



MJ 技報

株式会社 マグネテックジャパン技術報告

極微細な磁性異物除去システムについて

概要 多くの製造現場には、好ましくからざる混入異物類を効果的に除去するための様々な工夫がなされています。弊社の製品であるマグネットフィルタやマグネットセパレータも数多く設置され、ご活用いただいています。最近では、様々な基礎技術が急速に発展、進展しています。マイクロサイズの機能材料はナノサイズにまで極微細化しています。MEMSなどの極微細構造構築技術もまた、ナノ領域にまで極微細化しています。フォトリソグラフィによる半導体製造技術は、50nmレベルのラインピッチにまで極微細化しています。このようないろいろな極微細である製品の製造現場では、その混入する異物類もまた極めて微細化しています。取り除くべき異物類もナノサイズを念頭において考えていくことが求められるのです。弊社では、多くの経験を元に開発を進め、極微細な磁性異物類を除去する技術を模索してきました。磁性材は、微細化することによりその磁気特性もまた小さくなります。このため、磁気特性を活用して分離除去することが極めて難しくなってしまうのです。活用すべき磁気特性が失われてしまうのです。本報告では、特殊な機能性材料などに関連する業界の皆様から強くご要望を頂いております。極めて微細な磁性異物類を、効果的に分離除去する技術開発について鋭意検討を進めてまいりました。検討の経過を説明し、弊社の独自の解決策として、効果的に磁性異物を除去するシステムを提案させていただきます。また、本製品による優れた異物吸着特性の実測結果をご紹介します。

1. はじめに

多くの製造現場には、好ましくからざる混入異物を効果的に除去するため、様々な工夫が試みられています。例えば、高感度・高性能金属検知器を各製造ラインに設置するなどの混入物を見つけ出す設備が導入されています。また、エックス線を利用した異物検出装置など、異物の種類によらず効果的に検出できるようにする対応も進展しています。

金属類、特に鉄系の異物類やステンレス系の異物類を効果的に除去する設備として、古くからマグネット類が使われています。いわゆるマグネットフィルタやマグネットセパレータと言われるものです。

これらは、バーマグネットと呼ばれるモジュールを組み合わせて構成されるものが多いのです。

一般に、液体や粉体に混ざり込んだ異物類を除去する場合、バーマグネットの表面に現れた磁極によって磁氣的に吸着除去することで、分離除去

します。しかし、除去すべき磁性材料の磁気特性は、磁性材料の体積に比例します。そして、磁気特性を持つ材料は、その材料自体の結晶構造を維持している事が必要なのです。

ここで大きな問題が発生します。特に極微細化した粒子系では、磁性体の粒径効果によって急速に磁気特性の劣化が観察されます。このため、磁性材料を磁氣的に吸着除去するときに、粒子径は大きな制約要因になってしまいます。

弊社では、独自に極微細な磁性粒子の分離除去システムを開発しました。その技術内容を説明し、ご紹介いたします。

2. 磁性微粒子の磁気特性

2.1 粒子の磁気特性

磁性セラミックスナノ粒子について、その粒子サイズがナノサイズにまで小さくなると、磁氣的特性

が失われてしまう懸念があります。実際に、磁気光学特性を持つ磁性ナノ粒子を薄膜状に形成して、磁気光学特性を測定した結果が報告されています¹⁾。磁性粒子がナノサイズにまでなると、その特性がほとんど失われてしまうことが報告されています。

極めて微細な磁性異物を除去するとき、その粒子サイズが小さいがゆえ効果的な除去が出来なくなってしまうのです。

2.2 機能性材料の微細化

最近、様々な機能性材料の特性が急速に向上しています。特に、粒子系の機能性材料は、その粒子サイズによって機能が変化します。

例えば、微細な粒子では、その機能性材料の表面面積が急速に大きくなります。ナノサイズでは、粒子の単位量当たりの表面積はサイズの3乗に比例して大きくなるため、表面の割合が大きくなってきます。

粒子の表面は、いろいろな特殊な機能に大きく影響します。このため、どんどん表面積を増やそうとします。すなわち、粒子サイズを小さくするので

例えば、リチウムイオン二次電池ではその電極材料の表面積が大きければ、電子やイオンの移動は容易になります。その結果、二次電池の充電特性や放電特性の向上に効果的に影響します。大電流の急速放電に対応したり、短時間の急速充電に対応したり、産業技術としてはとても重要な特性に影響するのです。

また、化学的な特性を考えれば触媒などの機能は表面積の大きさに影響されるでしょう。当然ながら、表面積が大きければ触媒機能も大きくなるのです。

界面化学的な効果を活用するのであれば、表面積が大きいほど優れた特性を示すであろうことは、簡単に想像できるでしょう。

2.3 磁性異物の微細化

機能性材料が微細化して、最近ではナノサイズまで到達しているのに関連して、混入する異物類もまた極めて微細化しています。最近では、除去する異物もナノサイズにまで至る場合もあるようです。

