



## 特集

### 4 [異物混入防止機器]

# 異物管理のソリューション、 マグネットフィルタとその応用

(株)マグネテックジャパン 顧問/平野技術士事務所 代表 平野 輝美

## 1 はじめに

製造現場では、多くの資材が取り扱われている。これらは、様々な加工・処理などが施されて、製品として出荷される。本来、製品のみが  
出荷されることが好ましいのであるが、まれに異物が混入してしまうことがある。例えば、食品製造業であれば金属片や髪の毛や昆虫類などが混入してしまうことはなんとしても避けることが必要である。電子デバイス用資材であれば、金属酸化物粉や金属片などの混入は製品の品質保証にも関わる重大事である。医薬品関連では健康に寄与するべき製品に危険な異物類、例えば金属片や昆虫類などが混ざり込む等もつてのほかであろう。

いわゆる異物類は、好ましからざるものを示す。製品に対してその特性を劣化させるようなもの、危険性をはらむものなど様々な異物類が考えられる。その上、近年では全てのものが微細化超微細化する傾向にある。考慮すべき異物類も超微細なものへと変化している。

このような産業界の状況に対して、消費者の意識はどのように変化しているであろうか。例えば食品類を考えたとき、異物類による不安感を増幅するような事例が散見されるのではないだろうか。食品類に対するこのような意識の変

化は過剰とも言えるものであるが、異物混入の対策を考える立場からは、消費者の意識や心理を理解した再発防止と事後対応を実施することが必要なであろう<sup>1)</sup>。

製品の特性を劣化させるような異物類として、金属類を避けて通ることはできない。製造に関連する多くの設備は金属類により構成されているだけでなく、金属片は鋭利な形状である可能性がありより危険性が高い。食品類や医薬品類等、人間が口にするものについて鋭利なものは極めて危険なのである。消費者がけがをしたなどということは、なんとしても避けねばならない。エレクトロニクス関連の資材では、金属類は短絡の危険性を示すものであろう。機能の破壊だけでなく、発熱や、最悪の場合では爆発の可能性も考慮する必要がある。

多くの金属系異物類は、鉄系の組成を持つことが多い。これらを効率的に分離除去する技術として、強力な磁石を用いたマグネットフィルタが使われている。本稿では、最近のマグネットフィルタ技術に関する全般的な情報をまとめ、これからの金属異物除去、金属異物検知と分離に関する動向を含めて提示する。



## 2 マグネットフィルタ

マグネットフィルタとは、磁石を用いて金属系異物、特に鉄を含有する金属系異物類を分離除去する装置を示す。フィルタという言葉を用いているが、一般的なフィルタのような形状ではなく、永久磁石を利用した装置とご理解いただく方が的確である。マグネットフィルタの基本構成と基礎について述べる。

### 2-1 バーマグネット

マグネットフィルタは、永久磁石と磁路材（いわゆるヨークである）を用いた構成である。もっとも基本的な構成は、永久磁石とヨークにより構成された棒状のマグネットモジュールであろう。一般にバーマグネットと呼ばれるものである。バーマグネットの構造例を図1に示す。

このようなバーマグネットを用いて、磁氣的

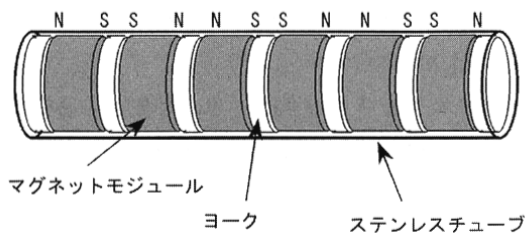


図1 バーマグネット構成例

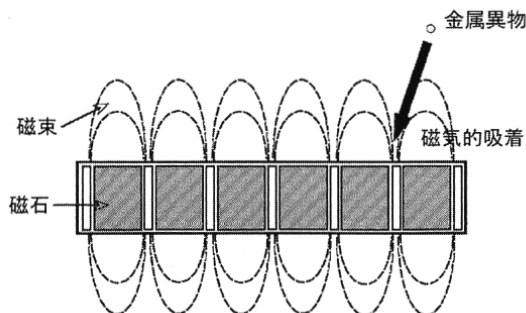


図2 バーマグネットによる磁氣的吸着

な特性を有する異物類、例えば鉄系の異物類を吸着除去するのが基本的機能である。

図2にバーマグネットを使って磁氣的に磁性金属異物を吸着する状況を示す。磁石によって発生した磁束はヨークを通して表面から空間に出る。磁氣的に反応する鉄系の磁性金属異物は、バーマグネットに吸着して分離除去される。

