

マンガンアルミ磁石の用途開発

黒田 直人*

1. はじめに

永久磁石材料は、安価なエネルギー源として現在フェライト磁石を中心に種々の機器に使用されている。当社では、より高性能でコバルトや希土類などの希少元素を含有しない汎用磁石として、粉体工法によるMn-Al-C系磁石を開発し粉末からの一貫生産を行っている¹⁾²⁾。

現在、永久磁石はスピーカ、モータ、メータなど種々の電子機器において、その心臓部を構成する主要部品として欠かすことの出来ないものである。そのような中においてマンガンアルミ磁石は優れた機械的強度および機械加工性に加え、ステップ状、スパイラル状、メッシュ状等の多様な着磁パターンが可能であるなど、既存の磁石にはない特長を有している。当社では、マンガンアルミ磁石を単なる磁気エネルギーの供給源としてではなく、磁気性能をもった機能材料として捉えた用途開発に取り組んでいる。本稿ではマンガンアルミ磁石の製造工程、特長および用途開発について述べる。

2. 製造工程

マンガンアルミ磁石の製造工程を図1に示す。所定の配合原料を真空溶解したのち、ガスアトマイズ法によって得られる急凝固固粉末をベースとし、カプセル封入工程を経て、約700℃で温間押し加工される。このとき、マンガンアルミ磁石は結晶格子のC軸が押し出し方向に配向して異方化され、軸異方性磁石が得られる³⁾⁴⁾。また、この押し出し材を圧縮加工することにより径異方性磁石を得ることが出来る。製品はこれらの素材を各種機械加工により仕上げたのち、着磁して完成品となる。

3. 特長

3.1 機械的強度

マンガンアルミ磁石は、鋳造または圧粉成形される既存の汎用磁石とは異なり、温間塑性加工を受けた金属磁石であるため、大きな強度を有している（引っ張り強さ $290 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 保証）。モーター用磁石として組込んだ場合、この強度を回転数に換算すると、1分間に6万回転もの超高速

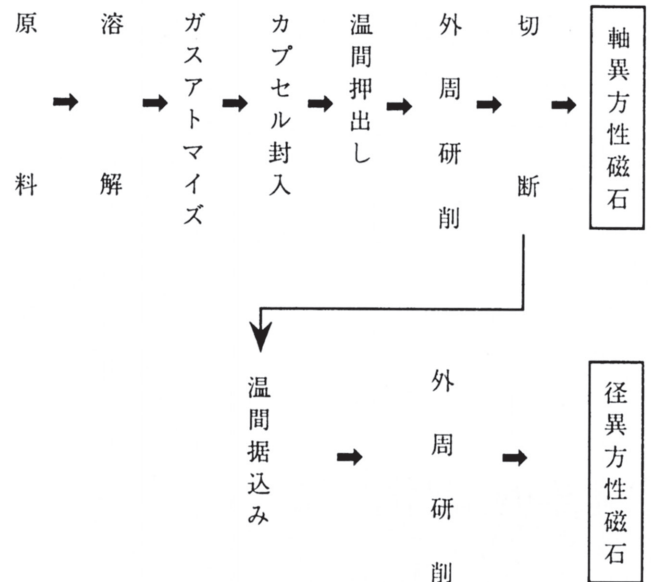


図1 マンガンアルミ磁石の製造工程

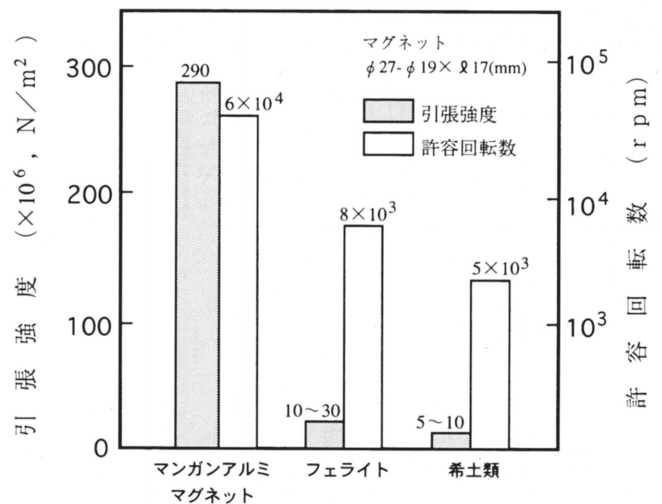


図2 各種磁石の引張強度と許容回転数

速回転が可能となる（図2）。また、部品として組立てる場合、樹脂接着ではなく、圧入やカシメなどの機械組立が可能である。さらに、割れ・欠けの発生がなく細物・長尺の製品化が可能であり、長尺の場合でも補強用の軸やスリーブが不要になるなどの特長を有している。

