

시멘트밀에서 순환율과 열수지 관계 조사보고

(4.2×12.5m 大型 Mill)

成 秀 慶
崔 東 煥
(雙龍洋灰工業株式會社 東海工場)

1. Abst's

This paper is about the heat balance of the cement mill. When the cement temperature of mill outlet is higher then 130°C, The products get to the false setting that is caused by the dehydration of the gypsum.

Though the study about the heat balance of the cement mill, Here we find out the relationship between the circulation load and the cement temperature of the mill outlet.

Cement mill 운전에 있어서 그 밀출구溫度관리문제는 제품품질과 더불어 밀접한 관계를 갖고 있다.

지금까지의 경험상 밀출구 시멘트 온도가 130°C를 넘어 연속 운전을 행할경우, 석고의 탈수로 인한 제품의 급결발생, 밀 2실 Ball 표면에 코팅형성으로 인한 분쇄능력저하 등의 惡 영향을 받게 된다.

요컨대 시멘트밀은 그 성격상 가급적 저온분쇄를 必要로 한다는 것이며 따라서 closed-circuit의 크링카 분쇄밀은 각 용량에 따라 다르긴하나 제각기 特有的 밀出口배출시멘트 냉각방식(cooling system)을 보유하고 있고 용량이 大型化할수록 냉각방식도 Mill 内部에 Water spray 를 하는 등 매우 강력한 方法의 것이 채택되고 있다.

當工場の 3200kw×86t/h 大型 Ball-mill 은 기

본냉각방식으로서 Sturtevant 型 Air separator(Mill 1대에 2set)에 냉풍혼입 및 배출 장치가 되어 있고 강제냉각방식으로서 밀출구에 Water spray 장치가 설계 되어 있다.

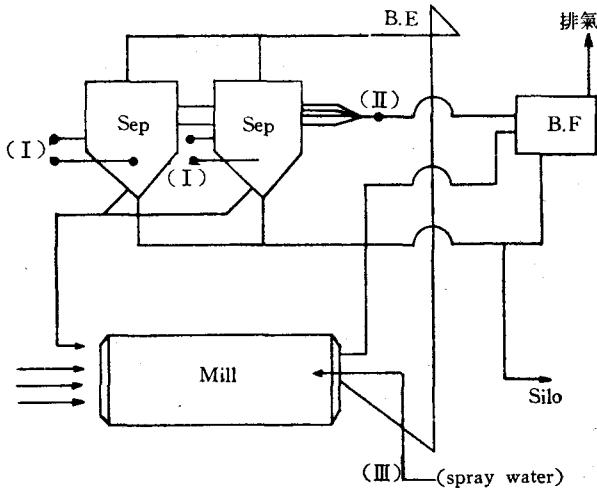
여기서는 밀이 空轉되는 경우 출구 시멘트의 온도가 상승한다는, 즉 평범한 운전상의 point 에 착안하여 시멘트 밀에서의 Heat balance 를 통하여 circulation load 와 Mill 출구시멘트 溫度間의 관계를 살펴보기로 한다.

2. 計算上の 조건

Mill 의 규격	4.2mφ×12.5m×3200kw×86t/h
세파레타의 규격	5.5mφ×190kw×44t/h×2set
공급크링카온도	100°C
밀出口 시멘트온도	120°C
제품온도	110°~115°C
석고첨가량	3~4%(水分 7~10%)
냉각방법	1. 세파레타 냉풍混入式 쿠링방법 2. Mill 出口 Water spray

Room Temp 30°C

Fig1 86 t/h mill 의 Cooling System 圖



- (I)은 세파레타 냉풍 混入 Duct
- (II)은 세파레타→백필터로 가는 Air Duct
- (III)은 Mill 內 water spray line
(但 water spray 는 비상시에만 사용함)

3. 계산 방향

① 溫度수치는 運轉상태 및 공급크린카의 냉각상태 等으로 수시로 變하는 것이므로 우선 위의 계산상의 조건에 있는 수치대로 묶어두고,

첫째 Mill 全系統의 入熱과 出熱을 따져서 Mill Induced draft fan (I. D. F)의 용량을 산출한후 이것이 실제 I.D.F의 용량과 一致함을 비교 해 봄으로서 Heat balance 의 入熱과 出熱의 총량이 비교적 확실 하다는 것을 밝힌다.

② 위와같이 확인한후 Mill 自體만의 入熱과 出熱을 따져서 이를 circulation load와 밀출구 온도간의 관계식을 성립시킨후 각 순환량 에서의 밀출구온도를 알아본다.

