

Доц. М.Г.Элиашберг

ВАРКА
СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ



МОСКВА

ГОСБУМИЗДАТ

1944 Г.



НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ
ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ И БУМАЖНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ТРУДОВЫХ РЕЗЕРВОВ
при СНК СССР

Доц. М. Г. ЭЛИАШБЕРГ

ВАРКА СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

ДОПУЩЕНО УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ СОВЕТОМ ГЛАВНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫХ РЕЗЕРВОВ В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО
ПОСОБИЯ ДЛЯ РЕМЕСЛЕННЫХ УЧИЛИЩ БУМАЖНИКОВ

3-е, переработанное издание

О Г Л А В Л Е Н И Е

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
Глава I. Получение сульфитной целлюлозы	
1. Что такое сульфитная целлюлоза	5
2. Схема производства сульфитной целлюлозы	10
Глава II. Материалы для варки целлюлозы	
1. Щепа	15
2. Варочная кислота	16
3. Пар	19
Глава III. Оборудование варочного отдела	
1. Силосы для щепы	21
2. Варочные котлы	22
Устройство варочного котла	26
Арматура варочного котла	29
3. Щежи	42
4. Подсобное оборудование варочного отдела	44
Уплотнители щепы	46
Установки для принудительной циркуляции щелока	49
Глава IV. Варка сульфитной целлюлозы	
1. Что происходит при сульфитной варке	51
Физические явления при сульфитной варке	51
Химические явления при сульфитной варке	60
2. Как надо варить целлюлозу	64
Оборот котла	64
Мертвое время	64
Оборот варки	73
Заварка	73
Варка	74
3. Ненормальное течение сульфитной варки	80
В котел закачано мало кислоты	80
Кислота для варки содержит слишком мало SO_2	81
В кислоте содержится слишком мало основания	81
В кислоте содержится слишком много основания	82
В кислоте содержится селен	82
Сдвуха газа начата слишком рано	83
Засорена сдвухочная сетка	83
Глава V. Организация работы в варочном отделе	85

— — — — —

Ответ. редактор **Г. В. ОВСЯНКИН.**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие является третьим изданием моей книги „Техминимум варщика сульфитной целлюлозы“.

Опыт показал, что книга может быть использована не только как пособие по техминимуму, но и для обучения учащихся ремесленных училищ, выпускающих варщиков сульфитной целлюлозы.

В связи с этим данное издание сокращено и несколько упрощено.

Изучение материала, изложенного в книге, должно проходить параллельно с практическим ознакомлением учащегося с работой варочного отдела. По возникающим у него на практике вопросам он найдет разъяснения в пособии и, таким образом, будет хорошо усваивать способы варки сульфитной целлюлозы.

В настоящем издании мной опущены главы по охране труда и технике безопасности в варочном отделе. Эти вопросы должны быть изучены учащимся по утвержденному технологическому режиму и инструкциям, вывешенным в каждом варочном отделе.

М. Г. ЭЛИАШБЕРГ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

1. Что такое сульфитная целлюлоза

Любое однолетнее или многолетнее растение состоит из отдельных спаянных друг с другом клеток.

Форма и размеры клеток различны в зависимости от их назначения и рода растения. Живые клетки, от которых зависит рост растения, имеют округлую форму и очень тонкие стенки. В противоположность им мертвые клетки, служащие, главным образом, для придания растению прочности, имеют продолговатую форму и толстостенны. Они представляют собой трубочки, заостренные с обоих концов. Эти мертвые клетки называют волокнами.

Ствол дерева состоит преимущественно из волокон. Они расположены вдоль ствола и своими суженными концами тесно переплетаются и перекрывают друг друга.

Стенки клеток состоят из целлюлозы — клетчатки. Химически чистая целлюлоза — клетчатка — представляет собой очень мягкий продукт снежно-белого цвета, жадно впитывающий воду. Образцом такой целлюлозы может служить очищенная гигроскопическая вата, которую вырабатывают из хлопка. Такую же чистую целлюлозу можно получить и из древесины. От очищенной хлопковой целлюлозы она будет отличаться лишь более короткими волокнами.

Несмотря на то, что стенки древесных волокон состоят из целлюлозы, извлечение последней в чистом виде сопряжено с очень большими трудностями. Объясняется это тем, что целлюлозе в древесине сопутствуют еще другие вещества, главным образом, лигнин и гемицеллюлозы. Они связаны с целлюлозой и распределены в древесине таким образом, что полное извлечение их, без повреждения самой целлюлозы, возможно лишь при очень осторожной и многократной обработке древесины различными химическими средствами.

Сульфитной целлюлозой называют продукт, получающийся в результате варки измельченной в щепу еловой древесины с водным раствором кальциевой или другой соли сернистой кислоты.

Полученная после варки целлюлоза существенно отличается от чистой целлюлозы — клетчатки, так как в ней содержится еще большое количество **инкрустирующих веществ** (так называют лигнин, гемицеллюлозы и другие вещества, вместе с целлюлозой входящие в состав древесины).

Волокна этой целлюлозы, если не подвергнуть ее специальной отбелке, остаются довольно жесткими и не имеют белой окраски. Для производств, перерабатывающих сульфитную целлюлозу химическим путем (для получения искусственного шелка, лаков, целлулоида и т. п.), небеленая целлюлоза непригодна, но она оказывается вполне подходящей для производства низких сортов бумаги.

Чтобы такую целлюлозу облагородить, ее обрабатывают раствором хлорной извести. При этом удаляется значительное количество инкрустирующих веществ, благодаря чему целлюлоза становится мягче и белее.

Беленая сульфитная целлюлоза пригодна для производства хорошей бумаги, но еще не вполне удовлетворяет отрасли промышленности, перерабатывающие целлюлозу химическим путем. Для удовлетворения этих потребителей в последнее время целлюлозу подвергают дальнейшему облагораживанию газообразным хлором, щелочью, сернистой кислотой и др. В конечном итоге, в зависимости от интенсивности обработки, получают целлюлозу, приближающуюся к чистой клетчатке, и даже почти совершенно чистую клетчатку.

Отбелка и облагораживание целлюлозы не входят в обязанности варщика, и поэтому на этих вопросах мы останавливаться не будем.

От варщика зависит качество небеленой сульфитной целлюлозы.

По утвержденному Общесоюзному стандарту небеленую сульфитную целлюлозу подразделяют на четыре сорта:

- а) жесткую (марка Ж) для газетных, писчих и печатных бумаг № 3;
- б) среднюю (марка С) для масленки, мунштучной, курительной и других им подобных бумаг;
- в) мягкую высокосортную (МВ) для высокой отбелки;
- г) мягкую обычную (МО) для обычной отбелки.

Кроме того, обычно выделяют еще целлюлозу особо жесткую, идущую на приготовление подпергаментной бумаги и пергамина, и мягкую вискозную, облагораживаемую затем для производства, перерабатывающих целлюлозу химически.

Жесткость целлюлозы—понятие условное, определяющее степень провара целлюлозы, т. е. в какой степени удалены из целлюлозы инкрустирующие вещества (главным образом, лигнин).

Жесткость целлюлозы определяют по количеству хлора¹ или перманганата (марганцево-кислого калия²), израсходованного за определенный промежуток времени на отбелку определенного же количества целлюлозы. Эти вещества (хлор, перманганат) расходуются на разрушение лигнина.

Физические состояния жесткости и мягкости целлюлозы довольно близко соответствуют степени ее провара. Таким образом, уже наощупь варщик получает относительное представление о проваренности целлюлозы и ее жесткости.

Предварительное суждение о жесткости сваренной целлюлозы может быть получено также при помощи пятна, образующегося на целлюлозе, если на нее капнуть раствором хлорной извести (1-процентным раствором). На жесткой целлюлозе появляется кирпично-красное пятно. На мягкой целлюлозе — бледнорозовое, быстро исчезающее окрашивание.

Для более точного определения жесткости целлюлозы у нас применяют способ Бьеркмана или Зиберы³.

Очень существенным качеством небеленой целлюлозы является прочность ее волокон.

У жесткой целлюлозы волокна обычно значительно прочнее, чем у мягкой. Происходит это оттого, что в волокнах жесткой целлюлозы остается еще довольно большое количество инкрустирующих веществ, которые предохраняют целлюлозные стенки волокон от разрушения во время варки.

В мягкой целлюлозе, из которой при варке извлечено большое количество инкрустирующих веществ, стенки волокон уже довольно сильно повреждены и, таким образом, прочность волокон ослаблена. Если бы вместе со щепой мы сварили в котле некоторое количество уже готовой целлю-

¹ В способе Зиберы.

² В способе Бьеркмана.

³ См. приложение 1, стр. 87. Подробное описание этих способов приведено в книге К. Швальбе и Р. Зиберы „Химический производственный контроль в целлюлозной и бумажной промышленности“.

лозы, то увидели бы, что после варки эта целлюлоза была совершенно разрушена.

В тех случаях, когда нужно получить волокна мягкой целлюлозы прочными, что очень существенно для вискозной целлюлозы, варку проводят при низких температурах. Такие же условия варки должны соблюдаться при приготовлении особо прочных средней и жесткой целлюлоз и жесткой целлюлозы для подпергаментной бумаги.

Существенной характеристикой качества небеленой сульфитной целлюлозы является также ее сорность.

Сорность целлюлозы определяется подсчетом количества соринки в освещенном снизу сыром листе целлюлозы. Количество соринки подсчитывается с обеих сторон листа и относится к площади в 1 м².

По ОСТ допускается сорность:

- 1) для целлюлозы Ж: для газетных бумаг—4000 сор./м²;
для печатных бумаг—3000 сор./м²;
- 2) для целлюлозы С и МО — 3000 сор./м²;
- 3) для целлюлозы МВ и вискозной — 2500 сор./м².

Сорность целлюлозы может в значительной степени зависеть от работы древесного, кислотного и очистного отделов. Низкое качество щепы, загрязненная кислота, плохое сортирование целлюлозы нередко являются причинами выпуска заводом сорной целлюлозы. Сорность целлюлозы зависит, главным образом, от работы варочного отдела.

Сор появляется в целлюлозе при неравномерном проваре щепы в котле, при подгаре (обуглившиеся щепочки) и при переваре. При выдувке массы из котла и при перекачке ее насосами в очистной отдел щепочки и размягченные сучки измельчаются и дают многочисленный сор.

Сор, образующийся в варочном отделе, в большинстве случаев можно отличить от сора, поступающего из древесного и кислотного отделов. Сор варочного отдела имеет характер **костры** и подгоревших щепочек — **жучков**. В редких случаях здесь может появиться сор еще от образования в котле гипса.

Качество небеленой целлюлозы определяется также содержанием в ней смолы.

Высокое содержание в целлюлозе смолы затрудняет выработку из нее бумаги, создавая **смоляные затруднения** на бумагоделательных машинах. Смолистая целлюлоза создает значительные затруднения и на самом целлюлозном заводе,

при ее обработке в очистном, отбельном и сушильном отделах.

Во время варки содержание смолы в щепе почти не уменьшается. Варочная кислота на смолу не действует. Точно так же весьма слабое действие оказывает на смолу белильный раствор.

Смола удаляется из целлюлозы при тщательной промывке ее водой. Особенно хорошие результаты могут быть получены при промывке целлюлозы горячей водой.

Смола в воде не растворяется, а лишь механически отделяется ею от волокна. Во время варки смола освобождается из щепы и распределяется в щелоке. При охлаждении массы в щепе и при фильтрации через нее щелока большая часть смолы снова прилипает к волокнам. Промывка удаляет значительную часть этой смолы. Горячая вода дает лучшие результаты потому, что при нагреве смолы клейкость ее уменьшается, и, таким образом, она легче отделяется от целлюлозы.

Чтобы целлюлозу освободить от смолы полностью, ее нужно обработать раствором щелочи. Этот способ применяется при облагораживании целлюлозы для ее химической переработки.

По ОСТ в небеленой целлюлозе допускается содержание смолы в 1,2%.

Причем имеется в виду та часть смолы, которая может быть извлечена из целлюлозы при обработке ее эфиром.

К небеленой целлюлозе, предназначенной (после ее отбелики) для переработки химическим путем, предъявляют еще требования в отношении содержания альфа-целлюлозы, медного числа и вязкости приготовленного из нее ксантогенатного раствора.

Альфа-целлюлозой условно называют ту часть целлюлозы, которая не растворяется в 17,5-процентном растворе едкого натра (NaOH). В небеленой целлюлозе должно быть не менее 88% альфа-целлюлозы.

Медное число характеризует степень поврежденности (степень разрушения) целлюлозы. Чем больше повреждены волокна, тем больше их восстановительная способность и тем больше они выделяют меди из так называемой феллинговой жидкости.

Химически чистая и неповрежденная клетчатка совершенно не выделяет меди из феллинговой жидкости, и ее медное число равно нулю.

Для небеленой целлюлозы допускается медное число не выше 1,7.

Вязкость целлюлозы определяют по скорости падения стального шарика в вязком растворе целлюлозы.

Для приготовления вязкого раствора целлюлозу обрабатывают 17,5-процентным раствором едкого натра, затем избыток щелочи отжимают и целлюлозу подвергают действию паров сероуглерода. После такой обработки образовавшееся химическое соединение целлюлозы и сероуглерода — **ксантогенат** — растворяется в разведенной щелочи. Полученный раствор называют ксантогенатным или вязким.

Вязкость выражают в условных единицах — **миллипуазах**. Небеленая вязкая целлюлоза должна иметь вязкость не менее 300 миллипуаз.

2. Схема производства сульфитной целлюлозы

Основными материалами для производства сульфитной целлюлозы являются еловая древесина, колчедан или сера, известковый камень, хлор и вода.

Из колчедана, серы, известняка и воды готовится необходимая для процесса варки **сульфитная кислота**. Из негашеной извести, хлора и воды готовится раствор для отбеливания целлюлозы (рис. 1).

Подготовка древесины (до ее измельчения в щепу). Древесина, поступающая на предприятие в виде бревен, очищается от коры и складывается в штабеля на специальном складе, называемом **лесной биржей**. Здесь она выдерживается в течение нескольких месяцев (часто больше года); при вылеживании древесина просыхает и в ней уменьшается содержание смолы. В сульфит-целлюлозном производстве это последнее обстоятельство очень существенно.

Иногда древесину держат на лесной бирже в виде коротья. В этом случае при поступлении на склад древесина очищается от коры, распиливается на поленья (**балансы**) длиной 1—1,25 м и затем насыпается в огромные кучи.

Измельчение древесины. Очищенные от коры балансы подаются конвейером в рубительную станцию (древесный отдел), где измельчаются в мелкую щепу. Размер щепочек примерно 20 × 25 × 3 мм.

Измельчение производится в рубительной машине, представляющей собой вращающийся на горизонтальном валу массивный диск с выступающими над его поверхностью но-

жами. Балансы подводятся в рубительную машину под углом в 60° к диску. Ножи диска отрубают от балансов косые кружки, разбивающиеся затем в щепу.

Щепа должна быть однородной по размерам, поэтому перед транспортировкой в варочный отдел щепу пропускают через сортировки. Крупная щепа, мелочь и опилки при сортировании отделяются. Их используют как топливо или для приготовления низких сортов целлюлозы.

Сортированная щепа подается транспортером в большие воронки — силосы, где создается запас щепы для варочных котлов. Силосы устраивают непосредственно над варочными котлами или внизу, недалеко от древесного отдела. В последнем случае щепа из силосов подается в варочный отдел широким ленточным транспортером, рассчитанным на быстрое заполнение котлов щепой.

Кислота для варки готовится в кислотном и варочном отделах и в регенерационной установке. Варочная кислота

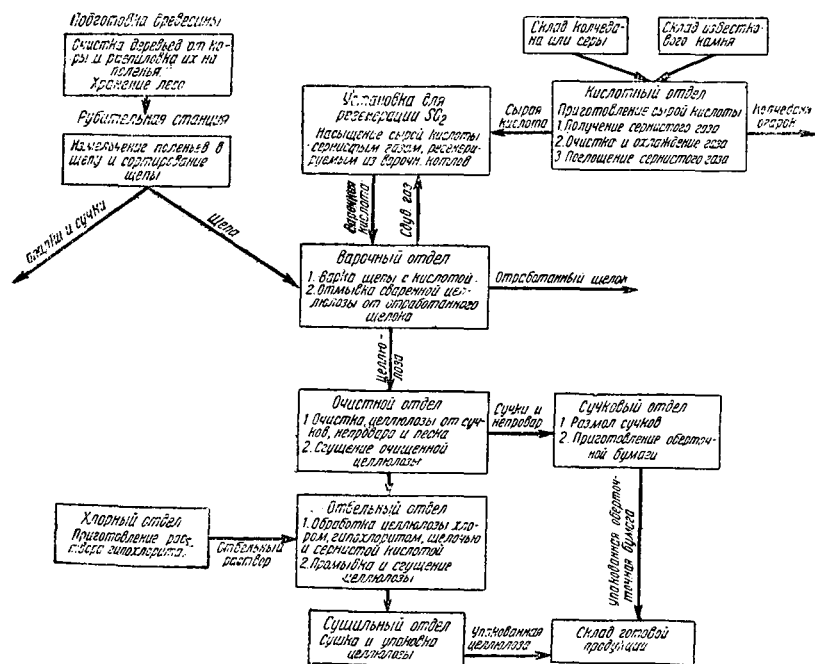


Рис. 1. Схема производства сульфитной целлюлозы

представляет собой раствор сернистого газа SO_2 и кальциевой соли сернистой кислоты $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ (бисульфита кальция) в воде.

Кислота,готавливаемая в кислотном отделе и называемая **сырой** или **турменной**, отличается от варочной кислоты, главным образом, меньшим содержанием сернистого газа. В сырой кислоте его содержится 2,8—3,2%, в варочной же—около 5% и в последнее время доходит до 10—12%.

Для приготовления турменной кислоты сернистый газ, получаемый при сжигании серы или колчедана, растворяют в воде в присутствии известняка или гашеной извести.

Сжигается колчедан при большом избытке воздуха, вследствие чего получающийся печной газ очень разбавлен: в нем содержится всего лишь 7—10% сернистого газа. При сжигании серы концентрация печного газа доходит до 14—20%.

Печной газ очищают от пыли (при сжигании колчедана) и химических примесей (серного ангидрида SO_3 и селена Se), охлаждают и затем нагнетают вентилятором в поглотительные башни.

Крепость получаемой кислоты зависит от концентрации газа. При 7% SO_2 в газе и при температуре поглощающей воды 10°C, можно получить кислоту крепостью 3,2—3,3% SO_2 с содержанием в ней 1% CaO. При 18% SO_2 в газе и при тех же прочих условиях можно получить кислоту с крепостью 4,2—4,4% SO_2 .

Эти данные приведены для поглощения газа под атмосферным давлением. В последнее время на американских целлюлозных заводах применяют поглощение газа, получаемого в серных печах, под давлением выше атмосферного (до 1 рабочей атмосферы). Благодаря этому в кислотном отделе получают кислоту, содержащую до 6% SO_2 при 1% CaO.

Варочная кислота получается в регенерационной установке. В работе регенерационной установки одновременно участвуют кислотный и варочный отделы. Сырая кислота насыщается здесь крепким газом, сдуваемым из котлов во время варки щепы. В этом сдувочном газе содержится до 90% сернистого газа. В наиболее совершенных установках насыщение кислоты газом ведется под давлением до 3,5 ат. Одновременно с насыщением кислоты сернистым газом происходит ее нагревание до 80°C. В варочные котлы кислота закачивается центробежным насосом.

Варка целлюлозы. Варочные котлы доверху загружаются щепой и затем заполняются кислотой. Варка производится под давлением в 5—5,5 ат. Продолжительность варки зависит от ее режима, состава варочной кислоты и сорта получаемой целлюлозы. В зависимости от условий варка может продолжаться от 5 до 12 час. Наивысшая температура варки составляет от 130 до 160°Ц.

