



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014015903-3 B1



(22) Data do Depósito: 12/02/2013

(45) Data de Concessão: 10/11/2020

(54) Título: DETECTOR DE METAL QUE COMPREENDE UM INVÓLUCRO METÁLICO COM UMA ABERTURA DE ENTRADA E UMA ABERTURA DE SAÍDA

(51) Int.Cl.: G01V 3/10.

(30) Prioridade Unionista: 17/02/2012 EP 12155954.6.

(73) Titular(es): TNA AUSTRALIA PTY LIMITED; METTLER-TOLEDO SAFELINE LIMITED.

(72) Inventor(es): DAREN BUTTERWORTH; ALFRED ALEXANDER TAYLOR; DARREN KEN ALCHIN.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013052754 de 12/02/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/120836 de 22/08/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/06/2014

(57) Resumo: DETECTOR DE METAL PARA LINHAS DE PRODUÇÃO E DE EMBALAGEM. A presente invenção refere-se a um detector de metal (420) que tem um recinto metálico (421) com uma abertura de entrada (430) e uma abertura de saída (431) cujas áreas de seção transversal diferem uma a partir da outra. Disposto dentro do recinto (421) está um sistema de bobina com pelo menos uma bobina de transmissão (423) e pelo menos uma primeira e pelo menos uma segunda bobina de recebimento (424, 425). As aberturas de entrada e de saída (430, 431) e o sistema de bobina (423, 424, 425) encerram uma zona de detecção (428) através da qual, objetos sob inspeção se movem ao longo de um trajeto que entra no detector de metal (420) e deixa o detector de metal (420). A zona de detecção (428) é assimétrica e o seu perfil de seção transversal varia ao longo do trajeto a partir da abertura de entrada (430) para a abertura de saída (431), em que as bobinas (423, 424, 425) diferem em tamanho uma a partir da outra.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"DETECTOR DE METAL QUE COMPREENDE UM INVÓLUCRO METÁLICO COM UMA ABERTURA DE ENTRADA E UMA ABERTURA DE SAÍDA"**.

[0001] A presente invenção se refere a um detector de metal industrial para as indústrias de alimentos-, bebidas-, farmacêuticas-, plásticos-, produtos químicos-, embalagem-, e outras indústrias. O objetivo principal do detector de metais do tipo descrito aqui é de detectar a presença de metal em um artigo, um material de volume, ou em geral qualquer objeto sendo examinado. Os referidos detectores de metais são amplamente usados e integrados nas linhas de produção e de embalagem, por exemplo, para detectar a contaminação de produtos alimentícios por partículas de metal ou componentes a partir de maquinário de processamento quebrado durante o processo de fabricação, que constitui um item de segurança principal na indústria de produtos alimentícios. O tipo genérico de detector de metal que a presente invenção se refere e que é conhecido como um sistema de três bobinas equilibradas com um arranjo de bobina circundante pode ser descrito como um portal através do qual os artigos e os materiais sob inspeção estão se movendo, por exemplo, embalagens individuais que percorrem em uma correia transportadora horizontal através de um portal vertical, ou uma corrente de material de volume em queda livre através de um duto vertical ou funil que passa através de um portal disposto horizontalmente.

[0002] O portal é em geral configurado como um invólucro de metal em forma de caixa com uma abertura de entrada e uma abertura de saída. A parte operacional do detector de metal é um sistema de três bobinas elétricas enroladas em um veículo oco comum ou elemento formador de bobina produzido de um material não metálico, que é disposto dentro do invólucro metálico. A seção transversal da abertura do

elemento formador de bobina corresponde ao tamanho e ao formato das aberturas de entrada e de saída e se alinha com as mesmas, de modo que o elemento formador de bobina e as aberturas de entrada e de saída formam um túnel que define uma zona de detecção através da qual a correia transportadora ou outro meio de transporte moves os artigos ou materiais sob inspeção. A seção transversal da abertura do referido túnel da zona de detecção é em geral retangular ou circular, mas pode também ter qualquer outro formato.

[0003] No detector de metais do estado da técnica desse tipo, as bobinas são exatamente paralelas uma à outra e, conseqüentemente, os seus planos paralelos são ortogonais aos seus eixos centrais comuns. A bobina central, também chamada de bobina de transmissão, é conectada a um oscilador de alta frequência e assim gera um campo eletromagnético alternado principal o qual, por sua vez, induz a primeira e a segunda voltagens alternadas, respectivamente, nas duas bobinas em cada lado da bobina central, que são também chamadas de a primeira e a segunda bobina de recebimento. A primeira e a segunda bobinas de recebimentos são conectadas em série uma com a outra, mas com seus enrolamentos com fios um em oposição ao outro. Em outras palavras, o fio em espiral corre continuamente a partir de um primeiro terminal de saída através dos enrolamentos da primeira bobina de recebimento, então com o sentido oposto da direção giratória através dos enrolamentos da segunda bobina de recebimento para o segundo terminal de saída. Adicionalmente as primeira e segunda bobinas de recebimento são localizadas equidistantes a partir da bobina de transmissão. Portanto, as mesmas são em todos os aspectos imagens espelhadas uma da outra em relação ao plano central da bobina de transmissão, e assim a primeira e a segunda voltagens alternadas induzidas nas mesmas pelo campo eletromagnético alternado principal irá cancelar uma a outra. Em outras palavras, a simetria de espelho do

referido detector de metal do estado da técnica tem o resultado de que a voltagem captada entre o primeiro e o segundo terminais de saída será zero.

