

ネオジム磁石の市場動向と最新微粉化技術 The Latest of Grinding Technology & Market Trend of Neodymium-Iron-Born Magnet

佐藤 正行
Masayuki SATO

ホソカワミクロン株式会社 粉体システム事業本部 大阪技術部 係長
Team Leader, Osaka Engineering Group, Powder Processing System Division, Hosokawa Micron Corporation

Summary

Neodymium magnets are a member of the rare earth magnet family and most powerful permanent magnets in the world. Nd-Fe-B magnets are used for hard disc voice coil motors, high efficiency motors for automotive use, high performance generators for wind power generation, and energy saving motors for industrial air conditioners and vacuum cleaners. With increased efficiency and space savings, uses of high performance magnets are increasing.

Neodymium-Iron-Boron (Nd-Fe-B) alloy are ground by jet mills such as the Micron Jet-T MJT or Micon Jet-Q MJQ. Both jet mills and its closed loop grinding system are widely used to the application.

1. はじめに

省エネルギーは永遠のテーマである。また環境面からは温室効果ガスの削減が求められている。省エネルギー化を実現する方法の一つとして、高性能の強力な磁石をつかう方法が採用されている。磁石は様々な所で使われており、特にモータには必要不可欠な部材となっている。モータの性能は磁石の性能に依存するため、強力な磁石が必要とされる。またモータの小型軽量化は携帯末端の利便性向上・自動車の燃費向上につながる。小型軽量化と高性能をあわせ持つ磁石が希土類焼結磁石である。その中でもネオジム磁石は安定供給と低価格を達成可能にした世界最強の永久磁石と言われている。ネオジム磁石はネオジム、鉄、ホウ素の化合物 ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) で作られ、1984年、住友特殊金属(現インターメタリックス)の佐川真人氏らによって発明された。ここではネオジム磁石の市場動向と製造に欠かせない微粉化技術について紹介する。

2. ネオジム磁石の製造方法

まずネオジム、鉄、ボロン、ディスプロシウム等を秤量して混ぜ合わせ、アルミナ坩堝に投入し、真空あるいは不活性ガス雰囲気下の高周波溶解炉で高温に加熱して溶解する。それを急冷、凝固させて磁石材料のもとになる磁石合金を作る。得られた合金原料を粉砕して数ミクロンの微粉にする。このときに用いる粉砕機はミクロンジェットT型を代表とするジェットミルである。ジェットミルにより単磁石サイズへ近づけることにより磁石性能(保磁力)の向上や貴重なレアアースであるディスプロシウムの添加量を減らすことができる。

次に金型の中に微粉を入れ、外部から磁場をかけて粉の結晶方向を磁場方向に整列し、プレス成型する。成型体を雰囲気加熱炉に入れて高熱で焼結し、焼結体磁石ブロックを得る。磁石ブロックの磁気特性を測定してから、加工と表面処理を行い、寸法検査、着磁等を施して出荷される。

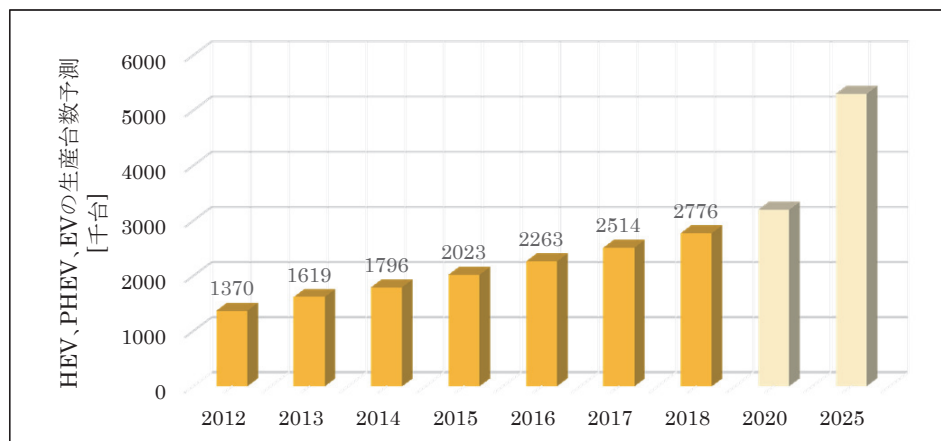


図1 HEV・PHEV・EVの生産台数予測

Fig. 1 Estimation of production volume of HEV, PHEV and EV.

