

<https://doi.org/10.3176/oil.1998.1.06>

ОСОБЕННОСТИ РЕТОРТ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ С КОЛЬЦЕВОЙ КАМЕРОЙ ПОЛУКОКСОВАНИЯ

SPECIFIC FEATURES OF HIGH-CAPACITY RETORTS WITH A CIRCULAR SELMICOKING CHAMBER

В. М. ЕФИМОВ
С. К. ДОЙЛОВ
И. В. ПУЛЕМЕТОВ

Институт сланцев
Ярвеküла tee 12, Кохтла-Ярве
EE 2020 Эстония

Н. А. НАЗИНИН

АО «Кивитер»
Кохтла-Ярве, Эстония

V. YEFIMOV
S. DOILOV
I. PULEMYOTOV

Oil Shale Research Institute
12 Järveküla St., Kohtla-Järve
EE 2020 Estonia

N. NAZININ

Kiviter AS
Kohtla-Järve, Estonia

A new design of high unit capacity retorts for 1500 tons per day of kukersite has been developed. The concept of low temperature processing in a circular semicoking chamber is used. The design includes several novel features leading to higher efficiency of retorting large particle oil shale.

В поисках дальнейшего совершенствования конструкции реторт большой единичной мощности специалистами АО «Кивитер» и Института сланцев предложена конструкция реторты с кольцевой камерой полукоксования пропускной способностью 1500 т сланца в сутки (рисунок).

Первая опытно-промышленная проверка нового принципа организации процесса полукоксования кускового сланца в габаритах 200-тонных реторт на сланцеперерабатывающих предприятиях Эстонии и России показала, что при переработке сланца в ретортах имеется возможность существенно понизить удельный расход воздуха на процесс — с 350–400 до 250 м³/т сланца за счет улучшения организации процесса полукоксования [1].

При этом выход смолы в расчете на переработанный сланец-кукерсит должен возрасти до 18,0–18,5 % или до 85 % от выхода

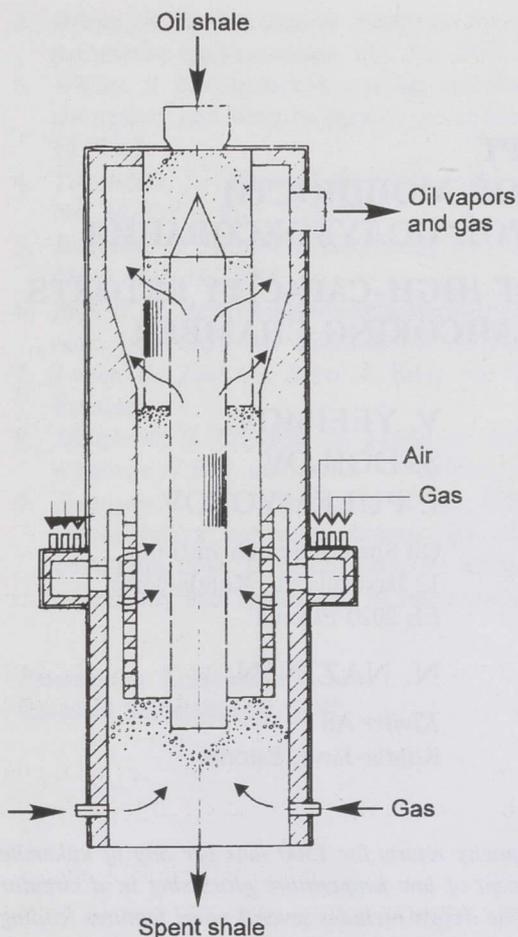


Схема реторты с кольцевой камерой полукоксования пропускной способностью 1500 т сланца в сутки

Schematic diagram of a 1500 t/day retort with a circular retorting chamber

ферии реторты, скорее всего не будет создавать в эксплуатации таких больших трудностей, с какими приходится сталкиваться при работе 1000-тонных реторт (в них опорные столбы горячих решеток камер полукоксования расположены в зоне охлаждения, то есть в зоне низких температур, а сами горячие решетки — в зоне высоких температур).

Факторы, благодаря которым основной технологический параметр, оказывающий решающее влияние на выход смолы, — удельный расход воздуха на процесс — достигает в ретортах с кольцевой камерой полукоксования своего минимального значения, в основном следующие:

смолы по Фишеру. Новый принцип полукоксования сланца был испытан в одной из реторт Маоминской нефтехимической компании в Китае: непосредственные замеры выработки смолы на отдельной конденсационной системе показали, что выход смолы от соответствующего по Фишеру возрос с 60–65 до 80–85 % [2]. Таким образом, в случае реторт с кольцевой камерой полукоксования расчетные данные по выходу смолы хорошо подтверждаются непосредственными замерами.

