

세멘트공장에서 합리적인 원료섞음비의 타산방법

원 광 식

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《인민경제 모든 부문에서 생산적잠재력과 내부예비를 남김없이 동원하여 생산을 높이는 것과 함께 절약투쟁을 힘있게 벌려야 합니다. 절약은 곧 생산이며 애국심의 발현입니다.》

세멘트공장에서 증산과 절약투쟁을 힘있게 벌리는데서 나서는 중요한 문제의 하나는 세멘트크링카생산에 소비되는 원료들의 합리적인 섞음비를 타산하는것이다. 세멘트크링카 생산에는 화학적조성이 서로 다른 여러가지 원료들이 리용되므로 그 합리적인 섞음비를 정확히 타산하는것은 크링카의 질을 보장하면서도 원료의 절약적인 리용을 보장하기 위한 중요한 요구의 하나이다.

세멘트생산에는 석회석과 점판암, 철광석을 비롯한 여러가지 종류의 원료들이 리용 된다. 이러한 원료들의 섞음비는 세멘트크링카의 질을 특징짓는 룰과 결수들을 보장하기 위하여 타산되며 그 화학적조성량이 각이하다. 이로부터 원료섞음비도 각이하게 설정될수 있다.

세멘트공장에서 서로 다른 종류의 원료구입에 드는 비용은 각이하다. 그러므로 세멘트크링카를 생산하기 위한 조합원료의 비용도 원료섞음비에 따라 달라진다. 따라서 세멘트크링카의 질을 보장하면서도 그 생산비를 절약할수 있게 하는 합리적인 원료섞음비를 타산하는것이 중요한 문제로 나선다.

세멘트크링카의 질을 특징짓는 포화결수 KH , 규산률 N , 반토를 P 는 그 구성요소들인 4대산화물 CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 에 기초하여 각각 다음과 같이 계산된다.

$$KH = \frac{CaO - (1.65Al_2O_3 + 0.35Fe_2O_3)}{2.8SiO_2} \quad (1)$$

$$N = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (2)$$

$$P = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (3)$$

여기서 산화물들은 퍼센트량으로 주어진다.

세멘트크링카를 생산할 때 룰과 결수들은 다음과 같은 범위에서 선정하는것이 합리적이다.

표 1

KH	0.92	0.9	0.89	0.89	0.88	0.87	0.88	0.87	0.86
P	1~1.3	1.4~1.7	1.8~2.1	1~1.3	1.4~1.7	1.8~2.1	1~1.3	1.4~1.7	1.8~2.1
N	1.6~1.9			1.9~2.1			2.2~2.4		

이로부터 원료들의 합리적인 섞음비도 그 4대산화물구성에 따라 세멘트크링카에 요구되는 룰과 결수들을 보장해주어야 한다.

고체연료를 쓰는 경우 재성분이 세멘트크링카에 포함되므로 섞음비타산에서는 이것을 반드시 고려하여야 한다.

세멘트크링카에 포함되는 재성분량 $q(\%)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$q = \frac{B_{\text{연}} \cdot a \cdot n_{\text{재}}}{100 \times 100} \quad (4)$$

여기서 a 는 연료중의 재성분함량(%), $n_{\text{재}}$ 는 재성분침전률(%), $B_{\text{연}}$ 은 연료의 비소비량(%)이다.

재성분을 고려한 원료섞음비타산에서는 재성분이 작열된 상태의 물질이므로 원료들도 작열된 상태로 환산하여야 한다.

합리적인 원료섞음비타산모형을 구성하기 위하여 다음과 같은 간략기호들을 리용한다.

표 2

산화물	크링카	조합원료	첫 원료	둘째 원료	...	m 째 원료	재
CaO	C	C_0	C_1	C_2	...	C_m	$C_{\text{재}}$
SiO ₂	S	S_0	S_1	S_2	...	S_m	$S_{\text{재}}$
Al ₂ O ₃	A	A_0	A_1	A_2	...	A_m	$A_{\text{재}}$
Fe ₂ O ₃	F	F_0	F_1	F_2	...	F_m	$F_{\text{재}}$

작열된 상태에서 세멘트크링카에 포함되는 원료의 종류를 첨수 i ($i=1, \dots, m$)로 표시하고 그 량을 x_i (%)라고 하자. 이 경우 세멘트크링카의 기본산화물들의 함량은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} C &= \frac{\sum_{i=1}^m C_i x_i + C_{\text{재}} q}{100}, & S &= \frac{\sum_{i=1}^m S_i x_i + S_{\text{재}} q}{100}, \\ A &= \frac{\sum_{i=1}^m A_i x_i + A_{\text{재}} q}{100}, & F &= \frac{\sum_{i=1}^m F_i x_i + F_{\text{재}} q}{100} \end{aligned} \quad (5)$$

