

CAPÍTULO REIVINDICATORIO MODIFICADO

1. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición que incluye uno o más reactores de lecho en ebullición (10, 110, 210) para hidroprocesar aceite pesado de baja calidad, caracterizado porque:

inicialmente operar un reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) con un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124) para hidroprocesar una materia prima de aceite pesado inicial que tiene una calidad inicial con una severidad inicial del reactor y una tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos, en donde la severidad inicial del reactor incluye una temperatura inicial de operación, un rendimiento inicial de aceite pesado, una conversión fraccionada inicial de aceite pesado y una tasa inicial de ensuciamiento del equipo;

posteriormente, mejorar el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) al operarlo con un sistema de catalizador dual que comprende un catalizador de sulfuro de metal disperso y un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124); y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado (10, 110, 210) con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar una materia prima de aceite pesado de menor calidad y/o una mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad mientras opera a condiciones que incrementan la severidad del reactor con respecto a la severidad inicial del reactor, condiciones que incluyen,

incrementar la temperatura de operación en relación con la temperatura inicial de operación, o

un rendimiento del aceite pesado de menor calidad y/o de la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad en relación con el rendimiento inicial, manteniendo o incrementado la temperatura de operación en relación con la temperatura de operación inicial, y

mantener o incrementar la tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos en relación con la tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos, sin incrementar la tasa de ensuciamiento del equipo en relación con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo, cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210),

en donde la materia prima de aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad tiene una mayor tendencia a la formación de sedimentos que la materia prima inicial de aceite pesado de calidad inicial.

2. El método de la reivindicación 1, caracterizado porque el aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de materia prima de menor calidad tiene por lo menos una característica adicional de menor calidad comparada con la materia prima de aceite pesado inicial seleccionada de:

- mayor punto de ebullición;
- mayor concentración de azufre;
- mayor concentración de nitrógeno;
- mayor concentración de metales;
- mayor peso molecular;
- menor proporción de hidrógeno a carbono; y
- mayor contenido de asfaltenos.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual incluye hidroprocesar una mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad de la materia prima de aceite pesado inicial o aceite pesado de calidad similar y al menos 5%, o al menos 10%, o al menos 20%, o al menos 30%, o al menos 40%, de un aceite pesado de menor calidad.

4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la materia prima de aceite pesado de menor calidad comprende por lo menos uno de petróleo aceite pesado, arenas bituminosas de petróleo, residuos de procesos de refinería, fondos de torres atmosféricas que tienen un punto de ebullición nominal de por lo menos 343 °C (650 °F), fondos de torres de vacío que tienen un punto de ebullición nominal de por lo menos 524 °C (975 °F), parte residual de un separador caliente, brea residual, parte residual de la extracción con solvente o residuos de vacío.

5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual con la materia prima de aceite pesado de menor calidad o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad se encuentra en condiciones que reducen la tasa de ensuciamiento del equipo que cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

6. El método de la reivindicación 5, caracterizado porque la tasa de ensuciamiento del equipo cuando opera el reactor de lecho en ebullición mejorado para hidroprocesar el aceite pesado de menor calidad o la mezcla de materia prima de menor calidad, que presenta por lo menos uno de:

- frecuencia de detenciones del intercambiador de calor para la limpieza es menor que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición;
- frecuencia de detenciones de la torre de destilación atmosférica y/o de vacío para limpieza es menor que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición;
- frecuencia de cambios o limpieza de filtros y coladores es menor que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición;
- frecuencia de cambios a intercambiadores de calor de repuesto que es menor que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición;
- tasa reducida de disminución de temperaturas exteriores en el equipo seleccionado entre uno o más intercambiadores de calor, separadores o torres de destilación que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición;
- tasa reducida de temperaturas del metal del tubo del horno incrementadas que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición; o
- tasa reducida de factores de ensuciamiento de resistencia calculados incrementado para intercambiadores de calor que cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar la materia prima de aceite pesado de menor calidad o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad está en condiciones que presentan una tasa de producción de sedimentos que es igual o menor que cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

8. El método de la reivindicación 7, caracterizado porque la tasa de producción de sedimentos se basa en al menos uno de:

- medición de sedimento en un producto de fondos de la torre atmosférica;
- medición de sedimento en un producto de fondos de la torre al vacío;
- medición de sedimento en el producto de un separador de baja presión caliente; o

- medición de sedimento en productos de aceite combustible antes o después de la adición de productos de corte.

9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar la materia prima de aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad está en condiciones que presentan una concentración de sedimento del producto que es igual o menor que cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

10. El método de la reivindicación 9, caracterizado porque la concentración de sedimento del producto es con base a por lo menos uno de:

- medición de sedimento en el producto de fondos de la torre atmosférica;
- medición de sedimento en el producto de fondos de la torre al vacío;
- medición de sedimento en el producto de un separador de baja presión caliente;
- medición de sedimento en el producto de aceite combustible antes o después de la adición de uno o más productos de corte.

11. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el catalizador de sulfuro de metal disperso incluye partículas que tienen un tamaño menor a 1 μm , o un tamaño menor a 500 nm, o menor a 100 nm, o menor de 25 nm de tamaño, o menos de 10 nm de tamaño.

12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el catalizador de sulfuro de metal disperso se forma *in situ* dentro de la materia prima de aceite pesado a partir de un precursor de catalizador.

13. El método de la reivindicación 12, caracterizado porque comprende además mezclar el precursor del catalizador con un hidrocarburo diluyente para formar una mezcla de precursor diluida, mezclar la mezcla precursor diluida con la materia prima de aceite pesado para formar aceite pesado acondicionado y calentar el aceite pesado acondicionado para descomponer el precursor de catalizador y formar el catalizador de sulfuro de metal disperso *in situ*.

14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar la materia prima de aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad comprende mantener o incrementar la conversión fraccionada de aceite pesado en relación con la conversión fraccionada inicial cuando funciona inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar la materia prima de aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad comprende mantener o incrementar el rendimiento de aceite pesado en relación con el rendimiento inicial cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

16. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar la materia prima de aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de materia prima de aceite pesado de menor calidad comprende mantener o incrementar la temperatura de operación en relación con la temperatura inicial de operación cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición.

17. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición para hidroprocesar aceite pesado de baja calidad, caracterizado porque:

inicialmente operar un reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) con el catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124) para hidroprocesar una materia prima inicial de aceite pesado con una severidad inicial del reactor y una tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos, en donde la severidad del reactor incluye una temperatura inicial de operación, un rendimiento inicial de aceite pesado, una conversión fraccionada inicial de aceite pesado y una tasa inicial de ensuciamiento y/o producción de sedimentos, la materia prima de aceite pesado inicial tiene al menos una característica de baja calidad seleccionada de, pero no limitada a, punto de ebullición, concentración de azufre, concentración de nitrógeno, concentración de metales, peso molecular, viscosidad, densidad, relación de hidrógeno a carbono, contenido de asfaltenos y tendencia a la formación de sedimentos;

posteriormente, mejorar el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) al operarlo con un sistema de catalizador dual que comprende un catalizador de sulfuro de metal disperso y un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124); y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado (10, 110, 210) con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar una materia prima de aceite pesado de menor calidad mientras opera a una temperatura de operación incrementada en relación con la temperatura de operación inicial, o

con un rendimiento de la materia prima de aceite pesado de menor calidad en relación con el rendimiento inicial mientras se mantiene o incrementa la temperatura de operación en relación con la temperatura de operación inicial, y

manteniendo o incrementando la tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos en relación con la tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos sin incrementar la tasa de ensuciamiento y/o producción de sedimentos en relación con la tasa inicial de ensuciamiento y/o producción de sedimentos cuando opera inicialmente el reactor de lecho en ebullición,

en donde la materia prima de aceite pesado de menor calidad tiene al menos una característica de menor calidad en comparación con la materia prima de aceite pesado inicial de calidad inicial seleccionada de, mayor punto de ebullición, mayor concentración de azufre, mayor concentración de nitrógeno, mayor concentración de metales, mayor peso molecular, mayor viscosidad, mayor densidad, menor proporción de hidrógeno a carbono, mayor contenido de asfaltenos y mayor tendencia a la formación de sedimentos que la materia prima inicial de aceite pesado.

18. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición para hidroprocesar aceite pesado de baja calidad, caracterizado porque:

inicialmente operar un reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) con un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124) para hidroprocesar una materia prima de aceite pesado inicial con calidad inicial en condiciones de procesamiento iniciales, que incluyen una severidad inicial del reactor y a una tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos, en donde la severidad inicial del reactor incluye una temperatura inicial de operación, un rendimiento inicial de aceite pesado, una conversión fraccionada inicial de aceite pesado y una tasa inicial de ensuciamiento y/o producción de sedimentos;

posteriormente, mejorar el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) al operarlo con un sistema de catalizador dual que comprende un catalizador de sulfuro de metal disperso y un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124); y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado (10, 110, 210) con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar una mezcla de materia prima de petróleo pesado de menor calidad, que incluye,

incrementar la temperatura de operación en relación con la temperatura inicial de operación, o

un rendimiento de la materia prima de aceite pesado en relación con el rendimiento inicial mientras se mantiene o incrementa la temperatura de operación en relación con la temperatura de operación inicial, y

manteniendo o incrementando la tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos en relación con la tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos sin incrementar la tasa de ensuciamiento y/o producción de sedimentos en relación con la tasa inicial de ensuciamiento y/o producción de sedimentos cuando opera el reactor de lecho en ebullición en las condiciones iniciales de procesamiento,

la mezcla de materia prima de calidad menor que comprende una mezcla de la materia prima de aceite pesado inicial de calidad inicial, o aceite pesado de calidad similar, y del 5% al 90% de un aceite pesado de calidad menor que tiene al menos una característica de calidad menor en relación con el material pesado inicial, materia prima de aceite de calidad inicial seleccionada de mayor punto de ebullición, mayor concentración de azufre, mayor concentración de nitrógeno, mayor concentración de metales, mayor peso molecular, mayor viscosidad, mayor densidad, menor proporción de hidrógeno a carbono, mayor contenido de asfaltenos y mayor formación de sedimentos tendencia que la materia prima inicial de aceite pesado de calidad inicial.