③ 그다음 밀運轉 pannel 에 기록되고 있는 바켓에레베타 동력(kw)소모와 Mill 出口 시멘트 溫度가 기록된 Record paper 를 비교 해본다.

4. Heat balance 의 계산

① <방법 1>

<入熱 (Heat Input)>

공급크린카가 갖고 들어가는 현열 : $8.6 \times 10^3 \text{kg/h} \times 0.187 \text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times 100^\circ\text{C} = 1608 \times 10^3 \text{kcal/hr}$
 밀入口 混入공기가 갖고 들어가는 현열 : 300×60

$$\text{Nm}^3/\text{h} \times 0.30 \text{kcal/Nm}^3 \times 30^\circ\text{C}$$

$$= 164 \times 10^3 \text{kcal/hr}$$

세파레타混入 냉공기로부터의 현열 : $x \times 60 \text{Nm}^3/\text{h} \times 0.30 \text{kcal/Nm}^3 \times 30^\circ\text{C} = 0.540x \times 10^3 \text{kcal/h}$

Mill 內부의 발열량 : $860 \text{kcal/kwh} \times 2900 \text{kw} \times 0.8 = 1980 \times 10^3 \text{kcal/h}$

Separator 의 內部 발열량 : $860 \text{kcal/kwh} \times 190 \text{kw} \times 0.5 \times 2 \text{set} = 167 \times 10^3 \text{kcal/h}$

Total : $(3919 + 0.540x) \times 10^3 \text{kcal/h}$

<出熱 (Heat output)>

(以下 단위 생략)

제품이 갖고 나가는 현열 : $8.6 \times 10^3 \times 0.189 \times 118.5 = 1870 \times 10^3$

Mill 出口 Hot gas 의 현열 : $300 \times 60 \times 0.31 \times 110 = 614 \times 10^3$

세파레타→Bagfilter 行 공기현열 : $x \times 60 \times 0.30 \times 105 = 1.894x \times 10^3$

석고중 수분이 뺏는열 : $3 \times 10^3 \times 540 \times 0.1 = 166 \times 10^3$

Mill 동체의 표면 방열 : (계산식생략) = 140×10^3

세파레타의 표면방열 : (계산식생략) = 130×10^3

각슈트 및 수송장치등에서의 혼입공기현열 : (보정치) = 150×10^3

Total $(3070 + 1.894x) \times 10^3 \text{kcal/h}$

Heat output = Heat Input 로하여

$$3919 + 0.540x = 3070 + 1.894x$$

$$849 = 1.354x$$

$$x = 849 / 1.354$$

$$\therefore x = 626 \text{ Nm}^3/\text{min}$$

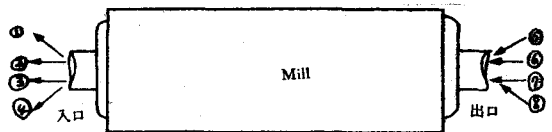
따라서 전공기량은

$$626 + 300 + 150 = 1076 \text{ Nm}^3/\text{min}$$

$$\leq 1200 \text{ Nm}^3/\text{min}$$

上記 값은 Mill I.D.F 排氣량과 대략 一致하고 있으므로 열계산은 전체적인 면에서 맞는 다고 보아 다음을 계산한다.

<Mill 自體만의 Heat Input 와 Output>



- ①공급크린카 현열 ②Air 현열 ③밀내부방열 ④세파레타 Grit
- ⑤出口 시멘트가 갖고 나가는열 ⑥더가운공기
- ⑦석고수분 ⑧밀 동체 표면방열

Mill에서의 Heat Input 와 Output 는 以上과 같으므로, 다음과 같이 따져 볼 수 있다.

〈Heat Input〉

공급크링카에서 $8.6 \times 10^3 \times 0.187 \times 100 = 1608 \times 10^3$
 밀입구 混入공기에서 $300 \times 60 \times 0.30 \times 30 = 164 \times 10^3$
 밀내부 발열에서 $860 \times 2900 \times 0.8 = 1908 \times 10^3$
 세파레타의 Grit 에서 $8.6 \times 10^3 \times 0.187 \times 115 \times CL = 1852CL$

Total $(3680 + 1852CL) \times 10^3$ kcal/h

〈Heat Output〉

밀出口 시멘트에서 $8.6 \times 10^3 \times 0.189 \times (1 + CL) \times td = 16.26(1 + CL)td \times 10^3$
 밀出口 더운공기에서 $300 \times 60 \times 0.31 \times 110 = 614 \times 10^3$
 석고중 수분에서 $3 \times 10^3 \times 540 \times 0.1 = 166 \times 10^3$
 밀동체표면방열에서 $= 140 \times 10^3$
 Total $(920 + 16.26(1 + CL)td) \times 10^3$ kcal/h

