

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 719**

51 Int. Cl.:

<b>G06V 20/52</b>	(2012.01)
<b>B07C 5/342</b>	(2006.01)
<b>B07C 5/36</b>	(2006.01)
<b>B07C 5/344</b>	(2006.01)
<b>G06V 10/44</b>	(2012.01)
<b>G06V 10/56</b>	(2012.01)
<b>G06V 10/764</b>	(2012.01)
<b>G06V 10/77</b>	(2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2019 PCT/US2019/019790**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2019 WO19190677**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2019 E 19778359 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024 EP 3774089**

54 Título: **Método de selección de chatarra por visión y detección analógica**

30 Prioridad:

**27.03.2018 US 201815936923**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.10.2024**

73 Titular/es:

**HURON VALLEY STEEL CORPORATION (100.0%)  
1650 W. Jefferson, Suite 100  
Trenton, MI 48183, US**

72 Inventor/es:

**CHAGANTI, KALYANI;  
TOREK, PAUL y  
HAWKINS, MICHAEL A.**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

ES 2 984 719 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**

Método de selección de chatarra por visión y detección analógica

5 Diversas realizaciones se refieren al método reivindicado para seleccionar materiales de chatarra, incluyendo materiales de chatarra que contienen metal, en una operación de línea.

**Antecedentes**

10 Actualmente, los metales de chatarra se seleccionan a alta velocidad o gran volumen usando una cinta transportadora u otras operaciones de línea que usan una variedad de técnicas que incluyen: selección manual por parte de un operador de línea, selección de aire, selección vibratoria, selección magnética, selección espectroscópica y similares. Los materiales de chatarra normalmente se Trituran antes de seleccionarlos y requieren una selección para facilitar la separación y reutilización de los materiales en la chatarra, por ejemplo, mediante una selección basada en clasificación o tipo de material. Gracias a la selección, los materiales de chatarra pueden reutilizarse en lugar de ir a parar a un vertedero o a un incineradora. Adicionalmente, el uso del material de chatarra seleccionado utiliza menos energía y es más beneficioso para el medio ambiente en comparación con refinar materia prima virgen a partir de minerales o fabricar plástico a partir de petróleo. Los fabricantes pueden usar los materiales de chatarra seleccionados en lugar de la materia prima virgen si la calidad del material seleccionado cumple con un estándar específico. Los materiales de chatarra pueden clasificarse como metales, plásticos y similares, y también pueden clasificarse además en tipos de metales, tipos de plásticos, etc. Por ejemplo, puede ser deseable clasificar y seleccionar el material de chatarra en tipos de metales ferrosos y no ferrosos, metales pesados, metales de alto valor tales como el cobre, níquel o titanio, metales fundidos o forjados y otras aleaciones diversas.

25 **Sumario**

El documento US20100224537 divulga un sistema para separar metales a partir de un lote de chatarra de material mezclado. El sistema tiene una serie de detectores de proximidad inductivos, un ordenador de procesamiento y un mecanismo de selección. Los detectores de proximidad inductivos identifican la ubicación de las piezas metálicas y el ordenador de procesamiento indica al mecanismo de selección que coloque las piezas metálicas y no metálicas en contenedores separados.

De acuerdo con la invención, se proporciona un método de clasificación de chatarra de acuerdo con la reivindicación independiente 1. En particular, se obtienen imágenes de un transportador en movimiento que contiene partículas de chatarra usando un sistema de visión para crear una imagen de visión que corresponde a una ubicación sincronizada del transportador. Se emplea un sistema de control para analizar la imagen de visión como una matriz de visión de celdas, identificar celdas en la matriz de visión que contiene una partícula y generar un vector de visión que contiene datos de visión a partir de la matriz de visión para la partícula. El transportador en movimiento que contiene partículas de chatarra se detecta usando un sistema de detección para crear una matriz de detección que corresponde a la ubicación sincronizada del transportador, con el sistema de detección que tiene al menos una serie de sensores de proximidad analógicos. El sistema de control se emplea para analizar la matriz de detección, identificar celdas en la matriz de detección que contiene una partícula y generar un vector de datos de detección que contiene datos de detección de la matriz de detección para la partícula. El sistema de control se emplea para clasificar la partícula en una de al menos dos clasificaciones de un material como una función del vector de datos de visión y del vector de datos de detección.

Se proporciona el método para seleccionar partículas de material de chatarra colocadas aleatoriamente en un transportador en movimiento. El método es operado por un sistema que tiene un sistema de visión con un sensor de imágenes y un área de visualización predefinida iluminada para visualizar un transportador que pasa a través de la misma en un intervalo de tiempo. El sistema tiene un sistema de sensores con una serie de sensores de proximidad inductivos analógicos dispuestos en un único plano común dispuesto generalmente paralelo al transportador. Un sistema de control está configurado para recibir y procesar datos de imágenes adquiridos del sistema de visión para identificar una partícula de chatarra en el transportador en el área de visualización, analizar los datos de visión de la partícula para formar un vector de datos de visión, recibir y procesar datos del sensor adquiridos del sistema de detección y sincronizados para corresponder con los datos de visión para identificar la partícula de chatarra en el transportador, analizar los datos del sensor para la partícula para formar un vector de datos del sensor, y clasificar la partícula en una clasificación de material usando el vector de datos de visión y el vector de datos de detección.

**Breve descripción de los dibujos**

60 La Figura 1 ilustra una vista esquemática lateral de un sistema de selección configurado para el método reivindicado, de acuerdo con una realización;

La Figura 2 ilustra una vista esquemática superior del sistema de selección de la Figura 1;

La Figura 3 ilustra una vista superior de un conjunto de sensor para su uso con el sistema de selección de la Figura 1 de acuerdo con una realización;

5 La Figura 4 ilustra un esquema de un sensor que interactúa con una partícula de chatarra;

La Figura 5 ilustra un diagrama de flujo que ilustra el método para clasificar material de chatarra usando el sistema de la Figura 1;

10 la Figura 6 ilustra un diagrama de flujo para un método de clasificación para su uso con el método de la Figura 5;

las Figuras 7A y 7B ilustran imágenes de visión y sensor para materiales de aluminio fundido para su uso mediante el método de las Figuras 5 y 6, y obtenidas usando el sistema de las Figuras 1-2;

15 las Figuras 8A y 8B ilustran imágenes de visión y sensor para materiales de aluminio forjado para su uso mediante el método de las Figuras 5 y 6, y obtenidas usando el sistema de las Figuras 1-2;

la Figura 9 es un gráfico de datos de muestra para su uso en el establecimiento de parámetros de calibración y clasificación;

20 la Figura 10 ilustra un diagrama de flujo para otro método de clasificación para su uso con el método de la Figura 5; y la Figura 11 ilustra la zonificación del espacio del componente principal para la creación de una tabla de consulta para su uso con el método de clasificación de la Figura 10.

## 25 Descripción detallada

Como se requiere, se proporcionan realizaciones detalladas de la presente divulgación en el presente documento; sin embargo, debe entenderse que las realizaciones divulgadas son ejemplos y pueden realizarse en formas diversas y alternativas. Las figuras no están necesariamente a escala; algunas características pueden exagerarse o minimizarse para mostrar detalles de componentes particulares. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento no se interpretarán como limitativos, sino simplemente como una base representativa para enseñar a un experto en la materia a emplear de diversas formas la presente divulgación.

30 Se reconoce que cualquier circuito u otro dispositivo eléctrico divulgado en el presente documento puede incluir cualquier número de microprocesadores, circuitos integrados, dispositivos de memoria (por ejemplo, FLASH, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de solo lectura eléctricamente programable (EPROM), memoria de solo lectura programable eléctricamente borrable (EEPROM) u otras variantes adecuadas de la misma) y *software* que actúan conjuntamente entre sí para realizar la operación u operaciones divulgadas en el presente documento. Además, uno cualquiera o más de los dispositivos eléctricos como se divulgan en el presente documento pueden configurarse para ejecutar un programa informático que se incorpora en un medio legible por ordenador no transitorio que se programa para realizar cualquier número de las funciones como se divulgan en el presente documento.

45 Las Figuras 1-2 ilustran un sistema 100 o aparato para clasificar materiales de chatarra en dos o más clasificaciones de materiales, y luego seleccionar los materiales en su clasificación asignada. En otros ejemplos, el sistema 100 puede usarse o integrarse con otros sistemas de clasificación y selección, por ejemplo, en una operación de línea más grande para clasificar y seleccionar los materiales de chatarra.

50 Una cinta transportadora 102 u otro mecanismo para mover objetos a lo largo de un recorrido o en una dirección, que se muestra en el presente documento como la dirección y, soporta las partículas 104 que se van a seleccionar. Las partículas 104 que se van a clasificar están formadas por piezas de materiales de chatarra, tales como materiales de chatarra de un vehículo, avión, electrónica de consumo, un centro de reciclaje; u otros materiales de chatarra sólidos como se conocen en la técnica. Los materiales 104 normalmente se rompen en piezas más pequeñas del orden de centímetros o milímetros mediante un proceso de trituración o similar, antes de pasar por el sistema de clasificación 100 o una instalación de selección más grande. Las partículas 104 pueden colocarse y orientarse aleatoriamente en el transportador 102 en una sola capa, tienen formas aleatorias y muy variables, y tienen propiedades variables. Las partículas 104 pueden incluir materiales mezclados. En un ejemplo, el material de chatarra incluye alambre, y una partícula 104 puede incluir alambre en diversas formas, incluyendo formas tridimensionales. En otro ejemplo, las partículas 104 pueden incluir una mezcla de materiales fundidos y forjados, tales como una aleación de aluminio fundido y una aleación de aluminio forjado.

60 El sistema 100 clasifica y selecciona las partículas 104 en dos o más categorías seleccionadas de materiales. En un ejemplo, se realiza una selección binaria para seleccionar los materiales 104 en dos categorías. En otro ejemplo, los materiales se seleccionan en tres o más categorías de materiales. La cinta transportadora 102 se extiende a lo ancho

y transversalmente en la dirección x y las piezas o partículas de material 104 se colocan aleatoriamente sobre la cinta 102. En diversos ejemplos, se pueden clasificar diferentes materiales de chatarra, por ejemplo, metal frente a no metal, tipos de metales mezclados, fundido frente a forjado, alambre frente a no alambre, etc.

5 Al menos algunas de las partículas de chatarra 104 pueden incluir acero inoxidable, acero, aluminio, titanio, cobre, metales preciosos, incluyendo oro, y otros metales y aleaciones de metales. Las partículas de chatarra 104 pueden contener adicionalmente ciertos óxidos metálicos con suficiente conductividad eléctrica para detectar y seleccionar. Adicionalmente, las partículas de chatarra 104 pueden ser materiales mixtos tales como alambre metálico que está recubierto con una capa de aislamiento, porciones de placas de circuitos y otros desechos electrónicos, materiales de chatarra de neumáticos con cinta metálica incrustada en caucho y otros metales que estén al menos parcialmente atrapados, encapsulado o incrustado dentro del aislamiento, caucho, plásticos u otros materiales no conductores. Los materiales de chatarra 104 pueden proporcionarse como materiales no ferrosos que contienen otros metales y aleaciones metálicas. Cabe mencionar que conductor, como se hace referencia en esta divulgación, significa que la partícula es eléctricamente conductora o contiene metal. No conductor, como se hace referencia en el presente documento, significa eléctricamente no conductor y generalmente incluye plásticos, caucho, papel y otros materiales que tienen una resistividad superior a aproximadamente un mOhm-cm.

20 Una partícula de chatarra 104 proporcionada por alambre puede ser difícil de detectar usando otras técnicas de clasificación y selección convencionales, ya que normalmente tiene una masa baja con una forma fibrosa o contorneada y puede estar recubierta, lo que generalmente proporciona una señal apenas perceptible. Como alternativa, la partícula de chatarra 104 puede ser difícil de seleccionar usando técnicas de clasificación y selección convencionales para materiales similares que se han procesado usando técnicas diferentes, tales como materiales fundidos frente a materiales forjados. El sistema 100 de acuerdo con la presente divulgación es capaz de detectar y seleccionar estas categorías de material de chatarra.

25 Los materiales de chatarra 104 pueden triturarse o procesarse de otro modo antes de su uso con el sistema 100. Adicionalmente, los materiales de chatarra 104 pueden dimensionarse, por ejemplo, usando una cuchilla de aire u otro sistema de dimensionamiento antes de usarlo con el sistema 100. En un ejemplo, las partículas de chatarra pueden seleccionarse en bruto antes de su uso con el sistema 100, por ejemplo, usando un sistema que contiene sensores de proximidad inductivos digitales para clasificar y separar los materiales conductores de los no conductores, o usando un sistema de selección magnético para eliminar los materiales ferrosos de los no ferrosos. Las partículas 104 pueden seleccionarse por separado usando un separador de corrientes de Foucault u otro dispositivo para seleccionar en bruto los materiales antes de que el sistema 100 los seleccione en una clasificación deseada. En general, las partículas de chatarra 104 se Trituran y se dimensionan para que tengan un diámetro efectivo que sea similar o del mismo orden que el diámetro de la cara de extremo del sensor. Luego, las partículas 104 se distribuyen sobre la cinta 102 como una única capa de partículas dispersas para evitar el solapamiento entre partículas y proporcionar separación entre partículas adyacentes para fines de detección y selección. Las partículas 104 se pueden secar antes de la distribución. detección o selección para mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de selección.

40 Las partículas 104 de material de chatarra se proporcionan en una primera región de extremo 120 de la cinta 102. La cinta 102 se mueve usando uno o más motores y rodillos de soporte 122. Un sistema de control 112 que incluye una unidad de control 114 controla el motor o los motores 122 para controlar el movimiento y la velocidad de la cinta 102.

45 La cinta 102 puede pasar adyacente a un sistema o dispositivo de limpieza 124 mostrado en la Figura 1. El sistema de limpieza 124 se extiende a través de la cinta 102 y puede incluir una fuente de aire presurizado para eliminar el polvo, un dispositivo humectante para proporcionar una pulverización de líquido, por ejemplo, agua, sobre la superficie del transportador 102 para limpiar el transportador o crear una superficie oscura y más uniforme del transportador como fondo, y/u otros dispositivos tales como cepillos. El sistema de limpieza 124 puede interactuar con el transportador 102 antes de que las partículas se depositen sobre la cinta y, en algunos ejemplos, está ubicado a lo largo de la ruta de retorno del transportador y por debajo del transportador.