Такой температуры во время варки достигают не сразу. Первый период варки, называемый **заваркой**, проводят при сравнительно низких температурах (до 110°Ц); в это время происходит интенсивное пропитывание щепы кислотой. Затем температуру повышают, и начинается собственно варочный процесс.

За процессом варки наблюдают при помощи контрольно-измерительных приборов и анализа проб щелока, отбираемых во время варки.

В новейших установках всю контрольную аппаратуру делают самозаписывающей и соединяют ее с аппаратом для регулирования процесса варки. Перед началом варки в регулируемую аппаратуру вставляют алюминиевый шаблон кривой, по которой надо вести варку; весь процесс варки протекает тогда автоматически, без вмешательства человека.

По окончании варки содержимое котла выдувают в просторное помещение с ложным фильтрующим полом, называемое **сджежей**. В сджеже происходит отцеживание отработанного щелока от целлюлозы и промывка целлюлозы водой. Отцеженный щелок перекачивают в баки и используют для приготовления спирта, дрожжей и дубильных веществ.

Промытую массу размывают в сджеже водой и затем перекачивают насосами в очистной отдел. Для предотвращения засорения массы **непроваром**, разбивающимся, при прохождении через насос, в мелкую костру, в последнее время перед подачей массы к насосу ее пропускают через сортировки со щелями, шириной 1—1,5 мм.

Во время выдувки из котла вместе с массой в сджежу поступает большое количество сернистого газа и пара, которые в большинстве случаев выпускают в атмосферу. В последнее время их отводят в деревянные колонки—абсорберы, заполненные насадкой, по которой стекает вода, подаваемая в верхнюю часть колонок. При соприкосновении с паром вода нагревается до 80—90°Ц. Ее используют для промывки массы в сджежах.

Сернистый газ в горячей воде не поглощается, а потому он отводится из верхней части абсорберов в специальные поглотительные турмы, устанавливаемые в кислотном отделе.

В **очистном отделе** целлюлоза освобождается от сучков, непроваренных щепочек, пучков волокон и песка. Все операции механической очистки целлюлозы производятся при сильном разбавлении ее водой. В процессе очистки целлюлоза проходит через ряд сортировок с постепенно уменьшающимися отверстиями (круглыми или щелевыми) и длинный канал с поперечными перегородками — песочницу.

Отсортированная масса освобождается от избытка воды на сгустительных барабанах или вакуум-фильтрах и затем перекачивается в виде жидкой массы в отбелный отдел.

Отделенные при сортировании сучки и пр. перекачиваются в сучковый отдел, где они размалываются и перерабатываются в оберточную бумагу или картон.

В **отбелном отделе** целлюлоза обрабатывается химическим путем. В зависимости от требований, предъявляемых к беленой целлюлозе, определяется и характер обработки.

При приготовлении обычной **беленой целлюлозы** отбелка производится раствором гипохлорита кальция CaOCl_2 . Этот раствор готовится в хлорном отделе из жидкого хлора и взмученной в воде гашеной извести (известковое молоко).

При изготовлении высококачественной беленой целлюлозы применяется более сложная обработка: целлюлоза последовательно обрабатывается хлорной водой, щелочью, раствором гипохлорита кальция, сернистой кислотой и, наконец, гипохлоритом натрия. После каждой из указанных обработок следует тщательная промывка теплой и холодной водой и затем сгущение массы на вакуум-фильтрах. Затем целлюлоза пропускается через плоские сортировки с очень мелкими щелевыми отверстиями и через песочницу. В результате такой обработки удается получить почти чистую клетчатку с содержанием до 98,5% альфа-целлюлозы.

Отбеленная целлюлоза перекачивается в сушильный отдел. Здесь она обезвоживается, высушивается, нарезается на листы и упаковывается в кипы.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Для проведения сульфитной варки нужно иметь щепу, варочную кислоту и пар. От качества перечисленных материалов зависят ход варки и ее результаты.

1. Щепа

Щепа для варки должна быть нарублена из здоровой еловой древесины¹, тщательно очищенной от коры.

Щепа должна быть вполне **однородной по размерам и влажности**. Желательный размер щепы $20 \times 25 \times 3$ мм.

Оставшиеся на щепе кусочки коры так же, как и гниль, влекут за собой загрязнение получаемой целлюлозы.

Сорность целлюлозы значительно возрастает также в тех случаях, когда вместе с хорошей щепой в котел попадают опилки и мелкие щепочки — иглы. Опилки и иглы обычно имеют повышенное содержание смолы, что мешает им развариваться в котле. Из-за своей малой величины они не задерживаются сортировками очистного отдела и остаются в целлюлозе в виде костры.

Повышение сорности целлюлозы имеет место и в тех случаях, когда в хорошую щепу попадает много крупных щепок. Они не успевают полностью провариться и, разбиваясь затем в насосе и сортировках, образуют сор. То же самое происходит, когда в котел подается щепа разнородной влажности.

Для успешного хода варки необходимо, чтобы **щепа хорошо пропиталась кислотой**.

¹ Для производства сульфитной целлюлозы, кроме ели, могут употребляться также пихта, осина и тополь. Целлюлоза, полученная из пихты, по качеству не отличается от целлюлозы из ели, но выход ее меньше. Пихта легче ели, в связи с чем в котел помещается меньше щепы по весу. Из осины и тополя получается коротковолокнистая целлюлоза.

Длина волокон ели, пихты и других хвойных пород деревьев 3—3,5 мм. Длина волокон осины, тополя и других лиственных пород 1—1,25 мм.

Сосна и другие смолистые породы для сульфитной варки не применяются, так как приготовленная из них щепа не пропитывается кислотой.

В сухую щепу¹ кислота проникает быстрее, чем в сырую, поэтому сухая щепка варится быстрее, чем сырая. Кроме того, проникая в сырую щепу, в которой полости волокон заполнены водой, кислота разбавляется, и действие ее во время варки ослабевает.

2. Варочная кислота

Для того чтобы извлечь целлюлозу из дерева, необходимо растворить сопровождающие ее лигнин и гемицеллюлозы.

Лигнин растворяется в сернистой кислоте и в растворах ее солей.

Гемицеллюлозы (пентозаны и гексозаны) могут быть переведены в растворимое состояние после обработки их кислотами. В результате такой обработки, называемой гидролизом, гемицеллюлозы расщепляются на простые, растворимые в воде сахара. Чем активнее кислота, тем сильнее ее гидролизующее действие.

При воздействии на древесину активных кислот (серной, соляной и др.), гидролиз происходит настолько бурно, что вместе с гемицеллюлозами разрушается и целлюлоза. Во избежание подобных явлений при извлечении целлюлозы из дерева, гемицеллюлозы должны гидролизоваться слабыми кислотами. Для этой цели вполне подходит сернистая кислота (раствор сернистого газа в воде).

Таким образом, при действии сернистой кислоты из древесины могут быть удалены и лигнин и гемицеллюлозы.

Растворяясь в сернистой кислоте, лигнин образует с ней очень активную **лигносульфовую кислоту**. Как и другие активные кислоты, лигносульфовая кислота ускоряет гидролиз гемицеллюлоз, но вместе с тем разрушает и самую целлюлозу.

Для предотвращения разрушающего действия лигносульфовой кислоты к сернистой кислоте прибавляют некоторое количество основания, обычно в виде извести CaO .

Это основание растворяется в сернистой кислоте H_2SO_3 , образуя с ней кислую соль, называемую **бисульфитом кальция** $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$. Так как образующаяся во время варки лигносульфовая кислота гораздо сильнее сернистой, она извлекает основание (CaO) из бисульфита и таким образом нейтрализуется.

¹ С влажностью 30 — 35 %.

При приготовлении варочной кислоты нужно следить за тем, чтобы количество добавляемого к сернистой кислоте основания было достаточно для нейтрализации всей образующейся лигносульфоновой кислоты. Однако к сернистой кислоте нельзя прибавлять и слишком много основания, потому что тогда во время варки древесины не будет (или почти не будет) происходить кислотного гидролиза и гемицеллюлозы не будут удалены.

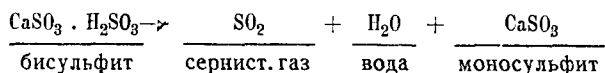
Кроме того, при избытке кальциевого основания оно во время варки осаждается в виде нерастворимой в воде средней соли сернистой кислоты — **моносulfита кальция** CaSO_3 . Осадок может закупорить поры (отверстия в щепе) и, прекратив, таким образом, проникновение кислоты в щепу, испортить варку.

Обычно в варочной кислоте содержится от 0,7% до 1% CaO . Это количество основания связывает в виде средней соли сернистой кислоты — моносulfита кальция CaSO_3 — от 0,8 до 1,14% SO_2 .

Моносulfит кальция в воде нерастворим, но растворяется в сернистой кислоте с образованием ее кислой соли — бисульфита $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$.

При указанных выше количествах основания (от 0,7 до 1% CaO) в виде бисульфита будет связано от 1,63 до 2,29% SO_2 .

Половина сернистой кислоты связана в бисульфите непрочно и при нагревании раствора выделяется в виде сернистого газа: при этом в осадок выпадает моносulfит CaSO_3 :



Часть SO_2 , непрочно связанного в бисульфите, называют полусвободным.

SO_2 , находящийся в моносulfите CaSO_3 , называют связанным SO_2 .

Понятие «полусвободный SO_2 » обычно не употребляют. Его включают в общее название свободного SO_2 , объединяющее эту часть SO_2 и часть SO_2 , находящуюся в растворе в виде сернистой кислоты H_2SO_3 .

Таким образом, состав варочной кислоты определяется в процентах:

содержанием основания (CaO),
содержанием связанного SO_2 (в виде CaSO_3),

содержанием свободного SO_2 (в виде H_2SO_3),
содержанием всего SO_2 (свободного и связанного)¹.

Процентное соотношение между содержанием свободного и всего SO_2 определяет **активность варочной кислоты**. Нормальным считается отношение свободного SO_2 ко всему SO_2 , равное 80—85%.

В последнее время это отношение доводят до 90—95%, при общей крепости кислоты в 8,5 и даже 12% всего SO_2 .

Для интенсивного течения варочного процесса кислота должна иметь не менее 5—5,5% всего SO_2 при 0,8—0,9% CaO .

При распространенных у нас режимах варки содержание CaO в кислоте не должно быть ниже 0,7%. Содержание CaO может быть уменьшено только в тех случаях, когда наивысшая температура варки не превышает 130°C.

В целях сокращения расхода пара на варку и ускорения пропитывания щепы, температуру кислоты желательно иметь возможно более высокой.

В практике американских заводов при крепости кислоты в 8,5% всего SO_2 температура ее составляет 80°C. Такая кислота должна содержаться в закрытых резервуарах под давлением в 3,5 ат.

При потреблении варочной кислоты следует обращать внимание не только на содержание в ней сернистого газа и основания и на ее температуру, но и на ее чистоту. Кислота должна быть совершенно свободна от химических и физических загрязнений.

Степень освобожденности кислоты от физических загрязнений (взвешенные частицы — муть) характеризуется ее **прозрачностью**. Если кислота мутная, то перед поступлением в регенерационные резервуары она должна быть профильтрована через песочные фильтры.

Химические загрязнения в кислоте (селен, сера, полиитионаты) могут быть обнаружены только посредством химического анализа.

Наиболее опасной примесью в кислоте является **селен**. Присутствие в кислоте ничтожных количеств селена (0,7 г в 1 м³ кислоты) приводит к полной порче варки.

Селен попадает в кислоту при недостаточной очистке газа, вырабатываемого в колчеданных печах (или в серных печах, если в последних сжигается сера, полученная из сернистого колчедана).

¹ Часто об SO_2 говорят в женском роде, подразумевая сернистую кислоту; при этом говорят: вся SO_2 , свободная SO_2 , связанная SO_2 .

Присутствие селена в кислоте может быть обнаружено кипячением пробы варочной кислоты с соляной кислотой. Появление розовой окраски раствора указывает на присутствие селена.

Сера, как и селен, оказывает на варку вредное действие, но в 500 раз слабее его. Сера образуется в котле во время варки, вследствие разложения так называемых **политионатов** в виде кальциевых солей кислот дитионовой $H_2S_2O_6$, тритионовой $H_2S_3O_6$ и др. Эти кислоты в свою очередь получают в котле из варочной кислоты, особенно в том случае, если в ней содержится много основания. Чем больше свободного сернистого газа в варочной кислоте, тем меньше образуется в ней политионовых кислот.

Присутствие в кислоте политионатов (и тиосульфата) может быть установлено путем взбалтывания пробы кислоты с небольшим количеством твердой порошкообразной хлорной ртути (до исчезновения запаха сернистого газа). Появляющееся через некоторое время помутнение кислоты указывает на присутствие политионатов.

Еще проще способ, предложенный Ю. Н. Конопацким. Отдельные пробы щелока титруются: одна раствором иода, а другая — раствором хлорной извести. Иодом политионаты почти не титруются, хлорная же известь их окисляет. По разности результатов титрований судят о количестве политионатов в щелоке.

3. Пар

Качество водяного пара оказывает на варку большое влияние.

При непосредственном вводе пара в котел (при **прямой варке**) пар должен иметь давление 7 рабочих атмосфер и температуру $220^{\circ}C$.

Это **перегретый** пар. Насыщенный пар, т. е. пар, получающийся при кипении воды, имеет при разных давлениях следующие температуры:

При давлении в 1 абс. атмосфере или 0 рабочих атмосфер					$100^{\circ} C$.	
" "	2	"	"	1	" "	$120^{\circ} C$.
" "	3	"	"	2	" "	$134^{\circ} C$.
" "	4	"	"	3	" "	$144^{\circ} C$.
" "	5	"	"	4	" "	$152^{\circ} C$.
" "	6	"	"	5	" "	$159^{\circ} C$.
" "	7	"	"	6	" "	$165^{\circ} C$.
" "	8	"	"	7	" "	$170^{\circ} C$.

Перегретый пар содержит несколько больше тепла, чем насыщенный (при указанных условиях на 5%), и потому его меньше расходуется во время варки. Соответственно варочная кислота меньше разбавляется конденсирующимся паром.

Слишком высокий перегрев пара допускать нельзя, так как при этом в местах поступления пара в котел может происходить разложение кислоты (гипсация).

В тех случаях, когда варка производится **непрямым** способом, т. е. когда кислота непосредственно не соприкасается с паром (в установках для непрямого подогрева кислоты), употребляют насыщенный пар с давлением в 4 рабочих атмосферы, с температурой 152°C.

Насыщенный пар применяют потому, что он обладает лучшей теплоотдачей, чем перегретый пар. Высокая температура пара не допускается, так как вызывает образование гипсовой корки на соприкасающейся с кислотой поверхности трубок подогревателя.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОБОРУДОВАНИЕ ВАРОЧНОГО ОТДЕЛА

Оборудование варочного отдела состоит из силосов для щепы, варочных котлов и сжег для массы. Это — основное оборудование. Кроме него, имеются подсобные агрегаты: транспортеры и элеваторы для щепы, краны для крышек варочных котлов, уплотнители щепы, циркуляционные установки, парораспределительные устройства, кислото-, паро- и газопроводы, массные и водяные насосы и некоторые другие.

1. Силосы для щепы

На большинстве наших сульфит-целлюлозных заводов силосы (бункеры) расположены над варочными котлами. Сделаны они из железобетона, а на некоторых предприятиях из дерева.

Обычно для каждого котла имеется отдельный силос. Емкость силоса рассчитывают таким образом, чтобы она соответствовала удвоенной емкости обслуживаемого котла.

Основное требование, предъявляемое к силосу, — возможность быстрой его разгрузки.

Для того чтобы щепа в силосе не задерживалась, необходимо придать его стенкам достаточный наклон — не менее 55°. Весьма важным является также состояние внутренней поверхности силоса: она должна быть возможно более гладкой. В деревянных силосах стенки внутри тщательно выстругивают или обивают железом, бетонные силосы изнутри железнят (затирают поверхность бетона цементом).

Над загрузочной горловиной котла в силосе делают широкое отверстие. Его закрывают задвижкой, снабженной зубчатой передачей.

Сухая и однородная щепа высыпается из силоса очень легко. Сырая щепа часто застревает. Ее приходится шевелить снизу железными шестами или веревкой, пропущенной сверху через весь силос. Иногда для этой цели используют пар или

сжатый воздух, подведенные в нескольких местах в нижней части силоса. Особенно сильно щепа застревает в силосе, когда в ней имеется много мелочи и длинных щепок — лучины. Сырая щепка зимой вызывает наибольшие затруднения: при низкой температуре она довольно быстро смерзается в силосе. В этом случае для предотвращения затруднений с загрузкой котла силос заполняют щепой лишь незадолго до загрузки.

В последнее время силосы для щепы большей частью не делают над варочными котлами. Их устанавливают на уровне земли недалеко от рубительной станции. Такие силосы делают из дерева; емкость силоса рассчитана на 2—4-суточный запас щепы. Внутри он разделен поперечными перегородками на два или три отсека. В нижней его части по всей длине имеются разгрузочные отверстия, в которых установлены вращающиеся подающие механизмы. Вдоль бункера (силоса) проходит широкий ленточный транспортер, подающий щепу в загрузочное помещение варочного отдела. Ширину ленты и скорость ее движения рассчитывают таким образом, чтобы котел можно было загрузить щепой за 10—15 мин. Подающие механизмы включает в работу и останавливает варщик непосредственно из варочного отдела.

2. Варочные котлы

Варочный котел изготавливают из железа; от действия кислоты его защищают изнутри **кислотоупорной обмуровкой**. Для загрузки котла щепой и выпуска из него сваренной массы в верхней и нижней частях котла имеются отверстия. Кроме того, в котле имеются отверстия для закачки кислоты, ввода пара, выпуска отдувочных газов и жидкости и для установки измерительной аппаратуры. Ко всем отверстиям в котле присоединяется арматура. Непосредственно к кожуху у котла прикрепляют арматуру из обыкновенной стали; в местах соприкосновения с кислотой ставят арматуру из кислотоупорной стали или бронзы.

Форма и размеры работающих варочных котлов очень различны. Весьма различны также объемы применяемых котлов, колеблющиеся от 40 до 400 м³. Все современные варочные котлы устанавливают вертикально. Форма всех котлов, поставленных у нас в годы пятилеток, одинакова¹ (рис. 2):

¹ Кроме котлов Сяньского комбината.

емкость их — от 110 до 280 м³, средняя часть их цилиндрическая, низ и верх конические или полусферические.

Котлы отличаются друг от друга соотношением их высоты к диаметру. В Европе их изготовляют с большим диаметром и сравнительно невысокие. Отношение высоты к диаметру у них составляет 2,1—2,3. В Америке котлы делают вытянутыми вверх, и там указанное отношение доходит до 4. У нас принят промежуточный тип котла с отношением высоты

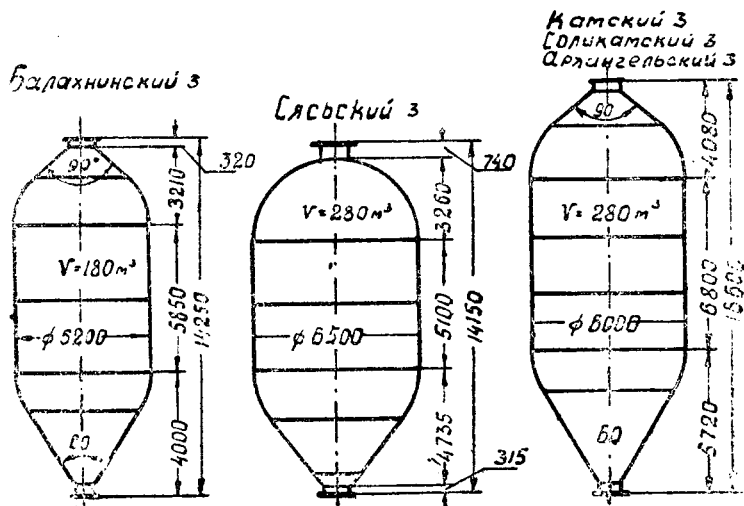


Рис. 2. Форма и размеры современных варочных котлов

к диаметру, равным 2,7—2,8. Верхняя и нижняя части его конические, причем верхний конус имеет такой же угол, как и у американских котлов, и равен 90°, нижний же конус острее и имеет 60°. Заострение нижнего конуса облегчает выпуск массы и улучшает прогрев в нижней части котла.

