

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 992 534**

(51) Int. Cl.:

C10G 1/10 (2006.01)
C10G 1/00 (2006.01)
C10G 45/08 (2006.01)
C10G 65/02 (2006.01)
C10G 9/36 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2021 E 21205587 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024 EP 4174150**

(54) Título: **Método de tratamiento de residuos plásticos**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.12.2024

(73) Titular/es:

NESTE OYJ (100.0%)
Keilaranta 21
02150 Espoo, FI

(72) Inventor/es:

KURKIJÄRVI, ANTTI;
AHO, MARJUT;
KELA, JARMO;
PAASIKALLIO, VILLE;
SAIRANEN, EMMA;
PÉREZ NEBREDA, ANDREA;
KEYRILÄINEN, JUKKA;
UOTILA, PERTTU;
KETTUNEN, MIKA y
JAMIESON, JOHN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 992 534 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 tratamiento de residuos plásticos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para tratar residuos plásticos, especialmente residuos plásticos licuados, mediante hidrotratamiento. El método incluye la retirada de impurezas y la hidrogenación de los LWP. En detalle, el método comprende dos hidrotratamientos separados de los LWP, en el que el segundo hidrotratamiento se realiza en una mezcla de hidrocarburos y LWP ya hidrotratados.

Antecedentes de la invención

10 Los problemas medioambientales y el deseo de limitar el uso de materia prima basada en fósiles conducen a la necesidad de desarrollar posibilidades para usar residuos plásticos. Los residuos plásticos son un problema medioambiental creciente, ya que muchos de los polímeros que constituyen los plásticos son muy estables y no se degradan en la naturaleza. La incineración de residuos plásticos aumenta los gases de efecto invernadero y también conduce a otros problemas medioambientales en forma de contaminación del aire y del terreno. La incineración de residuos plásticos se considera en gran medida una pérdida de materia prima valiosa, incluso si se obtiene energía 15 en forma de calor.

20 Los plásticos o polímeros constituyen principalmente carbono, hidrógeno y heteroátomos tales como oxígeno y/o nitrógeno. Sin embargo, los residuos plásticos también contienen muchas impurezas, tales como impurezas de metal y cloro. Existe un interés creciente en hacer uso de residuos plásticos para producir varios componentes hidrocarbonados. Los combustibles son mezclas de hidrocarburos, pero la producción de combustibles líquidos a partir de residuos plásticos no se considera generalmente útil. La incineración directa de residuos plásticos también produce energía, que puede recogerse y usarse para el calentamiento y/o producción de electricidad, etc. Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar los residuos plásticos a componentes hidrocarbonados de alto contenido final, que pueden utilizarse en la producción de nuevos plásticos, productos químicos u otros materiales.

25 Los residuos plásticos se han tratado mediante pirólisis para producir residuos plásticos licuados (LWP), pero la alimentación de LWP todavía contiene grandes cantidades de varias impurezas y contaminantes. Por lo tanto, la alimentación de LWP necesita someterse a varias etapas de purificación y pretratamiento antes de que pueda usarse como materia prima para varios procedimientos de mejora.

30 El documento WO2021/110395 describe un procedimiento para tratar una alimentación que comprende aceite de pirólisis de residuos plásticos, el procedimiento incluye una etapa de hidrogenación a una temperatura de 100°C a 250°C, seguido de una etapa de hidrotratamiento a una temperatura de 250°C a 430°C. El producto obtenido de este modo se separa además en un efluente gaseoso, un efluente acuoso y un efluente hidrocarbonado.

Los documentos WO2021/204819, FR3107530 y WO2021/105326 describen todos un método de procesamiento de LWP y el producto obtenido.

35 La presente invención proporciona un procedimiento mejorado para tratar y purificar LWP obtenidos, p. ej., mediante pirólisis de residuos plásticos.

Breve descripción de la invención

La presente invención tiene como objetivo proporcionar una solución optimizada para el reciclaje químico de residuos plásticos. La invención se esfuerza en hacer que el reciclaje químico sea viable y económico y, por ello, una solución complementaria a las corrientes de residuos plásticos reciclados que no son adecuadas para el reciclaje mecánico.