50 El sistema 100 tiene un sistema de visión 106 que obtiene imágenes de la cinta 102 cuando pasa a través de un área de visión del sistema de visión 106. En un ejemplo, el sistema de visión 106 proporciona una imagen en color en el espectro visible. En otros ejemplos, el sistema de visión 106 proporciona otra imagen multicanal. La cinta 102 pasa a través del sistema de visión 106, que incluye un dispositivo de imágenes 140 para obtener imágenes del material a medida que se mueve a través del sistema 106. El sistema de visión 106 crea una imagen de una región de la cinta 102 basándose en un área de visualización del dispositivo de imágenes asociado 140.

60 El sistema también tiene un sistema de detección 108 o un aparato de detección 108 que proporciona datos de detección a medida que pasa la cinta 102. En un ejemplo, y como se describe a continuación, el aparato de detección 108 contiene una o más series de sensores tales como sensores de proximidad analógicos. En el ejemplo mostrado, se muestra una serie de sensores 110; sin embargo, el sistema 100 puede tener una única serie 110, o más de dos series 110. Cada serie 110 incluye una pluralidad de sensores de proximidad analógicos, como se describe con mayor detalle a continuación, y los sensores en la serie 110 proporcionan una señal analógica en respuesta a la detección

de una partícula 104 en el transportador 102.

Los sensores en cada serie 110 se proporcionan como sensores de proximidad analógicos a diferencia de los sensores digitales. Para un sensor analógico, la salida de señal puede variar y ser cualquier valor dentro de un intervalo de valores, por ejemplo, un intervalo de tensión. Por el contrario, con una señal digital, la salida de señal puede solo proporcionarse como señal binaria, por ejemplo, 0 o 1, o como uno de un conjunto de valores discretos y limitados. El sistema de clasificación y selección 100 de la presente divulgación usa sensores analógicos para proporcionar una mayor resolución en la señal. Por ejemplo, el sensor analógico puede generar una tensión de corriente directa que varía entre 0 y 12 voltios, y la señal puede tener cualquier valor dentro de ese intervalo, por ejemplo, 4,23 voltios. Para un sensor digital, la salida de señal puede ser uno de dos valores discretos, por ejemplo, que corresponden a valores de tensión a ambos lados de un valor umbral establecido.

El sistema de visión 106 y el sistema de detección 108 se ilustran estando dispuestos secuencialmente en el sistema 100 con partículas en la cinta 102 que pasan por el sistema de visión 106 antes del aparato de detección. En otros ejemplos, el sistema de visión 106 puede colocarse posterior al sistema de detección 108 a lo largo de la cinta como se muestra en las líneas discontinuas en la Figura 1, o el sistema de visión 106 puede colocarse dirigido por encima del aparato de detección 108 y ubicado en la misma ubicación a lo largo de la cinta 102.

Los motores y rodillos de soporte 122 están colocados de manera que la serie 110 esté directamente adyacente a la cinta 102 que transporta las partículas. Por ejemplo, la cinta 102 puede colocarse directamente entre las partículas 104 que soporta y una serie 110 de manera que la serie 110 esté directamente por debajo de una región de la cinta 102 que transporta las partículas 104. Los motores y rodillos de soporte 122 pueden dirigir la cinta de retorno debajo de la serie 110, de manera que la serie 110 esté colocada dentro del ciclo cerrado formado por la cinta 102.

El sistema de visión 106 y el sistema de detección 108 proporcionan datos de visión y datos de detección, respectivamente, a un sistema de control 112 que usa los datos de visión y detección para clasificar las partículas como se describe a continuación, por ejemplo, usando un análisis multidiscriminante.

El sistema de control 112 y la unidad de control 114 pueden incluir o estar en comunicación con uno o más sensores de posición 126 para determinar una ubicación y sincronización de la cinta 102 para su uso en la ubicación y seguimiento de las partículas 104 a medida que se mueven a través del sistema en la cinta. El sensor o sensores de posición 126 pueden proporcionarse mediante un codificador digital, un codificador óptico o similar. En un ejemplo, el transportador 102 se mueve linealmente a una velocidad del orden de 200 a 800 pies por minuto, aunque se contemplan otras velocidades. En un ejemplo adicional, la cinta 102 tiene una velocidad lineal de 300 a 500 pies por minuto, y puede tener una velocidad de 400 pies por minuto que corresponde a un movimiento de la cinta de 2 milímetros por milisegundo, u otra velocidad similar. La velocidad se puede seleccionar para permitir un tiempo de exposición suficiente a los sistemas de visión y sensor mientras se cumple con el rendimiento deseado de las partículas.

El sistema de control 112 usa al menos los datos de color y los datos de detección como se describe a continuación para identificar las partículas 104 en la cinta 102 y clasificar cada partícula 104 en una de una pluralidad de clasificaciones. El sistema de control 112 controla entonces una unidad separadora 128, usando la clasificación para cada partícula 104, la ubicación de las partículas y la posición de la cinta transportadora 102 para seleccionar y separar las partículas 104.

El sistema 100 incluye la unidad separadora 128 en un segundo extremo 130 del transportador 102. La unidad separadora 128 incluye un sistema de eyectores 132 usados para separar las partículas 104 basándose en su clasificación. La unidad separadora 128 puede tener un controlador separador 134 que está en comunicación con el sistema de control 112 y el sensor de posición 126 para activar selectivamente los eyectores apropiados 132 para separar las partículas de chatarra seleccionadas 104 ubicadas en el transportador que han alcanzado el extremo de descarga 130 de la cinta. Los eyectores 132 pueden usarse para seleccionar las partículas 104 en dos categorías, tres categorías, o cualquier otro número de categorías de materiales. Los eyectores 132 pueden ser neumáticos, mecánicos, u otro como es conocido en la técnica. En un ejemplo, los eyectores 132 son boquillas de aire que se activan selectivamente para dirigir un chorro de aire sobre partículas de chatarra seleccionadas 104 para alterar la trayectoria de la partícula seleccionada a medida que abandona la cinta transportadora de modo que las partículas se dirijan y se seleccionen selectivamente en contenedores separados 136, por ejemplo, usando un distribuidor central 138.

También puede estar presente un ciclo de reciclaje en el sistema 100. Si está presente, el ciclo de reciclaje toma partículas 104 que no pudieron clasificarse y las redirige a través del sistema 100 para volver a escanearlas y seleccionarlas en una categoría.

El sistema de visión 106 incluye el dispositivo de imágenes 140 y un sistema de iluminación 142 por debajo del cual pasan la cinta 102 y las partículas 104. El dispositivo de imágenes 140 puede ser una cámara que tiene un sensor de

color digital, tal como un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD, por sus siglas en inglés) o un sensor semiconductor de óxido metálico complementario (CMOS, por sus siglas en inglés). En un ejemplo, el dispositivo de imágenes 140 es una cámara de escaneo lineal que escanea con la frecuencia suficiente como para proporcionar una alimentación continua de fotogramas de imágenes secuenciales del transportador 102, y es una cámara CCD en color  
 5 RGB de tres chips. En otros ejemplos, el dispositivo de imágenes 140 puede incluir un sensor CMOS u otro sensor, o puede proporcionar una imagen usando otro modelo de color, tal como HSV y HSL u otros canales. La cámara 140 tiene un área de visualización asociada que está enfocada en la cinta 102. La cámara 140 puede ser una cámara multiespectral o hiperespectral que proporciona canales ultravioletas, visibles y/o infrarrojos.

10 El sistema de visión 106 puede incluir adicionalmente o como alternativa un dispositivo de imágenes tridimensional (3D) 144 con su propio sistema de iluminación 146. El dispositivo de imágenes 3D 144 puede ser una cámara o un par de cámaras que ve un perfil de línea láser generado por un láser de línea 148 y usa el desplazamiento vertical del láser de línea para determinar el perfil de la superficie superior de la partícula 104. En otra realización, puede ser un sistema de alcance láser por tiempo de vuelo acoplado a un espejo de escaneo rápido unidimensional (1D) que  
 15 escanea el ancho de la cinta 102. Alternativamente, se puede usar un sistema 3D estéreo/de doble cámara o cualquier otro sistema de imágenes 3D como es conocido en la técnica.

El sistema de iluminación 142 ilumina el área de visualización de la cinta 102 para proporcionar una iluminación uniforme controlada del área de visualización para el dispositivo de imágenes 140. El sistema de iluminación 142  
 20 puede estar provisto de una cubierta 150 que incluye un marco que soporta una o más luces que emiten luz visible de banda ancha, tal como bombillas fluorescentes, LED de banda ancha o bombillas halógenas. El sistema de iluminación 142 también puede incluir una lente cilíndrica para colimación e iluminación uniforme y/o uno o más paneles difusores colocados entre las luces y el transportador 102.

25 El sistema de control 112 controla el sistema de visión 106 usando información sobre la posición del transportador 102, por ejemplo, usando entradas del sensor de posición 126, para determinar el avance lineal de la cinta transportadora 102 y el avance asociado de las partículas de chatarra 104 sobre la cinta. El sistema de control 112 puede controlar el sistema de visión 106 para adquirir una imagen del área de visualización cuando la cinta transportadora 102 haya avanzado una distancia igual a la longitud del área de visualización. El dispositivo de  
 30 imágenes 140 incluye un detector o sensor de imágenes que registra electrónicamente una imagen del área de visualización a través de la cual el transportador 102 transporta las partículas de chatarra.

La Figura 3 ilustra una vista superior de un conjunto de detección 108 de acuerdo con una realización, y la Figura 4 ilustra un esquema de un sensor en el conjunto de detección para su uso con el sistema 100 de las Figuras 1-3. El sistema de detección 108, o el aparato de detección 108, proporciona datos de detección a medida que pasa la cinta  
 35 102.

En un ejemplo, y como se describe a continuación, el aparato de detección 108 contiene uno o más series de sensores 110 tales como sensores de proximidad analógicos. En el ejemplo mostrado, se muestra una serie de sensores 110;  
 40 sin embargo, el sistema 100 puede tener más de una serie 110. Cada serie 110 incluye una pluralidad de sensores de proximidad analógicos, como se describe con mayor detalle a continuación, y los sensores en la serie 110 proporcionan una señal analógica en respuesta a la detección de una partícula 104 en el transportador 102.

En el presente ejemplo, el sistema 100 usa sensores de proximidad inductivos analógicos, de manera que el sistema se use para seleccionar entre dos o más clases de metales, ya que los sensores solamente pueden detectar materiales eléctricamente conductores. Adicionalmente, el sistema 100 puede usarse para seleccionar material de chatarra que incluye partículas 104 con composición mezclada, por ejemplo, alambre aislado u otro alambre recubierto. En diversos ejemplos, el sistema 100 se usa para seleccionar entre al menos dos de los siguientes grupos: alambre metálico, partículas metálicas, y acero y/o acero inoxidable, donde las partículas metálicas tienen una conductividad que se encuentra entre los grupos de alambre y acero/acero inoxidable y pueden incluir cobre, aluminio y aleaciones de los mismos. El sistema 100 se puede usar para seleccionar partículas de chatarra 104 que tengan un diámetro efectivo tan grande como 25 centímetros o más, y tan pequeño como 2 milímetros o alambre de calibre 22-24. En otros ejemplos, el sistema 100 puede usarse para seleccionar partículas de chatarra 104 que contienen metal de partículas de chatarra 104 que no contienen metal.  
 50

55 La serie de sensores está dispuesta en un miembro de base 160 que se extiende transversalmente a través de la cinta transportadora 102. El miembro de base 160 proporciona soporte a y coloca una serie de sensores. En un ejemplo, el miembro de base 160 está proporcionado por una placa de sensor que define una serie de orificios 162 que cruzan la superficie superior, con cada orificio dimensionado para recibir un sensor 170 correspondiente en la serie 110 de sensores de proximidad analógicos. En otras realizaciones, se puede usar otra estructura o soportes para colocar y fijar los sensores en la serie del conjunto. El miembro de base 160 proporciona un enrutamiento de cables para un arnés de potencia 164 para proporcionar potencia eléctrica a cada uno de los sensores 170 y también para un arnés de datos 166 para transmitir señales analógicas de cada uno de los sensores 170 a una unidad de procesamiento de señal 190 o a un procesador de sensores 190 en el sistema de control 112.  
 60

Cada sensor tiene una superficie de extremo o superficie de detección activa 172. Los sensores 170 están dispuestos en una serie 110 de manera que las superficies de extremo 172 de cada uno de los sensores son coplanarios entre sí y se encuentran en un plano que es paralelo a la superficie 116 de la cinta, o generalmente paralelo a la superficie de la cinta, por ejemplo, dentro de cinco grados de diferencia entre sí, o dentro de un margen razonable de error o tolerancia. Las caras de extremo 162 de los sensores también se encuentran generalmente en un plano común, por ejemplo, dentro de un margen aceptable de error o tolerancia, tal como, por ejemplo, dentro del 5-10 % del diámetro de la cara de extremo de un sensor entre sí o menos. Los sensores 170 están dispuestos en una serie de filas 168 en la serie 110, con cada fila 168 colocada para extenderse transversalmente a través del conjunto de sensor 108 y a través de una cinta 102 cuando el conjunto de sensor se usa con el sistema 100. Cada fila 168 en la serie 110 puede tener el mismo número de sensores 170 como se muestra o puede tener un número diferente. Los sensores 170 en una fila 168 están desplazados de los sensores 170 en una fila adyacente 168 a lo largo de una dirección transversal como se muestra para proporcionar una cobertura de detección del ancho de la cinta 102. Los sensores 170 en la serie 110 están dispuestos de manera que, en la posición X o dirección transversal e ignorando la posición Y, los sensores adyacentes tengan campos electromagnéticos superpuestos o adyacentes. Los sensores 170 pueden estar espaciados para reducir la interferencia o diafonía entre los sensores adyacentes en la misma fila 168, y entre los sensores en filas adyacentes 168. En un ejemplo, todos los sensores 170 en la serie son del mismo tipo y tamaño de sensor. En otros ejemplos, los sensores 170 en la serie pueden ser de tamaños diferentes, por ejemplo, dos, tres o más tamaños diferentes.