* 粉末開発部技術課

3・2 機械加工性

マンガアルミ磁石の大きな特長の一つとして、良好な機械加工性を挙げることができる。砥石による切断はもちろん旋盤での切削加工やドリルでの穴開け加工も容易に行うことができ、様々な形状や高精度仕上げなどユーザーニーズに合致した加工が可能である。その加工例を図3に示す。



図3 マンガアルミ磁石の加工例

3・3 着磁の多様性

当社では、従来のN-S2極着磁、多極着磁のみならずステップ状、スパイラル状、メッシュ状などの様々な着磁パターンを施す着磁技術を開発した⁵⁾ (図4)。

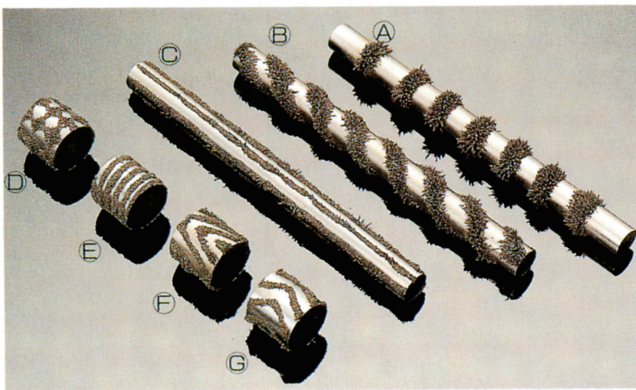


図4 新着磁パターン例

- (a) ステップ着磁 (b) ステップ着磁
- (c) ストライプ着磁 (d) メッシュ着磁
- (e) ネジ状着磁 (f) 木目状着磁 (g) 波状着磁

マンガアルミ磁石の磁気特性の担い手は図5に示すCuAlI型の規則格子構造をとる強磁性 τ 相である。図5のC軸、つまり[001]方向が磁化容易軸であり、C軸の分布状態が多結晶体としてのマンガアルミ磁石の磁気特性を左右する。

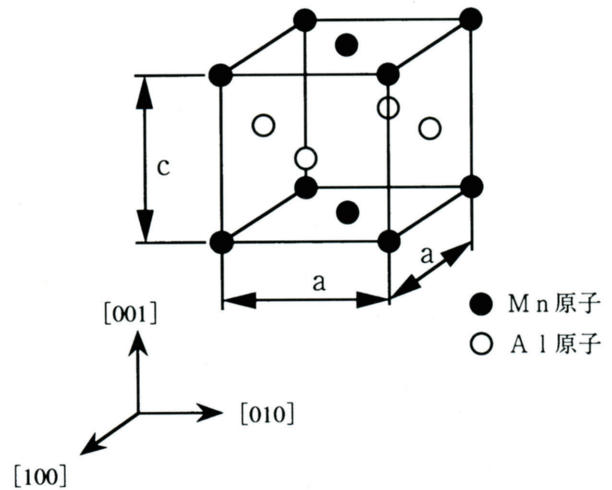


図5 強磁性 τ 相の結晶構造 (CuAlI型)

