

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0711390-0 A2**

(22) Data de Depósito: 09/05/2007
(43) Data da Publicação: 01/11/2011
(RPI 2130)



(51) *Int.Cl.:*
G01N 21/85
G01J 3/28

(54) **Título:** SISTEMA ANALISADOR DE MATERIAL A GRANEL

(30) **Prioridade Unionista:** 10/05/2006 EP 06405196.4

(73) **Titular(es):** ABB Schweiz AG

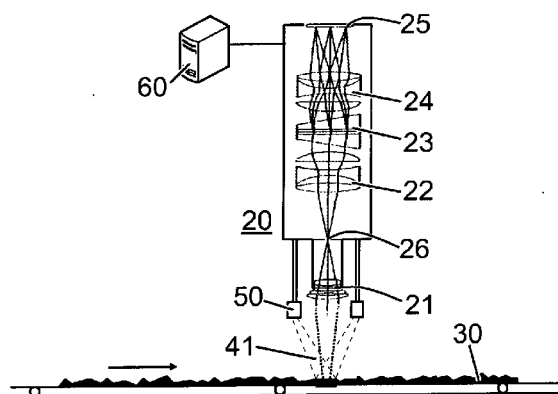
(72) **Inventor(es):** Michael Mound

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2007054495 de
09/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/128832 de
15/11/2007

(57) **Resumo:** SISTEMA ANALISADOR DE MATERIAL A GRANEL. A presente invenção refere-se a um sistema de análise de material a granel em tempo real para analisar as características elementares de material a granel que passa pelo sistema em uma correia transportadora móvel que compreende uma fonte de iluminação (50) que emite luz branca para excitar o material a granel (30) a ser analisado e um espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral (20) para capturar a refletância espectral do material a granel excitado pela fonte de iluminação.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA ANALISADOR DE MATERIAL A GRANEL**".

DESCRIÇÃO

Referência Cruzada aos Pedidos Relacionados

5 Este pedido reivindica a prioridade do pedido de patente europeia número 06405196.4, depositada em 10 de maio de 2006, que se encontra incorporado no presente documento a título de referência em sua totalidade.

Antecedentes da Invenção

10 A presente invenção refere-se a um sistema de análise de material a granel em tempo real para analisar as características elementares de material a granel que é transportado em uma correia transportadora.

As correias transportadoras são amplamente usadas para transportar materiais a granel, tais como Calcário, Bauxita, minério de Cobre, minério de Zinco, minério de Chumbo, minério de Ferro, Sílica, rocha de Fosfato, Potassa, Argila, Terras Raras, materiais de Sucata, Giz, Carvão e coque, Alumina, Marga, Pirita, Cinza Volante, etc. Uma correia transportadora consiste em duas polias de extremidade com uma correia contínua que gira em torno das mesmas em um laço interminável contínuo. As polias são acionadas, movendo-se a correia e um material a granel carregado na correia para frente em velocidades fixas ou variáveis. Certas aplicações industriais reque-
20 rem a análise da composição exata ou média do material a granel que é transportado nas correias transportadoras a partir de um ponto de processo a outro.

25 Os materiais a granel são, geralmente, caracterizados por seus estados de matéria-prima (pré-misturados) ou que seguem um procedimento de mistura (mistura física de matérias-primas de componente) através de um sistema que proporcionar alimentadores provenientes de caixas ou silos que contêm características composicionais relativamente homogêneas.

30 Tradicionalmente, a análise dos componentes de matéria-prima ou de materiais misturados foi realizada extraíndo-se amostras e transportando-as manualmente ou através de um sistema de transporte e amostra-

gem pneumático "pós-tubo" automático até um laboratório central onde os mesmos são submetidos à análise. Os resultados são, então, comunicados em uma variedade de meios para ajustar proporções para se obter, por exemplo, uma receita de mistura desejada.

- 5 Esta disposição, embora proporcione altas precisões, não pode atender as necessidades de análises em tempo real para controle rápido e em tempo real, à medida que o tempo requerido para amostragem, separação, transporte, preparação e análise pode variar em um mínimo de alguns minutos a uma hora ou mais. Durante este atraso, os materiais que se mo-
10 vem rápido representados pela amostra analisada passaram por muitos pontos de controle e ajustes que são, então, produzidos em resposta aos resultados da análise das amostras, podem ser inadequados ou simplesmente muito tarde para ações corretivas adotadas.

- A solução básica almejada pela indústria de processamento de
15 material a granel consiste em analisar os materiais à medida que eles passam ou são expostos de alguma forma aos sistemas analíticos, enquanto os materiais permanecem tanto física como quimicamente inalterados e pas-
sam de maneira ininterrupta em seus leitos situados na correia transportado-
ra móvel. Nenhuma tentativa de interromper ou de outro modo reduzir a ve-
20 locidade da correia transportadora para acomodar meramente a análise é geralmente desejada nem permitida como uma restrição necessária na per-
missão da produção e processamento em tais ambientes de produção.