[0004] Arranjos de bobina de equilíbrio simétrico podem também consistir de múltiplas bobinas de transmissão e/ou múltiplas bobinas de recebimento que são arranjadas de tal modo a alcançar a assim chamada condição de equilíbrio nulo. Portanto a primeira bobina de recebimento pode formar uma ou mais bobinas de recebimento do lado de entrada, e a segunda bobina de recebimento uma ou mais bobinas de recebimento do lado de saída. Da mesma forma a bobina de transmissão pode ser projetada como uma ou mais bobinas de transmissão.

[0005] Entretanto, se uma peça de metal passa através do arranjo de bobina, o campo eletromagnético é perturbado, proporcionando um sinal de voltagem dinâmica através de terminais de saída das bobinas de recebimento conectadas em série.

[0006] O invólucro metálico circundando o arranjo de bobina serve para evitar que sinais elétricos veiculados pelo ar ou próximos a itens metálicos e maquinário interfiram com o funcionamento adequado do detector de metal. Adicionalmente, o invólucro de metal acrescenta resistência e rigidez ao conjunto, que é absolutamente essencial na medida em que mesmo deslocamentos microscópicos das bobinas uma em relação a outra e em relação ao invólucro podem perturbar o sistema de detecção que é sensível aos sinais na faixa de nanovoltagem.

[0007] Um item de preocupação no detector de metais da descrição anterior é a sensibilidade dos mesmos às áreas estacionárias e, ainda mais, aos metais móveis em áreas fora da zona de detecção e, em particular, mesmo distante fora do invólucro do detector de metal. Isso é pelo fato de que o campo eletromagnético gerado pela bobina

de transmissão se estende para fora das aberturas de entrada e de saída a uma distância tão longe quanto duas ou três vezes o comprimento da zona de detecção. Se houver partes de metal estacionárias ou móveis dentro da referida faixa, por exemplo, a estrutura de suporte ou outros componentes de um transportador, a interação do campo eletromagnético com as partes metálicas em seu alcance irá produzir um sinal de saída indesejado das bobinas de recebimento que interfere com os sinais de detecção atuais que se originam a partir de contaminantes de metal no material sob inspeção que percorre através do detector de metal. Portanto, a não ser que medidas de desenho especiais sejam tomadas, um grande espaço antes da abertura de entrada e após a abertura de saída do detector de metal tem que ser mantida livre de todo metal. A área que deve ser mantida livre de metal é em geral chamada de “zona livre de metal” ou MFZ.

[0008] Uma explicação mais detalhada dessa necessidade de uma zona livre de metal e um meio para reduzir ou mesmo eliminar a zona livre de metal no tipo de detector de metal descrito aqui acima são apresentados em EP 0 536 288 B1, que está aqui incorporado por referência na presente descrição. Um dos possíveis meios para reduzir ou eliminar a MFZ descrita em EP 0 536 288 B1 tem a forma de flanges metálicos ou colares que podem ser integrais com as bordas das aberturas de entrada e de saída do invólucro do detector de metal. Os referidos flanges ou colares atuam como bobinas de curto circuito nas quais a corrente é induzida pelo campo eletromagnético alternado da bobina de transmissão. A corrente induzida, por sua vez, gera um campo eletromagnético secundário que pode, sob determinadas condições, anular o campo principal da bobina de transmissão além de uma determinada distância antes da bobina de entrada e após a bobina de saída, mesmo na medida em que o campo principal para fora das aberturas do invólucro é quase totalmente suprimido e as zonas

livres de metal antes da abertura de entrada e após a abertura de saída são efetivamente reduzidas a zero e a assim chamada de “zona livre de metal zero” (ZMFZ) pode ser alcançada.

[0009] Um detector de metal utilizando o conceito de ZMFZ da descrição anterior é especialmente vantajosa para situações onde espaço é restrito, tal como com um sistema transportador curto ou quando o detector de metal é instalado em um trajeto de fluxo vertical, por exemplo, para inspecionar objetos que se encontram dentro de uma canaleta a partir de uma máquina de pesagem para uma máquina de produção de sacos.

