



(51) МПК  
*C10G 65/12* (2006.01)  
*C10G 45/08* (2006.01)  
*C10G 47/12* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010137835/04, 10.09.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
10.09.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
11.09.2009 FR 09/04350

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2012 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 20.02.2015 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: EP 1600491 A1, 02.03.2004. US 4657663  
A, 14.04.1987. US 20040055934 A, 25.03.2004.  
RU 2339680 C2, 27.11.2008

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Большая Спасская, 25, стр.  
3, ООО "Юридическая фирма "Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ГИБАР Изабель (FR),  
ВЕРСТРАТЕ Ян (FR)

(73) Патентообладатель(и):

ИФП ЭНЕРЖИ НУВЕЛЛЬ (FR)

R U  
2 5 4 1 5 4 0  
C 2

(54) СПОСОБ ГИДРОКОНВЕРСИИ В СТАЦИОНАРНОМ СЛОЕ СЫРОЙ НЕФТИ ПОСЛЕ ОТБОРА  
ИЗ НЕЕ ЛЕГКИХ ФРАКЦИЙ ИЛИ БЕЗ ОТБОРА ПРИ ПОМОЩИ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫХ  
РЕАКТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОЧИЩЕННОЙ СИНТЕТИЧЕСКОЙ  
СЫРОЙ НЕФТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к очистке и конверсии  
в стационарном слое тяжелой нефти. Изобретение  
касается способа предварительной очистки и  
гидроконверсии углеводородного сырья в виде  
тяжелой сырой нефти, содержащей, по меньшей  
мере, 0,5% мас. асфальтенов и более 10 вес. ч/млн  
металлов (никеля и/или ванадия), для получения  
предварительно очищенной синтетической сырой  
нефти, в котором упомянутое сырье поступает в  
секцию гидродеметаллизации, содержащую, по  
меньшей мере, 2 взаимозаменяемые реакционные

зоны, затем, по меньшей мере, часть  
деметаллизованного эфлюента подвергают  
гидрокрекингу в секции гидрокрекинга, и в  
котором в секциях гидродеметаллизации и  
гидродесульфурации применяют специальную  
кatalитическую систему. Технический результат  
- очистка нефти, включающая сокращение  
количества металлов, серы, азота и других  
примесей, доведение рабочего цикла как минимум  
до 12 месяцев. 11 з.п. ф-лы, 1 ил.

R U 2 5 4 1 5 4 0 C 2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 541 540<sup>(13)</sup> C2

(51) Int. Cl.  
C10G 65/12 (2006.01)  
C10G 45/08 (2006.01)  
C10G 47/12 (2006.01)

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2010137835/04, 10.09.2010

(24) Effective date for property rights:  
10.09.2010

Priority:

(30) Convention priority:  
11.09.2009 FR 09/04350

(43) Application published: 20.03.2012 Bull. № 8

(45) Date of publication: 20.02.2015 Bull. № 5

Mail address:

129090, Moskva, ul. Bol'shaja Spasskaja, 25, str. 3,  
OOO "Juridicheskaja firma "Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

GIBAR Izabell' (FR),  
VERSTRATE Jan (FR)

(73) Proprietor(s):

IFP EhNERZhI NUVELL' (FR)

(54) METHOD OF HYDROCONVERSION IN STATIONARY LAYER OF CRUDE OIL WITH OR WITHOUT  
WITHDRAWAL OF LIGHT FRACTIONS BY MEANS OF INTERCHANGEABLE REACTORS FOR  
PRODUCTION OF PRETREATED SYNTHETIC CRUDE OIL

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention is related to treatment and conversion in stationary layer of heavy crude oil. The invention is referred to pretreatment and hydroconversion of hydrocarbon stock in the form of heavy crude oil containing at least 0.5 wt % of asphaltenes and more than 10 weight ppm of metals (nickel and/or vanadium) in order to receive pretreated synthetic crude oil, wherein the above raw stock is delivered to hydrodemetallisation section comprised of

at least 2 interchangeable reaction zones, then at least a part of demetallised effluent is subjected to hydrocracking in the hydrocracking section and wherein a special-purpose catalytic system is used in hydrodemetallisation and hydrodesulphurisation sections.

EFFECT: oil refining that includes reduced quantity of metals, sulphur, nitrogen and other impurities, reduction of the operating cycle to at least 12 months.

12 cl, 1 dwg

R U 2 5 4 1 5 4 0 C 2

Настоящее изобретение относится к очистке и конверсии в стационарном слое тяжелой сырой нефти, цельной или лишенной легких фракций, содержащей, кроме всего прочего, серосодержащие, азотосодержащие и металлические примеси, с целью получения предварительно очищенной синтетической сырой нефти.

- 5 В последние сорок лет рынок нефтепродуктов все больше ориентируется на легкие продукты, такие как бензин и СНГ, и промежуточные продукты, такие как керосин и газойль. Параллельно, начиная с 70-х годов, часть рынка тяжелых продуктов, таких как тяжелые виды топлива и битумы, постоянно сокращается. Поэтому нефтеперерабатывающие заводы должны либо переходить на процессы конверсии,
- 10 позволяющие трансформировать тяжелую фракцию сырой нефти (как правило, называемую фракцией 343°C+ или 350°C+), либо закупать более легкую сырую нефть, содержащую меньшее количество тяжелой фракции. Третий путь лежит через предварительную переработку тяжелой сырой нефти в синтетическую сырую нефть, прежде чем отправить ее на нефтеперерабатывающий завод для получения конечных
- 15 продуктов в соответствии с предъявляемыми требованиями.

- Целью предварительной переработки и гидроконверсии тяжелой сырой нефти является ее очистка, то есть существенное снижение содержания в ней металлов, серы, азота и других примесей, и повышение отношения водорода к углероду (H/C) с одновременной конверсией самой тяжелой фракции, то есть с ее одновременным более
- 20 или менее частичным преобразованием в более легкие фракции, чтобы повысить содержание легких и промежуточных фракций в полученной синтетической сырой нефти. Действительно, полученную таким образом синтетическую сырую нефть можно обрабатывать непосредственно на нефтеперерабатывающих заводах, не содержащих конверсионных установок для прямой обработки исходной тяжелой сырой нефти,
- 25 поскольку количество, а также качество тяжелых фракций (вакуумный дистиллят и вакуумный остаток) значительно повысились.

- При предварительной очистке и гидроконверсии тяжелой сырой нефти возникает двойная проблема: с одной стороны, металлические, серосодержащие и азотосодержащие примеси, содержащиеся в тяжелой сырой нефти, значительно снижают каталитическую
- 30 активность катализаторов гидрокрекинга и гидродесульфурации собственно процесса; с другой стороны, асфальтены и металлы, содержащиеся в сырье, постепенно оседают на катализаторе в виде кокса и сульфидов металлов и стремятся дезактивировать и быстро закупорить каталитическую систему, что требует остановки процесса для ее замены.

- 35 Следовательно, способы предварительной очистки и гидроконверсии сырой нефти должны обеспечивать максимально длительный рабочий цикл без перерыва в работе установки, при этом ставится задача довести рабочий цикл как минимум до 12 месяцев.

- Одной из задач настоящего изобретения является значительное увеличение продолжительности цикла, как правило, до 12 месяцев, при обеспечении повышенных
- 40 характеристик гидродесульфурации и гидрокрекинга и при сохранении стабильности продуктов.

- Согласно известным техническим решениям предварительная очистка в стационарном слое тяжелой сырой нефти с высоким содержанием асфальтенов, углерода Конрадсона и/или металлов может привести, например, либо к сокращению продолжительности
- 45 цикла, либо к независимому и/или совокупному использованию низкой часовой объемной скорости (VVH) и очень высокого уровня парциального давления водорода. Эти изменения рабочих условий и/или организации способа могут существенно повлиять на инвестиции и на производственные расходы, чтобы сохранить экономичную

продолжительность цикла производственного процесса. Поэтому настояще изобретение предлагает отказаться от изменения рабочих условий (VVH и/или рабочего давления и даже температуры) при одновременном соблюдении экономичной продолжительности цикла способа предварительной очистки и гидроконверсии тяжелой сырой нефти.