図3に実際に用いられるバーマグネットの一例を示す。図に示すように極めてシンプルな形状である。このようなバーマグネットを基本構成単位として用い、様々な工夫を加えてマグネットフィルタを構築していく。

### 2-2 安全性

バーマグネットは、図1に示すように磁極を対極するような構造に構築されている。このような状況は、ヨークを通して磁束が空間に広がるような特性として好ましいものであろう。しかし、磁極が相対しているということは磁氣的な反発が発生していることになる。極めて強力な反発力をバーマグネットのステンレスチューブで封じ込めているのである。

このような磁氣的に不安定な構造を安定化させるために、永久磁石の中心部に孔を構成して磁石を貫通するシャフトにより固定することが行われている。一例を図4に示す。



図3 バーマグネットの例

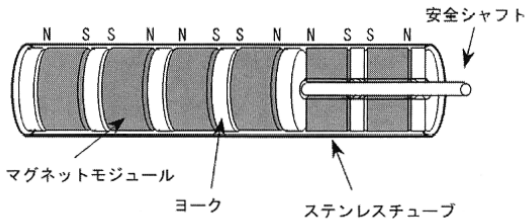


図4 安全シャフトを有するバーマグネット構成例

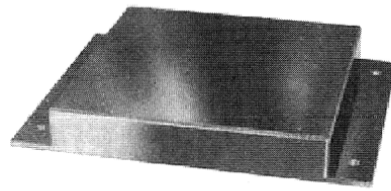


図5 プレートマグネットの例

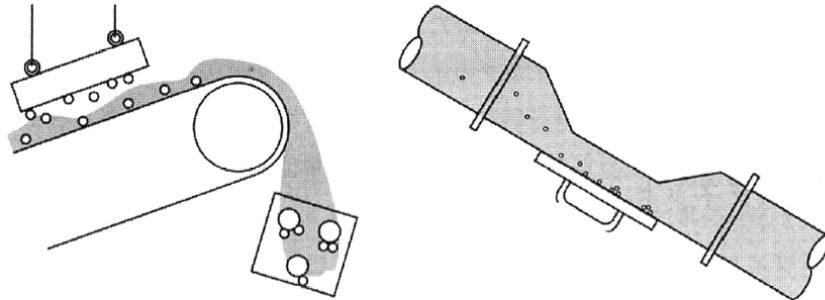


図6 プレート式マグネットの設置例

最近のネオジウム系永久磁石のような、非常に強力な永久磁石を安全に固定するには、安全シャフトを組み込むことが好ましい<sup>2)</sup>。

### 3 マグネットフィルタの用途と分類

マグネットフィルタは、その対象とする資材によって幾つかに分類できる。特に考慮すべきは、以下の点である。

固体用：流動性，粒子形，粒子径，比重，硬さ

粉体用：流動性，粒子形，粒子径，嵩密度，安息角，粘着性

液体用：流動性，粘度，pH，温度，腐食性

気体用：温度，腐食性

マグネットフィルタは、その対象とする資材が厳密に決まっているものではない。粉体用を液体に利用することも可能であろう。しかし、資材の特性によっては注意を要することも多く、特に流動性と粘着性に注意する必要がある。粉体では流動性が良くても安息角が大きい資材もある。マグネットフィルタは金属異物をパー

マグネットに付着させることにより分離除去するのであり、資材がまとわりついてしまうような状況では除去効率の劣化が懸念される。最適な構成を個別に設計することが必要であり、マグネットフィルタメーカーのノウハウでもある。

### 4 マグネットフィルタ装置

マグネットフィルタは、その対象とする資材によって様々な工夫が凝らされた構成となる。マグネットモジュールの種類と設置する装置の幾つかの具体的実例を示しながら、紹介する。

#### □プレートマグネット

平板状の表面部分から磁束が発生するように工夫されたマグネットフィルタである。一例を図5に示す。製造現場では多くのコンベアが設置されているであろう。プレート式マグネットは、これらのコンベア類で資材を搬送する途中やシュートで移送する途中等に設置して、異物類を磁気的に分離する。図6に設置の例を示す。