Los sensores 170 se pueden seleccionar basándose en el tamaño del área de detección activa o una superficie específica de la cara de extremo 172. Los sensores también se seleccionan basándose en su sensibilidad y tasa de respuesta. En un ejemplo, el área de la cara de extremo 172 generalmente corresponde o está en el mismo orden que el tamaño de las partículas 104 que se van a clasificar, por ejemplo, de manera que el sensor se use para seleccionar las partículas que tengan un área proyectada dentro del 50 %, 20 %, o 10 % de la superficie específica del sensor. Por ejemplo, el área de la superficie del extremo del sensor 172 puede estar en el intervalo de 2 milímetros a 25 milímetros y, en un ejemplo, está del orden de 12-15 o 15-20 milímetros para su uso con partículas de chatarra 104 que tienen un diámetro efectivo en el intervalo del mismo tamaño, por ejemplo, dentro de un factor de dos o más. Por lo tanto, aunque los materiales de chatarra 104 pueden experimentar un proceso de selección en bruto antes de ser distribuidos sobre la cinta, el sistema 100 permite la variación del tamaño de las partículas de chatarra. En otro ejemplo, el área de la cara de extremo 172 puede seleccionarse para que sea más pequeña que el tamaño de las partículas que se van a seleccionar, por ejemplo, de manera que el sensor se use para seleccionar las partículas que tengan un área proyectada dentro del 200-500 % de la superficie específica del sensor. En otros ejemplos, el área de la cara de extremo del sensor y el tamaño de las partículas que se van a seleccionar pueden tener otra relación específica.

Los sensores 170 pueden seleccionarse basándose en los materiales que se van a seleccionar. En el presente ejemplo, cada uno de los sensores 170 en la serie 110 son sensores de proximidad analógicos inductivos, por ejemplo, para su uso en la detección y selección de metales. El sensor 170 crea un ciclo de inducción cuando la corriente eléctrica en el sensor genera un campo magnético. El sensor emite una señal indicativa de la tensión que fluye en el ciclo, que cambia en función de la presencia del material 104 en el ciclo y también puede cambiar basándose en el tipo o tamaño de las partículas metálicas, o para el alambre frente a las partículas sólidas. El sistema de control 112 puede usar la amplitud de la señal de tensión analógica para clasificar el material. En ejemplos adicionales, el sistema de control 112 puede usar adicionalmente o como alternativa la tasa de cambio de la señal de tensión analógica para clasificar el material. El sistema de control 112 puede usar al menos uno de los siguientes según se determina a partir del sistema 108 para clasificar una región asociada con la partícula: una tensión pico, una tasa de cambio de tensión, una tensión promedio, una suma de las tensiones sobre el área asociada con la región de la partícula, un factor de relación de área que se determina usando un área de partícula dividida por un área de cuadro delimitador, un factor de compacidad que se determina como una función del perímetro de la partícula y el área de la partícula, y similares.

En el presente ejemplo, la serie 110 incluye cinco filas 168 de sensores 170, teniendo cada fila 24 sensores de proximidad inductivos analógicos idénticos, teniendo cada sensor un diámetro de la cara de extremo de 18 milímetros. Por lo tanto, la serie 110 contiene 120 sensores. Los sensores 170 en cada fila 168 están separados entre sí por aproximadamente cinco veces el diámetro del sensor para reducir la diafonía y la interferencia entre los sensores y, en ejemplos adicionales, los sensores 170 están separados por más de cinco veces el diámetro del sensor. El número de sensores 170 en cada fila es, por lo tanto, una función del diámetro del sensor y de la longitud de la fila que corresponde al ancho de la cinta. El número de filas 168 es una función del ancho de la cinta el número y tamaño de los sensores, y la resolución de detección deseada en el sistema 100. En otros ejemplos, las filas pueden tener un mayor o menor número de sensores, y la serie puede tener un mayor o menor número de filas, por ejemplo, 10 filas.

En el presente ejemplo, cada fila 168 está igualmente separada de una fila adyacente por una separación similar de aproximadamente cinco veces el diámetro del sensor 170 y, en ejemplos adicionales, los sensores 170 están separados por más de cinco veces el diámetro del sensor. Los sensores 170 en una fila 168 están desplazados transversalmente de los sensores en filas adyacentes. Los sensores 170 en la serie como se describe proporcionan un sensor colocado cada 12,5 mm transversalmente a través de la cinta cuando las posiciones del sensor 170 se

proyectan a un eje transversal común, o eje x, aunque los sensores 170 pueden estar en diferentes ubicaciones longitudinales en el sistema 100. Por lo tanto, la unidad de control usa una imagen matricial o de escaneo lineal 120 con celdas en una fila para corresponder con la disposición del sensor en la serie. Es probable que una partícula de chatarra 104 colocada aleatoriamente en la cinta se desplace sobre e interactúe con un campo electromagnético de al menos dos sensores 170 dispuestos en serie. Cada sensor 170 tiene al menos una válvula o eyector 132 correspondiente en la barra de soplado del conjunto de selección.

Las caras de extremo 172 de los sensores de la serie se encuentran en un único plano común o un plano de sensor. Este plano es paralelo y está espaciado de un plano que contiene la superficie superior 116 de la cinta o un plano de la cinta. El plano del sensor está separado del plano de la cinta por una distancia D, por ejemplo, menos de 5 milímetros, menos de 2 milímetros, o un milímetro. En general, se puede proporcionar un rendimiento de selección mejorado reduciendo D. La distancia D entre el plano del sensor y el plano de la cinta puede ser el grosor de la cinta 102 con una distancia de separación adicional para permitir el movimiento de la cinta 102 sobre la serie de sensores 110.

Todos los sensores 170 en la serie 110 pueden operarse a la misma frecuencia, de manera que se use una medición del valor de amplitud de tensión analógica de corriente directa para seleccionar los materiales. En otros ejemplos, se puede usar información adicional del sensor 170, por ejemplo, la tasa de cambio de la tensión. A medida que una partícula de chatarra 104 se mueve a lo largo de la cinta transportadora 102, la partícula atraviesa la serie 110 de sensores. La partícula 104 puede cruzar o atravesar un campo electromagnético de uno o más de los sensores 170 en la serie. Cuando la partícula 104 entra en un campo electromagnético del sensor, el campo electromagnético se ve perturbado. La tensión medida por el sensor 170 cambia basándose en el material o la conductividad de la partícula y, adicionalmente, puede cambiar basándose en el tipo o masa del material, por ejemplo, alambre frente a no alambre. Como el sensor 170 es un sensor analógico, proporciona una señal analógica con datos indicativos de un material que el sensor está detectando, por ejemplo, la amplitud de la tensión de la corriente directa medida por el sensor 170, que puede usarse para clasificar la partícula.

Como todas las partículas 104 están soportadas y descansando sobre la cinta transportadora 102, todas las partículas de chatarra descansan sobre un plano de la cinta común que es coplanario con el plano del sensor de la serie de sensores 110. En este sentido, la superficie inferior de cada partícula está equidistante de la serie de sensores cuando pasa por encima a una distancia D. Las partículas de chatarra en el sistema 100 tienen un tamaño similar, como se proporciona por un proceso de dimensionamiento y selección; sin embargo, puede haber diferencias en el tamaño de las partículas de chatarra, así como en las formas de las partículas, de manera que la superficie superior de las partículas en la cinta pueda estar a diferentes distancias por encima de la serie de sensores. Por lo tanto, las partículas pueden tener un espesor o distancia entre la superficie inferior en contacto con la cinta y la superficie superior opuesta que es diferente entre las diferentes partículas que selecciona el sistema 100. Las partículas de chatarra interactúan con los sensores en la serie hasta un cierto espesor, que corresponde con una profundidad de penetración del sensor determinada por el tamaño y la corriente del sensor.

La Figura 4 ilustra una vista en sección transversal esquemática parcial de un sensor 170 en una serie 110 y una partícula 104 en una cinta 102. Como se puede ver a partir de la Figura, la superficie superior 116 de la cinta 102, o plano de la cinta, es una distancia D por encima de un plano del sensor que contiene la cara de extremo 172 del sensor 170. El sensor 170 contiene una bobina inductiva 174 hecha de vueltas de alambre, tal como cobre, y un módulo electrónico 176 que contiene un oscilador electrónico y un condensador. El sensor 170 recibe potencia de una fuente de potencia externa. La bobina inductiva 174 y el condensador del módulo electrónico 176 producen una oscilación sinusoidal a una frecuencia que se mantiene a través de la fuente de potencia. La oscilación produce un campo electromagnético que se extiende desde la cara de extremo 172 o la superficie activa 172 del sensor 170. Un campo electromagnético que no es perturbado por una partícula conductora, por ejemplo, cuando no hay material de chatarra en la cinta 102, se muestra en 178. Cuando una partícula de chatarra 104 que contiene un material conductor, tal como metal, entra en el campo electromagnético, parte de la energía de oscilación se transfiere a la partícula de chatarra 104 y crea corrientes de Foucault. Las partículas de chatarra y las corrientes de Foucault dan como resultado una pérdida o reducción de potencia en el sensor 170, y el campo electromagnético 180 resultante tiene una amplitud reducida. La amplitud, por ejemplo, la tensión, del sensor 170 se proporciona como una señal fuera del sensor a través de la salida. Cabe mencionar que para un sensor analógico, el sensor 170 puede proporcionar continuamente una señal de salida, por ejemplo, como una tensión variable dentro de un intervalo de tensiones, que es muestreado o adquirido periódicamente por el sistema de control 112.

Haciendo referencia de nuevo a las Figuras 1-2, el sistema de control 112 recibe las imágenes del sistema de visión 106 y usa las imágenes para ubicar y rastrear las partículas 104 del material en la cinta. El sistema de control 112 usa los datos de imágenes para determinar los datos de visión o los datos de color asociados con cada partícula 104 en la cinta 102. El sistema de control 112 también usa señales del aparato de detección 108 para determinar los datos de detección asociados con cada partícula 104. El sistema de control 112 puede usar la visión y/o los datos de detección para ubicar y rastrear las partículas 104 en la cinta 102. El sistema de control 112 usa los datos de visión y los datos de detección para su uso en la selección de las partículas 104 en dos o más clasificaciones a medida que

las partículas se mueven a lo largo de la cinta. En un ejemplo, el sistema de control 112 lleva a cabo un análisis multidiscriminante que combina datos de visión y detección de la partícula para clasificar la partícula.

5 El sistema de control 112 y la unidad de control 114 pueden ser proporcionados por un sistema informático en red que emplea una pluralidad de procesadores para lograr un entorno multitarea de alta velocidad el que el procesamiento se realiza de forma continua y simultánea en un número de procesadores diferentes. En el sistema de control 112, cada procesador, a su vez, es capaz de proporcionar un entorno multitarea donde un número de programas funcionalmente diferentes podrían estar activos simultáneamente, compartir el procesador según la prioridad y la necesidad. La elección de la implementación del *hardware* para soportar las funciones identificadas en los grupos de procesos también puede depender del tamaño y la velocidad del sistema. así como sobre las categorías que se seleccionan.

15 Una unidad de procesamiento de imágenes 192, o procesador de imágenes 192, se proporciona en la unidad de control para adquirir y procesar periódicamente las imágenes. El procesador de imágenes 192 incluye lógica para ensamblar cada imagen de la cámara. El procesador de imágenes 192 puede dividir cada imagen del área de visualización en una matriz de celdas, y analizar los datos digitales que corresponden a la imagen para determinar ubicaciones de partículas 104 en el transportador 102 para su uso en la unidad separadora 128, y para determinar o extraer datos de visión para cada partícula 104 para su uso en el proceso de clasificación y selección. El procesador de imágenes 192 recibe una señal indicativa de la posición del transportador 102 y de cuándo adquirir una imagen de manera que obtengan imágenes de la cinta transportadora en una serie de imágenes secuenciales de secciones discretizadas del transportador a medida que pasa a través del área de visualización. El sistema de control 114 y el procesador de imágenes 192 de la unidad de control 112 pueden realizar diversos análisis en cada uno de los valores de píxeles digitales registrados para una imagen como se describe a continuación.

25 El sistema de control 112 puede incluir una unidad de procesamiento de señales 190, o un procesador de sensores 190, por ejemplo, para cuantificar y digitalizar las señales de la serie 110 para su uso por la unidad de control 114 en la clasificación y selección de las partículas 104. El procesador de sensores 190 puede cuantificar y digitalizar la señal analógica para mantener una resolución predeterminada en la señal y los datos, por ejemplo, a décimas o centésimas de voltio, o puede convertir la señal analógica a un valor de 8 bits (o mayor precisión).

30 El sistema de control 112 controla el conjunto de detección 108 usando información sobre la posición del transportador 102, por ejemplo, usando entradas del sensor de posición 126, para determinar el avance lineal de la cinta transportadora 102 y el avance asociado de las partículas de chatarra 104 sobre la cinta. El sistema de control 112 puede controlar el procesador de sensores 190 y el conjunto de detección 108 para adquirir datos del sensor cuando la cinta transportadora 102 ha avanzado una distancia predeterminada y para corresponder con datos de visión para una ubicación en la cinta 102 de manera que se estén detectando y analizando las mismas partículas por ambos sistemas 106, 108.

40 El sistema de control 112 contiene una o más unidades de procesamiento de datos 190, 192 para adquirir y procesar las señales y datos de los sistemas 106, 108. En un ejemplo, las unidades de procesamiento de datos 190, 192 están integradas con la unidad de control 114, y en otras realizaciones, las unidades de procesamiento están separadas.

45 El procesador de sensores 190 para el sistema de sensores 108 incluye lógica para ensamblar los datos de cada sensor en una representación de la cinta 102. El procesador sensor 190 puede representar una sección transversal de la cinta como una matriz de celdas, y analizar los datos del sensor para determinar ubicaciones de partículas 104 en el transportador 102, y para determinar una entrada para cada partícula 104 para su uso en el proceso de clasificación y selección. El procesador de sensores 190 recibe una señal indicativa de la posición del transportador 102 y de cuándo adquirir los datos del sensor de manera que se "represente" la cinta transportadora en una serie de secciones discretizadas del transportador 102 a medida que pasa a través del conjunto de sensor 108 y la serie 110 y crea una matriz de datos del sensor que es una imagen de escaneo lineal de la cinta. El sistema de control 112 y el procesador del sensor 190 pueden realizar diversos análisis en la matriz de datos del sensor como se describe a continuación, o manipular de otro modo los datos del sensor.