Чрезвычайно важным является **равномерное распределение температуры** в котле. От этого зависит однородность провара массы в разных участках котла.

Равномерное распределение температуры в варочном котле может быть достигнуто только при условии применения **принудительной циркуляции щелока** в котле во время варки. До применения устройства для принудительной циркуляции щелока эту задачу более или менее удовлетворительно разре-

шали подведением пара в плохо прогреваемые участки и соответствующим режимом варки.

Неравномерность распределения температуры в котле наглядно показана на диаграмме (рис. 3). Здесь приведены дан-

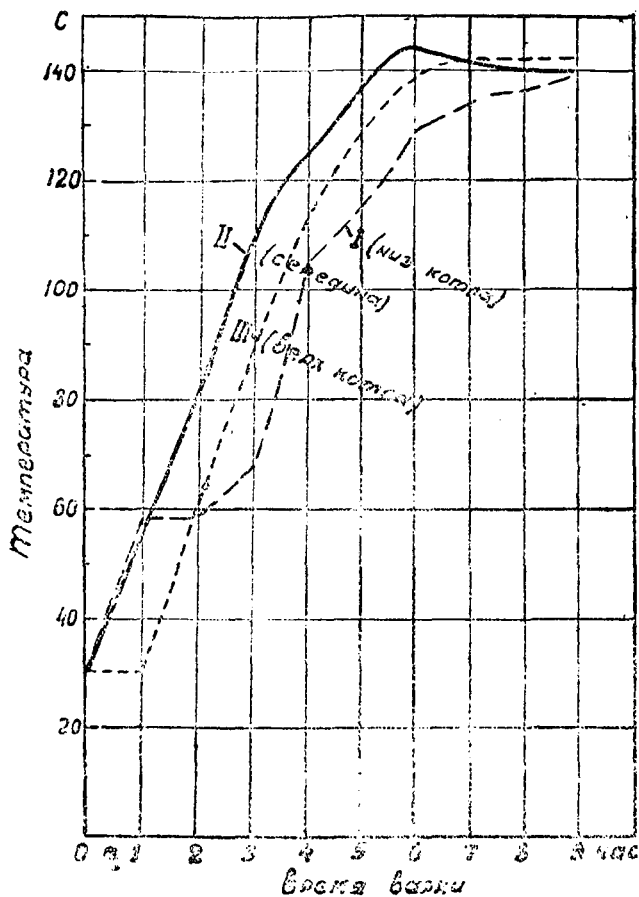


Рис. 3. Распределение температуры в котле

ные для американского котла емкостью 310 м³. Пар поступал только через вершину нижнего конуса.

Из диаграммы видно, что наиболее высокая температура получается в средней части котла. Внизу иверху темпера-

тура значительно ниже, причем к концу варки она почти выравнивается во всем котле. В верхней части котла температура возрастает много быстрее, чем в нижней, но она более низкая, чем в середине. На третьем часу варки температура внизу 65° , вверху — 85° , а в середине она достигает уже 105° .

Объяснение такого распределения температуры мы получим из рис. 4,а.

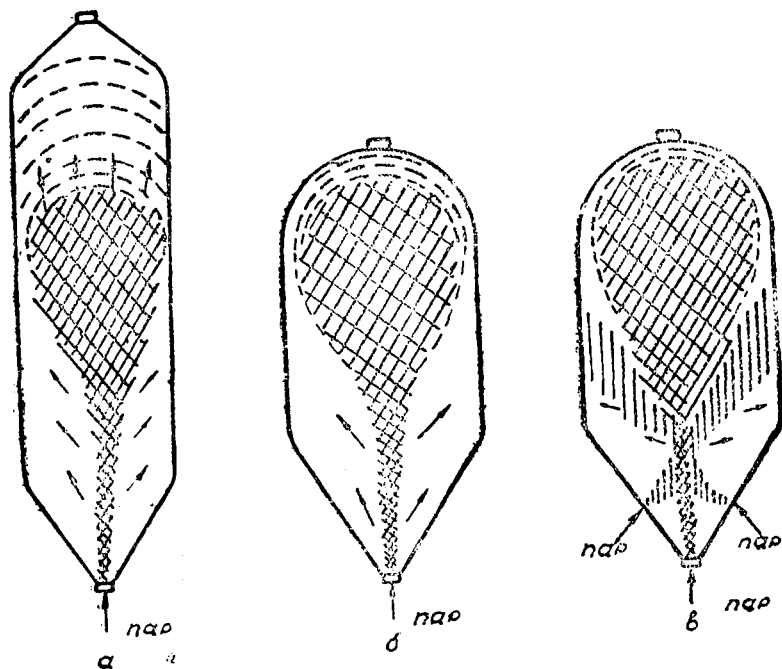


Рис. 4. Распределение тепла в варочном котле

Струя пара проходит в нижней части котла под большим напором и расширяется только к середине котла. Таким образом, именно здесь происходит наибольший прогрев массы. Кверху котла в первые часы варки доходит сравнительно небольшое количество тепла. В дальнейшем благодаря тому, что нагретая жидкость легче холодной, она поднимается кверху, повышая температуру в верхней части котла. Наиболее плохо прогревается низ котла, так как здесь температура повышается, главным образом, за счет передачи тепла от

более нагретой жидкости, находящейся в центральной (осевой) и средней частях котла.

Такое распределение тепла мы наблюдаем у высоких и сравнительно узких котлов. В невысоких котлах, имеющих большой диаметр, температура распределяется иначе. При такой же системе подачи пара, как в только что рассмотренном случае, т. е. только в вершину нижнего конуса, наиболее прогретыми здесь окажутся верхняя и центральная (осевая) части котла (рис. 4,б). Для улучшения прогрева средней части котла в европейской практике и на наших заводах применяется дополнительная **подача пара в нижний конус** под углом. Это мероприятие значительно улучшает положение в середине котла, но мало изменяет его в нижнем конусе (рис. 4,в).

Устройство варочного котла

Варочный котел состоит из кожуха, обмуровки и арматуры. Для установки котла в вертикальном положении к его нижнему конусу приклепываются стальные лапы, опирающиеся на колонны. Так как колонны принимают на себя вес всего котла, их делают достаточно массивными. Материалом для них служит большей частью сталь, иногда железобетон или чугун.

Кожух котла изготавливается из листового котельного железа. Толщина железа выбирается в зависимости от размера котла и допускаемого в нем давления. Обычно она составляет: для цилиндрической части — 30—36 мм, для нижнего конуса — 28—32 мм и для верхней части — 25—31 мм. Эти цифры приведены для котлов, работающих под давлением не свыше 6 рабочих атмосфер. Такое давление предельно для котлов, установленных на всех наших и большинстве зарубежных сульфит-целлюлозных заводов.

В Америке с недавнего времени ставят котлы, рассчитанные на работу под давлением до 10 ат, поэтому толщина стенок котлов увеличена до 45—50 мм.

Кожух котла обычно делают **клепаным**: листы соединяют друг с другом одинарными или двойными накладками (с обеих сторон кожуха). С внутренней стороны котла заклепки ставятся впопай, т. е. заподлицо со стенкой котла или с накладкой.

В последнее время кожух варочного котла часто делают сварным. Сварной кожух имеет ряд существенных преимуществ.

ществ перед клепаным. Он легче клепаного на 25% и может быть изготовлен значительно быстрее. Сварной кожух получается более жестким, чем клепаный, что очень существенно для предохранения обмуровки от образования в ней трещин.

После того как кожух котла смонтирован, к нему приклепывают стальную арматуру, закрывают все отверстия заглушками, а затем подвергают гидравлическому испытанию.

При испытании котел прессуют холодной водой и выдерживают под давлением 11 ат в течение 5 мин. Все дефекты, обнаруженные при испытании, должны быть устранены, и кожух котла подвергнут повторному испытанию.

Обмуровку котла производят для защиты кожуха от действия кислоты и уменьшения потерь тепла при варке.

Существует много способов обмуровки. Наиболее распространенным из них является способ Купка.

Способ Купка заключается в нанесении на стенку котла слоя шамотного бетона и поверх него одного ряда кислотоупорных керамических плиток. Особое значение имеет **плотность и однородность бетона** всей обмуровки. Бетон котла не должен иметь никаких расслоений и трещин. В связи с этим всю работу по укладке бетона ведут без перерыва, сопровождая ее непрерывным трамбованием бетона. Толщина слоя бетона 100—140 мм; толщина плиток — 40—45 мм.

Применяемый для обмуровки бетон состоит из 58—60% цемента высшей марки (000), 30—35% шамота, в виде зерен размером 3—4 мм, и 5—8% железных стружек.

Шамот добавляется для кислотостойкости бетона, железные стружки — для повышения прочности бетона и предохранения его от разрушения при проникновении в него кислоты. Попадающая в бетон кислота при небольшом ее количестве нейтрализуется стружкой.

Обмуровочные плитки изготавливаются из шамота. Они должны быть стойкими по отношению к кислоте и резким изменениям температуры и не должны быть пористыми. Со стороны, прилегающей к бетону, плитки имеют рифленую поверхность. Лицевая поверхность плитки гладкая.

К бетону плитки ставятся на цементной подмазке толщиной 15—20 мм. При установке плиток между ними оставляется зазор в 1—1,5 см.

При вводе котла в эксплуатацию **первые десять варок следует проводить очень осторожно**, с медленным подъемом температуры и продолжительностью не менее 24 час.

После этих варок котел останавливают и швы между плитками промазывают замазкой из глета, затертого на глицерине. На одну весовую часть глета требуется $\frac{1}{4}$ весовой части глицерина. Глет для замазки нужен высококачественный, чистожелтого цвета. Глицерин применяют технического. На промазку швов 1 м^2 плиточной облицовки расходуется около 2 кг глета и 0,5 кг глицерина¹.

При надлежащем выполнении бетон в обмуровке Купка служит около 25—30 лет. Плитки приходится заменять через 5—6 лет. Наиболее быстро плитки разрушаются (скалываются) в нижнем конусе и в цилиндрической части котла.

Срок службы обмуровки зависит от наблюдения и ухода за ней. Облицовку котла необходимо тщательно осматривать не реже одного раза в месяц (лучше два раза в месяц). При осмотре облицовки каждую плитку нужно простучать молотком. Все отстающие от бетона, так называемые бучащие плитки должны быть выбиты и заменены новыми.

Особое внимание нужно обращать на состояние промазки швов. Все замеченные дефекты должны быть тотчас же устранены.

Каждые 6 месяцев следует производить полную промазку всех швов, предварительно очистив их от старой замазки.

В случае обнаружения подтека на облицовке или снаружи котла, котел должен быть остановлен для приведения его в порядок. В месте подтека на облицовке нужно снять плитки и проверить состояние бетона. Если бетон поврежден, его вырубает (до здорового бетона) и на очищенное место затрамбовывают свежий бетон. К вырубке бетона следует прибегать лишь в крайних случаях, так как свежий бетон прочно не схватывается со старым, и здесь могут происходить расслоения.

Если в кожухе котла обнаружен проток кислоты (свищ) и осмотр поверхности облицовки не дает указаний о месте прохождения кислоты в бетоне, то к кожуху (на месте свища) нужно приварить трубку и через нее прессовать в котел воду. Появившийся при этом подтек на облицовке ука-

¹ Прозмазка швов глетом дает наилучшие результаты, однако вполне удовлетворительные результаты могут быть получены и при применении некоторых других замазок. Для этой цели пригодны замазки из андезитового или фарфорового порошка, смешанного с кремнефтористым натрием Na_2SiF_6 и затертого на жидком стекле. Может быть применена также замазка из свинцового сурика, затертого на жидком стекле.

жет поврежденное место. Если появившийся подтек небольшой, то течь можно устранить, запрессовав в свищ сильно разжиженный водой цемент. Жидкое стекло добавлять не следует, так как при этом цемент схватится слишком быстро, раньше, чем он заполнит весь проток. Все данные об осмотре обмуровки и о произведенных ремонтах должны заноситься в специальный обмуровочный журнал.

Арматура варочного котла

К арматуре котла относят его верхнюю и нижнюю горловины, штуцеры, вентили, предохранительные сетки и приспособления для отбора проб щелока и массы и для установки контрольно-измерительной аппаратуры.

Часть арматуры варочного котла изготавливается из обыкновенной стали. Сюда относятся: штуцеры, прикрепляемые к кожуху в таких местах, где в котле имеются отверстия, верхняя загрузочная горловина и крышка котла. Стальные штуцеры имеют сверху фланец и служат для присоединения к ним кислотоупорной арматуры.

К штуцеру, прикрепленному у загрузочного отверстия, прикрепляется болтами верхняя горловина (рис. 5). Она ставится не непосредственно на штуцер, а на бронзовое кольцо.

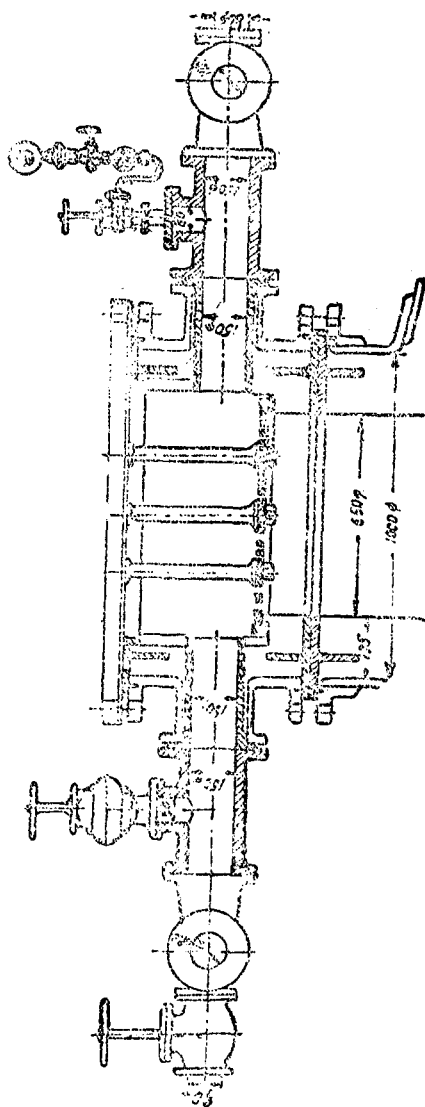


рис. 5. Верхняя горловина котла

Кольцо предохраняет от разрушения торец обмуровки котла и также фланец стального штуцера. На задней поверхности кольца имеются выступы, благодаря которым кольцо прочно удерживается в бетоне. Для большей надежности кольцо прикреплено еще шурупами к фланцу штуцера.

Загрузочная горловина котла представляет собой стальную крестовину. Основной ее проход (загрузочное отверстие) имеет диаметр около 1 м, боковые отстки по 200 мм. Отростки служат для присоединения к ним линий для выпуска из котла избыточного (сдувочного) газа.

В боковые патрубки вставляются бронзовые штуцеры; загрузочное отверстие внутри обмуровывается так же, как и весь котел.

Торцы обмуровки горловины защищаются, как и торец обмуровки в верхней части котла, бронзовыми кольцами. Сверху горловина закрывается крышкой.

Крышку варочного котла отливают из простой или кислотоупорной стали (рис. 6).

Если крышка сделана из обыкновенной стали, то снизу ее защищают от действия кислоты бронзовым листом (шайбой) или слоем свинца.

Бронзовая шайба должна быть отлита без раковин, а поверхность ее, прилегающая к крышке, прострогана. Задняя сторона крышки также прострагивается. К крышке шайба прикрепляется бронзовыми шурупами.

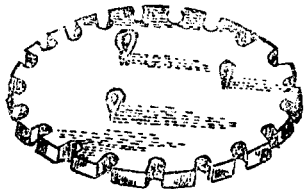
При защите крышки слоем свинца надо **постепенно наплавлять его на крышку**, а не просто наливать на нее. В последнем случае свинец быстро отслаивается от крышки и в нем образуются трещины. Совершенно недопустим практикуемый иногда способ обкладки крышки листовым свинцом.

В краях крышки сделаны прорезы для болтов, соответствующие прорезам в верхнем фланце горловины. Для удобства обслуживания крышки болты делают откидывающимися и насаживают их на укрепленный на горловине общий железный обруч.

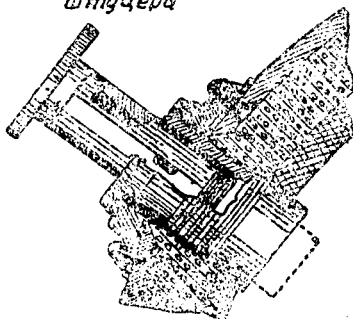
Иногда к горловине прикрепляют поворачивающийся кронштейн (стрелу), служащий для подъема и опускания крышки. Но чаще для этой цели делают самостоятельные (отдельно от котла) устройства.

Для предотвращения засорения сдувочных штуцеров и линий массой в горловину вставляют **предохранительную сетку**. Большой частью применяют цилиндрическую сетку,

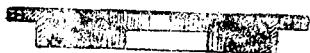
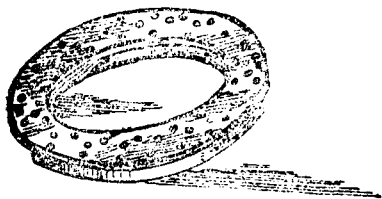
*Кромка верхней
горловины*



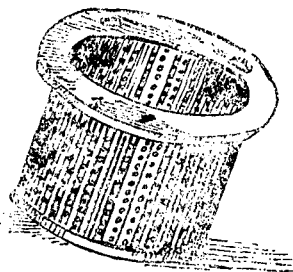
*Основной и съемные
штуцера*



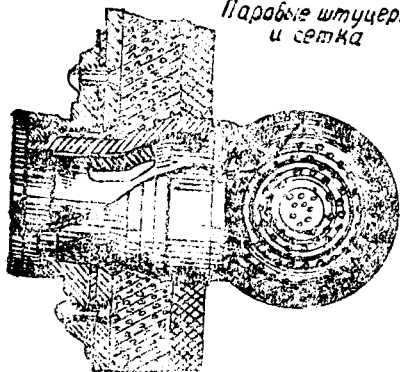
Кольцо



Скрулочная сетка



*Паровые штуцера
и сетка*



*Штуцера для контрольно-
измерит. аппаратуры*

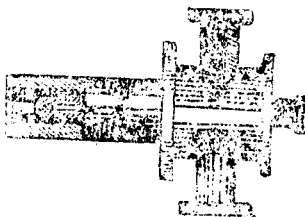


Рис. 6. Арматура верочного котла

изготавливаемую из кислотоупорной бронзы, кислотоупорной стали или алюминия.

Сетку делают толщиной 8—10 мм, с отверстиями в 5 мм. С наружной стороны сетки отверстия целесообразно раззенковать (расширить их у наружной поверхности цилиндра), чтобы уменьшить засорение сетки и облегчить продувку ее паром. Сверху и снизу сетка усилена кольцевыми ребрами, причем в верхнем кольце сделаны прорезы для захватывания сетки руками.

Диаметр сетки должен быть немного меньше внутреннего диаметра горловины, и высота ее— $\frac{3}{4}$ высоты горловины. Сетка ставится на бронзовое кольцо, заделываемое в обмуровке горловины. **От чистоты сетки в весьма значительной степени зависит режим сдувок, а отсюда и весь процесс варки.** В связи с этим во время варки сетка должна быть несколько раз продута паром.

