

# M6-h シリーズ金属検出機による 高感度・高安定な金属異物検出の実現

北嶋英和 Hidekazu Kitajima, 早川悠輝 Yuki Hayakawa, 山下哲史 Satoshi Yamashita, 谷口英治 Eiji Taniguchi,  
山口量彦 Tomohiko Yamaguchi, 大石菜津子 Natsuko Oishi

## 〔要 旨〕

従来機の同時 2 周波検出方式やライン適合性・イージーメンテナンスといった優れた部分を継承しつつ、デジタル信号処理・新アルゴリズム内蔵オート設定・スマートガイドといった新技術や機能を搭載した M6-h シリーズ金属検出機を開発した。一般包装食品(アルミ蒸着包装含む)に混入した鉄・非鉄異物を「誰でも簡単に、高感度で、高安定な金属異物検出」をコンセプトとし、従来機比で 1~2 サイズ小さいテストピースを検出可能にした。

## 1 まえがき

食の安全・安心に関する問題に対し、一般消費者の意識がこれまで以上に厳しくなっている。特に、食品に異物が混入した場合、消費者に身体的な危害や不快感を与えてしまうため、商品の全品自主回収や製造停止にまでおよび、食品メーカは多額の損害をこうむることになる。さらに対応を誤ると、取引先や消費者からの社会的信用が失墜し、企業の存続をも危ぶまれる事態となる。

一方、2016年に厚生労働省は、2020年開催の東京オリンピックを背景として国内の食品関連企業に対して、食品衛生管理の国際標準である HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)を段階的に義務化する方針を固めている。HACCP とは製造工程のあらゆる段階において生物的・化学的・物理的な危害要因を分析し、その結果に基づいて製造工程の重要管理点(Critical Control Point)を定め、これを連続的に監視することにより製品の安全を確保する衛生管理の手法である。この義務化を受け、食品メーカは生産設備や管理体制の見直しを行うとともに、これまで以上の確実な品質管理を徹底し、特に異物の混入には注意を払うようになってきた。

食品に混入する可能性がある異物には、金属、石、ガラス、骨、プラスチック、毛、虫など、さまざまなものがあるが、特に身体的危害を与えるリスクが大きい金属異物の検出・排除には一般的に金属検出機や X 線検査装置が使われている。金属検出機は X 線検査装置と比較し、導入コストやメンテナンスコストが安く、取り扱いも比較的容易なため、上記の背景を持つ日本や欧米などの先進国だけでなく、昨今、急速な経済発展をしている ASEAN でも食の安全・安心への関心が高まり、広く使用されている。この金属検出機は微小な磁界の変化を捉えているため、商品に含まれる成分や品温変化の影響を受けやすく、誤検出が生産性低下につながる恐れもある。このため、誤検出なく高い検出感度で安定した運用をする

ためには、経験や専門知識を持った熟練者により、金属検出機を最適な設定にする必要があった。しかしながら近年の社会情勢では、労働人口の減少により、熟練労働者の育成・確保が困難になっているため、生産現場では誰でも簡単に正しく使用できる金属検出機のニーズが強まっている。

これらの顧客要求に応えるために、「誰でも簡単に、高感度で、高安定な金属異物検出」をコンセプトとした M6-h シリーズ金属検出機を開発した。M6-h シリーズ金属検出機の外観を図 1 に示す。



図 1 M6-h シリーズ金属検出機の外観

## 2 金属検出機

### 2.1 金属検出機とは

金属検出機は、開口部を持つ金属検出センサ、検査品を運搬するベルトコンベア、装置全体を制御し検査結果を表示する指示器で構成されている。金属検出センサは、検査品が通過するときの磁界の変化を検出信号として検知し、指示器はその値がある閾値を越えた場合に、金属異物混入品として NG 判定する。正常品であっても、検査品の成分や温度などによって磁界が変化するため、

個々の検査品の検出信号にはバラツキが生じる。図 2 は 10 個の検査品を例に検出信号のバラツキを示している。正常品の検出信号に黄色が多くなるほど、正常品を NG 品と誤認識しやすくなるため、NG 判定閾値にはある程度余裕を持たせる必要がある。