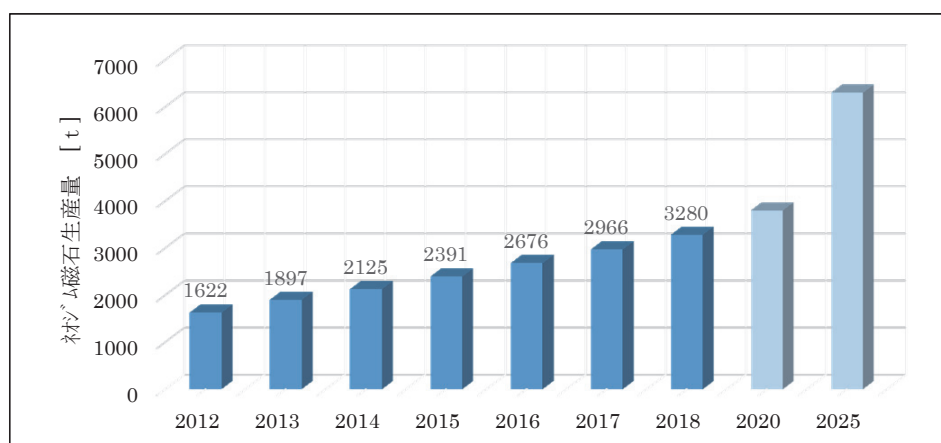


図2 ネオジム磁石の生産見通し

(JOGMEC; 電気自動車関連部材のレアメタル使用実態より)

Fig. 2 Estimation of production volume of NdFeB magnet.

3. ネオジム磁石の市場動向

ネオジム磁石は、ハードディスクドライブやDVDプレーヤー、携帯電話から電気自動車やハイブリッドカーの駆動用、エアコンのコンプレッサ、風力発電機の発電装置やMRIなどに組み込まれている。

ネオジム磁石の利用は、ハイブリッド自動車や電気自動車が増えていくにしたいが、増加していくと考えられている。先述のようにモータが重くなって運転性能の悪化や燃費低下を招き、非効率かつ不経済である。普通のガソリン車においてもネオジム磁石の利用が拡大している。例えば自動車のパワーステアリングは油圧ポンプ方式から電動モータ方式（EPS）に切り替わりつつあるが、この電動式パワーステアリングモータ

にもネオジム磁石が組み込まれている。

4. 最新微粉化技術

4-1. 循環回路システム

ネオジム磁石などの希土類合金は微粉になると急激に酸化するものが多く、空気に触れると自然に発火する。そのため微粉化は不活性ガス（窒素、アルゴンなど）雰囲気で行う必要があり、当社では不活性ガスコンプレッサを組み合わせた循環回路システムを提供している。循環回路システムでは不活性ガスの消費量を抑えランニングコストを低減する事ができる。循環回路システムは、供給機、ジェットミル（マイクロジェットT型粉碎機後述）、サイクロン、集塵機、コ

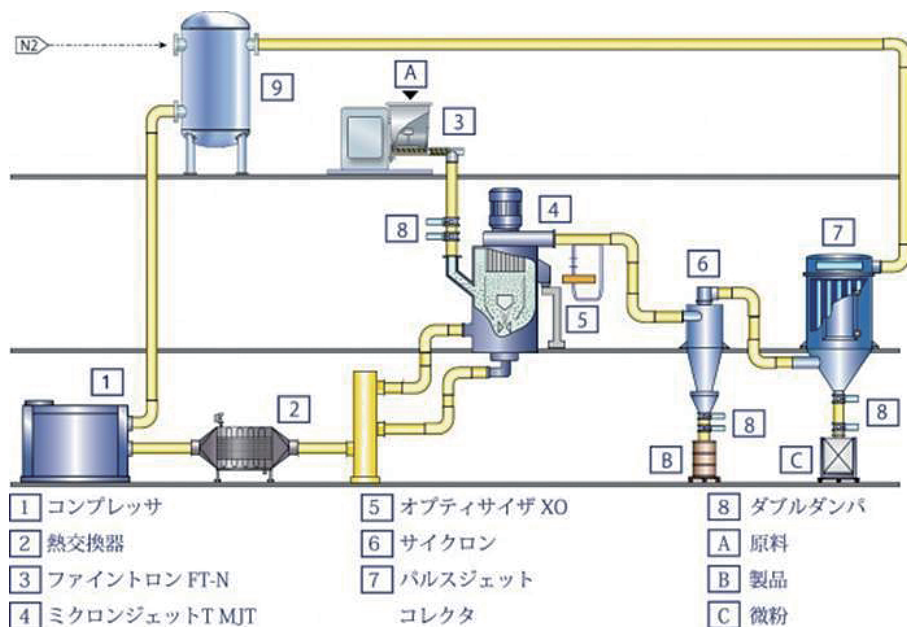


図3 循環回路システムフロー
Fig. 3 Flow of closed loop grinding system

ンプレッサで構成され（図3）、酸素濃度 100 ppm 以下の雰囲気下で、粉碎から製品回収までを実施できる。

4-2. ジェットミル

ジェットミルは、機内にある粉碎ノズルから高压のガスを噴射させて、原料粗粉を音速に近い速度で原料同士または、ターゲットに衝突させて平均数 μm まで粉碎する高性能な粉碎機である。高压ガスの断熱膨張により粉碎時に発生する熱を冷却し、原料粗粉同士または超鋼製のターゲットに衝突させて粉碎するのでコンタミが少ないなどの特徴がある。当社は2種類（MJT, MJQ）を販売している。