После каждой варки сетку нужно вынуть из котла и тщательно прочистить. Загрязненную или неисправную сетку нельзя ставить в котел. Для обеспечения нормальной работы котлов у загрузочных горловин всегда должна находиться запасная сетка.

Кислотоупорные штуцеры (рис. 6) ставят для защиты обмуровки в тех местах, где в котле имеются отверстия. Форма штуцера зависит от формы отверстия. По большей части штуцеры делают цилиндрическими. Обычно в отверстия вводят два штуцера, вставляемых один в другой. Наружный штуцер прочно заделывается в обмуровке, внутренний же штуцер легко может быть вынут. Назначение его — удлинить срок службы основного штуцера. Во избежание засорения массой штуцеры внутри котла иногда защищают полусферическими сетками. Это мероприятие целесообразно только для штуцера боковой обдувки в верхнем конусе котла. На паровых и кислотных штуцерах эти сетки вредны. Они создают большое сопротивление, быстро загниваются и иногда обрываются¹.

В кожухе котла, кроме отверстий для загрузки котла щепой и выпуска из него массы, должны быть сделаны еще следующие отверстия:

1. Отверстие диаметром 300—350 мм в верхнем конусе котла для выпуска воздуха во время загрузки котла щепой.

¹ На кислотных штуцерах сетки приходится ставить тогда, когда через них производят оттяжку щелока из котла во время варки.

2. Отверстие диаметром 100—150 мм, также в верхнем конусе, для выпуска из котла избытка кислоты в первый период варки (отверстие для боковой отдувки).

3. Отверстия диаметром 150—200 мм для установки контрольно-измерительной аппаратуры. Обычно делают два таких отверстия, расположенных одно против другого в цилиндрической части котла, несколько выше нижнего конуса. На некоторых заводах для контрольно-измерительной аппаратуры делают 4 отверстия; в этом случае два отверстия помещают вверху цилиндрической части котла.

4. Отверстия диаметром 100—150 мм для ввода пара в котел. Располагают их в нижнем конусе (на $\frac{1}{3}$ его высоты), причем эти отверстия имеют вспомогательное назначение (стр. 26). Через них вводится в котел сравнительно немного пара для выравнивания температуры. Основное количество пара поступает в котел через нижнюю горловину.

При наличии установки для принудительной циркуляции щелока отверстий для ввода пара в нижнем конусе котла не делают. В данном случае пар вводится или в подогреватель (при непрямой варке), или в смесительное устройство (инжектор).

Варочная кислота закачивается в котел через нижнюю горловину.

Сдувные газы, как уже было указано, отводятся через верхнюю горловину.

Снаружи котла ко всем штуцерам присоединяются **вентили**¹.

Вентили для газа, пара и жидкости делают одинаковыми. Современный вентиль (рис. 7,б) состоит из корпуса тарельчатого клапана и соединенного с ним штока. В месте ввода штока в корпусе устроен сальник, уплотняемый прографиченным пеньковым шнуром. Клапан поставлен наклонно, благодаря чему при верхнем его положении газ или жидкость проходят через вентиль, не меняя направления своего движения.

Другой тип вентиля, еще довольно распространенный на наших заводах, устроен иначе (рис. 7,а). Корпус его наискось разделен перегородкой, в средней (горизонтальной) части которой сделано отверстие — гнездо. При движении штока гнездо закрывается или открывается насаженным на шток клапаном. Клапан делают съёмным. Съёмным делают также кольцо, вставляемое в гнездо.

¹ К штуцерам для контрольно-измерительной аппаратуры присоединяют пробковые краны или игольчатые вентильки.

При прохождении через вентиль поток газа или жидкости сильно искривляется; в связи с этим здесь создаются значительные сопротивления движению жидкости и благоприятные условия для засорения вентиля. В описанном выше прямомоточном вентиле подобных явлений не наблюдается.

Уход за вентиляем заключается в **набивке сальника** и в **притирке клапана к гнезду**. Эти операции должны производиться по заблаговременно составленному календарному плану. Сальник заполняется нарезанным на куски шнуром прографиченной пеньковой набивки прямоугольного сечения. Ширина шнура должна точно соответствовать ширине паза в

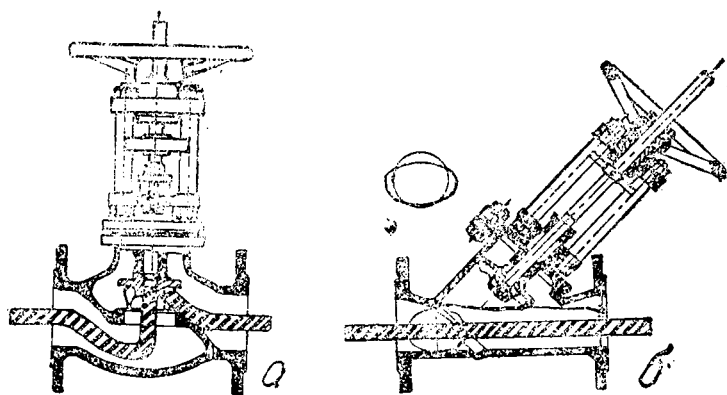


Рис. 7. Вентили

сальнике. Длина закладываемых кусков шнура должна быть равной длине окружности обхватываемого штока. Набивку помещают в сальник таким образом, чтобы стыки отдельных кусков шнура не приходились друг над другом.

По мере срабатывания набивки верхнюю крышку сальника поджимают к нижней. Нужно следить за тем, чтобы при подтягивании крышки сальника не допустить ее **перекоса**.

Притирка клапана к гнезду производится вручную. Материал для притирки выбирают в зависимости от степени сработанности гнезда и клапана. Если клапан и гнездо мало сработаны, притирку производят на воде или машинном масле. При большей степени изношенности для предварительной

притирки применяют толченное стекло или наждачный порошок. Плотность притирки должна каждый раз проверяться гидравлическим прессованием вентиля.

Дату и результаты испытания вентиляй нужно записывать в специальный журнал ухода за арматурой. В этом же журнале указывается срок следующего испытания по плану.

Штуцер для контрольно-измерительной аппаратуры несколько иной, чем другие штуцеры. Снаружи котла он имеет расширение с двумя отрезками для присоединения к ним манометра и краника для отбора проб щелока. В среднем отверстии штуцера укрепляется закрытый с одного конца полый стержень для углового термометра. В стержне делают обычно две полости для того, чтобы одновременно с угловым термометром в него можно было поместить трубку самозаписывающего термометра.

Показания термометра будут правильными только в том случае, если стержень для термометра все время омывается свежим щелоком.

Для циркуляции щелока между стержнем и стенками штуцера оставляют зазор в 2—3 мм, пробный же краник все время держат открытым.

Во избежание засорения манометра массой и разрушения его щелоком, давление в котле передается манометру через U-образную или спирально согнутую трубку, заполненную чистым машинным маслом.

Для возможности смены манометра во время варки перед U-образной трубкой ставят краник.

Краник для отбора проб щелока присоединяется непосредственно к штуцеру. Краник должен быть устроен таким образом, чтобы его легко можно было прочищать и, кроме того, во время варки продувать паром.

Нижняя горловина котла совершенно отлична от верхней. Она состоит из двух частей: крестовины и «сигары» (рис. 8).

Крестовина 1 прикрепляется болтами к фланцу стального штуцера 2, приклепанного к кожуху котла, и снизу таким же образом соединяется с сигарой.

Боковые стростки крестовины служат для присоединения к ним кислотных линий.

В месте прикрепления крестовины к котлу торец обмуровки котла и внутренняя поверхность нижней части конуса защищены кислотоупорным колоколообразным штуцером S.

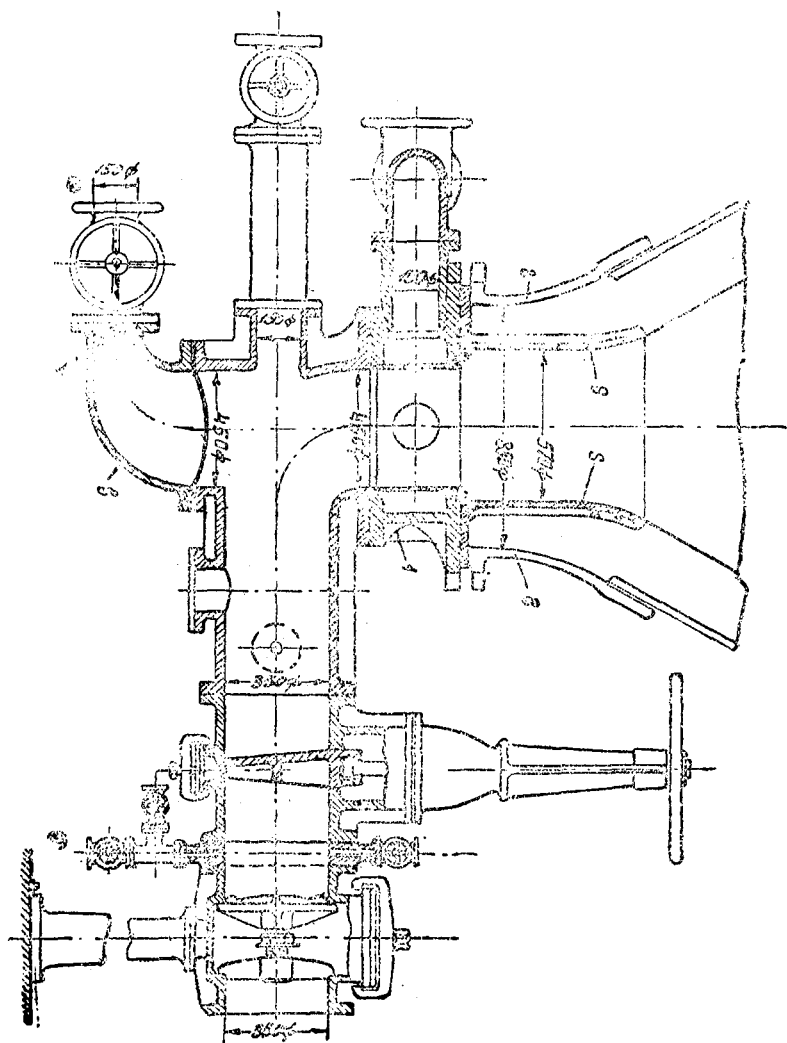


Рис. 8. Нижняя горловина котла

Этот штуцер вводят в конус котла до начала его обмуровки и затем пространство между штуцером и стенками котла за-трамбовывают бетоном.

Нижняя часть горловины названа **сигарой** за ее удлиненную форму. Сигара служит для выпуска из котла сваренной массы.

В нее же вводится главное количество пара для прогрета массы. Пар вводится через отверстие в внизу сигары и, кроме того, в торец сигары против выдувного отверстия. Этим последним вводом пара во время варки обычно не пользуются. Он служит для облегчения выпуска массы через выдувное отверстие (для выталкивания массы). Кроме указанных отверстий, в сигаре имеются еще два отверстия: одно диаметром 150 мм для осмотра горловины (закрываемое заглушкой) и второе диаметром 50 мм для впуска в горловину воды. Выдувное отверстие сигары закрывается **шибером**. Шиберы для выпуска массы из котла изготовляют в виде задвижек (рис. 8) или тарельчатых клапанов (рис. 9).

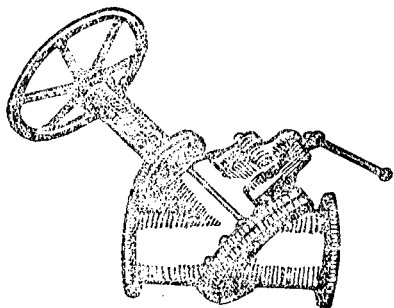


Рис. 9. Тарельчатый выдувной клапан

На наших заводах имеют распространение шиберы в виде задвижек, однако в последнее время они заменяются более рациональными тарельчатыми клапанами. Последние устроены так же, как прямоточные клапаны. Для удобства очистки выдувного шибера в корпусе его делают лючок, закрываемый дверцей. Шток шибера вращается в шариковом подшипнике. Шток шибера выдвигается или вручную — вращением маховика, или, что более целесообразно, гидравлическим путем.

Для этой цели на шток надевают поршень, заключаемый в закрытый цилиндр. Впуская воду с одной или с другой стороны поршня, соответственно вдвигают или вытаскивают шток задвижки — шибера.

При таком оборудовании шибера открывать и закрывать

его можно с рабочей площадки варочного отдела (на 2 или 3-м этаже).

После каждой варки шибер должен быть **хорошо промыт**, так как в противном случае оставшаяся масса не даст плотно закрыть шибер. Так же, как и у вентиляей, здесь нужно следить за своевременной набивкой сальников. В подшипнике для штока всегда должно быть достаточное количество смазки.

Не реже одного раза в месяц шибер должен быть разобран и все части его тщательно осмотрены. Притирку клапана к гнезду нужно производить по календарному плану. Проверка качества притирки осуществляется так же, как и у вентиляей, прессованием водой.

Все данные осмотра, ремонта и испытания шиберов должны заноситься в указанный ранее журнал. Он характеризует состояние всей арматуры варочного котла.

Кроме рассмотренной арматуры, присоединенной непосредственно к котлам, в варочном отделе имеется значительное количество арматуры, несколько отдаленной от них или обслуживающей все котлы. Сюда относятся: сдувочные, кислотные и выдувные линии, паропроводы, обратные клапаны и парораспределительные колонки.

Сдувочные линии так же, как и вся соприкасающаяся с кислотой арматура, должны быть изготовлены из кислотоупорного материала. Наиболее подходящим материалом является кислотоупорная сталь. Сдувочные линии из кислотоупорной стали с толщиной стенок 4—5 мм служат без сколько-нибудь заметного износа свыше 2 лет. Медные трубы выходят из строя уже через 6 месяцев¹.

При нагревании сдувочные трубы удлиняются. Стальная труба, нагретая до 100°С, на каждый погонный метр удлиняется на 1 мм. При длинных трубопроводах это удлинение составляет заметную величину. Чтобы трубопроводы не корбились и не нарушались бы связи их отдельных звеньев, через определенные расстояния на сдувочных линиях ставят **компенсаторы**. Назначение компенсаторов — погасить в себе (компенсировать) удлинение трубопровода.

Компенсаторы действуют подобно пружине. Делают их различной конструкции. Для стальных сдувочных линий очень удобны компенсаторы системы Авеста (рис. 10); они зани-

¹ Из-за высокой температуры газов свинец для сдувочных линий не употребляется.

мают мало места и достаточно надежны. Такие компенсаторы надо ставить на сдувочных линиях не реже чем через каждые 10 м.

Сдувочные линии делают диаметром от 75 до 150 мм. На наших заводах их располагают обычно таким образом, чтобы из каждого котла можно было производить сдувки в две или три линии. Иногда предпочитают делать отдельные сдувочные линии от каждого котла.

Сдувочная линия собирается из отдельных труб длиной 3,5—4 м с разбортованными концами и надетыми на них фланцами. Все трубы сдувочной линии должны иметь одинаковую длину и быть взаимозаменяемыми. От этого зависит скорость выполнения ремонта линии.

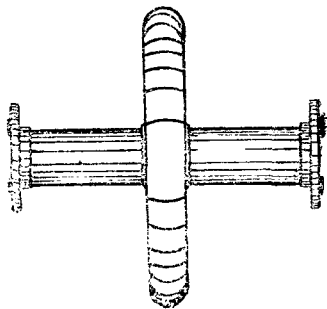


Рис. 10. Компенсатор системы Авеста

Для нормальной работы сдувочных линий очень существенна их правильная эксплуатация. Они должны быть равномерно загружены. Открывать сдувочные вентили следует постепенно, чтобы избежать толчков и ударов, которые приводят к расстройству фланцевых соединений на всей линии. Присоединение сдувочных патрубков к коллектору или к сдувочной линии надо делать не под прямым, а под острым углом к направлению потока газа.

Для сохранения тепла газа сдувочные линии желательнее покрывать **изоляцией**.

Кислотопроводы изготовляют из бронзы, твердого свинца или кислотоупорной стали. Сечение их подбирают с таким расчетом, чтобы можно было закачать котел кислотой за 15—20 мин. (обычно выбирают диаметр от 200 до 300 мм).

На наших целлюлозных заводах принято подводить к котлу два одинаковых кислотопровода, причем один из них

является резервным. При надлежащем качестве кислотопровода и правильном его обслуживании, наличие резервной линии не является необходимым. Кислотопровод из бронзы или кислотоупорной стали служит без замены несколько лет.

При неправильном обслуживании кислотопровод может быть засорен щепой или заморожен. Щепа попадает в кислотопровод в тех случаях, когда кислотный насос выключается до закрытия вентиля на линии у котла. Замораживание кислотопровода случается при недостаточной его изолированности в зимнее время.

Выдувные трубы соединяют варочный котел со сцеежей. На большинстве наших заводов выдувные трубы изготовлены из листовой красной меди, толщиной 5—8 мм, и стянуты снаружи железными бандажами. На некоторых заводах выдувные трубы сделаны из обыкновенного чугуна. Для наблюдения за износом этих труб и предотвращения их разрыва в стенках их на расстоянии 150—200 мм друг от друга высверливают углубления диаметром 7—10 мм. Углубления высверливают на половину толщины стенки трубы. При износе трубы течь в первую очередь появляется в просверленных местах.

Надежнее и целесообразнее выдувные трубы делать из **бронзы** или **кислотоупорной стали**; тогда они служат без замены по несколько лет.

Диаметр выдувной трубы должен соответствовать диаметру отверстия в шибере и составляет 300—350 мм. Для облегчения выпуска массы из котла выдувная труба по направлению к сцееже несколько расширяется (до 20%).

Выдувные трубы делают прямыми или изогнутыми вверх. Прямые трубы имеют значительные преимущества перед изогнутыми. Они меньше изнашиваются и облегчают осмотр облицовки котла после варки; при прямой трубе создается тяга из котла в сцеежу.

Паропроводы. Паровое хозяйство варочного отдела состоит из главного паропровода, парораспределительных колонок с присоединенной к ним арматурой (вентили, обратные клапаны) и вспомогательных паропроводов. Главный паропровод питает паром все котлы. Он расположен на 2 или 3-м этаже и проходит вдоль всего варочного корпуса. В месте ввода его в корпус ставятся вентиль и саморегистрирующий паромер. В нескольких местах по длине паропровода сделаны ответвления к парораспределительным колонкам.

Главный паропровод изготавливают из цельнотянутых труб, соединяемых друг с другом посредством сварки. Фланцевые

соединения имеются в паропроводе лишь в местах установки арматуры (вентили, компенсаторы, тройники и т. п.). Диаметр паропровода зависит от количества пара, потребляемого варочным отделом. При производительности варочного отдела 250—300 т целлюлозы в сутки достаточен паропровод диаметром 300 мм (при давлении пара 7 рабочих атмосфер).

Во избежание потери тепла паропровод должен быть покрыт тепловой изоляцией.

Парораспределительные колонки служат, как на то указывает уже их название, для распределения пара, направляемого в различные участки варочного котла. Изготавливают их

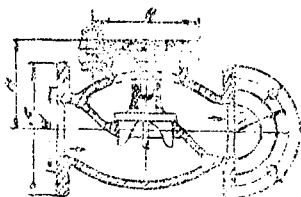


Рис. 11. Обратный клапан

из кислотоупорного материала (бронза или кислотоупорная сталь). Парораспределительные колонки устанавливаются обычно вертикально. К отверстиям в их боковой поверхности присоединяют кислотоупорные вентили. Над колонкой, в месте соединения ее с ответвлением от главного паропровода, ставится обратный клапан (рис. 11) и несколько выше — паровой вентиль. К нижней части колонки прикреплены краник для продувки колонки от скопившегося в ней конденсата и дюймовая трубка для соединения колонки с конденсационным горшком.

