

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 724**

51 Int. Cl.:

**H04N 5/335** (2011.01)

**B07C 5/344** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2009 PCT/US2009/001985**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2009 WO09123701**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2009 E 09729003 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 2272250**

54 Título: **Sistema y método para clasificar materiales diferentes mediante sensor dinámico**

30 Prioridad:

**03.04.2008 US 80793**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**05.04.2021**

73 Titular/es:

**VALERIO, THOMAS A. (100.0%)  
3465 Hamilton Boulevard SW  
Atlanta, GA 30354, US**

72 Inventor/es:

**VALERIO, THOMAS A.**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 816 724 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema y método para clasificar materiales diferentes mediante sensor dinámico

## 5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a sistemas y métodos para clasificar materiales diferentes. Más particularmente, esta invención se refiere a sistemas y métodos para emplear un sensor dinámico para clasificar metales, como cables de cobre, de materiales de desecho.

10

## Antecedentes de la invención

El reciclaje de materiales de desecho es muy deseable desde muchos puntos de vista, entre los que se encuentran los económicos y ecológicos. Los materiales reciclables debidamente clasificados a menudo se pueden vender para generar ingresos significativos. Muchos de los materiales reciclables más valiosos no se biodegradan en un período corto, por lo que su reciclaje reduce significativamente la presión sobre los vertederos locales y, en última instancia, el medio ambiente.

15

20

Normalmente, las corrientes de desechos se componen de una variedad de tipos de materiales de desecho. Una de estas corrientes de desechos se genera a partir de la recuperación y reciclaje de automóviles u otra maquinaria y electrodomésticos grandes. Por ejemplo, al final de su vida útil, se tritura un automóvil. Este material triturado se procesa para recuperar algunos metales ferrosos y no ferrosos. Los materiales restantes, conocidos como desechos de trituradoras de automóviles (ASR), que pueden incluir metales ferrosos y no ferrosos, incluido el alambre de cobre y otros materiales reciclables, generalmente se eliminan en un vertedero. Recientemente, se han realizado esfuerzos para recuperar más materiales, como metales no ferrosos, incluido el cobre, a partir del cableado de cobre. Se han realizado esfuerzos similares para recuperar materiales de desechos de trituradoras de electrodomésticos (WSR), que son los materiales de desecho que quedan después de recuperar metales ferrosos de maquinaria o electrodomésticos grandes triturados. Otras corrientes de desechos pueden incluir componentes electrónicos, componentes de construcción, material de vertedero recuperado u otras corrientes de desechos industriales. Estos materiales son generalmente valiosos solo cuando se han separado en materiales del mismo tipo, es decir, cuando se concentra el cobre, el plástico u otros materiales valiosos. Sin embargo, en muchos casos, no se dispone de métodos rentables para clasificar eficazmente las corrientes de desechos que contienen diversos materiales. Esta deficiencia ha sido particularmente cierta para los metales no ferrosos, incluido el cableado de cobre y los materiales no ferrosos, como los plásticos de alta densidad. Por ejemplo, un enfoque para reciclar plásticos ha sido colocar varios trabajadores a lo largo de una línea de clasificación, cada uno de los cuales clasifica manualmente los desechos triturados y selecciona manualmente los reciclables deseados de la línea de clasificación. Este enfoque no es sostenible en la mayoría de las economías, ya que el componente del costo laboral es demasiado alto. Debido al costo de la mano de obra, muchos de estos procesos manuales se llevan a cabo en otros países y la cinta transportadora de los materiales hacia y desde estos países aumenta el costo.

25

30

35

40

Si bien el reciclaje ferroso y no ferroso se ha automatizado durante algún tiempo, principalmente mediante el uso de imanes, separadores de corrientes de Foucault, sensores de inducción y separadores de densidad, estas técnicas son ineficaces para clasificar el alambre de cobre. El cableado de cobre es un metal no ferroso que no es magnético y no se puede separar con imanes.

45

50

Los separadores de corrientes de Foucault crean un campo de energía alrededor de los metales no ferrosos, que repele el metal no ferroso. El rendimiento de un separador de corrientes de Foucault depende de la conductividad y densidad de los materiales, así como de su forma y tamaño. Un separador de corrientes de Foucault funcionará bien en una pieza grande de aluminio plano, pero funcionará mal en metales pesados pequeños y de forma irregular, como el alambre de cobre.

55

Los procesos de separación por densidad generalmente involucran productos químicos costosos u otros medios de separación y casi siempre son un proceso "húmedo". Estos procesos húmedos son ineficaces por varias razones. Después de la separación, a menudo el medio de separación debe recogerse para poder reutilizarlo. Además, estos procesos húmedos suelen ser procesos por lotes, por lo que no puede procesar un flujo continuo de material.

60

Un sistema que puede usarse para identificar metales no ferrosos emplea sensores inductivos estándar. Un sensor inductivo consta de un bucle de inducción. La inductancia del bucle cambia según los tipos de material que pasan por su interior. Los materiales metálicos son más inductores que la madera, el plástico u otros materiales que se encuentran típicamente en una corriente de desechos reciclados. Como tal, la presencia de materiales metálicos aumenta la corriente que fluye a través del bucle. Este cambio en la corriente se detecta mediante circuitos de detección, que pueden enviar una señal a algún otro dispositivo cuando se detecta metal. Sin embargo, los sensores inductivos tienen limitaciones, tanto en la velocidad a la que el material puede pasar por el detector y aún ser detectado como en la sensibilidad a los diferentes tamaños de materiales metálicos.

65

5 El documento DE102005048757A1 se refiere a un dispositivo sensor con una pluralidad de sensores para detectar materiales detectables electromagnéticamente a transportar en un plano de transporte y en una dirección de movimiento a los sensores, que comprende medios para generar un campo electromagnético alterno, en donde los sensores tienen cada uno al menos un par de bobinas detectoras unidas a un dispositivo de evaluación para determinar una señal de diferencia entre las bobinas provocada por un material magnético transportado.

10 El documento WO0154830A1 se refiere a un dispositivo y un método para soplar fracciones metálicas de una corriente de material a granel que se transporta mediante medios de transporte de material a granel. El dispositivo comprende boquillas de soplado que están ubicadas en una sección de descarga y que están dispuestas a lo largo de una extensión a lo ancho de la corriente de material a granel, para soplar contra partículas individuales de material a granel con el fin de modificar la trayectoria de tal manera que produzca una segunda subcorriente que se ramifica. Las boquillas de soplado se pueden controlar de acuerdo con los resultados de exploración de la bobina sensora relacionados con las partículas de material a granel. Se proporciona una pluralidad de bobinas de sensor debajo de una sección esencialmente horizontal de la corriente de material a granel en forma de un circuito oscilante LC. Dichas bobinas sensoras están previstas para detectar las corrientes de Foucault inducidas.

15 En vista de lo anterior, existe una necesidad de métodos y sistemas rentables y eficientes para clasificar alambres de cobre y otros metales no ferrosos de las corrientes de desechos recicladas.