55 El sistema de control 112 usa datos de visión y datos de detección, por ejemplo, las señales cuantificadas y digitalizadas del conjunto de detección 108 para clasificar la partícula 104 en una de dos o más clasificaciones preseleccionadas. Basándose en el resultado de la clasificación, el sistema de control 112 controla la unidad separadora 128 para seleccionar las partículas 104 basándose en sus clasificaciones asociadas. El sistema de control 112 también puede incluir una o más pantallas de visualización y una interfaz hombre-máquina 194 para su uso en el control del sistema 100 durante la operación y también para su uso en la calibración o configuración del sistema.

60 La Figura 5 ilustra un método 200 para clasificar partículas 104 usando el sistema de control 112 del sistema 100 como se muestra en las Figuras 1-4. En otras realizaciones, se pueden combinar diversas etapas en el método 200, volver a disponer u omitir.

En la etapa 202, el sistema de control 112 proporciona una señal de activación de línea a la cámara 140 para adquirir

una única línea basándose en la posición del transportador 102. En respuesta a recibir la señal de activación de línea, la cámara 140 adquiere una imagen de escaneo lineal. La cámara puede controlarse para adquirir múltiples líneas consecutivas a medida que la cinta se mueve para crear una imagen o marco de una región de la cinta.

- 5 En 204, el sistema de control 112 forma una primera matriz, o matriz de imagen asociada con la imagen de escaneo lineal que también está vinculada a la posición o coordenadas de la cinta 102 para su uso por la unidad separadora 128 y para la coordinación con el aparato de detección 108 y la adquisición de datos de detección. En la etapa 202, la matriz de imagen se superpone a la imagen de manera que cada celda de la matriz esté asociada con uno o más píxeles de la imagen. En un ejemplo, la matriz de imagen puede tener una celda asociada con cada píxel. En otros ejemplos, la matriz de imagen puede tener una celda asociada con múltiples píxeles adyacentes. La matriz de imagen puede tener un tamaño que corresponda con el tamaño de la matriz de sensor como se describe a continuación, por ejemplo, con la misma relación de aspecto.

- 15 El procesador de imagen 192 o el sistema de control 112 puede usar una matriz con celdas y series de la matriz que incluyen los datos del canal de color [R, G, B] e información adicional sobre la ubicación de las partículas y las propiedades de las partículas como se determina a continuación. El procesador de imagen 192 o el sistema de control 112 pueden usar, como alternativa, una herramienta de procesamiento de bibliotecas de imágenes, tal como MATROX, para crear una tabla u otra base de datos poblada con datos de píxeles para cada partícula, incluyendo los valores [R, G, B], la información sobre los límites y otras propiedades de las partículas que se determinan a continuación.

- 20 Cada matriz de imagen puede formarse usando señales RGB que corresponden a cada uno de los segmentos rojos, verdes y azules o componentes de color del área de visualización según lo detectado por el sensor en la cámara 140. En otros ejemplos, se pueden proporcionar otras señales de color al procesador de imagen 192 que se basan en un espacio de color y modelo de color diferentes para indicar un color para la imagen que incluye al menos componentes de tres colores o se pueden proporcionar otros canales de la cámara, por ejemplo, escala de grises, espectros no visibles y similares. Las señales RGB de la cámara 140 son ensambladas o convertidas por el procesador de imagen 192 en tres series para cada matriz de imágenes, correspondiendo cada serie a una de las imágenes rojas, verdes y azules. El procesador de imagen 192 puede ensamblar los datos de la imagen de escaneo lineal para formar una matriz de imagen compuesta más grande con las series. Cada serie puede tener 1024 x 2048 valores digitales de píxeles (de 0 a 255) para cada una de las imágenes roja, verde y azul. Las series pueden superponerse para proporcionar una imagen en color con tres canales, o canales RGB, para cada píxel o para cada celda de la matriz de imagen. Los valores RGB se proporcionan como un conjunto de datos de valores [R, G, B], variando cada valor de 0 a 255, al píxel o celda en la matriz de la imagen.

- 35 El procesador de imagen 192 puede transformar la matriz de imagen usando una transformada rápida de Fourier (FFT), rechazar el ruido de alta frecuencia y/o rechazar frecuencias específicas en las direcciones X y/o Y que representan el ruido del patrón de la cinta, y luego aplicar una FFT inversa para restaurar la matriz de imagen mejorada. El sistema de control 112 se emplea para reducir el ruido en la imagen transformando la imagen mediante una FFT para crear una representación de la imagen en un dominio de frecuencia, eliminar al menos una frecuencia especificada de la representación y transformar la representación nuevamente en la imagen mediante una FFT inversa.

- 40 El sistema de control 112 puede normalizar adicionalmente cada uno de los canales de color para la imagen, por ejemplo, la imagen o serie R, la imagen o serie B y la imagen o serie G para un espacio de color RGB para corregir posibles desequilibrios espectrales en las fuentes de luz. Por ejemplo, cada píxel de la imagen puede tener el valor R, valor G y/o valor B modificados mediante tablas de consulta o calibración asociadas con cada color. Las tablas de calibración o consulta para la corrección de color de la imagen pueden obtenerse basándose en un proceso de calibración usando un fondo neutro, una tarjeta de calibración, o similar.

- 50 En 206, el sistema de control 112 identifica celdas en la matriz o píxeles de imagen en la imagen que pueden contener una partícula 104 distinguiendo la partícula de un fondo indicativo del transportador 102. La partícula 104 se distingue del fondo aplicando un umbral en al menos un canal de la imagen o matriz y marcando un píxel o celda cuando un valor del al menos un canal excede el umbral para indicar la presencia de una partícula 104. El umbral usado para distinguir la partícula en la matriz de visión puede basarse en el sistema de visión y la matriz de visión, y/o el sistema de detección y la matriz de sensor correspondiente descritos a continuación.

- 60 Como parte del proceso de identificación de partículas, el sistema de control 112 puede realizar la unión de marco a marco uniendo la matriz de imagen entre matrices de imagen tomadas en el momento inmediatamente anterior y en el momento inmediatamente posterior. Al unir los marcos, una región continua más grande de la cinta puede ser analizada por el sistema de control 112 para la identificación de partículas y los datos de imagen para las partículas que están en la matriz de imagen central. Por ejemplo, se pueden unir tres marcos con el marco de imagen en el momento t1 unido entre un marco de imagen del momento anterior t0 y un marco de imagen del siguiente momento t2. Las matrices de imagen, incluyendo las matrices unidas, pueden almacenarse temporalmente en una memoria

intermedia de datos de la memoria accesible por el sistema de control 112. Como las partículas pueden extenderse a lo largo de más de una matriz o marco de imagen, el uso de ayudas de unión en la identificación de partículas y la obtención de datos de imagen completos para una sola partícula en la cinta.

5 En la etapa 208, el sistema de control 112 crea un vector de datos de visión con información relacionada con la posición de la cinta, un puntero de imagen a la ubicación y límite de la partícula identificada en la matriz de imagen, y cualquier otra imagen o dato de visión asociado con la partícula, como entradas de color o similares. En un ejemplo, el sistema de control 112 usa las matrices unidas para crear el vector de visión con referencia al puntero de imagen y la matriz o marco central. El sistema de control 112 analiza adicionalmente la región de partículas identificada para proporcionar  
10 datos de color y/o datos de imagen adicionales y crear un vector de datos de visión para cada región de partículas identificada. El sistema de control 112 puede procesar además la región de la imagen o matriz asociada con una partícula 104 usando diversas técnicas de procesamiento de visión artificial para erosionar, dilatar, rellenar orificios, o modificar o corregir de otro modo la región de la imagen o matriz asociada con la partícula identificada 104.

15 El sistema de control 112 y el procesador de imágenes 192 pueden calcular una entrada de color para la partícula identificada, por ejemplo, usando un modelo de color basándose en componentes de color para cada píxel de la imagen o celda de la matriz asociada con la partícula. El sistema de control 112 puede aplicar criterios de color a los píxeles de la imagen o las celdas de la matriz asociada con la partícula 104 para determinar la entrada de color para la partícula. En otros ejemplos, el sistema de control 112 puede evaluar grupos de píxeles o celdas de la imagen  
20 asociada con la partícula 104. Por ejemplo, el sistema de control 112 puede analizar la frecuencia y/o distribución de componentes de color en píxeles o celdas vecinas para determinar una entrada de color general para la partícula 104.

El sistema de control 112 recibe los componentes de color de cada píxel de la imagen o celda de la matriz asociada con la partícula, y cada píxel de la imagen puede tener tres o más componentes de color, por ejemplo, los tres canales  
25 RGB como se describe anteriormente. Para cada píxel de cada partícula identificada 104, el sistema de control 112 obtiene, por lo tanto, los componentes de color, por ejemplo, R,G,B; o H,S,V; u otras bases de espacio de color, tal como las de los datos de cámaras multispectrales con más de 3 componentes de color.

30 En un ejemplo, el sistema de control 112 puede promediar los valores R para todos los píxeles asociados con la partícula, los valores B para todos los píxeles asociados con la partícula, y los valores G para todos los píxeles asociados con la partícula, dando como resultado un conjunto de datos de color para la partícula con tres valores escalares, como  $[R_{promedio}, B_{promedio}, G_{promedio}]$ , para el vector de visión. En otros ejemplos, el sistema de control 112 puede calcular los valores promedio de los componentes de color para la partícula basándose en otro modelo o espacio de color, tal como HSV, etc. En otro ejemplo, el sistema de control 112 puede crear un histograma para cada  
35 componente de color de la partícula 104, tal como que hay un histograma R, un histograma G y un histograma B para una región de partículas identificada usando un espacio de color RGB, o un histograma único para la partícula 104 con tres conjuntos de contenedores, con cada conjunto de contenedores asociados con un componente de color diferente del espacio de color separados en contenedores de 8 bits, 16 bits o de otro tamaño. El sistema de control 112 puede normalizar el histograma, por ejemplo, usando el área de píxeles de la partícula. La entrada resultante al vector de visión es un conjunto de datos que contiene un número de valores escalares basándose en los valores  
40 asociados con cada contenedor. El sistema de control 112 puede emplear adicionalmente o como alternativa un análisis discriminante para determinar una o más entradas o valores de color para el vector de visión.

45 El sistema de control 112 puede calcular o determinar adicionalmente otros parámetros visuales para la partícula para su inclusión en el vector de visión que incluyen: características de textura, una desviación estándar del componente de color, un volumen en escala de grises, una relación de aspecto, perímetro adimensional (perímetro dividido por la raíz cuadrada del área) u otra característica visual de la partícula identificada a partir de la imagen o matriz como característica visual de la partícula. Las características de textura pueden incluir rango, número de orificios creados al establecer un umbral en la partícula o al restar una imagen de rango de otra, área total del orificio como una proporción  
50 del área total, área de orificio más grande como una proporción del área y características de textura Haralick. El sistema de control 112 puede asignar valores de textura a la partícula transformando la imagen mediante una transformada rápida de Fourier (FFT). La magnitud promedio a escala logarítmica en diferentes bandas de frecuencia en la imagen de magnitud FFT se puede usar como características de textura distintivas.

55 En un ejemplo adicional, el sistema de visión 106 puede incorporar componentes de visión tridimensionales, por ejemplo, mediante la adición de un perfilador láser o similar. El perfilador láser agrega una serie adicional de datos de visión a la matriz de imagen. Se pueden extraer diversos parámetros de imagen del marco de datos tridimensional y agregarlos al vector de imagen, por ejemplo, volumen tridimensional, pendiente, altura máxima, una diferencia entre altura máxima y mínima, lista de altura, y similares. Por ejemplo, se pueden determinar diferencias entre el material fundido y el material forjado usando los datos tridimensionales, por ejemplo, el material fundido tiene un perfil más  
60 plano que el material forjado. En ejemplos adicionales, el componente de visión tridimensional incluye datos de visión de infrarrojo cercano, y se pueden agregar datos de visión adicionales tales como dispersión, así como intervalo e intensidad.