40 Los procedimientos químicos necesarios están diseñados de tal manera que puedan manejar las complejidades de los componentes químicos en los productos residuales. Los residuos plásticos son, en general, materiales muy heterogéneos. Dependiendo del tipo de polímero y en qué aplicación se haya usado, diferentes productos plásticos contendrán diferentes tipos de aditivos tales como pigmentos, cargas, retardantes de llama, etc. Cuando los residuos plásticos se convierten en LWP mediante, p. ej., pirólisis, los polímeros y los diversos aditivos, etc., reaccionarán/se

45 descompondrán de ciertas maneras y, en consecuencia, una pluralidad de diferentes compuestos se transferirán al producto LWP. La conversión de LWP en productos con valor añadido de calidad superior implica el uso de procedimientos catalíticos, y los catalizadores que se emplean típicamente en tales procedimientos son sensibles a diferentes impurezas, es decir, la actividad de los catalizadores puede desactivarse debido a la deposición de diversos venenos catalíticos. Se ha observado que los LWP contienen varias impurezas que son perjudiciales para los catalizadores y, en consecuencia, su procesamiento catalítico adicional es técnicamente más desafiante, p. ej., cuando se compara con el petróleo crudo convencional. Esto ha llevado a la presente invención, en la que estos problemas

50 se han resuelto mediante las etapas del procedimiento como se reivindica. El procedimiento reivindicado permite que el procesamiento de residuos plásticos sea continuo y económico sin tener que preocuparse por el daño y los efectos perjudiciales causados a los activos que llevan a cabo ese procesamiento.

55 Los objetivos de la invención se consiguen mediante un método caracterizado por lo que se expone en la reivindicación

independiente. Las realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describe la invención con mayor detalle por medio de realizaciones preferidas con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

- 5 La Figura 1 es una vista esquemática de una realización específica de la presente invención. En la figura 1 la caja punteada = etapa opcional; P1 = Producto 1; P2 = Producto 2; A1/A2 = etapa de hidrotratamiento a); B = etapa de mezcla b); C = etapa de hidrotratamiento c); CF = corriente de hidrocarburos.

Descripción detallada de la invención

10 La presente invención se refiere a un método de procesamiento de residuos plásticos licuados, en el que el método comprende un primer hidrotratamiento de los LWP en condiciones suaves seguido de la mezcla de los LWP hidrotratados con una corriente que comprende hidrocarburos.

15 Con la expresión "residuos plásticos licuados" se entiende un producto líquido producido a partir de cualquier residuo plástico por medio de un procedimiento de termólisis no oxidante. Típicamente, los residuos plásticos licuados se producen por pirólisis de residuos plásticos. Otros procedimientos para producir LWP incluyen, pero no se limitan a, procedimientos de licuefacción hidrotérmica. Los LWP son una mezcla de componentes orgánicos hidrocarbonados con un amplio intervalo de longitudes de cadena de carbono. Siempre que las grandes variaciones de las longitudes de cadena de carbono y las estructuras químicas y las propiedades de los LWP varíen dependiendo de los tipos de plásticos (polímeros) usados en la producción de los LWP, el tipo de procedimiento de licuefacción y las condiciones del procedimiento de licuefacción. La materia prima de residuos plásticos típica usada en el método de licuefacción incluye principalmente polietileno con cantidades variables de polipropileno, poliestireno y otros componentes menores tales como poliamidas, poli(tereftalato de etileno) y poli(cloruro de vinilo).

20 Los residuos plásticos licuados puede obtenerse pirolizando residuos plásticos y recogiendo subsecuentemente una fracción líquida de los residuos plásticos pirolizados. En un procedimiento de pirólisis típico, los residuos plásticos sólidos se calientan a una temperatura de 400-600°C en condiciones no oxidantes. Los polímeros se descomponen térmicamente y, en consecuencia, desprenden vapores y gases que salen del reactor en la fase gaseosa. Esta corriente de vapor/gas se enfria subsecuentemente para condensar el producto LWP y gases separados. Los LWP tienen típicamente un intervalo de ebullición de alrededor de 40°C-550°C, que corresponde aproximadamente a longitudes de cadena de carbono de C5 a C55. Dependiendo de la tecnología de conversión, el punto de ebullición final de los LWP puede llegar hasta 750°C.