20 Dichos métodos y sistemas pueden emplear tecnología de detección que supere las limitaciones e ineficiencias de los imanes, los sistemas de corrientes de Foucault, los procesos húmedos o los sensores inductivos.

#### Resumen de la invención

25 El objetivo de la presente invención es permitir una clasificación mejorada de objetos en una corriente de material de desecho. Este objetivo se resuelve mediante las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la presente invención se definen mediante las reivindicaciones dependientes.

30 La presente invención proporciona sistemas y métodos para emplear un sensor dinámico para procesar metales, tales como cableado de cobre, de una corriente residual. Los sistemas y métodos emplean un sensor dinámico para identificar objetos metálicos en una corriente de desechos. El sensor dinámico puede estar acoplado a un sistema informático que controla una unidad desviadora de material, que desvía los objetos metálicos detectados para su recogida. Estos materiales metálicos recolectados pueden estar suficientemente concentrados en este punto para venderse o pueden procesarse más para concentrar los metales.

#### 35 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa un sistema de clasificación dinámico de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención.

40 La Figura 2 representa un sistema de clasificación de sensor dinámico de acuerdo con una realización ilustrativa alternativa de la presente invención.

La Figura 3 representa una matriz de sensores dinámicos de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención.

45 La Figura 4 representa un clasificador de aire de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención.

La Figura 5 representa una corriente de proceso para procesar materiales metálicos usando un sensor dinámico de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención.

#### 50 Descripción detallada de las realizaciones ilustrativas

Las realizaciones ilustrativas de la presente invención proporcionan sistemas y métodos para procesar materiales metálicos, tales como cobre, a partir de materiales de desecho. Los sistemas y métodos emplean un sensor dinámico que identifica objetos metálicos en una corriente de desechos. El sensor dinámico está acoplado a un sistema informático que controla una unidad desviadora de material, que desvía los objetos metálicos detectados para su recogida y posible procesamiento posterior.

60 La Figura 1 representa un sistema de clasificación dinámico 100 de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención. Con referencia a la Figura 1, el material de una cinta transportadora 120 se mueve bajo una matriz de sensores dinámicos 110. La matriz de sensores dinámicos 110 incluye múltiples sensores dinámicos. Un sensor dinámico es un sensor inductivo modificado. Este sensor modificado mide la tasa de cambio de la cantidad de corriente producida en un bucle inductivo y detecta la presencia de objetos metálicos basándose en esta tasa de cambio. Este proceso difiere de cómo un sensor inductivo estándar detecta objetos metálicos.

65 Como se indicó anteriormente, tanto un sensor inductivo como un sensor dinámico emplean un bucle inductivo para detectar la presencia de objetos metálicos. Cuando un inductor se mueve a través del bucle inductivo, se genera una corriente en el bucle. La cantidad de salida de corriente del bucle inductivo es directamente proporcional a la

5 inductancia de los objetos en el campo de detección del bucle. Los objetos metálicos tienen mayor inductancia que los objetos no metálicos, como plásticos y otros materiales no metálicos, por lo que se genera una mayor corriente en el bucle cuando los objetos metálicos lo atraviesan en comparación con los objetos no metálicos. Una diferencia clave entre un sensor dinámico y un sensor inductivo estándar es la forma en que el detector filtra e interpreta el nivel de corriente analógica generado en el bucle inductivo.

10 En un sensor inductivo estándar, la corriente analógica del bucle inductivo se filtra utilizando dos criterios: la amplitud (o magnitud) de la corriente y la constante de tiempo de la corriente. En otras palabras, para que un sensor inductivo indique que un objeto metálico está presente, la corriente generada en el bucle inductivo debe alcanzar un nivel mínimo especificado (umbral) y permanecer por encima de ese umbral durante un intervalo de tiempo especificado, llamado antirrebote, antes de que la salida digital del sensor se active. Esta salida digital es una indicación de la presencia de un objeto metálico en el material monitoreado. Luego, la salida digital se mantiene encendida hasta que la corriente del bucle inductivo desciende por debajo del umbral.

15 Por ejemplo, con un sensor inductivo estándar, cuando un objeto metálico objetivo se acerca al sensor, la corriente analógica en el bucle inductivo se eleva por encima del nivel de umbral. El sensor espera a que se agote el tiempo de antirrebote, es decir, el sensor se asegura de que la corriente permanezca por encima del umbral durante al menos un tiempo mínimo. Una vez que la corriente permanece por encima del umbral durante más tiempo que la constante de tiempo antirrebote, el detector activa la salida digital, que permanece activa hasta que pasa el objeto, y la corriente analógica vuelve a caer por debajo del nivel del umbral. Si el objeto de destino no fuera metálico, entonces la corriente no se elevaría por encima del umbral y el detector no indicaría la presencia de un objeto metálico, no generaría una salida digital. Además, si un objeto metálico se mueve rápidamente y pasa por un sensor inductivo, es probable que no se mida, ya que el nivel de corriente no permanecerá por encima del umbral durante más tiempo que el tiempo antirrebote. Esta limitación de tiempo dicta una velocidad máxima de los materiales que se mueven pasando por un sensor inductivo.

20 Por el contrario, el sensor dinámico toma la misma corriente analógica generada en el bucle inductivo y la procesa en función de la tasa de cambio de la corriente analógica a lo largo del tiempo, en lugar de la magnitud de la corriente. La tasa de cambio de la corriente se determina como aumento de la corriente por unidad de tiempo. Cuando el sensor dinámico detecta un cambio en la corriente analógica de una cantidad mínima (diferencial) durante un cierto período de tiempo (tiempo de subida), activa su salida digital durante un intervalo específico (tiempo de pulso). En otras palabras, el sensor dinámico indica la presencia de un objeto metálico en la corriente de material que se mide cuando la tasa de cambio de la corriente en el bucle inductivo excede un umbral, en lugar de cuando la magnitud de la corriente alcanza y permanece por encima de un umbral.

25 Como resultado de este método de detección, cuanto más rápido se mueva un objeto metálico a través del campo de detección de un sensor dinámico, más rápido será el tiempo de subida de una corriente en el bucle inductivo y mayor será la probabilidad de que el sensor dinámico detecte la presencia de ese metal. objeto. La velocidad máxima de los objetos que se mueven a través del campo está limitada solo por la frecuencia de oscilación del campo de bucle inductivo y el tiempo mínimo de pulso de salida digital.

30 Por ejemplo, cuando un objeto metálico objetivo se acerca a un sensor dinámico, la corriente analógica en el bucle inductivo aumenta rápidamente. El sensor dinámico monitorea la tasa de cambio de la corriente analógica y pulsa la salida digital tan pronto como ocurre el cambio de corriente diferencial mínimo dentro del tiempo de subida especificado. Por lo tanto, la salida digital del sensor solo se activa durante un breve pulso cuando el borde delantero del objeto pasa a través del campo inductivo. La salida digital permanece desactivada hasta que pasa otro objeto de masa y velocidad suficientes. Este pulso digital es una indicación de la presencia de un objeto metálico en el material que se está monitoreando.

