

흑연과 석탄에서 고정탄소함량과 회분함량사이관계에 대한 비경험적모형과 그 응용

최명룡, 박준철, 최성준

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학과 기술이 매우 빨리 발전하고있는 오늘의 현실은 기초과학을 발전시킬것을 더욱 절실하게 요구하고있습니다.》(《김정일선집》 중보판 제11권 138페이지)

천연흑연과 석탄에서 고정탄소와 회분, 휘발분의 함량에 대한 정확한 모형[1, 2]을 얻어내는것은 유가성분들의 질과 광산, 탄광들에서의 선별지표들을 과학적으로 평가하는데서 선차적인 의의를 가진다. 그러나 현재 고정탄소함량과 회분함량, 휘발분함량사이에는 주로 경험적인 모형만이 알려져있다.[3-5]

우리는 흑연과 석탄에서 고정탄소함량과 회분함량사이관계를 이끌어내어 정광산출률과 거둬들음을 정확히 평가하기 위한 연구를 하였다.

1. 흑연과 석탄에서 고정탄소-회분함량사이의 모형

흑연과 석탄에서 물질들사이에는 다음과 같은 물질바란스관계식이 성립한다.

$$C + A + V = 1 \quad (1)$$

여기서 C , A , V 는 각각 마른 시료에 들어있는 고정탄소, 회분, 휘발분의 함량이다.

광석시료는 유가성분(흑연, 석탄)과 회분으로 이루어져있으므로 휘발분함량은

$$V = V_A + V_B. \quad (2)$$

여기서 V_A , V_B 는 각각 고정탄소와 회분에서의 휘발분함량이다.

$A = 0$ 일 때 고정탄소의 휘발분함량을 V_C ,

$C = 0$ 일 때 회분의 휘발분함량을 V_0 이라고 하면

$$V_A = (V_C / (1 - V_C)) \cdot C, \quad (3)$$

$$V_B = (V_0 / (1 - V_0)) \cdot A. \quad (4)$$

식 (3), (4)를 식 (1)에 대입하고 정돈하면

$$C = \frac{-(1 - V_C)}{1 - V_0} \cdot A + (1 - V_C). \quad (5)$$

시료가 주어지면 V_C 와 V_0 은 상수이므로 식 (5)는 고정탄소함량과 회분함량사이관계를 보여준다. 기하학적모형은 그림과 같다.

기하학적모형에서 결수 $a = -(1 - V_C) / (1 - V_0)$ 와 $b = (1 - V_C)$ 를 결정하여 V_C 와 V_0 을 계산할수 있다.

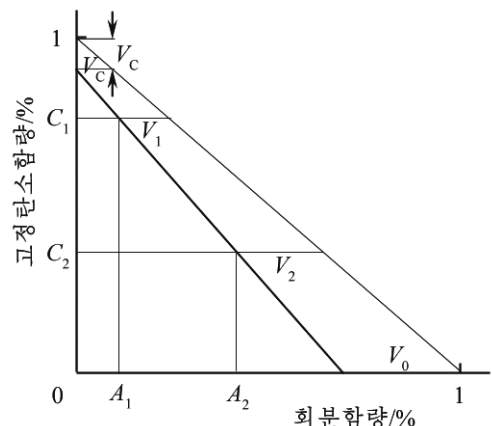


그림. 고정탄소함량과 회분함량사이의
기하학적모형

2. 흑연분석에서 회귀모형의 응용

비경험적방법에 의한 고정탄소함량결정 광물의 V_C , V_0 을 직접 측정하는것이 어려우므로 통계적인 분석자료에 기초하여 회귀결수들을 결정해놓으면 분석오차가 큰 휘발분함량을 측정하지 않고 회분함량만 분석하여 고정탄소함량을 결정할수 있다.

