1}{T_2} \times \frac{P_2}{P_1}$$

$$\gamma_1 = \gamma_2 \times \frac{T_2}{T_1} \times \frac{P_1}{P_2}$$

v; 測定點에서의 流速 m/sec

Δp_c=푸란트管에 依한 測定壓力 mm H₂O
(Total press-static press)

g; 重力加速度=9.81

γ_G : 가스의 比重(wet) kg/m^3
 γ_{of} : 가스의 比重(wet) 0°C 760 mm Hg 상태
 kg/Nm^3

T_G : 절대온도

P_G : 가스의 절대 壓力 mm Hg = $6 \pm$ 정압.

F: 닥트의 단면적 m^2

“예” wet kiln 클라배기에서

원형닥트 $D=0.42\text{m}$, $F=0.1385\text{m}^2$

온도 = $220^\circ\text{C}=493.2^\circ\text{K}$

대기압 = $6=754\text{mm Hg}$

정압 = $P_{st} = -35\text{mm H}_2\text{O} = -2.6\text{mm Hg}$

절대압 = $P_G = 754 - 2.6 = 751.4\text{mm Hg}$

測定壓力의 $(P_1 - P_2)$ 평방근 $\sqrt{P_G} = 1.97$

클라배기의 $\gamma_{of} = \gamma_{ot}\gamma$ (공기) = 1.293 kg/Nm^3

$\gamma_G = 1.293 \times \frac{273.2}{760} \times \frac{751.4}{493.2} = 0.7082 \text{ kg/m}^3$

이로부터 流速을 計算하면

$$v = 4.43 \times 1.97 \times \sqrt{\frac{1}{0.7082}} = 10.37 \text{ m/sec}$$

$$V_G = 10.37 \times 0.1385 \times 3600 = 5,171 \text{ m}^3/\text{hr}$$

표준상태에서의 流量

$$V_o = 0.3595 \times 5171 \times \frac{751.4}{493.2} = 2,832 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

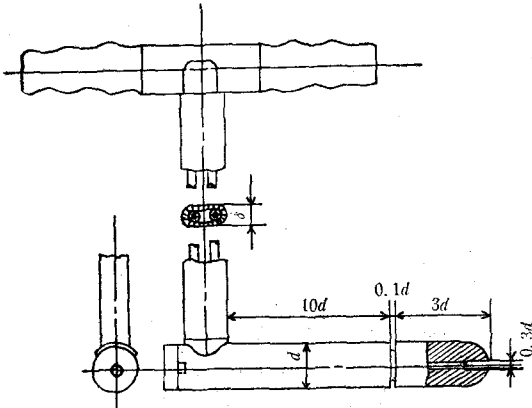
2. 표준오래피스에 의한 流量測定

측정포인트의 선정 및 측정過程은 푸란트관에 의한 流量測定方法과 같다.

단지 이 표준 오래피스로에서 壓力差(높은 쪽 壓力 P_1 과 낮은 쪽 壓力 P_2 의 差)를 읽어 記錄하면 된다.

[流量計算式]

오래피스에서의 높은 壓力(P_1) 과 낮은 壓力(P_2)



<그림 2-3> 프란트 관

으로 다음과 같이 求한다.

$$V_B = k \times \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma_B}} = k \times \sqrt{\frac{\Delta p_B}{\gamma_B}} \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$K = \frac{a, d^2, \epsilon}{0.798}$$

$$\gamma_B = \gamma_{of} \times 0.3595 \times \frac{P_B}{T_B}$$

표준상태에서의 유량 V_{Bo} 는

$$V_{Bo} = V_B \times 0.3595 \times \frac{P_B}{T_B} \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

V_B = 유량 m^3/hr

V_{Bo} = 표준상태에서의 유량 Nm^3/hr

K = 오래피스 특성계수

a = 오래피스 $(d/D)^2$ 에 따른 특성 변수 (maker 에서 제시)