異物である磁性材料が微細化してしまったら、それを除去することはとても難しくなってしまうでしょう。現実には、磁性微粒子の粒径が数 μm の大きさになってしまったら、磁氣的に分離する事はとても難しいのです。磁性微粒子が磁気特性を持たなくなってしまうのです。

3. 極めて微細な磁性異物を除去するシステム

3.1 微細な磁性異物除去の考え方

マグネテックジャパンは「安全」と「安心」を確保するための、総合異物除去技術を提供する企業です。「安全」と「安心」を確保するための、いろいろな技術や装置を有効に活用して、不要な異物を取り去ってお客様の安心を提供するのです。

その活用する技術の一つに、マグネットがあります。そして、マグネットを活用した異物除去技術は効率とコストの観点、運用の観点から、いろいろな優位点がある事も確かです。マグネテックジャパンは、その蓄積した技術とノウハウを応用して、異物類を高い効率で分離除去する技術を構築してきました。極めて微細な磁性異物についても、培ってきたマグネットや磁気の技術を活用して技術開発を進めてきました。

第1表に磁性異物の大きさと分離の容易性の関連を簡単にまとめました。粒子の大きさが小さくなれば磁化が小さくなり、除去困難となるのです。

分離を可能にするには、磁化を大きくしてやる事、すなわち粒径を大きくしてやる事が大切であることが理解できるでしょう。

第1表 磁性異物の大きさと分離容易性

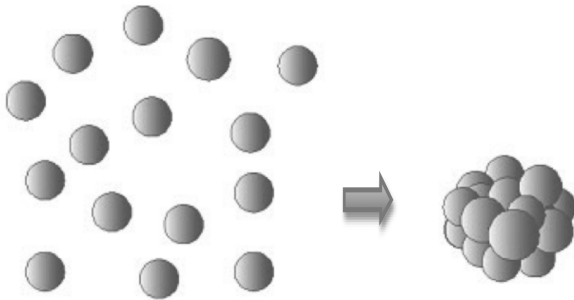
粒径	小	大
磁化	小	大
除去	困難	比較的容易

3.2 極めて微細な磁性異物を除去する

磁性異物を除去するには、物理的に磁性特性を大きくすることが最も大切です。マグネットを活用するには、マグネットに吸着してくれなければならないのですから。

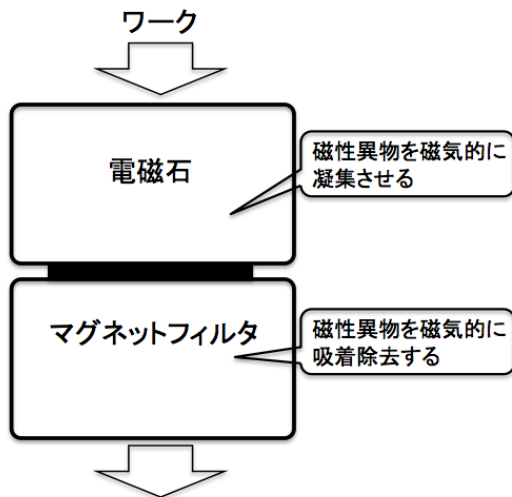
さて、具体的にはどのように対応するのが良いでしょうか。

マグネテックジャパンは、磁性異物の粒子径を大きくして、磁氣的に吸着できる状態を構築してやる事を模索しました。第1図のように、微細磁性異物であっても凝集させてやれば大きな粒子相当になります。



第1図 微細磁性異物の凝集

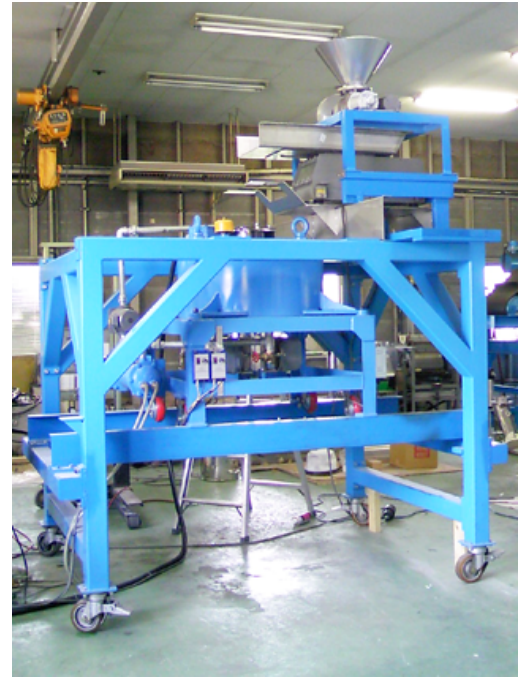
そして、第2図に示すような複合的な異物除去装置を開発しました。実際に試作して特性を評価したところ、優れた特性を発揮する事が確認できました。この極めて微細な磁性異物を除去するシステムは、マグネットを応用した装置であり、従来の使い勝手を維持した装置として設計・構築したものです。



第2図 超微細磁性異物除去システム

3. 3 微細磁性粒子除去システム

本システムの基本構成を第2図に示しましたが、もう少し詳しく説明しましょう。第3図に、試験用の試作装置の一例を写真でお見せします。第3図の写真は、装置を固定するフレームに組み込まれた