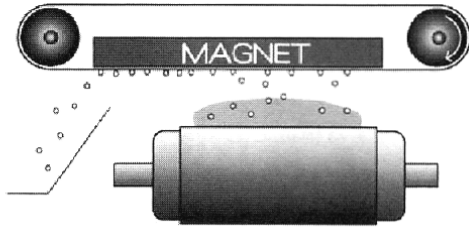


図7 プレートマグネット設置例

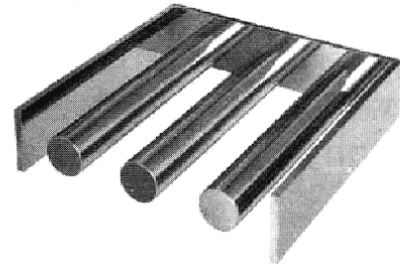


図8 格子マグネットの例

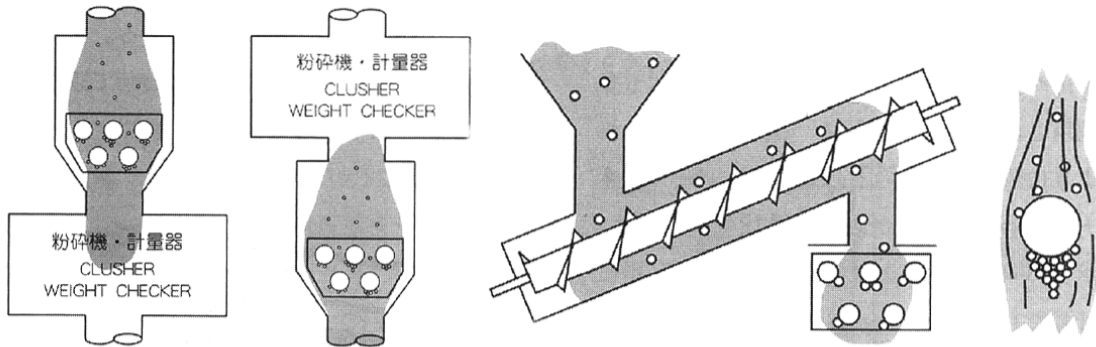


図9 格子マグネット設置例

また、図7には、プレートマグネットとベルトを組み合わせて、連続的に異物除去を行う装置の例を示す。このように工夫することによって、インラインで連続処理が可能となる。

#### □格子マグネット

バーマグネットを複数本組み合わせた構成のマグネットフィルタを、通常格子マグネットと呼んでいる。図8に一例を示す。

格子マグネットは、多くの応用が考えられ、様々な状況で設置される。その一例として、コンベアに関連して図6にも示したように、搬送した資材を落下させるような構成とすることで、搬送ラインに格子マグネットを組み込むことができる。

また、粉碎机や計量器などと組み合わせて異物を除去することや、各種のエレベータなどと組み合わせて設置するようなことも行われる。図9に格子マグネットを設置する例を幾つか示した。

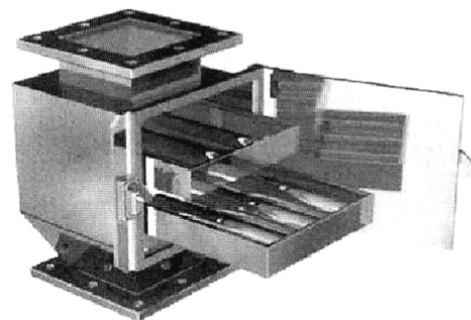


図10 ハウジング付き格子マグネットの例

格子マグネットは、マグネットの周辺部を囲うように工夫して、ハウジングマグネットとしても利用される。図10にハウジング式の格子マグネットの例を示す。

図11に、ハウジングマグネットの設置例を示す。図11では、乾燥機や充填機と組み合わせて設置することを示しているが、このような組合せのみではない。様々な状況で、それぞれの状況に合わせて設置される。

また、ハウジングマグネットの発展型として、



バーマグネットを自動的に清掃する機能を付与した装置もある。その例を図12に示す。本例は、磁氣的に吸着除去した異物類を、バーマグネットから自動的に排出する機構を組み合わせたものである。

□ホッパーマグネット

格子マグネット等は、資材を落下させてその途中に組み込むようなものが多い。製造ラインでは資材や材料を受け入れ一時的に貯留する機能を併せ持つような、いわゆるホッパー類も多く利用される。このホッパーの内部に設置されるように設計したものとして、ホッパーマグネットと言われるものがある。図13に例を示す。本ホッパーマグネットは、丸形のホッパー用に設計したものであり、バーマグネットの長さを

変えて円錐にフィットするような形式に整えてある。また、本ホッパーマグネットは、1枚の板状の構成部材に対してその両側にバーマグネットを設置する構成としてある。このように構成することにより、バーマグネットに付着した異物類を容易に掃除除去することができる。