이제 관계식 (5)를 포화결수를 계산하는 관계식 (1)에 대입하고 다음과 같이 정돈하자.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m (2.8KH \cdot S_i + 1.65A_i + 0.35F_i - C_i) x_i &= \\ &= (C_{\text{재}} - 1.65A_{\text{재}} - 0.35F_{\text{재}} - 2.8KH \cdot S_{\text{재}}) q \end{aligned} \quad (6)$$

다음으로 관계식 (5)를 규산률을 계산하는 관계식 (2)에 대입하고 $N_1 \leq N \leq N_2$ 에 기초하여 다음과 같이 정돈할수 있다.

$$\sum_{i=1}^m (N_1 A_i + N_1 F_i - S_i) x_i \leq (S_{\text{재}} - N_1 A_{\text{재}} - N_1 F_{\text{재}}) q \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m (N_2 A_i + N_2 F_i - S_i) x_i \geq (S_{\text{재}} - N_2 A_{\text{재}} - N_2 F_{\text{재}}) q \quad (8)$$

끝으로 관계식 (5)를 반토를 계산하는 관계식 (3)에 대입하고 $P_1 \leq P \leq P_2$ 에 기초하여 다음과 같이 정돈하자.

$$\sum_{i=1}^m (P_1 F_i - A_i) x_i \leq (A_{\text{재}} - P_1 F_{\text{재}}) q \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m (P_2 F_i - A_i) x_i \geq (A_{\text{재}} - P_2 F_{\text{재}}) q \quad (10)$$

여기서 N_1, N_2, P_1, P_2 들은 표 1에서 주어지는 해당한 결수들의 아래, 웃 한계들이다.

이밖에 조합원료 한단위에 포함되는 매 개별적원료량들과 재성분량의 합은 1이 되어야 한다. 이 요구를 %로 반영하여 다음과 같은 관계식을 설정할수 있다.

$$\sum_{i=1}^m x_i + q = 100 \quad (11)$$

관계식 (6)–(11)에서 변수들은 부가 아니어야 한다. 즉

$$x_i \geq 0, \quad i=1, \dots, m \quad (12)$$

련립1차안갈기식 (6)–(12)의 풀이는 작열상태의 원료량들이다. 이 량들은 다음과 같은 관계식을 리용하여 작열되지 않은 상태의 원료량들로 환산할수 있다.

$$x_i^0 = \frac{x_i}{100 - H_i} \cdot 100 (\%), \quad i=1, \dots, m$$

여기서 H_i 는 i 째 종류의 원료의 작열감량이다.

이제 d_i 를 i 째 종류의 원료단위당 가격이라고 하자. 그러면 x_i^0 규모의 i 째 종류의 원료구입에는 $d_i \frac{x_i^0}{100}$ 크기의 비용이 지출된다.

따라서 모든 종류의 원료를 $x_i^0, i=1, \dots, m$ 규모로 구입하는데 드는 총비용은 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^m d_i \frac{x_i}{100 - H_i}$$

이 비용은 최소화되어야 한다. 즉

$$\sum_{i=1}^m d_i \frac{x_i}{100 - H_i} \Rightarrow \min \quad (13)$$

최량화모형 (6)–(13)은 세멘트크링카의 질을 특징짓는 포화결수와 규산률, 반토를이 주어지고 크링카에 포함되는 재성분량이 주어지는 경우 그 생산에 소비되는 매 원료의 합리적인 섞음비를 타산할수 있게 한다.

실례를 들어보자.

포화결수 $KH = 0.88$, 규산률 $2.2 \leq N \leq 2.4$, 반토를 $1 \leq P \leq 1.3$ 인 세멘트크링카를 생산하기 위한 합리적인 원료섞음비를 타산하여보자.

원료종류와 작열상태로 환산된 그 화학적조성(%)은 표 3과 같다.