Técnica Anterior

- Alguns métodos para obter formas de óxido e, deste modo, ele-
25 mentares dos constituintes químicos dos diversos materiais brutos ou mistu-
rados foram colocados na prática atual. Entretanto, eles são limitados em
números nos termos de aplicação prática e fazem, principalmente, uso de
sistemas de ativação de nêutron. Estes sistemas autodenominados Análise
por Ativação Neutrônica Gama Pronta (PGNAA) requer isótopos radioativos
30 para fluxo de nêutron, tal como o isótopo de Califórnio, Cf_{252} , ou um (tubo)
gerador de nêutron. Os sistemas de ativação de nêutron aplicam uma técni-
ca potencialmente perigosa para humanos que requer uma blindagem cui-

dadosa permanente protetora para humanos através da exposição direta ou indireta e substituições de tubo gerador ou isótopo muito dispendiosas. A meia vida curta de C_{1252} de apenas aproximadamente dois anos e meio e o requerimento de substituição de geradores de tubo de nêutron, normalmente, a cada ano e meio, representa tanto custo de manutenção dispendiosos bem como dificuldades para convencer as autoridades da segurança no transporte e operação de ambas as fontes de nêutron. Ademais, a radiação gama resultante dos materiais a granel analisados, que é causada pela ativação de nêutron dos núcleos dos materiais irradiados, representa perigos à saúde e ambientais adicionais.

Outras técnicas que foram tentadas, tal como sistemas de raios-X de alta potência ou sistemas de difração de raios-X, também requerem aderência estrita para as autoridades reguladoras locais. Em alguns locais, a presença de tais dispositivos é completamente proibida.

O documento 2003/0123056 descreve uma matriz de instrumentos de formação de formação de imagem hiper-espectral para explorar informações de assinatura de formação de imagem multiespectral, hiper-espectral e ultra-espectral e não-imagem detalhadas. Isto é realizado em tempo real a fim de identificar as características espectrais exclusivas do alvo. A matriz de instrumentos contém pelo menos um sensor hiper-espectral mecanicamente integrado instalado em uma estrutura de hardware fixa ou móvel e co-visado com uma câmera digital similarmente montada, fonte de luz visível calibrada, fonte térmica calibrada e fonte fluorescente calibrada em um pequeno ponto no alvo. O alvo é movido ao longo da matriz, permitindo que a matriz efetue a coleta de dados espectrais radiometricamente corrigidos absolutos contra o alvo em resoluções espaciais e espectrais altas.

O documento US2004/232339 descreve uma estação de trabalho de formação de formação de imagem hiper-espectral que inclui tanto os sensores UV 15 como VNIR em conjunto em um único invólucro. Cada sensor captura uma imagem de um alvo ou espécime, que resulta nos respectivos conjuntos de dados UV e VNIR que são, então, unidos em um único

conjunto de dados hiper-espectrais que incluem uma banda espectral contígua altamente correlacionada ao longo de uma faixa de 200 a 1000 nanômetros.

O documento W02006/054154 descreve um aparelho e um método para identificar e classificar as partículas alvo que usam espectroscopia de refletância na faixa espectral visível (VIS) no infravermelho próximo (NIR). Em uma versão, um aparelho de formação de imagem hiper-espectral é usado para identificar e classificar as partículas alvo dentro de um lote de partículas, sendo que o aparelho compreende uma bandeja para suportar o lote de partículas, meios de nivelamento para nivelar o lote de partículas em substancialmente uma camada única, um sistema de varredura hiper-espectral para varrer o lote de partículas, para produzir uma imagem hiper-espectral do lote de partículas, um classificador para determinar as coordenadas de pixel de partículas alvo na imagem hiper-espectral, os meios de conversão para converter as coordenadas de pixel em coordenadas globais das partículas alvo na bandeja e os meios de extração de partícula alvo para escolher as partículas alvo com base nas coordenadas globais calculadas e para transferir as partículas alvo escolhidas para uma disposição de armazenamento.

O documento W020041106874 descreve um aparelho e um método para medição foto-elétrica. O aparelho compreende um único ou uma pluralidade de dispositivos de conversão foto-elétrica, de preferência, sensor(es) de matriz, tais como, CCD, CIVIOS, CID e similares, um sistema óptico que é modularmente expansível em um eixo geométrico ou uma pluralidade de eixos, a fim de adquirir a radiação eletromagnética a partir de uma linha ou área com qualquer tamanho desejado em um objeto, com qualquer resolução desejada, onde o dito sistema óptico separa, de preferência, a dita radiação eletromagnética modularmente em uma pluralidade de segmentos menores e projeta a radiação eletromagnética que corresponde aos ditos segmentos menores sobre a dita única ou uma pluralidade de dispositivos de conversão foto-elétrica individuais e sensores eletrônicos relacionados ao(s) dito(s) dispositivo(s) de conversão foto-elétrica que permitem que o

modo de operação e a funcionalidade do(s) dito(s) dispositivo(s) de conversão foto-elétrica sejam definidos e alterados em tempo real, de modo que as funções, tal como a seqüência de leitura de pixels e a flexibilidade ilimitada de compartimento de pixel em duas dimensões sejam completamente programáveis e o(s) dito(s) dispositivo(s) de conversão foto-elétrica possam operar e/ou ser controlados de maneira independente e/ou simultânea.