第3図 超微細磁性異物除去システムの例



第4図 超微粒子凝集用磁気回路ユニット

超微細磁性異物除去システムの一例です。

このシステムは、第2図のように、磁性異物を凝集させるための電磁石部分と、磁性異物を分離除去するマグネットフィルタ部分から構成されます。

システムの動作を簡単に説明しましょう。システムは、第2図に示したように、磁性異物が混ざったワークを、まずは電磁石を使って磁界を制御した凝集システムに通します。この電磁石で発生した磁界は、第4図に示すような複雑な磁気回路を構成したダクト状部分を通過する間に、微細な磁性微粒子が凝集して、大きな粒径になります。

すなわち、第1表に示すように、磁性微粒子の粒子サイズを大きくするような前処理を行う事によって、次のマグネットフィルタで除去可能な状態に構築してやります。

凝集した磁性異物は、第2図に示すようにマグ

ネットフィルタで磁氣的に吸着除去することが出来るのです。

4. 超微細磁性異物除去システムの特性

4.1 性能試験

微細磁性異物が混ざり込んだワークについて、どのくらいの効果が期待できるのでしょうか。まずは、10～20 μm 程度の金属酸化物微粒子材料中に混ざり込んだ鉄系酸化物異物の除去効率を試験しました。試験結果を第2表に示します。

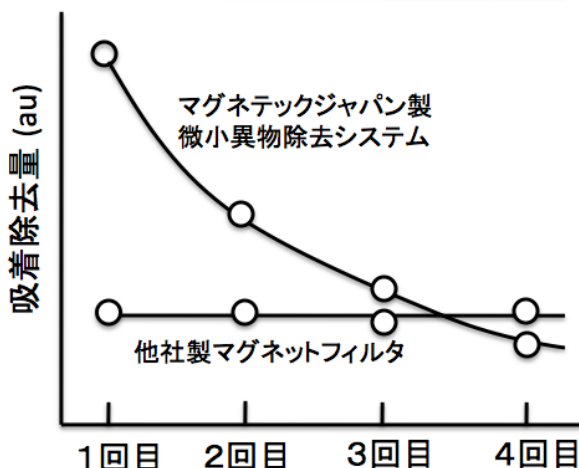
この効率試験は実際の電磁石凝集システムを開発する時に試験用のワークとして用いたものです。第2表の結果は、約2 μm の鉄系酸化物微粒子を100ppm含んだワークを1kg処理したものです。含まれる異物が100%吸着除去された場合、100mgとなります。よって、第2表に示された結果は、そのまま%として読み替える事が出来ます。

第2表に示すように、電磁石を用いて凝集のための前処理を行った場合であれば約90%の除去率となることがわかります。また、電磁石を用いない場合では、約23%となることがわかります。

もう一つ大切な点ですが、このような磁性異物の除去率は、電磁石に設置される磁気回路材の構造に大きく影響されます。ここが開発のキーポイントになります。

第2表 試験ワークの異物除去効率

	除去量 (mg)
電磁石ON	90
電磁石OFF	23



第5図 微小磁性異物除去特性

4.2 実機試験

実際の生産対応設備ではどの程度の性能が発揮されるでしょうか。

製造ラインに微小異物除去装置を設置して、その特性を評価した結果を第5図にお見せします。

第5図のように、磁性異物を除去した量について、複数回の処理を行って、その傾向を比較しました。弊社の微小磁性異物除去装置では、処理の回数に明確な傾向が現れました。最初の処理でかなりの部分について異物除去処理が進展していることを示しています。

弊社の処理装置に比較して、他社製のものでは複数回の処理でも除去量に差異がありません。この結果は、弊社製の微小磁性異物除去装置により、効果的に磁性異物の除去が出来ていることを示しています。

実際に、除去できた磁性異物の総量を比較すると、本試験では約3倍の差異が測定されました。弊社製の微細異物除去装置が効果的に機能を発揮している事を明確に示しています。

5. まとめ

最近急速に要望を頂いております超微細磁性異物除去システムについて、その開発の経過と特性についてまとめました。

弊社では、一般的に用いられているバーマグネットシステムのと性能を最大限に発揮させるため、前処理の粒子凝集装置を組み合わせました。このように、たとえ微細な粒子であっても凝集させてやれば除去可能なのです。

弊社の安全で高性能な涙型バーマグネットそしてマグネットフィルタを活用いただき、ご愛顧いただきたくお願い申し上げます。

参考文献

[1] T. Hirano, T. Namikawa, The size estimation of the Bi-YIG nano-particles dispersed in a plastic binder, IEEE Trans Magn., Vol.35(5), pp.3487 (1999).

発行:代表取締役 物集高彦
株式会社マグネテックジャパン
〒359-1164 埼玉県所沢市三ヶ島 5-521-1
Tel 0429-48-9995 FAX 0429-48-6628
e-mail support@magnetec.co.jp
発行日:2009年8月1日, MJ 技報 008 号