ミュメタルの磁性の異常変化について

(The Anomalous Changes of the Magnetic Property of a Mumetal)

仁 科 存* 庄 司 守 孝*

(Tamotsu Nishina and Moritaka Syozi)

高導磁率合金が規則格子構造 (長範囲の規則または短範囲の規則) を有する場合には、従来の研究結果⁽¹⁾によると、熱処理の方法によつて著しく導磁率が変化することが知られている。われわれはよく知られているミュメタル合金を使用して、熱処理を行なつた結果、950°~1100°C の温度範囲において導磁率のとくに低い値を示す異常現象の存在することを新たに見出した。

試料として、ミュメタル合金 (Ni=77%, Fe=16%, Cu=5.0%, Cr=2.0%, Mn=0.4%), およびこの合金に脱酸剤として Si を 0.2~0.5% 添加した合金ならびに Mg を 0.1% 添加した場合の 3 種類を製作した。用いた素金属は市場で得られる最高純度のもの、すなわち純度 99.96% の電解ニッケル、純度 99.96% 以上の電解鉄、純度 99.99% 以上の無酸素銅、純度 99.2% の電解クロムおよび純度 98~99% の金属クロムである。これらの金属を適当量配合し高周波誘導炉で真空溶解して、鋳塊にした。つぎに鍛造、圧延

によつて試料の板厚を 350 μ にした。冷間圧延率を 50% にした。この薄板から磁気測定用として外径 45 mm, 内径 33 mm のリング試料を打抜いた。この合金の化学分析結果の一例を **Table 1** に、不純物の化学および分光分析結果を **Table 2** に示す。なお 3 種類の試料はそれぞれ数ロットを含み、この分析に供した試料と磁気測定のそれとは同一のロットではないが、同じような測定結果を与えることを確かめた。

測定用の試料はすべて、露点 -55°C の水素雰囲気中で、1000°C に 2 hr 保持後炉中冷却した。つぎに 700°~1250°C 間での各温度に 5 hr 保持後炉中冷却した。冷却速度は 600°~300°C 間を 110°C/hr とした。なお直流磁気特性測定は弾動電流計法によつた。

測定によつて得られた最高導磁率 μ_m の値とそれに対応する加熱温度の関係を求め、その一例を **Fig. 1** に示した。図からわかるように Si および Mg を添加しない合金 (不純

Table 1 Chemical composition of specimens used (wt%).

Lot No.	Si	Mg	Mn	Cu	Cr	Fe	Ni
1	0.021	trace	0.48	4.55	1.88	15.5	bal
2	0.21	trace	0.41	4.91	2.10	16.04	bal
3	0.007	0.069	0.50	4.85	1.85	16.20	bal

Table 2 Impurities; (a) chemical analysis (wt %) and (b) spectrum-analysis.

Lot No.	C	P	S	O	Al
1	0.003	0.001	0.003	0.017	
2	0.004	0.004	0.003	0.057	0.003
3	0.003	0.008	0.005	0.031	0.007

(a)

Lot No.	Co	Mo	Pb	Al
1	++	-	-	-
2	++	-	-	-
3	+++	-	-	-

(b)

* 財団法人 金属工業研究所 (The Foundation; The Metal Industry Laboratory, Sendai)

- (1) R.M. Bozorth: *Ferromagnetism*, (D. Van Nostrand Co., 1951); R.J. Wakelin and E.L. Yates: Proc. Phys. Soc., **B 66** (1953), 221; 谷口: 金属, **29** (1959), 217; 山本, 中村, 長島: 電試イ報, **24** (1960), 528; 富田: 本誌, **27** (1963), 1.

Fig. 1 Maximum permeability, μ_m , vs. Annealing temperature, T , curves for 3 specimens of Mumetal.

物として Si=0.010%, Mg=tr) の場合には、900°C から μ_m 値が減少しはじめ、950°~1100°C の間に最低を作り、

1150°C から温度とともに増加する。最低を示す μ_m 値は 19,000 である。また Si を 0.5% 添加 (分析値は Si=0.49%) した合金の場合にも, Si と Mg を添加しないミュメタルと同様な変化をした。つぎに Mg を 0.1% 添加 (分析値は Mg=0.013%) した合金の場合には, μ_m は温度の上昇とともに単調に増加し, 前記の異常性を示さなかった。

ミュメタルにおいて異常性の生ずる温度については繰り返し測定した結果再現性を示した。

Ni-Fe-Cu 3 元系状態図⁽²⁾によれば, ミュメタル組成は固溶体である。この 3 元系に第 4 元素として 2%Cr を添加した場合の状態図は不明であるが, おそらく固溶体であると思われる。

われわれは目下この異常性の起る原因を追求するため脱酸剤の量, 加熱条件などを変化せしめて研究を続行している。なおこの異常性が, Muth⁽³⁾ によつて報告されたミュメタル合金のもつ短範囲の規則格子による K-状態と関連があるかどうか調べるため熱処理に伴う電気抵抗の変化を測定している。さらに K-状態については X-線回折によつてその存否を確かめるべく準備中である。

終りに, 本研究は昭和 39 年度文部省科学研究費によつて行なわれたもので, 謝意を表する。

(2) W. Koster und W. Dannöhl: Z. Metallk., **27** (1935), 220.

(3) P. Muth: Z. Metallk., **53** (1962), 203.

(1966 年 6 月 22 日 受理)