ϵ = 오래피스의 $(d/D)^2$, 대기압 및 ΔP_B 에 따른 변수 (maker 에서 제시)

ΔP_B = 오래피스의 壓力강하 (差)

P_B = 절대壓力 $b \pm \text{pst} (P_1)$

T_B = 절대온도 ok

γ_B = 가스의 비중 (kg/m^3)

γ_{of} = 표준상태에서의 비중 kg/Nm^3

(예) $K=1.35$

$\Delta P_B = 81 \text{ mm H}_2\text{O}$

$T_B = 368.2^\circ\text{K}$

$b = 750 \text{ mm Hg}$

$P_1 = -25 \text{ mm Hg}$

$P_B = 725 \text{ mm Hg}$

$\gamma_{of} = 1.22 \text{ kg/Nm}^3$ 일때

$$\gamma_B = 1.22 \times 0.3595 \times \frac{725}{368.2} = 0.8636 \text{ kg/m}^3$$

$$V_B = 1.35 \times \sqrt{\frac{81}{0.8636}} = 13.07 \approx 13.1 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$V_{Bo} = 13.07 \times 0.3595 \times \frac{725}{368.2}$$

$$= 9.26 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

[측정오차]

측정오차에 영향을 주는 요인은 다음과 같다.

- ① 설치 不良 (Tight 여부)
- ② 부식이나 오염에 의한 팍킹 不良 혹은 이탈
- ③ 응축水の 영향

3. 理論 排가스량의 계산

현장에서 실제 적당한 측정포인트 선정이 곤란하거나 측정중 유량이 변하는 경우가 많음으로 측정하지 않고도 이론적으로 원료, 연료, 크링카

의량 및 가스의 組成分析으로 부터 排가스량을 계산하는 方法을 많이 이용되고 있는 실정이다.

한편 이 方法은 실제 공정관리나 그 應用에서 볼때 간단한 측정이나 分析值로 부터 빨리 그 결과를 얻을 수 있는 利點이 있다.

[用語 설명]

K=연료소모량 kg/kg-cli

Hu_{verb}=低位發熱量 Kcal/kg-fuel

A_{verb}=석탄의 灰分含量 %

H₂O_{verb}=연료의 부착水分 % (free water content)

CO_{2R}=조합원료의 CO₂ 含量 %

(CaCO₃+MgCO₃)_R=조합원료의 (CaCO₃+MgCO₃) %

g_R=조합원료의 강열감량 %

g_{kl}=크링카의 강열감량 %

d=공급원료의 부착水分含量 %

d'=조합원료의 결정水分含量 %

$$d' = g_R - CO_{2R} - C_R$$

C_R: 조합원료 中の 유리炭素

$$d' = 1.33\%$$

g_{st}=다스트 (s)의 강열감량 %

CO₂, O₂, CO, N₂=오르사이트分析의 各가스 조성 %

n=空氣比

R=크링카 1kg 生産에 所要되는 원료량 kg/kg-cli (다스트 손실량 포함)

$$R = \frac{1}{100 - g_R} \left[100 - g_{kl} + \frac{S(100 - g_{st})}{100} - \frac{A_{verb} K}{100} \right]$$

s=다스트 손실량

(clean gas dust+키른에 직접 공급되지 않는 다스트)

R'=다스트손량을 제외한 소요일료량 kg/lg-cli (크링카로 變하는 원료량)

$$R' = R - s$$

위의 諸 데이터로부터 流量을 다음과 같이 구한다.

a) 공급원료로부터 오는 가스량

1. 원료로부터 오는 CO₂ 量

$$V_{CO_{2R}} = \frac{CO_{2R} \times R'}{197.7} \text{ Nm}^3/\text{kg-cli}$$

$$V_{CO_{2R}} = 0.226 \frac{(CaCO_3 + MgCO_3)_R}{100} \times R'$$

Nm³/kg-cli

손실다스트량이 2% 以上이고 다스트가 一部 脫炭酸되었을 때는

$$V_{CO_{2R}} = \frac{CO_{2R} \times R'}{197.7} \times \frac{0.786 \times C_aO_{st} - CO_{2st}}{197.7} \times \frac{s}{100} \text{ Nm}^3/\text{kg-cli}$$