前述のように、マンガアルミ磁石は押し出し加工により τ 相格子のC軸が押し出し方向に配向して異方性化される。この押し出し加工により製造された磁石のC軸の分布状態を図6に示す⁶⁾。図6から明らかなように押し出し棒材の結晶配向度はそれほど良くなく、磁化容易方向以外の方向にもかなり分布している事がわかる。C軸が100%配向した場合、その最大エネルギー積の理論値は128kJ/m³ (16MGOe)に達すると言われている。図7は、軸方向に対して360°方向の磁気特性分布を模式的に示したもので、(a)は等方性磁石 (フェライト磁石等)、(b)は一軸異方性磁石 (フェライト磁石等)、(c)はマンガアルミ磁石である。図より明らかなように、等方性磁石は360°方向の磁気特性は均一であるがレベルが低い。また、一軸異方性磁石 (一般に異方性磁石と呼ばれているもの) は360°方向の特性は良くない。それに対してマンガアルミ磁石は楕円形の磁気特性を有し、360°方向の磁気特性として最も優れていると言える。図8にマンガアルミ磁石の押し出し軸に対して0°~90°方向のB-Hカーブを示す。

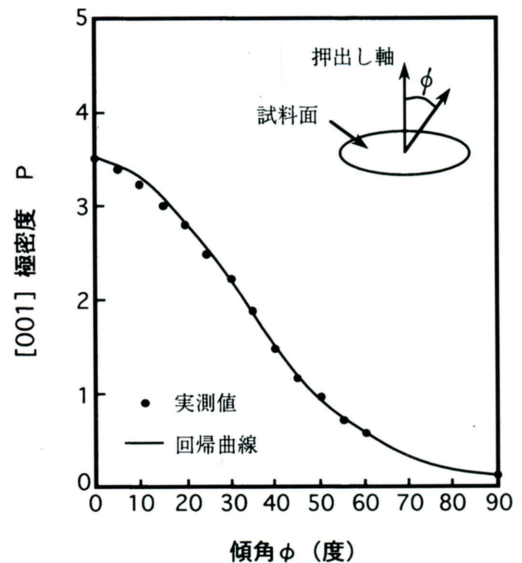


図6 押し出し棒の[001]極密度分布

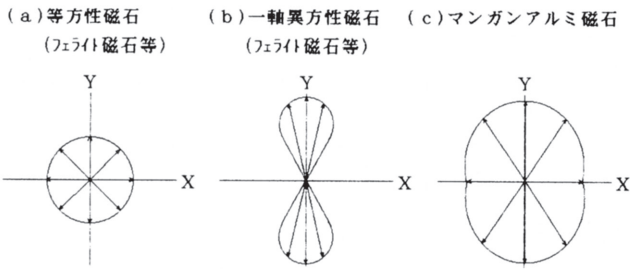


図7 磁石の360°方向の性能

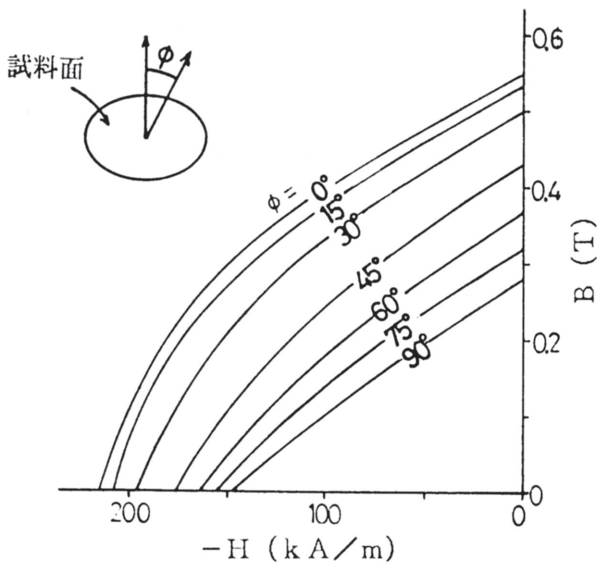


図8 押し出し材の磁気特性

図4のステップ着磁は長尺棒状磁石の外表面に一定ピッチで強い磁極を発生させ、鉄粉等を吸着する為に開発したものである。ステップ着磁において、前述のマンガナルミ磁石の軸方向および径方向の特性を十分に活用し、かつ磁束を外周面に収束させるための手段を検討した。