25 30 Los LWP son un producto de craqueo térmico de varios polímeros y es una mezcla compleja de principalmente parafinas, olefinas, naftenos e hidrocarburos aromáticos. La cantidad total de olefinas es típicamente alta, de 40% en peso a 60% en peso, mientras que la cantidad de hidrocarburos aromáticos es típicamente menor de 20% en peso. Los LWP también contienen heteroátomos, incluyendo oxígeno, nitrógeno, cloro y azufre, en forma de compuestos orgánicos con heteroátomos como sustituyentes. Las cantidades de heteroátomos varían dependiendo de los polímeros usados en la producción de LWP. El agua se retira usualmente del producto de LWP, pero algo de agua disuelta puede estar todavía presente en los LWP.

35 40 Los residuos plásticos licuados también puede someterse a procedimientos de pretratamiento antes de los hidrotratamientos según la presente invención. Los LWP se someten a una etapa de pretratamiento antes de la etapa de hidrotratamiento a) y la etapa de pretratamiento comprende extracción reactiva, extracción con disolvente, adsorción, filtración, centrifugación, oxidación, reducción o cualquier combinación de las mismas.

45 50 Todos los hidrotratamientos indicados aquí se realizan en presencia de al menos un catalizador. El catalizador puede comprender, por ejemplo, al menos un componente seleccionado del grupo 6, 8 o 10 de la Tabla Periódica de los Elementos de la IUPAC. Cuando se emplea un catalizador soportado, el catalizador contiene preferiblemente Mo y al menos otro metal de transición sobre un soporte. Los ejemplos de tal catalizador soportado son un catalizador de NiMo soportado o un catalizador de CoMo soportado, o una mezcla de ambos. En un catalizador soportado, el soporte comprende preferiblemente alúmina y/o sílice. Estos catalizadores se emplean usualmente como catalizadores sulfurados para asegurar que los catalizadores están en su forma activa (sulfurada). La conversión de los catalizadores a su forma activa (sulfurada) se puede lograr sulfurándolos de antemano (es decir, antes de iniciar la reacción de hidrotratamiento) y/o añadiendo una alimentación que contiene azufre (que contiene azufre, p. ej., como un sulfuro orgánico o inorgánico). La alimentación puede contener el azufre desde el inicio, o se puede mezclar un aditivo de azufre con la alimentación. En una realización preferible, el hidrotratamiento emplea un catalizador y el catalizador es un catalizador de NiMo soportado y el soporte comprende alúmina ($\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$) y/o el catalizador es un catalizador de CoMo soportado y el soporte comprende alúmina ($\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$).

55 El catalizador de la etapa de hidrotratamiento a) es preferiblemente NiMo soportado, en el que el soporte comprende preferiblemente alúmina y/o sílice.

En una realización de la presente invención, la etapa de hidrotratamiento a) se repite antes de la etapa de mezcla

subsecuente. La etapa de hidrotratamiento a) se puede repetir para asegurar un hidrotratamiento suficiente de LWP en la corriente. La posible necesidad de repetir la etapa de hidrotratamiento a) depende, entre otras cosas, de las condiciones de hidrotratamiento, el catalizador de hidrotratamiento y el diseño del reactor, tal como el número de reactores, el tipo de lechos catalíticos y el número de lechos catalíticos en los reactores, etc.

- 5 En una realización de la presente invención, la corriente de LWP consiste solo en LWP y el hidrotratamiento en la etapa a) se realiza solo con LWP. En esta realización específica, el hidrotratamiento a) en condiciones de hidrotratamiento suaves se realiza únicamente en una corriente que contiene solo LWP y no se dirigen otras corrientes a la primera etapa de hidrotratamiento (etapa a) en las reivindicaciones). La etapa de hidrotratamiento a) en esta realización es una etapa en la que solo los componentes de la corriente de LWP que se originan a partir de los residuos plásticos se hidrotratan en las condiciones de hidrotratamiento suave.