Такое совпадение не случайно. Оно обусловлено целым рядом серьезных преимуществ новой реторты [1, 2], которые стали заметным шагом в дальнейшем развитии техники полукоксования кускового сланца.

Прежде всего укажем на то, что в ретортах с кольцевой камерой полукоксования горячий простенок, расположенный по периферии

- В камере полукоксования отсутствуют торцевые (боковые) стенки, что способствует равномерному распределению теплоносителя в слое сланца
- Теплоноситель движется с периферии реторты к центру (по мере движения теплоносителя, который имеет высокую температуру и сравнительно низкие скорости, его температура понижается, а скорость — возрастает), что способствует эффективному теплообмену в слое
- Большая часть объема сланца в шахте полукоксования располагается на ее горячей стороне, то есть в зоне высоких температур
- Имеет место удачная сегрегация сланца при его загрузке в реторту и преимущественное движение основной части крупных кусков в зоне высоких температур, то есть на горячей стороне камеры полукоксования

Довольно низкий удельный расход воздуха на процесс обуславливает и низкий удельный расход газа — около $400 \text{ м}^3/\text{т}$. В результате общий удельный расход воздуха и газа в реторту составляет всего $\sim 650 \text{ м}^3/\text{т}$ (вместо $1000 \text{ м}^3/\text{т}$ на 200- и 1000-тонных ретортах). Это — очень важное преимущество реторт с кольцевой камерой полукоксования: оно позволяет использовать для охлаждения парогазовой смеси сравнительно небольшую конденсационную систему.

Перечисленные выше возможности полностью отсутствуют на 200- и 1000-тонных ретортах с поперечным потоком теплоносителя (ППТ).

Как видно из рисунка, в ретортах с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности предусматривается такая организация процесса, при которой движению сланца сверху вниз сопутствует расширение реторты книзу. Это нововведение обеспечит благоприятные условия для равномерного схода сланца в реторте (оно запроектировано впервые в практике сланцепереработки) и будет способствовать лучшему сходу сланца в шахте полукоксования после длительных простоев системы золоудаления. К тому же, при загрузке сланца реторту такой конструкции к ее периферийной шамотной стенке будут скатываться в основном крупные куски, которые при нагревании практически не битуминизируются и, следовательно, не прилипают к поверхности стенки шахты полукоксования. Поэтому длительные простои в системе золоудаления не будут так существенно (негативно) сказываться на состоянии реторты, как это имеет место на 1000-тонных ретортах.

В отличие от последних, в ретортах с кольцевой камерой полукоксования следует ожидать и более благоприятных условий для полного использования воздуха при горении газа в топочных устройствах. Это обусловлено тем, что в таких ретортах при правиль-

ном выборе геометрических размеров зоны охлаждения обратный газ из этой зоны будет поступать в основном не в горячий простенок, как это имеет место в 1000-тонных ретортах, а в центральную цилиндрическую камеру. Таким образом, отрицательное влияние потока обратного газа из зоны охлаждения на условия горения газа (точнее для завершения этого процесса) в горячей простенке в новых ретортах окажется минимальным, и это дополнительно снизит удельный расход воздуха на процесс (до уровня менее $250 \text{ м}^3/\text{т}$).

И, наконец, как видно из рисунка, в ретортах с кольцевой камерой полукоксования в верхней части шахты полукоксования установлена дополнительная цилиндрическая решетка, которая уменьшает унос пыли с парогазовой смесью. При движении газового потока из центральной цилиндрической решетки к периферии его скорость неизбежно снижается, и часть наиболее крупных твердых частиц при этом непременно осядет в слое. Этому будет способствовать и развитая поверхность слоя на выходе из него газового потока, а также присутствие на данном участке реторты слоя сланца на стадии начала термической деструкции (слегка осмоленная поверхность кусков сланца хорошо улавливает мелкие твердые частицы из газовой среды).