[00010] No último caso mencionado de um arranjo vertical, a canaleta que guia os objetos ou materiais que caem sob inspeção através do detector de metal é em muitos casos seja em forma de funil ou inclui seções em forma de funil. Um funil ou em geral um conduto com uma seção transversal que se estreita progressivamente não corresponde à zona de detecção cilíndrica através de um detector de metal do tipo descrito anteriormente. Assim, se o conduto em forma de funil é correspondido com a abertura de entrada do invólucro do detector de metal, em direção da abertura de saída haverá um espaço de ar vazio de largura crescente entre a circunferência afunilada do funil e a parede interna cilíndrica da zona de detecção. O referido arranjo pode ser considerado sub-ótimo em termos de sensibilidade do detector e de uso de espaço. Mais diretamente, ele aponta para a necessidade de um detector de metal cujas aberturas de entrada e de saída e a zona de detecção se conformem a um afunilamento, o perfil em forma de funil de um canal ou canaleta que guia o movimento dos objetos ou materiais através do detector de metal. Uma solução para essa necessidade pode ser proporcionada por uma configuração assimétrica de todo o detector de metal, em que não só a abertura de saída é menor do que a abertura de entrada do invólucro, mas também as bobinas

que seguem uma a outra em sequência, isto é a bobina de recebimento do lado de entrada, a bobina de transmissão, e a bobina de recebimento do lado de saída, terão que ser progressivamente menor. Ao mesmo tempo, as vantagens do sistema de bobina equilibrado e do conceito de desenho de ZMFZ deve preferivelmente ser mantido.

[00011] É, portanto o objetivo da presente invenção proporcionar um detector de metal, por exemplo, do tipo genérico descrito no parágrafo da introdução, com um invólucro configurado assimetricamente e sistema de bobina de detecção ao mesmo tempo em que se mantém pelo menos as propriedades funcionais de um sistema de bobina equilibrado.

[00012] O referido objetivo é alcançado por um detector de metal tendo as características nomeadas na reivindicação de patente independente 1. Várias modalidades e refinamentos da presente invenção são apresentados nas reivindicações dependentes.

[00013] O detector de metal de acordo com a presente invenção tem um invólucro metálico com uma abertura de entrada e uma abertura de saída e, disposto dentro do invólucro metálico, um sistema de bobina com pelo menos uma bobina de transmissão e pelo menos uma primeira e pelo menos uma segunda bobina de recebimento. As aberturas de entrada e de saída e as primeira e segunda bobinas de recebimento encerram uma zona de detecção em forma de túnel através da qual objetos sob inspeção são transportados ao longo de um trajeto de transporte que entra no detector de metal através da abertura de entrada e deixa o detector de metal através da abertura de saída.

[00014] O detector de metal da presente invenção é distinguido a partir da técnica anterior conhecida pelo fato de que as áreas de seção transversal da abertura de entrada e da abertura de saída diferem uma a partir da outra e que a zona de detecção tem um perfil de seção

transversal que muda continuamente a partir da abertura de entrada para a abertura de saída. Consequentemente, uma vez que o sistema de bobina encerra a zona de detecção e assim se conforma ao perfil de seção transversal variável da zona de detecção, a pelo menos uma primeira bobina de recebimento, a pelo menos uma bobina de transmissão, e a pelo menos uma segunda bobina de recebimento diferem uma a partir da outra em tamanho.

[00015] A primeira e a segunda bobinas de recebimento em um detector de metal da presente invenção são, portanto não simétricas uma à outra em relação a um plano definido pela a pelo menos uma bobina de transmissão, mas independente da referida assimetria, as primeira e segunda bobinas de recebimento e a pelo menos uma bobina de transmissão estão em um estado de equilíbrio onde as anteriormente mencionadas primeira e segunda voltagens cancelam uma a outra quando não há metal presente nos referidos objetos sob inspeção, isto é a pelo menos uma primeira bobina de recebimento e a pelo menos uma segunda bobina de recebimento são posicionadas em relação a referida pelo menos uma bobina de transmissão em uma distância desigual.

[00016] Na medida em que os arranjos de bobina de equilíbrio podem também consistir de múltiplas bobinas de transmissão e/ou múltiplas bobinas de recebimento que são arranjadas de tal modo a alcançar a assim chamada condição de equilíbrio nulo, no contexto da descrição a seguir e das reivindicações do conceito da presente invenção, o termo “bobina de transmissão” e/ou “bobina de recebimento” deve significar “pelo menos uma bobina de transmissão” e/ou “pelo menos uma bobina de recebimento”.

[00017] Em relação ao referido trajeto de transporte, a primeira bobina de recebimento pode ser disposta adiante da bobina de transmissão, e a segunda bobina de recebimento é disposta após a bobina de

transmissão.

[00018] Em modalidades preferidas da presente invenção as primeira e segunda bobinas de recebimento e a bobina de transmissão são enroladas em um elemento formador de bobina comum que é oco, produzido de um material não metálico eletricamente isolante, e cujo interior se conforma ao perfil de seção transversal variável da zona de detecção.

[00019] Preferivelmente a primeira e a segunda bobinas de recebimento são cabeadas em série uma com a outra, as mesmas são dotadas de um pequeno número igual de voltas de enrolamento (tipicamente uma única volta), e as mesmas são enroladas com o sentido oposto de rotação uma em relação à outra.