10 En una realización de la presente invención, la etapa de hidrotratamiento a) incluye una etapa en la que una parte de la corriente formada de LWP hidrotratados de la etapa de hidrotratamiento a) se recicla de vuelta al reactor que lleva a cabo la etapa de hidrotratamiento a). La cantidad de reciclaje, si está presente, depende entre otros de las condiciones de hidrotratamiento, el catalizador de hidrotratamiento y el diseño del reactor, tal como el número de reactores, el tipo de lecho de catalizador y el número de lechos de catalizador en los reactores.

15 Como resultado de la etapa de hidrotratamiento a), se forma una corriente de primeros LWP hidrotratados. La corriente de LWP hidrotratados formada contiene cantidades más bajas de impurezas, contaminantes y componentes nocivos en comparación con la alimentación de LWP hidrotratados anterior. Por impurezas, contaminantes y componentes nocivos se entiende aquí cualquier sustancia, compuesto o composición que tenga propiedades perjudiciales para cualquier componente, equipo o catalizador aguas abajo del hidrotratamiento. Son componentes especialmente nocivos los compuestos que contienen heteroátomos, metales y metaloides. Los heteroátomos especialmente dañinos incluyen halógenos tales como cloro. Los metales especialmente nocivos incluyen, pero no se limitan a, mercurio, plomo, sodio, arsénico, vanadio, hierro, zinc y aluminio. Los compuestos que contienen silicio, fósforo, oxígeno, nitrógeno y azufre también pueden ser problemáticos aguas abajo del hidrotratamiento, si no se retiran. Además, las diolefinas y olefinas conjugadas se consideran agentes que provocan coquización o ensuciamiento que tienen que minimizarse en los LWP para que los LWP tratados se usen aguas abajo como materia prima para craqueo con vapor, por ejemplo.

20 El propósito de hidrotratar una corriente de residuos plásticos licuados (LWP) según la invención es reducir el riesgo de propiedades dañinas y/o perjudiciales de cualquiera de las impurezas, contaminantes y componentes dañinos, que podrían estar presentes en los LWP. La etapa de hidrotratamiento reduce la cantidad de estos componentes y, por lo tanto, reduce los riesgos y daños que de otro modo generaría en cualquier componente, equipo o catalizador aguas abajo del hidrotratamiento. Después de la etapa de hidrotratamiento a) en condiciones de hidrotratamiento suaves como se especifica, el contenido de diolefina conjugada en los LWP se reduce por debajo del 0,2% en peso.

25 El método de la presente invención comprende además mezclar la corriente de LWP hidrotratados obtenida de la etapa de hidrotratamiento suave a), con una corriente que comprende hidrocarburos para formar una corriente mixta que comprende LWP hidrotratados e hidrocarburos. La corriente que comprende hidrocarburos tendría un perfil de impurezas diferente al de la alimentación de LWP que se está sometiendo a la etapa de hidrotratamiento a), ya que dichos hidrocarburos son de cualquier origen distinto de los LWP, de este modo, "hidrocarburos" e "hidrocarburos de otros orígenes" quieren decir lo mismo.

30 En una realización de la presente invención, los hidrocarburos de otros orígenes en forma de corriente se seleccionan de fracción de gasóleo de vacío (VGO), fracción de gasóleo (GO), fracción de gasóleo pesado (HGO), fracción de queroseno, fracción de gasóleo ligero, fracción de residuo atmosférico (AR), fracción de residuo de vacío (VR) y fracción de petróleo desasfaltado (DAO). Las otras corrientes de hidrocarburos adecuadas que se van a usar para la mezcla incluyen una materia prima derivada de petróleo crudo que comprende al menos una fracción de petróleo crudo, o grasas o aceites o ácidos grasos de origen biológico, o hidrocarburos de base lignocelulósica, o hidrocarburos sintéticos de Fischer Tropsch u otros.

