

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 208**

51 Int. Cl.:

**C08K 3/10** (2008.01)

**B07C 5/342** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2020** **PCT/EP2020/082638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2021** **WO21115749**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2020** **E 20811263 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2024** **EP 4073159**

54 Título: **Método para producir un polímero marcado, marcador, uso del marcador y polímero marcado**

30 Prioridad:

**12.12.2019 DE 102019219469**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.02.2025**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.00%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHLEGEL, RALF y  
BEINER, MARIO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 999 208 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 para producir un polímero marcado, marcador, uso del marcador y polímero marcado

Se presenta un método para producir un polímero marcado. El método comprende mezclar precursores de polímero con un marcador y polimerizar los precursores de polímero, en donde se crea un polímero marcado o, como alternativa, mezclar un polímero con un marcador, en donde se crea un polímero marcado. El método se caracteriza por que el marcador contiene o consiste en partículas que contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador presenta al menos tres tipos de átomos que tienen un número atómico diferente. También se proporcionan un marcador y un polímero marcado. Además, se proponen usos del marcador según la invención. El marcador según la invención no influye significativamente en las propiedades del polímero y permite leer información codificada en una amplia variedad de polímeros de manera sencilla y rápida y durante una larga vida útil del polímero.

El marcado de lotes de plásticos (polímeros) representa un gran desafío debido a la gran cantidad de tipos de plástico disponibles. Basándose en el granulado o en cualquier área del componente, prácticamente no se pueden sacar conclusiones sobre el tipo y el fabricante del material. Sin embargo, esto es esencial desde la perspectiva de la autenticidad del material/producto, así como de aspectos de la economía circular de los productos plásticos.

Los factores decisivos para el empleo práctico de un marcado de este tipo son su durabilidad durante la vida útil del producto, el contenido informativo incrustable, la legibilidad de la información, el tamaño del elemento marcador y, con ello, la posible interacción con las propiedades deseadas del material.

Del problema, es decir, el marcaje de lotes de plástico, se deriva el objetivo, en primer lugar, de que los marcadores sean estables a largo plazo y adecuados para durar más que el proceso de procesamiento y de conformación y el periodo de uso. Además, el contenido de información reproducible en el marcador debería ser suficientemente alto para poder diferenciar entre una gran cantidad de tipos y lotes de plástico. Además, la información codificada mediante el marcador debería poder leerse fácil y rápidamente a partir de diferentes composiciones plásticas. Asimismo, el marcador no debería influir significativamente en las propiedades de rendimiento del producto.

Hasta el día de hoy, los plásticos no suelen estar marcados. Sin embargo, debido a la creciente importancia de la economía circular y a las cuestiones en el ámbito de la autenticidad de los productos, crece la necesidad de métodos de marcado prácticos. Para marcar plásticos, hasta ahora se han seguido sobre todo enfoques basados en la fluorescencia, como la introducción de colores fluorescentes orgánicos, nanopartículas fluorescentes especiales o la fluorescencia intrínseca del propio plástico. Para la identificación basada en colores fluorescentes, se emplean tiempos de desintegración específicos del material o máximos de intensidad en longitudes de onda características en el intervalo visible. Sin embargo, debido a la amplitud de la distribución espectral de la luz fluorescente reflejada de vuelta desde el plástico, el contenido de información reproducible es limitado. Adicionalmente, es de esperar una disminución de la intensidad de la fluorescencia durante el proceso de procesamiento y durante la vida útil del producto. Esto se aplica en particular a marcadores fluorescentes orgánicos.

La fluorescencia inherente a los plásticos se emplea actualmente con fines técnicos selectivos para la clasificación en el ámbito de la gestión de residuos. Para esta última aplicación se mencionaron recientemente también métodos de procesamiento de imágenes hiperespectrales en el intervalo de longitud de onda de, por ejemplo, 900 - 1700 nm, que pueden identificar un material, pero no pueden realizar un marcado específico, es decir, no pueden "almacenar" información definida.

