

혼합 γ 선을 리용한 석탄회분측정체계에 대한 연구

한정혁, 고명선

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《원자력을 생산에 받아들이기 위한 연구사업을 전망성있게 진행하며 방사성동위원소와 방사선을 공업과 농촌경리를 비롯한 여러 부문들에 널리 적용하여야 할것입니다.》
(《김일성전집》 제27권 391페이지)

우리는 저에너지 및 중간에너지 혼합 γ 선에 의한 물질분석방법으로 석탄의 회분을 측정하기 위한 측정체계를 구성하고 특성실험을 진행하였다.

1. 석탄회분측정체계의 구성

에너지가 작은 γ 선이 탄층을 투과할 때 그 약화특성은 탄속에 있는 원자번호가 큰 원소의 함량에 관계된다. 원자번호가 큰 원소의 함량이 높으면 많이 약화되고 함량이 낮으면 적게 약화된다.

따라서 저에너지 γ 선이 탄층을 투과할 때의 약화흡수정도를 측정하면 원자번호가 큰 원소의 함량을 평가할수 있다.

중간에너지 γ 선의 약화흡수는 석탄투과층의 질량두께에만 관계된다.

중간에너지 γ 선의 이 특성을 리용하면 석탄의 질량두께변화를 측정할수 있다.

이와 같이 저에너지 및 중간에너지 혼합 γ 선을 리용하면 석탄층의 두께에 관계없이 석탄의 회분을 흐름선상에서 연속 측정할수 있다.

석탄회분측정체계의 구성도는 그림 1과 같다.

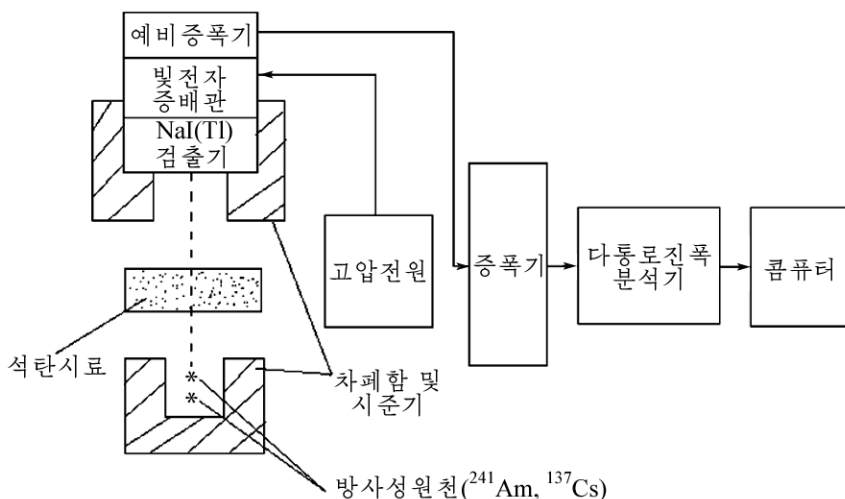


그림 1. 석탄회분측정체계의 구성도

방사성원천 ^{241}Am 과 ^{137}Cs , 섬광검출기(섬광체, 빛전자증배관, 예비증폭기) NZ-307을 리용하였고 고압전원과 증폭기는 표준실험체계 CAMAC의 고압전원모듈 1904 및 증폭기 모듈 1101, 다통로진폭분석기는 새로 개발한 4096통로진폭분석기를 리용하였다.[2]

^{241}Am 원천은 에네르기가 60keV, ^{137}Cs 원천은 에네르기가 662keV인 γ 선을 방출하는데 이 두 원천에서 방출되는 γ 선이 분석하려는 탄층을 투과할 때 그 약화특성은 서로 다르다.

투과된 두 γ 선은 섬광체원자들과 호상작용하여 형광을 발생시키고 빛전자증배관에서 전기적신호로 변환되며 예비증폭기와 증폭기를 거쳐 다통로진폭분석기에서 스펙트르로 나타난다.

섬광체는 크기가 40mm×40mm 인 NaI(Tl)이며 빛전자증배관 및 예비증폭기와 함께 금속으로 만든 암통속에 설치되어있다. NaI(Tl) 섬광체에서 발생하는 임펄스신호의 장성시간은 0.2 μ s, 임펄스너비는 1 μ s이며 초당 섬광체는 10⁶ 개까지의 계수속도를 보장할수 있다. 검출효율은 ^{241}Am γ 선에 대하여 거의 100%, ^{137}Cs γ 선에 대하여 70%정도이다.

빛전자증배관은 S12F52A를 리용하였으며 양극전압은 900V이다.

예비증폭기는 $K=1$ 인 반복기로 구성하였다.

다통로진폭분석기는 극소형처리기 STM32F103RE를 리용하여 구성하였다.

다통로진폭분석기의 특성량은 다음과 같다.

변환척도: 128, 256, 512, 1 024, 2 048, 4 096

변환시간: 3 μ s

적분비선형성: 0.1%

미분비선형성: 2%

2. 석탄회분측정체계의 특성실험

새로 개발한 석탄회분측정체계를 리용하여 저에네르기 및 중간에네르기 혼합 γ 선들의 스펙트르를 측정하고 특성량을 결정하였다.