Таким образом, настояще изобретение призвано предложить способ, обеспечивающий прямую обработку сырой нефти с очень высоким содержанием серосодержащих, азотосодержащих и металлических примесей или их смеси с сохранением экономичной продолжительности цикла. Сыре, которое можно обрабатывать в соответствии с настоящим изобретением, обычно содержит, по меньшей мере, 0,5% мас. асфальтенов и/или более 10 вес. ч/млн металлов (никеля и ванадия).

В настоящее время переработку тяжелой сырой нефти производят в стационарных слоях. В этих процессах переработки в стационарных слоях сырье проходит через несколько расположенных последовательно каталитических слоев в одном или нескольких реакторах, при этом первый или первые каталитические слои используют для осуществления в них в первую очередь гидродеметаллизации (HDM) сырья, а также частичной гидроочистки, а следующий или следующие каталитические слои используют для осуществления гидрокрекинга сырой нефти перед глубокой очисткой сырья, в частности, перед гидродесульфурацией (HDS) и снижением содержания углерода Конрадсона (HDCCR) в последнем или последних каталитических слоях. Эфлюенты, отбираемые после последнего каталитического слоя, в случае необходимости повторно смешивают с легкой частью сырой нефти, собранной во время отбора легких фракций, чтобы восстановить предварительно очищенную сырью синтетическую нефть.

В таких способах чаще всего используют специальные катализаторы для каждой секции в средних рабочих условиях, то есть при значениях давления, как правило, от 2 МПа до 30 МПа, предпочтительно от 8 МПа до 20 МПа при температурах, как правило, от 330°C до 440°C.

Преимуществом способов переработки в стационарных слоях является то, что благодаря высокой эффективности стационарных слоев достигают большой производительности. С другой стороны, в классических способах предварительной очистки и гидроконверсии отмечают, что сверх определенного значения содержания металлов в сырье (например, 50 вес. ч/млн) и определенного значения содержания асфальтенов в сырье (например, 1,5% мас.) даже при использовании наилучших каталитических систем производительность и особенно продолжительность операций в этих способах становятся недостаточными: катализаторы (в частности, катализатор HDM) быстро насыщаются металлами и, следовательно, теряют свою активность. Это приводит к снижению эффективности деметаллизации и деасфальтизации, следовательно, к ускоренному ухудшению характеристик катализаторов гидрокрекинга и гидродесульфурации. Действительно, примеси (в основном металлы и асфальтены) с высокой концентрацией проходят через катализаторы гидрокрекинга и гидродесульфурации и быстро их дезактивируют. Чтобы компенсировать эту дезактивацию, в случае необходимости можно повышать температуру для компенсации потери активности, но это способствует образованию кокса и приводит к увеличению потерь нагрузки; кроме того, известно, что первый каталитический слой может довольно быстро засоряться по причине присутствия асфальтенов, металлов и отложений, содержащихся в сырье, или вследствие нарушения в работе.

Даже несмотря на применение наилучших каталитических систем, отмечается, что продолжительность операции может значительно сократиться при использовании сырья, содержащего более 0,5% мас. асфальтенов и более 10 вес. ч/млн металлов. В

результате приходится останавливать установку предварительной очистки и гидроконверсии из-за потери активности, как минимум, каждые 2-6 месяцев для замены дезактивированных или засоренных катализитических слоев, причем эта операция может длиться более месяца, что соответственно снижает производственные показатели

5 установки.

Другим альтернативным решением является подача тяжелой сырой нефти в установку гидроконверсии в кипящем слое. Действительно, этот тип способа позволяет заменять часть катализатора, который находится в установке, не останавливая эту установку. С другой стороны, установки с кипящим слоем работают при значительной степени

10 рециркуляции жидкого продукта, чтобы поддерживать катализатор в псевдоожженном состоянии, что позволяет извлекать использованный катализатор. Поэтому гидродинамика способа с кипящим слоем тесно приближается к открытому реактору с интенсивным перемешиванием. Это приводит к значительному снижению эффективности слоя и заставляет работать при более высокой температуре и быстро

15 создает проблемы стабильности получаемой синтетической сырой нефти.

Преимуществом способов с использованием стационарных слоев является то, что высоких характеристик достигают благодаря высокой каталитической активности стационарных слоев, позволяющей работать в менее жестких условиях и избегать проблем стабильности получаемой синтетической сырой нефти.

20 Заявитель поставил перед собой задачу устранения недостатков работы со стационарными слоями разными способами.

Способ в соответствии с настоящим изобретением является усовершенствованием известных способов предварительной очистки и гидроконверсии сырой нефти в стационарном слое и позволяет значительно продлить продолжительность цикла в

25 основном до 12 месяцев при повышении характеристик в ходе гидродесульфурации и гидрокрекинга и с сохранением стабильности продуктов. Способ в соответствии с настоящим изобретением использует так называемую секцию гидродеметаллизации (HDM), затем так называемую секцию гидрокрекинга (HCK), затем так называемую секцию гидродесульфурации (HDS), при этом так называемая секция

30 гидродеметаллизации содержит, по меньшей мере, две взаимозаменяемые реакционные зоны.

Одним из преимуществ настоящего изобретения является значительное увеличение продолжительности цикла, в основном до 12 месяцев, при повышенных характеристиках гидродесульфурации и гидрокрекинга и с сохранением стабильности продуктов за счет

35 применения в так называемой секции гидродеметаллизации, по меньшей мере, двух взаимозаменяемых реакционных зон.

#### Подробное описание изобретения

В частности, объектом настоящего изобретения является способ предварительной очистки и гидроконверсии в стационарном слое углеводородного сырья в виде тяжелой сырой нефти, содержащей, по меньшей мере, 0,5% мас. асфальтенов и/или более 10 вес. ч/млн металлов (никеля и/или ванадия), для получения предварительно очищенной синтетической сырой нефти, в котором:

40 - производят гидродеметаллизацию упомянутого сырья в секции гидродеметаллизации (HDM), содержащей, по меньшей мере, 2 взаимозаменяемые реакционные зоны, каждая из которых содержит, по меньшей мере, один катализатор гидродеметаллизации и, в случае необходимости, содержит катализатор гидроочистки,

45 - затем производят гидрокрекинг, по меньшей мере, части эфлюента, по меньшей мере, частично деметаллизованного и, в случае необходимости, частично

гидроочищенного, в секции гидрокрекинга (HCK), содержащей, по меньшей мере, один катализатор гидрокрекинга в стационарном слое,

- затем производят гидродесульфурацию, по меньшей мере, части эфлюента, по меньшей мере, частично гидрокрекированного, в секции гидродесульфурации (HDS),

5 содержащей, по меньшей мере, один катализатор гидродесульфурации,

и в котором секции HDM и HDS работают в присутствии каталитической системы, которая содержит, по меньшей мере, два катализатора, один для HDM и другой для HDS, при этом этап HCK осуществляют между этапами HDM и HDS, при этом упомянутые катализаторы HDM и HDS содержат, по меньшей мере, один носитель,

10 выполненный из пористого огнеупорного оксида, предпочтительно глинозема, по меньшей мере, один металл из группы VIB, предпочтительно молибден, и, по меньшей мере, два металла из группы VIII, предпочтительно выбранные из никеля и кобальта, один из которых является основным промотором, называемым VIII-1, а другой или

15 другие называют сопромотором VIII-i, где i составляет от 2 до 5 и предпочтительно равно 2, и в этих катализаторах элементы группы VIII присутствуют в количествах, определенных атомным отношением [VIII-1/(VIII-1+...+VIII-i)], составляющим от 0,5 до 0,85, предпочтительно от 0,55 до 0,85, еще предпочтительнее от 0,6 до 0,85 и еще более предпочтительно - от 0,65 до 0,85.

Под «реакционными зонами» следует понимать один или несколько реакторов или 20 один или несколько каталитических слоев, находящихся в одном реакторе. В дальнейшем тексте описания «замыкаемыми накоротко реакционными зонами» будут называться невзаимозаменяемые замыкаемые накоротко (байпасные) реакционные зоны. По определению замыкаемую накоротко реакционную зону можно отсоединить от всех остальных реакционных зон и содержащийся в ней катализатор можно регенерировать 25 и/или заменить свежим или регенерированным катализатором. После этого замыкаемую накоротко реакционную зону опять подсоединяют в ее первоначальное положение. Что же касается взаимозаменяемой реакционной зоны, то ее можно опять подсоединить после замены катализатора либо в ее первоначальное положение, либо в другое положение, то есть измененное положение.