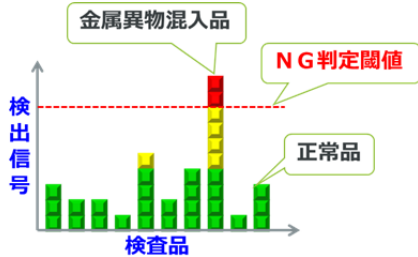


図 2 金属検出機の検査イメージ

## 2.2 金属検出センサの原理

### 2.2.1 金属検出機の基本原理

M6-h シリーズ金属検出機で用いている同軸交流型の金属検出機について基本原理を説明する。金属検出センサは、交流磁界を発生させるための 1 つの送信コイルと、差動接続された 2 つの受信コイルによって構成されており、それらが検査品の搬送方向と直行するように同軸状に巻かれている(図 3)。

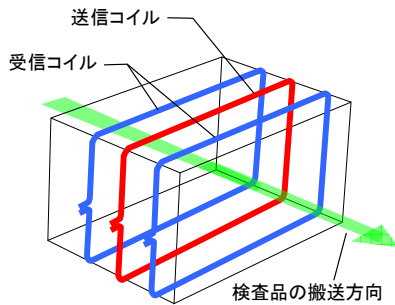


図 3 送受信コイル構造

平常時は、図 4(a)のように、送信コイルから発生した磁束が 2 つの受信コイルと均等に交差するよう磁界のバランスをとり、受信コイルからは誘導電圧が発生しない。

検査品が金属検出センサ内部を通過したとき、鉄などの磁性金属が含まれている場合は、図 4(b)のように金属異物に磁束が引き寄せられ、2 つの受信コイルの磁束のバランスが崩れる。特に磁界送信コイルが発生する磁界強度や通過する磁性金属が大きいほどバランスの崩れは大きくなる。同様に、ステンレスなどの非磁性金属が含まれている場合は、図 4(c)のように金属異物で磁束が反発し、磁性金属とは逆方向に磁束のバランスが崩れる。特に磁界送信コイルが発生する磁界強度や通過する非磁性金属が大きいほど、また磁界周波数が高くなるほどバランスの崩れは大きくなる。

金属検出機は、このバランスの崩れの大きさを検出信号としているため、金属異物が小さくなるほど検出が困難になる。

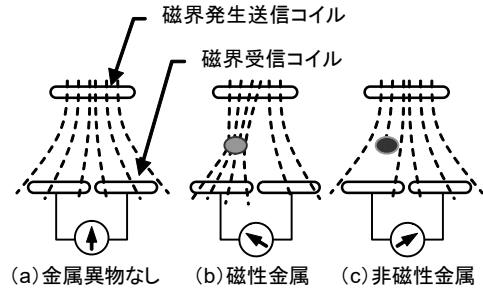


図 4 交流磁界中の磁性金属と非磁性金属

### 2.2.2 検査品と金属異物の特性

食品などの検査品には鉄分や塩分、水分など、さまざまな成分が含まれているため、金属検出センサの磁界に影響を与える。また、食品の包材に用いられるアルミ蒸着包材も、実際には金属異物が混入していない状態であっても、磁界に大きな影響を与える。通常、非磁性金属を高感度に検出するためには磁界周波数を高く設定するが、食品の成分や包材などによっては磁界の検査品への影響も増加してしまう。その結果、磁界周波数が低い設定でよい磁性金属の検出感度も相対的に低下する。

### 2.2.3 2つの磁界周波数による検出方式

食品の成分や包材などによる影響が大きい検査品の対策として 2 つの磁界周波数を用いて影響の違いを巧みに利用する手法が用いられる(図 5)。この方式は、磁性金属検出用低周波と非磁性金属検出用高周波の 2 つの磁界周波数を 1 本の送信コイルから発生させ、受信コイルで得られた磁束バランスの崩れを磁性金属検出回路と非磁性金属検出回路に弁別して金属異物の有無を判定するものである。