- En las etapas 220 y 222, el sistema de control 112 adquiere datos de sensor usando señales obtenidas de los sensores en la serie 110, y procesa las señales para formar una segunda matriz o matriz de sensor. El sistema de control 112 crea la matriz de sensor usando señales recibidas por los sensores en la serie 110 que representa la cinta 102 de manera similar a una imagen de escaneo lineal. Si los sensores no están dispuestos en una sola línea, los tiempos en los que se adquieren datos en un "escaneo lineal" se compensan adecuadamente de acuerdo con la distancia de cada sensor a lo largo de la dirección Y, es decir, la dirección de desplazamiento de las partículas o movimiento de la cinta 102. El sistema de control 112 y el procesador de sensor 190 adquieren y procesan las señales de los sensores en la serie 110 y el conjunto de detección 108 para crear la matriz de sensor a partir de una serie de imágenes de escaneo lineal. La matriz de sensor está formada por una serie de filas, representando cada fila una banda estrecha de la cinta que se extiende a lo ancho de la cinta 102. Cada fila se divide en un número de celdas y la unidad de procesamiento introduce los datos de los sensores en las celdas de manera que la matriz sea una representación de la cinta transportadora 102, por ejemplo, la matriz representa secciones o ubicaciones discretizadas del transportador 102 a medida que pasa a través de la serie 110.
- A medida que el sistema de control 112 y el procesador de sensor 190 reciben los datos de los sensores 170, el sistema de control 112 y el procesador de sensor 190 forman una matriz o imagen de escaneo lineal asociada con la serie de sensores 110 que también está vinculada a la posición o coordenadas de la cinta 102 para su uso por la unidad separadora 128 como se muestra en 204. El procesador de sensor 190 recibe datos de la serie de sensores 110, con una señal de cada sensor 170 en la serie. El procesador de sensor 190 recibe señales de los sensores y, basándose en la posición de la cinta 102, por ejemplo, según lo proporcionado por un codificador digital, introduce datos de los sensores seleccionados en celdas de la matriz. La matriz de sensor se adquiere en un momento específico para corresponder a la misma ubicación de la cinta que la matriz de la imagen y puede tener un tamaño o resolución diferentes basándose en la cantidad de sensores. En un ejemplo, la matriz de sensor tiene un tamaño de 120 x 144. La matriz de sensor proporciona una representación de la cinta 102, con cada celda en la matriz asociada con un sensor 170 en la serie. En un ejemplo, la matriz de sensor puede tener una línea con una celda asociada con cada sensor en la matriz, con las celdas ordenadas como los sensores están ordenados transversalmente a través de la cinta cuando se proyectan a un eje transversal común. Por lo tanto, las celdas adyacentes en una línea de la matriz pueden estar asociadas con los sensores 170 en diferentes filas en la serie.
- El sistema de control 112 y el procesador del sensor 190 reciben la señal de tensión de corriente directa digitalizada o el valor cuantificado del sensor inductivo analógico 170. En un ejemplo, el valor cuantificado puede ser un valor en escala de grises de 8 bits que varía entre 0 y 255. El sensor 170 puede emitir cualquier valor entre 0-12, 0-11, 0-10 voltios u otro intervalo basándose en el tipo de sensor y basándose en la salida de tensión del sensor, el procesador asigna un valor de bit correspondiente. En un ejemplo, cero voltios equivale a un valor cuantificado de cero. En otros ejemplos, cero Voltios equivalen a un valor cuantificado de 255. En otros ejemplos, el procesador de sensor 190 puede usar otros valores cuantificados, tal como 4 bits, 16 bits, 32 bits, puede usar directamente los valores de tensión o similares. Por ejemplo, un sensor 170 que no detecta una partícula de chatarra conductora tiene una tensión de 10 voltios, y un sensor que detecta una partícula metálica, tal como acero o acero inoxidable, puede tener una tensión pico del sensor de aproximadamente 2,5 voltios, aunque esto puede variar basándose en el espesor de la partícula 104 sobre el sensor 170, si la partícula viaja a través de todo el campo electromagnético de un sensor 170 o solamente una parte del mismo, etc. Los valores de tensión usados en la segunda matriz pueden truncarse por simplicidad a la décima o centésima de un voltio. Cuando se usa un valor de clasificación de 8 bits con los sensores analógicos, 10 voltios pueden tener un valor cuantificado de 0, teniendo cero voltios un valor cuantificado de 255 y teniendo una tensión de 2,5 voltios un valor cuantificado asociado de 191.
- Las celdas en la matriz de sensor están pobladas con una tensión pico medida por el sensor 170 dentro de una ventana de tiempo o en una marca de tiempo. En otros ejemplos, los datos de la señal del sensor pueden ser procesados posteriormente para reducir el ruido, por ejemplo, promediando, normalizando o procesando de otro modo los datos.
- El procesador de sensor 190 y el sistema de control 112 pueden usar una matriz con celdas que contienen información adicional con respecto a la ubicación de las partículas y las propiedades de las partículas como se determina a continuación. El procesador y la unidad de control 112 pueden usar, como alternativa, una herramienta de procesamiento de bibliotecas de imágenes, tal como MATROX, para crear una tabla u otra base de datos poblada con datos de señal para cada partícula, incluyendo los valores de tensión cuantificados de 8 bits, información de límites y otras propiedades de partículas como se describe a continuación con respecto a realizaciones adicionales.
- En la etapa 224, el sistema de control 112 identifica celdas en la segunda matriz que pueden contener una partícula 104 distinguiendo la partícula de las señales de fondo indicativas del transportador 102. La partícula 104 se puede distinguir del fondo cuando un grupo de celdas adyacentes tienen un valor similar, o valores dentro de un intervalo, para indicar la presencia de una partícula 104 o cuando una sola célula es suficientemente diferente del fondo, por ejemplo, aplicando uno o más umbrales a la matriz de sensor. El sistema de control 112 agrupa entonces estas celdas de la matriz de sensor y las identifica como una "agrupación" indicativa de una partícula. El umbral usado para distinguir una partícula en la matriz de sensor puede basarse en el sistema de sensor y la matriz de sensor, y/o el sistema de visión y la matriz de visión correspondiente descritos anteriormente.

Como parte del proceso de identificación de partículas, el sistema de control 112 puede realizar la unión de marco a marco uniendo la matriz de sensor entre matrices de sensor tomadas en el momento inmediatamente anterior y en el momento inmediatamente posterior, de manera similar a la descrita anteriormente con respecto a las matrices de imágenes. Al unir las matrices de sensor, una región más grande de la cinta puede ser analizada por la unidad de control para la identificación de partículas y los datos del sensor para las partículas que están en la matriz de sensor. En un ejemplo, el sistema de control 112 usa las matrices unidas para crear un vector de sensor con referencia a un puntero de sensor al marco central para proporcionar información con respecto a la ubicación de las partículas. Las matrices de sensor o matrices de sensor unidas pueden almacenarse temporalmente en una memoria intermedia de datos en la memoria accesible por el sistema de control 112. Como las partículas pueden extenderse a través de más de una matriz de sensor, el uso de uniones de marco ayuda en la identificación de partículas y en la obtención de datos completos del sensor para una sola partícula en la cinta.

En la etapa 226, el sistema de control 112 crea un vector de datos del sensor para cada región de partículas identificada con información relacionada con la posición de la cinta, un puntero de sensor a la ubicación y límite de la partícula identificada en la matriz de imagen, y cualquier otro dato de sensor asociado con la partícula tal como valores de tensión o similares. La unidad de control puede procesar además la región de la imagen o matriz asociada con una partícula 104 usando diversas técnicas de procesamiento de visión artificial para modificar o corregir la región de la matriz asociada con la partícula identificada 104, o para identificar parámetros o datos de detección asociados con la partícula como se indica a continuación.

El vector de datos de sensor contiene información relacionada con la posición de la cinta, el puntero de la matriz de sensor y cualquier dato del sensor, tal como una tensión pico, una tensión promedio, una suma de las tensiones dentro de la región identificada como la partícula, una tasa de cambio de tensión para un sensor para la partícula, una tensión promedio, una suma de las tensiones sobre el área asociada con la región de la partícula, un factor de relación de área determinado usando un área de partícula dividida por un área de cuadro delimitador, un factor de compacidad determinado como una función del perímetro de la partícula y el área de la partícula, y similares. Por ejemplo, el sistema de control 112 incorpora una tensión pico de una celda asociada con la agrupación en el vector de datos del sensor, por ejemplo, la tensión de celda más alta o más baja o el valor cuantificado en el grupo. En otros ejemplos, el sistema de control 112 puede proporcionar un valor al vector de datos de sensor para la región de partículas identificada como una suma de todos los valores en la región de partículas, un promedio de todas las celdas, como un promedio de las tensiones pico o valores cuantificados de tres celdas en la región de partículas, un promedio de las tensiones pico o valores cuantificados de tres celdas contiguas, o similares. En ejemplos adicionales, el sistema de control 112 puede introducir valores calculados para la partícula en el vector de sensor, tal como la forma, el tamaño, la relación de aspecto, la característica de textura, la desviación estándar de tensión u otra característica de la agrupación o partícula identificada a partir de los datos del sensor en la matriz como una característica secundaria para la partícula. Algunas características de clasificación secundaria, tal como la textura, solamente se puede obtener con el uso de sensores que sean más pequeños que el tamaño de las partículas para proporcionar una mayor resolución y los datos necesarios para este tipo de análisis.

Aunque se describe que el método 200 tiene etapas separadas de identificación de partículas y procesamiento de matriz en 204, 206, 222 y 224, también se prevén variaciones del método 200, como lo indica el bloque 228. En un ejemplo, el método 200 identifica partículas usando únicamente la matriz de imagen, y usa el puntero de imagen para crear un puntero de sensor a una región correspondiente en la matriz de sensor, independientemente de si los sensores 170 han detectado alguna partícula en esa región. En otro ejemplo, el método 200 identifica partículas únicamente usando la matriz de sensor, y usa el puntero del sensor para crear un puntero de imagen a una región correspondiente en la matriz de imagen, independientemente de si el sistema de visión 106 ha detectado alguna partícula en esa región. En un ejemplo adicional, el método 200 identifica las partículas usando la matriz de sensor o la matriz de imagen, tal cuando una partícula se identifica en la matriz de imagen o en la matriz de sensor, se crean un puntero de imagen y un puntero de sensor para esa región en ambas matrices. En un ejemplo adicional, el método 200 identifica partículas usando tanto la matriz de sensor como la matriz de imagen, dichos puntero de imagen y puntero de sensor se crean solamente cuando una partícula se identifica positivamente tanto en la matriz de imagen como en la matriz de sensor.

En la etapa 230, el sistema de control 112 clasifica la región de partículas identificada usando los datos de los vectores de visión y de sensor. El sistema de control 112 puede usar una técnica de análisis discriminante para clasificar las partículas. En un ejemplo, el sistema de control 112 clasifica la partícula usando un método como se ilustra en la Figura 6 o la Figura 10, y como se describe a continuación con mayor detalle.

En otros ejemplos, el sistema de control 112 puede clasificar la partícula introduciendo los vectores en un algoritmo de aprendizaje automático. La unidad de control puede usar una máquina de vectores de soporte (SVM, por sus siglas en inglés), un análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLSDA, por sus siglas en inglés), una red neuronal), un bosque aleatorio de árboles de decisión, un modelo de espacio vectorial tal como un modelo de bolsa de palabras u otra técnica de clasificación y aprendizaje automático para evaluar el vector de datos y clasificar la

partícula 104. El sistema de control 112 puede usar como alternativa decisiones independientes de los datos de visión y los datos del sensor, o vectores de visión y sensor con una combinación probabilística de los dos para determinar una clasificación final. En un ejemplo, se usa una red neuronal para clasificar cada una de las partículas de chatarra 104 como una de una lista preseleccionada de materiales basándose en el análisis de los vectores de imagen y de sensor. En otros ejemplos, el sistema de control 112 puede usar una tabla de consulta que traza los vectores de datos y luego clasifica la agrupación basándose en una o más regiones, umbrales o planos de corte. En un ejemplo, la clasificación de una partícula 104 puede ser una clasificación de múltiples etapas. Las técnicas algorítmicas conocidas como la propagación hacia atrás y el aprendizaje competitivo también se pueden aplicar para estimar los diversos parámetros o ponderaciones para una clase dada de datos de entrada y salida.

En la etapa 232, el sistema de control 112 controla la unidad separadora 128 para activar selectivamente un eyector 132 para eyectar una partícula a un contenedor deseado basándose en la clasificación de la partícula. El sistema de control 112 controla los eyectores 132 basándose en la clasificación de la partícula 104, la posición de la partícula sobre la cinta, y la posición y sincronización del transportador 102.

De acuerdo con un ejemplo, el sistema 100 está configurado para seleccionar partículas 104 que son de tamaño pequeño y contienen metales de alto valor, tal como cobre, oro o platino, que puede mezclarse con otras partículas metálicas o proporcionarse como un recubrimiento. Las partículas 104 pueden tener una dimensión mayor del orden de un centímetro o menos. Las partículas 104 pueden humedecerse antes de pasar a través de los sistemas de visión y de detección 106, 108, o pueden proporcionarse como partículas secas a través del sistema 100. En un ejemplo, la unidad de control 112 puede identificar la ubicación de una partícula 104 en la cinta 102 usando información tanto del sensor como de los datos de la imagen.

En otros ejemplos, los datos del sensor se usan para identificar la ubicación de una partícula en la cinta 102, ya que la imagen de visión puede tener mayor ruido de fondo. En un ejemplo adicional, el sistema de detección 108 está colocado antes del sistema de imagen 106 de manera que la ubicación de las partículas determinada a partir del sistema de detección 108 se puede usar para determinar las regiones de los datos de imagen para su análisis por la unidad de control 112 y la unidad de procesamiento de imágenes. y reducir el tiempo total de procesamiento. La unidad de control 112 clasifica las partículas 104 usando el vector de visión y el vector de sensor. Por ejemplo, la unidad de control puede usar el vector de visión para ayudar en la identificación de oro o cobre usando componentes de color, tal como la información [R, G, B] además de los datos del sensor. En otros ejemplos, la unidad de control 112 puede usar además el vector de sensor para ayudar en la identificación de metales ligeros y pesados, por ejemplo, para clasificar partículas entre material de aluminio o titanio.

La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo para un método 250 de clasificación de una partícula 104 de acuerdo con una realización y para su uso por el sistema de control 112 durante la etapa 230 del método 200 usando los vectores de visión y sensor como entradas, y las Figuras 7-9 proporcionan ejemplos de datos y una etapa de clasificación tal como se usa en el método 250. En otras realizaciones, se pueden combinar diversas etapas en el método 250, volver a disponer u omitir. Con referencia al método 250, se usa a modo de ejemplo no limitativo un ejemplo que usa aluminio fundido y forjado y materiales de aleación de aluminio, y un experto en la técnica entendería cómo aplicar el método 250 para clasificar otras agrupaciones de materiales. El vector de visión y el vector de sensor se usan como entradas para un análisis discriminante realizado por el sistema de control 112 que implementa el método 250 para clasificar las partículas de chatarra 104 como aluminio fundido o aluminio forjado.

La Figura 7A ilustra una imagen del sistema de visión 106 de cuatro partículas diferentes formadas a partir de aluminio fundido. La Figura 7B ilustra datos del sistema sensor 108 para las mismas cuatro partículas de aluminio fundido, y en el mismo orden de izquierda a derecha.

