

C4

저자장 데이터를 이용한 일축결정자기이방성재료의 포화자화 결정법

한국표준과학연구원 김윤배

吉林大學 金漢民

Determination of saturation magnetization of uniaxial magnetocrystalline anisotropic material from low field data

KRISS Y.B.Kim

Jilin University Jin Han-min

1. 서론

희토류원소와 3d 전이금속은 다양한 강자성 금속간화합물을 이루며 이중에는 강한 일축결정자기이방성을 나타내는 경우가 많다. 이들 화합물은 대체로 수-수십 MA/m 의 큰 이방성자장을 보이며 포화자화 및 자기이방성 등 고유자기특성 조사에는 고자장이 요구되고 있다. 본 연구에서는 자장중에서 정렬시킨 일축이방성 분말의 저자장 자화곡선으로부터 포화자화를 결정하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 입자 정렬도 및 포화자화의 결정

입자간 상호작용이 없는 일축자기이방성 분말계에서 잔류자화는 자화용이축 정렬도의 함수로 나타낼 수 있다. 이 분말계에서 자화용이축이 가우스분포로 정렬한다고 가정할 경우 자장중 정렬방향과 수평 및 수직인 방향으로의 잔류자화는 각각 다음과 같이 표현된다.

$$J_r(\parallel)/J_s = \int \cos \theta \exp(-\theta^2/2\theta_0^2) \sin \theta d\theta / \int \exp(-\theta^2/2\theta_0^2) \sin \theta d\theta \quad (1)$$

$$J_r(\perp)/J_s = (2/\pi) \int \sin^2 \theta \exp(-\theta^2/2\theta_0^2) d\theta / \int \exp(-\theta^2/2\theta_0^2) \sin \theta d\theta \quad (2)$$

$$J_r(\perp)/J_r(\parallel) = (2/\pi) \int \sin^2 \theta \exp(-\theta^2/2\theta_0^2) d\theta / \int \cos \theta \sin \theta \exp(-\theta^2/2\theta_0^2) d\theta \quad (3)$$

여기에서 θ 는 자화용이축과 자화벡터가 이루는 각이며 θ_0 는 가우스분포에서 자화용이축의 정렬도를 나타내는 인자로 식 (3) 의 관계를 이용하여 결정할 수 있고, 그 값을 식 (1) 에 적용하므로써 포화자화를 결정할 수 있다.

표 1 및 표 2 는 각각 식 (3) 및 식 (1) 을 이용하여 구한 $J_r(\perp)/J_r(\parallel)$ 와 θ_0 및 $J_r(\parallel)/J_s$ 와 θ_0 와의 관계를 나타낸 것이다. 본 연구발표에서는 이 표들을 이용한 포화자화의 결정법 및 적용에 대하여 구체적으로 설명하고자 한다.

Table I. The ratio of remanent polarization $J_r(\perp)/J_r(\parallel)$ and the corresponding particle alignment parameter, θ_0 .

θ_0 (deg)	$J_r(\perp)/J_r(\parallel)$									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	.0000	.0111	.0111	.0111	.0111	.0111	.0111	.0111	.0112	.0116
1.0	.0122	.0133	.0146	.0161	.0176	.0192	.0207	.0222	.0237	.0252
2.0	.0266	.0281	.0295	.0310	.0324	.0339	.0353	.0367	.0382	.0396
3.0	.0410	.0424	.0439	.0453	.0467	.0481	.0495	.0510	.0524	.0538
4.0	.0552	.0566	.0580	.0594	.0609	.0623	.0637	.0651	.0665	.0679
5.0	.0693	.0707	.0722	.0736	.0750	.0764	.0778	.0792	.0806	.0821
6.0	.0835	.0849	.0863	.0877	.0891	.0905	.0920	.0934	.0948	.0962
7.0	.0976	.0990	.1005	.1019	.1033	.1047	.1061	.1076	.1090	.1104
8.0	.1118	.1133	.1147	.1161	.1175	.1190	.1204	.1218	.1232	.1247
9.0	.1261	.1275	.1290	.1304	.1318	.1333	.1347	.1361	.1376	.1390
10.0	.1404	.1419	.1433	.1447	.1462	.1476	.1491	.1505	.1520	.1534
11.0	.1548	.1563	.1577	.1592	.1606	.1621	.1635	.1650	.1664	.1679
12.0	.1694	.1708	.1723	.1737	.1752	.1766	.1781	.1796	.1810	.1825
13.0	.1840	.1854	.1869	.1884	.1898	.1913	.1928	.1943	.1957	.1972
14.0	.1987	.2002	.2016	.2031	.2046	.2061	.2076	.2091	.2105	.2120
15.0	.2135	.2150	.2165	.2180	.2195	.2210	.2225	.2240	.2255	.2270
16.0	.2285	.2300	.2315	.2330	.2345	.2360	.2375	.2391	.2406	.2471
17.0	.2436	.2451	.2466	.2482	.2497	.2512	.2527	.2543	.2558	.2573
18.0	.2589	.2604	.2619	.2635	.2650	.2665	.2681	.2696	.2712	.2727
19.0	.2743	.2758	.2774	.2789	.2805	.2820	.2836	.2852	.2867	.2883

Table II. The particle alignment parameter θ_0 and the corresponding values of $J_r(\parallel)/J_s$.

θ_0 (deg)	$J_r(\parallel)/J_s$									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	1.000	.9998	.9998	.9998	.9998	.9998	.9998	.9998	.9998	.9998
1.0	.9998	.9997	.9996	.9996	.9995	.9994	.9993	.9992	.9991	.9990
2.0	.9988	.9987	.9986	.9984	.9983	.9982	.9980	.9978	.9977	.9975
3.0	.9973	.9971	.9969	.9967	.9965	.9963	.9961	.9959	.9957	.9954
4.0	.9952	.9949	.9947	.9944	.9942	.9939	.9936	.9934	.9931	.9928
5.0	.9925	.9922	.9919	.9915	.9912	.9909	.9906	.9902	.9899	.9895
6.0	.9892	.9888	.9884	.9881	.9877	.9873	.9869	.9865	.9861	.9857
7.0	.9853	.9849	.9844	.9840	.9836	.9831	.9827	.9822	.9817	.9813
8.0	.9808	.9803	.9798	.9794	.9789	.9784	.9779	.9773	.9768	.9763
9.0	.9758	.9752	.9747	.9742	.9736	.9731	.9725	.9719	.9714	.9708
10.0	.9702	.9696	.9690	.9684	.9678	.9672	.9666	.9660	.9653	.9647
11.0	.9641	.9634	.9628	.9621	.9615	.9608	.9602	.9595	.9588	.9581
12.0	.9574	.9567	.9561	.9554	.9546	.9539	.9532	.9525	.9518	.9510
13.0	.9503	.9496	.9488	.9481	.9473	.9465	.9458	.9450	.9442	.9434
14.0	.9427	.9419	.9411	.9403	.9395	.9387	.9378	.9370	.9362	.9354
15.0	.9345	.9337	.9329	.9320	.9312	.9303	.9295	.9286	.9277	.9269
16.0	.9260	.9251	.9242	.9233	.9224	.9215	.9206	.9197	.9188	.9179
17.0	.9170	.9161	.9151	.9142	.9133	.9123	.9114	.9104	.9095	.9085
18.0	.9076	.9066	.9056	.9047	.9037	.9027	.9017	.9007	.8997	.8988
19.0	.8978	.8968	.8957	.8947	.8937	.8927	.8917	.8907	.8896	.8886