4-2-1. ミクロンジェット T 型

ネオジム合金粉碎には、これまで流動層式カウンタージェットミルが使われてきたが、粉碎品中に含まれる超微粉量を減少させたいニーズに応えるため、近年はターゲット式ジェットミル ミクロンジェット T 型（MJT）が採用されている。また、粉碎運転時の機内滞留量が少ないため、運転終了時の製品ロスが少なく、除酸化と清掃が容易である。

MJT は衝突式の粉碎部と、製品粒子径を調整する回転ロータ式の分級部で構成されている（図4）。原料は、装置底部中央のノズルから噴出する高速ジェッ

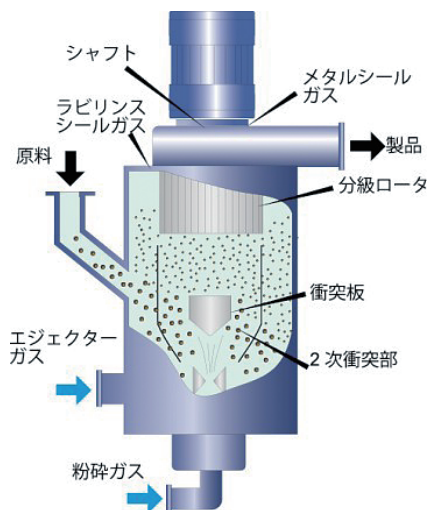


図4 ミクロンジェット T 型構造
Fig. 4 Schematic figure of micron Jet-T

ト気流によって吸引加速され、衝突板に衝突することで粉碎される。衝突部を通過した粒子は、気流と共に搬送されて装置上部にある分級ロータで所定の粒子径に分級される。分級ロータで分級された微粉は製品捕集機へと流れ、粗粉は缶壁に沿って底部に落ち、エジェクタ効果により再度粉碎ゾーンに導かれる。粒子径の調整は分級ロータの回転数の変更で容易に行うことができる。

表1 ミクロンジェットT型 MJT仕様
Table 1 Specification of MJT

型式	MJT-	Lab	1	2
処理能力	(kg/h)	3-4	50-80	100-150
窒素量	(Nm ³ /min)	1	9	20
コンプレッサ	動力 (kW)	22	140	200
	圧力 (MPa)	0.7以上	0.7以上	0.7以上

4-2-2. ミクロンジェットQ型

ミクロンジェットQ型 (MJQ) は、粉砕機下部の粉砕ノズルとターゲット、ケーシング中央部の分級機により構成されている。原料は、粉砕ノズルから噴出される高速ジェット気流によりターゲットに衝突して粉砕され、ケーシング内壁に沿って分級機の周りを旋廻する。粒子径の大小により旋廻できる半径が変化するため、粗い粒子のみがケーシング外壁、つまり粉砕