La Figura 8A ilustra una imagen del sistema de visión 106 de cuatro partículas diferentes formadas a partir de aluminio forjado. La Figura 8B ilustra datos del sistema de detección 108 para las mismas cuatro partículas de aluminio forjado, y en el mismo orden de izquierda a derecha.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 6, en la etapa 252, el sistema de control 112 introduce los vectores de visión y de sensor en el método de clasificación 250, por ejemplo, después de analizar una de las partículas como se muestra en las Figuras 7 u 8. El vector de visión y el vector de sensor de acuerdo con el presente ejemplo tienen un total de doce parámetros o valores escalares, aunque también se contemplan otros números de parámetros en otras realizaciones. El vector de visión para cada partícula puede incluir: el puntero de visión, promedio del canal rojo, promedio del canal verde, promedio del canal azul, una puntuación de actividad, un valor de perímetro, y al menos una determinación de orificios para cada región de partículas identificada, y otros valores de visión. La puntuación de actividad se calcula comparando un píxel o celda con sus píxeles o celdas adyacentes y determinando la brillantez y la variación de intensidad. siendo la puntuación de actividad una suma normalizada para la región de partículas. En general, el material forjado tiene una puntuación de actividad más alta que el material fundido. El valor del perímetro puede proporcionar una indicación de la compacidad de la región de partículas identificada y de la partícula, y calcularse usando el perímetro de la partícula dividido por un factor de área, como la raíz cuadrada del área de la

partícula. La determinación del "orificio" puede basarse en píxeles saturados en la imagen e incluir al menos uno de los siguientes de la matriz, imagen, o una imagen de contraste mejorado: un valor que representa el número de agujeros o píxeles saturados medidos para la región de partículas identificada, un área del orificio más grande en la región de partículas identificada normalizada por el área de la partícula identificada, y una suma de cualquier área de orificios en la región de partículas identificada normalizada por el área de la partícula identificada. Cabe mencionar que los materiales forjados tienden a tener píxeles o "orificios" más saturados que el material fundido. Otros valores de visión pueden incluir una relación de área para proporcionar una indicación de la compacidad de la partícula, por ejemplo, la relación del área real de la región de partículas identificada normalizada por un área de un cuadro delimitador sobre la misma región de partículas. Cabe mencionar que los materiales fundidos tienden a tener una relación de área mayor que los materiales forjados, ya que son más compactos.

El vector de datos del sensor para cada partícula puede incluir el puntero del sensor, una tensión promedio, una tensión pico y un factor de relación de área. En otros ejemplos, el vector de datos del sensor puede incluir valores adicionales como se ha descrito anteriormente. Cabe mencionar que los materiales fundidos tienden a tener una salida de tensión más baja del sistema 108, lo que lleva a una apariencia más brillante en la imagen del sensor.

Se pueden proporcionar valores o entradas adicionales para el análisis discriminante combinando los vectores de sensor y de visión con el sistema de control 112 realizando cálculos y análisis adicionales basándose en los datos. Por ejemplo, el sistema de control 112 puede calcular una relación de área entre las áreas de la partícula a partir de los datos de visión y los datos del sensor, respectivamente, y asociarlo con uno de los vectores de sensor o de visión o en un vector combinado con todos los datos y parámetros.

En la etapa 254, el sistema de control 112 puede realizar una clasificación inicial para clasificar partículas que se identifican fácilmente como de una de las categorías. Por ejemplo, cualquier material no metálico puede identificarse fácilmente en comparación con materiales metálicos basándose en una comparación de los datos de visión y de detección. Como los no metales carecen de conductividad, el vector de visión indicaría una partícula mientras que el vector de sensor no indicaría una partícula. Adicionalmente, las partículas con metales incrustados pueden identificarse y clasificarse fácilmente basándose en una comparación de datos de visión y de detección. Además, algunas partículas pueden clasificarse fácilmente en esta etapa mediante el sistema de control 112 como fundidas o forjadas basándose en los datos y vectores de visión y/o de sensor. Por ejemplo, una partícula con una conductividad por debajo de un valor umbral puede identificarse y clasificarse como material fundido usando el vector sensor, mientras que cualquier partícula con un tamaño o área mayor que un umbral específico puede identificarse y clasificarse como material forjado usando el sensor o los vectores de visión. Esta etapa también se puede usar como filtro previo usando un parámetro predeterminado como la relación de aspecto o el alargamiento.

En la etapa 256, el sistema de control 112 lleva a cabo un análisis discriminante usando el vector de visión y el vector de sensor para cada región identificada en la matriz de visión o matriz de sensor como una partícula. El sistema de control 112 puede necesitar arbitrar cuando se identifican números de partículas que difieren entre las matrices de visión y de sensor en las mismas áreas correspondientes de las matrices. Por ejemplo, una matriz puede indicar que hay una partícula en una región y tener un vector asociado para esa partícula, mientras que la otra matriz puede indicar que hay dos partículas en la misma región de la cinta correspondiente con dos vectores asociados. El sistema de control 112 puede arbitrar en esta situación sumando, promediando, tomando el valor pico o combinando de otro modo los dos vectores asociados de una matriz para proporcionar valores para su comparación y uso en el análisis discriminante con la otra matriz.

En un ejemplo, el sistema de control 112 crea un primer discriminante y un segundo discriminante determinados usando un análisis de componentes principales. Cada discriminante puede ser una combinación lineal en función de los parámetros de los vectores de sensor y de visión. Por ejemplo, un primer discriminante puede basarse en una ecuación tal como  $aA+bB+cC+dD+\dots$ , donde  $a, b, c, y d$  son valores constantes y  $A, B, C y D$  son parámetros de cada uno de los vectores de visión y de sensor. Un segundo discriminante puede basarse en otra ecuación tal como  $mA+nB+oC+pD+\dots$  donde  $m, n, o, y p$  son valores constantes y  $A, B, C y D$  son parámetros de cada uno de los vectores de visión y de sensor. El primer y segundo discriminante se usan para separar y clasificar las partículas en dos o más clasificaciones.

En un ejemplo, cada uno de los discriminantes se introduce como un par en una tabla o gráfico de consulta mediante el sistema de control 112, y si el par de discriminantes es uno de una serie de pares predefinidos, la partícula se clasifica en una categoría predeterminada de material. En otro ejemplo, el sistema de control 112 solamente usa un único discriminante determinado usando un análisis de componentes principales como se describe anteriormente, y el sistema de control 112 introduce el discriminante en una tabla o gráfico de consulta, y/o compara el único discriminante con un umbral de corte. La Figura 7 ilustra un ejemplo de una tabla de consulta de acuerdo con una realización y se describe con mayor detalle a continuación.

Las funciones o análisis de componentes primarios usados para determinar los discriminantes, las tablas de consulta y/o los umbrales de corte pueden determinarse durante un proceso de calibración usando una mezcla conocida de

materiales. Se pueden elegir las funciones, parámetros y umbrales para proporcionar una separación entre materiales fundidos y forjados con mayor pureza y tasas de recuperación.

5 En ejemplos adicionales, los análisis discriminantes adicionales pueden realizarse posteriormente por el sistema de control 112 usando el discriminante tercero y cuarto, etc. para refinar aún más la clasificación de la partícula en dos categorías o para clasificar la partícula en una tercera, cuarta u otra categoría de material.

10 En la etapa 258, se crea una matriz de desvío por el sistema de control 112. El sistema de control 112 usa la matriz de desvío durante la etapa de selección y separación 232 en la Figura 5. En otros ejemplos, el sistema de control 112 agrega una serie adicional de datos de desvío a una de las matrices de imagen y de sensor para su uso en la selección y separación de las partículas.

15 La matriz de desvío puede basarse en los marcos centrales (unidos previamente) de las matrices de visión y de detección. En un ejemplo, la matriz de desvío tiene un tamaño basándose en la resolución o el número de los eyectores 132, y puede llenarse fila por fila, similar a una imagen de escaneo lineal por el sistema de control 112. La matriz de desvío puede tener un número establecido de filas que se llenan y ciclan basándose en un algoritmo de registro de desplazamiento, primero en entrar, primero en salir.

20 La matriz de desvío puede ser llenada por el sistema de control 112 usando un valor de selección. El valor de selección puede ser un valor binario (0, 1) para una clasificación binaria, o puede basarse en números de dos bits, hexadecimal o similar, para su uso en la selección de más de dos clasificaciones de partículas 104.

25 En un ejemplo, el sistema de control 112 asigna un valor de selección basándose en la clasificación determinada en las etapas 254 y 256 a todas las celdas en la matriz de desvío que corresponden a la totalidad de una región de partículas identificada determinada usando el puntero de visión y/o el puntero del sensor.

30 El sistema combinado de visión y de detección analógica 100 proporciona mejoras significativas en la pureza y recuperación de materiales de chatarra clasificados. Por ejemplo, usando el sistema de visión 106 con el sistema de detección analógico 108, se indican mejoras de selección para los materiales fundidos frente a los forjados. En un sistema convencional de visión única con un solo paso, los materiales forjados tenían una pureza del 85 % y una recuperación del 45 %, y los materiales moldeados tenían una pureza del 49 % y una recuperación del 88 %. A diferencia de ello, el sistema 100 de acuerdo con la presente divulgación operó con una solo paso y probando los mismos materiales de alimentación a la misma velocidad lineal de la cinta proporcionó materiales forjados con 95 % de pureza y 50 % de recuperación, y materiales fundidos con 56 % de pureza y 96 % de recuperación.

35 La Figura 9 es un gráfico de datos de muestra para su uso en el establecimiento de los parámetros de calibración y clasificación basándose en los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales. La Figura 9 ilustra datos de calibración de muestra del sistema 100 que incluía materiales de aluminio fundido y forjado. El material forjado puede incluir material en láminas. Para cada partícula 104, el primer y segundo discriminante se trazan como pares de datos (PC1, PC2) con el primer discriminante (PC1) en el eje x y el segundo discriminante (PC2) en el eje y. Como se puede ver a partir de la Figura, se puede seleccionar un umbral de corte como la línea 270, de manera que los materiales a un lado del umbral 270 se clasifiquen como fundidos y los materiales al otro lado del umbral se puedan clasificar como forjados u otros. En un ejemplo adicional, a las partículas que se encuentran dentro de un intervalo especificado del umbral se les puede asignar una clasificación indeterminada para aumentar aún más las purezas.

40 La Figura 10 ilustra un diagrama de flujo para un método 300 de clasificación de una partícula 104 de acuerdo con una realización y para su uso por el sistema de control 112 durante la etapa 230 del método 200 usando los vectores de visión y de sensor como entradas. En otras realizaciones, se pueden combinar diversas etapas en el método 300, volver a disponer u omitir. Con referencia al método 300, se usa un ejemplo que usa materiales mixtos a modo de ejemplo no limitativo, y un experto en la técnica entendería cómo aplicar el método 300 para clasificar las otras agrupaciones de materiales. Los materiales mezclados incluyen una mezcla de metales "desnudos", incluyendo metales pintados o recubiertos y metales incrustados o encapsulados en materiales no metálicos. En un ejemplo, los materiales mezclados incluyen alambre metálico que está recubierto con una capa de aislamiento, porciones de placas de circuitos y otros desechos electrónicos, materiales de chatarra de neumáticos con la cinta metálica incrustada en caucho y otros metales que estén al menos parcialmente atrapados, encapsulados o incrustados dentro del aislamiento, caucho, plásticos u otros materiales no conductores. Los materiales mixtos 104 pueden proporcionarse como materiales no ferrosos que contienen otros metales y aleaciones metálicas. Las partículas 104 pueden humedecerse antes de pasar a través de los sistemas de visión y de detección 106, 108, o pueden proporcionarse como partículas secas a través del sistema 100. El vector de visión y el vector de sensor se usan como entradas a una tabla de consulta realizada por el sistema de control 112 que implementa el método 300 para clasificar las partículas de chatarra 104 para una selección binaria, terciaria, etc.

55 En la etapa 302, la unidad de control introduce los vectores de visión y de sensor. En la etapa 304, la unidad de control 112 lleva a cabo una clasificación de umbral inicial usando el vector de visión. El vector de visión puede contener datos

tales como valores [R, G, B] para cada píxel en una región identificada como que contiene una partícula 104, así como el puntero de visión y otras características de forma, tal como un factor de ancho. El factor de ancho puede ser un ancho mínimo promedio para la partícula 104 u otro valor asociado con el ancho. La unidad de control 112 puede usar diversas técnicas para determinar en la etapa 304 si la partícula cae dentro de una primera clasificación de materiales, tal como una placa de circuito.

Por ejemplo, la unidad de control 112 puede clasificar la partícula usando un análisis de histograma. En otro ejemplo, la unidad de control 112 usa un análisis multidiscriminante para reducir los tres (o más) componentes de color a dos componentes de color como un par de discriminantes. Luego, la unidad de control 112 introduce el par de discriminantes para cada píxel o celda asociada con la partícula en una tabla o gráfico de calibración almacenado en una unidad de memoria asociada con la unidad de control. En la Figura 11 se ilustra un ejemplo de una tabla de calibración, y puede ser no lineal como se muestra en la región 320. Si el par de discriminantes es uno de una serie de pares de discriminantes predefinidos y cae dentro de la región 320, según lo determinado mediante un proceso de calibración, la unidad de control 112 señala el píxel o celda en la imagen, por ejemplo, con un valor de 1. Si el par de discriminantes no es uno de la serie de pares predefinidos de discriminantes de manera que queda fuera de la región 320, la unidad de control 112 deja el píxel o celda en la imagen sin marcar, por ejemplo, como valor 0. La unidad de control 112 calcula una entrada de color para la partícula 104 basándose en el número de píxeles o celdas marcados, por ejemplo, determinando una fracción de relleno para la partícula 104 normalizando o dividiendo la suma de los píxeles marcados por el número total de píxeles asociados con la partícula. La unidad de control puede entonces realizar una clasificación inicial comparando la entrada de color o la fracción de relleno con un valor umbral. Por ejemplo, la unidad de control 112 puede clasificar una partícula de chatarra como una placa de circuito durante esta etapa.

La unidad de control 112 puede proporcionar datos de clasificación a una matriz de desvío en el bloque 306, con la matriz de desvío estructurada de manera similar a la descrita anteriormente con respecto a la Figura 6.

En la etapa 308, la unidad de control 112 realiza otra etapa de clasificación inicial usando datos tanto de los vectores de visión como de sensor, y continúa poblando la matriz de desvío según corresponda. La unidad de control 112 continúa analizando los vectores de visión y sensor para clasificar aún más las partículas de material mezclado en la cinta 104 que no fueron ni identificadas ni clasificadas en la etapa 304. Por ejemplo, para partículas identificadas solamente en el vector de visión y sin una región identificada correspondiente en el vector de sensor, la unidad de control puede llenar la matriz de desvío en el bloque 306 con una clasificación de materiales no metálicos.