À medida que os espectrômetros de formação de imagem hiper-espectral não podem penetrar em profundidade, a formação de imagem hiper-espectral não foi considerada um meio prático para análise de material a granel elementar em tempo real.

Sumário da Invenção

Portanto, é um objetivo da presente invenção proporcionar um sistema de análise de material a granel em tempo real para analisar a característica elementar de material a granel variável que passa de maneira desobstruída e não perturbada sob ou através de uma matriz detectora, sendo que o dito sistema de análise compreende uma fonte não perigosa de excitação.

O sistema de análise de material a granel em tempo real inventivo compreende uma fonte de emissão de luz branca consistente de iluminação para excitar o material a granel e um espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral para capturar a refletância espectral do material a granel exposto à luz branca.

O uso de técnicas hiper-espectrais leva em conta a caracterização através de diversas versões de refletância ou absorção através de luz branca, tais como, porém não limitadas, ao NIR de comprimentos de onda variáveis, técnicas de laser (LIBS = Espectroscopia de Plasma Induzida por Laser) através do uso de

- (a) uma fonte de luz,
- (b) uma matriz de feixe que separa e coleta os componentes espectrais que usam retículos de colimação, detectores térmicos ou geradores de plasma, e
- (c) uma matriz de detectores dentro de espectrômetros robustos

pequenos para proporcionar uma assinatura espectral.

O material a granel é excitado ao ser iluminado com luz diretamente sobre o material a granel a partir de uma fonte de luz que pode ser ajustada em diferentes frequências, a fim de aumentar adicionalmente a formação de imagem do material a granel fazendo com que o material a granel reflita ou absorva a luz em comprimentos de onda característicos e identificáveis.

Em construções de estocagem, a saída do triturador secundário é, em geral, aproximadamente homogênea. Portanto, com o sistema de análise de material a granel em tempo real inventivo, o material a granel pode ser analisado sem expor o material ou o ambiente à radiação perigosa, como seria o caso em sistemas profundos ou completamente penetrantes.

Alguns dos principais benefícios do sistema de análise de material a granel em tempo real inventivo são representados por um custo muito mais baixo de aquisição (espera-se que o preço para usuário final seja aproximadamente 25% do nêutron convencional, isto é, PGNAA, analisadores on-line),

a manutenção relativamente baixa e a facilidade de uso e controle à medida que nenhuma especialidade técnica seja requerida para colocar em operação ou uso em uma base regular,

seu baixo custo total de propriedade graças a sua simplicidade, robustez e facilidade de uso,

sua versatilidade devido à consequência natural da identificação de um grande número de elementos diferentes pode ser medida simultaneamente de maneira qualitativa e quantitativa,

sua natureza não perigosa, à medida que nenhuma fonte de sistema de ativação de raios-X ou nêutron é usada para excitar o material a ser analisado,

sua robustez (adequada para ambientes de usina de produção adversos). Isto ocorre porque os dispositivos de formação de imagem hiperespectral foram alojados e embalados para suportarem as severidades dos ambientes espaciais, temperaturas extremas e todas as variedades de cli-

mas em locais relacionados terrestres, aéreos e espaciais desprotegidos, e sua portabilidade à medida que nenhuma blindagem extensiva é requerida devido à ausência de qualquer fonte de excitação perigosa.

Breve Descrição dos Desenhos

5 Alguns dos recursos, vantagens e benefícios da presente invenção foram estabelecidos, outros se tornarão aparentes à medida que a descrição procede quando tomados em conjunção com os desenhos em anexo, em que:

10 A Figura 1 mostra esquematicamente uma vista lateral de um sistema de análise de material a granel inventivo.

A Figura 2 mostra esquematicamente uma vista superior do sistema de análise de material a granel da Figura 1,

15 A Figura 3 mostra uma tomada a curta distância aumentada da vista superior do sistema de análise de material a granel da Figura 2 que mostra esquematicamente uma fenda de entrada de espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral, e

A Figura 4 mostra esquematicamente a conversão da varredura esférica unidimensional para a imagem esférica/espectral bidimensional e para a assinatura espectral.

20 Descrição das Modalidades Preferidas

A presente invenção será mais completamente descrita daqui por diante com referência aos desenhos em anexo que ilustram as modalidades preferidas da invenção. Esta invenção pode ser, entretanto, incorporada de muitas formas diferentes e não deve ser construída de modo que limite as modalidades estabelecidas no presente documento. De preferência, estas modalidades são proporcionadas de modo que esta descrição seja acabada e completa e conduza o escopo da invenção para aqueles versados na técnica. Os números similares referem-se a todos elementos similares.

30 Conforme mostrado na Figura 1, o sistema de análise de material a granel inventivo compreende um espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral 20 que é instalado em cima de uma correia transportadora

móvel 10 que irá transportar o material a granel 30 a ser analisado. Uma fonte de iluminação que emite luz branca é instalada em algum lugar nas proximidades do sensor, de preferência, mirando um feixe fino porém amplo de luz sobre o material a granel ao longo da correia transportadora. A fonte de
 5 iluminação pode compreender diversos emissores de luz dispostos acima da correia transportadora.

O espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral compreende diversos componentes ópticos. A lente frontal 21 é instalada na altura a predefinida acima da correia transportadora. A mesma focaliza em
 10 uma pequena listra na correia transportadora que é iluminada através da luz emitida pela fonte de iluminação 50. Uma pequena fenda de entrada 26 que é disposta em uma placa atrás da lente frontal atua como uma parada de campo para determinar o campo de visão na direção espacial ao longo da correia transportadora que será varrida pelo espectrômetro de formação de
 15 imagem hiper-espectral. A Figura 3 mostra uma tomada a curta distância da fenda de entrada 26 e mostra esquematicamente a área coberta 31, do material a granel 30. Os componentes ópticos usados para separar as direções de propagação de radiações com diferentes comprimentos de onda são dispostos atrás da fenda de entrada e de uma lente de colimação 22. Na moda-
 20 lidade exemplificativa isto é feito por um componente de prisma-retículo-prisma, após o qual uma lente de focalização 24 alinha os feixes de diferentes comprimentos de onda, de modo que eles possam ser capturados por uma matriz bidimensional CCD 25. Uma matriz CCD (dispositivo de carga acoplada) é um sensor para gravar imagens que consiste em um circuito
 25 integrado que contém uma matriz de capacitores ligada ou acoplada. O sinal de saída 42 de uma matriz CCD pode ser processado em uma unidade de controle 60 que é conectada ao espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral 20. A unidade de controle 60 compreende, de preferência um computador que tem pelo menos um processador e memória. Os sinais de
 30 saída da matriz CCD podem ser transmitidos através de uma fibra óptica ou um cabo de largura de banda alta ou ligação de frequência de rádio.

A Figura 2 mostra uma vista superior da correia transportadora

10 que se move para esquerda e direita e transporta o material a granel 30. As áreas varridas marcadas com retângulos pontilhados são as áreas varridas na correia transportadora. À medida que o material a granel passa pelo espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral, as varreduras a curta distância são tomadas tanto contínua como em períodos regulares ou em demanda.

Para cada varredura, por exemplo, na varredura mais recente de área 31t, uma matriz de saída bidimensional é gerada pelo espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral e encaminhada para unidade de controle para o processamento adicional.

Conforme mostrado na Figura 4, a matriz de saída bidimensional compreende valores que representam a quantidade de energia de um certo comprimento de onda refletido a partir do material a granel ao longo da correia transportadora. Uma dimensão da matriz corresponde à distribuição esférica ao longo da correia transportadora (eixo geométrico- x) e na outra dimensão correspondente à faixa de comprimento de onda da energia refletida (eixo geométrico z). Cada ponto capturado de material a granel ao longo da correia transportadora tem sua própria assinatura espectral 43 que representa a energia refletida pelo material a granel naquele ponto particular distribuído de acordo com o comprimento de onda.

Para fatorar a distribuição esférica ao longo da correia transportadora (eixo geométrico y) dentro dos sinais de saída da matriz de saída bidimensional de diversas varreduras separadas atuais pode ser empilhada definindo um cubo tridimensional.

Para facilitar a análise espectral a resolução da matriz de saída bidimensional pode ser reduzida ao longo do eixo geométrico x. Em uma tal modalidade particularmente simples do sistema de análise de material a granel inventivo, a resolução da matriz de saída ao longo do eixo geométrico x é reduzida a um pixel, de modo que para toda a largura da correia transportadora exista somente uma assinatura espectral encaminhada para a unidade de controle. Esta única assinatura espectral é, então, analisada e comparada a um conjunto de assinaturas espectrais da possível composição

de material. Na maioria das aplicações de correia transportadora, a distribuição de diferentes materiais ao longo da correia transportadora não tem importância somente como a composição do material a granel, isto é, a existência de ingredientes na quantidade correta é importante. Esta aplicação com uma resolução reduzida do espectrômetro é mais preferivelmente usada nas aplicações com apenas um pequeno número de possíveis ingredientes a ser observado.

No sistema de análise de material a granel inventivo, apenas luz branca é requerida para a iluminação constante permitir que uma fonte de iluminação para a separação infravermelha ocasionar a estrutura espectral refletiva de materiais a granel contidos. O infravermelho, incluindo NIR (perto do infravermelho), VNIR (perto do infravermelho visual), SWIR (infravermelho de onda curta) e TIR (infravermelho térmico), varre uma faixa de comprimento de onda de 250 a 2500 nanômetros (nm) com os propósitos de caracterização elementar de materiais.

À medida que o material a granel compreende freqüentemente material oxidado, é um objetivo do sistema inventivo reconhecer os óxidos e convertê-los para a forma elementar. Os óxidos podem ser relatados através dos cálculos acumulados de conversões padrões a partir de seus elementos até suas formas de óxido. Como um exemplo: o alumínio Al, pode ser convertido em óxido de alumínio, Al_2O_3 através de um fator de conversão automático de 1,8895 vezes a quantidade relatada do elemento Al. Os fatores de conversão similares são prontamente produzidos para relatar propósitos para qualquer elemento detectado de interesse. Estes fatores de conversão são padrões para relatar os resultados com base nas propriedades químicas conhecidas de todos os elementos em suas formas atômicas ou moleculares e podem ser proporcionados como resultados relatados de análises que usam cálculos simples construídos no software do dispositivo.