Вспомогательные паропроводы соединяют колонку с варочным котлом. Изготавливают их обычно из красной меди.

Основное количество пара подводится к нижней части сигары по трубе диаметром 150—250 мм. От паропровода ответвляется вспомогательная линия, присоединенная к сигаре сбоку, по направлению выдувного отверстия. К штуцерам в конусе котла подводятся самостоятельные паропроводы диаметром 100—150 мм.

От колонки к верхней горловине варочного котла отводится паропровод диаметром 60—80 мм для продувки сду-

вочной сетки, к нижней части силоса — для **встряхивания** щепы и к уплотнителю щепы.

На всех паропроводах, присоединенных к нижней части котла, нужно ставить краники для выпуска скопившегося в трубах **конденсата**.

Для уменьшения образования конденсата и сохранения тепла паропроводы следует изолировать. Во избежание растрескивания изоляции на вспомогательных паропроводах следует ставить компенсаторы по типу устанавливаемых на сдувочных линиях.

3. Сцежи

Сцежи служат для приема из котлов сваренной массы и для ее промывки.

В зависимости от способа выгрузки котла сцежи делают открытыми (при вымывке массы) или закрытыми (при выдувке).

Открытые сцежи делают в виде бассейнов прямоугольного сечения емкостью, соответствующей 1,25—1,5 емкости варочного котла.

Закрытые сцежи делают в виде больших деревянных чанов круглого или овального сечения или же в виде закрытых железобетонных бассейнов прямоугольного сечения. Внутри сцежа защищается **кислотоупорной футеровкой**. Наиболее часто для этой цели используется дерево (главным образом, сосна).

Пол сцежи делают двойной, причем верхний настил (ложный пол) имеет многочисленные отверстия.

Эти отверстия делают либо в виде щелей шириной 2—3 мм; образуемых неплотно примыкающими друг к другу рейками, либо в виде дырочек диаметром 2—3 мм, просверливаемых в деревянных досках или в накладываемых на настил листах из кислотоупорной стали.

Этот последний вид ложного пола (покрытый продырявленными листами кислотоупорной стали) является наилучшим. Назначение ложного пола — пропускать щелок и удерживать на себе всю массу.

Если ложный пол неисправен (имеет большие отверстия или проломы), вместе со щелоком может уйти из сцежи большое количество массы.

При покрытии пола стальными листами эта опасность почти исключается.

Как основной, так и ложный полы сжежи делают с уклоном в сторону выпуска щелока (с нижнего пола) и массы (с верхнего пола).

Очень важно, чтобы в сжеже отекание щелока от массы происходило как можно быстрее.

Это условие обеспечивается при достаточно большой **фильтрующей площади** пола сжежи. На каждую тонну одновременно выдуваемой из котла целлюлозы нужно иметь не менее 6—6,5 м² площади фильтрующего пола сжежи.

В целях увеличения площади пола иногда строят одну большую сжежу для нескольких (обычно двух) варочных котлов. Одновременно с увеличением фильтрующей площади пола обеспечивается другое важное требование — большой объем сжежи. Емкость закрытой сжежи не должна быть менее **двойной емкости обслуживаемого ею котла**. В сжеже небольшого объема во время выдувки в нее массы создается большое давление, угрожающее целостности сжежи. Кроме того, при высоком давлении в сжеже вместе с газом в вытяжную шахту увлекается довольно значительное количество массы.

Шахту для выпуска выделяющихся при выдувке пара и газа ставят на верхнее днище сжежи. В последнее время вытяжную шахту делают в виде большой деревянной башни круглого сечения (диаметром 3—4 м и высотой 25 м), заполняемой на $\frac{1}{3}$ высоты керамиковой насадкой — кольцами Рашига. В верхнюю часть этой башни, называемой **абсорбером**, подается холодная вода. Стекая по насадке, вода нагревается до 80—90°С и в таком виде собирается внизу в деревянном баке. Отсюда она подается насосом или поступает самотеком (в зависимости от места расположения бака) в сжежу для промывки массы.

При прохождении через абсорбер почти весь пар, содержащийся в выдувочном газе, конденсируется, превращаясь в воду. Находящийся в газе SO₂ в воде не растворяется из-за высокой ее температуры. Газ (с содержанием около 80% SO₂) отводится из верхней части абсорбера в специальные башни поглощения.

Для правильной работы этой системы необходимо, чтобы выдувка массы в сжежу продолжалась не менее 15 мин., а начиналась при давлении не выше 1,5 рабочих атмосферы.

Щелок выпускается из сжежи через бронзовый штуцер, заделанный в стенку сжежи ниже ложного пола. К штуцеру после задвижки присоединяется деревянная (лучше бронзовая)

труба, по которой щелок спускается самотеком или оттягивается кислотоупорным насосом.

Выпуск из сжежи промытой массы по большей части производится **размывкой массы водой** с помощью гидрантов или специальных размывочных аппаратов (размыватели Тунэ).

При круглых деревянных сжежах гидрант устанавливается в средней части верхнего днища сжежи. При прямоугольных сжежах размывку ведут из окон, устраиваемых в торцовых стенках сжежи. Для успешной размывки массы необходимо, чтобы вода поступала в гидрант с напором не менее 4 ат.

Из сжежи масса выпускается через бронзовый штуцер, вделанный в стенку сжежи выше фильтрационного пола (в полу у штуцера сделан приямок). Снаружи сжежи к массному штуцеру присоединяются задвижка и затем короткий патрубок к массным каналам, расположенным вдоль сжеж.

При установке размывателя Тунэ, масса выпускается из средней части сжежи. Аппарат Тунэ состоит из вертикально установленной в сжеже полой колонки из кислотоупорной стали с двумя сквозными брандспойтами, укрепленными в ней в двух местах по высоте ее. В колонку подается вода под напором 5—6 ат, которая с силой вырывается из брандспойтов в слой массы в сжеже.

Колонка через редуктор соединена с электромотором, сообщаям ей медленное вращение (1 об/мин.) и периодический подъем на некоторую высоту над полом сжежи.

При вращении колонки масса около нее равномерно размывается, причем во время подъема ее размытая масса уходит в приемник, устроенный под колонкой и соединенный с общим каналом для массы.

В круглых сжежах, в центре их, ставят по одному размывателю Тунэ. При длинных прямоугольных сжежах ставят два таких аппарата.

4. Подсобное оборудование варочного отдела

Мы рассмотрим здесь только три вида подсобного оборудования варочного отдела:

- 1) устройство для обслуживания верхней горловины котла;
- 2) уплотнители щепы;
- 3) установку для принудительной циркуляции щелока.

При обслуживании верхней горловины, наиболее сложной операцией является сьем и надевание крышки котла, которая весит около 0,5 т. Вследствие большого веса крышки открывать и закрывать ее приходится при помощи подъемного механизма. Чаще всего для этой цели пользуются краном-укосиной (рис. 12), устанавливаемым в непосредственной близо-

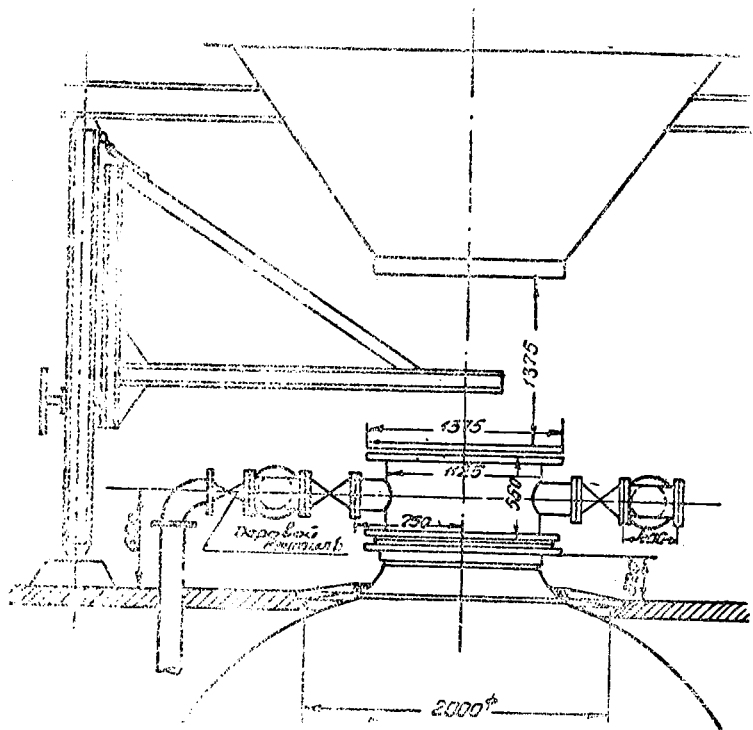


Рис. 12. Кран для подъема крышки котла

сти от горловины. Иногда подъемное приспособление (в виде поворотного кронштейна) прикрепляют непосредственно к горловине котла. На некоторых заводах над всеми горловинами (на уровне разгрузочных отверстий силосов) прокладывают двухрельсовый путь, по которому передвигается тележка с талью. Таким же устройством пользуются для установки над горловиной загрузочных воронок.

Уплотнители щепы

При свободном насыпании из силоса или с транспортера щепы ложится в котел довольно рыхло. В этом случае объем плотной древесины в щепе составляет 0,35—0,36 м³ на 1 м³ объема нетто котла. Сырая щепы ложится в котле плотнее, чем сухая. Считают, что увеличение количества щепы в котле составляет 0,4% на 1% увеличения влажности в щепе. Таким образом, при влажности щепы 45% ее количество в котле будет на 10% больше, чем при щепе с влажностью в 20%.

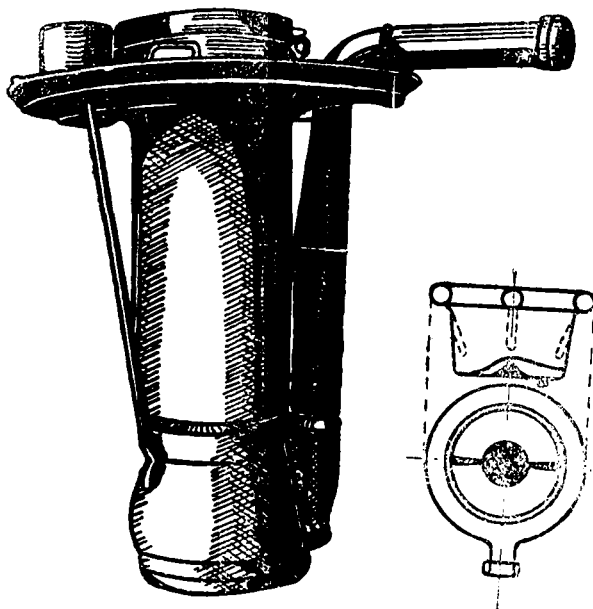


Рис. 13. Уплотнитель системы Свенсона

Для более полного использования емкости котла обычно применяют уплотнители щепы.

Наивысшее уплотнение щепы достигается при помощи аппарата Свенсона. В этом случае удастся загрузить в котел щепы на 35% больше, чем при свободном ее насыпании.

Уплотнитель Свенсона (рис. 13) состоит из кольцевой паровой трубки, по длине которой расположены сопла с круг-

лыми отверстиями. Сопла расположены таким образом, что выходящий из них пар сообщает щепе вращательное движение. Питатель закреплен в металлической трубе большого диаметра (кожух), причем несколько ниже питателя (по оси трубы) устроен распределительный конус. Снаружи кожуха к кольцевому питателю подведена паровая трубка.

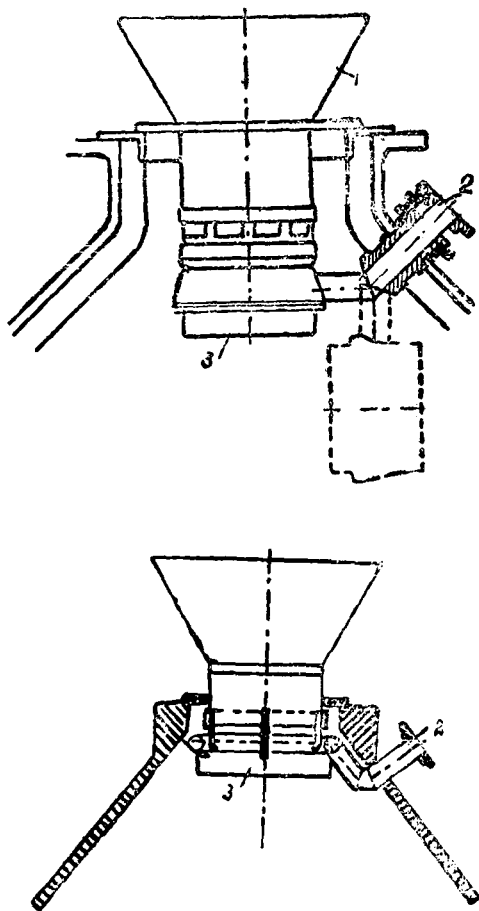


Рис. 14. Новая конструкция уплотнителя Свенсона:
 1 — съемная металлическая воронка, 2 — подвод пара к уплотнителю,
 3 — рабочая часть уплотнителя

При загрузке котла щепы в кожух питателя приобретает большое ускорение и, встречая на своем пути распределительный конус, равномерно разбрасывается по всему сечению котла. Воздух, вытесняемый щепой, выходит из котла через кольцевое пространство между кожухом питателя и горловиной.

Новейшие уплотнители Свенсона конструируются таким образом, что весь уплотнитель, сделанный из кислотоупорного материала, остается во время варки в котле (рис. 14); убирается только легкая жестяная воронка. Рабочая часть уплот-

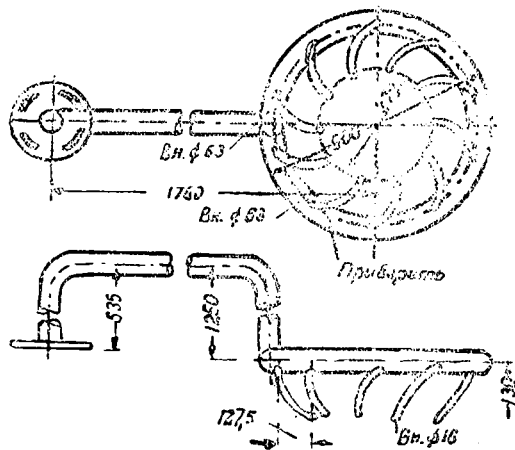


Рис. 15. Уплотнитель системы Балкова

нителя жестко соединена с отрезком трубопровода, подводящим пар. Если нужно проникнуть внутрь котла через верхнюю горловину, то вращением фланца, расположенного снаружи котла, поворачивают уплотнитель в положение, показанное на рисунке пунктиром.

На многих наших целлюлозных заводах применяют уплотнитель, предложенный Н. Н. Балковым. Этот уплотнитель позволяет загрузить в котел щепы на 20—25% больше, чем при насыпании ее из силоса.

Уплотнитель Н. Н. Балкова (рис. 15) построен по типу уплотнителя Свенсона. Отличие заключается в большей простоте уплотнителя Балкова. В нем отсутствуют кожух кольцевого питателя и распределительный конус. Для выпуска из котла вытесняемого щепой воздуха в верхний конус котла

вставляется широкий штуцер (диаметром 200—350 мм, в зависимости от объема котла). Уплотнитель Балкова легко может быть изготовлен на любом целлюлозном заводе.

При пользовании уплотнителями щепы одновременно с увеличением выхода целлюлозы из котла сокращается расход кислоты и пара.

Процент экономии пара приблизительно равен проценту уплотнения щепы. Так, например, при 10-процентном уплотнении расход пара сокращается на 11,6%, при 20-процентном — на 19,6% и т. д.

Для обеспечения равномерного провара и хорошего качества целлюлозы при пользовании уплотнителем щепы необходимо иметь крепкую варочную кислоту с высоким содержанием сернистого газа (не ниже 5% при 0,9% CaO).

При сильном уплотнении — свыше 20% — необходима также принудительная циркуляция кислоты в котле во время варки.

Установки для принудительной циркуляции щелока

Принудительная циркуляция щелока в котле обеспечивает получение равномерно проваренной массы, увеличивает ее выход и сокращает расход пара на варку.

Среди множества систем принудительной циркуляции щелока наибольшее распространение получили системы Бробека, Шауфельбергера и Лурги. Системы Бробека и Шауфельбергера предусматривают варку непрямым способом, т. е. без непосредственного ввода пара в котел. Щелок во время варки нагревается в специальном калоризаторе, расположенном снаружи варочного котла. Пар проходит в калоризаторе по трубам и непосредственно с кислотой не соприкасается. Циркуляция щелока осуществляется мощным центробежным насосом (производительностью 10—15 м³/мин.), засасывающим щелок из котла и нагнетающим его через калоризатор обратно в котел (рис. 16).

Система Бробека отличается от системы Шауфельбергера участками забора и подачи щелока в котле и устройством калоризатора.

В установке Шауфельбергера щелок засасывается из средней части котла (у основания верхнего конуса) и, пройдя через калоризатор, нагнетается в нижнюю и частично в верхнюю его части.

Калоризатор рассчитан таким образом, что подъем температуры в котле от 40 до 100°С возможен за 3 часа и от 100 до 130°С за 4 часа, при давлении насыщенного пара в 3 рабочих атмосферы.

В установке Бробека щелок засасывается из нижней части котла (в месте соединения цилиндрической части котла с нижним конусом) и, пройдя через калоризатор, поступает в верхнюю часть его и в небольших количествах — в нижнюю горловину. Щелок засасывается через кольцевую сетку, внутри опоясывающую котел и заделанную в обмуровке.

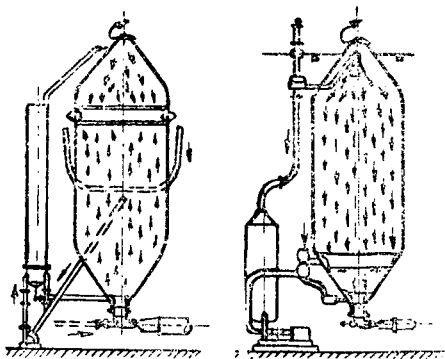


Рис. 16. Устройства для принудительной циркуляции щелока: слева — системы Шауфельбергера, справа — системы Бробека

Калоризатор в установке Бробека имеет более развитую поверхность нагрева, чем в установке Шауфельбергера. Здесь за 7 час. возможен подъем температуры в котле от 30 до 140°С, при том же давлении насыщенного пара — 3 рабочих атмосферы.

Все соприкасающиеся с кислотой части циркуляционных устройств изготавливаются из кислотоупорной стали.

Система Лурги предусматривает циркуляцию щелока при непосредственном вводе пара в котел. В такой установке щелок забирается из верхней части котла, через укрепленную в котле кольцевую трубу с многочисленными отверстиями и нагнетается насосом в низ котла. В нижнюю часть котла щелок подается через укрепленный в нем **инжектор**, в который вводится также пар, подогревающий щелок.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВАРКА СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

1. Что происходит при сульфитной варке?

При сульфитной варке мы встречаемся с рядом сложных физических, химических и физико-химических явлений.

Физическими называют такие явления, при которых не происходит изменений в самом веществе. В процессе сульфитной варки к таким явлениям относятся: удаление воздуха из щепы, пропитывание щепы кислотой, изменение уровня жидкости, температуры, давления и циркуляции щелока в котле.

При **химических** явлениях изменяется природа вещества. В варочном процессе к таким явлениям относится извлечение инкрустирующих веществ из дерева, т. е. самое существо варки и побочные реакции, происходящие между веществами, растворенными в щелоке, и варочной кислотой.

Примером **физико-химических** явлений может служить действие катализаторов (ускорителей реакции) при сульфитной варке.