35 Una ventaja del sensor dinámico es que funciona de manera más eficaz cuanto más rápido pasa el material por el sensor, en comparación con un sensor inductivo estándar. La velocidad más lenta de la correa requerida para un sistema de sensor inductivo es necesaria debido a las limitaciones de un sensor inductivo. La mayor velocidad de la cinta para un sensor dinámico permite una distribución más uniforme de los materiales cuando se introducen por primera vez en la cinta y un mayor volumen de materiales a procesar por unidad de tiempo mediante un sistema de sensor dinámico, en comparación con un sistema que emplea sensores inductivos.

40 El material introducido en la cinta transportadora 120 incluye materiales tanto metálicos como no metálicos. En la Figura 1, los objetos negros, como el objeto 132, están destinados a representar objetos metálicos, mientras que los objetos rayados, como el objeto 131, están destinados a representar objetos no metálicos. Los objetos, como los objetos no metálicos 131, 133 y el objeto metálico 132, se mueven de izquierda a derecha en la Figura 1 en la cinta transportadora 120. A medida que los objetos se mueven en el cinturón, pasan por debajo de la matriz de sensores dinámicos 110. Los sensores de la matriz de sensores 110 detectan el movimiento de los objetos metálicos y la señal de detección se envía a un ordenador 150.

45 La matriz de detectores 110 incluye múltiples sensores. La matriz está configurada de manera que más de un detector cubra un área en el cinturón. Esta superposición de cobertura ayuda a garantizar que los objetos metálicos sean

detectados por al menos uno de los sensores. Una configuración ilustrativa de sensores en una matriz de sensores se analiza con mayor detalle a continuación, en relación con la Figura 3. La matriz de detectores 110 ilustrativa se representa colocada sobre el material a medida que el material se mueve sobre la cinta 120 transportadora. En una configuración alternativa, la matriz de detectores 110 puede estar contenida debajo de la cinta superior de la cinta transportadora 120.

El ordenador 150, que está programado para recibir señales de la matriz de detectores 110 que indican la presencia de objetos metálicos, también controla una unidad desviadora de material 160. Esta unidad desviadora de material ilustrativa 160 es un clasificador de aire, pero pueden emplearse otros tipos de unidades de desviadoras de material. Por ejemplo, podrían emplearse sistemas de vacío o brazos mecánicos con mecanismos de succión, mecanismos de adhesión, mecanismos de agarre o mecanismos de barrido.

La unidad desviadora de material 160 incluye múltiples boquillas de aire conectadas a válvulas de aire. El ordenador envía una señal a la unidad desviadora de material 160 para disparar una o más boquillas de aire para desviar un objeto detectado. Cuando se activa una válvula, un compresor 170 suministra aire a una o más boquillas. La señal del ordenador 150 se sincroniza de modo que el chorro de aire se suministra cuando el objeto detectado cae de la cinta transportadora 120. El chorro de aire dirige el objeto detectado a un contenedor 140, tal como se muestra para los objetos 134, 135. Este tiempo incluye el tiempo que tarda en disparar el desvío y alcanzar la presión de aire total fuera de las boquillas, que es de 3 milisegundos en este sistema ilustrativo.

La unidad desviadora de material 160 incluye boquillas de aire a lo ancho de la cinta transportadora 120, de modo que pueda actuar sobre objetos discretos en la cinta. Una unidad desviadora de material ilustrativo se describe con mayor detalle a continuación, en relación con la Figura 4.

En el sistema ilustrativo 100, los objetos sobre los que no actúa la unidad desviadora de material 160, es decir, los objetos no detectados como objetos metálicos por el conjunto de detectores 110, caen sobre una segunda cinta transportadora 125. Esta segunda cinta transportadora 125 transporta objetos no metálicos, tales como objetos 136, 137 a un contenedor 145. De esta manera, el contenedor 140 contiene materiales concentrados en objetos metálicos y el contenedor 145 tiene materiales desprovistos de objetos metálicos. El material del contenedor 145 puede procesarse adicionalmente para concentrar y recuperar plásticos, mientras que el material del contenedor 140 puede procesarse adicionalmente para concentrar el cobre u otro metal recogido.

Aunque aquí se describen cintas transportadoras, se podrían utilizar sistemas de transporte alternativos. Además, la segunda cinta transportadora 125 podría omitirse y el contenedor 145 podría colocarse para recibir materiales no desviados.

Ya sea antes de que los materiales, como ASR o WSR u otro material de desecho, se introduzcan en la cinta transportadora 120 o después de que se procesen sobre el sensor dinámico, pueden procesarse más para eliminar materiales indeseables, es decir, materiales con poco o ningún valor económico si recuperado. En una realización ilustrativa, los materiales se procesan adicionalmente antes de que se introduzcan en la cinta transportadora para aumentar las eficiencias de los sensores dinámicos y recuperar un material mezclado que es al menos un 85% de alambre de cobre. Por ejemplo, el desecho se puede clasificar con una pantalla mecánica u otro tipo de pantalla de tamaño para eliminar objetos grandes. Los objetos que pasan a través de la pantalla incluirían el cableado de cobre u otro metal recuperable, que es el objetivo principal de este proceso general.

En otra etapa de preproceso, el material puede someterse a un separador de correa de "retroceso" o fricción. En este proceso, los materiales se mueven a lo largo de una cinta, con la cinta en una ligera inclinación hacia arriba. Es menos probable que los materiales livianos, predominantemente redondos, como la espuma, se muevan junto con la cinta y rueden hacia abajo y sean capturados. Normalmente, este material se eliminará.

Otra etapa de preproceso puede someter el desecho a un proceso de separación ferrosa. Procesos comunes de separación ferrosa, que pueden incluir un separador magnético de cinta o placa, un imán de polea o un imán de tambor. El proceso de separación ferrosa elimina los materiales ferrosos que no fueron capturados en el procesamiento inicial del material triturador. Este proceso también capturará algunos materiales de tela y alfombra. Estos materiales incluyen hilos metálicos o atrapan finos metálicos generados durante el procesamiento inicial de la corriente de desechos donde los desechos, como automóviles y/o equipos grandes o bienes de consumo, se trituraron y se recuperaron los metales ferrosos. Estos finos de metales ferrosos atrapados permiten que el proceso de separación ferrosa elimine estos materiales.

Otra etapa de preproceso puede someter los materiales a un proceso de separación por aire. En este proceso, los materiales se introducen en el sistema de separación por aire, generalmente desde la parte superior, y la caída por gravedad a través del sistema. El aire se fuerza hacia arriba a través del sistema de separación por aire. Los materiales ligeros, a menudo llamados "pelusa", que incluyen suciedad, arena, telas, alfombras, papel y películas, se arrastran al aire y se eliminan de una parte del sistema. Los materiales no arrastrados por el aire se eliminan de otra parte del sistema. Los sistemas de separación por aire pueden incluir múltiples pasos o cascadas, donde el material que cae

por un paso se introduce en un segundo paso, y así sucesivamente. El material más pesado sería el material introducido en la cinta transportadora 120.