図9にステップ着磁を得るための着磁コイルと着磁波形の一例を示す。図に示すように、ポビンに銅線があるピッチ毎に反転させて巻き、パルス電流を流すことにより磁石内部から外周部へ流れる磁界を発生させることができる。この磁界により一定ピッチの磁極を持つ棒状磁石が得られる。螺旋状の磁極を持つスパイラル着磁やその他の着磁パターンも同様の方法で得ることができる。また、図10はステップ着磁の磁極ピッチと表面磁束密度の関係を示すものであり、磁極ピッチが直径の1.5倍程度で最大の表面磁束密度が得られ、その値は直径15mmの場合約0.38T (3,800G)である。

4. 用途開発

上述のように、マンガナルミ磁石はその特長を生かした他の磁石にはない様々な応用が考えられる。

図11は鉄粉等を処理する磁選機への応用例で、従来の構造は磁石と磁石の間に鉄を介在させ、磁極を互いに反発

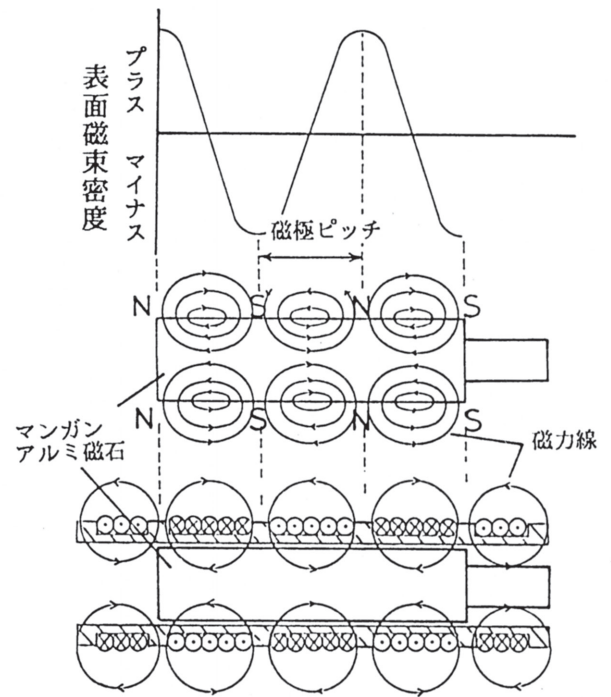


図9 ステップ着磁コイルと着磁波形

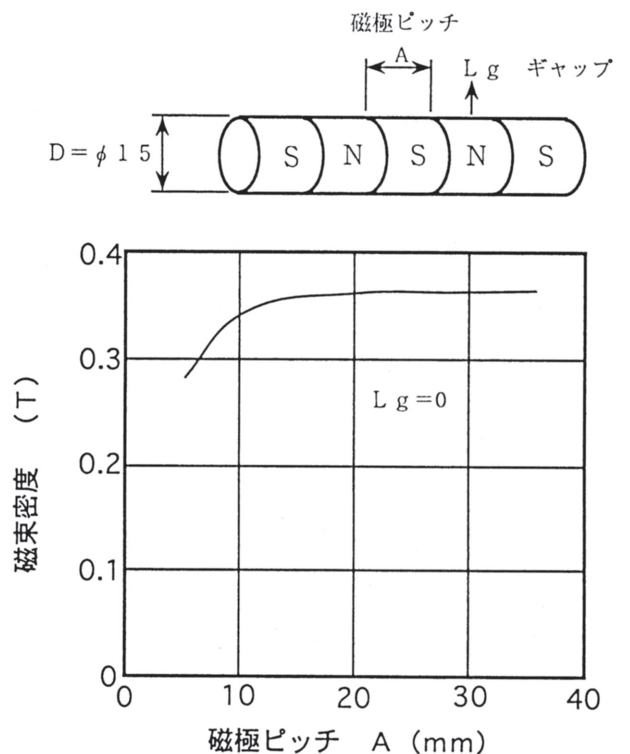


図10 磁極ピッチと表面磁束密度

するように配置し、その全体をスリーブの中に入れていたが、マンガナルミ磁石の場合は上述のようなステップ着磁により、一本の棒材で容易に製造する事ができ、またスリーブも不要となる。

図12は磁気カップリングへの応用例で、スパイラル着磁した棒状磁石を回転する事によって、上部に配置したス

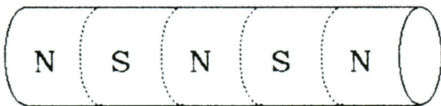
トライプ着磁した磁石との間に発生する吸引力および反発力により駆動力を伝達するものである。従来、ベルトやピニオンギアなどにより伝達されていたため、ベルトが切れたり粉塵が発生したりすることが多かった。この駆動伝達方法は、クリーンルーム用機器などで実用化されている。