[00020] Na medida em que o detector de metal da presente invenção é desprovido de simetria do sistema de bobina que é comum aos detectores de metal da técnica anterior, um novo modo foi observado para equilibrar as voltagens induzidas da primeira e da segunda bobinas de recebimento. Foi calculado que a menor das bobinas de recebimento deve ser mais próxima da bobina de transmissão de modo a equalizar as voltagens induzidas nas bobinas de recebimento desiguais.

[00021] Em uma modalidade exemplificativa a bobina de transmissão é posicionada em um plano central entre a abertura de entrada e a abertura de saída e as bobinas de recebimento são arranjadas cada uma das quais a uma diferente distância a partir da bobina de transmissão, isto é assimetricamente com relação a posição das mesmas a partir do referido plano central. Alternativamente a pelo menos uma bobina de transmissão é posicionada fora do centro entre a abertura de entrada e a abertura de saída ao passo que as bobinas de recebimento são arranjadas cada uma das quais a uma diferente distância a partir da bobina de transmissão, mas não necessariamente a partir do

referido plano central.

[00022] Em uma modalidade preferida da presente invenção, a zona de detecção tem o formato de um funil, de modo que a área de seção transversal do fluxo corrente continuamente diminui a partir da abertura de entrada para a abertura de saída. O funil pode ser formado, por exemplo, tal como um cone truncado invertido, uma seção de uma hipérbole ou outra superfície de revolução, uma pirâmide truncada invertida, e outras superfícies contínuas assim como superfícies multifacetadas de simetria rotacional.

[00023] Em uma modalidade preferida, o invólucro metálico é projetado para seguir aproximadamente o formato do funil a uma distância substancialmente uniforme. Por exemplo, se a zona de detecção é em formato de cone, o invólucro pode da mesma forma ser um cone truncado, concêntrico com e paralelo ao elemento formador de bobina. Alternativamente, um sistema de bobina cônica pode ser instalado em um invólucro com o formato de uma pirâmide truncada cujo eixo central coincide com o eixo central do elemento formador de bobina e cujas paredes podem ser inclinadas em um mesmo ângulo ou a um ângulo diferente que a parede circunferencial do elemento formador de bobina.

[00024] Preferivelmente, o espaço entre o elemento formador de bobina e o invólucro é preenchido com um meio de substrato, por exemplo, um polímero de consolidação a calor tal como um composto de epóxi. Isso ajuda a manter o elemento formador de bobina e os enrolamentos da bobina assim como quaisquer componentes eletrônicos contra choques e vibrações e também para excluir umidade.

[00025] Como o mais próximo comparável detector de metais da técnica anterior, uma modalidade preferida do detector de metal da presente invenção compreende o meio para cancelar o campo principal adiante de uma distância a partir do sistema de bobina. O meio pa-

ra cancelar o campo principal é preferivelmente configurado na forma de flanges metálicos ou colares que são conectados a ou integral com as bordas das aberturas de entrada e de saída do invólucro metálico do detector de metal.

[00026] Os flanges ou colares realizam a função de bobinas de curto circuito nas quais uma corrente alternada é induzida pelo campo eletromagnético principal da bobina de transmissão. A referida corrente induzida, por sua vez, gera um campo eletromagnético secundário que anula o campo principal da bobina de transmissão além de uma determinada distância a partir do sistema de bobina, mas não afeta o detector de metal em sua função de detectar o metal contido em objetos que se movem através da zona de detecção.

[00027] Preferivelmente, os limites além dos quais o campo principal da bobina de transmissão é anulado são localizados diretamente nas aberturas de entrada e de saída do invólucro. Assim, não há zonas adjacentes ao detector de metal que tenham que ser mantidas livres de metal. Nessa modalidade preferida, o detector de metal com um invólucro configurado assimetricamente e sistema de bobina de detecção combina as propriedades funcionais do sistema de bobina equilibrado e o conceito de configuração ZMFZ.

[00028] Para produzir um detector de metal de acordo com a presente invenção com um invólucro configurado assimetricamente e o sistema de bobina de detecção, se pode, por exemplo, começar com uma tentativa de desenho que vá de encontro a determinadas especificações de dimensão e representa a melhor estimativa para ir de encontro a determinadas especificações de desempenho. Com base nesse desenho inicial e o uso de técnica de elemento finito, o campo magnético pode ser numericamente determinado dentro da zona de detecção assim como no espaço do ambiente circundando o detector de metal. Por se calcular adicionalmente o tempo derivado do fluxo

magnético através das bobinas de recebimento se pode estimar a voltagem que seria induzida em um circuito de bobina de recebimento não só na ausência de qualquer metal na zona de detecção, mas também com testes metálicos simulados com objetos móveis através da zona de detecção. Em um processo de ciclos iterativos, se pode realizar modificações nos parâmetros individuais da tentativa de desenho até que as discrepâncias encontradas entre os resultados do modelo de computador e as especificações de alvo determinadas para o detector de metal sejam suficientemente reduzidas para ir de encontro a determinadas tolerâncias.

