

技術委員会より

内外 BM 技術動向

副会長 兼 技術委員 大森賢次
(住友金属鉱山 (株))

2007年1月7日から11日まで米国ボルチモアで10th Joint MMM/Intermag conferenceが開催された。JAPに掲載された論文を参考にボンド磁石に係わる報告をピックアップする。

北京大学のZhangらはメカニカルアロイング法を用いて等方的なNd-Fe-B微粉末を試作した。粉末のBrは8.7kG、iHcは10kOe、(BH)maxは15MGOeであり、角形比Mr/Msは0.73であった。粉末は約30nmの大きさのNd₂Fe₁₄Bと α -Feの2相で構成されていることをTEMで確認した。レマネンスエンハンスメントはNd₂Fe₁₄B粒子同士およびNd₂Fe₁₄BとFe粒子の間に働く交換結合で生じている。粉末の粒径はブロードであり、かつ2つ山の分布をしている。粒径の平均値は16 μ m程度である。パーミアンスが2の磁石で熱安定性の評価を行ったところ、120℃での初期減磁率は約5%であった。

千葉工大の斉藤らはNd-Fe-B急冷薄帯を加圧下でのせん断法を用いて固化した。573Kの温度で固化した場合、微量の α -Feを含んだNd₂Fe₁₄Bとなった。室温で固化した場合は等方的であったが、573Kで試作したものは異方化が見られた。Brは9.2kGであり原料粉より高い値が得られた。

デラウェア大学のHadjipanayisらはNd-Fe-B薄帯と粗いFe粉末をブレンドして固化した磁石の減磁過程を理解するため単純なモデルでシミュレーションを試みた。その結果、どんな大きさの軟磁性粒もマトリックスの硬磁性相と長距離な静磁気相互作用で十分磁氣的な結合がなされることが分かった。この静磁気結合では磁気特性を強めることにはならないが、全てが硬磁性相と軟磁性相の間の交換結合であることは不必要であり、したがって、軟磁性相の大きさに対する厳しい要求は緩和することができることになる。静磁気結合

と交換結合のコンビネーションが異方性の硬磁性・軟磁性複合磁石の特性を単相の磁石に比べて高める方法を促進するかもしれない。

Chung Cheng 大のChang氏らは液体急冷法で作製したSmCo_{7-x}Hf_xC_y薄帯の磁気特性、相の進展、微細構造について調べた。HfはTbCu₇型の磁気異方性を安定化し増大させるために適量は効果的である。xを0.1にすることでBr=6.4kG、iHc=7.3kOe、(BH)max=8.7MGOeが得られた。また、Cを微量添加は結晶粒の微細化に効果があり、Cなしの場合100-400nmであったものが、Cを微量添加した場合10-80nmとなった。その結果、SmCo_{6.8}Hf_{0.2}C_{0.12}ナノコンポジット磁石でBr=6.9kG、iHc=11.8kOe、(BH)max=10.6MGOeが得られた。

アイオワ州立大のTangらはMRE₂(Fe,Co)₁₄BへのZr置換、TiC添加を組織的に試みた。Zr,TiCの効果はガスアトマイズ粉および液体急冷薄帯に対して最適な制御を可能にすることである。液体急冷法で作製し、700℃で15分熱処理した薄帯ではHcj=11.7kOe、(BH)max=11.9MGOeとなった。ガスアトマイズ法で作製し、700℃で15分熱処理した20-25 μ mの粉末でHcj=9.1kOe、(BH)max=9.2MGOeとなった。BrとHcjの温度係数はそれぞれ液体急冷粉で0.06および0.36%/K、ガスアトマイズ粉で0.09および0.4%/Kとなった。液体急冷粉の微細粒子径は30nmであり、ガスアトマイズ粉は80nm程度であり、10nmの縁がついていることをTEM観察で明らかにした。

千葉工大の斉藤は液体急冷法で作製したSm₅Fe₁₇の結晶構造と磁気特性の関係について報告した。非晶質状態の合金を973Kで瞬間熱処理をした場合はSm₅Fe₁₇相となり、同じ温度で1時間熱処理するとSm₅Fe₁₇相と一緒に僅かなSmFe₁₂相が得る。保磁力の値は熱処

理条件に強く依存し、最大値は 36kOe を超える結果が得られている。

東北大学の井上らは $\text{Fe}_{52}\text{Pt}_{32}\text{B}_{18}$ 急冷薄帯のナノ構造に及ぼす急冷速度の影響を調べ、硬磁性特性を報告している。ロールの表面速度が 20 – 37m/s の場合は $\text{L}_{10}\text{-FePt/Fe}_2\text{B}$ の硬磁性相が生成されるが、40-50m/s の場合には fcc-FePt + 非晶質となる。37m/s で作製した試料では、 $i\text{Hc}=760\text{kA/m}$, $\text{Br}=0.71\text{T}$, $(\text{BH})_{\text{max}}=93.4\text{kJ/m}^3$ であった。50m/s で作製した後 748-773K で 900s 熱処理した場合には $\text{Br}=0.74\text{-}0.77\text{T}$, $i\text{Hc}=681\text{-}718\text{kA/m}$, $(\text{BH})_{\text{max}}=101\text{-}108\text{kJ/m}^3$ となった。硬磁気特性を改良することで、 $\text{L}_{10}\text{-FePt}$ と Fe_2B (軟磁性相) 間の交換結合力を強める結果が得られている。

松下電器の山下らはあらかじめ磁石の形と配向方向を制御した後、変形させることで磁極の切り替わり位置で周方向に磁化を向かせる工夫をした異方性方向の連続制御法を確立して高密度ラジアル異方性希土類ボンド磁石を作製した。磁気特性は $(\text{BH})_{\text{max}}=155\text{-}158\text{kJ/m}^3$, $\text{Br}=0.95\text{-}0.96\text{T}$, $\text{Hc}_j=0.9\text{-}0.91\text{MA/m}$, 密度は 6.1Mg/m^3 であった。外径 40.9mm のロータを有する 8 極 12 スロットの SPM 同期モータを作製した結果、同じ大きさの等方性 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 磁石を用いた場合に比較して、起磁力を 134% 高め、コギングトルクを 20% 減少できた。