표 3

원료	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	기타	H	계
석회석	2.68	0.21	0.32	51.86	3.24	41.69	100
점판암	59.93	21.01	7.07	1.56	2.68	7.75	100
규석	83.2	8.02	3.29	1.45	1.96	2.08	100
철광석	21.59	4.23	42.99	4.62	3.57	23	100
재	52.66	31.6	7.11	2	4.28	—	100

이밖에 고체연료중의 재성분함량은 $a=24.4(\%)$, 재성분침전률은 $n_{\text{재}}=80(\%)$, 연료의 비소비량은 $B_{\text{연}}=29(\%)$ 이다. 따라서 세멘트크링카에 포함되는 재성분량은 $q = \frac{B_{\text{연}} \cdot a \cdot n_{\text{재}}}{100 \times 100} = 5.66(\%)$ 이다.

원료들의 단위(t)당 가격은 각각 47, 30, 20, 58(천원)이다.

따라서 합리적인 원료섞음비를 타산하기 위한 최량화모형 (6)-(13)을 다음과 같이 구성할수 있다.

$$\begin{aligned}
 -44.8x_1 + 183.25x_2 + 217.94x_3 + 70.6x_4 &= -1\ 013.47 \\
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &= 94.34 \\
 -1.52x_1 + 1.85x_2 - 58.32x_3 + 82.94x_4 &\leq -88.29 \\
 -1.42x_1 + 7.46x_2 - 56.06x_3 + 91.74x_4 &\geq -125.18 \\
 0.11x_1 - 13.94x_2 - 4.73x_3 + 38.76x_4 &\leq 132.95 \\
 0.21x_1 - 11.82x_2 - 3.74x_3 + 51.66x_4 &\geq 125.23 \\
 x_1 \geq 0, \ x_2 \geq 0, \ x_3 \geq 0, \ x_4 \geq 0 \\
 0.81x_1 + 0.33x_2 + 0.2x_3 + 0.75x_4 &\Rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{14}$$

최량화모형 (14)의 최량풀이는 $x_1=79.49(\%)$, $x_2=4.49(\%)$, $x_3=6.74(\%)$, $x_4=3.62(\%)$ 이다. 이 경우 목적식값은 69.93(천원)이다.

구해진 원료섞음비에 기초하여 생산되는 세멘트크링카의 포화결수와 규산률, 반토를 을 계산해보자.

그러자면 세멘트크링카의 4대산화물의 화학적조성을 알아야 한다. 그러한 계산은 구해진 섞음비(배수로 표시된것)를 표 3의 해당한 행들에 곱하고 합하는 방법으로 진행한다. 계산결과를 표 4와 같다.

표 4

원료	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	기타
79.49%의 석회석	2.13	0.17	0.25	41.22	2.58
4.49%의 점판암	2.69	0.94	0.32	0.07	0.12
6.74%의 규석	5.61	0.54	0.22	0.1	0.13
3.62%의 철광석	0.78	0.15	1.56	0.17	0.13
5.66%의 재	2.98	1.79	0.4	0.11	0.24
크링카의 조성	14.19	3.59	2.75	41.67	3.2

공식 (1), (2), (3)을 리용하여 포화결수와 규산률, 반토를을 계산하면 각각 다음과 같다.

$$KH = \frac{41.67 - 1.65 \cdot 3.59 + 0.35 \cdot 2.75}{2.8 \cdot 14.19} = 0.88$$

$$N = \frac{14.19}{3.59 + 2.75} = 2.2, \quad P = \frac{3.59}{2.75} = 1.3$$

이것은 요구되는 원료섞음비를 타산하였다는것을 보여준다.

구해진 작열상태의 원료량들을 작열되지 않은 상태의 원료량들로 환산하면 다음

과 같다.

$$x_1^0=136.32(\%), x_2^0=4.87(\%), x_3^0=6.88(\%), x_4^0=4.7(\%)$$

작열되지 않은 상태의 원료량들은 다음과 같은 공식을 리용하여 그 섞음비를 구할수 있다.

$$\frac{x_i^0}{(x_1^0 + x_2^0 + x_3^0 + x_4^0)} \times 100, \quad i=1, 2, 3, 4$$

그러면 합리적인 원료섞음비는 다음과 같이 규정할수 있다.

석회석: 89.2(%), 점판암: 3.2(%), 규석: 4.5(%), 철광석: 3.1(%)

이처럼 세멘트크링카생산에서 필수적으로 제기되는 원료섞음비타산에 최량화방법 도입은 크링카의 질을 과학적으로 보장하면서도 가장 적은 비용으로 조합원료를 얻을수 있는 합리적인 섞음비를 타산할수 있게 한다.

세멘트공장들에서는 세멘트크링카생산에서 합리적인 원료섞음비타산에 최량화방법을 옹계 리용함으로써 크링카생산을 더욱 과학화, 합리화해나가야 할것이다.