표 1. 흑연광석시료들의 통계적분석자료

분석지표	선광산물			
	원광	미광	정광(80%)	정광(85%)
회분함량/%	88.51	93.54	18.49	11.29
흑연함량/%	6.74	1.16	78.99	86.70
휘발분함량/%	4.75	5.23	2.54	2.01

1 흑연광산의 원광시료 35건, 미광시료 36건, 품위가 80%인 정광시료 24건, 85%이상인 정광시료 21건에 대한 통계적분석자료는 표 1과 같다.

표 1의 자료들로부터 얻은 회귀방정식은 다음과 같다.

$$C = -1.039A + 0.983 \quad (6)$$

식 (6)으로부터 계산한 고정탄소와 회분에서의 휘발분함량은 각각 1.69, 5.34%이다.

광산에서 교대별분석자료들을 리용하여 흑연품위를 계산한 결과는 표 2와 같다.

회분함량에 기초하여 흑연품위(고정탄소품위)를 계산하는 경우 휘발분을 측정하여 얻는 고정탄소함량값보다 정확하다. 그것은 휘발분측정의 오차가 매우 큰것과 관련된다. 실제로 흑연이나 석탄의 고정탄소가 불타지 않게 온도를 정확히 설정하고 유지시간을 엄밀하게 보장하여 휘발분만 날려보내는것은 간단하지 않으며 탄소가 산소와 접촉하지 못하도록 차폐시키는것 역시 힘들다.

표 2. 광산에서의 흑연품위계산결과

교대	구분	회분함량/%	흑연품위(분석)/%	흑연품위(계산)/%
1	원광	88.2	6.34	6.71
	정광	12.26	84.76	85.58
	미광	93.03	1.98	1.69
2	원광	88.19	6.58	6.72
	정광	12.51	84.71	85.32
	미광	93.64	1.52	1.06
3	원광	88.99	6.44	5.89
	정광	9.74	87.77	88.20
	미광	93.22	1.86	1.49

여러 나라들에서 흑연과 석탄분석규격이 같지 않은것은 흑연과 석탄속에 포함되어있는 광물조성이 차이나며 흑연화정도와 석탄의 지질화적인 나이가 다른것과 관련되어있다.

표 3. 휘발분함량을 고려하여 계산한 흑연품위

교대	구분	회분함량/%	흑연품위(분석)/%	흑연품위(계산)/%
1	원광	88.2	6.34	7.05
	정광	12.26	84.76	85.74
	미광	93.03	1.98	1.74
2	원광	88.19	6.58	7.06
	정광	12.51	84.71	85.49
	미광	93.64	1.52	1.13
3	원광	88.99	6.44	6.26
	정광	9.74	87.77	88.26
	미광	93.22	1.86	1.55

즉 조건이 다르면 휘발분을 측정하는 규격이 달라져야 한다.

휘발분측정이 어려우므로 생산현장들에서는 통계적방법으로 원광과 정광, 미광의 휘발분함량을 얻으며 그 측정을 간소화하거나 고정탄소품위결정의 상대오차가 가장작은 정광에 대해서만 휘발분함량을 측정하고있다.

휘발분함량을 고려하여 계산한 흑연품위값은 표 3과 같다.

표 2와 3의 자료를 보아서는 어느 방법이 더 정확한가를 알수 없다. 그러나 선광학적 방법을 적용하면 그 차이가 명백해진다.

선광학적방법에 의한 고정탄소함량의 정확성검토 선광분야에서 정광산출률(%)은 중요한 생산기술지표들중의 하나이다.

$$\gamma = \frac{T}{Q} \times 100 \quad (7)$$

여기서 γ 는 정광산출률, T 는 정광의 량, Q 는 원광의 량이다.

선광산물들에 분배되는 고정탄소함량에 관한 물질바란스식은 다음과 같다.

$$\alpha = \gamma\beta + (100 - \gamma) \cdot \theta \quad (8)$$

여기서 α , β , θ 는 각각 원광, 정광, 미광에서의 고정탄소함량이다.