2. 부착水分의 量

$$V_{H_2O_R} = \frac{d \cdot R}{(100 - d) (0.804)} \text{ Nm}^3/\text{kg-cli}$$

순환 다스트가 다시 水分을 흡수한다고 할 때

$$V_{H_2O_R} = \frac{d \cdot (R + S_{umi})}{(100 - d) (0.804)} \text{ Nm}^3/\text{kg-cli}$$

S_{umi}=순환다스트의 量

3. 결정水分 量

$$V_{H_2O_{dr}} = \frac{d' \times R}{80.4} \text{ Nm}^3/\text{kg-cli}$$

b) 燃料로 부터 오는 가스量

V_{Br}=연료로 부터 오는 가스량(과잉 공기 포함) Nm³/kg-fuel

V_{min}=연소가스량 Nm³/kg-fuel

L_{min}=연소에 필요한 이론 공기량 Nm³/kg-fuel

1. 石炭의 경우 V_{Br}

$$V_{Br} = K[V_{min} + (n-1) L_{min}] \text{ Nm}^3/\text{kg-cli}$$

$$V_{min} = 1.375 + 0.95 \times \frac{Hu}{1000} \text{ Nm}^3/\text{kg-fuel}$$

$$L_{min} = 0.5 + 1.012 \frac{H}{1000} \quad "$$

1. 灰分 10% 以上の 경우

$$V_{Br} = K \left(1 - \frac{A}{100} \right) \left[1.375 + \frac{0.95 \times Hu}{(100 - A) \times 10} + (n-1) \left(0.5 + \frac{1.012 Hu}{(100 - A) 10} \right) \right]$$

2. 重油의 경우

$$V_{Br} = K \left[1.11 \times \frac{Hu}{1000} + (n-1) (1.7 + 0.88) \times \frac{Hu}{1000} \right]$$

c) 키른에서의 臭 기체량

$$V_{theo} = V_{CO_{2R}} + V_{H_2O_R} + V_{H_2O_{dr}} + V_{Br} \text{ Nm}^3/\text{lg-cli}$$

[계산예] (a-c)

$$(CaCO_3 + MgCO_3)_R = 77.3\% \quad g_R = 36\% \quad d = 38.3\%$$

$$d' = 1.3\% \text{ (가정)}$$

$$g_{kl} = 1.27\% \text{ Clean gas dust } s = 0.8\%$$

$$g_{st} = 32.1\%$$

$$H_u = 6100 \text{ Kcal/kg cli } K = 0.206 \text{ kg/kg-cl}$$

$$A = 15.2\% \quad H_2\text{Overb} = 4.5\%$$

$$n = 1.45$$

계산

$$R = \frac{1}{100 - 36} \left[100 - 1.27 + \frac{0.8(100 - 32.1)}{100} - \frac{15.2 \times 0.206}{100} \right] = 1.551 \text{ kg/kg-cl}$$

$$R' = 1.551 - 0.008 = 1.543 \text{ kg/kg-cl}$$

$$V_{CO_2 R} = 0.226 \times \frac{77.3}{100} \times 1.543 = 0.2655 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

$$V_{H_2O R} = \frac{38.3 \times 1.551}{(100 - 38.3)(0.804)} = 1.1975 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

$$V_{Hydr} = \frac{1.3 \times 1.551}{80.4} = 0.0251 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

$$V_{Br} = 0.206 \left(1 - \frac{15.2}{100} \right) \left[1.375 + \frac{0.95 \times 6100}{(100 - 15.2) \times 10} + 0.45(0.5) + \frac{1.012 \times 6100}{(100 - 15.2) \times 10} \right] = 2.046 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

$$D_{Ehco} = 0.2655 + 1.1975 + 0.0251 + 2.046 = 3.534 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