Кроме этого, при загрузке сланца в реторту крупные куски будут скатываться в сторону дополнительной решетки, что предотвратит возможность ее забивания термобитумом, так как крупные куски сланца практически не битуминизируются, что к тому же позволит иметь решетку с большим зазором между вертикальными элементами (очевидно, более 3040 мм, имеющих в настоящее время на действующих агрегатах). Но даже если в таком случае сланец и начнет проваливаться через решетку, это не будет представлять никакой опасности для процесса, так как это неизбежно будет происходить вдоль горячей решетки в зоне интенсивного нагрева слоя сланца.

Проверка принципа организации процесса полукоксования сланца в кольцевой камере в габаритах 200-тонных реторт показала, что эти реторты успешно работают при переработке малообогатенного сланца-кукерсита с удельной теплотой сгорания по бомбе Q^d_6 не выше 12,0–12,5 МДж/кг (или с выходом смолы по Фишеру в расчете на рабочий сланец не более 18–19 %). При переработке сланца, более богатого органическим веществом, в работе реторты возникают серьезные технические трудности, поскольку центральную цилиндрическую решетку забивает термобитумом.

Однако при больших габаритах реторты этот недостаток, похоже, устраним. Для этого при загрузке сланца в реторту часть крупных кусков необходимо направлять вдоль центральной цилиндрической решетки. Как отмечено выше и доказано практикой эксплуатации

1000-тонных реторт, крупные куски сланца практически не битуминизируются и не забивают холодные решетки. На ретортах с кольцевой камерой полукоксования такое мероприятие можно осуществить в том случае, если диаметр конической крышки над центральной решеткой будет больше, чем у самой решетки [3].

В ретортах с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности температуру парогазовой смеси в газоотводах по всей вероятности удастся поддерживать на довольно низком уровне (100–150 °С) благодаря большой толщине слоя в камере полукоксования (в нижней половине этой камеры слой в среднем 1,5 м, в верхней – 1,2 м, то есть потоку газа предстоит пройти суммарный слой толщиной 2,7 м, вместо 1,5 м, как, например, в 1000-тонных ретортах). Поддержание температуры парогазовой смеси в газоотводах на довольно низком уровне будет также способствовать уменьшению удельного расхода воздуха на процесс и снижению уноса пыли с парогазовой смесью.

К тому же, наличие в верхней части шахты полукоксования дополнительной цилиндрической решетки, внутри которой сланец находится на стадии начала термической деструкции, благодаря высокой фильтрующей способности слоя обеспечит возможность получать смолу с низким содержанием механических примесей и, как следствие, с небольшим выходом фусов (0,4–0,6 % в расчете на сланец вместо ~2 % на 1000-тонных ретортах с ППТ).

Есть все основания предполагать, что в ретортах с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности удельный расход воздуха на процесс будет меньше 250 м³/т (то есть ниже уровня, характерного для 200-тонных реторт указанной конструкции), так как в данном случае появляются дополнительные факторы, способствующие уменьшению этого технологического параметра. Прежде всего это возможность поддерживать температуру парогазовой смеси в газоотводах на низком уровне и хорошие условия для завершения горения газа в горячем простенке благодаря предотвращению поступления обратного газа из зоны охлаждения в этот простенок.

Таким образом, реторты с кольцевой камерой полукоксования имеют неоспоримые преимущества по сравнению с 1000-тонными и тем более с 200-тонными ретортами с ППТ. Основные конструктивные решения, обеспечивающие достижение высоких технико-экономических показателей переработки сланца в ретортах с кольцевой камерой полукоксования, легче всего осуществить в крупных габаритах, например в ретортах на 1500 т сланца в сутки.

Как видно из таблицы, в которой обобщены возможности реализации эффективных мероприятий (с точки зрения достижения высоких выходов смолы и лучших условий для эксплуатации ре-

торт) при конструктивном оформлении реторт, наиболее благоприятные условия, несомненно, имеют реторты большой единичной мощности.

Поскольку в ретортах небольшой единичной мощности многие мероприятия, способствующие улучшению организации процесса полукоксования сланца, реализовать невозможно, то и испытывать их в небольших ретортах нецелесообразно, так как такие испытания обречены на неудачу и, кроме дискредитации хороших идей, ничего не дадут.