Diversos tais espectrômetros podem ser usados para permitir efetivamente que o sinal mais forte de razão de ruído para diversas faixas espectrais dentro dos comprimentos de onda dos elementos a serem analisados. Em uma disposição de diversos espectrômetros, cada um dos senso-

res espectrais pode ser co-visado, de modo que uma linha reta imaginária se estenda a partir do centro de cada sensor até um ponto comum no material a granel a ser analisado. Alternativamente em uma disposição de diversos espectrômetros que sobrepõem os relatórios espectrais pode ser produzida
5 precisando-se a angulação dos espectrômetros usados para proporcionar uma etapa de tira varrida ao longo da largura da correia transportadora.

O processo de analisar o material a granel com o sistema de análise de material a granel inventivo compreende as seguintes etapas:

Em uma primeira etapa, um desenho esférica/espectral bidimen-
10 sional é capturado pela matriz CCD. A radiação a partir da fenda de entrada 26 é colimada por uma lente 22 e, então, dispersada por um elemento de dispersão 23, na modalidade exemplificativa, um elemento de prisma-rede-prisma, de modo que a direção de propagação da radiação dependa de seu comprimento de onda. O mesmo é, então, focalizado por uma lente de foca-
15 lização 24 em uma imagem plana, onde a imagem é capturada pelo detector bidimensional, a matriz CCD 25. A matriz CCD produz um sinal de saída de energia refletida em comprimento de onda específico 42. Cada ponto ao longo do eixo geométrico esférico (consulte a Figura 4, os pontos 0 e n no eixo geométrico x ao longo da correia transportadora) é representado na i-
20 magem plana bidimensional por uma série de imagens monocromáticas que formam um espectro contínuo na direção do eixo geométrico espectral, que é convertido por último na assinatura espectral 43.

As assinaturas espectrais são criadas a partir do desenho esférico /espectral bidimensional capturado pela matriz CCD. Cada ponto no eixo
25 geométrico x esférico na correia transportadora tem sua própria assinatura espectral unidimensional.

Em uma segunda etapa, a assinatura espectral de cada ponto é comparada com um conjunto de calibrações armazenadas que representam concentrações esperadas de padrões previamente caracterizados. Isto é
30 feito em tempo real com o auxílio de um software de computador. Como um resultado, a característica materialista de cada ponto no material a granel distribuído ao longo correia transportadora é identificada.

Em uma próxima etapa, a informação de todos os pontos únicos é reunida para se obter a distribuição total de material dentro do material a granel varrido. Os elementos específicos ou seus óxidos podem, então, ser identificados como a presença e caracterizados como as concentrações através das intensidades de assinaturas espectrais detectadas e reconhecidas.

Inúmeras técnicas quimiométricas podem ser usadas para permitir o encaixe de espectro obtido, deste modo, para a biblioteca armazenada de espectro. Na calibração inicial do dispositivo, os espectros são armazenados em materiais a granel esperados para cobrirem todas as faixas possíveis de concentrações e misturas (mesclas) de contribuidores elementares do espectro recuperado e resolvido

Tais espectros adquiridos são "comparados" com os espectros armazenados para definirem como os espectros adquiridos se comparam com uma matriz de óxido prevista. A precisão do encaixe do espectro adquirido e sua diferença de altura com relação à biblioteca espectral padrão no dispositivo determina tanto o conteúdo como a quantidade dos elementos/óxidos baseados nos picos espectrais.

Os espectrômetros e seus retículos contidos, separadores de feixe, detectores e conexões de fibra óptica, bem como as fontes de luz, são preferivelmente embaladas em um alojamento de varredura fixo em uma altura predeterminada acima da correia transportadora móvel. Deste modo, o alojamento descrito é disposto, de modo que seja situado normalmente no movimento direcional para frente da correia e sua carga de material.

As aplicações desta técnica são adequadas, porém não limitadas aos materiais transportados pelas coréias transportadoras industriais tais como:

Calcário, Xisto, Bauxita, minério de Ferro, minério de Cobre, minério de Zinco, minério de Chumbo, minérios metalíferos (ferrosos e não ferrosos), Sílica, rocha de Fosfato, Potassa, Argila, Bentonita, Farmacêuticos, Manganês, Terras Raras, materiais de Sucata, Giz, Carvão e coque, Alumina, Marga, Pirita, Cinza Volante, pastas fluidas de qualquer material acima,

Fertilizantes que contêm fosfatos, componentes amoníacos, potássio/potassa, minerais industriais (cerâmicas, matérias-primas que produzem vidro, refratários), compostos de magnésio, Cobalto, Níquel, Titânio, Cromo, Tungstênio.