35 En una realización, la corriente que comprende hidrocarburos tiene una o más de las siguientes propiedades:

- un intervalo de puntos de ebullición de 60°C-700°C, lo más preferiblemente de 100°C-600°C, el punto de ebullición puede medirse según la ASTMD2887, o la EN15199-2 dependiendo del intervalo de puntos de ebullición;
- un peso molecular de 250-400 g/mol, lo más preferiblemente 280-350 g/mol, medido según la ASTMD2887;
- contenido de aromáticos >10% en peso, lo más preferiblemente >35% en peso, medido según la ASTMD2549;
- densidad de 870-940 kg/m³, lo más preferiblemente 890-920 kg/m³, medida según la ENISO11285;
- un contenido de azufre de < 5% en peso, preferiblemente < 1,8% en peso;
- número de bromo < 10 g de Br/100 g, preferiblemente < 4 g de Br/100 g según la ISO3839M;
- contenido de asfaltenos <300 mg/kg, preferiblemente 250 mg/kg según la TOTAL642; y

- un contenido de silicio < 2,5 mg/kg, preferiblemente < 1 mg/kg según la ASTMD5185.

Mantener la corriente mixta a una temperatura elevada para asegurar una mezcla suficiente de las dos corrientes. La mezcla a una temperatura elevada asegura también una precipitación nula o mínima de impurezas. La corriente de hidrocarburos que se va a mezclar con LWP hidrotratados tendrá típicamente una temperatura más alta en comparación con la corriente de LWP hidrotratados.

Según una realización de la invención, la corriente mixta de LWP hidrotratados e hidrocarburos contiene hasta 70% en peso de LWP basado en el peso total de la corriente, preferiblemente el contenido de LWP en dicha corriente es de 5% en peso a 70% en peso, más preferiblemente de 10% en peso a 50% en peso e incluso más preferiblemente de 15% en peso a 30% en peso.

10 Según la presente invención, el método comprende además

c) hidrotratar dicha corriente mixta de LWP hidrotratados e hidrocarburos en presencia de hidrógeno y un catalizador en condiciones de hidrotratamiento severas para proporcionar una corriente refinada.

La etapa de hidrotratamiento c) se define por sus condiciones severas que se lleva a cabo a una temperatura de 355°C a 400°C, preferiblemente de 360°C a 390°C. Además, la etapa de hidrotratamiento c) se denomina etapa de hidrotratamiento subsecuente a la etapa de hidrotratamiento a) después de que la corriente hidrotratada de la etapa a) se haya mezclado con una corriente de hidrocarburos de otros orígenes.

En una realización de la presente invención, el catalizador de la etapa de hidrotratamiento a) y c) es un catalizador soportado, y el catalizador comprende preferiblemente al menos un componente seleccionado del grupo 6, 8 o 10 de la Tabla Periódica de los Elementos de la IUPAC. Además, el catalizador soportado puede contener Mo y al menos un metal de transición adicional sobre un soporte, tal como un catalizador de NiMo soportado o un catalizador de CoMo soportado, en el que el soporte comprende preferiblemente alúmina y/o sílice. En particular, el catalizador es un catalizador de CoMo soportado y el soporte comprende alúmina ($\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$) y/o el catalizador es un catalizador de NiMo soportado y el soporte comprende alúmina ($\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$).

Las condiciones de la etapa de hidrotratamiento c) se seleccionan preferiblemente de las siguientes:

- 25 - una relación de H₂ a aceite es 150-400 Nm³/stdm³ preferiblemente 180-250 Nm³/stdm³;
- una LHSV de 0,5-2,0 h⁻¹ preferiblemente 1,1-1,5 h⁻¹;
- una temperatura de 355-400°C, preferiblemente 360-390°C
- una presión de 4000-6000 kPa(a), preferiblemente 4800-5500 kPa(a).

30 En una realización, las etapas de hidrotratamiento a) y c) se pueden llevar a cabo respectivamente en una sola unidad de reactor que comprende al menos un lecho de catalizador. En otra realización, la etapa de hidrotratamiento a) y c), se puede llevar a cabo respectivamente en un sistema de reactor que comprende al menos dos unidades de reactor, en el que cada unidad de reactor contiene al menos un lecho de catalizador.

En una realización de la presente invención, el hidrógeno se mezcla con los LWP antes de llevar a cabo la etapa de hidrotratamiento a) y/o la etapa c).

