

Славянский Алексей Константинович

**Аппаратура сухой перегонки
дерева**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
А47

А47 **Алексей Константинович С.**
Аппаратура сухой перегонки дерева / Славянский Алексей Константинович – М.: Книга
по Требованию, 2024. – 218 с.

ISBN 978-5-519-73901-6

ISBN 978-5-519-73901-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Ежегодно возрастающая потребность в продуктах сухой перегонки дерева вызвала необходимость в строительстве и проектировании новых мощных заводов сухой перегонки дерева, а также в рационализации существующих старых предприятий. В связи с этим ощущается острый недостаток в специальной литературе, посвященной вопросам проектирования аппаратуры сухой перегонки дерева.

Цель предлагаемой книги — частично заполнить этот пробел и помочь проектировщику как в работе над проектами новых заводов, так и в рационализации существующих. В книге рассматриваются конструкции и методы расчета всех основных аппаратов первичных заводов сухой перегонки дерева лиственных пород.

Для сокращения объема книги вопросы технологии затрагиваются только в пределах, необходимых для пояснения расчета аппарата.

Появившаяся в последнее время переводная литература по типовой химической аппаратуре позволила сократить описание основных принципов расчета аппаратов и остановиться лишь на специфических сторонах, свойственных аппаратам сухой перегонки дерева.

В книгу не вошли печи для углежжения, требующие специального рассмотрения в отношении способов получения металлургического угля высокого качества.

В связи со строительством крупных заводов, отличающихся сложным оборудованием, автор критически подошел ко многим методам расчета, принятым у нас в проектировании, и стремился разработать более уточненные теоретические методы расчета. Сложность процессов и слабая изученность аппаратуры сухой перегонки

часто затрудняет правильное решение вопроса, поэтому всякие указания на ошибки и упущения будут приняты автором с благодарностью.

С целью расширения круга читателей автор избегал в излагаемом материале сложных выводов и применения высшей математики.

Поставленная автором задача будет выполнена, если книга поможет практической работе студента, техника и инженера и окажется полезной в деле дальнейшего развития промышленности сухой перегонки дерева.

А. Славянский.

Ч А С Т Ь П Е Р В А Я

ПЕРЕУГЛИВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

В процессе сухой перегонки древесина, подвергаясь действию высокой температуры, разлагается, выделяет кислородсодержащие соединения и дает в остатке уголь, состоящий в основном из углерода.

Цель сухой перегонки древесины с одной стороны — получение углеродистого остатка с значительно повышенной теплотворной и жаропроизводительной способностью, с другой — получение смеси кислородных органических соединений, ценных для дальнейшей химической переработки. Таким образом путем сухой перегонки древесины получается уголь, имеющий большое значение в металлургии при получении продукта высшего качества. В результате сухой перегонки в угле остается не больше 56% общей тепловой энергии, заключающейся в древесине; однако удаленные вещества, несмотря на наличие среди них соединений с высокой теплотворной способностью (углеводороды), имеют большую ценность при использовании их для изготовления химических продуктов, чем при сжигании как топлива.

Пирогенетические процессы разложения разных видов топлива: древесины, торфа, каменного угля, различаются как характером самого процесса, так и получаемыми от разложения продуктами. Различное содержание кислорода в указанных видах топлива предопределяет содержание кислородсодержащих соединений и в продуктах разложения.

Так торф и бурый уголь дают меньшие количества уксусной кислоты и других богатых кислородом продуктов, чем древесина. Также и газы, получающиеся при перегонке торфа и бурого угля, содержат меньше CO и CO_2 , чем газы от разложения древесины. Низкокипящие жидкие углеводороды — продукты разложения древесины при перегонке каменного угля заменяются высококипящими парафинами. При сухой перегонке древесины ярко выражен экзотермический характер реакции разложения, что значительно слабее происходит, или совершенно незаметно, при перегонке каменных углей, содержащих меньше кислорода.

Процесс образования антрацита, проходящий через промежуточные стадии торфа, бурого и каменного угля, во многом аналогичен процессу сухой перегонки. Таким образом древесина, являясь как бы аккумулятором солнечной энергии, содержит в себе максимальное количество тепловой энергии. При сгорании продуктов термического разложения древесины тепла выделяется приблизительно

на 8% меньше, чем тепла от сгорания самой древесины в количестве, соответствующем по весу, количеству полученных из нее продуктов. Между тем у каменного угля этой разности между теплотой горения угля и суммой теплот горения продуктов коксования, полученных из того же весового количества угля, почти нет.