Para el marcado de plásticos, existe un trabajo inicial que trata de la introducción de macromoléculas cuya microestructura se sintetiza específicamente como información codificada binaria. La síntesis de tales macromoléculas y la lectura de la información mediante espectroscopia de masas en tandem (MS/MS) son conocidas en el estado de la técnica. En este caso, las macromoléculas se añaden durante la síntesis del polímero a utilizar o, como segunda variante, se introducen en el polímero mediante hinchamiento. La extracción del polímero y el enriquecimiento de los marcadores macromoleculares son hasta ahora un requisito previo para la lectura (relectura) de la información del marcador. Sin embargo, actualmente no es posible realizar una lectura dentro de una mezcla de polímeros compleja.

El documento WO 2010/066237 A1 divulga un método para autenticar y/o identificar un artículo que contiene un agente marcador químico que está sustancialmente encerrado inseparablemente en un marcador como portador, en donde el agente marcador químico contiene elementos y/ compuestos químicos seleccionados en forma de elementos marcadores que presentan concentraciones basadas en una clave de cifrado definida.

El documento DE 10 2017 112370 A1 divulga composiciones poliméricas que contienen sustancias marcadoras para etiquetado, identificación y autenticación y, por lo tanto, pueden usarse para etiquetar productos hechos de plásticos fundibles, en donde las sustancias marcadoras son complejos de derivados de 2-oxazolina e iones de metales de transición o iones de metales de los grupos principales o iones de tierras raras, en donde se prefieren los iones metálicos de molibdeno, indio y gadolinio.

El documento CH 586 733 A5 divulga un método de etiquetado para homo- y copoliamidas, que permite la identificación de productos que contienen dichas homo- o copoliamidas, añadiéndose para este propósito a las homo- o copoliamidas mezclas de compuestos de zinc, plomo y lantano.

El documento CH 586 255 A5 divulga un método para producir homo- o copoliésteres y piezas moldeadas hechas a partir de los mismos, añadiéndose mezclas de compuestos de plomo y lantano a los homo- o copoliésteres.

El documento US 2003/021998 A1 divulga un polímero que comprende un material de marcado, en donde el material de marcado comprende al menos un colorante fluoróforo orgánico, al menos un fluoróforo inorgánico, al menos un fluoróforo organometálico, al menos una nanopartícula luminiscente semiconductor, o una combinación de los mismos, en donde el material de marcado presenta una estabilidad térmica de al menos aproximadamente 350 °C y está presente en una cantidad suficiente para que el material de marcado sea detectable mediante un espectrofluorómetro a una longitud de onda de excitación en el intervalo entre aproximadamente 100 nanómetros y aproximadamente 1100 nanómetros.

Partiendo de esto, el cometido de la presente invención era indicar un método mediante el cual se pueda proporcionar un polímero marcado que ya no presente los inconvenientes conocidos en el estado de la técnica. En particular, el polímero proporcionado debería presentar un marcador que sea estable al proceso de producción y procesamiento del polímero, que no influya significativamente en las propiedades del polímero y que posibilite leer la información codificada mediante el marcador en una amplia variedad de tipos de polímeros de manera sencilla y rápida y con una larga vida útil del polímero. Además, debería proporcionarse dicho polímero marcado y proponerse sus usos.

El cometido se logra mediante el método con las características de la reivindicación 1, el marcador con las características de la reivindicación 6, el uso del marcador con las características de la reivindicación 10 y el polímero marcado con las características de la reivindicación 11. Las reivindicaciones dependientes muestran realizaciones ventajosas.