図14にホッパーマグネットの設置例を幾つか示した。ホッパーと計量器や粉碎機などを組み合わせるようなことも可能である。また、射出成形器のような装置に組み合わせて設置されるホッパーにも適用できる。

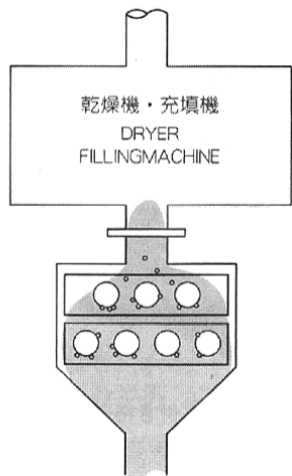


図11 ハウジングマグネットの例

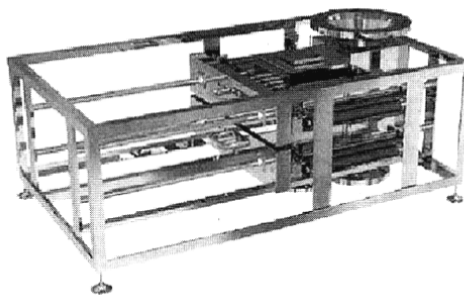


図12 自動清掃機能付きハウジングマグネット

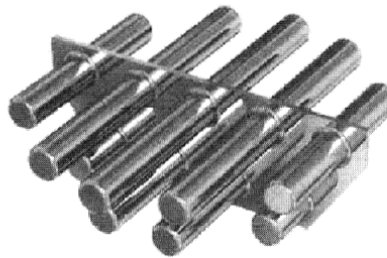


図13 ホッパーマグネットの例

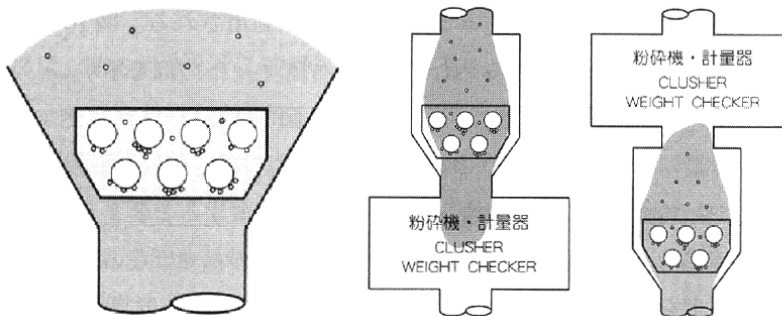


図14 ホッパーマグネットの設置例

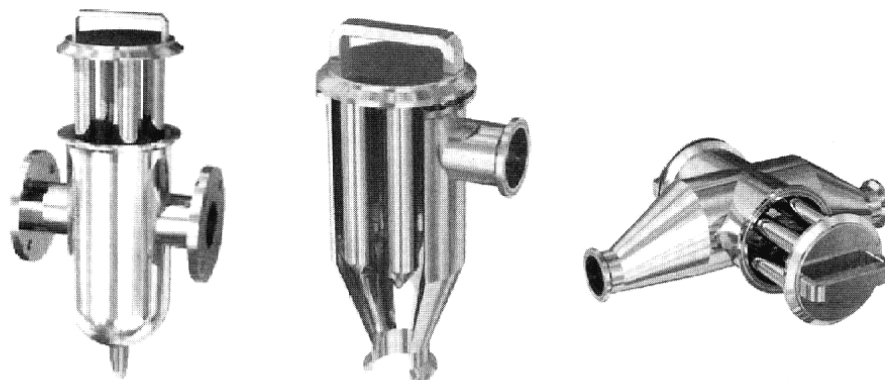


図15 液体用マグネットフィルタの例

#### □液体用マグネットフィルタ

製造現場では、液体資材を扱うことも多い。液体資材は、その多くの場合配管を利用して移送される。マグネットフィルタとして、液体用に最適化したものが用意されている。図15に液体用に用いられるマグネットフィルタの例を示す。

液体用の場合では、その多くが配管系に組み込まれる形で設置されることが多い。対象の資材が液体であれば、バーマグネットに対して付着するような問題が顕在化する可能性が小さいので、インラインの設置が比較的容易である。図16に液体用のマグネットフィルタの設置例を示す。液体中に混ざり込んだ異物を、バーマグネットによって分離除去する。