30 Сырьем, используемым в способе в соответствии с настоящим изобретением, является тяжелая сырья нефть, предпочтительно цельная, содержащая, по меньшей мере, 0,5% мас. асфальтенов и предпочтительно, по меньшей мере, 1% мас. асфальтенов и более 10 вес. ч/млн металлов и предпочтительно более 50 вес. ч/млн металлов (никеля и/или ванадия).

35 Предпочтительно сырьем, используемым в способе в соответствии с настоящим изобретением, является тяжелая сырья нефть с отобранный легкой фракцией, то есть сырья нефть, в которой извлекли легкую фракцию, конечная точка отсечения которой находится между 100 и 300°C и предпочтительно между 100 и 200°C, например, в сепараторной колбе, в дистилляционной колонне или в другом сепараторном устройстве, 40 чтобы получить сырью нефть с отобранный легкой фракцией, точка кипения которой находится между 0°C и 300°C и предпочтительно между 0 и 200°.

Согласно изобретению секция гидродеметаллизации содержит, по меньшей мере, две взаимозаменяемые реакционные зоны, каждая из которых содержит, по меньшей мере, один катализатор гидродеметаллизации и, в случае необходимости, катализатор 45 гидроочистки. Предпочтительно упомянутые взаимозаменяемые реакционные зоны расположены последовательно с возможностью их циклического использования с последовательным повторением указанных ниже этапов b) и c):

а) этап, на котором используют все взаимозаменяемые реакционные зоны в течение

времени, не превышающего времени дезактивации или засорения одной из этих зон,

б) этап, на котором, по меньшей мере, одну из взаимозаменяемых реакционных зон замыкают накоротко и содержащийся в ней катализатор регенерируют и/или заменяют свежим или регенерированным катализатором,

5        в) этап, на котором используют все взаимозаменяемые реакционные зоны, при этом взаимозаменяемые реакционные зоны, катализатор в которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют либо в первоначальные положения, либо в другое положение среди взаимозаменяемых зон, и упомянутый этап продолжают в течение времени, не превышающего времени дезактивации и/или

10      засорения одной из взаимозаменяемых реакционных зон.

Предпочтительно во время этапа в) взаимозаменяемую реакционную зону, катализатор которой был регенерирован на этапе б), подсоединяют в другое положение среди взаимозаменяемых реакционных зон, то есть таким образом, чтобы ее соединение отличалось от того, которое она имела до замыкания накоротко во время этапа б).

15      Согласно варианту способа в соответствии с настоящим изобретением

предпочтительно, кроме упомянутых, по меньшей мере, двух взаимозаменяемых реакционных зон, секция гидродеметаллизации содержит также, по меньшей мере, одну замыкаемую накоротко реакционную зону.

Предпочтительно в секциях гидрокрекинга и/или в секции гидродесульфурации тоже

20      используют, по меньшей мере, одну замыкаемую накоротко реакционную зону.

Таким образом, можно замыкать накоротко одну или несколько из этих реакционных зон, когда катализатор дезактивирован и/или засорен отложениями, металлами или коксом, чтобы его регенерировать и/или заменить свежим или регенерированным катализатором.

25      Предпочтительно одну или несколько реакционных зон секции гидродеметаллизации и/или секции гидрокрекинга и/или секции гидродесульфурации замыкают накоротко, например каждые 6 месяцев, чтобы заменить дезактивированные или засоренные катализаторы, и эта операция улучшает производственные показатели установки и увеличивает продолжительность цикла способа.

30      Согласно предпочтительной версии этого варианта выполнения секция гидродеметаллизации, содержащая, по меньшей мере, 2 взаимозаменяемые реакционные зоны, содержит также, по меньшей мере, одну реакционную зону, образованную, по меньшей мере, одним замыкаемым накоротко реактором гидродеметаллизации, содержащим, по меньшей мере, один катализатор гидродеметаллизации и, в случае

35      необходимости, катализатор гидродесульфурации, и расположенную последовательно для цикличного использования, состоящего в последовательном повторении этапов в) и с), а следующие секции гидрокрекинга и гидродесульфурации состоят из одной или нескольких реакционных зон, предпочтительно замыкаемых накоротко отдельно или нет согласно следующим этапам д) и е):

40      а) этап, на котором используют все реакционные зоны,

б) этап, на котором, по меньшей мере, одну из взаимозаменяемых реакционных зон замыкают накоротко и содержащийся в ней катализатор регенерируют и/или заменяют свежим или регенерированным катализатором,

45      в) этап, на котором используют все взаимозаменяемые реакционные зоны, при этом взаимозаменяемые реакционные зоны, катализатор в которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют либо в первоначальные положения, либо в другое положение среди взаимозаменяемых зон,

д) этап, на котором, по меньшей мере, одну из реакционных зон секции

гидродеметаллизации и/или секции гидрокрекинга и/или секции гидродесульфурации можно замкнуть накоротко во время цикла, когда катализатор дезактивирован или засорен, и регенерировать и/или заменить содержащийся в ней катализатор на свежий или регенерированный катализатор,

- 5 е) этап, на котором реакционные зоны, катализатор которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют в их первоначальные положения.

Согласно наиболее предпочтительной версии этого варианта секция гидродеметаллизации содержит 2 взаимозаменяемые реакционные зоны, а также 10 реакционную зону, образованную замыкаемом накоротко реактором гидродеметаллизации, а следующие секции гидрокрекинга и гидродесульфурации образованы замыкаемой накоротко реакционной зоной.

Согласно наиболее предпочтительной версии этого варианта во время этапа с) 15 взаимозаменяемую реакционную зону, катализатор которой был регенерирован во время этапа b), опять подсоединяют в ее первоначальное положение, то есть таким образом, чтобы ее соединение было идентично тому, которое она имела до замыкания накоротко во время этапа b).

Согласно еще более предпочтительной версии этого варианта во время этапа с) 20 взаимозаменяемую реакционную зону, катализатор которой был регенерирован во время этапа b), подсоединяют в другое положение среди взаимозаменяемых реакционных зон, то есть таким образом, чтобы ее соединение отличалось от того, которое она имела до замыкания накоротко во время этапа b).

Предпочтительно реакционная зона секции гидродеметаллизации, находящаяся 25 ближе всего к входу в общем направлении циркуляции сырья, постепенно заполняется металлами, коксом, сегментами и другими различными примесями, и ее отсоединяют по мере необходимости и предпочтительно, когда содержащийся в ней катализатор оказывается практически насыщенным металлами и различными примесями.

Согласно другому варианту способа в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно он характеризуется следующими альтернативными признаками:

- 30 - одновременно секции гидрокрекинга и гидродесульфурации содержат взаимозаменяемые реакционные зоны,  
 - все секции содержат, по меньшей мере, одну взаимозаменяемую реакционную зону и, по меньшей мере, одну замыкаемую накоротко реакционную зону,  
 - секция гидродеметаллизации содержит взаимозаменяемые реакционные зоны и 35 предпочтительно две взаимозаменяемые реакционные зоны и предпочтительно также, по меньшей мере, одну замыкаемую накоротко реакционную зону, при этом секции HCK и HDS содержат замыкаемые накоротко реакционные зоны и, по меньшей мере, одну из упомянутых зон в секции HCK и в секции HDS не замыкают накоротко,  
 - секция гидродеметаллизации содержит только взаимозаменяемые реакционные 40 зоны и предпочтительно две взаимозаменяемые реакционные зоны, а секции гидрокрекинга и гидродесульфурации содержат только одну не замыкаемую накоротко реакционную зону.