Por supuesto, cualquier procesamiento adicional de materiales podría incluir uno, dos, tres o los cuatro de estos procesos, ya sea antes o después de los sensores dinámicos y en cualquier combinación, o ninguno de los procesos. Además, podrían emplearse otras etapas de procesamiento que eliminen materiales indeseables, que pueden incluir el uso de filtros de ordenador para aislar la detección de frecuencia de los sensores dinámicos, o el uso de cámaras de alta velocidad en combinación con los sensores dinámicos para realizar una clasificación cruzada en función de las detecciones de forma y frecuencia, así como otros procesos.

La Figura 2 representa un sistema de clasificación de sensor dinámico 200 de acuerdo con una realización ilustrativa alternativa de la presente invención. Con referencia a las Figuras 1 y 2, el sistema 200 incluye múltiples pasos de detectores. Cada paso es similar al sistema 100, que se muestra en la Figura 1. En este sistema 200, el material se introduce en la cinta transportadora 220 y el material pasa por el conjunto de detectores 210. Cuando la matriz de detectores 210 detecta un objeto metálico, se transmite una señal a un ordenador 250. El ordenador 250 controla una unidad desviadora de material 230 que, en este sistema ilustrativo, incluye múltiples boquillas de aire controladas por válvulas. Por ejemplo, podrían emplearse sistemas de vacío o brazos mecánicos con mecanismos de succión, mecanismos de adhesión, mecanismos de agarre o mecanismos de barrido. El ordenador 250 activa una o más válvulas para que se abran y los chorros de aire desvían el material detectado. El aire se suministra desde un compresor (no mostrado). La señal del ordenador 150 está sincronizada para accionar las válvulas y enviar el chorro de aire cuando el objeto detectado cae de la cinta transportadora 220 a la cinta transportadora 222. Los chorros de aire desviarían un objeto metálico detectado al interior del contenedor 240. Los materiales no detectados por la matriz de detectores 210 caerían sobre la cinta transportadora 222. Estos materiales se transportan luego bajo la matriz de detectores 212 y se repite el proceso. La matriz de detectores 212 envía una señal al ordenador 250, que controla la unidad desviadora de material 232 y activa la unidad desviadora de material 232 para desviar los objetos metálicos detectados a un contenedor 242. Este proceso se repite para los otros dos pasos. Al final del proceso, los contenedores 240, 242, 244, 246 contienen objetos metálicos desviados mientras que el contenedor 248 contiene predominantemente objetos no metálicos.

El sistema ilustrativo 200 representa cuatro pasos, donde un paso es una combinación de un medio de transporte, un sensor y una unidad desviadora de material. Por supuesto, se podría emplear cualquier número de pasos. Además, el sistema 200 representa un único ordenador 250 que controla todas las matrices de detectores y unidades desviadoras de material. Alternativamente, se podrían usar múltiples ordenadores, como una por paso. Al igual que con el sistema 100, los materiales de desecho se pueden preprocesar antes de introducirlos en la cinta transportadora 220. Además, las matrices de detectores se pueden colocar debajo de las cintas móviles.

El material inicial introducido en la cinta transportadora 220 tendrá una mayor concentración de material metálico que el material que cae sobre la cinta 222. De hecho, el material que cae sobre cada cinta subsiguiente tendría una menor concentración de materiales metálicos, ya que el material metálico se desvía de la corriente de desechos en cada paso. Como resultado, la primera matriz de detectores 210 puede estar sobrecargada con "impactos" del detector, es decir, indicaciones de objetos metálicos. En una realización, la sensibilidad de cada grupo de detectores subsiguiente podría ajustarse para evitar esta sobrecarga. Por ejemplo, la matriz de detectores 210 podría configurarse al 50 por ciento de sensibilidad, la matriz de detectores 212 podría configurarse al 75 por ciento de sensibilidad, la matriz de detectores 214 podría configurarse al 90 por ciento de sensibilidad y la matriz de detectores 216 podría configurarse al 100 por ciento de sensibilidad. Esta sensibilidad variable podría lograrse ajustando los filtros de tiempo para cada sensor, de modo que un sensor configurado para una sensibilidad más baja necesitaría un pulso inicial más largo para representar un "impacto" en un objeto metálico. El pulso inicial más largo estaría asociado con un objeto más grande, de modo que los objetos más grandes serían detectados por la matriz de detectores 210, y las matrices de detectores subsiguientes detectarían objetos metálicos cada vez más pequeños.

La Figura 3 representa una matriz de sensores dinámicos 300 de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención. Con referencia a las Figuras 1, 2 y 3, la matriz de sensores dinámicos 300 incluye una placa 310. La placa 310 incluye orificios correspondientes a cada sensor dinámico en la matriz de sensores 300. En esta realización ilustrativa, la matriz de sensores 300 incluye 64 sensores individuales, tales como sensores 320, 330, 340, 350.

En esta matriz de sensores 300 ilustrativa, un paso típico, es decir, la distancia entre el centro del sensor 320 y el sensor 330, es de 120 milímetros. Además, la distancia típica entre la línea central horizontal de los sensores en la fila con el sensor 320 y el sensor 330 y la línea central horizontal de los sensores en la fila con el sensor 340 es de 110 milímetros. El ancho del conjunto de sensores 300 sería aproximadamente igual al ancho de la cinta transportadora que mueve el material más allá del conjunto de sensores 300, como la cinta transportadora 120. De esa manera, esa matriz de sensores 300 puede detectar material en cualquier lugar de la cinta transportadora. Por supuesto, se podrían usar diferentes configuraciones geométricas y números de sensores en una matriz de sensores. De hecho, un solo sistema podría emplear diferentes configuraciones. Por ejemplo, la matriz de sensores 210 podría tener una configuración de sensor diferente o un número de sensores en comparación con la matriz de sensores 212 en el sistema 200.

Los sensores en la matriz de sensores 300 están dispuestos de manera que múltiples sensores detectan objetos en la misma región de la cinta transportadora. Por ejemplo, el sensor 320 y el sensor 350 cubren aproximadamente la misma área en la cinta transportadora. Además, el área de cobertura del sensor 340 se superpone con las áreas de cobertura del sensor 320 y el sensor 350. Esta cobertura redundante aumenta la probabilidad de que la matriz de sensores 300 detecte un objeto metálico en el material que pasa por la matriz.

La Figura 4 representa un clasificador de aire 400 de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención. Con referencia a las Figuras 1, 2 y 4, el clasificador de aire 400 incluye un cuerpo 410. El cuerpo 410 contiene varias válvulas de aire y boquillas, tales como válvulas de aire 420, 425 y boquillas 430, 432, 434, 436. Como se describió anteriormente en relación con las Figuras 1 y 2, el clasificador de aire 400 puede usarse como la unidad desviadora de material 160 o una de las unidades desviadoras de material 230, 232, 234, 236.