Несмотря на давность развития сухой перегонки дерева, процесс разложения изучен очень мало. При проектировании аппаратов для сухой перегонки дерева слабая изученность физико-химической сущности процесса разложения заставляет проектировщика основываться исключительно на практике работающих заводов, часто далеко не совершенных, причем всякое отклонение от практических норм вызывает неуверенность в работе проектируемого аппарата.

В главе о конструировании ретортных печей сделана попытка обобщения основных принципов современной теории печей, соответствующая требованиям процесса сухой перегонки дерева. В отношении конструирования самой реторты наши теоретические представления о процессе дают конструктору очень мало сведений, которые позволили бы конструировать реторту таким образом, чтобы направить процесс в желаемую сторону. Несколько лучше разработан вопрос об условиях получения угля для металлургических целей. В данном случае у конструктора есть ряд положений, которые могут служить основой конструирования рационального углевыжигательного аппарата.

При проектировании аппаратов для переработки подсмольной воды также встречается ряд вопросов, в которых проектировщику приходится намечать конструкцию исключительно на основании производственного опыта. Для сухой перегонки древесины существует большое количество аппаратов, отличающихся крайним разнообразием по конструкциям, форме и объему.

Одни из них не пользовались успехом, другие получили большое распространение. Описание всех аппаратов заняло бы много места, поэтому мы остановимся только на ретортах, получивших распространение на больших заводах сухой перегонки дерева.

Правильно устроенная обмуровка имеет очень важное значение для работ реторты. Во многих случаях нерационально устроенная обмуровка может сделать невыгодной работу реторты, хотя бы сама реторта представляла собой хорошую конструкцию. Неправильность устройства обмуровки прежде всего отражается на повышенном расходе топлива. Выходы продуктов разложения древесины также теснейшим образом связаны со способом обогрева. В зависимости от того, насколько равномерно производится обогрев, насколько легко обогрев может быть управляем, получают при прочих равных условиях хорошие или плохие выходы ценных продуктов. Наконец весьма существенную роль играет способ обмуровки в отношении долговечности реторты. Известны случаи, когда реторты, работавшие десяток лет после неумелой переделки обмуровки, прогорали и приходили в негодность в течение одного года.

Основные требования, предъявляющиеся к рационально устроенной ретортной печи, сводятся к следующему.

А. Назначение печи заключается в том, чтобы передать теплоту, развивающуюся от сжигания топлива реторте, поэтому обмуровка должна быть устроена таким образом, чтобы это тепло было передано наиболее полно. Иными словами необходимо, чтобы термический коэффициент полезного действия печи при данной мощности был максимальным.

Б. Способ обмуровки должен обеспечить долговечность реторты.

В. Обмуровка по своему устройству должна быть достаточно прочной, стойкой и долговечной.

Г. Обмуровка должна быть достаточно дешевой, удобной и доступной для обслуживания, ремонта и контроля процесса.

Разберем два первых требования в отдельности.

1. Тепловое назначение обмуровки

Теплопередача. От нагретых дымовых газов тепло реторте передается двумя способами: а) конвекцией, т. е. путем непосредственного соприкосновения нагретых частиц дымовых газов с ретортными стенками и б) лучеиспусканием, т. е. в виде лучистой теплоты, передаваемой нагретыми газами, а также сводами и стенками обмуровки. Теплопередача лучеиспусканием приобретает большое значение при высоких температурах. Опытным путем установлено, что до температур в 700° главную роль играет передача тепла

конвекцией, выше 1000° большое значение имеет лучеиспускание, а в промежутке имеют значение оба вида теплопередачи.

В ретортных печах по опыту производившихся измерений температура дымовых газов по выходе из топки редко превышает 700°, так что главным видом теплопередачи является конвекция.

В некоторых случаях, как например в американских вагонных ретортах, наряду с конвекцией реторта значительное количество тепла получает благодаря лучеиспусканию раскаленного топочного свода.

Характер теплопередачи и движения газов в ретортных обмуровках. Движение газов может быть слоистое, когда отдельные струйки газа двигаются рядом, не перемешиваясь (ламинарное движение) или вихревое, при котором отдельные частицы и струйки газа все время перемешиваются (турбулентное движение).

Скорость, при которой слоистое движение переходит в вихревое, называется критической скоростью. При этой скорости так называемое Рейнольдсово число, выражающееся формулой:

$$R_e = \frac{W_0 \gamma_0 d}{\eta_t} \text{ имеет значение } 2320.$$

В формуле: W_0 —условная (при 0° и 760 мм) скорость газа, γ_0 —удельный вес газа при нормальных условиях, d —диаметр, или сторона канала в метрах, η_t —коэффициент внутреннего трения при данной температуре газов. Если Рейнольдсово число меньше 2320, то движение будет слоистым; если число больше 2320,—тогда устойчивым движением будет вихревое. До значений числа в 3000 может наблюдаться и слоистый характер движения, но он будет неустойчивым, случайным, быстро переходящим в вихревое движение.