En la etapa 310, la unidad de control 112 clasifica las partículas en la cinta identificadas tanto en los vectores de visión como en los de sensor y puebla la matriz de desvío en consecuencia. En un ejemplo, la unidad de control 112 implementa una técnica de clasificación de árbol de decisión. La unidad de control 112 puede usar el valor determinado a partir de los vectores de sensor y de visión en comparación con diversos valores umbral para clasificar la partícula en una o más categorías de material. En la figura se ilustra un ejemplo de un árbol de decisión para su uso en la etapa 310, y el árbol de decisión se puede cambiar basándose en las clasificaciones asociadas de materiales y la mezcla de materiales de chatarra para seleccionar. La unidad de control 112 compara un primer valor,  $w$ , desde el vector de visión, tal como un factor de forma o ancho, con un valor umbral,  $A$ . Si el valor es menor que el umbral  $A$ , la unidad de control 112 compara entonces un segundo valor,  $v$ , del vector de sensor, tal como una tensión pico o una tensión promedio, con un valor umbral  $B$ , y luego clasifica la partícula en una primera o segunda categoría de material, tal como metal o alambre, respectivamente. Si el valor es mayor que el umbral  $A$ , la unidad de control 112 compara entonces el segundo valor,  $v$ , del vector de sensor, tal como una tensión pico o una tensión promedio, con un valor umbral  $C$ , y luego clasifica la partícula en una primera o segunda categoría de material, tal como metal o alambre, o en otra categoría de material. Evidentemente, en otros ejemplos, se pueden usar otros valores de los vectores de visión y de sensor, se pueden usar más de dos valores en el árbol de decisión, y el árbol de decisión se puede estructurar de otra manera.

Aunque anteriormente se han descrito ejemplos de realización, no se pretende que estas realizaciones describan todas las formas posibles de la divulgación. Más bien, las palabras usadas en la memoria descriptiva son palabras de descripción de la invención reivindicada, y se entiende que se pueden realizar diversos cambios sin desviarse del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para seleccionar partículas de chatarra que comprende:

- 5 obtener imágenes de un transportador en movimiento (102) que contiene partículas de chatarra (104) usando un sistema de visión (106) para crear una imagen de visión que corresponde a una ubicación sincronizada del transportador;  
 emplear un sistema de control (112) para analizar la imagen de visión como una matriz de visión de celdas, identificar celdas en la matriz de visión que contiene una partícula y generar un vector de visión que contiene datos de visión a partir de la matriz de visión para la partícula;  
 10 detectar partículas de chatarra contenidas en el transportador en movimiento (102) usando un sistema de detección (108) para crear una matriz de detección que corresponde a la ubicación sincronizada del transportador, teniendo el sistema de detección (108) al menos una serie (110) de sensores de proximidad inductivos analógicos (170);  
 emplear el sistema de control (112) para analizar la matriz de detección, identificar celdas en la matriz de detección que contiene una partícula (104) y generar un vector de datos de detección que contiene datos de detección de la matriz de detección para la partícula; y  
 15 emplear el sistema de control (112) para clasificar la partícula en una de al menos dos clasificaciones de un material como una función del vector de datos de visión y el vector de datos de detección.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de control (112) se emplea para unir la imagen de visión con una imagen de visión anterior y una imagen de visión posterior antes de analizar la imagen de visión; y donde el sistema de control (112) se emplea para unir la matriz de detección con una matriz de detección anterior y una matriz de detección posterior antes de analizar la matriz de detección.
- 25 3. El método de la reivindicación 1, que comprende además emplear el sistema de control (112) para cuantificar una señal analógica de cada uno de los sensores (170) en al menos una matriz (110) mientras se mantiene una resolución predeterminada de la señal analógica; y en donde cada sensor (170) en la serie de sensores está colocado a una primera distancia del transportador (102).
- 30 4. El método de la reivindicación 1, en donde el vector de datos de visión contiene un puntero de visión y al menos uno de entre los siguientes: al menos una entrada de color, una puntuación de actividad, un valor de perímetro, al menos una determinación de orificios, y una relación de área.
5. El método de las reivindicaciones 1 o 4, en donde el vector de datos de detección contiene un puntero de sensor y al menos uno de entre los siguientes: una tensión pico, una tasa de cambio de tensión, una tensión promedio, una suma de las tensiones sobre el área de una partícula, un factor de relación de área y un factor de compacidad.
6. El método de las reivindicaciones 1 o 5, en donde el sistema de control (112) clasifica la partícula (104) como la función del vector de datos de visión y del vector de datos de detección usando (i) un análisis de componentes principales con al menos un discriminante como una función de los datos de visión y los datos del sensor, o (ii) un árbol de decisión y al menos un valor de cada uno del vector de datos de visión y el vector de datos de detección.
- 40 7. El método de las reivindicaciones 1 o 5, que comprende además calcular una entrada de color para la partícula (104) a partir de un modelo de color determinando los componentes de color para cada celda en la matriz de visión asociada con la partícula, la entrada de color calculada introduciendo dos componentes de color de cada celda de la matriz asociada con la partícula como un par de discriminantes en una tabla de calibración, marcar la celda si el par de discriminantes es uno de un par predefinido de discriminantes, y calcular la entrada de color normalizando una suma de las celdas marcadas por un número total de celdas asociadas con la partícula.
- 45 8. El método de la reivindicación 7, que comprende además emplear el sistema de control (112) para clasificar previamente la partícula (104) usando la entrada de color antes de clasificar la partícula como la función del vector de datos de visión y del vector de datos de detección.
- 50 9. El método de la reivindicación 1, que comprende además emplear el sistema de control (112) para calcular otro valor para uno de los vectores de visión y de sensor, el otro valor calculado a partir de datos de visión y de sensor para la misma partícula (104).
- 55 10. El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de control (112) se emplea además para arbitrar los vectores de sensor y visión en respuesta a las matrices de sensor y visión que indican un número diferente de partículas (104) sobre la misma área correspondiente entre las matrices.
- 60 11. El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de control (112) se emplea para clasificar la partícula (104) en una de las al menos dos clasificaciones del material como la función del vector de visión y del vector de sensor introduciendo los vectores en un algoritmo de aprendizaje automático, en donde el algoritmo de aprendizaje automático

comprende al menos una de entre una máquina de vectores de soporte, un análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales, una red neuronal, un análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales, un bosque aleatorio de árboles de decisión.

5 12. El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de control (112) se emplea para identificar y analizar las partículas (104) en la imagen de visión usando una ubicación determinada a partir de la matriz de detección.

13. El método de la reivindicación 1, en donde:

10 el sistema de visión (106) tiene un sensor de imágenes y un área de visualización predefinida iluminada para obtener imágenes del transportador en movimiento (102) que pasa a través del mismo en un intervalo de tiempo;

y

15 el sistema de detección (108) tiene la serie (110) de sensores de proximidad inductivos analógicos (170) dispuestos en un único plano común dispuesto generalmente paralelo al transportador en movimiento (102) y colocado para detectar partículas de chatarra (104) colocadas aleatoriamente en el transportador en movimiento (102).

14. El método de la reivindicación 13, en donde el sistema de visión (106) está colocado después del sistema de detección (108) a lo largo del transportador.

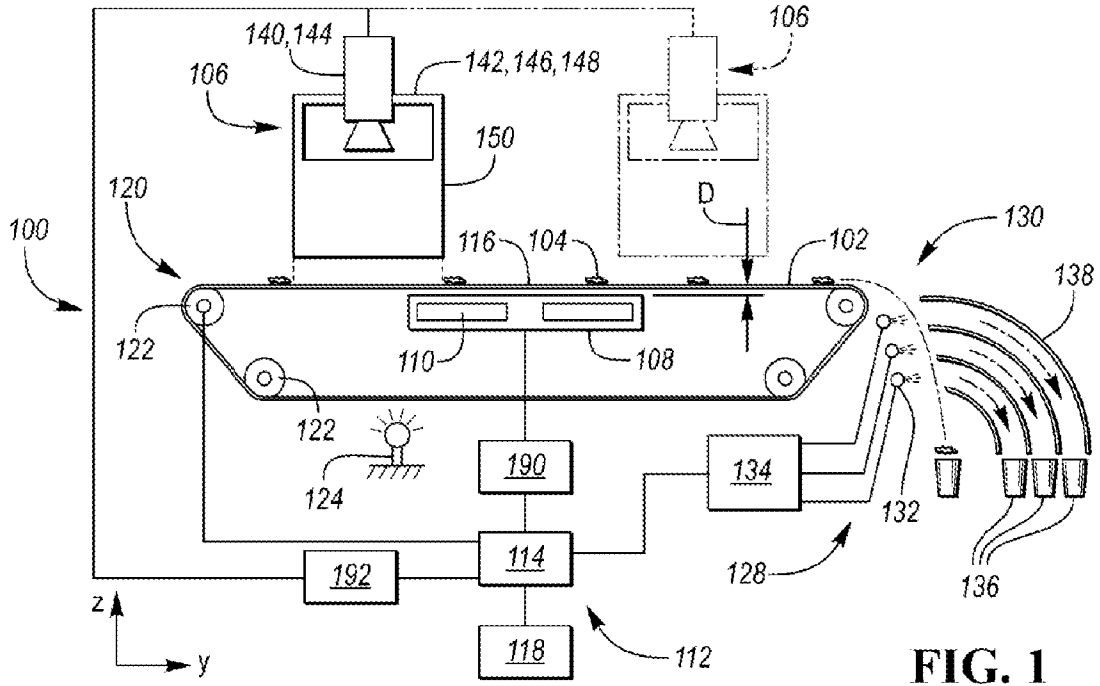


FIG. 1

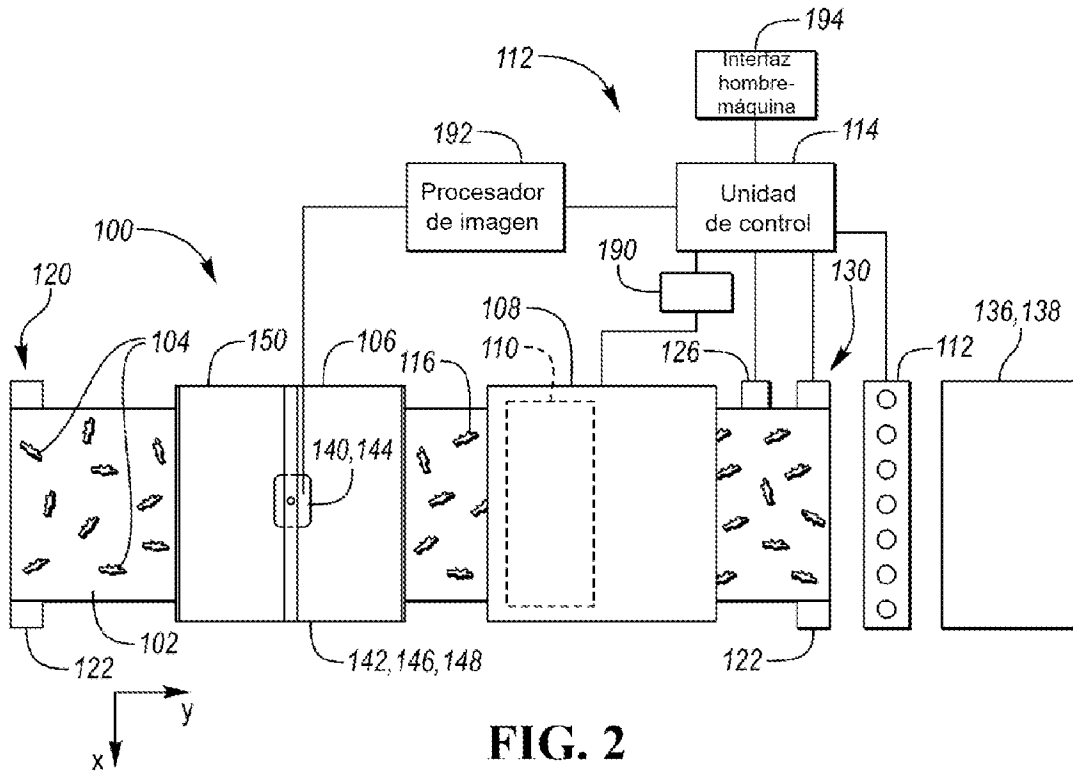
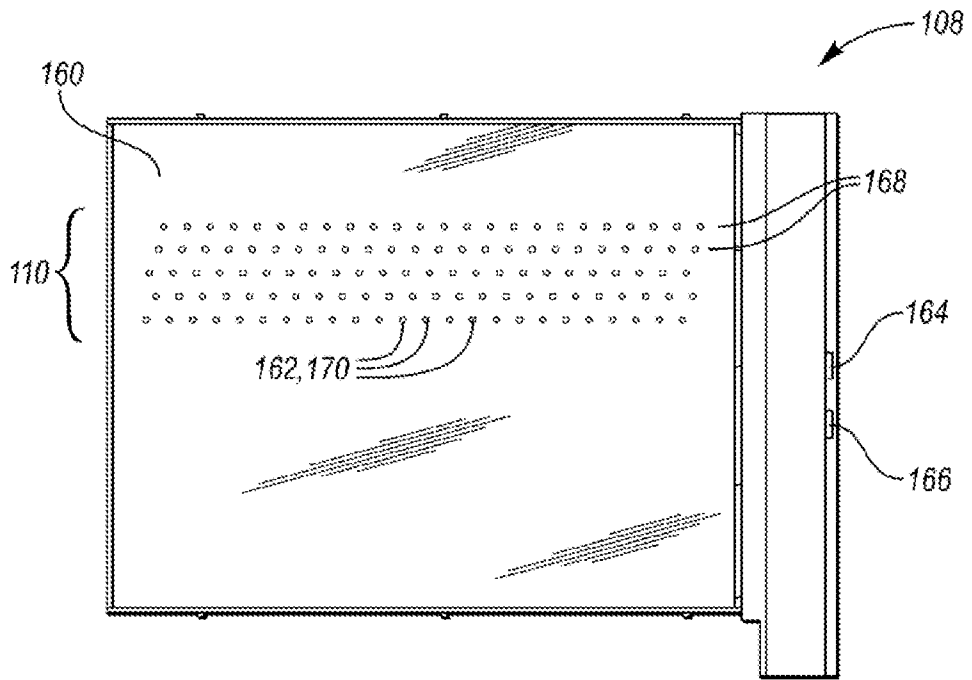
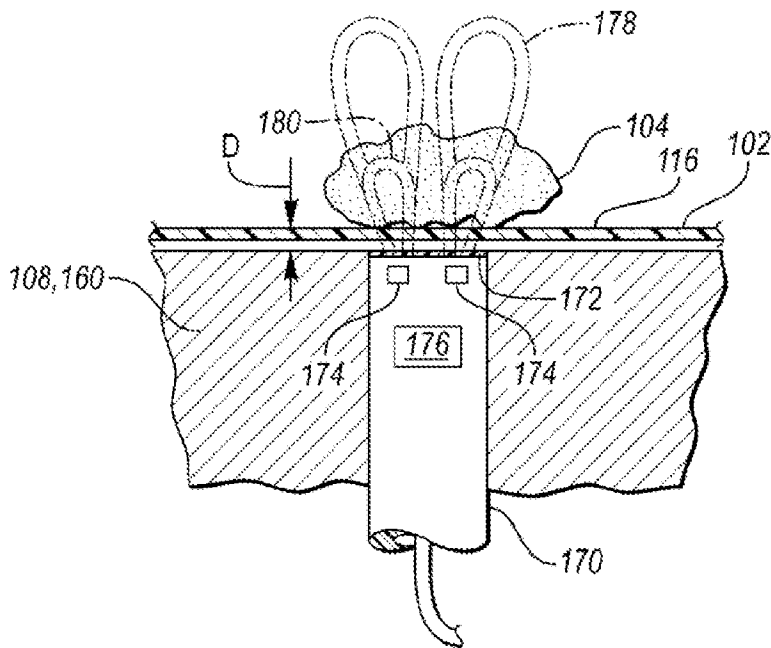