35 En una realización de la invención, los LWP experimentan una etapa de pretratamiento antes de la etapa de hidrotratamiento a) y la etapa de pretratamiento comprende extracción reactiva, extracción con disolvente, adsorción, filtración, centrifugación, oxidación, reducción o cualquier combinación de los mismos.

En una realización, el método comprende además una etapa de añadir agua a dicho procedimiento y/o la retirada de una fase acuosa de dicho procedimiento después de dicha etapa de hidrotratamiento a) y/o después de dicho hidrotratamiento c). En una realización de la presente invención, se añade agua al procedimiento después de cualquiera de las etapas de hidrotratamiento para retirar impurezas. Las impurezas son o se vuelven solubles en agua en el hidrotratamiento y de este modo pueden retirarse lavando la corriente de LWP hidrotratados con agua. Las impurezas solubles en agua se disuelven en la corriente de agua y la fase acuosa que contiene las impurezas se decanta después de la corriente de LWP hidrotratados.

45 En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de someter la corriente refinada después de la etapa c de hidrotratamiento), a una o más etapas de fraccionamiento para formar dos o más corrientes de producto. Preferiblemente, las corrientes de producto fraccionadas incluyen una fracción de nafta de 5-95% en peso que tiene un intervalo de puntos de ebullición de 30-200°C, preferiblemente de alrededor de 30°C a alrededor de 180°C, más preferiblemente de alrededor de 30°C a alrededor de 110°C, y una fracción de destilado medio que tiene un 5-95% en peso que tiene un punto de ebullición de alrededor de 150°C a alrededor de 400°C, preferiblemente de alrededor de 160°C a alrededor de 360°C, y más preferiblemente de alrededor de 160°C a alrededor de 330°C, y una fracción de gas de petróleo licuado (GLP) que comprende uno o más de etano, propano o butano. La fracción de nafta puede someterse además a craqueo con vapor, y/o el destilado medio puede someterse además a craqueo con vapor,

y/o la fracción de GLP puede someterse además a craqueo con vapor.

En una realización adicional de la presente invención, la etapa de hidrotratamiento a) y la etapa de hidrotratamiento c) se llevan a cabo en un sistema de reactor que comprende uno o más reactores, teniendo cada reactor uno o más lechos de catalizador y al menos un reactor con una alimentación de hidrógeno directa al reactor. El reactor designado para la etapa de hidrotratamiento a) y c) también se puede llevar a cabo respectivamente en reactores separados, cada uno con una pluralidad de lechos catalíticos independientes y temperaturas de reacción independientes, o cualquier combinación de los mismos.

En una realización de la presente invención, se refiere además a un producto de LWP, P1, obtenible mediante hidrotratamiento de LWP según la etapa de hidrotratamiento a) y mezcla según la etapa b) y en la que el producto comprende

- una cantidad reducida de silicio por debajo de 6 mg/kg, más preferiblemente < 1 mg/kg, y/o fósforo por debajo de 5 mg/kg, más preferiblemente 1 mg/kg, según se mide por ICP-MS/MS,
- una relación baja de diolefina a contenido total de olefina que esté por debajo de 0,01, más preferiblemente por debajo de 0,001, medida por la ASTMD8071
- una relación baja de diolefina conjugada a diolefina no conjugada que esté por debajo de 2, más preferiblemente por debajo de 1, medida por la ASTMD8071
- un contenido de halógeno por debajo de 5 mg/kg, preferiblemente 1 mg/kg

La medición de metales por ICP-MS/MS se realiza en una muestra que se calienta hasta líquido si es necesario antes del pesaje. Se digiere con ácidos en el horno microondas hasta una matriz transparente de agua/ácido, se diluye hasta una cantidad conocida y se analiza frente a la calibración basada en ácido usando ICP-MS/MS. Los resultados elementales bajos se determinan como ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