При значениях Рейнольдсова числа более 3000 движение в основной толще газового потока практически всегда турбулентное.

Определим характер движения топочных газов в дымоходах ретортной обмуровки. Возьмем обмуровку, в которой реторта обогревается в условиях наиболее медленно движущихся газов. Такая обмуровка для горизонтальной реторты малой емкости изображена на рис. 1. Площадь решетки 0,4 м². Допуская напряжение решетки 100 кг/м² в час и количество дымовых газов при 100% избытке воздуха 7 м³/кг топлива, получим их секундное количество на одну сторону печи:

$$V_0 = \frac{100 \cdot 0,4 \cdot 7}{3600 \cdot 2} = 0,038 \text{ м}^3/\text{сек.},$$

условная скорость при 0° в максимальном сечении вверху печной камеры будет

$$W_0 = \frac{0,038}{3 \cdot 0,9} = 0,014 \text{ м/сек.},$$

удельный вес газов при 0°— $\gamma_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$. Диаметр потока газов найдем из соотношения $d = \frac{4f}{\pi}$, где f —сечение потока, π —периметр его, тогда

$$d = \frac{4 \cdot 3 \cdot 0,9}{3 \cdot 2 + 0,9 \cdot 2} = 1,38 \text{ м.}$$

Коэффициент внутреннего трения для газообразных продуктов сгорания топлива $\eta_0 = 0,000151 \text{ г/см сек.}$

При данной температуре $\approx 600^\circ$ η_t найдем по формуле Sutherland:

$$\eta_t = \eta_0 \frac{1 + \frac{c}{273}}{1 + \frac{c}{T}} \sqrt{\frac{T}{273}} = 0,000151 \frac{1 + \frac{173}{273}}{1 + \frac{273}{600 + 273}} \sqrt{\frac{600 + 273}{273}} \approx \\ \approx 0,00037 \frac{\Gamma}{\text{см/сек.}}$$

Если коэффициент внутреннего трения выражен в $\frac{\Gamma}{\text{см/сек.}}$, то для сохранения размерности W нужно брать в см/сек. , γ_0 — в г/см^3 , d — в см , тогда число Рейнольдса:

$$R_e = \frac{W_0 \gamma_0 d}{\eta_t} = \frac{1,4 \cdot 1,3 \cdot 138}{0,00037} \approx 670\,000.$$

Обычно в дымоходах числа Рейнольдса значительно большие. Таким образом при конструировании обмуровок необходимо учитывать, что движение газов всегда вихревое. В исключительных случаях оно может быть слоистым и то в виде кратковременного, неустойчивого состояния.

Связь между теплопередачей и трением газов. Как было выше указано, в ретортных печах теплопередача осуществляется главным образом путем конвекции. Теплопередача конвекцией или соприкосновением зависит от скорости движущихся газов.

Увеличивая скорость газов и увеличивая этим теплопередачу, одновременно увеличиваем и сопротивление движению газов. Таким образом передача тепла и напор газов, затрачиваемый на преодоление сопротивлений, тесно связаны между собой.

По закону О. Рейнольдса отношение количества теплоты, переданного стенкам конвекцией, ко всему теплу, содержащемуся в газах и передающемуся нагревающимся стенкам, равно отношению количества механической энергии, воспринятой стенкой от газа благодаря поверхностному трению ко всей кинетической энергии движущегося потока газа. Частица газа, достигая стенки нагреваемого тела, теряет свою скорость, отдавая стенке свою живую силу (кинетическую энергию), но одновременно частица передает и свою теплоту. В дальнейшем частица снова увлекается движущимся потоком газа, где вновь нагревается, воспринимая при этом кинетическую энергию от энергии всего потока и производя то, что называется трением.

Таким образом, чем больше сопротивлений имеют движущиеся газы, тем больше тепла передают они нагреваемой поверхности. Поэтому в ретортных обмуровках необходимо стремиться к тому, чтобы весь имеющийся в распоряжении напор, создаваемый тягой дымовой трубы, использовать наиболее эффективно, т. е. создавая максимальное сопротивление трения о поверхность реторты. Совершенно ясно, что все сопротивления трения, а также местные сопротивления, создаваемые вне поверхности нагрева реторты, должны быть сведены к минимуму.

Полезные и вредные сопротивления. Все сопротивления движению газов в обмуровке можно разделить на полезные сопротивления и вредные сопротивления. Последние создаются в шиберах, топоч-