Según la invención, se proporciona un método para producir un polímero marcado, que comprende las etapas de

a) mezclar precursores de polímeros con un marcador y polimerizar los precursores de polímeros para crear un polímero marcado; o

b) mezclar un polímero con un marcador para crear un polímero marcado;

en donde el marcador contiene o consiste en partículas que contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador (por ejemplo, cada partícula del marcador) presenta al menos tres tipos de átomos que tienen un número atómico diferente, en donde el marcador consiste en partículas de un tamaño de partícula en el intervalo de 500 nm a 1000 µm, medido mediante un método de obtención de imágenes microscópicas, caracterizado por que el marcador

i) se modifica geométricamente de tal modo que

- presente un perfil geométrico en la superficie; y/o
- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía sobre las partículas, tratamiento con haz de láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones sobre las partículas, métodos de grabado y combinaciones de los mismos; y/o
- presente un patrón inscrito; y/o

ii) se modifica químicamente de tal modo que

- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos; y/o
- presente o conste de nanopuntos.

Por metal se entiende en particular un metal elemental (por ejemplo Cu), entendiéndose también aleaciones y/o mezclas de metales elementales (por ejemplo una aleación ternaria de metales). Por semimetal se entiende en particular un semimetal elemental (por ejemplo, Si), entre los que se incluyen también mezclas de semimetales elementales. Por tanto, no se entiende como metal o semimetal en particular ningún compuesto químico de metales o semimetales, por ejemplo ningún óxido metálico (p. ej. CuO) ni óxido semimetálico (p. ej. SiO<sub>2</sub>). Sin embargo, por ejemplo, al menos una cerámica puede ser otro componente del marcador.

Mediante el método según la invención se puede proporcionar un polímero marcado que contiene un marcador estable al procesamiento, que no influye significativamente en las propiedades del polímero y que posibilita leer información codificada en los más diversos polímeros de manera sencilla y rápida y durante una larga vida útil del polímero. Por primera vez, los lotes de plástico se pueden marcar con una variedad relativamente grande de variaciones, es decir, con un alto contenido de información, ya desde la producción. El polímero marcado proporcionado permite una trazabilidad estable del polímero hasta el material de partida y también hasta el fabricante.

A diferencia de los marcadores basados en fluorescencia usados en el estado de la técnica, se puede emplear un mayor número de bits de información que tampoco se superponen. Además, a diferencia de los marcadores basados en fluorescencia usados en el estado de la técnica, no se produce el llamado "fotoblanqueo", lo que aumenta significativamente la estabilidad a largo plazo de la información codificada en el marcador. Además, no se produce ninguna descomposición térmica de los marcadores, como se observa en los marcadores basados en fluorescencia del estado de la técnica a temperaturas de procesamiento más altas. Este hecho también amplía significativamente la estabilidad a largo plazo de la información codificada en el marcador en comparación con los polímeros marcados conocidos del estado de la técnica.

El método según la invención se puede caracterizar por que el marcador contiene o consiste en un metal, preferiblemente contiene o consiste en una mezcla de distintos metales y/o una aleación metálica, preferiblemente contiene o consiste en una aleación metálica. La ventaja aquí es que los átomos metálicos se pueden detectar fácilmente mediante análisis de fluorescencia de rayos X. Por tanto, la información codificada en el marcador se puede leer rápida y fácilmente.

Además, el marcador puede contener o consistir en un semimetal. Los semimetales (por ejemplo, silicio) como componente marcador tienen la ventaja de que pueden modificarse fácilmente geométricamente (por ejemplo, escribir un código de barras mediante litografía) y/o químicamente (por ejemplo, dopaje), lo que permite aumentar fácilmente el contenido de información codificada en el marcador.

Aparte de esto, el marcador puede contener adicionalmente una cerámica. Las cerámicas como componente marcador tienen la ventaja de que son resistentes a altas temperaturas y presentan un alto nivel de dureza. En consecuencia, estos componentes marcadores permiten una alta estabilidad a largo plazo incluso en condiciones duras de procesamiento de polímeros.

En una realización preferida, el marcador es adecuado para la detección mediante fluorescencia de rayos X. La fluorescencia de rayos X es un método de análisis de trazas que presenta una alta sensibilidad a las cargas que contienen metales en los polímeros orgánicos. El límite de detección de la fluorescencia de rayos X se encuentra en aproximadamente un ppm. Además, la información del marcador se puede leer rápida y fácilmente mediante fluorescencia de rayos X.