[00029] O detector de metal de acordo com a presente invenção irá aqui após ser explicado em mais detalhes através dos exemplos e com referências aos desenhos esquemáticos simplificados, em que:

[00030] a Fig. 1 mostra sistemas de inspeção de alimentação por gravidade com um dispositivo divisor (1A) e com um produtor de saco de vedação com preenchimento de forma vertical (1B) com o detector de metais do estado da técnica;

[00031] a Fig. 2 representa uma vista seccionada de um detector de metal do estado da técnica para as aplicações como ilustradas na Fig. 1;

[00032] a Fig. 3 representa uma vista seccionada de um detector de metal de acordo com a presente invenção; e

[00033] a Fig. 4 representa uma vista em perspectiva do detector de metal da Figure 3.

[00034] As Figuras 1 e 2, que foram obtidas a partir da publicação da companhia, "Reduction of Metal Contamination", Mettler-Toledo Safeline © 2008, ilustra o estado da técnica no campo ao qual a presente invenção pertence. O sistema de inspeção 1 na Fig. 1A serve para detectar contaminações de metal em um produto granular 2 tal como amendoim, arroz, grânulos de plástico, leite em pó, grãos de cacau,

etc. O produto 2 passa em queda livre através de um detector de metal do estado da técnica 3 (como descrito em detalhes no contexto da Fig. 2) e então entra em um sistema de desvio 4. Desde que nenhuma contaminação de metal seja detectada, o elemento de desvio 5 no formato de um funil inclinado permite que o produto 2 continue a sua queda na direção vertical e se mova para frente através da linha de produção (não mostrada nos desenhos). Se metal for encontrado na corrente do produto 2, um sinal de saída do detector de metal 3 faz com que o elemento de desvio 5 instantaneamente alterne a posição, de modo que o fluxo de produto 2 é desviado para um destino separado para os produtos rejeitados.

[00035] No produtor de saco de vedação com preenchimento de forma vertical (VFFS) 10 da Fig. 1B, porções pesadas de um produto 11 a ser embalado em sacos são liberadas a partir de uma máquina de pesagem (não mostrada nos desenhos) em uma canaleta de descarga 12 que direciona o produto para um funil de plástico 13. O funil 13 concentra a corrente de produto que está caindo 11 para a largura da abertura de um detector de metal do estado da técnica 14 (como descrito em detalhes no contexto de Fig. 2). Um tubo de plástico 15 continua a guiar o produto que cai 11 através do detector de metal 14 e ao produtor de saco VFFS 10 (apenas simbolicamente indicado).

[00036] A Fig. 2 mostra uma vista seccionada de um detector de metal 20 que é representativo do estado da técnica incorporado pelo detector de metais 3, 14 das Figs. 1A e 1B, respectivamente. As partes principais do detector de metal 20, que incorporam o conceito de zona livre de metal zero (ZMFZ) como explicado anteriormente aqui e em mais detalhes em EP 0 536 288 B1, são o invólucro 21, o elemento formador de bobina 22 com a bobina de transmissão 23 e as bobinas de recebimento 24, 25, e os flanges de abertura 26, 27. As bobinas 23, 24, 25 percorrem em ranhuras do elemento formador de bobina 22

como indicado pelos detalhes ampliados 2a, e a direção giratória dos enrolamentos da bobina é revertida entre as bobinas de recebimento 24 e 25. O invólucro 21 e os flanges de abertura 26, 27 devem ser produzidos de metal de modo a realizar a sua função de confinar o campo magnético principal gerado pela bobina de transmissão 23. O elemento formador de bobina 22, por outro lado, deve ser produzido de um material estável mecanicamente não condutor tal como, por exemplo, um plástico reforçado a fibra. O elemento formador de bobina 22 e os flanges de abertura 26, 27 formam uma zona de detecção cilíndrica em forma de túnel 28 através da qual um produto sob inspeção (não mostrado nos desenhos) se move, por exemplo, em queda vertical na direção do eixo central 29 (indicado por uma linha pontilhada), entrando no detector de metal 20 através da abertura de entrada 30 e deixando o detector de metal 20 através da abertura de saída 31. Também mostradas são buchas 32, 33 formadas no invólucro 21, que servem para montar o detector de metal em uma estrutura de suporte. O perfil de seção transversal do invólucro 21 e/ou do elemento formador de bobina 22 e dos flanges de abertura 26, 27 pode ser redondo, mas pode também ter qualquer outro formato, por exemplo, quadrado ou retangular, conforme necessário para uma determinada aplicação para o detector de metal. Entretanto, uma propriedade fundamental do detector de metal 20 e de todo o estado da técnica que a mesma representa é a simetria de espelho do desenho em relação ao plano A-A da bobina de transmissão 23. Os planos das bobinas de recebimento 24, 25, com a distância d uma a partir da outra, percorrem paralelos a e em uma igual distância $d/2$ a partir do plano A-A. Adicionalmente à sua exata simetria de espelho, as bobinas de recebimento 24, 25 são eletricamente sintonizadas em ajuste fino de modo a equilibrar uma a outra e produzir um sinal de saída zero quando nenhuma contaminação de metal está presente no produto que se move através da zona

de detecção.