- 5 Em uma aplicação exemplificativa o sistema de análise de material a granel inventivo é usado no processo de mesclagem de materiais a granel usado na fabricação de cimento:

Os materiais a granel são alimentados em uma série de correias transportadoras a partir dos alimentadores que contêm mais ou menos
 10 matéria de rocha triturada homogênea. Estes materiais são, geralmente, referidos como minerais cimentados e de fusão, que serão fisicamente misturados (mesclados) em uma proporção específica antes de serem calcinados (reduzidos em termos químicos) através de aquecimento e, então, transportados, de acordo com o tipo de cimento a ser criado pelos ditos
 15 materiais.

A proporção de cada uma das fontes de material de contribuição será monitorada pelo sistema de análise de material a granel inventivo, a fim de corrigir para enriquecer ou empobrecer mais ou menos os graus de componentes (de acordo com a química mineral contida) pelas adições de cada
 20 material conforme exigido por um algoritmo de controle que obtém a química em tempo real dos materiais a granel de maneira independente ou coletiva a partir dos resultados relatados pelo sistema de análise de material a granel inventivo.

- Existem quatro ou mais componentes principais, que são (em
 25 termos de óxidos):

CaO	normalmente a partir de calcário de alto grau
SiO ₂	a partir de areia, arenito em diversas formas de silicato
Al ₂ O ₃	normalmente a partir de bauxita ou materiais altos em alumina
Fe ₂ O ₃	A partir de escala de carepa, minério de ferro ou piritas

As faixas típicas encontradas para os materiais são:

Óxido de Base Seca	Faixa de Composição (valor típico)
CaO	25...30...55%
SiO ₂	5...20...25%
Al ₂ O ₃	0...8%
Fe ₂ O ₃	0...8%
MgO	0...6%
K ₂ O	0...3%
Na ₂ O	0...3%
SO ₃	0...3%

As precisões esperadas para o desempenho dinâmico da invenção são

Óxido de Base Seca	Precisão (RMSD, 1 hora) %
SiO ₂	0,33
Al ₂ O ₃	0,30
Fe ₂ O ₃	0,08
CaO	0,32
MgO	0,29
K ₂ O	0,21
Na ₂ O	0,11
SO ₃	0,20

5 A conversão de óxido no elemento a partir de uma análise elementar é obtida, para propósitos de relatório:

Óxido de Base Seca	Fator de conversão (elementar)
SiO ₂	2,1393
Al ₂ O ₃	1,8895
Fe ₂ O ₃	1,4297
CaO	2,4973
MgO	1,6581
K ₂ O	1,2046
Na ₂ O	1,3480

Portanto, a faixa de calibração precisa ser ampliada para cobrir o calcário de retículo baixo assim como o alto, devido à presença de $MgCO_3$ em calcários impuros ser importante quando ocorre a mesclagem com graus mais altos, à medida que muito do MgO (excedendo em 2,5%, por exemplo) é um problema de qualidade genuína. Geralmente os padrões de calibração são suficientes.

Alternativamente, as diluições podem ser usadas para preparar uma calibração. Isto pode ser realizado usando-se uma matriz de diluente neutra, tal como calcário puro com concentrações conhecidas de CaO , por exemplo, para tornar a fatoração mais simples.

Na prática, o conteúdo de umidade, que é aquele esperado nas correias transportadoras, pode exceder de 5 a 8% (% de peso em litro). Isto é normalizado na prática usando-se um medidor de umidade (geralmente um dispositivo de microondas de deslocamento de fase) associado com o analisador de monitoração. Onde a umidade ambiente, incluindo a precipitação é levada em conta nas cargas de correia atmosféricamente expostas, isto é um requerimento. Se se pode garantir que a umidade não exceda 4-5%, então, um medidor de umidade não é necessário e um cálculo matemático pode ser feito para LOI.

Uma vez que os materiais irão variar nas densidades, as medidas volumétricas ou gravimétricas podem ser usadas. Se as amostras preparadas, deste modo, são isoladas da degradação ou deterioração (fechadas em plástico vedado ou similar), elas podem permanecer mais ou menos imutáveis.

Uma faixa de amostras de calibração deve englobar as faixas típicas mostradas para evitar o comprometimento da capacidade do analisador encaixar as variações na curva de calibração resultante quando os materiais alternativos e (normalmente) amplamente variáveis são incorporados na mistura, conforme alguém pode esperar em um ambiente de usina típico. Com o uso crescente de matérias-primas alternativas, a necessidade de análise aumenta. Se alguém pode esperar uma largura de banda estreita nas concentrações destes óxidos chave, a necessidade de monitoramento pode

ser leve, considerando que um analisador calibrado que captura as variações em uma ampla faixa (dentro dos limites razoáveis, certamente) torne-se mais atrativo.

O sistema de análise de material a granel em tempo real inventivo é mais bem aplicado em materiais a granel em um estado de partículas sólidas, pós e pastas fluidas.

Nos desenhos e na especificação, foram descritas as modalidades preferidas típicas da invenção e embora os termos específicos sejam empregados, os termos são usados somente em um senso descritivo e não para propósitos de limitação. A invenção foi descrita em detalhes consideráveis com a referência específica a estas modalidades ilustradas. Entretanto, será aparente que diversas modificações e alterações podem ser feitas dentro do espírito e escopo da invenção, conforme descrito na especificação precedente e conforme definido nas reivindicações em anexo.