Cada válvula de aire en el clasificador de aire 400 suministra aire comprimido a dos boquillas. El aire comprimido se suministra al clasificador de aire 400 mediante un compresor (no mostrado) u otra fuente de aire comprimido. Por ejemplo, la válvula de aire 420 suministra aire a las boquillas 430, 432. De manera similar, la válvula de aire 425 entrega aire a las boquillas 434, 436.

Para el clasificador de aire 400, cuatro boquillas corresponden a un sensor en una matriz de sensores, como la matriz de sensores 300. A las cuatro boquillas se les suministraría aire al mismo tiempo para desviar un objeto metálico detectado. La caja 440, indicada con una línea discontinua, representa el área de un medio de transporte, como la cinta transportadora 120, que se mide mediante un sensor. Las cuatro boquillas 430, 432, 434, 436 se activarían cada vez que el sensor correspondiente indicara la presencia de un objeto metálico.

El clasificador de aire 400 abarcaría todo el ancho del sistema de transporte que se está utilizando, como la cinta transportadora 120, para actuar sobre cualquier material detectado por un sensor.

La Figura 5 representa un flujo de proceso 500 para procesar materiales metálicos usando un sensor dinámico de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención. Con referencia a las Figuras 1 y 5, en la etapa 510, se preprocesa el desecho de la trituradora u otros materiales que contienen objetos metálicos, tales como alambres de cobre u otros metales recuperables. Como se discutió anteriormente en relación con la Figura 1, se pueden emplear una variedad de acciones de preprocesamiento, tales como cribado mecánico, separación por retroceso, separación ferrosa, separación por aire u otros procesos que eliminan materiales indeseables, individualmente o en combinación. Por supuesto, como se discutió anteriormente, esta etapa de preprocesamiento puede omitirse.

En la etapa 520, el material residual de la trituradora que se recupera de la etapa de preprocesamiento 510 se introduce en un sistema de transporte. Un sistema de transporte ilustrativo es una cinta transportadora, como la cinta transportadora 120. En la etapa 530, el material pasa por un sensor dinámico, como la matriz de sensores dinámicos 110.

En la etapa 540, el material metálico identificado por el sensor dinámico en la etapa 530 se desvía del sistema de transporte. Por ejemplo, el sensor dinámico envía una señal a un ordenador, como el ordenador 150, indicando la presencia de un objeto metálico. El ordenador 150 activaría entonces una unidad desviadora de material, tal como la unidad desviadora de material 160. Esta unidad entregaría chorros de aire al objeto de manera que se retire del sistema de transporte. La desviación puede ocurrir cuando el objeto identificado llega al final de una cinta transportadora y el chorro de aire desvía el objeto hacia un contenedor.

En la etapa 550, se recogen los componentes tanto metálicos como no metálicos del material residual. Los materiales metálicos recolectados pueden procesarse adicionalmente para concentrar el alambre de cobre u otros materiales metálicos. Los componentes no metálicos también pueden procesarse adicionalmente para concentrar y recuperar otros materiales valiosos, tales como plásticos.

Un experto en la materia apreciaría que la presente invención proporciona sistemas y métodos para procesar materiales metálicos, tales como cobre, a partir de materiales de desecho. Los sistemas y métodos emplean un sensor dinámico para identificar objetos metálicos en una corriente de desechos. El sensor dinámico está acoplado a un sistema informático que controla una unidad desviadora de material, que desvía los objetos metálicos detectados para su recogida y posible procesamiento posterior.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para clasificar objetos en una corriente de material de desecho movida por un sistema de transporte, el sistema que comprende:  
 5 un sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) que emplea un bucle inductivo para detectar la presencia de un objeto metálico midiendo la tasa de cambio de una corriente generada en el bucle inductivo como resultado del objeto metálico (132, 134, 135) en la corriente de material de desecho que pasa por el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) y que es operable para generar una indicación cuando el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) detecta el objeto metálico (132, 134, 135) en la corriente de material de desecho;  
 10 un ordenador (150; 250) acoplado al sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300), operable para recibir la indicación de que el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) detecta el objeto metálico (132, 134, 135); y  
 15 una unidad desviadora de material (160; 230; 232; 234; 236; 400), operable para recibir una señal de control desde el ordenador (150, 250), en donde la señal de control activa el desviador de material (160; 230; 232; 234; 236; 400) para desviar el objeto metálico (132, 134, 135) detectado por el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300);  
 20 en donde el sensor dinámico (160; 230; 232; 234; 236; 400) comprende una pluralidad de sensores dinámicos individuales (320-350) que forman una matriz de sensores (300) ubicada encima o debajo del sistema de transporte, cada uno de los sensores dinámicos individuales que tiene un bucle inductivo, caracterizado porque el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) detecta el objeto metálico (132, 134, 135) en la corriente de material de desecho cuando la tasa de cambio medida de la corriente excede un umbral, en donde el sensor dinámico está configurado para generar la indicación enviando pulsos a una salida digital del sensor dinámico en un cambio de corriente diferencial mínimo que ocurre dentro de un tiempo de subida especificado, y la tasa de cambio de la corriente se determina como aumento de corriente por unidad de tiempo.
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde la unidad desviadora de material (160; 230; 232; 234; 236; 400) comprende una pluralidad de boquillas de aire (430, 432, 434, 436) operables para emplear aire para desviar el objeto metálico (132, 134, 135) detectado por el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300).
3. El sistema de una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además el sistema de transporte, que comprende preferiblemente una cinta transportadora (120, 125; 220, 222, 224, 226), operable para transportar objetos (131-137) a clasificar que pasan el sensor dinámico (160; 230; 232; 234; 236; 400).
- 35 4. El sistema de una de las reivindicaciones precedentes, en donde el material de desecho comprende desechos de trituradoras de automóviles o desechos de trituradoras de electrodomésticos y el objeto metálico (132, 134, 135) comprende cableado de cobre.
- 40 5. El sistema de una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:  
 una pluralidad de unidades desviadoras de material (230, 232, 234, 236) cada unidad (230, 232, 234, 236) está asociada con uno de la pluralidad de sensores dinámicos individuales (210, 212, 214, 216), operables para recibir una señal de control del ordenador (250), en donde la señal de control activa el desviador de material (230, 232, 234, 236) para desviar un objeto metálico (132, 134, 135) detectado por el sensor dinámico individual (210, 212, 214, 216) asociado con la unidad desviadora de material (230, 232, 234, 236).
- 45 6. El sistema de una de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos dos de los sensores dinámicos individuales (320-350) detectan objetos en aproximadamente la misma área en el sistema de transporte.
- 50 7. El sistema de una de las reivindicaciones anteriores, en donde la pluralidad de sensores dinámicos individuales (210, 212, 214, 216) comprende una pluralidad de pasos, cada paso comprende un sensor dinámico (210, 212, 214, 216) y una unidad desviadora de material (230, 232, 234, 236).
8. El sistema de la reivindicación 7, en donde al menos uno de la pluralidad de sensores dinámicos individuales (210, 212, 214, 216) comprende una sensibilidad que difiere de la sensibilidad de un segundo sensor de la pluralidad de sensores dinámicos (210, 212, 214, 216).
- 55 9. Un método para clasificar objetos en una corriente de material de desecho, que comprende las etapas de:  
 (a) introducir el material de desecho en un sistema de transporte;  
 (b) pasar el material de desecho por un sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) que emplea un bucle inductivo para medir la tasa de cambio de una corriente generada en el bucle inductivo como resultado de un objeto metálico (132, 134, 135) en la corriente de material de desecho en el sistema de transporte;  
 (c) generar una indicación de la presencia de un objeto metálico (132, 134, 135) en el material de desecho por el sensor dinámico;  
 60 (d) desviar el objeto metálico (132, 134, 135) dentro del material de desecho indicado por el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300); y  
 65