En una realización preferida, el marcador no presenta ningún tipo de átomo procedente de un catalizador que se utilice para catalizar la polimerización en la etapa a) y/o esté contenido en el polímero de la etapa b). La ventaja en el presente documento es que la información codificada en el marcador es independiente del proceso de producción del polímero y no está superpuesta con información externa desconocida. Esto facilita la asignación correcta de la información del marcador de lectura a un polímero específico.

En otra realización preferida, el marcador no presenta ningún tipo de átomo procedente de una pared de un recipiente y/o de una máquina de procesamiento que se utilice en la polimerización en la etapa a) y/o se utilice en una producción del polímero de la etapa b). La ventaja en el presente documento es que la información codificada en el marcador es independiente del proceso de producción del polímero y no está superpuesta con información externa desconocida. Esto facilita la asignación correcta de la información del marcador de lectura a un polímero específico.

Según la invención, el marcador se modifica geométricamente de tal modo que presente un perfil geométrico en la superficie, se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía, tratamiento con haz de láser, tratamiento con haz de electrones, métodos de grabado y combinaciones de los mismos y/o presente un motivo inscrito, en donde el marcador presenta preferiblemente un código grabado y/o generado litográficamente, de forma especialmente preferida un código de barras y/o de puntos grabado y/o generado litográficamente. La modificación geométrica adicional del marcador tiene la ventaja de que se introducen niveles de codificación adicionales y con ello se aumenta el contenido de información del marcador. Por ejemplo, se pueden codificar, mediante la modificación geométrica del fabricante, los valores de índice, los números de lote, el año de producción o la fecha de producción del polímero.

Según la invención, como alternativa o adicionalmente a la modificación geométrica citada, el marcador se modifica químicamente de tal manera que se procesa mediante un método seleccionado del grupo que consiste en unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos, presenta o consta de nanopuntos, opcionalmente presenta nanopuntos que están unidos químicamente de forma covalente a las partículas. La modificación química del marcador tiene la ventaja de que se introducen niveles de codificación adicionales y con ello se aumenta el contenido de información del marcador. Por ejemplo, se pueden codificar, mediante la modificación geométrica del fabricante, los valores de índice, los números de lote o el año de producción o la fecha de producción del polímero.

El marcador se puede añadir en el método en una cantidad tal que el polímero marcado presente de 1 ppm a 1000 ppm de marcador, preferiblemente de 2 a 900 ppm de marcador, con especial preferencia de 5 a 800 ppm de marcador, con especial preferencia de 10 a 700 ppm de marcador, con muy especial preferencia de 20 a 600 ppm de marcador, en particular de 50 a 500 ppm de marcador, con relación a la cantidad total de polímero marcado. Añadir el marcador en una cantidad mayor puede ser ventajoso para retirar la señal del marcador de los tipos de átomos que han entrado

necesariamente en el polímero a través del método de producción del polímero. Esto facilita la asignación correcta de la información del marcador de lectura a un polímero específico.

Según la invención, el marcador utilizado en el método consta de partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 1 nm a 1.000  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de 500 nm a 10  $\mu\text{m}$ , con especial preferencia de 0,1  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , en particular de 1  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , medido con métodos de obtención de imágenes microscópicas. Las partículas más grandes tienen la ventaja de que pueden almacenar un mayor contenido de información, por ejemplo después de una modificación geométrica y/o química. Además, las partículas más grandes permiten determinar una diferencia en comparación con los componentes del polímero que han entrado en el polímero a través del método de producción (por ejemplo, sales catalíticas y/o complejos catalíticos). Esto facilita la asignación correcta de la información del marcador de lectura a un polímero específico.