3. 배가스량으로부터 노점계산

前回에서 설명한 1. 5. 2. (기체비중과 노점계산)에 의하면 포화 상태에서의 수분량

$$w = f_{Er} \cdot 804 \text{ gr/Nm}^3 \text{ (dry)}$$

f_{Er} 은 1 Nm³의 배가스(dry) 중의 수증기량(Nm³) 임으로 w 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$w = \frac{804 V_{H_2O}}{V_{Ehco} - V_{H_2O}} \text{ gr/Nm}^3 \text{ dry}$$

w 에 해당하는 온도는 1.5.2의 표 1-2에서 구할 수 있다.

배가스中的 수증기량 V_{H_2O} 는 앞에서 설명한 $V_{H_2O R} + V_{Hydr} (1.3\%) + V_{H_2O}(\text{geb}) + V_{H_2O}(\text{verbr}) + V_{H_2O.l}$ 의 습이다.

$V_{H_2O}(\text{geb})$ = 연료의 부착水分으로부터 온 수

$$\text{증기량} = K \times \frac{H_2O \text{ Verb}}{80.4} \text{ Nm}^3/\text{lg-cl}$$

$V_{H_2O}(\text{Verb})$ = 연료의 水素로부터 오는 수증

$$\text{기량} = K \times \frac{H}{100} \cdot 11.21 \text{ Nm}^3/\text{lg cli}$$

보통시멘트 공장에서 석탄중의 H : 4%

重油중의 H : 12%

$V_{H_2O.l}$: 연소時 필요한 공기(과잉 공기포함)

및 外氣吸引空氣에서 오는 수증기량을 말한다.

$$V_{H_2O.l} = K.n.L_{min} \times f_L \text{ Nm}^3/\text{lg-cl}$$

f_L : 대기中에 포함되어 있는 수증기량으로 상대습도에 따라 증감된다. Nm³/Nm³ (dry)

(예) 80% 상대습도의 경우

(i) 10°C 0.01 Nm³/Nm³ (dry)

(ii) 20°C 0.02 "

(iii) 30°C 0.035 "

20°C 기준의 V_{H_2O} 계산의 近似式은 다음과 같다.

石炭의 경우

$$V_{H_2O} = V_{H_2O R} + V_{Hydr} + K \left(\frac{H_2O_{verbr}}{80.4} + 0.4484 + n.L_{min} \times 0.02 \right) \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

코크스의 경우

$$V_{H_2O} = V_{H_2O R} + V_{Hydr} + K \left(\frac{H_2O_{verbr}}{80.4} + n.L_{min} \cdot 0.02 \right)$$

重油의 경우

$$V_{H_2O} = V_{H_2O R} + V_{Hydr} + K \left(\frac{H_2O_{verb}}{80.4} + 1.345 + n.L_{min} \times 0.02 \right)$$

(계산예)

$$V_{H_2O R} = 1.1975 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

$$V_{Hydr} = 0.0251 \quad "$$

$$H_2O_{verbr} = 4.5\%$$

$$K = 0.206 \text{ kg coal/kg-cl}$$

$$V_{theo} = 3.534 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl} \text{ 일 때}$$

계산

$$V_{H_2O} = 1.1925 + 0.0251 + 0.206 \left(\frac{4.5}{80.4} + 0.4484 + 1.45 \times 6.597 \times 0.02 \right) = 1.366 \text{ Nm}^3/\text{kg-cl}$$

100% 포화 상태의 水分量

$$w = \frac{1.366 \times 804}{3.534 - 1.366} = 506.6 \text{ gr/Nm}^3 \cdot \text{dry}$$

表 1-2(1.5.2)에서 해당 온도를 구하면 75.3°C이다.