식 (8)로부터 정광산출률을 유도하면 다음과 같다.

$$\gamma = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} \times 100 \quad (9)$$

즉 정광산출률을 원광과 정광의 량을 직접 측정하여 계산할수도 있고 원광, 정광, 미광에서 고정탄소함량을 측정하여 계산할수도 있다.

일반적으로 생산현장에서는 기술공정관리를 위하여 두가지 방법으로 계산한 산출률 자료들을 리용하며 실험실에서는 분석에서의 오차원인을 해명하기 위하여 두가지 방법을 다 리용하고있다.

한편 물질바란스식은 유가성분뿐만아니라 회분에 관하여서도 성립한다.

$$\alpha_A = \gamma\beta_A + (100 - \gamma)\theta_A \quad (10)$$

여기서 α_A , β_A , θ_A 는 각각 원광, 정광, 미광에서 회분함량이다.

$$\gamma = \frac{\alpha_A - \theta_A}{\beta_A - \theta_A} \times 100 \quad (11)$$

회화와 휘발공정으로부터 얻게 되는 고정탄소함량값보다 회화공정만으로 얻어지는 회분함량값이 오차의 견지에서 볼 때 더 정확하다.

정광거둠률은 다음식으로 결정한다.

$$\varepsilon = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \gamma \quad (12)$$

교대별분석자료에 기초하여 정광산출률과 거둠률을 계산한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 정광산출률과 거둠률계산결과

교대	론문에서 제기한 방법		현행방법		휘발분함량을 고려한 계산방법	
	산출률/%	거둠률/%	산출률/%	거둠률/%	산출률/%	거둠률/%
1	5.98	76.3	5.29	70.4	6.32	76.9
2	6.72	85.7	6.08	78.3	7.03	85.1
3	5.07	75.9	5.33	72.7	5.43	76.6

표 4에서 보는바와 같이 계산방법에 따라 정광산출률과 거둠률값은 차이나는데 론문에서 제기한 방법에서는 실제값과 차이가 없다. 현행방법으로 계산한 정광산출률과 거둠률은 실제값보다 작게, 휘발분함량을 고려한 계산방법에서는 실제값보다 크게 결정되었다.

특히 통계적방법을 적용하지 않은 현행방법에서는 정광거둠률값이 3~7% 더 작게 결정되므로 론문에서 제기한 방법을 리용하는것이 더 효과적이다.

맺는말

흑연과 석탄에서 고정탄소-회분함량사이에 선형관계가 성립한다는것을 해석적으로 유도하고 직선의 방정식에서 결수는 단순한 회귀결수가 아니라 물리적의미를 가지는 량이라는것을 확증하였다. 이것을 리용하여 회분함량으로부터 정광산출률과 거둬들음을 정확히 결정할수 있다.

참고문헌

- [1] 김철근; 석탄원유지질학, 공업출판사, 35~42, 주체96(2007).
- [2] 신태록; 역류석탄, 공업출판사, 45, 주체87(1998).
- [3] J. Yianayos et al.; Minerals Engineering, 77, 167, 2015.
- [4] A. D. Ellerman et al.; The Future of Coal, Massachusetts Institute of Technology, 1~10, 2007.
- [5] J. G. Speight; Handbook of Coal Analysis, Wiley Interscience, 1~12, 2005.

주체106(2017)년 1월 5일 원고접수

Non-Empirical Model about the Relation between Fixed Carbon and Ash Content in the Black Lead and Coal, and Its Application

Choe Myong Ryong, Pak Jun Chol and Choe Song Jup

We analytically led the model to conclude the straight linear relation between the amount of fixed carbon and ash in the black lead and coal, and conformed that the coefficients in the equation of line were the quantities having the physical meaning, not just the simple regression coefficients.

We can correctly determine the yield coefficient and recovery factor of concentrate from the amount of ash by using this model.

Key words: black lead, coal, fixed carbon, ash, non-empirical model