측정되는 탄의 회분을 A_d 로 표시할 때 탄속의 회분을 측정하는 눈금방정식은

$$A_d = A \cdot K - B \quad (1)$$

이다. [1, 3] 여기서

$$K = \frac{\ln I_0 - \ln I}{\ln J_0 - \ln J} \quad (2)$$

이다. I , I_0 은 각각 시편(탄층)이 있을 때와 없을 때 ^{241}Am γ 선의 기록수, J , J_0 은 각각 시편(탄층)이 있을 때와 없을 때 ^{137}Cs γ 선의 기록수이다. 즉 K 는 석탄의 ^{241}Am 의 저에네르기 γ 선과 ^{137}Cs 의 중간에네르기 γ 선의 질량약화결수비와 같다. I , I_0 , J , J_0 은 시편이 있을 때와 없을 때 혼합 γ 선스펙트르에서 빛전기흡수봉우리의 면적과 같다.

식 (1)에서 결수 A, B 를 결정하기 위하여 회분이 각각 16.7, 21.4, 24.1, 30.9, 35.1%인 표준탄시편들을 리용하였다.

대표적으로 회분이 16.7%인 표준탄시편이 없을 때와 있을 때 ^{241}Am 과 ^{137}Cs 의 혼합 γ 선스펙트르를 고찰하였다.(그림 2, 3)

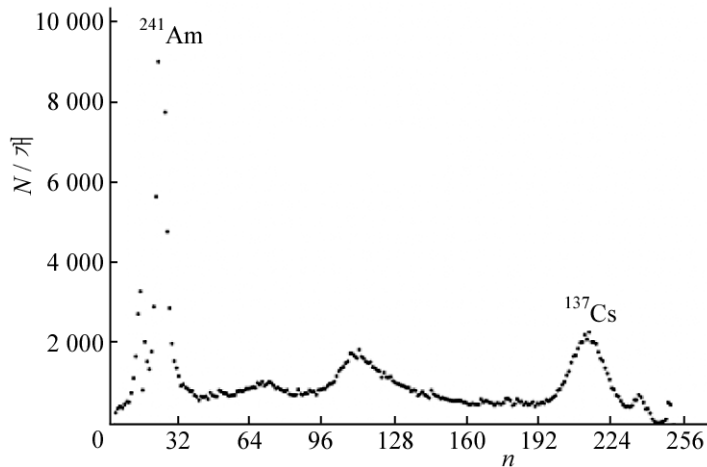


그림 2. 시편이 없는 경우 ^{241}Am , ^{137}Cs 의 혼합 γ 선스펙트르

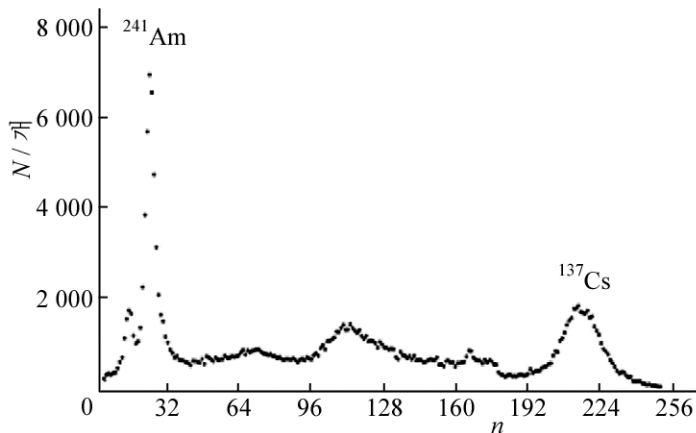


그림 3. 표준탄시편을 투과한 ^{241}Am , ^{137}Cs 의 혼합 γ 선스펙트르

5개의 표준탄시편들에 대하여 측정된 스펙트르들로부터 K 값을 구하고 식 (1)을 리용하여 결수 A , B 를 결정하였다. 결정된 결수값들은 각각 $A=47.69$, $B=59.27$ 이다.

^{137}Cs 원천의 스펙트르로부터 측정체계의 에네르기분해능을 결정하였다. 에네르기분해능은 $\eta=8.2\%$ 이다.

맺 는 말

저에네르기 및 중간에네르기 혼합 γ 선을 리용한 석탄회분측정체계를 새롭게 구성하고 특성량을 결정하였다. 에네르기분해능은 $\eta=8.2\%$, 결수값들은 각각 $A=47.69$, $B=59.27$ 이다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 50, 9, 96, 주체93(2004).
- [2] 김일성종합대학학보 물리학, 64, 2, 114, 주체107(2018).
- [3] 白秋果 等; 核电子学与探测技术, 20, 3, 187, 2000.

주체109(2020)년 3월 5일 원고접수

Study on Coal Ash Analyser Using Composite γ -rays

Han Jong Hyok, Ko Myong Son

We studied on measurement system to give an exact estimation about the ash content mixed in coal by radiation method.

We established a material analytical method using composite γ -rays in low-medium energies and developed a new system of measuring the coal ash content, the characteristics of which are as follows; the energy resolution, η is 8.2% and the coefficient, A and B are 47.69 and 59.27 respectively.

Keywords: coal ash measurement, energy resolution, analyser