[00037] Os flanges de abertura 26, 27 agem como bobinas de curto circuito nas quais a corrente é induzida pelo campo eletromagnético principal alternado ou pulsante da bobina de transmissão 23. De acordo com a regra de Lenz, uma corrente induzida sempre flui em uma direção de modo a se opor a mudança de campo que a provoca. Assim sendo, um campo eletromagnético secundário gerado pela corrente induzida dos flanges de abertura 26, 27 se opõem ao campo principal. Com os flanges de abertura apropriadamente projetados e dimensionados 26, 27 um campo eletromagnético secundário anula o campo principal da bobina de transmissão além de uma determinada distância a partir do sistema de bobina - em particular adiante da entrada e após a saída do detector de metal - mas não afeta o detector de metal em sua função de detectar metal contido em objetos que se movem através da zona de detecção.

[00038] A Fig. 3 representa um detector de metal 420 de acordo com a presente invenção em vista seccionada com uma zona de detecção de formato cônico 428 entre as aberturas de entrada e de saída 430, 431 de diferentes diâmetros. Na Fig. 4 o invólucro 421 do mesmo detector de metal 420 é mostrado em uma vista em perspectiva. O detector de metal 420 nas Figs. 3 e 4 e todos os seus componentes são funcionalmente análogos ao detector de metal 20 da Fig. 2. A diferença fundamental se encontra no formato cônico da zona de detecção 428 do detector de metal 420 em comparação à zona de detecção cilíndrica 28 do detector de metal 20. Em conformação com a zona de detecção cônica 428, o elemento formador de bobina 422 e o interior dos flanges de abertura 426, 427 são formados e alinhados um com o outro como três seções de um cone truncado com um eixo central 429. As paredes laterais 435 do invólucro 421 nas Figs. 3 e 4 são em formato de trapézio e inclinadas em um mesmo ângulo que o da parede

cônica do elemento formador de bobina 422, mas isso representa uma escolha de desenho. O invólucro 421 pode também, por exemplo, ser em formato de caixa ou cilíndrico. Também mostradas são buchas 432, 433 formadas no invólucro 421, que servem para montar o detector de metal 420 na estrutura de suporte.

[00039] Com o elemento formador de bobina cônico 422, as bobinas de recebimento 424, 425 podem evidentemente não mais ser iguais em tamanho, nem pode suas distâncias a partir da bobina de transmissão 423 ser iguais. Por meio de uma explicação qualitativa, se as bobinas de recebimento 424, 425 forem dispostas em iguais distâncias em cada lado da bobina de transmissão 423, o fluxo magnético que atravessa a bobina de recebimento menor 425 seria menor do que o fluxo magnético que atravessa a maior bobina de recebimento 424. Em outras palavras, o sistema de bobina não ficaria equilibrado. O referido desequilíbrio não pode ser corrigido por aumentar o número de voltas de enrolamento na menor bobina 425, na medida em que a impedância apresentada ao pré-amplificador no circuito de recebimento precisa ser proximamente controlado de modo a manter uma relação ótima de sinal para ruído, o que determina a indutância das bobinas e, em particular, dita um baixo número de voltas de enrolamento nas bobinas de recebimento 424, 425, tipicamente apenas uma única volta como indicado no detalhe circulado 3a na Fig. 3. Portanto, de modo a equilibrar as bobinas de recebimento 424, 425, a bobina de transmissão 423 precisa ser movida mais próxima da bobina de recebimento menor 425. No exemplo ilustrado, com a distância d entre as bobinas de recebimento, a bobina de transmissão 423 foi posicionada a uma distância $e < d/2$ a partir da bobina de recebimento menor 425. Assim sendo, o diâmetro da bobina de transmissão 423 é menor do que o diâmetro médio das bobinas de recebimento 424, 425, isto é $c < (a+b)/2$. Como mencionado anteriormente, a posição exata da bobina

de transmissão 423 entre as bobinas de recebimento 424, 425 assim como os detalhes geométricos do alojamento e dos flanges de abertura pode ser determinada com a ajuda de um modelo de computador através de um processo de modificações iterativas até que determinadas necessidades em relação ao equilíbrio do sistema de bobina, o cancelamento do campo principal para fora o detector de metal, e a sensibilidade de detecção para objetos de metal que se movem através do detector de metal tenham sido alcançadas dentro de tolerâncias específicas.

[00040] No desenho em perspectiva da Fig. 4, a parede do invólucro em forma de trapézio 435 no lado que está voltado para o observador é removível, de modo a permitir a instalação do elemento formador de bobina e, possivelmente, partes sensíveis do circuito eletrônico associadas com o detector tal como, por exemplo, um circuito pré-amplificador conectado à saída das bobinas de recebimento 424, 425. Após a instalação, o espaço vazio entre o elemento formador de bobina e o invólucro paredes é preenchido com um composto de substrato e a parede lateral removida 435 é posta de volta no lugar e fixada.

[00041] Embora a presente invenção tenha sido descrita através da apresentação de um exemplo específico de uma modalidade, é evidente que, com base no conhecimento proporcionado pela presente descrição, a presente invenção pode ser incorporada em numerosas outras variações.