Según la invención, se proporciona además un marcador que contiene o consiste en partículas, en donde las partículas contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador (por ejemplo cada partícula del marcador) presenta al menos tres tipos de átomos que tienen un número atómico diferente, en donde el marcador consiste en partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 500 nm a 1000  $\mu\text{m}$ , medido con un método de obtención de imágenes microscópicas, y el marcador se caracteriza por que

i) se modifica geométricamente de tal modo que

- presente un perfil geométrico en la superficie; y/o
- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía de las partículas, tratamiento con haz de láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones sobre las partículas, métodos de grabado y combinaciones de los mismos; y/o
- presente un patrón inscrito; y/o

ii) se modifica químicamente de tal modo que

- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos; y/o
- presente o conste de nanopuntos.

El marcador se puede caracterizar por que contiene o consiste en una mezcla de distintos metales y/o una aleación metálica, preferiblemente contiene o consiste en una aleación metálica.

Además, el marcador se puede caracterizar por que contiene o consiste en un semimetal.

Además, el marcador se puede caracterizar por que contiene además una cerámica.

Asimismo, el marcador puede ser adecuado para la detección mediante fluorescencia de rayos X.

En una realización preferida, el marcador no presenta ningún tipo de átomo procedente de un catalizador que se utilice para catalizar una polimerización de un polímero y/o esté contenido en un polímero.

En otra realización preferida, el marcador no presenta ningún tipo de átomo procedente de la pared de un recipiente que se utilice en la producción de un polímero.

Según la invención, el marcador se modifica geométricamente de tal modo que presente un perfil geométrico en la superficie, se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía sobre las partículas, tratamiento con haz de láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones, tratamiento de las partículas, métodos de grabado y combinaciones de los mismos y/o presente un patrón inscrito, en donde el marcador presenta preferiblemente un código grabado y/o generado litográficamente, con especial preferencia un código de barras y/o de puntos grabado y/o generado litográficamente.

Según la invención, como alternativa o adicionalmente a la modificación geométrica, el marcador se modifica químicamente de tal modo que se procesa mediante un método seleccionado del grupo que consiste en unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones, presenta o consiste en nanopuntos, opcionalmente presenta nanopuntos que están unidos químicamente de forma covalente a las partículas.

Según la invención, se caracteriza por que consta de partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 1 nm a 1000  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de 500 nm a 10  $\mu\text{m}$ , con especial preferencia de 0,1  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , en particular de 1  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , medido con un método de obtención de imágenes microscópicas.

Se propone el uso del marcador según la invención para la identificación de un polímero (es decir, un polímero combinado con el marcador), en donde la identificación se realiza preferiblemente mediante fluorescencia de rayos X y/o un método microscópico. En particular, la identificación del polímero se usa para asignar el polímero a un fabricante específico, preferiblemente a una carga específica de un fabricante específico. La identificación del polímero también se puede usar para identificar el polímero en el ámbito del reciclaje de polímeros. Además, la identificación del polímero se puede usar para separar el polímero de otros polímeros en el ámbito del reciclaje de polímeros. Asimismo, la identificación del polímero se puede usar para documentar la historia del polímero.

Según la invención, se proporciona también un polímero marcado que contiene un marcador, en donde el marcador contiene o consiste en partículas que contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador (por ejemplo cada partícula del marcador) presenta al menos tres tipos de átomos, que tienen un número atómico diferente, en donde el marcador consiste en partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 500 nm a 1000 µm, medido con un método de obtención de imágenes microscópicas, caracterizado por que el marcador

i) se modifica geométricamente de tal modo que

- presente un perfil geométrico en la superficie; y/o
- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía de las partículas, tratamiento con haz de láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones sobre las partículas, procesos de grabado y combinaciones de los mismos; y/o
- presente un patrón inscrito; y/o

ii) se modifica químicamente de tal modo que

- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos; y/o
- presente o conste de nanopuntos.

El polímero marcado se puede caracterizar por que se puede producir mediante el método según la invención. En consecuencia, el polímero marcado puede presentar todas las características que están necesariamente presentes en el polímero marcado para su producción por la práctica del método según la invención.