また、図13はサーボアクチュエータと呼ばれるもので、リニアモータとリニアエンコーダが一体化した駆動装置である。駆動用のステップ着磁と位置検出用の微細ピッチ着磁を施した棒状磁石とMR素子を内蔵した駆動コイルにより、位置制御と駆動を同時に行うことができる画期的なものである（開発中）。

図14に厚みが1ミリ以下の超薄型磁石と球形磁石を示す。マンガナルミ磁石では、厚みが150ミクロンまで機械強度、磁気特性等バルク時の値をそのまま維持し劣化することはない⁷⁾。これらの超薄型磁石は、防塵磁気シールや永久磁石式カードキーへの応用が検討されている。

その他、鳥類飛来防止用磁石なども検討されており、従来の電子機器分野以外の様々な分野への展開が図られている。

☆マンガナルミ磁石の応用例



☆従来例

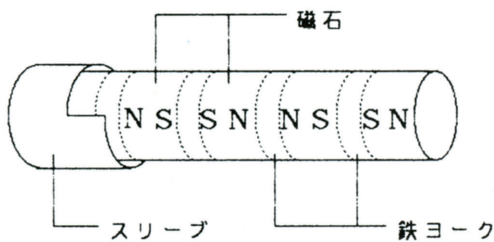


図11 磁選機例

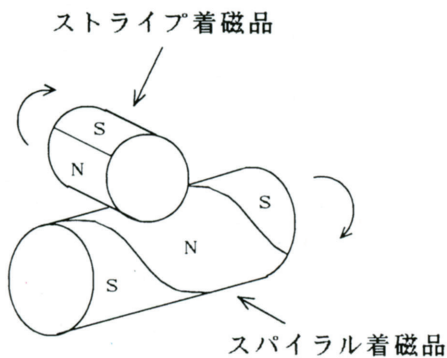


図12 磁気カップリング

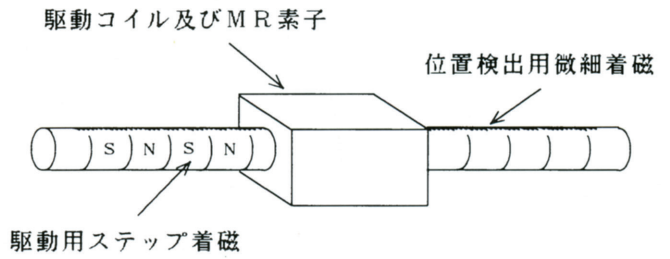


図13 サーボアクチュエータ



図14 超薄型磁石と球形磁石

5. 結言

現在、永久磁石業界では非常に安価なフェライト磁石や、非常に高性能な希土類磁石、応用機器への利便性の良いプラスチック磁石などが混在している。このような中で、このマンガナルミ磁石の位置付けは、

- 高価な希少元素を使用しない。
- 優れた機械的強度と機械加工性を持つ。
- 長尺、細径品が製造可能。
- 多様な着磁パターンが可能。

などの特長を生かした機能材料として、さらに幅広い分野への適用がひろがりつつある。

文 献

- 1) 田中義和, 柳本 勝, 加藤信行, 石川広高: 材料とプロセス, 1 (1988) p.379
- 2) 山口 旻, 田中義和, 柳本 勝, 坂口次郎, 加藤信行: 日本金属学会会報 28 (1989), p.422
- 3) 日本国特許, 第985725号
- 4) 小嶋 滋, 大谷凡夫, 加藤信行: National Technical Report, 25-5 (1979), p.871
- 5) 黒田直人, 今野五十五: 日本金属学会会報 32 (1993), p.358
- 6) Y. Sakamoto, S. Kojima, K. Kojima, T. Ohtani & T. Kubo: J. Appl. Phys., 50 (1979), p.2355
- 7) 大川 淳, 柳谷彰彦: 日本金属学会秋期大会講演概要集 (1993), p.226