15 Lista de Abreviações e Símbolos de Referência usados

- 10 Correia transportadora
- 11 Polias de Correia transportadora
- 20 Espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral
- 21 Lentes frontais
- 20 22 Lentes de Colimação
- 23 Elemento Dispersante, prisma-retículo-prisma
- 24 Lente de focalização
- 25 Matriz CCD
- 26 Fenda de entrada
- 25 30 Material a granel
- 31t Área varrida de Material a granel em tempo t
- 41 Energia refletida
- 42 Sinais de saída de energia refletida em comprimento de onda específico
- 43 Assinatura espectral
- 30 50 Fonte de iluminação
- 60 Unidade de controle

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de análise de material a granel em tempo real para analisar as características elementares de material a granel (30) que passa por uma correia transportadora móvel, o dito sistema que compreende:

5 uma fonte de iluminação (50) para excitar o material a granel (30) a ser analisado,

 um sensor espectral (20) para capturar a refletância espectral a partir do material a granel (30) excitado pela fonte de iluminação, e

10 uma unidade de controle (60) para comparar a refletância espectral capturada com uma calibração armazenada onde

 a dita fonte de iluminação (50) emite luz branca, e

 o dito sensor compreende um espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral (20) que produz uma imagem bidimensional; uma dimensão que é a largura esférica da correia transportadora e a outra di-
15 mensão que é o comprimento de onda da refletância, cada ponto da imagem que representa, deste modo, a quantidade de energia em um comprimento de onda específico refletido a partir de um ponto específico ao longo da correia transportadora, sendo que o dito dado de imagem é encaminhado para a unidade de controle (60), e

20 a dita unidade de controle (60) compreende meios para comparar uma assinatura espectral (43) com cada ponto específico ao longo da correia transportadora que foi capturada pelo espectrômetro (20) em uma calibração armazenada, a dita assinatura espectral (43) compreende um espectro contínuo da quantidade de energia refletida a partir do ponto específi-
25 co ao longo de uma faixa de comprimento de onda.

2. Sistema de análise, de acordo com a reivindicação 1, onde o espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral compreende uma lente frontal (21) com uma fenda de entrada (26), sendo que a dita fenda de entrada é disposta para ser normal na direção móvel do material a granel
30 (30) que passa pelo espectrômetro a fim de permitir que a energia refletida somente de uma varredura de faixa fina ao longo do material a granel entre no espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral.

3. Sistema de análise, de acordo com a reivindicação 1, onde o espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral compreende uma óptica de prisma-retículo-prisma.

5 4. Sistema de análise, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, onde o espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral produz uma imagem dimensional, sendo que a largura esférica da correia transportadora é reduzida em um único valor, os pontos da imagem unidimensional que representam, deste modo, a quantidade de energia em um comprimento de onda refletida ao longo de toda a correia transportadora.

10 5. Sistema de análise, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, onde o espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral compreende diversos sensores espectrais, cada dito sensor espectral opera em uma região de frequência distinta a partir de outras regiões de frequência do sensor, sendo que os ditos sensores espectrais são dis-
15 postos para serem co-visados.

6. Sistema de análise, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, onde o sistema compreende adicionalmente uma correia transportadora (10) para transportar o material a granel (30) posicionada na mesma além da fonte de iluminação (50) e do sensor (20).

20 7. Método para análise elementar em tempo real de material a granel que é transportado em uma correia transportadora, o dito método que compreende as etapas de:

iluminar o material a granel com luz branca,

25 capturar a refletância espectral do material a granel excitado pela luz branca com um espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral, criando uma imagem hiper-espectral,

comparar a dita imagem hiper-espectral com uma calibração armazenada que representa, deste modo, as concentrações esperadas de padrões previamente caracterizados,

30 identificar tal para a presença e caracterizar tal para as concentrações de elementos específicos em seus óxidos.