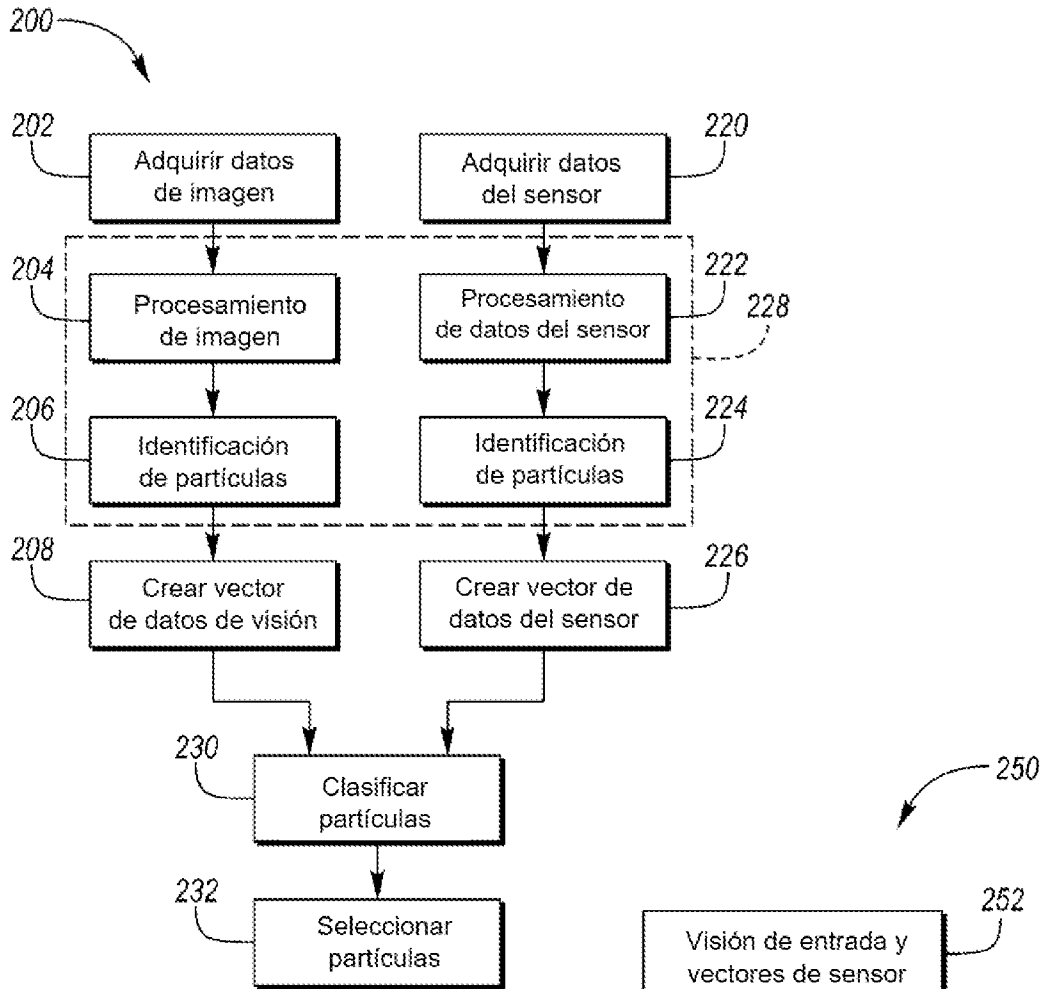
FIG. 2



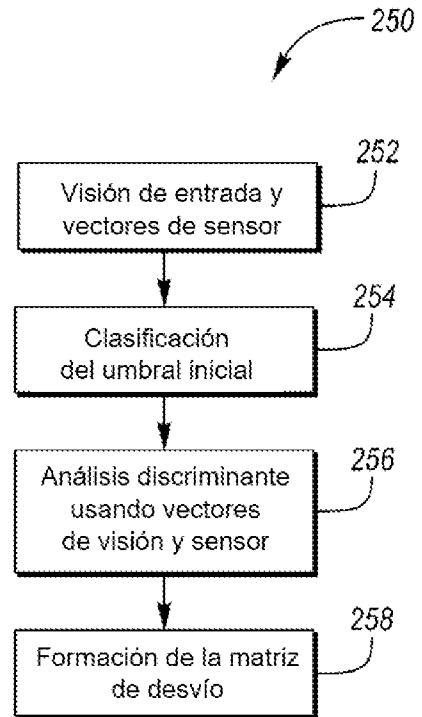
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**



FIG. 7A

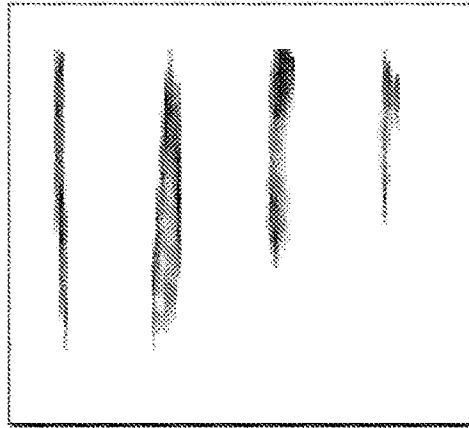


FIG. 7B



FIG. 8A

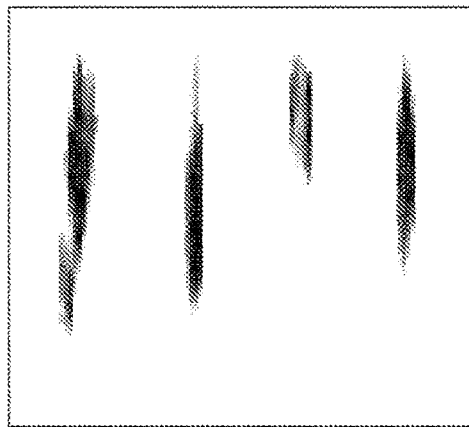


FIG. 8B

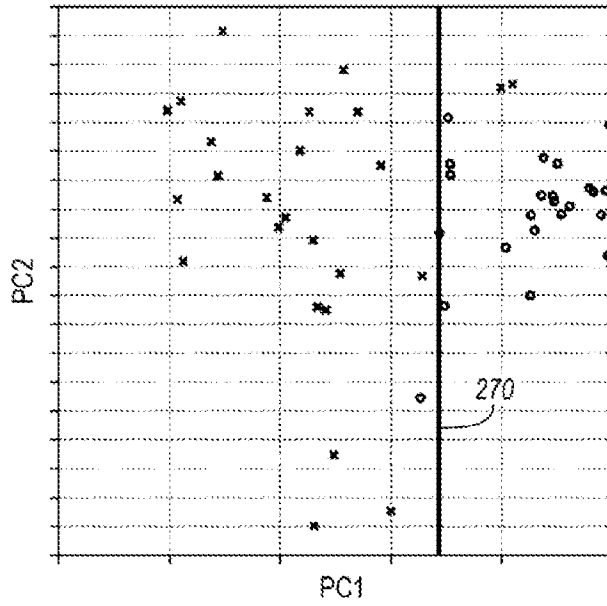


FIG. 9

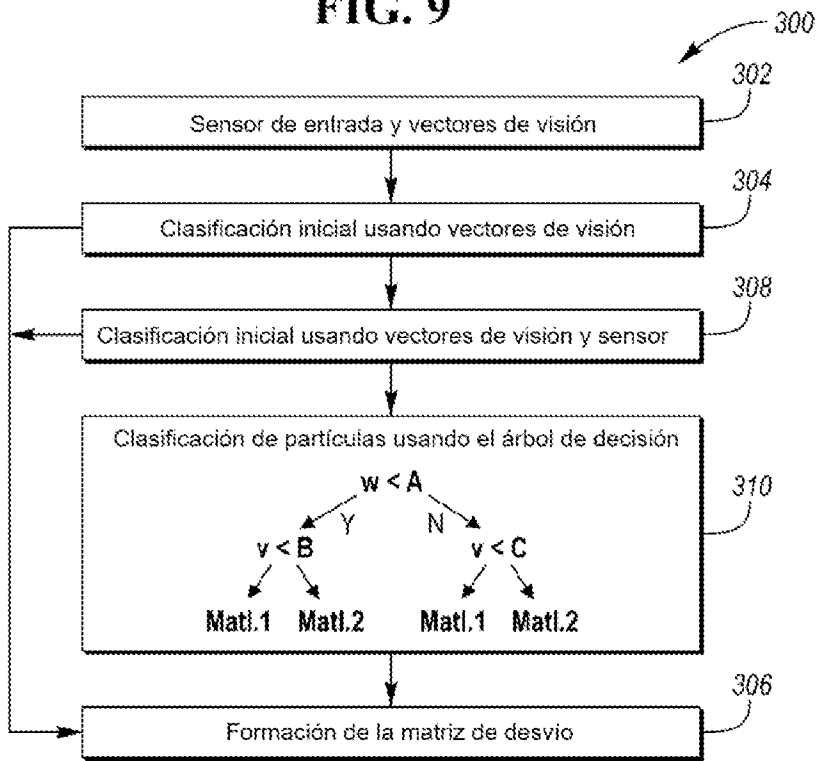
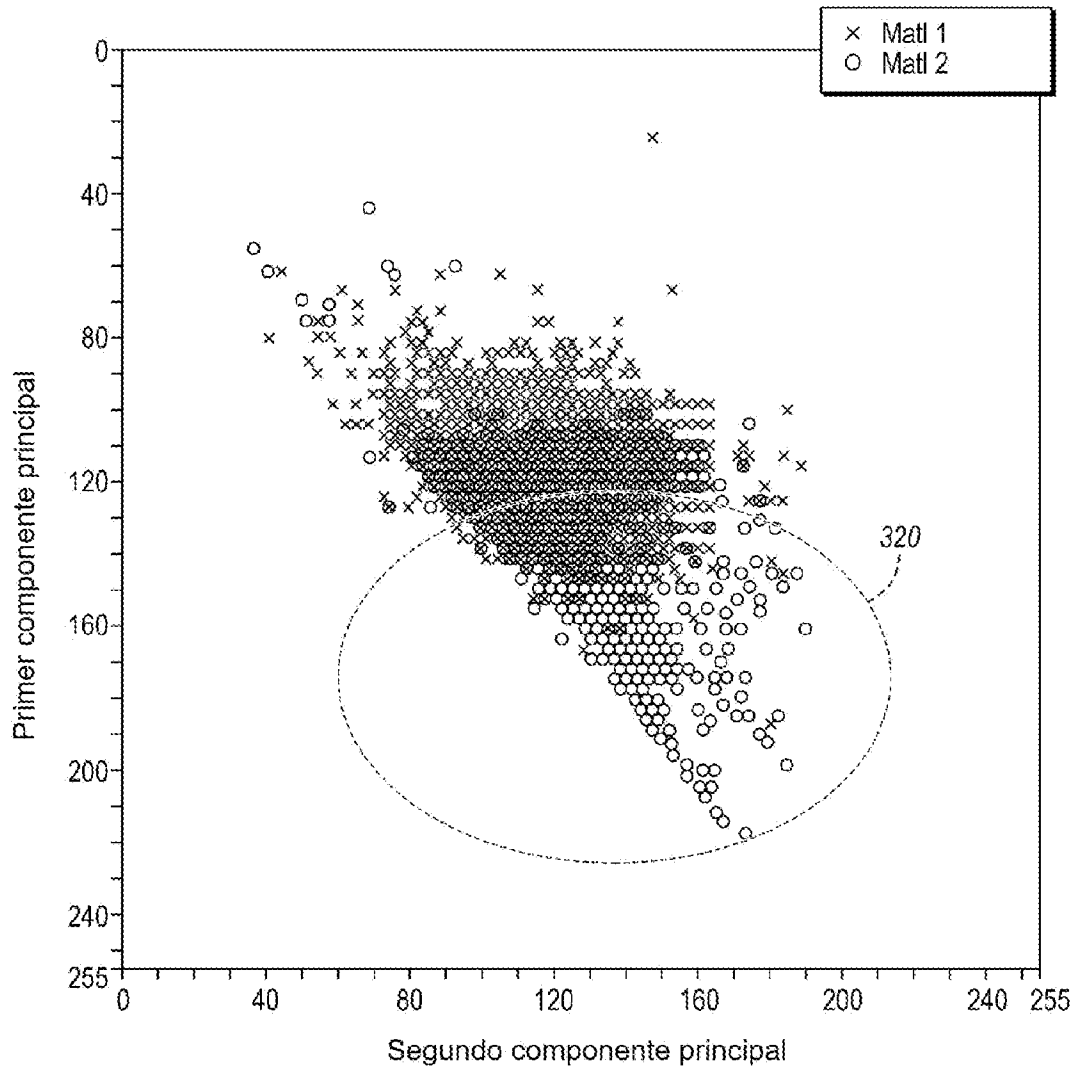


FIG. 10



**FIG. 11**