Возможности реализации мероприятий по улучшению организации процесса полукоксования сланца-кукерсита в ретортах с различной единичной мощностью

Мероприятия, реализация которых возможна в ретортах большой единичной мощности	Реторта с пропускной способностью по сланцу, т/сут	
	180–200	50–60
Мероприятия, реализация которых возможна в условиях 1000-тонной реторты:		
Полукоксование в двух вертикально и параллельно расположенных камерах полукоксования	Невозможно	
Загрузка каждой камеры полукоксования с помощью двух загрузочных устройств	Невозможно	
Применение в каждой из холодных камер двух газоотводов: верхнего и нижнего	Затруднительно	Невозможно
Управление характером сегрегации сланца по крупности кусков при его загрузке в реторту	То же	То же
Эффективное охлаждение выпущаемого полукокса обратным газом	“	“
Подача в реторту фусов для их утилизации	“	“
Мероприятия, реализация которых возможна в условиях 1500-тонной реторты:		
Полукоксование в кольцевой камере	Затруднительно	Невозможно
Применение дополнительной цилиндрической решетки в верхней части шахты полукоксования	Невозможно	
Увеличение внутреннего диаметра реторты сверху вниз	Затруднительно	Невозможно
Применение над центральной цилиндрической решеткой конической крышки большего диаметра, чем указанной решетки	То же	То же
Предотвращение поступления обратного газа из зоны охлаждения в горячую камеру, расположенную по периметру корпуса реторты	“	“

В случае переработки наиболее распространенных на земном шаре сравнительно бедных органической массой горючих сланцев в габаритах реторты с кольцевой камерой полукоксования, предназначенной для полукоксования сланца-кукерсита, ее единичная мощность может быть значительно увеличена (примерно в 2-3 раза).

В заключение хотелось бы отметить, что в настоящей статье рассмотрены лишь вопросы, связанные с поиском лучших технических решений по конструктивному оформлению самих реторт. За рамками остались такие важные технологические вопросы, как использование для процесса циркуляционного теплоносителя, нагреваемого в теплообменниках, а также глубокая газификация или дожигание полукокса. Реализация указанных мероприятий в любом случае будет легче решаться при переработке сланца в ретортах большой единичной мощности.

Особенно серьезное преимущество будут иметь реторты с кольцевой камерой полукоксования при использовании для процесса циркуляционного теплоносителя – благодаря сравнительно небольшому удельному расходу тепла на процесс (не более 1050 вместо обычных 1450–1650 кДж/кг). При выборе теплообменников и режима их работы это обстоятельство значительно облегчит и упростит решение данного вопроса.

Говоря о ретортах большой единичной мощности нелишне будет отметить, что, по нашему мнению, в таких агрегатах наиболее заметно и легко выявляются различные закономерности термической деструкции сланца, которые в ретортах с небольшими размерами остаются незамеченными. Реторты большой единичной мощности более «чувствительны» к влиянию различных конструктивных особенностей на эффективность переработки сланца, чем это имеет место на 200- и тем более 50-тонных ретортах. Поэтому в первом случае легче создать более совершенные условия для полукоксования сланца, чем во втором.

Выводы

1. В ретортах с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности, в отличие от 1000-тонных реторт с поперечным потоком теплоносителя и реторт небольших размеров, возможно реализовать следующие мероприятия, направленные на улучшение организации процесса полукоксования сланца:
 - Осуществление процесса в кольцевой камере, что создает благоприятные условия для равномерного распределения теплоносителя и эффективного теплообмена в слое

- Расширение реторты сверху вниз и преимущественное направление основной массы крупных кусков сланца по периферии шахты полукоксования в зоне наиболее высоких температур, что обеспечивает хорошие условия для нагрева слоя и благоприятные условия для нормального схода материала в реторте, особенно после длительных простоев системы золоудаления
- Установка в верхней части шахты полукоксования дополнительной цилиндрической решетки, что способствует равномерному распределению теплоносителя в слое в верхней части реторты и уменьшению уноса пыли с парогазовой смесью в конденсационную систему установки
- Использование над центральной цилиндрической решеткой конической крышки большего диаметра, чем диаметр указанной решетки, что предотвращает ее забивание термобитумом
- Преимущественное направление обратного газа из зоны охлаждения в центральную цилиндрическую камеру, а не в камеру для приготовления и распределения теплоносителя (горячую камеру), расположенную по периметру реторты, что создает благоприятные условия для повышенного расхода обратного газа в зону охлаждения
- Хорошее предварительное смешение газа и воздуха в циклонных топках (благодаря пониженному поступлению обратного газа из зоны охлаждения в горячую камеру), что обеспечивает возможность сравнительно полного использования кислорода воздуха при горении газа
- Возможность поддержания температуры парогазовой смеси в газоотводах на сравнительно низком уровне (100–150 вместо обычных 200–250 °С)

Все эти мероприятия создают благоприятные условия для достижения наиболее высоких выходов смолы (в случае переработки сланца-кукерсита примерно 85 % вместо обычных 70–75 % от выхода смолы по Фишеру).