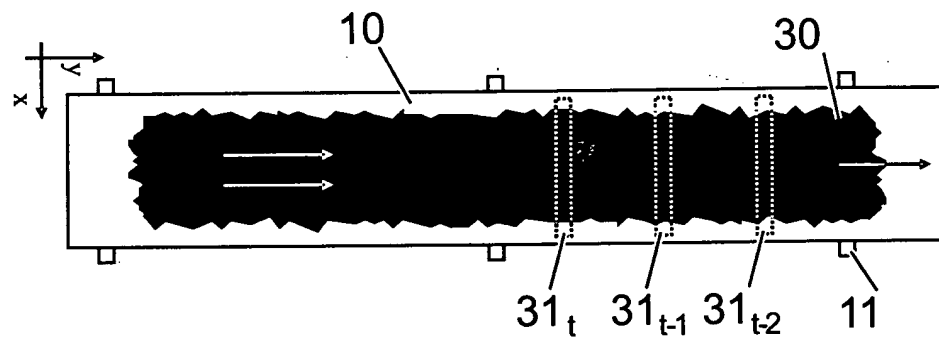
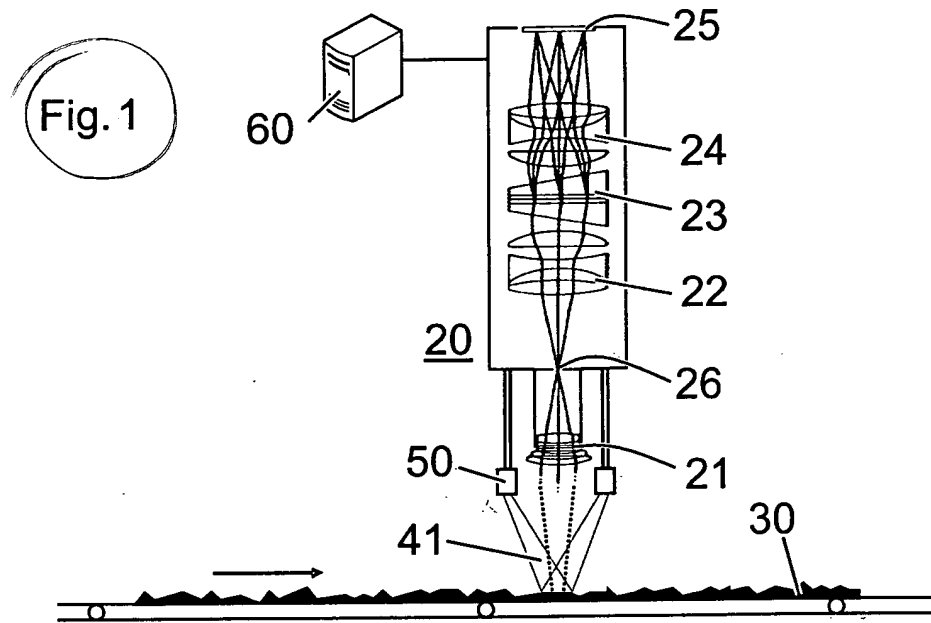


Fig. 2

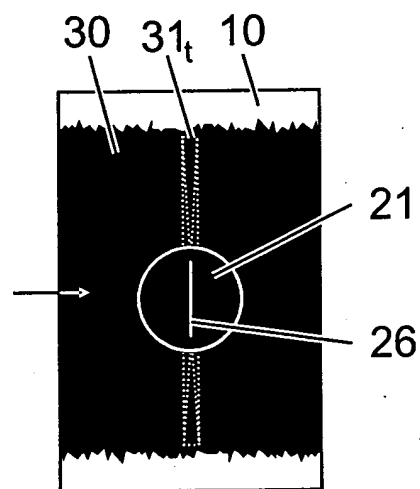


Fig. 3

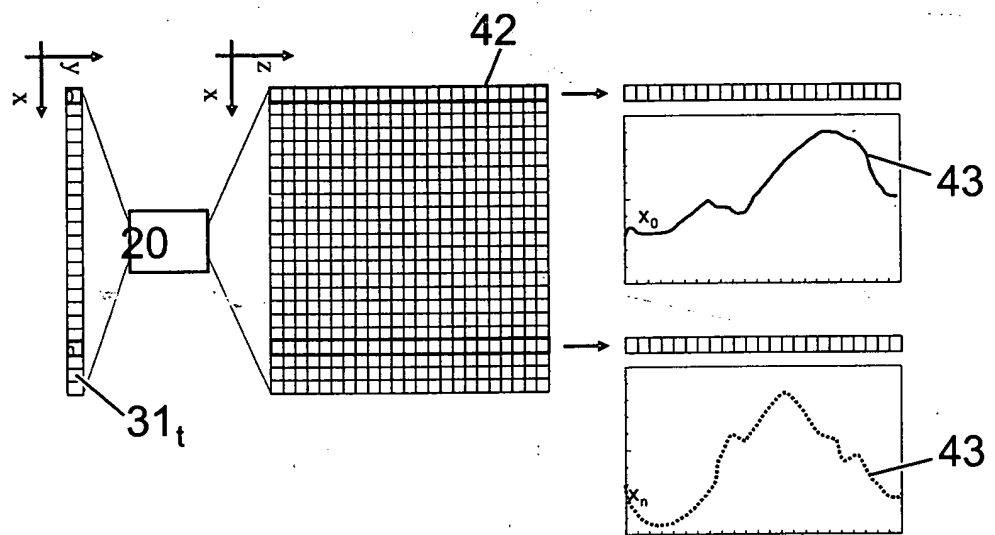


Fig.4

RESUMO

Patente de Invenção "SISTEMA ANALISADOR DE MATERIAL A GRANEL".

A presente invenção refere-se a um sistema de análise de material a granel em tempo real para analisar as características elementares de material a granel que passa pelo sistema em uma correia transportadora móvel que compreende uma fonte de iluminação (50) que emite luz branca para excitar o material a granel (30) a ser analisado e um espectrômetro de formação de imagem hiper-espectral (20) para capturar a refletância espectral do material a granel excitado pela fonte de iluminação.