(e) recoger el objeto metálico desviado (132, 134, 135);

5 en donde el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) comprende una pluralidad de sensores dinámicos individuales (320-350) que forman una matriz de sensores (300) ubicada encima o debajo del sistema de transporte, cada uno de los sensores dinámicos individuales que tiene un bucle inductivo, caracterizado porque el sensor dinámico genera la indicación de presencia de un objeto metálico (132, 134, 135) en el material de desecho cuando la tasa de cambio medida de la corriente generada en el sensor dinámico (110; 210; 212; 214; 216; 300) por el objeto metálico (132, 134, 135) supera un umbral, en donde el sensor dinámico está configurado para generar la indicación enviando pulsos a una salida digital del sensor dinámico en un cambio de corriente diferencial mínimo que se produce dentro de un tiempo de subida especificado, y la tasa de cambio de la corriente se determina como aumento de la corriente por unidad de tiempo.

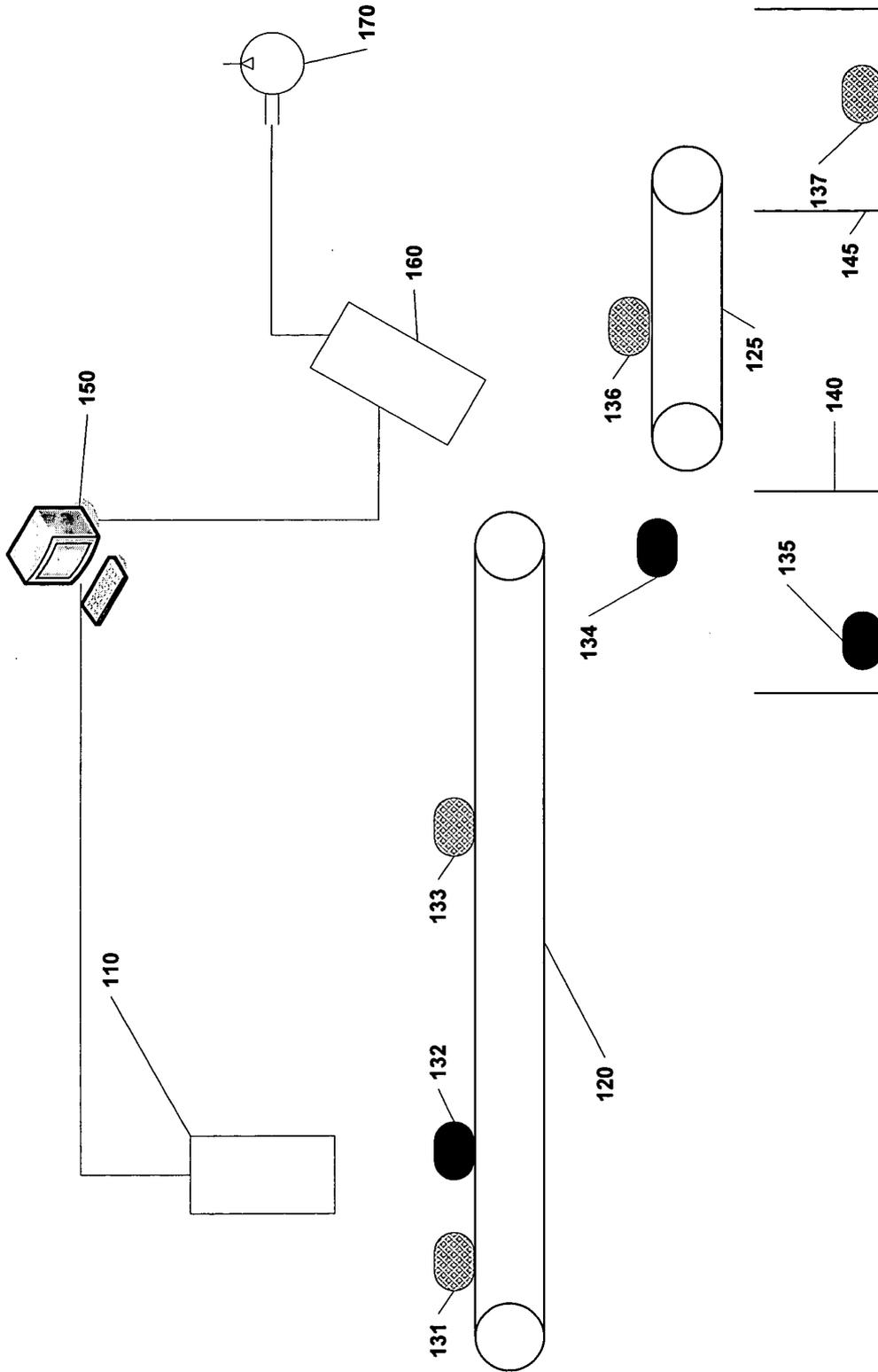
10. El método de la reivindicación 9, que comprende además la etapa de preprocesar el material de desecho antes de introducir el material de desecho en el sistema de transporte para eliminar los materiales indeseables de la corriente de material de desecho, en donde la etapa de preprocesar preferiblemente comprende emplear al menos uno de:  
15 separación por aire, separación ferrosa, separación por cribado mecánico y separación por correa de fricción.

11. El método de la reivindicación 9 o 10, en donde las etapas (a) - (e) se repiten en múltiples pasos, en donde cada conjunto de cuatro etapas comprende un único paso.