Физические явления при сульфитной варке

Удаление воздуха из щепы

Рассматривая щепу под большим увеличением, мы увидим, что она представляет собой подобие губки (рис. 17). Все полости губки, образованные примыкающими друг к другу волокнами, заполнены воздухом. Отделение волокон друг от друга и их проваривание (т. е. извлечение из них инкрустов) возможны лишь при **заполнении всех полостей в щепе кислотой**. Находящийся в щепе воздух препятствует ее пропитыванию кислотой.

Частично воздух удаляется из щепы при заполнении котла кислотой. Лучшие результаты получаются при закачивании кислоты в котел снизу. Остальной воздух вытесняется из щепы в течение периода заварки.

По мере повышения температуры кислота легче проникает в щепу, вытесняя из нее находящийся там воздух, который собирается в верхней части котла и оттуда выпускается через 1—1,5 часа после начала варки. Операцию выпуска из котла воздуха обычно называют получением жидкости. Воздух выпускают через вентиль у верхней горловины; вентиль держат открытым до тех пор, пока из него не потечет кислота.

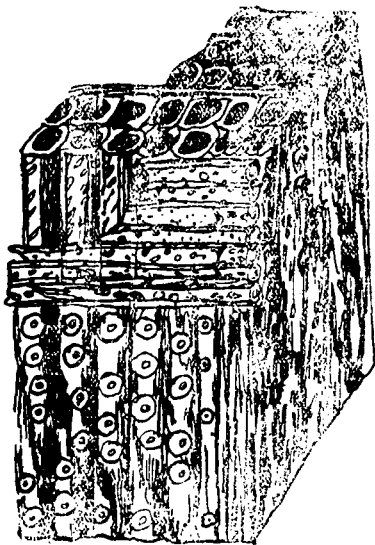


Рис. 17. Кусок древесины под сильным увеличением

Если через 10—15 мин. после того, как откроют вентиль, жидкость еще не выходит, это значит, что в котел закачано недостаточно кислоты.

Наблюдениями установлено, что выпускаемый из котла воздух содержит только азот. Весь кислород воздуха расходуется в котле на окисление части сернистой кислоты в серную.

Для лучшего удаления воздуха и обеспечения равномерного пропитывания щепы кислотой на американских целлюлозных заводах в последнее время применяют циркуляцию кислоты в котле перед началом варки.

Этот способ заключается в следующем: котел закачивают крепкой и горячей кислотой (8,5% всей SO_2 , 0,8% CaO при 80°C) при закрытой крышке и открытом вентиле на сдувочной линии. После того как котел заполнен кислотой доверху, кислотный насос не останавливают, заставляя, таким образом, проходить кислоту по сдувочной линии обратно в регенерационный резервуар. Затем, прикрывая сдувочный вентиль, давление в котле повышают до 2—3 ат. Прокачивание кислоты через котел продолжают до тех пор, пока не будет достигнута однородная пропитка щепы во всем котле. В зависимости от влажности щепы эта циркуляция кислоты до начала варки продолжается от 15 мин. до 2 час. Этого времени оказывается достаточно для пропитки щепы при кислоте указанного выше качества. При слабой и менее нагретой кислоте для циркуляции требуется более длительное время.

Весьма интересный способ удаления воздуха из щепы предложен фирмой Лурги. Котел, доверху заполненный щепой, закачивают турмовой или варочной кислотой¹. В котле закрывают все отверстия, за исключением вентиля на кислотной линии, и посредством того же кислотного насоса кислоту выкачивают из котла обратно в сборник. В результате выкачивания кислоты в котле создается сильное разрежение — вакуум; в котел снова закачивают варочную кислоту (желательно подогретую) и начинают варку. Во время закачивания кислоты вакуум поддерживается посредством парового инжектора, отсасывающего воздух из верхней части котла.

На некоторых заводах воздух удаляют из щепы посредством мощных вакуум-насосов, присоединяемых к сдувочной линии².

Вакуум-насос включают по заполнении котла щепой. Откачка воздуха продолжается от 40 мин. до 1 часа, после чего в котел начинают закачивать кислоту, не приостанавливая работы вакуум-насоса, выключая его только после того, как котел доверху заполнен кислотой.

Вакуум в котле может быть получен также путем вытеснения воздуха паром. В этом случае пар нужно пропускать в течение 1—1,5 часа; затем следует включить кислотный насос, закрыв предварительно вентили на сдувочной и паровой линиях.

¹ Кислоту закачивают снизу.

² Вакуум-насос, дающий разрежение до 700 мм ртутного столба, при производительности 25 м³ воздуха в минуту потребляет около 50 квт

При этом способе также, как и при способе Лурги, во время закачки кислоты должен действовать паровой инжектор, отсасывающий газ из верхней части котла.

Отсасываемый газ должен направляться в кислотный отдел.

Пропитывание щепы кислотой

Пропитывание щепы кислотой является наиболее ответственной операцией при сульфитной варке. Если щепа пропитана кислотой полностью, то дальнейшая варка может быть успешно проведена по самым разнообразным режимам. Если же температура в котле поднята выше 120°C до того, как щепа полностью пропиталась кислотой, в результате варки будет получен испорченный продукт, независимо от того, по какому режиму варка была проведена. Значение пропитки щепы видно из того, что при варке освобожденных от смолы опилок (пропитка которых происходит мгновенно) с кислотой крепостью 5% всей SO_2 и 1% CaO при температуре 150°C весь процесс получения целлюлозы завершается за 1 ч. 20 м. Варка щепы в аналогичных условиях продолжается 8—9 час.

Наибольший эффект пропитки достигается при предварительном удалении из щепы заключенного в ней воздуха. В этом случае пропитка щепы кислотой завершается менее чем за $1/2$ часа. Наилучший результат получается при применении горячей кислоты.

Кроме вакуума, действенным средством для ускорения пропитки щепы является: повышение температуры кислоты, увеличение в ней содержания свободного сернистого газа, замена кальциевого основания в кислоте магниевым или аммиачным, повышение давления в котле, уменьшение размеров щепы (главным образом, по толщине) и снижение ее влажности.

В какой мере сказываются эти мероприятия на ускорении пропитки щепы кислотой, видно из приводимых ниже данных.

Влияние температуры. Сухая щепа полностью пропитывается кислотой, содержащей 4% всей SO_2 и 1% CaO : при температуре 15°C за 20 суток, 80°C за 7—8 час., 110°C за 3—4 часа, 115°C за 2—3 часа, 120°C за 1,5—2 часа.

В период пропитки щепы температуру кислоты выше 120°C поднимать нельзя, потому что из кислоты может выделиться моносульфит, который закупорит поры в щепе и, таким образом, прекратит ее пропитку. Учитывая неравномер-

ность распределения температуры в котле, во избежание порчи щепы в период пропитывания подъем температуры ограничивают 105—110° Ц.

Влияние состава кислоты. Свободная сернистая кислота проникает в щепу значительно быстрее связанной. Поэтому, чем меньше в кислоте содержится основания, тем быстрее и полнее она проникает в щепу.

Увеличение содержания в кислоте свободного сернистого газа на 2% дает такой же результат в смысле ускорения пропитки щепы, как повышение температуры кислоты на 5°Ц (в пределах 105—120°Ц), т. е. сокращает время пропитки приблизительно на 15%.

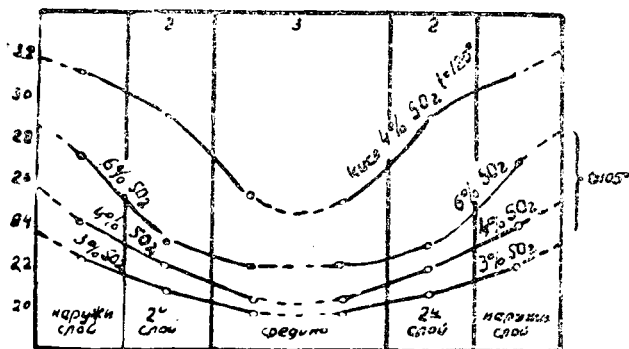


Рис. 18. Пропитывание щепы кислотой

Замена кальциевого основания **магниевым** значительно ускоряет пропитку щепы. Кислота с магниевым основанием впитывается щепой при 80°Ц с такой же скоростью, как кислота с кальциевым основанием при 110°Ц.

Влияние толщины щепы на степень впитывания ею кислоты наглядно видно из следующей диаграммы (рис. 18).

При толщине 1,5—2,5 мм в щепу впитывается за одинаковое время в 50% больше кислоты, чем при толщине щепы в 4,5—5 мм. В толщу щепы кислота проникает постепенно. Чем выше температура, при которой идет пропитка, тем резче разница между степенью пропитки наружных и внутренних слоев щепы.

Влияние влажности щепы. Сухая щепка впитывает кислоту быстрее, чем сырая. Проникающая внутрь сырой щепы кислота разбавляется в ней водой. На каждый процент уве-

личения влажности щепы кислота ослабляется на 0,015% всей SO_2 . Поэтому для варки сырой щепы необходимо применять **концентрированную варочную кислоту**. При варке сырой щепы со слабой кислотой время пропитки удлиняют на 2—3 часа по сравнению с временем пропитки для сухой щепы.

Изменение уровня кислоты в котле

Чтобы варка протекала успешно, щепка должна быть все время покрыта кислотой. Если это условие не соблюдается, неизбежны **подгар щепы** и порча варки.

При прямой варке, т. е. когда пар поступает непосредственно в котел, уровень жидкости в котле изменяется за счет конденсации пара и впитывания кислоты щепой.

Конденсация пара наиболее интенсивно происходит в период заварки, особенно в том случае, если в котел закачана холодная кислота. Вот почему при холодной варочной кислоте котел не закачивают доверху, оставляя примерно 1,5 м по высоте котла без кислоты. Это пространство заполняется кислотой за счет конденсации пара в первые 15—20 мин. В дальнейшем такого резкого увеличения объема жидкости не происходит, так как вследствие повышения температуры кислоты последняя начинает интенсивно впитываться щепой.

При горячей варочной кислоте котел закачивают доверху (при закрытой крышке).

В последнее время применяется еще циркуляция горячей кислоты перед началом варки. Обеспечивая удаление воздуха из щепы и ее пропитку кислотой, такая циркуляция исключает возможность поджога щепы, не покрытой кислотой.

По мере пропитки кислотой и начала разваривания щепка уплотняется, занимаемый ею объем значительно уменьшается, и из котла постепенно без вреда для варки можно удалять довольно значительное количество кислоты (до 30—35%). Оттягивание щелока из котла во время варки успешно применяется в виде так называемой боковой отдувки и оттяжек щелока низом.

Боковая отдувка заключается в выпуске щелока из верхней части котла (через боковой вентиль) при температуре 105—125°C. Этим мероприятием обеспечивается получение сухих сдувок (без жидкости) в последующий период варки.

Оттяжки щелока заключаются в выпуске из нижней части котла части щелока в то время, когда давление в котле препятствует вводу в него пара (т. е. подъему температуры).

Таким образом, они применяются вместо сдувок газа. При удалении из котла части жидкости уменьшается общий запас бисульфита, и в соответствии с быстрым расходом его остатка варка ускоряется.

На Вишерском комбинате при подъеме температуры от 110 до 125° из котла оттягивается в регенерационные цистерны до 35% щелока.

О. К. Гиллером на Сокольском комбинате осуществлялся единовременный перепуск 30—35% щелока из котла в регенерационную цистерну по достижении в котле температуры 130—135°Ц. Этот способ дает несколько большую экономию пара, чем способ Вишерского комбината, но вместе с тем обуславливает большее разбавление и загрязнение варочной кислоты. Поэтому способ Вишерского комбината следует признать более целесообразным.

В настоящее время существуют приборы для измерения уровня жидкости в котле во время варки, что позволяет осуществлять непрерывную оттяжку щелока из котла, подобно непрерывной сдувке газа.

Изменение давления в котле

Давление в варочном котле складывается из суммы давлений, создаваемых воздухом, водяным паром, сернистым газом и углекислотой.

Давление, создаваемое воздухом (вернее, азотом), зависит от того, как скоро и в каком количестве будет вытеснен воздух из щепы во время ее пропитывания кислотой. Если воздух будет быстро вытеснен из щепы и, вследствие конденсации поступающего в котел пара, жидкость близко подойдет к верхней горловине котла, давление в котле от сжимаемого воздуха может быть значительным. Большая часть воздуха обычно удаляется из котла при первых сдувках.

Давление водяного пара зависит от температуры в котле.

При 100°Ц вода кипит под атмосферным давлением, при 145°Ц вода кипит под давлением в 3 рабочих атмосферы.

Во время варки давление, создаваемое водяным паром, изменяется так, как показано на рис. 19.

Из диаграммы видно, что во время заварки давление водяного пара почти не влияет на давление в котле. Оно существенно сказывается только к концу варки. В тех случаях, когда варка заканчивается при низких температурах (130—135°Ц), давление водяного пара в конце варки очень невелико.

Давление, создаваемое сернистым газом, зависит от крепости кислоты и от ее температуры.

Чем концентрированнее кислота, тем более высокое давление требуется для того, чтобы удержать сернистый газ в растворе при повышенной температуре. Так, например, для того, чтобы при 150°C в котле была кислота с крепостью в 6% (при 1% CaO), необходимо давление около 11 рабочих атмосфер. В эту цифру уже входит давление, создаваемое водяным паром, но не входит давление, обусловливаемое другими газами, образующимися во время варки (углекислота, летучие органические кислоты).

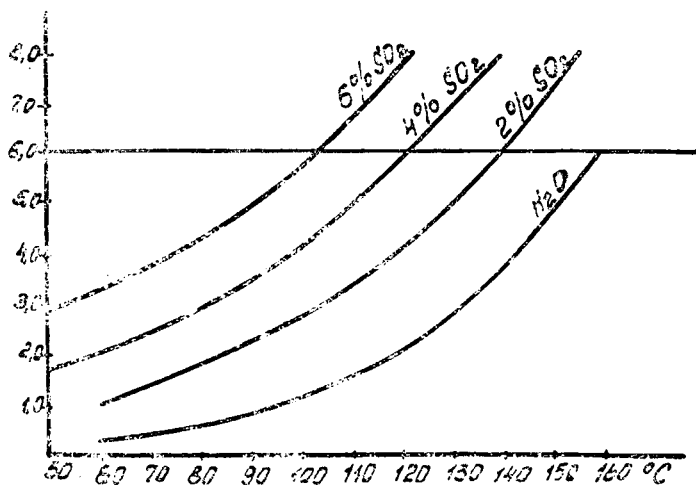


Рис. 19. Давление в котле в зависимости от крепости кислоты

Практически при таких высоких температурах кислоту с большим содержанием сернистого газа не приходится иметь, так как во время варки щепы он непрерывно расходуется.

Давление, создаваемое углекислым газом, муравьиной и уксусной кислотами. Эти вещества во второй половине варочного процесса образуются в довольно значительных количествах (рис. 20). Создаваемое ими давление, особенно в конце варки, существенно сказывается на общем давлении в котле. При конечных сдвухах в тех случаях, когда варка заканчивается при высоких температурах (145° и выше), в сдувочном газе содержится до 70% углекислоты.

Циркуляция щелока

Циркуляция щелока в котле имеет чрезвычайно большое значение для получения однородной целлюлозы. Естественная циркуляция щелока происходит вследствие различной плотности неодинаково нагретого щелока. Горячий щелок легче холодного и в связи с этим поднимается вверх. Холодный щелок, наоборот, опускается вниз. Естественная циркуляция щелока зависит от формы котла, способа подвода пара в котел, режима варки и характера сдувок.

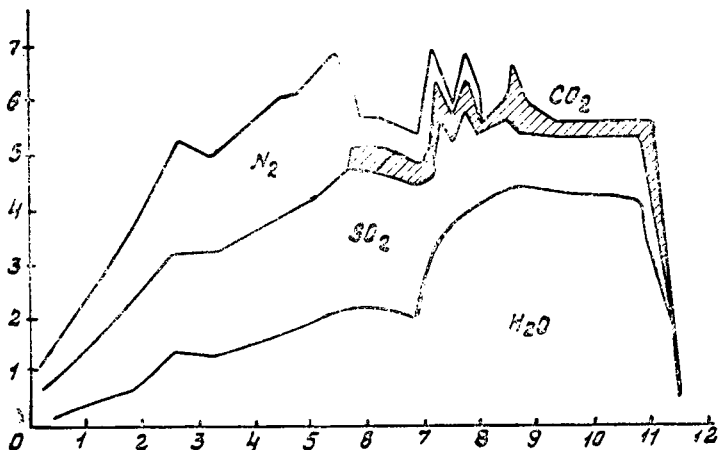


Рис. 20. Состав газов в котле во время варки

Влияние формы котла и способа подвода пара на распределение температуры в нем уже было рассмотрено на стр. 25.

Для выравнивания температуры в различных участках варочного котла часто применяют ступенчатый способ варки. Впуск пара в котел через определенные промежутки времени прекращают на 1—2 часа. Во время остановок температура в котле более или менее выравнивается.

Более эффективным средством улучшения циркуляции щелока является непрерывная сдувка газа из котла, потому что интенсивно выделяющиеся из кислоты пузырьки газа создают хорошие условия для перемешивания кислоты в котле.

Проведение непрерывной сдувки газа во время варки возможно лишь в случае применения **крепкой варочной кислоты**.

Благодаря применению очень концентрированной кислоты (8,5% всей SO_2 и 0,9% CaO), в последнее время на целлюлозных заводах достигнута вполне удовлетворительная равномерность распределения температуры в котле. Она обусловливается усиленной циркуляцией щелока при непрерывной сдвиге газа, а также тем, что конечная температура щелока не превышает 135°C .

Наиболее совершенное распределение температуры в котле может быть осуществлено принудительной циркуляцией щелока по одному из рассмотренных выше способов.

Химические явления при сульфитной варке

Мы уже отмечали, что древесина состоит из целлюлозных волокон, спаянных друг с другом лигнином. Последний представляет собой аморфное вещество, по свойствам совершенно отличное от целлюлозы.

Лигнин находится не только на поверхности волокон, но — в меньшей степени — и в толще их стенок. В стенках волокон древесины, главным образом на внутренней их поверхности, находятся еще гемицеллюлозы. Эти вещества по химическому составу сходны с целлюлозой.

Количество лигнина и гемицеллюлоз, сопутствующих целлюлозе в древесине, весьма значительно. Так, например, в еловой древесине содержится около 28% лигнина и 24% гемицеллюлоз. Чистой целлюлозы — клетчатки — в еловой древесине всего лишь 43%. Остальные 5% — минеральные вещества, смолы, жиры и некоторые другие примеси.

Задача сульфитной варки — освободить целлюлозу от большей части указанных выше веществ.

Отношение лигнина и гемицеллюлоз к варочной кислоте различно. Лигнин вступает в химическое соединение с сернистой кислотой, образуя, при известных условиях варки, растворимую в воде, очень активную лигносульфовую кислоту. Она является почти такой же сильной кислотой, как серная.

Гемицеллюлозы под действием варочной кислоты при высокой температуре, а также под действием образующейся лигносульфоновой кислоты, расщепляются на растворимые в воде простейшие сахара.

Гемицеллюлозы, имеющие в молекуле 5 атомов углерода, так называемые пентозаны ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$)_n, расщепляются до пентоз

$C_5H_{10}O_5$. Расщепление сопровождается присоединением воды и называется гидролизом (от греческого слова гидро — вода):
 $(C_5H_8O_4)_n + n H_2O = n C_5H_{10}O_5$.

Гемицеллюлозы, имеющие такой же химический состав, как и целлюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$, но менее сложную молекулу, называемые гексозанами, гидролизуются до гексоз $C_6H_{12}O_6$:
 $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O = n C_6H_{12}O_6$.

Одна из таких гексоз и есть хорошо всем известный виноградный сахар — глюкоза.

Гексозы отличаются от пентоз тем, что при добавлении к ним дрожжей они сбраживаются в этиловый (винный) спирт. На этом свойстве гексоз и основано использование отработанного сульфитного щелока для производства из него спирта¹.

