

다항식회귀에 의한 자화률측정기의 교정방법

김영평, 허광혁

최근 세계적으로 여러가지 휴대용자화률측정기들이 개발되어 널리 이용되고있다.

우리는 광물, 암석의 자화률을 측정하는 수자식자화률측정기를 제작하고 다항식회귀를 이용하여 기구에 대한 교정을 진행하였다.

1. LC공진에 의한 자화률측정

자화률은 전용자화률측정기를 이용하거나 무정위자력계와 같은 자기마당측정기를 이용하여 측정한다.[1]

자화률측정기에는 기구내부에 있는 권선들사이의 전위차를 측정하는 감응식측정방식과 공진회로의 공진주파수나 주기를 측정하는 LC공진측정방식 등 여러가지 방식이 있다.

LC공진에 의한 자화률측정기는 권선과 콘덴샤를 이용하여 공진회로를 구성하고 공진주파수나 주기를 결정하여 자화률을 측정한다. 이 측정기는 회로가 간단하고 전력소모가 작으며 A/D변환소자를 쓰지 않고도 자화률을 정확히 측정할수 있는 우점을 가지고있다.[3]

권선의 감응방식에는 ㄷ자형방식과 고리형방식이 있다.(그림)

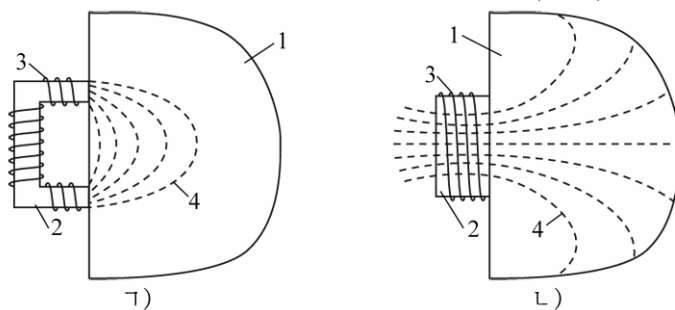


그림. 권선의 감응방식

ㄱ) ㄷ자형방식, ㄴ) 고리형방식;

1—측정매질, 2—철심, 3—동선, 4—자력선

ㄷ자형방식을 이용하면 자력선이 한방향으로 분포되므로 외부적인 장애를 적게 받고 자기이방성을 측정할수 있는 우점이 있다. 그러나 ㄷ자형방식은 권선의 크기를 크게 하기 힘들므로 주로 휴대용자화률측정기와 같은 물성측정장치에 이용한다.

철심은 용도에 따라 각이하게 선택할수 있는데 우리는 자기변형이 없는 파말로이철심을 이용하였다. 철심의 크기는 3cm×2cm로서 측정매질이 철심보다 2~3배정도 큰 경우에 자화률을 정확히 측정할수 있다.

권선의 유도도를 L , 콘덴샤의 전기용량을 C 라고 하면 공진주기 T 는 다음과 같이 표시된다.[2]

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (1)$$

우리는 자화률측정기를 제작하면서 용량이 $1\mu\text{F}$ 인 콘덴사와 유도도가 19mH 인 π 자형 권선을 리용하였는데 측정기를 매질에 가져다 대지 않았을 때의 공진주기는 $T_0 = 870\mu\text{s}$ 이다. 측정매질에 측정기를 가져다 대면 측정매질은 권선내부에 있는 철심과 함께 또 하나의 철심으로 작용하므로 권선의 유도도가 변화되고 그것에 따라 공진주기도 변한다. 이와 같이 공진주기의 변화를 측정하면 광물, 암석들의 자화률을 결정할수 있다.

2. 다항식회귀에 의한 자화률측정기의 교정

자화률측정기에 리용된 권선의 유도도는 다음의 식으로 표시된다.[2]

$$L = N^2 \left/ \left(\frac{l_1}{\mu_1 S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 S_2} \right) \right. \quad (2)$$

여기서 N 은 권회수, μ_2 , l_2 , S_2 는 각각 철심의 투자률과 길이, 자름면면적이고 μ_1 , l_1 , S_1 은 측정매질의 투자률과 길이(권선과 닿는 두 점사이의 직선길이), 자름면면적이다.