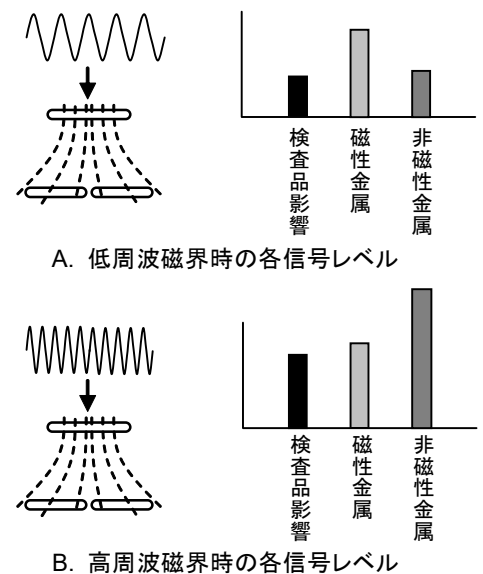


図 5 磁界周波数と信号レベルの関係

### 3 開発方針と実現手段

#### 3.1 M6-h シリーズのコンセプト

食品の市場要求に対して、下記 3 点を重要取り組み課題として M6-h シリーズ金属検出機の開発を行った。

- (1) 高感度
  - ・ 複雑な操作なしで高感度な金属異物検出を実現
- (2) 高安定
  - ・ 環境ノイズに対する耐性強化
  - ・ ウォームアップ時間短縮と温度安定化
- (3) 簡単運用
  - ・ HACCP 対応するための正しい運用
  - ・ ライン適合やメンテナンスの容易性

##### 3.1.1 高感度の実現

###### (1) 受信回路部の高感度化の見直し

従来機の金属検出機では、図 6(a)のように 2 つの受信コイルの差動出力を復号処理してからアナログ・デジタル変換していた。そのため得られるデジタル信号は情報量が少なく、信号処理による改善の妨げとなっていた。そこで、M6-h シリーズでは、図 6(b)のように受信コイルからの差動出力をこれまでよりも早い段階でデジタル化し、デジタル部で復号処理を行う回路構成にした。その結果、情報量の多い状態でさまざまな信号処理(アルゴリズム)が実行できるようになり、異物信号と検査品信号の分離を可能にした。

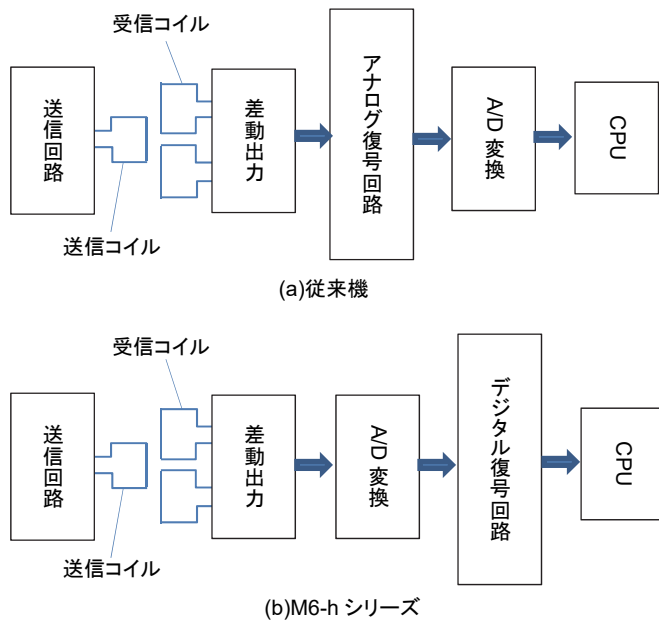


図 6 金属検出センサの回路構成

###### (2) 同時 2 周波磁界検出方式

2 つの磁界周波数を交互に発生させる時分割方式では、検査品の搬送速度が速くなると、検出データが欠測してしまうという問題があった。そこで M6-h シリーズでは、従来機のメポリ III シリーズで開発したアンリツ独自技術である同時 2 周波磁界検出方式を取り入れ、欠測のない検出結果による信号処理を可能にした。

###### (3) 検査品の影響を低減する新アルゴリズム

過去の膨大な金属検出機の納入実績に基づいた情報を元に、金属検出センサの開口部の大きさ、さまざまな検査品の影響値、および金属異物の影響値を統計的手法により分析した。その結果、検査品と金属異物の信号を分離する手法を確立できた。M6-h シリーズではこの手法を応用し、受信信号から検査品影響値(N)を分離して低減させ、金属異物影響値(S)を抽出する新アルゴリズムを開発した。相対的な S/N が増加し、より小さな金属異物を検出することを可能にした(図 7)。特に肉加工品、惣菜といった塩分、水分が多く含まれる製品や、アルミ蒸着包装品などの検査品への影響が大きい場合に効果を発揮する。