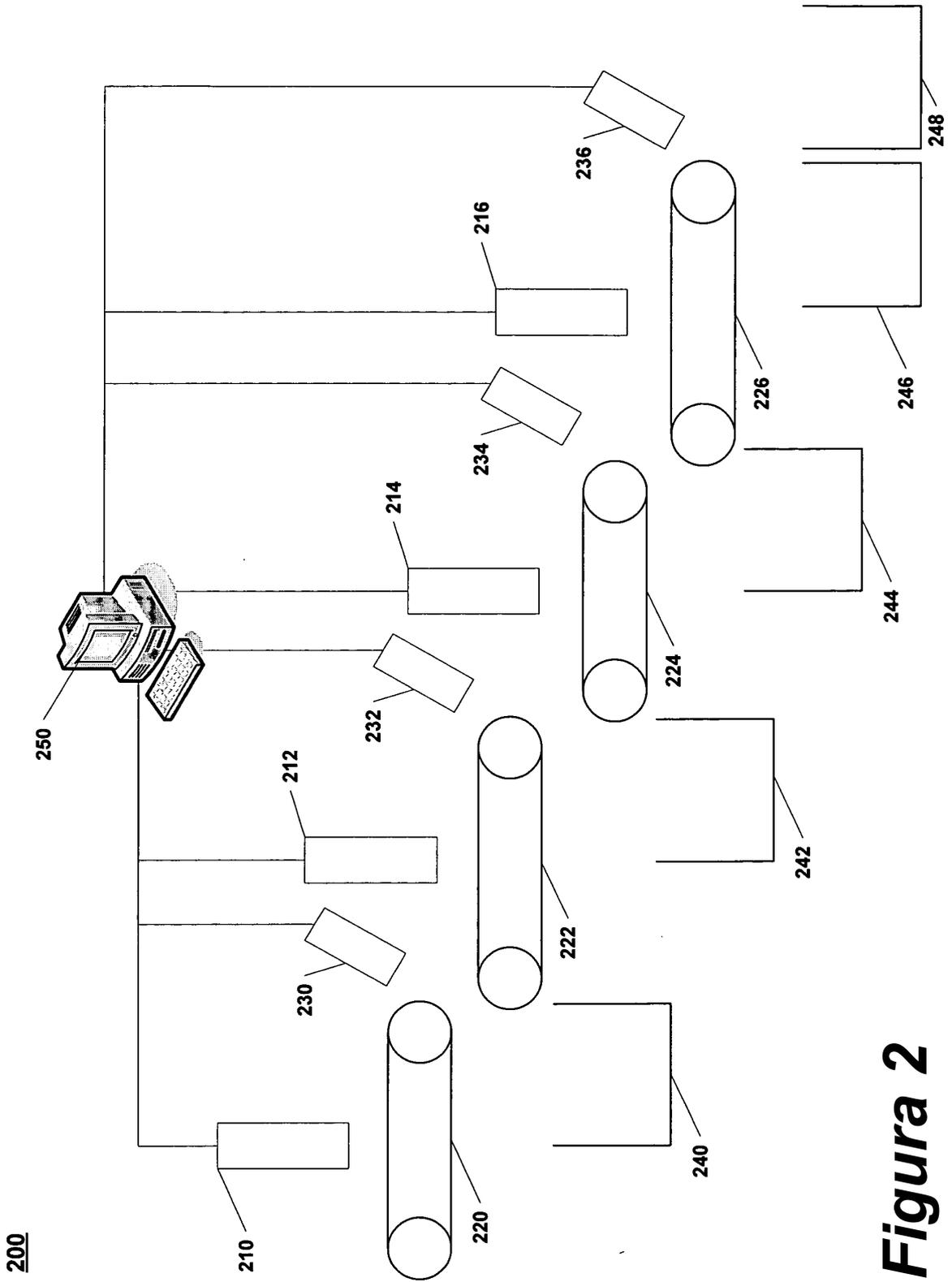
12. El método de una de las reivindicaciones anteriores 9 a 11, en donde el objeto metálico (132, 134, 135) comprende cableado de cobre.