En una realización de la invención, el método comprende además una etapa de someter la corriente refinada después de la etapa de hidrotratamiento a) y la etapa de mezcla b), es decir, el producto P1, a una o más etapas de fraccionamiento para formar dos o más corrientes de producto. Preferiblemente, las corrientes de producto fraccionadas incluyen una fracción de nafta de 5-95% en peso que tiene un intervalo de puntos de ebullición de 30-200°C, preferiblemente de alrededor de 30°C a alrededor de 180°C, más preferiblemente de alrededor de 30°C a alrededor de 110°C, y una fracción de destilado medio que tiene un 5-95% en peso que tiene un punto de ebullición de alrededor de 150°C a alrededor de 400°C, preferiblemente de alrededor de 160°C a alrededor de 360°C, y más preferiblemente de alrededor de 160°C a alrededor de 330°C, y una fracción de gas de petróleo licuado (GLP) que comprende uno o más de etano, propano o butano. La fracción de nafta puede someterse además a craqueo con vapor, y/o el destilado medio puede someterse además a craqueo con vapor, y/o la fracción de GLP puede someterse además a craqueo con vapor.

Será obvio para una persona experta en la técnica que, a medida que avanza la tecnología, el concepto de la invención puede implementarse de varias maneras. La invención y sus realizaciones no se limitan a los ejemplos descritos anteriormente, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de procesamiento de residuos plásticos licuados (LWP), en el que el método comprende:

5 etapa a) hidrotratar una corriente de residuos plásticos licuados (LWP) en presencia de hidrógeno y un catalizador en una primera etapa de hidrotratamiento en condiciones suaves de hidrotratamiento a una temperatura de 170°C a 350°C, para formar una corriente de LWP hidrotratados, en un sistema de reactor que comprende al menos un reactor que contiene cada uno al menos un lecho de catalizador,

10 etapa b) mezclar dicha corriente de LWP hidrotratados con una corriente que comprende hidrocarburos para formar una corriente mixta de LWP hidrotratados e hidrocarburos, en la que dicha corriente mixta que comprende LWP hidrotratados e hidrocarburos se mantiene a una temperatura de 140°C a 350°C antes de someterla a la etapa de hidrotratamiento c), y

etapa c) hidrotratar dicha corriente mixta de LWP hidrotratados e hidrocarburos en presencia de hidrógeno y un catalizador en condiciones de hidrotratamiento severas a una temperatura de 355°C a 400°C para proporcionar una corriente refinada.

15 2. El método según la reivindicación 1, en el que la corriente de LWP se somete a una etapa de pretratamiento antes de la etapa de hidrotratamiento a) y la etapa de pretratamiento comprende extracción reactiva, extracción con disolvente, adsorción, filtración, centrifugación, oxidación, reducción o cualquier combinación de las mismas.

20 3. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha corriente que comprende hidrocarburos es una materia prima derivada de petróleo crudo que comprende al menos una fracción de petróleo crudo o grasas o aceites o ácidos grasos de origen biológico, o hidrocarburos de base lignocelulósica, o hidrocarburos de Fischer Tropsch, en el que la fracción de petróleo crudo se selecciona de fracción de gasóleo de vacío (VGO), fracción de gasóleo (GO), fracción de gasóleo pesado (HGO), fracción de queroseno, fracción de gasóleo ligero, fracción de residuo atmosférico (AR), fracción de residuo de vacío (VR) y fracción de petróleo desasfaltado (DAO).

25 4. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha corriente mixta de LWP hidrotratados e hidrocarburos contiene hasta 70% en peso de LWP basado en el peso total de la corriente, preferiblemente el contenido de LWP en dicha corriente es de 5% en peso a 70% en peso, más preferiblemente de 10% en peso a 50% en peso e incluso más preferiblemente de 15% en peso a 30% en peso.

5. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el catalizador en dicha etapa de hidrotratamiento a) es un catalizador soportado, y el catalizador comprende preferiblemente al menos un componente seleccionado del grupo 6, 8 o 10 de la Tabla Periódica de los Elementos de la IUPAC.

30 6. El método según la reivindicación 5, en el que el catalizador soportado contiene Mo y al menos un metal de transición adicional sobre un soporte, tal como un catalizador de NiMo soportado o un catalizador de CoMo soportado, en el que el soporte comprende preferiblemente alúmina y/o sílice.