역시

Input = Output 으로하고

CL.....Circulation load

td..... 밀출구 시멘트온도로 하면

$$3680 + 1852CL = 920 + 16.26(1 + CL)td$$

$$td = \frac{2760 + 1852CL}{16.26(1 + CL)}$$

그러므로 여기서 CL 을 2.0, 3.0, 4.0, 씩 각 대입해보면

CL	2	3	4
td	133°C	128°C	125°C

② 〈방법 2〉

〈Heat Input〉

공급크링카에서 $8.6 \times 10^3 \times 0.187 \times T_c = 162T_c \times 10^3$
 세파레타 Grit 에서 $8.6 \times 10^3 \times CL \times 0.187 (td - \alpha) = 16.2CL(td - \alpha) \times 10^3$

밀入口 混入공기에서 $500 \times 60 \times 0.3 \times TR = 9TR \times 10^3$

밀내부 발열에서 $860 \times 2900 \times 0.8 = 2000 \times 10^3$

석고중 수분에서 $(3 \times 0.1) \times 10^3 \times T_G = 0.3TG \times 10^3$

Total $(16.2T_c + 16.2CL(T_P - \alpha) + 9T_G + 2000 + 0.3T_G) \times 10^3$

〈Heat Output〉

밀동체표면방열 (계산식생략) = 140×10^3

밀출구 시멘트에서 $8.6 \times 10^3(1 + CL)td \times 0.187 = 16.2(1 + CL)T_P \times 10^3$

밀출구 더운공기에서 $500 \times 60 \times 0.3 \times T_g = 9T_g \times 10^3$

석고중 수분에서 $(3 \times 0.1) \times 10^3 \times (100) + (3 \times 0.1) \times 10^3 \times 540 = 192 \times 10^3$

Total $(140 + 192 + 16.2(1 + CL)td + 9T_g) \times 10^3$

Heat Input = Heat Output 에서

∴ td

$$= \frac{1668 + 16.2T_c + 0.3T_G - 9(T_g - T_R) - 1.62\alpha \cdot CL}{16.2}$$

$$= 103 + T_c + 0.0185T_G - (0.55)(T_g - T_R) - \alpha \cdot CL$$

여기서 각 Notation 은

T_c...공급 크링카의 온도 100°C

td...Mill 出口 시멘트 온도 °C

T_R...Room Temp 30°C

α ...세파레타 Return grit 의 Temperature drop (5°C~10°C)

T_g...Mill 出口 gas Temp 112°C

CL...순환율

그러므로 위의 각온도 수치를 넣어보면,

a) α = 5°C 의 경우

LC	2.0	3.0	4.0
td	148°C	143°C	138°C

b) α = 10°C 로 볼 경우

CL	2.0	3.0	3.5	4.0
td	138°C	128°C	123°C	118°C

註) 각 계산에서

- ① 계산해본 목적이 다만 순환율과 밀 출구시멘트 온도간의 관계를 확실히 알아 보자는데 있으므로 수송장치 등에서의 방열과 슈트등에서의 混入 공기등은 무시하고 대략치로서 보정했다.
- ② 석고중 水分은 10%로 하고 <방법 1>과 <방법 2>에서 각각 수분의 직접기화, 혹은 一定溫度 까지 오른후 기화하는 것 등으로 계산해 보았음.
- ③ 세파레타와 밀의 표면방열량은 그 자체계산식이 걸므로 정질상 생략하고 여기서는 결과만 제시한 것이며 特히 Mill 의 표면 방열량은 회전체임을 고려하여 본래계산치에다 100%를 加算한것임.
- ④ Mill 과 세파레타의 内部방열량은 각각 80% 및 50% 정도가 熱로 變하는 것으로 보았음.
- ⑤ <방법 1>과 <방법 2>의 결과치가 조금씩 다르게 나왔으나 本計算 目的상으로 볼때는 그리 문제가 되는 것이 아님.

5. 결 론

① fig 2는 Circulation load 를 증감시켜 運轉해본 Test 結果이며 바켈에레베타 동력變化 (순환율 증감을 의미)에 따라 Mill 出口 시멘트 溫度의 變化가 잘나타나 있다.

② 순환율과 밀출구 溫度는 반비례 한다.

Reference

Fig 2

순환율(CL)과 밀출구 시멘트온도間 관계圖

(1967. 9. 17. 0900~1500간 기록분)