2. В ретортах с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности одновременно обеспечиваются и благоприятные условия для пониженного уноса пыли с парогазовой смесью в конденсационную систему и, как следствие, меньшего образования фусов. Факторы, обеспечивающие эти условия, следующие:

- Наличие дополнительной цилиндрической решетки в верхней части реторты (снижается скорость газового потока из центральной части решетки к ее периферии; мелкие куски сланца

при загрузке направляются преимущественно в центральную часть этой решетки; при этом увеличивается пылеудерживающая способность слоя: находясь на начальной стадии разложения, сланец имеет омасленную поверхность, на которой эффективно улавливаются из газового потока твердые частицы)

- Сравнительно низкие температуры парогазовой смеси в газотводах
 - Наличие довольно большого фильтрующего слоя в шахте полукоксования – 2,7 м вместо обычных 1,0–1,5 м
3. Удачное решение многих вопросов при создании реторт с кольцевой камерой полукоксования большой единичной мощности обеспечивает возможность их успешной эксплуатации. Реторта новой конструкции представляет практический интерес в первую очередь для полукоксования сравнительно бедных органической массой горючих сланцев с выходом смолы по Фишеру не более 15–20 %.

SPECIFIC FEATURES OF HIGH CAPACITY RETORTS WITH A CIRCULAR SEMICOKING CHAMBER

V. YEFIMOV, S. DOILOV, I. PULEMYOTOV, N. NAZININ

Summary

A new design of vertical oil shale retorts with a circular semicoking chamber has been developed for a throughput of 1500 tonnes per day of large particle oil shale (Figure). In comparison with 1000-tonne-per-day retorts using the concept of cross-flow of the heat carrier, as well as with other smaller size retorts, the new design includes provision for an improved retorting process:

- Retorting of oil shale is performed in a circular chamber to create favourable conditions for uniform distribution of the heat carrier and efficient heat exchange in the shale bed
- Downward expansion of the retort volume and descent of larger oil shale particles predominantly along the outer circumference through the zone of higher temperatures, providing thus better heating of the shale bed and its normal gravity flow down the retort
- Installation of a cylindrical grate in the upper part of the retorting zone to improve heat carrier distribution through the upper bed and to reduce dust carry-over into the condensation system of the retort
- A larger diameter tapered cap is designed over the central cylindrical grate to prevent clogging of the latter with thermobitumen
- Recycle gas from the cooling zone is introduced predominantly into the central cylindrical chamber instead of the chamber for preparation and distribu-

tion of the heat carrier (the hot chamber), creating thus favourable conditions for increased use of recycle gas in the cooling zone

- Improved mixing of gas with air in cyclone burners (as a result of reduced recycle gas flow from the cooling zone into the hot chamber) leading to more complete consumption of air oxygen in the gas combustion process
- Maintaining temperatures of oil vapours at the outlets at a relatively low level (100-150 °C instead of the usual 200-250 °C)

All the above improved design features contribute to higher efficiency of oil shale retorting. In case of retorting Baltic oil shale (kukersite) the yield of shale oil increased from 70-75 % to 85 % of the Fischer assay oil, or even higher. In the high unit capacity retort design with a circular semicoking chamber many problems existing so far have been solved to ensure smooth operation of the retort. The new design is of great practical interest, especially for retorting low organic oil shales (Fischer assay oil not exceeding 15-20 %).

It is shown that high unit capacity retorts are more "sensitive" to changes of design features than small low capacity retorts. Therefore, with skillful and competent use of the specific features of large size retorts, efficient conditions are created for retorting large particle oil shale which, as a result, lead to higher performance data of the retorts.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Yefimov V., Nazinin N., Piik E., Lööper R.* Oil shale generators with circular retorting chamber // *Oil Shale*. 1991. Vol. 8, No. 1. P. 50-59.
2. *Luo Rongtao, Su Yongqiang, Zheng Fuwu, Zhang Qi.* Maoming oil shale concentric circle jalousie thin layer retorting (CCJTLR) test // *Ibid.* 1997. V. 14, No. 3. P. 385-391.
3. USSR Author cert. No. 1777345

Received October 14, 1996