В процессе сульфитной варки растворение лигнина и гемицеллюлоз происходит не сразу. При невысоких температурах варки в период пропитывания щепы кислотой сернистая кислота и бисульфит кальция присоединяются к лигнину, причем в древесине образуются твердая лигносульфоновая кислота и ее кальциевая соль.

Часть сернистого газа в этот период варки присоединяется к лигнину непрочно и может быть от него снова отделена при обработке разведенной щелочью; большая же часть образует с лигнином прочное соединение.

Интенсивность присоединения сернистого газа к лигнину возрастает с повышением температуры до 120—130°C. При дальнейшем подъеме температуры процесс присоединения замедляется.

Одновременно начинается второй процесс — перевод твердой лигносульфоновой кислоты в растворимое состояние. Скорость этой реакции возрастает с повышением температуры и кислотности варочного щелока. Реакция продолжается до окончания варки. Кислотность щелока в этот период варки возрастает вследствие растворения лигносульфоновой кислоты.

Растворение гемицеллюлоз идет параллельно с растворением лигнина. При низких температурах варки гемицеллюлозы почти совершенно не растворяются. С повышением температуры и кислотности среды начинается интенсивный гидролиз и растворение гемицеллюлоз.

¹ При добавлении специальной культуры бактерий *Monilia Murmanika* пентозы также сбраживаются в пищевые дрожжи.

Таким образом, с повышением температуры скорость варочного процесса возрастает, что известно каждому варщику из практики.

По наблюдениям американских исследователей Миллера и Свенсона повышение температуры на 10° в пределах между 120 и 150° сокращает время варки вдвое. Такое же сокращение времени варки может быть достигнуто при повышении содержания свободного сернистого газа в варочной кислоте на 2% .

Ускорение варки при крепкой кислоте объясняется более быстрым образованием растворимой активной лигносульфоновой кислоты. Эта кислота интенсивно растворяется уже при сравнительно низких температурах варки, когда гидролизующее ее действие по отношению к гемицеллюлозам и к целлюлозе значительно слабее, чем при высоких температурах. Этим объясняется высокий выход прочной сульфитной целлюлозы при варке с крепкой кислотой, но при низких температурах.

В американской практике последнего времени применялся так называемый способ быстрых варок целлюлозы. Варка проводилась за $7,5$ — 8 час. с кислотой, содержащей $5,5$ — $6,5\%$ всей SO_2 , при $0,9\%$ CaO и при конечной температуре варки 150 — $155^{\circ}C$.

В настоящее время американцы изменили режим варки. Ими применена кислота, содержащая $8,5$ — $8,7\%$ всей SO_2 при тех же $0,9\%$ CaO , благодаря чему за $7,5$ — 8 час. варка заканчивается при температуре 130 — $135^{\circ}C$.

Такой способ варки бесспорно следует признать более целесообразным. На некоторых американских заводах сейчас применяют уже кислоту крепостью до 12% всей SO_2 .

Во время сульфитной варки гемицеллюлозы и лигнин полностью удалить из древесины не удастся. В небеленой целлюлозе остается от 5 до 9% гемицеллюлоз в виде трудно гидролизуемой их части. Лигнин частично остается в целлюлозе в виде твердой лигносульфоновой кислоты.

Лигносульфоновая кислота активна даже в твердом виде, в связи с чем, если она не нейтрализована кальциевым или другим основанием, она разрушающе действует на целлюлозу. Прочность такой целлюлозы сильно снижается при сушке или при длительном хранении. Предотвратить разрушающее действие лигносульфоновой кислоты можно хорошей пропиткой щепы кислотой, содержащей достаточное количество оснований.

Параллельно с основными реакциями варочного процесса — извлечения инкрустирующих веществ из древесины — во время варки происходит ряд **побочных химических реакций**. Большая часть реакций заключается во взаимодействии сернистой кислоты с инкрустами, уже извлеченными из древесины в щелок. Они происходят преимущественно при высоких температурах (свыше 135—137°). Так, например, перед окончанием варочного процесса в щелоке наблюдается образование **легко отщепляемой SO₂**. Последняя получается в результате присоединения сернистой кислоты к растворенному в щелоке лигнину.

При варке с крепкой кислотой (5—5,5%), перед окончанием варки (при температуре 150—155°) в щелоке содержится около 1% легко отщепляемой SO₂; таким образом, на это соединение расходуется около 20% сернистого газа, поступающего в котел с варочной кислотой. Установлено также, что при высоких температурах варки бисульфит кальция присоединяется к растворенным в щелоке сахарам. При разложении образующихся соединений сернистая кислота окисляется в серную.

Таким образом, большое содержание сахаров в щелоке при высоких температурах может явиться пагубным для варки. **Вредное действие сахаров** сказывается особенно сильно в тех случаях, когда в кислоте содержится много основания.

Образование во время варки серной кислоты и гипса является показателем **ненормального течения варочного процесса**. Помимо указанного выше случая, подобные явления отмечаются при образовании в щелоке полиотионовых кислот или при попадании в кислоту селена (стр. 18).

При высоких температурах варки полиотионовые кислоты разлагаются с выделением элементарной серы, которая способствует окислению сернистой кислоты в серную. В результате окисления сернистой кислоты варочный щелок резко темнеет, приобретает чернубую окраску и характерный неприятный запах. Потемнение щелока вызывается осмолением растворенной в нем лигносульфоновой кислоты и частично также обугливанием сахаров.

При такой **черной варке** соответственно щелоку изменяется и целлюлоза. Окраска ее в этом случае почти аналогична щелоку. Волокно пережжено и не имеет никакой прочности.

Опасность черных варок может быть устранена:

- 1) при закачивании в котел кислоты, содержащей достаточное количество основания¹ и тщательно очищенной от механических и химических загрязнений;
- 2) при ограничении наивысшей температуры варки—135°С.

2. Как надо варить целлюлозу

На всех целлюлозных заводах целлюлозу варят по-разному. Различие режимов варки в значительной степени объясняется специфическими особенностями заводов (характер оборудования варочного отдела, способ приготовления варочной кислоты, качество получаемой щепы и т. п.) и, главным образом, установившимися традициями.

Важнейшей задачей целлюлозников является стандартизация варки целлюлозы, которая дала бы возможность на ряде предприятий получать продукцию строго определенного качества.

Ниже мы рассматриваем отдельные элементы оборота котла в порядке их нормальной последовательности и затем приведем рекомендуемые режимы варки.

Оборот котла

Различают оборот котла брутто и оборот нетто. Под **оборотом брутто** понимают время, расходуемое как на варку целлюлозы, так и на все связанные с ней побочные операции (осмотр обмуровки, текущий ремонт котла, загрузка щепой и заполнение его кислотой, закрывание крышки, выгрузка котла).

Под **оборотом нетто** понимают время эффективного использования котла, т. е. время самой варки.

Время, расходуемое на связанные с варкой побочные операции, называют **мертвым временем**.

Таким образом, **оборот котла** составляется из мертвого времени и из оборота варки.

Мертвое время

Открытие крышки и осмотр облицовки котла. Тотчас по опорожнении варочного котла открывают крышку и осматривают состояние плиточной облицовки его внутренней поверхности.

¹ Особенно благоприятно сказывается присутствие магниевого основания.

Крышку можно открывать лишь после того, как давление в котле снизится до нуля и воздушный кран на верхней горловине будет открыт. Осмотр облицовки производят через верхнюю горловину (не спускаясь в котел), освещая внутренность котла электрической лампой (12-вольтовой).

При исправном состоянии облицовки осмотр занимает всего 2—3 мин., после чего приступают к загрузке котла щепой. Если обнаружен подтек или выпали плитки, котел надо остудить и произвести в нем необходимый ремонт¹.

Пока варщик и его подручный открывают крышку и осматривают облицовку, арматурщики приступают к **осмотру и прочистке арматуры котла**. До начала загрузки щепы необходимо осмотреть выдувной шибер и все вентили и проверить, плотно ли закрываются вентили. Выдувной шибер нужно промыть водой, а паровые вентили — продуть паром. Осмотр и прочистка штуцеров и краников для отбора проб щелока и для контрольно-измерительной аппаратуры может производиться и во время заполнения котла щепой. Одновременно необходимо проверить и исправить уплотнение и набивку сальниковых вентиляей и выдувного шибера.

Сетка для сдувочных штуцеров должна быть вынута из верхней горловины и заменена другой (заблаговременно прочищенной) до начала загрузки щепы.

Загрузка щепы. Перед загрузкой щепы выдувной шибер и все вентили у котла должны быть плотно закрыты.

Щепа загружается в котел через железную, брезентовую (с железными обручами) или алюминиевую **воронку**, устанавливаемую между отверстием в силосе и горловиной котла.

В случае загрузки щепы непосредственно с транспортера (при отсутствии бункеров над котлами) над котлом подвешивается на петлях широкая железная труба. После загрузки она отгибается к потолку.

Время загрузки котла щепой зависит от размера котла, способа загрузки, качества щепы и количества ее в силосе. Большое значение имеет также устройство силоса и состояние его внутренней поверхности.

¹ При хорошо организованном планово-предупредительном ремонте котлов таких остановок делать почти не приходится.

При останове котла на ремонт у сигары открывают заглушку (для сквозного протока воздуха через котел) и посредством переносного вентилятора через верхнюю горловину нагнетают в котел холодный воздух. При соблюдении этих условий работа в котле может быть начата через 2—3 часа после его останова.

При свободном насыпании щепы из силоса, при равномерной и сухой щепе и прочих нормальных условиях загрузка небольшого котла емкостью до 150 м³ продолжается 15—20 мин.; котел емкостью 280 м³ загружается щепой за 30—40 мин.

При пользовании уплотнителями время загрузки щепы значительно удлиняется. Для больших котлов оно составляет в этом случае 1 ч.—1 ч. 10 м. Увеличение времени загрузки при применении уплотнителей объясняется большим количеством загружаемой в котел щепы (на 20—30%) и, главным образом, сужением загрузочного отверстия.

При заполнении котла из силоса на продолжительность загрузки очень большое влияние оказывает **качество щепы**. Сырая щепка легко слеживается и поэтому загружается значительно медленнее сухой. Особенно плохо загружается щепка, в которой имеется много длинных щепок — **лучин**. При загрузке такой щепой в силосе образуются столбы с совершенно отвесными стенками. Поэтому иногда не удается заполнить котел даже за 3—4 часа. Почти такое же положение создается в том случае, если в силос нарублено слишком много щепы. Вследствие давления вышележащих слоев щепы образует **своды**, обрушить которые очень трудно.

Затруднения при загрузке щепы из силоса могут быть значительно уменьшены, если пользоваться подведенным в силос сжатым воздухом или трясущейся воронкой Тофтэ (рис. 21).

Все же и тогда не удастся полностью обеспечить равномерную загрузку щепы, совершенно необходимую при работе с уплотнителями.

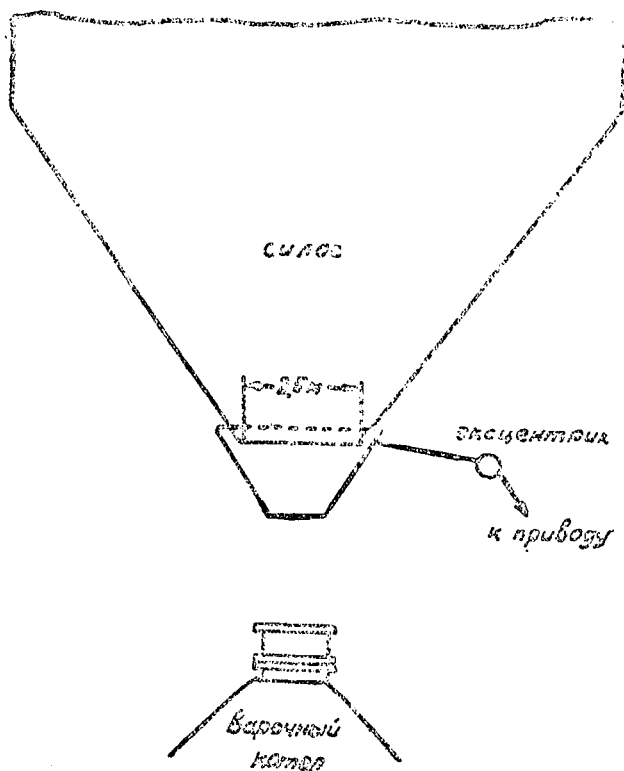
При расположении силоса на уровне земли и заполнении котлов щепой с быстроходного ленточного транспортера отмеченных выше затруднений при загрузке щепы не наблюдается. Загрузка щепы происходит вполне равномерно и продолжается 10—15 мин.

Заполнение котла кислотой. По окончании загрузки щепы котел закачивают кислотой. В зависимости от емкости котла закачка кислоты продолжается от 20 до 40 мин.

Продолжительность закачки кислоты зависит от производительности насосов. При достаточной производительности насоса котел можно закачать кислотой за любое время. Производить закачку быстрее, чем за 25—30 мин., не рекомендуется, так как в этом случае котел очень легко перекачать.

При осуществлении описанного ранее американского способа циркуляции кислоты перед началом варки котел может быть заполнен кислотой за более короткий срок. В этом случае опасность переполнения котла кислотой исключена.

Кислоту в котел закачивают в настоящее время исключительно через нижнюю горловину. Практиковавшийся ра-



Ис. 21. Устройство системы Тофта для разгрузки силоса

нее способ подачи кислоты через верхнюю горловину котла теперь совершенно оставлен.

При закачивании кислоты снизу щепы пропитывается равномернее, чем при закачке сверху; кроме того, устраняется резкий запах сернистого газа у верхней горловины котла.

Иногда для сокращения мертвого времени котла закачку кислоты начинают до окончания загрузки котла щепой. Такое

мероприятие может быть применено, если исключены заторы щепы в силосе. Нужно иметь в виду, что, если закачка начата слишком рано (до наполнения котла щепой на $\frac{2}{3}$), то кислота может поднять щепу и уменьшить таким образом количество последней в котле.

При холодной варочной кислоте котел не докачивают на 1—1,5 м до верхней горловины. Свободный объем заполняется в период заварки за счет конденсации поступающего в котел пара.

Достаточность закачки кислоты определяют при помощи укрепляемого на котле водомерного стекла и посредством щупа. Последний представляет собой сплюснутую на конце медную трубку диаметром 25 мм и длиной 1,5—2 м, с пробитыми в ее сплюснутом конце мелкими отверстиями. Перед окончанием закачки щуп опускают в котел до тех пор, пока на требуемой глубине (1—1,5 м) не будет обнаружена кислота. Если щуп достигнет кислоты, конец его увлажнится. Во избежание недокачки котла кислотой, влекущей за собой порчу массы, при опускании щупа необходимо следить за тем, чтобы конец его был совершенно сухим.

Кроме того, следует обращать внимание на то, чтобы щуп не увлажнился конденсатом, стекающим в котел из сдувочных штуцеров, при недостаточно плотно закрытых вентилях.

Старший варщик должен лично проверять, достаточно ли кислоты закачено в котел.

По обнаружении кислоты на требуемом уровне дают сигнал о немедленном **прекращении подачи кислоты**. Вентиль на кислотной линии у варочного котла до останова кислотного насоса необходимо закрыть. При несоблюдении этого требования кислотная линия будет забита щепой.

Начиная **закачку кислоты**, поступают в обратном порядке, а именно: открывают вентиль на всасывающей линии насоса, включают в работу насос, открывают вентиль на нагнетающей линии насоса и затем уже открывают вентиль на кислотной линии у варочного котла.

При горячей варочной кислоте котел закачивают доверху, при закрытой верхней крышке котла. О достаточности закачки судят по появлению кислоты в воздушном вентиле на верхней горловине котла.

По заполнении котла кислотный насос останавливают или же (при американском способе) оставляют его в работе,

осуществляя циркуляцию кислоты между варочным котлом и регенерационным резервуаром.

Закрывание крышки котла. При холодной кислоте крышку котла закрывают после закачки кислоты, при горячей кислоте — перед закачкой.

Перед тем как ставить крышку, края верхней горловины тщательно очищают от старой прокладки, щепы и т. п. Затем на горловину кладут 4—5 листов **прокладок**, вырезанных из целлюлозы и смоченных водой. Края прокладок должны быть целыми и без складок. Размер прокладок должен соответствовать размеру горловины. Составлять прокладки из небольших листов целлюлозы нецелесообразно; такие прокладки могут быть вырваны во время варки.

Когда прокладки положены на место, краном аккуратно подводят крышку котла; ее опускают на горловину лишь после того, как болтовые прорези в ней, еще на весу, точно совпадут с соответствующими прорезями во фланце горловины. После установки крышки на место двигать ее больше нельзя, так как легко можно повредить прокладки.

Установив крышку, закрепляют ее болтами. Резьба болтов должна быть смазана **графитной смазкой**.

Во избежание **перекоса крышки** болты надо подтягивать с двух сторон крышки и, кроме того, крест-накрест. Пока гайки вращаются сравнительно легко, их затягивают короткими полуметровыми гаечными ключами; потом гайки подтягивают длинными ключами (0,8—1 м).

Во время варки болты вследствие разогрева несколько удлиняются и, таким образом, ослабляется крепление крышки. По достижении в котле температуры 100—105°C болты у крышки необходимо снова подтянуть, иначе прокладки из-под крышки могут быть легко вырваны.

Следующая операция мертвого времени — выгрузка массы из котла по окончании варки.

По окончании варки (момент этот устанавливают по анализу проб варочного щелока) в котле снижают давление и выпускают массу в ссезу.

Известны два способа опоражнивания варочного котла: выпуск массы в ссезу под остаточным давлением варки — **выдувка** и выпуск массы после отделения от нее щелока и заполнения котла водой. Этот способ называют **вымывкой**.

В Америке котлы опоражнивают исключительно выдувкой. Этот способ наиболее распространен и на наших заводах. В Скандинавии и на большинстве европейских заводов раз-

грузку варочных котлов производят преимущественно вымывкой.

Выдувка массы занимает значительно меньше времени, чем вымывка. Тем не менее в Европе предпочитают вымывку. Объясняется это тем, что при вымывке может быть получена более высококачественная масса, чем при выдувке.

При выдувке массы, особенно если она начинается при высоком давлении, значительная часть непроварившихся щепочек и сучков разбивается и, таким образом, засоряет целлюлозу. Промывка массы в котле (при вымывке) дает возможность лучше отделить смолу, чем промывка в ссече.

В последнее время применяется выдувка массы из котла под очень небольшим давлением (1,5 рабочих атмосферы) и промывка массы в ссече горячей водой. При этом качество массы при выдувке получается почти таким же, как и при вымывке.

Преимущество выдувки перед вымывкой заключается в очень большом выигрыше времени. При выдувке массы из котла общая продолжительность всех связанных с ней операций не превышает 35—40 мин.

При выдувке массы в том виде, в каком она сейчас у нас применяется, поступают следующим образом: по установлении конца варки производят сдувку газа, снижая давление в котле до 2,5—3 ат. Сдувка газа продолжается 15—20 мин.

Во время окончательной сдувки газа или еще несколько раньше дают воду в ссечу в таком количестве, чтобы над фильтрующим полом был слой воды толщиной 0,7 м. После этого в ссече тщательно закрывают все люки и вентили у штуцеров для выпуска щелока и массы.

Перед тем как открыть шибера, дают воду в зонт¹ над выдувной трубой в ссече и в спрыски в вытяжной шахте. Количество подаваемой воды регулируют таким образом, чтобы во время выдувки не произошло переполнения ссечи.

По окончании сдувки газа младший варщик пускает пар в сигару через штуцер, расположенный против выдувной трубы, и постепенно открывает выдувной шибер. Если после 2—3 оборотов маховика шибера выдувка еще не началась (что легко определить по звуку), шибер следует закрыть и на 2—3 мин. дать пар в основной штуцер. После этого выдувка обычно протекает без затруднений.