El objeto según la invención se explica con más detalle mediante los siguientes ejemplos.

El ejemplo 1 no muestra una realización dentro del sentido de la invención, pero es útil para entender ciertos aspectos de la misma.

### **Ejemplo 1 - Producción de un polímero marcado con partículas de aleación metálica**

Se añade otro polvo de una aleación metálica a los distintos polímeros PA6, PA66, PET e iPP respectivamente a escala de ppm, en donde cada polvo presenta una aleación metálica con tres átomos metálicos distintos, es decir, una aleación metálica ternaria. La incorporación del polvo se puede realizar, por ejemplo, durante la síntesis de los distintos polímeros en solución o durante el proceso de extrusión de los distintos polímeros en la producción de granulados.

De este modo, los distintos polímeros pueden identificarse claramente mediante análisis de fluorescencia de rayos X, ya que cada uno de los distintos polímeros tiene un espectro de fluorescencia de rayos X claramente identificable.

### **Ejemplo 2 - Producción de un polímero marcado con partículas semimetálicas**

Como primera etapa, se inscribe información binaria (por ejemplo, un código de barras) en una oblea de silicio (por ejemplo, mediante litografía, un haz de láser y/o un haz de electrones), que se puede leer microscópicamente. Además, la oblea de silicio opcionalmente también se puede modificar químicamente (por ejemplo, mediante dopaje) para codificar información adicional en la oblea de silicio.

En este ejemplo, la oblea de silicio está recubierta por la parte posterior con una capa de una aleación metálica, que codifica información adicional, por ejemplo, una asignación de un tipo específico de polímero o una indicación de que el marcador en el polímero presenta información adicional, que en este caso se codifica en el componente de silicio del marcador.

A continuación, las obleas de silicio se convierten en un marcador en forma de partículas (polvo de marcador), por ejemplo mediante un método de trituración. En este caso, las partículas presentan no sólo la aleación metálica, sino también un componente de silicio que contiene el código de barras.

El análisis de fluorescencia de rayos X puede realizar una lectura rápida de los componentes metálicos y semimetálicos del marcador. El código de barras del componente de silicio del marcador también se puede leer mediante otro método (por ejemplo, un método microscópico).

## REIVINDICACIONES

1. Método para producir un polímero marcado, que comprende las etapas de:
  - a) mezclar precursores de polímeros con un marcador y polimerizar los precursores de polímeros, en donde se genera un polímero marcado; o
  - 5 b) mezclar un polímero con un marcador, en donde se genera un polímero marcado;

en donde el marcador contiene o consiste en partículas que contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador presenta al menos tres tipos de átomos que tienen un número atómico diferente,

en donde el marcador consiste en partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 500 nm a 1000  $\mu$ m, medido mediante un método de obtención de imágenes microscópicas,
- 10 caracterizado por que el marcador
  - i) se modifica geométricamente de tal modo que
    - presente un perfil geométrico en la superficie; y/o
    - se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía sobre las partículas, tratamiento con haz de láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones sobre las partículas, grabado y combinaciones de los mismos; y/o
    - 15 – presente un patrón inscrito; y/o
  - ii) se modifica químicamente de tal modo que
    - se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en la unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos; y/o
    - 20 – presente o consista en nanopuntos.
2. Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que el marcador
  - i) contiene o consiste en un metal, preferiblemente contiene o consiste en una mezcla de distintos metales y/o una aleación metálica, preferiblemente contiene o consiste en una aleación metálica; y/o
  - 25 ii) contiene o consiste en un semimetal; y/o
  - iii) contiene una cerámica; y/o
  - iv) es adecuado para la detección mediante fluorescencia de rayos X.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el marcador no presenta tipos de átomos procedentes de un catalizador que se utiliza para catalizar la polimerización en la etapa a) y/o está contenido en el polímero de la etapa b).
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el marcador no contiene tipos de átomos procedentes de una pared de un recipiente y/o una máquina de procesamiento que se utiliza en la polimerización en la etapa a) y/o se ha utilizado en la producción del polímero de la etapa b).
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el marcador se mezcla en una cantidad tal que el polímero marcado presenta de 1 ppm a 1000 ppm de marcador, preferiblemente de 2 a 900 ppm de marcador, con especial preferencia de 5 a 800 ppm de marcador, con especial preferencia de 10 a 700 ppm de marcador, con muy especial preferencia de 20 a 600 ppm de marcador, en particular de 50 a 500 ppm de marcador, con respecto a la cantidad total del polímero marcado.
- 40 6. Marcador que contiene o consiste en partículas, en donde las partículas contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador presenta al menos tres tipos de átomos que tienen un número atómico diferente,