35 7. El método según la reivindicación 6, en el que el catalizador es un catalizador de CoMo soportado y el soporte comprende alúmina ($\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$) y/o el catalizador es un catalizador de NiMo soportado y el soporte comprende alúmina ($\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$).

8. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el método incluye además una etapa de añadir agua a dicho procedimiento y/o la retirada de una fase acuosa de dicho procedimiento después de dicha etapa de hidrotratamiento a) y/o después de dicha etapa de hidrotratamiento c).

40 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de hidrotratamiento a) se repite antes de la etapa de mezclar dicha corriente de LWP hidrotratados con una corriente que comprende hidrocarburos para formar una corriente mixta de LWP hidrotratados e hidrocarburos.

10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente de LWP está constituida únicamente por LWP y la etapa de hidrotratamiento a) se realiza únicamente con LWP.

45 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de hidrotratamiento a) se realiza en las siguientes condiciones

- una relación de H₂ a aceite es 200-450 Nm³/stdm³, preferiblemente 220-400 Nm³/stdm³;
- una LHSV de 0,1-2,0 h⁻¹ preferiblemente 0,2-0,5 h⁻¹;
- una temperatura de 170-340°C.

50 12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que dicha etapa de hidrotratamiento c) se realiza en las siguientes condiciones

- una relación de H₂ a aceite es de 150-400 Nm³/stdm³ preferiblemente 180-250 Nm³/stdm³;
- una LHSV de 0,5-2,0 h⁻¹ preferiblemente 1,0-1,5 h⁻¹;
- una temperatura de 355-400°C, preferiblemente 360-390°C.

- 5 13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que el método comprende además una etapa de someter dicha corriente refinada a una o más etapas de fraccionamiento para formar dos o más corrientes de producto, preferiblemente las corrientes de producto incluyen una fracción de nafta de 5-95% en peso que tiene un intervalo de puntos de ebullición de 30-200°C, preferiblemente de alrededor de 30°C a alrededor de 180°C, más preferiblemente de alrededor de 30°C a alrededor de 110°C, y una fracción de destilado medio que tiene un 5-95% en peso que tiene un punto de ebullición de alrededor de 150°C a alrededor de 400°C, preferiblemente de alrededor de 160°C a alrededor de 360°C, y más preferiblemente de alrededor de 160°C a alrededor de 330°C.
- 10 14. El método según la reivindicación 13, en el que la fracción de nafta se somete además a craqueo con vapor, y/o el destilado medio se somete además a craqueo con vapor y/o la fracción de GLP se somete además a craqueo con vapor.
- 15 15. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en el que las etapas de hidrotratamiento a) y c) se llevan a cabo respectivamente en una sola unidad de reactor que comprende al menos un lecho de catalizador, o las etapas de hidrotratamiento a) y c), se llevan a cabo respectivamente en un sistema de reactor que comprende al menos dos unidades de reactor, en el que cada unidad de reactor contiene al menos un lecho de catalizador, o cualquier combinación de los mismos.
- 20 16. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un reactor tiene un apagado directo de hidrógeno al reactor.
- 25 17. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en el que el hidrógeno se mezcla con la corriente de LWP antes de llevar a cabo la etapa a) y la etapa c) de hidrotratamiento.
- 30 18. Un producto hidrocarbonado purificado, obtenible mediante hidrotratamiento de LWP según la etapa de hidrotratamiento a) y mezcla según la etapa b) según la reivindicación 1 y en el que el producto comprende
 - una cantidad reducida de silicio por debajo de 6 mg/kg, más preferiblemente < 1 mg/kg, y/o fósforo por debajo de 5 mg/kg, más preferiblemente 1 mg/kg, según se mide por ICP-MS/MS,
 - una baja relación de diolefina a contenido total de olefina para que esté por debajo de 0,01, más preferiblemente por debajo de 0,001, medida por la ASTMD8071
 - una baja relación de diolefina conjugada a diolefina no conjugada que esté por debajo de 2, más preferiblemente por debajo de 1, medida por la ASTMD8071
 - un contenido de halógeno inferior a 5 mg/kg, preferiblemente 1 mg/kg.

Figura 1