ゾーン周辺部に滞留し、細かい粒子は分級ロータ周辺部に移動する。

この機構により、より高い分級性能を実現した。

粉砕品の粒子径は、分級機の回転速度を変えることで簡単に調整することができる。

分解清掃性にも優れ、オールセラミックス構造も可能である。

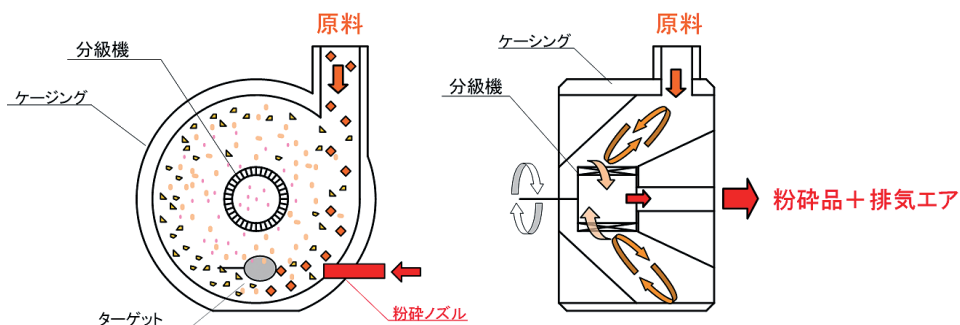


図5 ミクロンジェットQ型構造
Fig. 5 Schematic figure of MJQ



図6 ミクロンジェットQ型外観
Fig. 6 Micron Jet-Q

表2 ミクロンジェットQ型 MJQ仕様
Table 2 Specification of MJQ

型式	MJQ-	lab	1	2
スケールアップファクタ	(-)	-	1	4
粉砕空気量	(Nm ³ /min)	1	4	16
動力	コンプレッサ (kW)	7.5	30	120
	分級 (kW)	1.5	5.5	22
概略寸法	幅 (mm)	480	900	1080
	奥行 (mm)	280	850	1500
	高さ (mm)	280	1150	1440

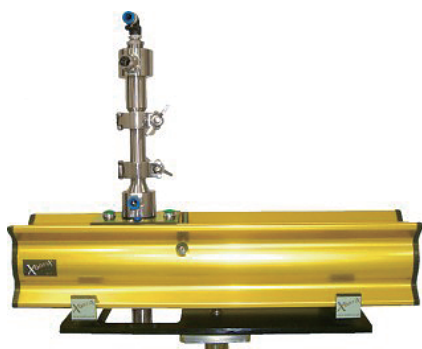


図8 オプティサイザ外観
Fig. 8 Optimizer

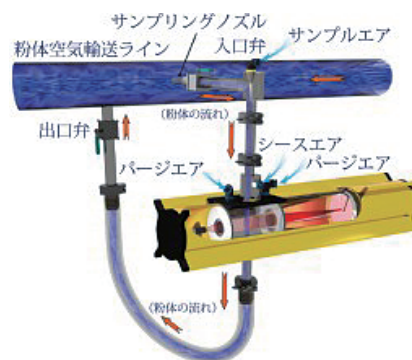


図9 オプティサイザ構造図
Fig. 9 Schematic figure of Optimizer

表3 オプティサイザ仕様
Table 3 Specification of Optimizer

型式		XO220P	XO550P	XO1100P
測定可能粒子径	(μm)	0.5 ~ 220	1.2 ~ 550	2.5 ~ 1100
測定原理		レーザー回折・散乱法		
概略寸法	W x D x H (mm)	465 x 95 x 95	615 x 95 x 95	870 x 95 x 95
概略質量	本体 (kg)	4.9	5.8	7.2
圧縮空気流量	(Nm^3/min)	0.4 (0.5 MPa)		
測定環境		-10 ~ 50°C, 10 ~ 90% RH [※]		
電源	(V)	100 ~ 240 (50/60Hz, 14-12V DC)		

注：結露なきこと（特殊仕様として医薬対応可能）

4-3. オプティサイザ^(TM) XO オンライン粒子径分布測定機

オプティサイザは微粉化プロセスライン中を流れる粉体の粒子径分布をリアルタイムで連続的に測定し、パソコン画面上でモニタリングできる、オンラインの粒子径分布測定装置である。プロセスラインを流れる製品の品質管理では、作業者が定期的にサンプリングし、測定室で粒子径分布を測定する方法が主流であるが、不具合が生じた場合、次のサンプリング時まで不良品を作り続けてしまうなどのリスクがある。本装置を用いてライン中の粉体の粒子径分布をモニタリングすることで、品質管理やプロセス管理に要する時間とコストを低減し、生産性や製品競争力の向上が可能である。また、粉塵爆発性原料を不活性ガス中で処理する場合も、大気中でサンプリングすることなく粒子径分布を測ることができるため、品質管理用測定機として広く使われている。

オプティサイザはレーザー回折・散乱法を用いて粒子径分布を測定する。製造工程中に設置したサンプリングノズルからエジェクタでサンプルを吸引・分散し、

測定セルへ送って粒子径を測定する。測定後の粉体は再び製造工程中へ戻される。測定した粒子径データはパソコンで専用ソフトを用いて表示・解析できる。さらに解析データを外部出力し、製造工程をフィードバック制御することも可能である。

本体はレーザー発振部と検出部が一体構造となっており、測定セルの脱着による光軸への影響がないため、測定セルの清掃や交換が容易に行える。独自のガス洗浄方式を採用し、パージガスやシースガス、セルクリーニングガスによって粉体が測定セルに付着しにくい構造となっている。

5. おわりに

本報ではネオジム磁石製造に伴う微粉化技術を紹介したが、同技術は他の金属粉微粉砕や粉塵爆発対策、酸化による製品劣化を防ぎたい場合などにも大変有効である。

本システムは実績も多く、他の粉砕機、分級機とも組み合わせることが可能であるため、当社までご相談いただければ幸いです。