Система отсоединения и повторного подсоединения различных реакционных зон либо в их первоначальное положение, либо в другое положение предпочтительно 45 содержит специальную секцию обслуживания, обеспечивающую перестановку этих реакционных зон на ходу, то есть не останавливая работу установки. В частности, система, работающая при умеренном давлении, предпочтительно при давлении от 1 МПа до 5 МПа и еще предпочтительнее от 1,5 МПа до 2,5 МПа, позволяет производить

на реакторе или в отсоединеной реакционной зоне операции промывки, десорбирования, охлаждения перед выгрузкой использованного катализатора, затем операции нагрева и обработки серой после загрузки свежего или регенерированного катализатора. Другая система герметизации/разгерметизации с кранами и вентилями 5 соответствующей технологии предпочтительно позволяет затем переставлять эти реакционные зоны, не останавливая установку, то есть не влияя на производственные показатели, так как все операции промывки, десорбирования, выгрузки использованного катализатора, загрузки свежего или регенерированного катализатора, нагрева, обработки серой выполняют на отсоединенном реакторе или на отсоединеной 10 реакционной зоне.

В предпочтительном варианте выполнения установка содержит не показанную на фигурах секцию обслуживания, оборудованную соответствующими средствами циркуляции, нагрева, охлаждения и разделения, работающую независимо от реакционной зоны, позволяющую при помощи трубопроводов и вентилей производить операции 15 подготовки свежего или регенерированного катализатора в реакторе или в замкнутом накоротко реакторе непосредственно перед подсоединением на работающей установке, а именно: предварительный нагрев реактора, находящегося в процессе перестановки или замыкания накоротко, обработку серой содержащегося в нем катализатора, создание необходимых условий давления и температуры. Когда при помощи набора 20 соответствующих вентилей осуществлена операция перестановки или замыкания накоротко этого реактора, эта секция позволяет также производить операции обслуживания использованного катализатора, содержащегося в реакторе, сразу после отсоединения реакционной зоны, а именно: промывку и десорбирование 25 использования катализатора в необходимых условиях, затем охлаждение перед осуществлением операций выгрузки этого использованного катализатора, затем его замену свежим или регенерированным катализатором.

#### Секция гидродеметаллизации (HDM)

Предпочтительно сырье подвергают обработке гидродеметаллизации при температуре, предпочтительно в пределах от 300°C до 450°C и еще предпочтительнее 30 от 360°C до 420°C, при общем давлении от 5 до 30 МПа, предпочтительно от 8 до 18 МПа, при соотношении водорода и углеводородов от 200 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> до 2000 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и предпочтительно от 500 до 1500 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Предпочтительно условия работы различных реакционных зон HDM могут быть разными или идентичными.

Для осуществления гидродеметаллизации идеальный катализатор должен обладать 35 способностью обрабатывать асфальтены сырья, а также высокой деметаллизирующей способностью и высокой стойкостью к коксообразованию. Катализаторы, обычно применяемые в известных установках, содержат металлы групп VIII и VIB, нанесенные на аморфный носитель, чаще всего глинозем, и имеют макропористый объем, который 40 может быть большим или меньшим в зависимости от содержания примесей (асфальтены, металлы, ...) в предназначенному для обработки сырье, и такие катализаторы известны специалистам. Заявитель описал такие катализаторы на макропористых носителях в патентах EP-B-98764, EP-B-113297 и EP-B-113284, EP 1579909, и эти носители придают им, в частности, качества, необходимые для реализации этих преобразований:

- коэффициент деметаллизации, по меньшей мере, от 10% до 95%,
- макропористый объем (поры диаметром >25 нм), превышающий 5% общего пористого объема,
- способность удерживать металлы, как правило, превышающая 10% по отношению к весу нового катализатора, что позволяет получать более продолжительные циклы,

- высокая стойкость к коксообразованию даже при температурах более 390°C, что способствует увеличению продолжительности циклов, часто ограниченную увеличением потерь нагрузки и потеря активности, связанных с образованием кокса.

Согласно изобретению секция HDM содержит, по меньшей мере, две

5 взаимозаменяемые реакционные зоны, каждая из которых содержит, по меньшей мере, один катализатор гидродеметаллизации.

Предпочтительно секция гидродеметаллизации содержит последовательность из 2 или нескольких катализаторов HDM, средний диаметр которых уменьшается в направлении потока сырья. Иначе говоря, сырье проходит сначала через катализатор 10 с наибольшим средним диаметром, затем через катализаторы все меньшего среднего диаметра.

Предпочтительно секция HDM работает с последовательностью, по меньшей мере, из двух катализаторов гидродеметаллизации, активность которых повышается в направлении потока сырья. Иначе говоря, сырье проходит сначала через катализатор 15 с наименьшей активностью, а затем через катализаторы с возрастающей активностью.

Предпочтительно активность различных катализаторов секции HDM варьирует в зависимости от матрицы (при изменении, кроме всего прочего, активных металлов, содержания активных металлов, типов легирующих добавок, содержания легирующих добавок, ...).

20 Предпочтительно изобретением предлагается использовать в качестве реакционных зон HDM и HDS специальную каталитическую систему (называемую в данном случае "grading"), которая будет описана ниже в связи с секцией гидродесульфурации.

### Секция гидрокрекинга (HCK)

Согласно изобретению, по меньшей мере, часть и предпочтительно весь эфлюент, 25 по меньшей мере, частично подвергнутый деметаллизации и, по меньшей мере, частично - гидроочистке, подвергают гидрокрекингу в секции гидрокрекинга, содержащей, по меньшей мере, один катализатор гидрокрекинга в стационарном слое, предпочтительно при температуре от 300°C до 450°C и предпочтительнее - от 380°C до 420°C, при общем давлении от 5 до 30 МПа, предпочтительно от 8 до 18 МПа, при соотношении водорода 30 и углеводородов от 200 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> до 2000 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и предпочтительно от 500 до 1500 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Для активации собственно реакций гидрокрекинга упомянутый катализатор 35 предпочтительно должен быть бифункциональным катализатором, содержащим гидрирующую фазу, чтобы гидрировать ароматические соединения и получить баланс между насыщенными соединениями и соответствующими олефинами, и кислотную фазу, которая позволяет стимулировать реакции гидроизомеризации и гидрокрекинга. Предпочтительно кислотную функцию обеспечивают носители большой площади (как правило, от 100 до 800 м<sup>2</sup>·г<sup>-1</sup>), обладающие поверхностной кислотностью, такие как 40 галогенированные глиноземы (в частности, хлорированные или фторированные), комбинации оксидов бора и алюминия, аморфные кремнеземы-глиноземы и цеолиты. Предпочтительно гидрирующую функцию обеспечивают либо один или несколько металлов группы VIII из периодической таблицы элементов, либо сочетание, по меньшей мере, одного металла группы VIIB из периодической таблицы, такого как молибден и 45 вольфрам, и, по меньшей мере, одного металла группы VIII. Предпочтительно катализатор гидрокрекинга должен также обладать высокой стойкостью к примесям и к асфальтенам по причине использования тяжелой сырой нефти в качестве сырья.

Предпочтительно используемые катализаторы гидрокрекинга содержат, по меньшей

мере, один металл, выбранный из группы, в которую входят металлы групп VIII и VIB, взятые отдельно или в смеси, и носитель, содержащий от 10 до 90% мас. цеолита, содержащего железо, и от 90 до 10% мас. неорганических оксидов. Используемый металл группы VIB предпочтительно выбирают из вольфрама и молибдена, и металл группы VIII предпочтительно выбирают из никеля и кобальта. Предпочтительно катализаторы гидрокрекинга производят при помощи способа получения, описанного в японском патенте № 2-289419 (ИКС).

Примеры катализаторов этого типа описаны в патентах JP 2966985, JP 2908959, JP 01 049399 и JP 61028717, US 4446008, US 4622127, US 6342152, EP 0537500, EP 0622118.

#### 10 Секция гидродесульфурации (HDS)

Согласно изобретению, по меньшей мере, часть и предпочтительно весь эфлюент, по меньшей мере, частично прошедший гидрокрекинг, обессеривают в секции гидродесульфурации, содержащей, по меньшей мере, один катализатор гидродесульфурации, при температуре предпочтительно от 300°C до 450°C, предпочтительно от 360°C до 420°C, при общем давлении от 5 до 30 МПа, предпочтительно от 8 до 18 МПа, при соотношении водорода и углеводородов предпочтительно от 200 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> до 2000 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и предпочтительно от 500 до 1500 Нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Для стимулирования гидродесульфурации и восстановления углерода Конрадсона идеальный катализатор должен обладать сильной гидрирующей способностью, чтобы обеспечивать глубокую очистку продуктов: десульфурацию, деазотирование и, в случае необходимости, продолжение деметаллизации и снижение содержания асфальтенов.

