寄 書

高 Ti-Fe-Co-Ni-Al-Cu 系磁石の柱状晶の試作について

(A Simple Method to obtain Columnar Magnets of the Alloy of 5% Ti-Fe-Co-Ni-Al-Cu)

斎藤 英夫* 菊池 昭**
(Hideo Saitô and Akira Kikuchi)

Fe-Co-Ni-Al-Cu-Ti 系磁石のうち Ti 含有量の少ないものは凝固時に異方性冷却を施すと容易に柱状晶組織をもつものとなり、各粒子の [100] 方向が柱軸方向に揃い、その方向において優れた磁気特性を示すことはよく知られている。しかし、5% の Ti を含む合金では結晶が微細化されるため柱状晶組織を得ることが著しく困難とされている。わずかに高純度材料による特殊な例として $(BH)_{\max} \sim 11.0 \times 10^3 \text{ G} \cdot \text{Oe}$ のものが得られている⁽¹⁾が、これも Gould⁽²⁾の記述にしたがえば極く少量に限られている。著者らは容易かつ経済的に高 Ti-Fe-Co-Ni-Al-Cu 系磁石の柱状晶のものを得る目的で試作を行ない、ほぼその目的を達したので以下に報告する。

素材は 34% Co, 14.5% Ni, 4.5% Cu, 7% Al, 5.1% Ti 残余 Fe の標準組成の市販合金で、 $7.5 \phi \times 90 \text{ mm}$ のものである。これを一端を封じた石英管に入れ、そして素材の末端は硝子を溶かして封じた。この管を、最高温度 $1300^\circ\text{C} \sim 1400^\circ\text{C}$ において $28.5^\circ\text{C}/\text{cm}$ の温度勾配を有するシリコニット環状炉の中心軸上に固定し、炉を $0.6 \sim 10.1 \text{ mm}/\text{min}$ の速さ

で上昇させて素材を一端から逐次溶解、凝固させた。次いで、 $6.5 \phi \times 30 \text{ mm}$ に仕上げて試料とし、磁気特性の測定と組織観察に供した。なお、試料は 1250°C から磁界中で冷却し、 $600^\circ\text{C} \times 5 \text{ hr}$ 焼した。

柱状晶の発達の度合は炉の最高温度が $1350^\circ\text{C} (\pm 10^\circ\text{C})$

Photo.1 Some examples of columnar structures of the Magnets of the alloy of 5% Ti-Fe-Co-Ni-Al-Cu. ($\times 30 \times 2/3$)

(a)	Max. Temp.	$1415^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$	Furnace Vel.	$5.1 \text{ mm}/\text{min}$
(b)	"	$1425^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$	"	$4.2 \text{ mm}/\text{min}$
(c)	"	$1370^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$	"	$1.5 \text{ mm}/\text{min}$
(d)	"	$1310^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$	"	$0.6 \text{ mm}/\text{min}$

Table 1 Some examples of magnetic properties of the columnar magnets of the alloy of 5% Ti-Fe-Co-Ni-Al-Cu.

No.	Heat treatment		B_r (KG)	H_c (Oe)	$(BH)_{\max}$ $\times 10^{-6} (\text{G} \cdot \text{Oe})$	Fullness factor (%)
	Max. temp. ($^\circ\text{C}$)	Furnace vel. (mm/min)				
14-2	1415 ± 10	5.1	9.6	1310	5.00	39.7
18-1	1390 "	4.7	9.6	1350	5.20	40.1
3-1	1425 "	4.2	10.2	1320	5.90	43.8
2-1	1360 "	2.1	10.1	1380	6.25	44.8
17-1	1370 "	1.5	9.4	1270	5.00	41.9
	as cast		9.0	1290	4.30	38.6

* 東北大学金属材料研究所 (The Research Institute for Iron, Steel and Other Metals, Tôhoku University, Sendai)

** 蔵特殊製鋼株式会社 (Warabi Special Steel Co., Ltd., Warabi, Saitama Prefecture)

以上であれば、その温度には余り関係せず、移動の速さが

- (1) A. I. Luteijn, K. J. de Vos: Philips Res. Rep., 11 (1956), 489.
- (2) J. E. Gould: Cobalt, (1964), No. 23, 82.

Fig.1 Magnetization curve of a columnar magnet of the alloy of 5% Ti-Fe-Co-Ni-Al-Cu. (Sp. No. 2-1)

4 mm/min より遅い場合全面にわたって発達する。最高温度が 1350°C 以下の場合には、炉をいかに徐々に移動さ

せても柱状晶は発達しなかった。Photo. 1 (a) は最高温度 1415°C, 移動速さ 5.1 mm/min の場合, (b) は 1415°C, 4.2 mm/min, (c) は 1370°C, 1.5 mm/min, また (d) は 1310°C, 0.6 mm/min の場合であつて、上述の事情をよく示している。とくに Photo.1 (c) の場合にはとくに大きな粒子が得られ、その中では不純物が直線的に配列しているのが認められた。

磁性の数値は Table 1 に示してある。柱状晶は表の上から下に順に発達し、とくに試料 No. 17-1 (Photo.1 (c)) のもので最大であつたが、磁性は必ずしも最適ではなく、No.2-1, すなわち 1360°C, 2.1 mm/min のもので最高の磁性が得られた。これは移動速さが遅すぎる場合には粒子は大きくなつても一部偏析が起るためと考えられる。

Fig. 1 には No.2-1 の磁化曲線を示した。

なお、初期冷却部(下端)には Cu 片など特殊な強制冷却方法を採用する必要がないことも確かめている。