

# ボンド磁石の歴史

日本ボンド磁性材料協会

専務理事 大森賢次

永久磁石の一種であるフェライトボンド磁石の工業的応用の始まりは、1960年のGoodrich社の特許公告である<sup>1)</sup>。ビニル樹脂に磁鉄鉱片を混練して押出装置で細長い帯状に成形し、冷蔵庫のドアガスケットに応用する技術が紹介されている。それまで冷蔵庫の扉は機械式ハンドルによるものであったが、放置された廃棄冷蔵庫に子供が入って出られなくなってしまった事件なども影響して、ゴム磁石による吸着で扉を保持する方式がその後一般的になったと言われている。1962年にはレイアン社が出願したゴムやプラスチックに異方性フェライト粉を混練してロールで圧延成形して機械配向を与える特許が公告になっている<sup>2)</sup>。

一方、希土類磁石粉を使ったボンド磁石が大変有用な材料であることも1960年代後半には既に認識されていた<sup>3)</sup>。初期の希土類ボンド磁石の例としては、1967年に米国においてSmCo<sub>5</sub>磁石粉を用いて試作された(BH)<sub>max</sub>=40.5kJ/m<sup>3</sup>の磁石がある。また、翌年1968年にはオランダにおいて64kJ/m<sup>3</sup>程度のものが試作されている。しかしながら、希土類磁石粉は化学的に活性であるため、使用する上で多くの問題を抱えていた。さらに、ユーザに受け入れられる安価な製造方法を開発する必要があった。最初の製品は、2–10μm程度の微細なSmCo<sub>5</sub>の粉末を熱硬化性樹脂の一種であるエポキシ(EP)樹脂<sup>4)</sup>または熱可塑性樹脂の一種である塩素化ポリエチレン(CPE)樹脂やエチレンビニルアセテート(EVA)樹脂などで固めたものである<sup>5)</sup>。ただ、この当時は、磁石になったとしても50℃程度に加熱すると磁気特性が急激に劣化するか、室温で保存していても磁気的な安定性が保たれないという状態であった<sup>6)</sup>。その後、粒子表面に金属または有機系の酸化防止膜を付ける技術が開発され、また、特殊な重合樹脂を使うことによって改良が進み、有用なSmCo<sub>5</sub>系のボンド磁石が市場に出回るようになった<sup>7)</sup>。

希土類ボンド磁石における一つの大きなブレイクスルーは、1979年にセイコーエプソンの下田らによって発明されたSm<sub>2</sub>TM<sub>17</sub>(TMはCoを主なものとする遷移金属)磁石粉である<sup>8)</sup>。SmCo系化合物にCuを添加すると高保磁力が得られることは既知であったが、Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>系磁石はSmCo<sub>5</sub>系磁石に比べて保磁力が低いためボンド磁石としての有用性に欠けていた。しかしながら、Sm<sub>2</sub>TM<sub>17</sub>系磁石において保磁力H<sub>CJ</sub>を2.4MA/mまで高めることが可能になった。この結果、Sm<sub>2</sub>TM<sub>17</sub>磁粉を用いて(BH)<sub>max</sub>=130kJ/m<sup>3</sup>が達成され、使用限界温度も150℃まで高められた。また、1981年には、(BH)<sub>max</sub>=150kJ/m<sup>3</sup>の値が得られ磁気性能面では焼結磁石に肉迫した。もし大きな粒子(~20–100μm)で高保磁力を得ることができるようになれば、粒子の表面状態に敏感に影響される保磁力の問題から開放され、より安定な磁石を得ることができるといった観点で開発された合金である。Cuを添加した2–17組成に近いSmCo系合金であり、鉄を含んでも高保磁力が得られるということで、ボンド磁石用合金粉として有用なものとなった<sup>9)</sup>。特に、均一な柱状晶を有する鋳塊に最適な熱処理を施すことで、直接粉砕して磁石粉末を得ることができる方法であったため、実用材料として市場に認められるものになった。また、これらの開発がきっかけとなって、成形方法も従来の圧縮成形のみから安価な樹脂を使った押出成形技術や磁界中射出成形技術などが同時に開発されて多様性が増し、大規模産業への応用が始まった<sup>10)</sup>。

もう一つの大きなブレークスルーは、1983年にGMのCroatらによって発明された鉄系の磁石材料である<sup>11)</sup>。前述のSm<sub>2</sub>TM<sub>17</sub>は、安定な磁石として認知はされたものの、貴重なSmと、偏在するCoを使用することが不可欠であったため、当時は極めて高価なものであり、その使用量は限られたものであった。その点、新しく開発された磁石材料は、希土類元素の中では比較的多量に埋蔵されているNdが使えること、安価な鉄がベースであるという利点があった。この材料は近年のパーソナルコンピュータ技術の進展で欠くことのできない、FDD、CD-ROM、HDD、DVDなどの各種記録装置に使われるスピンドルモータ用磁石材料として大きな市場を形成した。また、最近では家電および自動車用途でも、優れた磁気特性を利用した軽量化および省エネルギー化の観点で採用が進められており、今後も市場の大きな伸びが期待される。

## 参考文献

- 1) 特許公報 昭35-3740
- 2) 特許公報 昭37-3321
- 3) K.J.Strnat, Ferromagnetic Materials 4 edited by E.P.Wohlfarth and K.H.J.Buschow 187, (1988), K.J.Strnat, Cobalt 36, 133, (1967)
- 4) R.J.Taylor and D.P.Wainwright, Proc. 2nd Int. Workshop on Rare Earth-Cobalt Permanent Magnets and their Applications, 364, (1976)
- 5) K.Kamino and T.Yamane, Proc. 2nd Int. Workshop on Rare Earth-Cobalt Permanent Magnets and their Applications, 377, (1976)
- 6) H.F.Mildrum and K.M.D.Wong, Proc. 2nd Int. Workshop on Rare Earth-Cobalt Permanent Magnets and their Applications, 35, (1976)
- 7) T.Suzuki, T.Yamane, K.Kamino, Y.Hasegawa, M.Hamano and S.Yajima, Proc. 4th Int. Workshop on Rare Earth-Cobalt Permanent Magnets and their Applications 325, (1979)  
K.Satoh, K.Oka, J.Ishii and T.Satoh, IEEE Trans. Magn. MAG-21, 1979, (1985)
- 8) T.Shimoda, K.Kasai and K.Teraishi, Proc. 4th Int. Workshop on Rare Earth-Cobalt Permanent Magnets and their Applications, 335, (1979)
- 9) A.E.Ray, IEEE Trans. Magn. MAG-20, 1614, (1984)
- 10) T.Shimoda, E.Natori and C.Tomita, Proc. 8th International Workshop on Rare-earth Magnets and their Applications 297, (1985)  
M.Hamano, Proc. 9th Int. Workshop on Rare Earth Magnets and their Applications, 683, (1987)
- 11) J.J.Croat, J.F.Herbst, R.W.Lee and F.E.Pinkerton, J. Appl. Phys. 55 2078 (1984)