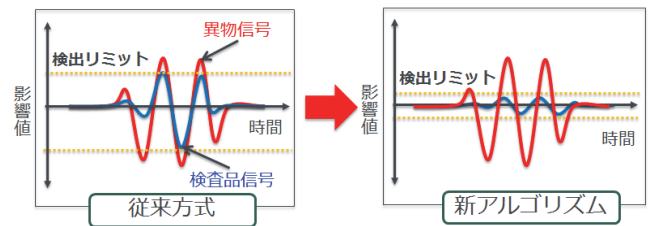


図 7 磁界周波数と信号レベルの関係

###### (4) マルチ信号処理による金属異物検出

従来機では、影響が大きい検査品の場合は前述の同時 2 周波磁界検出方式で、磁性金属検出用と非磁性金属検出用の 2 つ信号処理で異物検出を行っていた。M6-h シリーズでは、前述の新アルゴリズムを組み込んだ 2 つの信号処理を追加し、合計 4 つの異なる信号処理の特長を生かしたマルチ検出で幅広い金属異物検出を可能にした(図 8)。

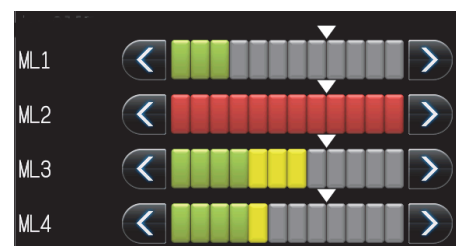


図 8 マルチリミットによる金属異物検出

### (5) オート設定の簡便化と高度化

従来機のオート設定では、検査品に合わせて検出感度を向上させる要素である周波数、位相を自動で設定していた。M6-h シリーズでは、さらに検査品の特長解析手段を追加し、検査品に合わせた新アルゴリズムが選定されるようにした(図 9)。M6-h シリーズのオート設定では、画面表示のナビゲーションに従って検査品を複数回流すのみで、10,000 通り以上ある位相と周波数、およびアルゴリズムの組み合わせから最適な設定を自動で選定し、誰でも簡単に高感度な設定が実現できる。

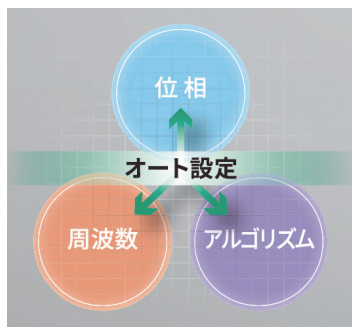


図 9 オート設定の構成要素

### 3.1.2 高安定の実現

#### (1) デジタル回路によるノイズ耐性強化

金属検出機は、インバータを使用した機器、ON/OFF 動作するモータなどの大電流機器、寿命間近な蛍光灯などから放射されるノイズ(高調波成分も含む)を異物信号として検出してしまう場合がある。食品生産ラインではこれらの設備が多く使用されているため、ノイズの影響を受けて正常品を NG 品と誤検出してしまふ問題があった。

金属検出センサからの出力信号は極めて小さくノイズの影響を受けやすいが、M6-h シリーズでは 3.1.1 項で述べている「受信回路部の高感度化」によりノイズ耐性も向上させている。その結果、食品生産ラインで安定な運用を可能にした。

#### (2) 省電力回路設計による温度安定化

金属検出センサ内部に搭載しているプリント基板において、部品選定と最適な回路設計により従来機から 20%の省電力化を実現した。その結果、金属検出センサの内部温度変化も従来機から 20%低減させることができた。

また、温度変化に強い回路構成に見直すことで温度安定性を高めており、暖気時間を従来機の 60 分から M6-h シリーズでは 10 分に短縮できた。その結果、生産開始前のデッドタイムを大幅に低減することを可能にした。

### 3.1.3 簡単運用の実現

#### (1) スマートガイドによる HACCP 対応

HACCP で求められる金属異物排除とその管理を行う、スマートガイドというナビゲーション機能を追加した(図 10)。スマートガイドでは、始業時から終業時までの作業および確認の手順を誘導し、正しい状態の確認なしでは生産を行えないようにしている。作業者は、画面右側のオレンジ色のエリアに表示されるメッセージの指示に従って作業するだけなので、誰でも正しい運用が可能となり、作業者によらない均一した操業品質での生産に貢献できる。さらに、機械が自動で日報形式の報告書を作成して内部記憶媒体に記録するため、記録漏れや改ざんを防ぐことができる。日報は、ネットワーク経由での保存、USB メモリへの保存に対応した。バーコードを使った品種の切り替えや、作業者の切り替えなどユーザビリティの向上も図っている。