Предпочтительно секция HDS работает с последовательностью из двух или нескольких катализаторов гидродесульфурации, активность которых повышается в направлении потока сырья. Иначе говоря, сырье проходит сначала через катализатор с наименьшей активностью, а затем через катализаторы с возрастающей активностью.

Предпочтительно секция HDS работает с последовательностью из 2 или нескольких катализаторов гидродесульфурации, средний диаметр которых уменьшается в направлении потока сырья. Иначе говоря, сырье проходит сначала через катализатор с наибольшим средним диаметром, затем через катализаторы все меньшего среднего диаметра.

Согласно изобретению секции HDM и HDS работают в присутствии специальной катализитической системы (называемой в данном случае "grading"), которая содержит, по меньшей мере, два катализатора - один для HDM и другой для HDS, при этом согласно способу в соответствии с настоящим изобретением между этапами HDM и HDS осуществляют этап НСК,

- при этом упомянутые катализаторы HDM и HDS содержат, по меньшей мере, один носитель, образованный пористым оgneупорным оксидом, предпочтительно глиноземом, по меньшей мере, один металл группы VIB, предпочтительно молибден, и, по меньшей мере, два металла группы VIII, предпочтительно выбранные из никеля и кобальта, один из которых является основным промотором, называемым VIII-1, а другой или другие называют сопромотором VIII-i, где i составляет от 2 до 5 и предпочтительно равно 2, и в этих катализаторах элементы группы VIII присутствуют в пропорциях, определенных атомным отношением [VIII-1/(VIII-1+...+VIII-i)], составляющим от 0,5 до 0,85, предпочтительно от 0,55 до 0,85, предпочтительнее - от 0,6 до 0,85 и еще предпочтительнее - от 0,65 до 0,85.

Носитель, образованный пористым оgneупорным оксидом, предпочтительно содержит соединения, используемые отдельно или в смеси, такие как глинозем,

галогенированный глинозем, кремнезем, кремнезем-глинозем, глины (выбранные, например, из природных глин, таких как каолин или бентонит), магнезия, оксид титана, оксид бора, двуоксид циркония, фосфаты алюминия, фосфаты титана, фосфаты циркония, уголь, алюминаты. Предпочтительно матрица содержит глинозем во всех известных специалистам видах, и еще предпочтительнее матрица является гамма-глиноземом.

Предпочтительно упомянутые катализаторы HDM и HDS содержат носитель из глинозема, молибден в качестве элемента группы VIB и никель и кобальт в качестве элементов группы VIII, один из которых является основным промотором, называемым VIII-1, а другой называют сопромотором VIII-i, где i равно 2, и элементы группы VIII присутствуют в пропорциях, определенных атомным отношением [VIII-1/(VIII-1+VIII-2)], составляющим от 0,5 до 0,85.

Предпочтительно упомянутые катализаторы HDM и HDS содержат также, по меньшей мере, один легирующий элемент, нанесенный на упомянутый катализатор и выбранный из группы, в которую входят фосфор, бор и кремний.

Предпочтительно катализатор(ы) HDM имеет(ют) содержание металла или металлов группы VIB от 2 до 9% мас. триоксида металла или металлов группы VIB по отношению к общей массе катализатора и предпочтительно от 3 до 7% мас. оксида металлов группы VIII по отношению к общей массе катализатора, предпочтительно от 0,5 до 1,5% и еще предпочтительнее от 0,6 до 1,5% мас.

Предпочтительно содержание основного промотора (VIII-1) упомянутого(ых) катализатора(ов) HDM, предпочтительно содержание кобальта составляет от 0,25 до 1,7% мас. оксида металлов группы VIII по отношению к общей массе катализатора, и содержание сопромотора (VIII-2), предпочтительно содержание никеля составляет от 0,05 до 1% мас. оксида металлов группы VIII по отношению к общей массе катализатора.

Предпочтительно катализатор(ы) HDM имеет(ют) содержание легирующего элемента, выбранного из фосфора и бора, составляющее от 0,1 до 2,5% мас. триоксида бора и пентаоксида фосфора по отношению к общей массе катализатора, предпочтительно составляющее от 0,5% мас. до 2% мас. Предпочтительно легирующий элемент является фосфором.

Предпочтительно общий пористый объем упомянутого катализатора HDM составляет, по меньшей мере, 0,5 мл/г, предпочтительно, по меньшей мере, 0,6 мл/г и еще предпочтительнее - по меньшей мере, 0,65 мл/г, при этом макропористый объем упомянутого катализатора HDM превышает 5%, предпочтительно 10% и еще предпочтительнее - 20% общего пористого объема (VPT), а диаметр мезопор предпочтительно составляет от 10 до 36 нм и еще предпочтительнее - от 10 до 20 нм.

Предпочтительно катализатор(ы) HDS имеет(ют) содержание металла или металлов группы VIB, строго превышающее 9% мас. и меньшее 17% мас. триоксида металла или металлов группы VIB по отношению к общей массе катализатора, предпочтительно составляющее от 10% мас. до 16% мас. и еще предпочтительнее - от 12 до 16% мас., и суммарное содержание металлов группы VIII предпочтительно строго превышает 2 и меньше 5% мас. оксида металлов группы VIII по отношению к общей массе катализатора, предпочтительно строго превышает 2 и меньше 4% мас. и еще предпочтительнее составляет от 2,5 до 4% мас.

Предпочтительно содержание основного промотора (VIII-1) упомянутого(ых) катализатора(ов) HDS, предпочтительно содержание кобальта составляет от 1 до 4,5% мас. оксида металлов группы VIII по отношению к общей массе катализатора, и содержание сопромотора (VIII-2), предпочтительно содержание никеля составляет от

0,15 до 2,5% мас. оксида металлов группы VIII по отношению к общей массе катализатора.

Предпочтительно катализатор гидродесульфурации содержит фосфор. Это соединение, кроме всего прочего, обеспечивает катализатору гидродесульфурации два главных преимущества, первым из которых является более легкое получение упомянутого катализатора, в частности, во время пропитки гидрирующего-дегидрирующего элемента, например, из растворов на основе никеля и молибдена. Вторым преимуществом, обеспечиваемым этим соединением, является повышение гидрирующей активности катализатора.

Предпочтительно катализатор(ы) HDS имеет(ют) содержание легирующего элемента, выбранного из фосфора и бора, составляющее от 0,5 до 6% мас. триоксида бора и пентаоксида фосфора по отношению к общей массе катализатора, предпочтительно составляющее от 1,5% мас. до 5% мас. Предпочтительно легирующий элемент является фосфором.

Катализатор гидродесульфурации может также содержать, по меньшей мере, один элемент из группы VIIA (предпочтительными являются хлор, фтор) и/или, по меньшей мере, один элемент из группы VIIIB (предпочтительно марганец), в случае необходимости, по меньшей мере, один элемент из группы VВ (предпочтительно ниобий).

Предпочтительно общий пористый объем упомянутого катализатора HDS составляет, по меньшей мере, 0,3 мл/г, предпочтительно, по меньшей мере, 0,4 мл/г, при этом макропористый объем меньше 10%, предпочтительно меньше 5% и еще предпочтительнее - меньше 1% общего пористого объема (VPT), а диаметр мезопор предпочтительно составляет от 5 нм до 20 нм и еще предпочтительнее - от 6 до 15 нм.

Согласно предпочтительному варианту выполнения упомянутую каталитическую систему используют в первой(ых) входной(ых) взаимозаменяемой(ых) реакционной(ых) зоне(ах) секции HDM и в первой(ых) входной(ых) реакционной(ых) зоне(ах) секции HDS, при этом, согласно способу в соответствии с настоящим изобретением, упомянутые секции HDM и HDS разделены секцией НСК.