[00042] Por exemplo, as modalidades da presente invenção são concebíveis utilizando outro arranjo de bobinas do estado da técnica simétrico equilibrado que consista de múltiplas bobinas de transmissão e/ou múltiplas bobinas de recebimento múltiplas que sejam arranjadas assimetricamente para alcançar a condição de equilíbrio nula dentro da configuração em forma de funil.

[00043] Outras modalidades da presente invenção são também

concebíveis onde o funil tem o formato de um cone ou pirâmide truncada, ou onde o meio para reduzir ou eliminar a zona livre de metal são bobinas em ou próximas das aberturas de entrada e de saída que são ativamente energizadas por um circuito eletrônico, diferente dos flanges metálicos ou colares que são veículos passivos de corrente induzida. Deve ser entendido que todas as referidas variações e combinações são consideradas estar dentro do âmbito da presente invenção.

Lista de símbolos de referência

- 1 sistema de inspeção
- 2 produto granular
- 3 detector de metal (técnica anterior)
- 4 sistema de desvio
- 5 Desvio em forma de funil
- 10 Produtor de saco de vedação de preenchimento de forma vertical (VFFS)
- 11 produto a ser embalado em sacos
- 12 Canaleta de descarga
- 13 funil de plástico
- 14 detector de metal (técnica anterior)
- 15 Tubo de plástico
- 20 detector de metal (técnica anterior)
- 21 Invólucro
- 22 elemento formador de bobina
- 23 bobina de transmissão
- 24, 25 bobinas de recebimento
- 26, 27 flanges de abertura
- 28 zona de detecção
- 29 Eixo central
- 30 abertura de entrada

- 31 abertura de saída
- 32, 33 buchas
- 420 tector de metal
- 421 Invólucro
- 422 elemento formador de bobina
- 423 bobina de transmissão
- 424, 425 bobinas de recebimento
- 426, 427 flanges de abertura
- 428 zona de detecção
- 429 Eixo central xis
- 430 abertura de entrada
- 431 abertura de saída
- 432, 433 buchas
- 435 Paredes laterais em forma de trapézio do invólucro

REIVINDICAÇÕES

1. Detector de metal (420) que compreende um invólucro metálico (421) com uma abertura de entrada (430) e uma abertura de saída (431) cujas áreas de seção transversal diferem uma a partir da outra em tamanho, adicionalmente compreendendo dentro do invólucro (421) um sistema de bobina ligando uma zona de detecção (428) que se estende entre as aberturas de entrada e de saída (430, 431) e através de qual objetos sob inspeção podem se mover ao longo de um trajeto que entra no detector de metal (420) através da abertura de entrada (430) e deixando o detector de metal (420) através da abertura de saída (431), a referida zona de detecção (428) tendo um perfil de seção transversal que varia ao longo do referido trajeto,

caracterizado pelo fato de que o dito sistema de bobina compreende pelo menos uma bobina de transmissão (423) e pelo menos uma primeira e pelo menos uma segunda bobina de recebimento (424, 425), as referidas bobinas (423, 424, 425) diferindo em tamanho uma a partir da outra, em que a pelo menos uma bobina de transmissão (423), quando energizada por uma corrente elétrica alternada, gera um campo eletromagnético principal que, por sua vez, induz a primeira voltagem na pelo menos uma primeira bobina de recebimento (424) e a segunda voltagem na pelo menos uma segunda bobina de recebimento (425), e em que a pelo menos uma primeira bobina de recebimento (424) e a pelo menos uma segunda bobina de recebimento (425) são posicionadas em cada lado da pelo menos uma bobina de transmissão (423) em uma distância desigual, de modo que a primeira e a segunda voltagens cancelam uma a outra quando não há metal presente nos referidos objetos sob inspeção.

2. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida pelo menos uma primeira bobina de recebimento (424) sendo disposta à montante e referida pe-

lo menos uma segunda bobina de recebimento (425) sendo disposto à jusante da pelo menos uma bobina de transmissão (423) em relação ao referido trajeto.

3. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda bobinas de recebimento (424, 425) e a bobina de transmissão (423) são enroladas em um elemento formador de bobina comum (422) que é oco, produzido de um material não metálico eletricamente isolante, e cujo interior se conforma ao referido perfil de seção transversal variável da zona de detecção (428), e/ou que a primeira e a segunda bobinas de recebimento (424, 425) são conectadas em série uma com a outra, mas os seus enrolamentos são cabeados com o sentido oposto de rotação um em relação ao outro.

4. Detector de metal (420), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a bobina de transmissão (423) é posicionada fora do centro entre a primeira e a segunda bobinas de recebimento (424, 425).

5. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a bobina de transmissão (423) é posicionada em um plano central entre a abertura de entrada (430) e a abertura de saída (431).

6. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a bobina de transmissão (423) é posicionada fora do centro entre a abertura de entrada (430) e a abertura de saída (431).

7. Detector de metal (420), de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a bobina de transmissão (423) é disposta mais próxima da menor dentre a primeira e a segunda bobinas de recebimento (424, 425).