#### □気体用マグネットフィルタ

近年、気体に混ざり込んだ微粒子を除去する要望も多く頂く。例えば、溶接などの工程では、金属、特に鉄系金属のヒューム等が大量に発生している。このような微粒子は、人間の健康にも大きく影響する懸念が指摘されている。工場周辺の環境への影響も大きい。液体用のマグネットフィルタの多くは、気体についても適用可能である。これらを応用展開していくことが求められよう。

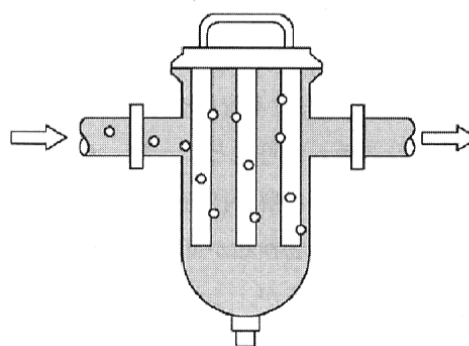


図16 液体用マグネットフィルタの設置例

## 5 金属検出装置

マグネットフィルタは異物類を受動的に分離除去技術であるため、検出する機能を有しない。異物として混入する金属類を積極的に分離除去するには、異物を検出することが求められる。これからの異物管理において、確実に除去していくために高感度で検出する技術もまた極めて重要であると考えられる。

#### □金属検知装置

金属類、とくに磁性金属では異物の磁気的特性を検出して異物類を検知する技術が利用されている。また、非磁性体金属では電磁誘導による検知技術が用いられている。両者とも金属類を高い感度で検知可能である。



#### □エックス線異物検知装置

最近、エックス線を利用して混入した異物類を検知する装置が開発され、現場に導入されつつある。金属検知機が金属類に対応するのに対して、X線異物検知装置はあらゆる異物に適用できる。マトリックスと異物類のX線に対する透過性の差を検出するのであり、万能ではないが金属検知装置に比較してその適用範囲は格段に広い。今後の異物除去において導入を検討すべき技術である。

#### □画像解析式異物検知装置

近年のCCDカメラの発展と低価格化の進展から、製造現場における資材をカメラにて観察、監視するシステムが可能となった。カメラによる監視であり、画像解析技術の能力によっては極めて高精度の異物検知が可能である。表面部分の観察技術であるが、これから大いに発展する技術分野であろう。

## 6 異物分離装置

異物類を検出した後、分離除去する技術もまた求められる。幾つかの有望な技術が利用されつつある。

#### □サイクロン

古くから用いられてきた分離技術であるが、近年では幾つかの工夫が組み込まれて極めて高性能かつ安価になってきている。インライン化に対する親和性も優れたものがあり、今後利用分野の拡大が期待される。

#### □遠心分離装置

遠心分離は液体系に含まれる異物類を除去する有望な技術である。特に近年では、極めて高速の回転を安定に達成する技術を適用し、さらに回転の差動運動を利用した遠心力場における分離装置が開発されている<sup>3)</sup>。

#### □比重分離装置

物質の特性である比重を用いて異物類を分離除去する技術も利用されている。

#### □浮上除去装置

液体中に混ざり込んだ異物類を効果的に分離除去する技術として、泡を用いた浮上分離が利用されている。この技術は生活排水処理に用いられていたのであるが、最近では工場排水やクーラントなどに含まれる異物除去に適用されている。

## 7 まとめ

生産現場の大きな問題点である混入異物類の除去について、金属系の異物除去に利用されるマグネットフィルタを主に述べた。マグネットフィルタは古くから利用されている基本的な装置であるが、最近の強力な磁石の登場によって、その機能性や能力が格段に優れたものへと進化した。

現場における異物類は、どのようなものであれ製品に対して好ましくないものである。これらを効果的かつ効率的に分離除去する優れた技術が求められている。異物除去装置メーカーのお客様、すなわち製造業各社の生産現場にとって分離除去技術の詳細が重要なのではない。異物類を積極的に管理して、総合的な異物管理の解決策、すなわち問題に対するソリューションを提供していくことが最も重要な観点であろう。

#### ■参考文献

- 1) 食品工場における異物混入技術の考え方について、島田博行、食品機械装置、Vol.43(2)、2006.
- 2) 特許第3157387号、バーマグネット及びマグ



ネットフィルタ

- 3) 特開2001-246291, 差速を利用した立型固液  
分離装置

平野技術士事務所 on the NET

<http://www.ce-hirano.com>

Tel : 090 - 3694 - 7864

e-mail : [info@ce-hirano.com](mailto:info@ce-hirano.com)