19. El método de la reivindicación 18, caracterizado porque la mezcla de materia prima de menor calidad que comprende por lo menos 10%, o por lo menos 20%, o por lo menos 30%, o por lo menos 40%, del aceite pesado de menor calidad.

20. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición para hidroprocesar aceite pesado de baja calidad, caracterizado porque:

inicialmente operar un reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) con un catalizador de lecho en ebullición heterogéneo (24, 124) para hidroprocesar una materia

prima de aceite pesado inicial de calidad inicial en condiciones de procesamiento inicial, que incluyen una severidad inicial del reactor y una tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos, en donde la severidad inicial del reactor incluye una temperatura inicial de operación, rendimiento inicial de aceite pesado, conversión fraccionada inicial de aceite pesado y tasa inicial de ensuciamiento del equipo;

posteriormente, mejorar el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) al operarlo con un sistema de catalizador dual que comprende un catalizador de sulfuro de metal disperso y un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124); y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado (10, 110, 210) con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar un aceite pesado de menor calidad o una mezcla de aceite pesado de baja calidad que tenga una mayor tendencia a la formación de sedimentos que la materia prima inicial de aceite pesado de calidad inicial, y al menos una característica adicional de menor calidad en relación con la materia prima inicial de aceite pesado seleccionada entre un punto de ebullición más alto, una mayor concentración de azufre, una mayor concentración de nitrógeno, una mayor concentración de metales, un mayor peso molecular, una mayor viscosidad, una mayor densidad, una menor proporción de hidrógeno a carbono, y una mayor contenido de asfáltenos,

en donde operar el reactor de lecho en ebullición mejorado con el sistema de catalizador dual comprende incrementar la severidad del reactor con respecto a la severidad inicial del reactor, que incluye

incrementar la temperatura de operación en relación con la temperatura de operación inicial, o

un rendimiento del petróleo pesado en relación con el rendimiento inicial mientras se mantiene o aumenta la temperatura de operación en relación con la temperatura de operación inicial, y

manteniendo o incrementando la tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos en relación con la tasa inicial de producción de productos de hidrocarburos convertidos sin incrementar la tasa de ensuciamiento del equipo en relación con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo cuando opera el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) en las condiciones iniciales de procesamiento.

21. Un método de hidroprocesamiento mejorado de aceite pesado mediante un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición con el fin de hidroprocesar una calidad menor

de aceite pesado comparado con un sistema de lecho en ebullición convencional cuando opera como es diseñado, caracterizado porque:

proporcionar un reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) diseñado con un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124) para hidroprocesar aceite pesado y que, cuando opera como es diseñado, opera de manera estable cuando hidroprocesa aceite pesado con la calidad de la línea base, en condiciones de procesamiento de la línea base, incluyendo una severidad del reactor de la línea base y a una tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos de la línea base, en donde la severidad del reactor de la línea base incluye una temperatura de operación de línea base, un rendimiento de aceite pesado de la línea base, una conversión fraccionada de aceite pesado de la línea base y tasa de ensuciamiento del equipo de la línea base;

mejorar el hidroprocesamiento de aceite pesado mediante el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210) mediante la introducción de un sistema de catalizador dual compuesto por un catalizador de sulfuro de metal disperso y un catalizador heterogéneo de lecho en ebullición (24, 124) en el reactor de lecho en ebullición (10, 110, 210)) junto con aceite pesado e hidrógeno; y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado (10, 110, 210) con el sistema de catalizador dual para hidroprocesar aceite pesado de menor calidad y/o una mezcla de aceite pesado de menor calidad en comparación con la calidad del aceite pesado de la línea base y mantener o incrementar la severidad del reactor en relación con la severidad del reactor de la línea base, incluye

incrementar la temperatura de operación con respecto a la temperatura de operación de la línea base, o

un rendimiento de aceite pesado en relación con el rendimiento de la línea base mientras se mantiene o incrementa la temperatura de operación en relación con la temperatura de operación de la línea base, y

manteniendo o incrementando la tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos en relación con la tasa de producción de productos de hidrocarburos convertidos de la línea base sin incrementar la tasa de ensuciamiento del equipo en relación con la tasa de ensuciamiento del equipo de la línea base cuando opera el reactor de lecho en ebullición en las condiciones de procesamiento de la línea base,

en donde el aceite pesado de menor calidad y/o la mezcla de aceite pesado de menor calidad tiene al menos una característica de menor calidad en relación con el aceite

pesado de calidad de la línea base seleccionada de mayor punto de ebullición, mayor concentración de azufre, mayor concentración de nitrógeno, mayor concentración de metales , mayor peso molecular, mayor viscosidad, mayor densidad, menor proporción de hidrógeno a carbono, mayor contenido de asfaltenos y mayor tendencia a la formación de sedimentos que el aceite pesado de calidad de la línea base.