식 (2)에서 μ_1 을 제외한 모든 량들은 일정한 값을 가지므로 μ_1 이 커질 때 L 도 커진다. $L = T^2 / (4\pi^2 C)$ 이고 $\mu_1 = \mu_0(1 + \mathcal{H})$ 이므로(μ_0 은 공기의 투자률)[2] \mathcal{H} 와 T 사이의 관계를 다음과 같이 표시할수 있다.

$$\mathcal{H} = \sum_{i=0}^n a_i T^i \quad (3)$$

식 (3)에 의하여 자화률측정기구를 교정할수 있다.

회귀결수 a_i 를 결정하기 위하여 우선 어느 한 지역에서 채취한 8개 표본의 자화률을 측정속도가 빠르고 정확도가 높은것으로 하여 세계적으로 널리 쓰이는 자화률측정기(《SM-30》)[4]로 측정하였다. 다음 제작한 자화률측정기를 가지고 매 표본에 대하여 공진주기 T_j 를 결정하고

$$\Delta = \sum_{j=1}^8 \left(\sum_{i=0}^n a_i T_j^i - \hat{\mathcal{H}}_j \right)^2 \quad (4)$$

이 최소로 되도록 다항식회귀분석을 진행하였다.(표)

표. 다항식회귀분석결과

표본	$T/\mu\text{s}$	$\hat{\mathcal{H}}/(\times 10^{-5}\text{SI})$	$\mathcal{H}/(\times 10^{-5}\text{SI})$			
			1차회귀	2차회귀	3차회귀	4차회귀
공기	870.105	0	-7 462	2	-20	42
석회암	874.943	1 516	-3 385	1 549	1 543	1 527
휘석	891.096	6 066	6 010	5 995	6 011	5 929
각섬석	919.922	27 422	35 263	27 710	27 719	27 763
크롬철광	929.613	35 004	42 670	35 098	35 096	35 144
자류철광	936.074	42 586	48 955	41 967	41 955	41 984
티탄철광	955.457	60 909	64 441	61 240	61 208	61 131
자철광	989.998	106 528	93 539	106 485	106 490	106 510
$\varepsilon/\%$			18.1	0.5	0.5	0.5

표에서 보는바와 같이 회귀방정식의 차수가 2차이상부터는 차수가 커져도 오차가 줄지 않는다. 이로부터 2차회귀방정식 $\mu = 3\,483\,760 - 8\,303.4T + 4.9T^2$ 에 의하여 제작한 자화률측정기를 교정하였다.

맺는 말

자화률측정기를 LC공진방식에 기초하여 제작하고 8개의 표본에 대한 측정 및 다항식회귀분석을 통하여 공진주기와 자화률사이의 관계를 나타내는 교정식을 얻었다. 그 결과 자화률측정기에서 교정에 의한 오차를 0.5%정도로 보장하였다.

참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 61, 8, 143, 주체104(2015).
- [2] 신태경 등; 자력탐사학, 김일성종합대학출판사, 29~44, 주체106(2017).
- [3] 전봉필 등; 수감부와 그 응용, 김일성종합대학출판사, 95~97, 주체99(2010).
- [4] 苏永军 等; 地质调查与研究, 38, 3, 215, 2015.

주체108(2019)년 7월 5일 원고접수

Calibration of Magnetic Susceptibility Meter by Polynomial Regression

Kim Yong Phyong, Ho Kwang Hyok

In this paper, polynomial regression was applied to the calibration of magnetic susceptibility meter, and then analyzing the relation between resonance cycle and magnetic susceptibility, obtained second regression and result used to the calibration equation of the device.

Key words: magnetic susceptibility meter, polynomial regression, calibration