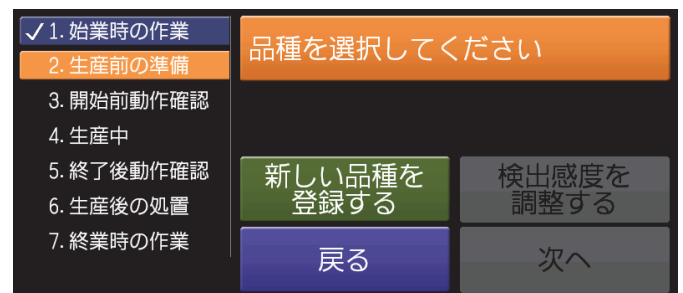


図 10 スマートガイドの流れ

#### (2) 可変速機能によるライン適合性

金属検出機は、工場のさまざまな使用条件下に設置され、標準的な仕様はない。特にベルト速度は、設置場所や生産ラインによって異なり、複数の生産ラインで使用するような場合はベルト速度が可変できることが望まれている。M6-h シリーズでは従来機同様、可変速機能を搭載しており、操作パネルで 5~90 m/min もしくは 5~73 m/min の範囲で可変できる。

#### (3) イージーメンテナンス

包装されていない食品ラインでは、除菌のためにベルトコンベアを毎日清掃するが、搬送ベルトの裏面を洗浄するためにはベルトを外す必要がある。そのため、搬送ベルトを簡単に着脱する構造が求められている。特に、洗浄後の搬送ベルトを取り付ける際には蛇行調整をする必要があるが、蛇行調整にはコツが必要で時間を要し、調整が不十分な場合は搬送ベルトがコンベア側板に接触して摩擦や破損することになる。

M6-h シリーズでは従来機同様、駆動ローラとモータがワンタッチで着脱できるダイレクトドライブ方式を採用し、搬送ベルトの着脱を容易にした。同様に、栈付搬送ベルトとベルト張力を常に一定に保つオートテンション機構を採用し、蛇行調整を不要とした。その結果、清掃時間短縮と搬送ベルト破損リスクを軽減した(図 11)。

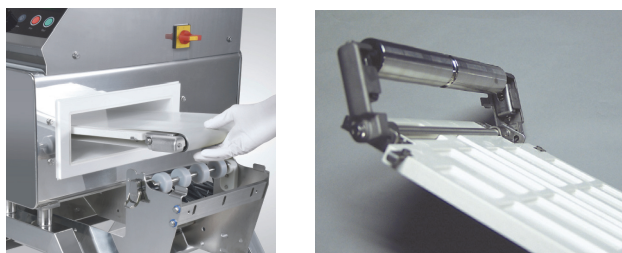


図 11 ワンタッチ着脱のイーザーメンテナンス

#### 4 実機による検査品感度テスト

金属検出機の基本性能としては、実際の検査品に混入した金属異物の検出感度が重要である。表 1 に従来機のスーパーメボリⅢSとM6-hのテストピース感度を比較したデータを示す。同条件で比較を行うために、金属検出センサの開口幅は 300 mm、通過高さは 75 mm の検査機で、同じ検査品を用いて検証を行った。M6-h の方が全体的に 1~2 サイズ小さいテストピース径を検出できる結果となり高感度を実現した。

表 1 感度比較データ

検査品	M6-h (KDS3008ABW)		従来機スーパーメボリⅢS (KDS8113BW)	
	Fe 球	SUS304 球	Fe 球	SUS304 球
アルミ蒸着包装菓子	φ0.8	φ2.8	φ1.5	φ3.5
ハム	φ0.8	φ1.7	φ1.0	φ2.0
米菓	φ0.6	φ0.8	φ0.7	φ1.0
惣菜パン	φ0.7	φ1.7	φ1.5	φ2.4

#### 5 むすび

同時 2 周波磁界検出の採用と受信回路部の高感度化、従来よりも格段に進化した新アルゴリズム搭載オート設定のソフトウェアを開発し、「誰でも簡単に、高感度で、高安定な金属異物検出」をコンセプトとする M6-h シリーズ金属検出機を実現した。さらに、スマートガイド、可変速機能、イーザーメンテナンスといった機能を搭載し、お客さまの使い勝手の改善と、確実・簡単な運用を実現した。