en donde el marcador consiste en partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 500 nm a 1000  $\mu$ m, medido mediante un método de obtención de imágenes microscópicas,

caracterizado por que el marcador

- i) se modifica geométricamente de tal modo que
    - presente un perfil geométrico en la superficie; y/o
    - se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía sobre las partículas, tratamiento con haz de láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones sobre las partículas, grabado y combinaciones de los mismos; y/o
    - presente un patrón inscrito; y/o
  - ii) se modifica químicamente de tal modo que
    - se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en la unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos; y/o
    - presente o consista en nanopuntos.

7. Marcador según la reivindicación 6, caracterizado por que el marcador

  - i) contiene o consiste en una mezcla de distintos metales y/o una aleación de metal, preferiblemente contiene o consiste en una aleación de metal; y/o
  - ii) contiene o consiste en un semimetal; y/o
  - iii) contiene una cerámica; y/o
  - iv) es adecuado para la detección mediante fluorescencia de rayos X.

8. Marcador según cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, caracterizado por que el marcador no contiene ningún tipo de átomo procedente de un catalizador utilizado para catalizar una polimerización de un polímero y/o contenido en un polímero.

9. Marcador según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que el marcador no contiene ningún tipo de átomo procedente de una pared de recipiente de un recipiente utilizado en la producción de un polímero.

10. Uso de un marcador según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 para la identificación de un polímero, preferiblemente a través de un método seleccionado del grupo que consiste en fluorescencia de rayos X, método microscópico, método espectroscópico y combinaciones de los mismos, en donde la identificación del polímero se usa en particular

  - i) asignar el polímero a un fabricante específico, preferiblemente una carga específica de un fabricante específico; y/o
  - ii) identificar el polímero en el ámbito del reciclaje del polímero; y/o
  - iii) separar el polímero de otros polímeros en el ámbito del reciclaje del polímero; y/o
  - iv) documentar la historia del polímero.

11. Polímero marcado que contiene al menos un marcador, en donde el marcador contiene o consiste en partículas que contienen o consisten en un metal y/o un semimetal, en donde el marcador presenta al menos tres tipos de átomos que tienen un número atómico diferente,

en donde el marcador consiste en partículas con un tamaño de partícula en el intervalo de 500 nm a 1000  $\mu$ m, medido mediante un método de obtención de imágenes microscópicas,

caracterizado por que el marcador

  - i) se modifica geométricamente de tal modo que
    - presente un perfil geométrico en la superficie; y/o
    - se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en litografía sobre las partículas, tratamiento con haz láser sobre las partículas, tratamiento con haz de electrones sobre las partículas, métodos de grabado y combinaciones de los mismos; y/o
    - presente un patrón inscrito; y/o

ii) se modifica químicamente de tal modo que

- se procese mediante un método seleccionado del grupo que consiste en la unión covalente de moléculas a las partículas, dopaje, implantación de iones en las partículas, unión de nanopuntos a las partículas y combinaciones de los mismos; y/o

5           – presente o consista en nanopuntos.

12.       Polímero marcado según la reivindicación 11, caracterizado por que el polímero marcado puede producirse mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.