13. El método de la reivindicación 12, en donde el cableado de cobre se procesa adicionalmente para concentrar el cobre.

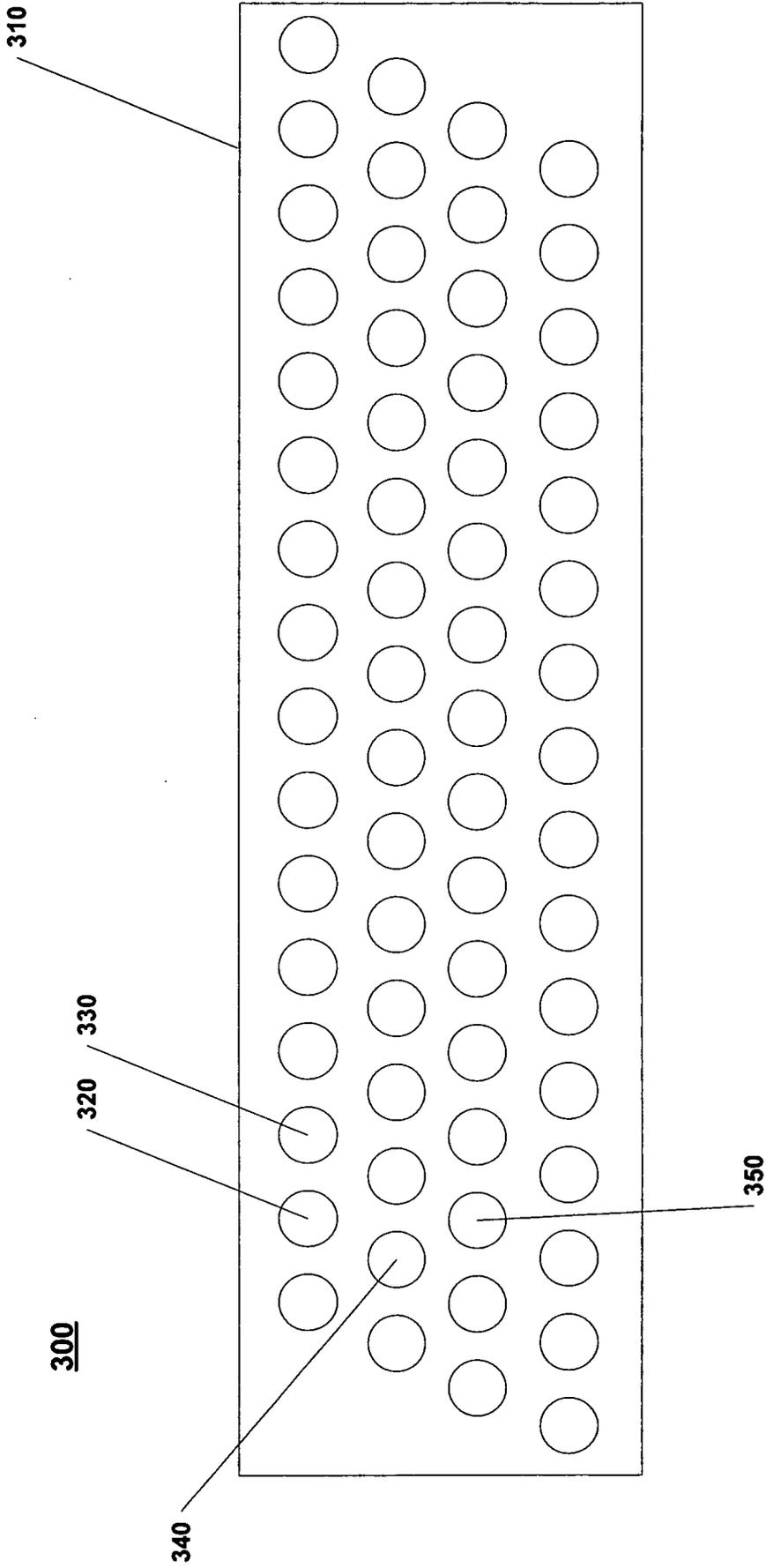
100



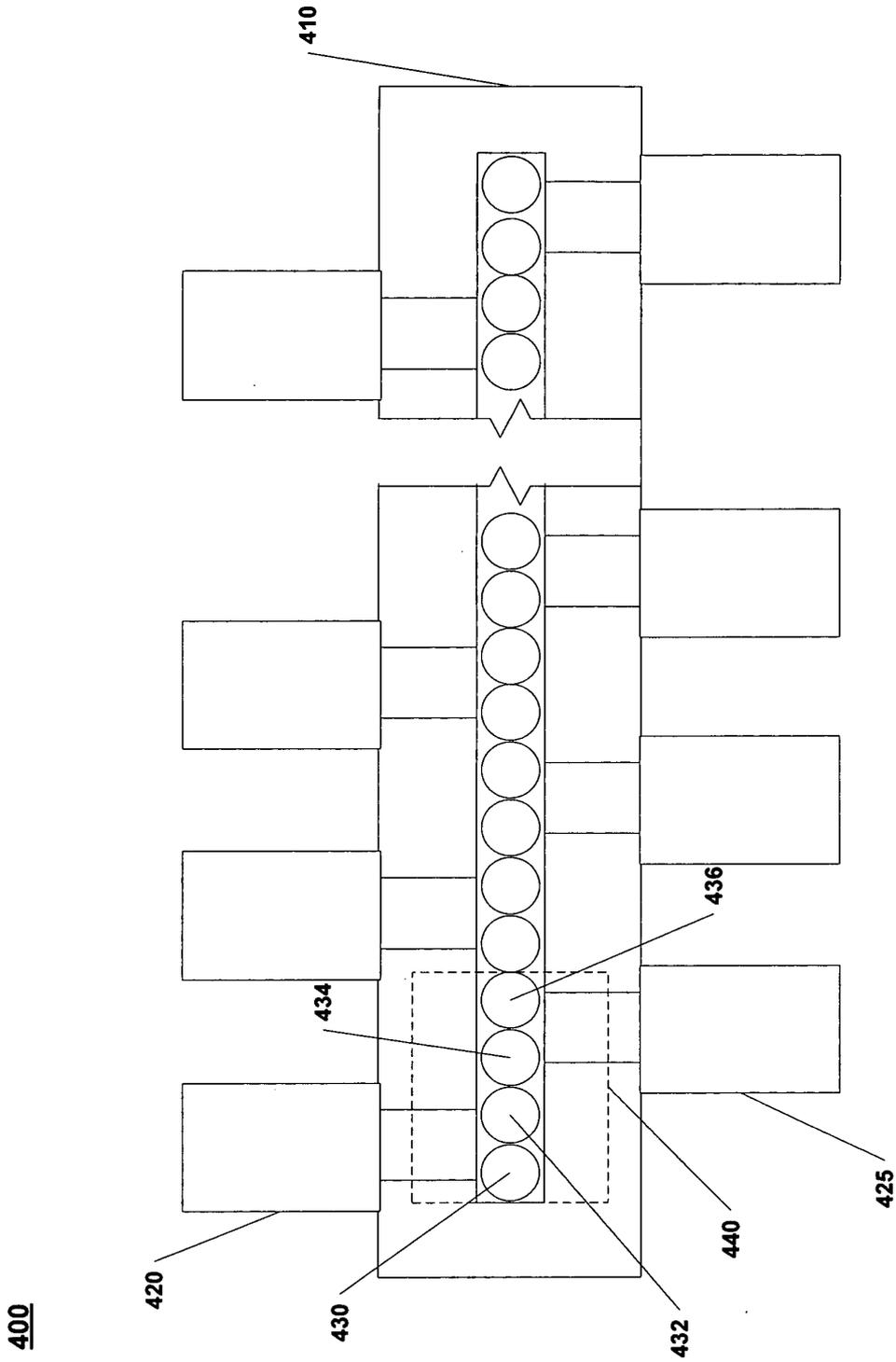
**Figura 1**



**Figura 2**

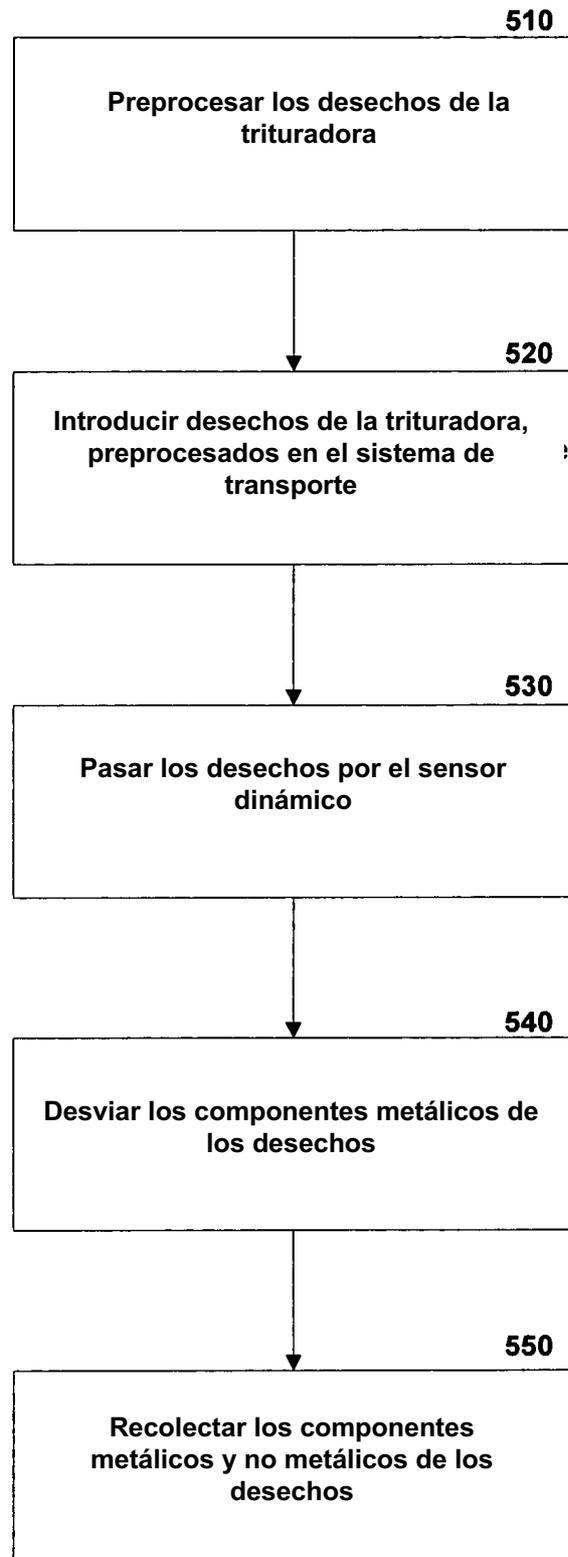


**Figura 3**



**Figura 4**

**500**



**Figura 5**