Катализаторы, образующие описанную выше каталитическую систему, предпочтительно можно получать всеми известными специалистам способами. В качестве носителя используют экструдаты диаметром, как правило, от 0,5 до 10 мм, предпочтительно от 0,8 до 3,2 мм. На этих экструдатах или до формования экструзией, в случае необходимости, при помощи любого известного способа и на любом этапе получения, предпочтительно путем пропитки или совместного перемешивания можно вводить все или части каталитических металлов или соединения каталитических металлов конечного катализатора. Классически применяемой пропиткой является так называемая «сухая» пропитка, хорошо известная специалистам. Ее можно осуществлять в один этап при помощи раствора, содержащего все элементы, образующие конечный катализатор, то есть раствора, содержащего, по меньшей мере, одно соединение фосфора или бора, по меньшей мере, два соединения, по меньшей мере, двух металлов группы VIII из периодической таблицы элементов и, по меньшей мере, одно соединение, по меньшей мере, одного металла группы VIB.

Среди исходных веществ, которые можно вводить в раствор в качестве источника элементов группы VIII, предпочтительно можно указать: цитраты, оксалаты, карбонаты, гидроксикарбонаты, гидроксиды, фосфаты, сульфаты, алюминаты, молибдаты, вольфраматы, оксиды, нитраты, галогениды, например, хлориды, фториды, бромиды, ацетаты или любую смесь вышеуказанных исходных веществ. Что касается источников элементов группы VI, которые хорошо известны специалистам, предпочтительно можно

указать, например, для молибдена и вольфрама: оксиды, гидроксиды, молибденовые и вольфрамовые кислоты и их соли, в частности, соли аммония, гептамолибдат аммония, вольфрамат аммония, фосфорномолибденовую кислоту, фосфорновольфрамовую кислоту и их соли. Предпочтительно используют оксиды или соли аммония, такие как

5 молибдат аммония, гептамолибдат аммония или вольфрамат аммония.

Предпочтительным источником фосфора является ортофосфорная кислота, но можно использовать также ее соли и сложные эфиры, такие как щелочные фосфаты, фосфат аммония, фосфат галлия или алкилфосфаты. Предпочтительно можно использовать также фосфористые кислоты, например, гипофосфористую кислоту,

10 фосфорномолибденовую кислоту и ее соли, фосфорновольфрамовую кислоту и ее соли. Источником бора может быть борная кислота, предпочтительно ортоборная кислота ( $H_3BO_3$ ), биборат или пентаборат аммония, оксид бора или сложные борные эфиры.

Как правило, перед пропиткой носитель предварительно формуют и обжигают.

Формование можно производить путем экструзии, прессования, методом масляных 15 капель, гранулированием на вращающемся грануляторе или любым способом, хорошо известным специалистам. Обжиг предпочтительно можно производить при температуре примерно от 500 до 1000°C в сухом воздухе или во влажной атмосфере.

Если специалист сочтет необходимым, в раствор можно ввести органический 20 хелатообразователь. Как правило, продукт оставляют дозревать, затем сушат и обжигают в окислительной атмосфере, например в воздухе, как правило, при температуре примерно от 300 до 600°C и предпочтительно от 350 до 550°C.

Предпочтительно пропитку можно производить, по меньшей мере, в два приема.

Различные элементы предпочтительно можно пропитывать последовательно, или один 25 из элементов можно тоже пропитывать в несколько приемов. Одна из осуществляемых пропиток может быть предназначена для использования органического соединения, которое специалист сочтет нужным ввести дополнительно к элементам, образующим конечный катализатор.

Предпочтительно раствор соединений, образующих элементы конечного 30 катализатора, можно получить в водном растворителе, а также в смеси вода - органический растворитель или в чистом органическом растворителе. В качестве 35 безводного растворителя можно указать этанол или толуол. pH этого раствора можно изменять путем возможного добавления кислоты.

Настоящее изобретение применяют для случая, когда один или несколько 35 катализаторов не подвергались обжигу. В этом случае после пропитки катализатор предпочтительно только сушат.

Затем, по меньшей мере, часть подвергнутого гидродесульфурации эфлюента, полученного при помощи способа в соответствии с настоящим изобретением, перегоняют путем перегонки при атмосферном давлении для получения, по меньшей мере, одной фракции атмосферного дистиллята и атмосферного остатка.

40 Предпочтительно, по меньшей мере, часть атмосферного остатка рециркулируют на вход одной из реакционных зон способа, предпочтительно на вход первой взаимозаменяемой реакционной зоны работающей секции HDM, чтобы повысить конверсию тяжелой фракции исходной сырой нефти.

Согласно другому предпочтительному варианту выполнения, по меньшей мере, 45 часть атмосферного остатка, получаемого из зоны перегонки при атмосферном давлении, направляют в зону вакуумной перегонки, из которой отбирают вакуумный дистиллят и вакуумный остаток. По меньшей мере, часть вакуумного остатка затем предпочтительно рециркулируют на вход одной из реакционных зон способа в

соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно на вход первой взаимозаменяемой реакционной зоны работающей секции HDM. Это тоже позволяет повысить конверсию тяжелой фракции исходной сырой нефти.

Согласно другому варианту способа в соответствии с настоящим изобретением, по

5 меньшей мере, часть атмосферного дистиллята рециркулируют на вход одной из реакционных зон способа, предпочтительно на вход первой взаимозаменяемой реакционной зоны работающей секции HDM.

Согласно еще одному варианту способа в соответствии с настоящим изобретением на вход одной из реакционных зон способа можно также направлять внешний

10 углеводородный эфлюент, предпочтительно поступающий с другого нефтеперерабатывающего завода, например, как часть либо атмосферного, либо вакуумного остатка от прямой перегонки, называемой SR (от англо-саксонского термина Straight Run), получаемого после первоначального фракционирования сырой нефти, либо остаток, поступающий с другого нефтеперерабатывающего завода.

15 Количество атмосферного и/или вакуумного дистиллята и/или атмосферного и/или вакуумного остатка, который направляют на вход одной из реакционных зон способа, предпочтительно составляет в массовом выражении относительно сырья от 1 до 80%, предпочтительно от 5 до 45% и еще предпочтительнее примерно от 10 до 30%.

Изобретение проиллюстрировано на фиг.1.

20 Как показано на этой фигуре, способ в соответствии с настоящим изобретением осуществляют в 3 секциях (секция HDM, секция НСК, секция HDS), при этом каждая секция, в свою очередь, состоит из 5 реакционных зон. Как было указано выше, эти реакционные зоны могут представлять собой один или несколько разных реакторов или один или несколько разных катализитических слоев, находящихся в одном реакторе.

25 Секция HDM (M1-M5) состоит из двух взаимозаменяемых реакционных зон (M1, M2), за которыми следуют 3 замыкаемые накоротко реакционные зоны (M3, M4, M5). Чтобы упростить описание фигуры, все 3 секции имеют одинаковую компоновку.

Чтобы не перегружать чертеж, на фигуре не показаны вентили, которые позволяют изолировать, замыкать накоротко или переставлять различные реакционные зоны, а 30 также входы внутренней или внешней рециркуляции. Точно так же не показана секция обслуживания катализаторов, оборудованная соответствующими средствами циркуляции, нагрева, охлаждения и разделения, работающая независимо от реакционных зон, позволяющая при помощи трубопроводов и вентилей производить операции получения свежего или регенерированного катализатора, содержащегося в замыкаемой 35 накоротко реакционной зоне, перед подсоединением на работающей установке. Линии, позволяющие рециркулировать нефтяные фракции или подавать внешние нефтяные фракции на вход одной или нескольких реакционных зон, тоже не показаны.

В исходной конфигурации сырье поступает в секцию HDM через трубопровод 2, где оно смешивается с водородом, поступающим из трубопровода 1. Эта смесь поступает 40 в реакционную зону M1, и эфлюент выходит из этой реакционной зоны через трубопровод 3, который позволяет направить его в реакционную зону M2. Из реакционной зоны M2 углеводороды и водород проходят через трубопровод 4 в реакционную зону M3, затем через трубопровод 5 в реакционную зону M4 и через 45 трубопровод 6 в реакционную зону M5. После этого смесь выходит из этой реакционной зоны M5 через трубопровод 7. По меньшей мере, часть этого эфлюента (и, как правило, весь эфлюент) направляется по трубопроводу 8 в секцию НСК, а возможный остаточный эфлюент удаляется через трубопровод 9.