表 2 に M6-h シリーズの主要規格を示す。また、ピン類など高さがある検査品用の縦型タイプ、重量選別機に搭載したコンボタイプも同時に開発した。

今後も、高感度で高安定な金属異物を検出する検出方式やセンサの開発を継続し、使用用途別の機種展開を行いながら「食品の安全・安心」に貢献していきたい。

#### 参考文献

- 1) 久保寺他:“スーパーメボリⅡ金属検出機”, アンリツテクニカル(78号)
- 2) 久保寺他:“スーパーメボリⅢduw/M シリーズ金属検出機の開発”, アンリツテクニカル(85号)
- 3) 金井:“異物検出機の原理と適切な運用方法”, アンリツテクニカル(89号)

#### 執筆者



北嶋 英和  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第 3 開発部



早川 悠輝  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第 3 開発部



山下 哲史  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第 3 開発部



谷口 英治  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
共通技術部



山口 量彦  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
基盤技術部



大石 菜津子  
アンリツインフィビス(株)  
マーケティング部  
販売企画課

表 2 M6-h シリーズ金属検出機主要規格

形名	KDS2105ABF/W	KDS2108ABF/W	KDS2110ABF/W		
最大通過幅	210 mm				
ベルト幅	160 / 140 mm				
ベルト速度	5~90 m/min 可変速				
検出感度	通過高さ	50 / 45 mm	80 / 75 mm	100 / 95 mm	
	φ 球	Fe	φ0.25 mm	φ0.3 mm	φ0.35 mm
		SUS304	φ0.6 mm	φ0.6 mm	φ0.7 mm
金属検出時	選別またはベルト停止および警報				
保護等級	IP30 / IP66				
電 源	AC100~240 V+10%-15%, 単相, 50 / 60 Hz, 200 VA, 突入電流 50 A(typ)(20 ms 以下)				
質 量	90 / 92 kg	90 / 92 kg	91 / 93 kg		
機 長	800 mm				

形名	KDS3005ABF/W	KDS3008ABF/W	KDS3010ABF/W	KDS3012ABF/W	KDS3015ABF/W	KDS3018ABF/W		
最大通過幅	300 mm							
ベルト幅	250 / 230 mm							
ベルト速度	5~90 m/min 可変速							
検出感度	通過高さ	50 / 45 mm	80 / 75 mm	100 / 95 mm	120 / 115 mm	150 / 145 mm	180 / 175 mm	
	φ 球	Fe	φ0.3 mm	φ0.3 mm	φ0.35 mm	φ0.4 mm	φ0.4 mm	φ0.45 mm
		SUS304	φ0.6 mm	φ0.6 mm	φ0.7 mm	φ0.7 mm	φ0.8 mm	φ0.85 mm
金属検出時	選別またはベルト停止および警報							
保護等級	IP30 / IP66							
電 源	AC100~240 V+10%-15%, 単相, 50 / 60 Hz, 200 VA, 突入電流 50 A(typ)(20 ms 以下)							
質 量	94 / 97 kg	94 / 97 kg	96 / 99 kg	97 / 100 kg	98 / 101 kg	100 / 103 kg		
機 長	800 mm							

形名	KDS4505ABF/W	KDS4510ABF/W	KDS4513ABF/W	KDS4515ABF/W	KDS4518ABF/W		
最大通過幅	450 mm						
ベルト幅	350 mm						
ベルト速度	5~73 m/min 可変速						
検出感度	通過高さ	50 / 45 mm	100 / 95 mm	130 / 125 mm	150 / 145 mm	180 / 175 mm	
	φ 球	Fe	φ0.35 mm	φ0.4 mm	φ0.45 mm	φ0.5 mm	φ0.5 mm
		SUS304	φ0.75 mm	φ0.85 mm	φ0.9 mm	φ0.9 mm	φ1.0 mm
金属検出時	選別またはベルト停止および警報						
保護等級	IP30 / IP66						
電 源	AC100~240 V+10%-15%, 単相, 50 / 60 Hz, 200 VA, 突入電流 50 A(typ)(20 ms 以下)						
質 量	103 / 108 kg	105 / 110 kg	108 / 113 kg	109 / 114 kg	114 / 119 kg		
機 長	800 mm						

公知