8. Detector de metal (420), de acordo com uma das reivin-

dicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a zona de detecção (428) tem o formato de um funil.

9. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o referido funil é formado tal como um cone truncado invertido, uma seção de uma hipérbole ou outra superfície de revolução, uma pirâmide truncada invertida, ou outra superfície de simetria rotacional contínua ou multifacetada.

10. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que o invólucro metálico (421) é de um formato que é diferente a partir do formato do funil.

11. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que o invólucro metálico (421) segue aproximadamente o formato do funil, deixando um espaço de largura substancialmente uniforme entre o elemento formador de bobina (422) e o invólucro (421).

12. Detector de metal (420), de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 11, caracterizado pelo fato de que o espaço entre o elemento formador de bobina (422) e o invólucro (421) é preenchido com um composto de substrato.

13. Detector de metal (420), de acordo com uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o referido detector de metal (420) adicionalmente compreende meio para cancelar o campo principal além de uma distância a partir do sistema de bobina.

14. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o meio para cancelar o campo principal compreende flanges metálicos ou colares (426, 427) que são conectados a ou integrais com as bordas das aberturas de entrada e de saída (430, 431) do invólucro (421) do detector de metal (420).

15. Detector de metal (420), de acordo com a reivindicação

13 ou 14, caracterizado pelo fato de que o campo principal da bobina de transmissão (423) é anulado para fora dos confins do alojamento e não alcança para fora a abertura de entrada e a abertura de saída.

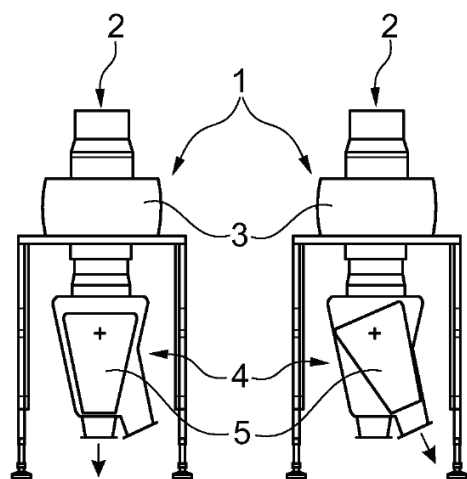


Fig. 1A

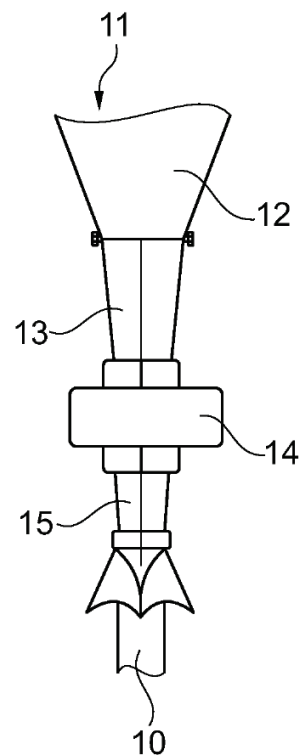


Fig. 1B

Fig. 1 Técnica anterior

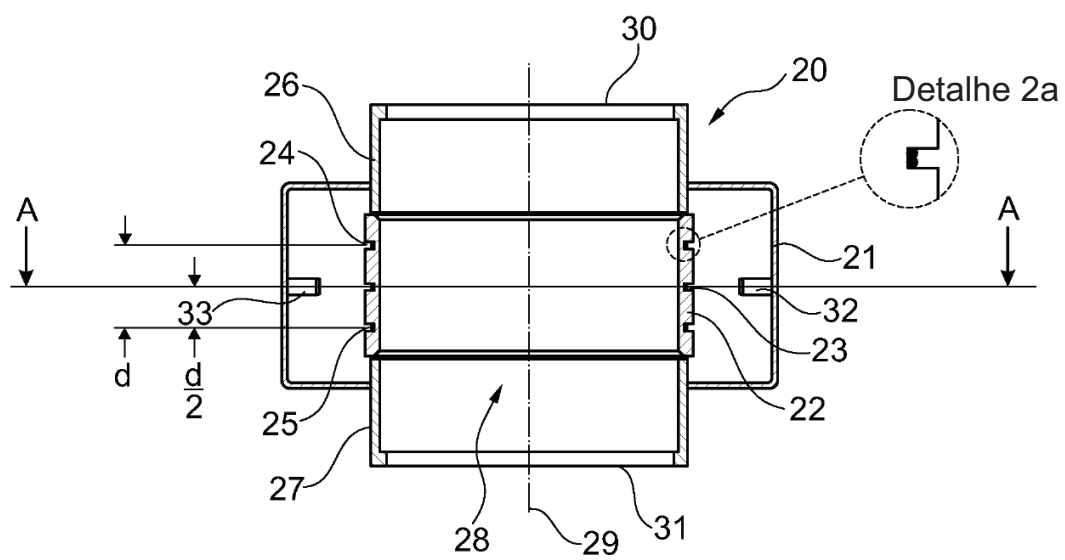


Fig. 2

Técnica anterior