В этой же конфигурации реакционная смесь проходит в секцию НСК через

трубопровод 22 и питает реакционную зону К1. Эфлюент из этой реакционной зоны К1 проходит через трубопровод 23 в реакционную зону К2. Из реакционной зоны К2 смесь углеводородов и водорода проходит через трубопровод 24 в реакционную зону К3, затем через трубопровод 25 в реакционную зону К4 и через трубопровод 26 - в 5 реакционную зону К5. По меньшей мере, часть этого эфлюента (и, как правило, весь эфлюент) направляется по трубопроводу 28 в секцию HDS, а возможный остаточный эфлюент удаляется через трубопровод 29.

После этого реакционная смесь поступает в секцию HDS через трубопровод 42, который питает реакционную зону S1. Эфлюент из этой реакционной зоны S1 проходит 10 через трубопровод 43 в реакционную зону S2. Из реакционной зоны S2 смесь углеводородов и водорода проходит через трубопровод 44 в реакционную зону S3, затем через трубопровод 45 в реакционную зону S4 и через трубопровод 46 - в реакционную зону S5. После этого смесь выходит из этой реакционной зоны S5 через трубопровод 47. Синтетическую сырью нефть отбирают через трубопровод 48.

15 В варианте выполнения, показанном на фиг.1, в котором используют 2 взаимозаменяемые реакционные зоны (M1, M2 или K1, K2 или S1, S2) и 3 замыкаемые накоротко реакционные зоны (M3-M5, K3-K5 или S3-S5) в каждой секции (секция HDM, секция НСК и секция HDS), две взаимозаменяемые реакционные зоны, каждая из которых содержит, по меньшей мере, один катализатор, расположены последовательно для 20 циклического использования с последовательным повторением определенных ниже этапов b) и c), и одну или несколько реакционных зон можно замыкать накоротко отдельно или нет согласно определенным ниже этапам d) и e). Для секции HDM вариант способа гидроконверсии в соответствии с настоящим изобретением, представленный на фиг.1, содержит следующие этапы:

25 - этап, на котором реакционные зоны M1-M5 секции HDM используют все вместе в течение времени, не превышающего времени дезактивации и/или засорения одной из них, при котором поток текучих сред описан выше в качестве исходной конфигурации,

- этап, на котором первую взаимозаменяющую реакционную зону M1 замыкают накоротко и содержащийся в ней катализатор регенерируют и/или заменяют свежим 30 или регенерированным катализатором, тогда как реакционная смесь проходит через трубопровод 11 во взаимозаменяющую реакционную зону M2, выходит через трубопровод 4 в направлении реакционной зоны M3, проходит через трубопровод 5 в реакционную зону M4, через трубопровод 6 в реакционную зону M5, после чего покидает секцию HDM через трубопровод 7,

35 - этап, на котором используют все реакционные зоны секции HDM, при этом реакционную зону M1, катализатор которой был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют за реакционной зоной M2 при помощи трубопровода 12 (подсоединение в измененное положение), при этом эфлюент из этой зоны направляют в реакционную зону M3 через трубопровод 13, при этом упомянутый 40 этап продолжается в течение времени, не превышающего время дезактивации и/или засорения одной из реакционных зон,

- этап, на котором, по меньшей мере, одну из замыкаемых накоротко реакционных зон M3, M4 и M5 секции HDM замыкают накоротко при помощи трубопроводов 14, 15 и/или 16 соответственно, когда катализатор дезактивирован и/или засорен, и

45 содержит в ней катализатор регенерирован и/или заменен свежим или регенерированным катализатором; например, накоротко замыкают зону M3; при этом эфлюент из работающей последней взаимозаменяемой реакционной зоны проходит напрямую в зону M4 через трубопровод 14, и катализатор зоны M3 регенерируют и/

или заменяют свежим или регенерированным катализатором,

- этап, на котором реакционные зоны, катализатор которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют в их первоначальные положения; например, после регенерации катализатора зоны М3 эту зону М3 опять подсоединяют, и эфлюент из последней работающей взаимозаменяемой зоны проходит в зону М3 через трубопровод 4, при этом трубопровод 14 перекрыт.

Для секций НСК и HDS вариант работы взаимозаменяемых реакционных зон и замыкаемых накоротко реакционных зон является идентичным. Его описание является аналогичным и поэтому опускается. Можно просто перечислить соответствующие

части, показанные на фиг.1:

- секция НСК: трубопроводы для перестановки: 31, 32, 33; трубопроводы для замыкания накоротко: 34, 35, 36,

- секция HDS: трубопроводы для перестановки: 51, 52, 53; трубопроводы для замыкания накоротко: 54, 55, 56.

Из описания фиг.1 можно легко понять работу взаимозаменяемых или замыкаемых накоротко реакционных зон. На фиг.1 в качестве иллюстрации показано частное расположение этих зон в секциях. Возможны любые комбинации. Как было указано выше, предпочтительный вариант содержит (или предусматривает) 2 взаимозаменяемые

реакционные зоны для секции HDM, 1 или 2 замыкаемые накоротко реакционные зоны для секции НСК и 1 или 2 замыкаемые накоротко реакционные зоны для секции HDS.

### Формула изобретения

1. Способ предварительной очистки и гидроконверсии в стационарном слое

углеводородного сырья в виде тяжелой сырой нефти, содержащей, по меньшей мере, 0,5% мас. асфальтенов и более 10 вес.ч/млн металлов (никеля и/или ванадия), для получения предварительно очищенной синтетической сырой нефти, в котором:

- осуществляют гидродеметаллизацию сырья в секции гидродеметаллизации (HDM), содержащей, по меньшей мере, 2 взаимозаменяемые реакционные зоны, каждая из которых содержит, по меньшей мере, один катализатор гидродеметаллизации;

- затем осуществляют гидрокрекинг, по меньшей мере, части, по меньшей мере, частично деметаллизованного эфлюента в секции гидрокрекинга (ИСК), содержащей, по меньшей мере, один катализатор гидрокрекинга в стационарном слое,

- затем осуществляют гидродесульфурацию, по меньшей мере, части, по меньшей мере, частично гидрокрекированного эфлюента в секции гидродесульфурации,

содержащей, по меньшей мере, один катализатор гидродесульфурации,

и в котором секции HDM и HDS работают в присутствии каталитической системы, которая содержит, по меньшей мере, два катализатора, один для HDM и другой для HDS, при этом этап НСК осуществляют между этапами HDM и HDS, при этом упомянутые катализаторы HDM и HDS содержат, по меньшей мере, один носитель, состоящий из пористого огнеупорного оксида, по меньшей мере, один металл из группы

VIB и, по меньшей мере, два металла из группы VIII, один из которых является основным промотором, называемым VIII-1, и другой или другие, называемые сопромотором VIII-i, где i составляет от 2 до 5, и в этих катализаторах элементы группы VIII присутствуют в количествах, определенных атомным отношением [VIII-1/(VIII-1+...+VIII-i)], составляющим от 0,5 до 0,85.

2. Способ по п.1, в котором упомянутые взаимозаменяемые реакционные зоны расположены последовательно с возможностью их циклического использования с последовательным повторением указанных ниже этапов b) и c):

- а) этап, на котором используют все взаимозаменяемые реакционные зоны в течение времени, не превышающего времени дезактивации и/или засорения одной из этих зон,
- б) этап, на котором, по меньшей мере, одну из взаимозаменяемых реакционных зон замыкают накоротко и содержащийся в ней катализатор регенерируют и/или заменяют свежим или регенерированным катализатором,
- 5        с) этап, на котором используют все взаимозаменяемые реакционные зоны, при этом взаимозаменяемые реакционные зоны, катализатор в которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют либо в первоначальные положения, либо в другое положение среди взаимозаменяемых зон, и упомянутый этап
- 10      продолжают в течение времени, не превышающего времени дезактивации и/или засорения одной из взаимозаменяемых реакционных зон.

3. Способ по п.2, в котором во время этапа с) взаимозаменяемую реакционную зону, катализатор которой был регенерирован на этапе б), опять подсоединяют в другое положение среди взаимозаменяемых реакционных зон.

15      4. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором секция гидродеметаллизации содержит также, по меньшей мере, одну замыкаемую накоротко реакционную зону.

5. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором секции гидрокрекинга и/или гидродесульфурации содержат, по меньшей мере, одну замыкаемую накоротко реакционную зону.

20      6. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором секция гидродеметаллизации, содержащая, по меньшей мере, 2 взаимозаменяемые реакционные зоны, содержит также, по меньшей мере, одну реакционную зону, образованную, по меньшей мере, одним замыкаемым накоротко реактором гидродеметаллизации, содержащим, по меньшей мере, один катализатор гидродеметаллизации, и расположенную последовательно для 25      циклического использования, состоящего в последовательном повторении этапов б) и с), а следующие секции гидрокрекинга и глубокой гидродесульфурации состоят из одной или нескольких реакционных зон, предпочтительно замыкаемых накоротко отдельно или нет согласно следующим этапам д) и е):

а) этап, на котором используют все реакционные зоны,

30      б) этап, на котором, по меньшей мере, одну из взаимозаменяемых реакционных зон замыкают накоротко и содержащийся в ней катализатор регенерируют и/или заменяют свежим или регенерированным катализатором,

35      в) этап, на котором используют все взаимозаменяемые реакционные зоны, при этом взаимозаменяемые реакционные зоны, катализатор в которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют либо в первоначальные положения, либо в другое положение среди взаимозаменяемых зон,

40      г) этап, на котором, по меньшей мере, одну из реакционных зон секции гидродеметаллизации и/или секции гидрокрекинга и/или секции глубокой гидродесульфурации можно замкнуть накоротко во время цикла, когда катализатор дезактивирован и/или засорен, и регенерировать и/или заменить содержащийся в ней катализатор на свежий или регенерированный катализатор,

45      д) этап, на котором реакционные зоны, катализатор которых был регенерирован и/или заменен во время предыдущего этапа, опять подсоединяют в их первоначальные положения.

7. Способ по п.6, в котором секция гидродеметаллизации содержит 2 взаимозаменяемые реакционные зоны, а также реакционную зону, образованную замыкаемым накоротко реактором гидродеметаллизации, а следующие секции гидрокрекинга и гидродесульфурации образованы замыкаемой накоротко реакционной

зоной.

8. Способ по п.6, в котором во время этапа с) взаимозаменяемую реакционную зону, катализатор которой был регенерирован во время этапа б), подсоединяют в другое положение среди взаимозаменяемых реакционных зон.

<sup>5</sup> 9. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором упомянутый катализатор гидрокрекинга содержит, по меньшей мере, один металл, выбранный из группы, образованной металлами групп VIII и VIB, взятыми отдельно или в смеси, и носитель, содержащий от 10 до 90% мас. цеолита, содержащего железо, и от 90 до 10% мас. неорганических оксидов.

<sup>10</sup> 10. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором упомянутые катализаторы HDM и HDS содержат носитель, состоящий из оксида алюминия, молибдена в качестве элемента группы VIB, никеля и кобальта в качестве элементов группы VIII, один из которых является основным промотором, называемым VIII-1, а другой называют сопромотором VIII-i, где i равно 2, и в этих катализаторах элементы группы VIII присутствуют в пропорциях, определенных атомным отношением [VIII-1/(VIII-1+VIII-2)], составляющим от 0,5 до 0,85.

<sup>15</sup> 11. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором упомянутую каталитическую систему используют в первой(ых) входной(ых) взаимозаменяемой(ых) реакционной(ых) зоне (ах) секции HDM и в первой(ых) входной(ых) реакционной(ых) зоне(ах) секции HDS, при этом упомянутые секции HDM и HDS разделены секцией НСК.

<sup>20</sup> 12. Способ по одному из пп.1 или 2, в котором, по меньшей мере, часть подвергнутого гидродесульфурации эфлюента перегоняют путем перегонки при атмосферном давлении для получения, по меньшей мере, одной фракции атмосферного дистиллята и атмосферного остатка.

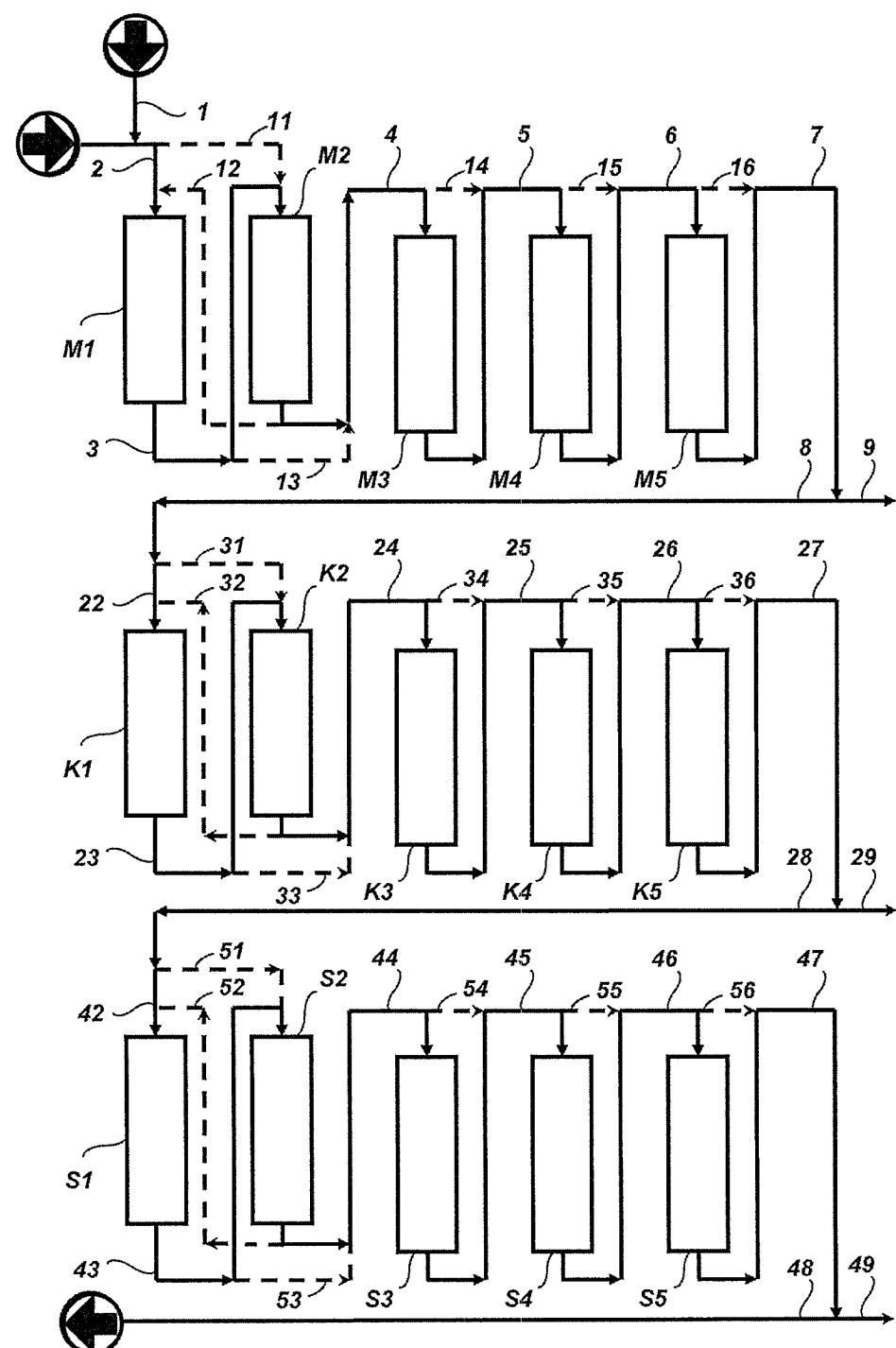
<sup>25</sup>

30

35

40

45



ФИГ.1