¹ Зонтом называют сплюснутую водяную трубу, расположенную над выдувной трубой для массы.

Шибер обязательно надо открывать постепенно, в противном случае получится удар массы в трубу, могущий повлечь за собой разрыв выдувной трубы.

Если перед шибером на выдувной трубе поставлены клинья или другие предохранительные устройства, то перед тем, как открыть шибер, они должны быть вынуты или открыты и затем приведены в такой вид, чтобы масса через них не могла попасть в рабочее помещение. Нормально выдувка массы продолжается примерно 10 мин. Перед окончанием выдувки равномерный шипящий звук в выдувной трубе становится прерывистым и иногда сопровождается легкими постукиваниями.

Если во время выдувки в трубе слышны удары, то это означает, что из котла попали в нее какие-либо твердые предметы: плитка, болт и т. п.

Об окончании выдувки судят по манометру (стрелка манометра должна стоять на 0) и по простукиванию выдувной трубы металлическим предметом. Звонкий звук указывает, что масса из котла выдута полностью. Если при простукивании трубы звук получается глухим, то это означает, что в котле осталась масса. В этом случае в котле нужно несколько поднять давление и произвести додувку.

Масса остается в котле обычно в том случае, если выдувка производится с очень низкого давления и выдувная труба входит в сечку значительно выше выдувного отверстия в сигаре котла. Масса может остаться в котле также в том случае, если заметно уменьшилось сечение выдувного отверстия вследствие образования в нем слоя гипса. Гипсация в сигаре легко обнаруживается во время выдувки, так как в этом случае продолжительность выдувки возрастает до 15 и более минут. В подобных случаях в котел надо заблаговременно дать пар.

Убедившись в окончании выдувки, следует приступить к открыванию верхней крышки и затем к осмотру обмуровки котла.

Тотчас по окончании выдувки нужно прекратить подачу воды в зонт и sprыски вытяжной шахты. Люки в сечке и прочие отверстия на пути от котла к ней, сообщающие котел с наружной атмосферой, могут быть открыты только после того, как осмотрена обмуровка котла. При несоблюдении этого условия нарушается тяга из котла в сечку и остающиеся в котле газы и пар выходят через загрузочную горловину в 3-й этаж варочного корпуса.

При современном американском способе варки выдувку массы из котла производят с давления 1,5 ат в продолжение 15 мин. Во избежание задержки массы в выдувной трубе, в торец трубы (в сигару) в продолжение всей выдувки дается сильная струя пара. Струя действует подобно инжектору, засасывая массу из котла в сцезу.

Преимущество вымывки перед выдувкой, как уже было выше указано, заключается в возможности получения более чистой массы. При вымывке масса промывается водой еще в котле. Преимуществом вымывки перед выдувкой является также возможность выгружать массу из котла в открытую сцезу. Кроме того, при вымывке исключается засорение массы кострой, появляющейся при выдувке вследствие разбивания сучков и неразварившейся щепы.

Вымывка из котла производится обычно следующим образом: за 15—20 мин. до окончания варки делают окончательную сдувку газа, как говорят «котел пускают верхом».

После того как давление в котле снизится до 2—2,5 ат, открывают нижние щелочные вентили — «котел пускают низом» — и выпускают из него, по возможности, весь свободно стекающий щелок.

Иногда для ускорения операции вымывки, после того как в котле понизится давление до 1—1,5 ат, через верхний вентиль дают холодную или лучше горячую воду; это способствует конденсации пара и, таким образом, значительно ускоряет дальнейшее снижение давления.

Поступающая сверху вода вытесняет постепенно весь щелок из массы. Если в котел дается горячая вода, то промывка массы протекает быстрее и лучше, причем удаляется большая часть находящейся в целлюлозе смолы.

После того как весь щелок из котла будет вытеснен, открывают верхнюю крышку, котел доливают водой и нижнюю крышку освобождают от болтов; затем поворачивают предохранительный рычаг, нижняя крышка откидывается на шарнире и масса вместе с наполняющей котел водой устремляется в сцезу.

Продолжительность операций вымывки характеризуется следующими данными:

Сдувка газа и спуск щелока	1,5—2	часа
Промывка (если она производится)	1 —2,5	»
Выгрузка массы из котла	0,5	»

Всего 3—5 час.

Оборот варки

Оборот варки разделяют на два периода: период заварки, во время которого происходит пропитывание щепы кислотой, и период варки, во время которого происходит процесс освобождения целлюлозы от сопровождающих ее в древесине веществ.

Заварка

По заполнении котла кислотой закрывают крышку и в котел пускают пар. Во время заварки расходуется от **пяти до двух третей** (при горячей кислоте) от общего количества пара, расходуемого на всю варку. Так как в период заварки пуск пара в котел продолжается всего 1,5—2 часа, то одновременно в котел должно вводиться весьма большое количество пара.

Пар вводят в котел через основной нижний штуцер и, спустя некоторое время, также через боковые конусные штуцеры.

Паровые вентили надо открывать постепенно и понемногу, в противном случае получаются сильные толчки, сотрясающие весь котел. Сильные толчки при пуске пара получаются также в том случае, если перед вентиляем в паровой линии скопилось много конденсата. Перед пуском пара в котел конденсат должен быть выпущен через специальный краник, устанавливаемый на отростке у паровой линии.

При пуске пара в котел нужно помнить, что **сначала должен быть открыт вентиль у паровой колонки и затем уже у котла**. Закрывать паровые вентили следует в обратном порядке. При нарушении этих условий паровая линия будет моментально забита щепой.

Открывать паровые вентили надо, руководствуясь показаниями **паромера**, установленного на паропроводе к варочному котлу. Заблаговременно должна быть составлена кривая расхода пара. Пользуясь этой кривой и показаниями паромера, варщик осуществляет **точную дозировку количества пара**, вводимого в варочный котел. На многих зарубежных целлюлозных заводах операция впуска пара в котел сейчас полностью автоматизирована.

При пуске пара в котел нужно следить за манометром на главной паровой магистрали. Если давление на магистрали снизилось до 6 ат, подачу пара необходимо сократить.

Быстрое поступление пара в котел обеспечивается при

разности давлений в паровой магистрали и в котле не менее чем в 1,5—2 рабочих атмосферы.

Заварки котлов должны производиться **через строго определенные промежутки времени по заранее составленному графику**. Ни в коем случае нельзя одновременно начинать заварку двух и тем более большего количества котлов.

За полчаса до начала заварки необходимо предупредить кочегарку о предполагаемом заборе пара.

Как уже было выше указано, в период заварки пар поступает в котел в течение 1,5—2 час. За это время температура в котле повышается до 105—110°C. Одновременно с подъемом температуры в котле растет давление, сначала за счет вытесняемого из щепы воздуха, а затем за счет выделяющегося из кислоты сернистого газа.

Избыточное давление снижают сдувкой газа. Первую сдувку — «получение жидкости» — производят по достижении в котле давления в 3 рабочих атмосферы. Все последующие сдувки производятся с 5 рабочих атмосфер.

По достижении температуры 105—110°C пуск пара в котел прекращают на время от 1 до 3 час. Назначение такой «стоянки» при 105—110°C — возможно полное пропитывание щепы кислотой и выравнивание температуры во всех участках котла. Продолжительность стоянки при 105—110°C зависит от условий варки. При современном американском способе варки, при котором применяется высококонцентрированная горячая варочная кислота и циркуляция кислоты перед пуском пара в котел, стоянок при 105—110°C почти не делают и пар поступает в котел **непрерывно**. Одновременно и также непрерывно производится сдувка газа. При **слабой варочной кислоте и сырой щепе** котел должен быть выдержан при 105—110°C не менее 3 час.

Варка

Под наименованием «варка» понимают тот период варочного процесса, во время которого происходит извлечение инкристирующих веществ из древесины.

Строгой границы между периодами заварки и варки провести нельзя. Разделение это условно. Во время заварки, особенно если она производится при температуре 110—115°C, одновременно с пропитыванием щепы кислотой происходит также и частичное извлечение инкристов. Во время варки, особенно в начале ее, наряду с основными реакциями, продолжается также дальнейшее насыщение щепы кислотой.

Режим варки характеризуется температурной кривой. Различают непрерывную и ступенчатую варки целлюлозы. При непрерывной варке (рис. 22) пар поступает в котел в продолжение всей варки, причем сдвуха газа из котла производится непрерывно.

Так как для непрерывной сдвухи требуется большой избыток газа, непрерывная варка возможна лишь при наличии достаточно крепкой кислоты. В этом случае за счет интенсивной сдвухи обеспечивается циркуляция щелока и выравнивание температуры в котле.

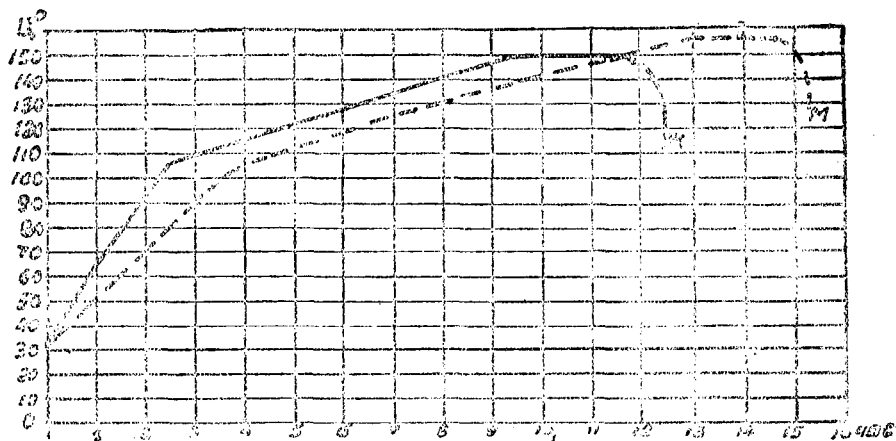


Рис. 22. Температурная кривая непрерывной варки

При ступенчатой варке (рис. 23) пуск пара в котел через определенные промежутки времени прерывается, и котел в течение некоторого времени выдерживается на достигнутой температуре. Перед каждым пуском пара давление в котле снижается сдвухой газа. Ступенчатая варка необходима при слабой варочной кислоте. Назначение ступеней — выравнять температуру во всех участках варочного котла.

Количество ступеней устанавливают в соответствии с крепостью варочной кислоты и требованиями, предъявляемыми к целлюлозе в отношении ее однородности. Чем слабее кислота, тем чаще делают выдержки котла на определенных температурах. То же и в отношении однородности целлюлозы.

Ступени устраивают обычно на 110, 125, 135° и на конечной температуре варки 145—148°С.

Для парового хозяйства завода ступенчатая варка значительно тяжелее, чем непрерывная. Это наглядно видно из помещенных графиков расхода пара при ступенчатой (рис. 24) и непрерывной варках (рис. 25).

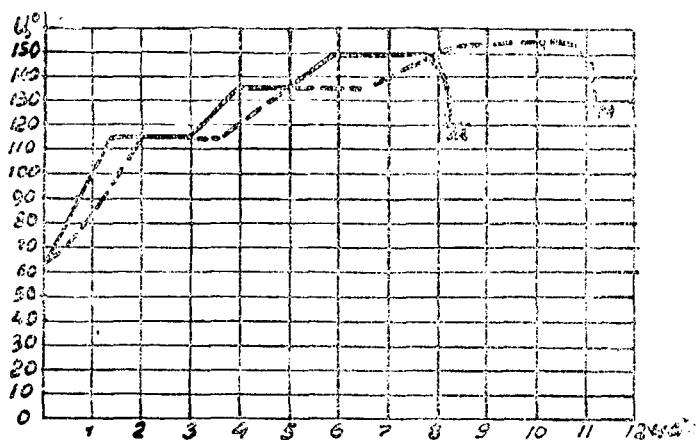


Рис. 23. Температурная кривая ступенчатой варки

Ступенчатая варка нежелательна также и потому, что при непрерывной сдвукке регенерационная установка работает значительно эффективнее, чем при периодической.

При обеспечении надлежащего пропитывания щепы кислотой (в период заварки или раньше) варка может быть успешно проведена по самым разнообразным режимам.

При этом сокращение времени варки достигается повышением крепости варочной кислоты, повышением температуры во время варки или применением оттяжек щелока из котла.

Из этих способов наилучшим является первый, т. е. применение крепкой варочной кислоты.

Наиболее ярким примером такого способа является современная американская варка, которая проводится с кислотой, содержащей 8,5—8,7% всей SO_2 и 0,8% CaO и имеющей температуру 80—82°С. Оборот такой варки (включая заварку и циркуляцию кислоты перед пуском пара в котел) при выработке мягкой целлюлозы составляет 9—9,5 часа.

Наивысшая температура варки 132—135°С. Варка проводится при непрерывной сдвухе газа. Благодаря тому, что варка заканчивается при сравнительно низкой температуре, здесь не наблюдается заметного повреждения волокон целлюлозы. Выход целлюлозы на 3—5% выше, чем при распространенных у нас способах варки. Полученная целлюлоза отличается высокой вязкостью и прочностью. Варка заканчивается при совершенно светлом щелоке, повышается белизна целлюлозы и облегчается ее промывка. Повидимому, еще лучшие результаты могут быть получены при дальнейшем повышении крепости варочной кислоты.

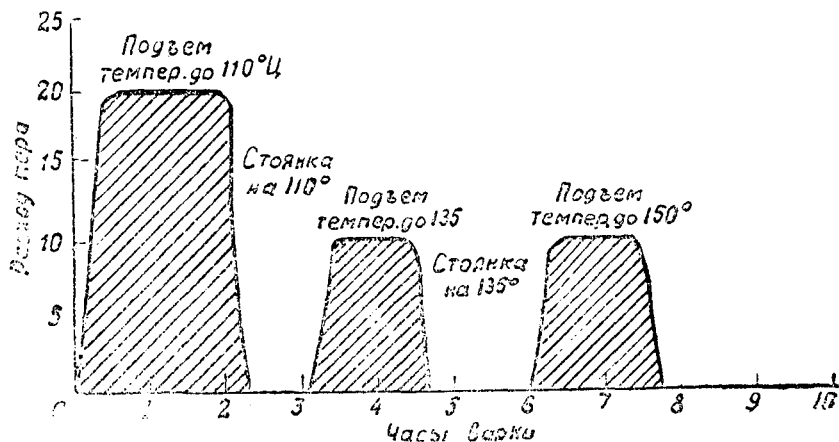


Рис. 24. График расхода пара при ступенчатой варке

При кислоте крепостью 5% и при 0,8—0,9% CaO варка мягкой целлюлозы может быть проведена также за 9—9,5 часа (включая заварку); конечная температура варки должна быть не ниже 148°С. Качество полученной целлюлозы будет ниже, чем в указанном выше случае.

Так как при температурах выше 135°С легко происходят вредные побочные реакции сульфитной варки, связанные с расходом сернистого газа из кислоты, очень важно, чтобы температура в этот период варки повышалась возможно медленнее. При непрерывном поступлении пара в котел подъем температуры от 110 до 145°С должен продолжаться не менее чем 3,5 часа. При ступенчатой варке подъем от 110 до 135° и выдержка на этой температуре должны занимать

не менее 2,5 часа. Эти данные относятся к кислоте, содержащей не менее 4% всей SO_2 при 0,8% CaO . При более слабой кислоте (3,4—3,5%) указанное выше время должно быть увеличено на 1—2 часа.

За счет повышения температуры в котле продолжительность варки может быть весьма значительно сокращена. Мы уже видели (стр. 62), что повышение температуры на 10° сокращает время варки вдвое. Это не значит, конечно, что вдвое сокращается общая продолжительность варки. Сокращение времени относится только к тому периоду, когда в котле уже достигнута высокая температура. Время, потребное для достижения этой температуры, остается неизменным.

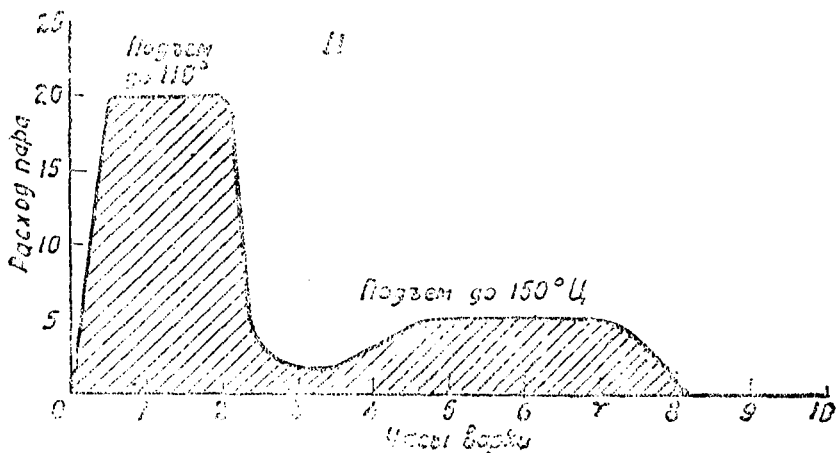


Рис. 25. График расхода пара при непрерывной варке

Повышение температуры, как средство ускорения варки, до последнего времени широко использовалось в американской практике. Но в связи с тем, что высокая температура варки неблагоприятно сказывается на качестве целлюлозы и на величине ее выхода, теперь американцы отошли от использования высоких температур. Они приблизились к условиям скандинавских и других европейских заводов, которые, как известно, не применяли и не применяют температур варки выше $140^\circ C$.

Существеннейшим отличием современного американского способа от скандинавских является применение американцами сверхкрепкой кислоты. Благодаря этому в Америке варка

продолжается 9—9,5 часа и заканчивается при 132—135°C, в то время как в Скандинавии аналогичная целлюлоза варится 15—16 час., хотя варка заканчивается при 137—138°C.

Ускорение варки при слабой варочной кислоте может быть осуществлено применением оттяжек щелока из котла (стр. 56). Как мы видели, способ этот заключается в замене части газовых сдувок жидкостными. Благодаря уменьшению количества жидкости в котле, при сохранении ее общей крепости, варочный процесс ускоряется. Применением способа оттяжек на ряде наших целлюлозных заводов удалось сократить время варки жесткой целлюлозы до 8—9 час. при кислоте крепостью лишь 3—3,5%. Правда, такое сокращение времени варки достигнуто также и за счет повышения температуры варки до 155°C.

Качество целлюлозы, получаемой таким способом, ниже, чем при варке целлюлозы с крепкой кислотой.

Из сказанного выше видно, что наиболее рациональным в настоящее время надо признать современный американский способ варки, характеризующийся низкой конечной температурой при малой общей продолжительности варки. Для осуществления этого способа требуется крепкая варочная кислота (8,5—8,7% всей SO_2 и 0,8% CaO), имеющая температуру 80—82°C.

При кислоте, содержащей до 5% всей SO_2 и 0,8—0,9% CaO , варку следует производить по ступенчатой кривой. Чем слабее кислота, тем чаще надо делать ступени и соответственно увеличивать их продолжительность. Особое внимание должно быть обращено на увеличение продолжительности периода заварки. Кроме того, следует чаще заменять газовые сдувки оттяжками щелока. Их надо производить таким образом, чтобы щепка в котле все время была покрыта жидкостью.

Различие в режиме варки жесткой и мягкой целлюлозы при слабой варочной кислоте заключается в увеличении (при мягкой целлюлозе) продолжительности варки при 125 или 135°C и затем при конечной температуре.

При крепости кислоты свыше 5% варку следует производить по непрерывной кривой. Одну полуторачасовую стоянку нужно делать лишь по достижении в котле 105—110°C. В остальное время пар вводится в котел непрерывно с таким расчетом, чтобы в первый час после заварки температура поднялась на 12° и затем в каждый последующий час на 2° ниже, чем в предыдущий, т. е. на 10, 8, 6, 4 и 2°C. Одновременно с поступлением пара должна производиться сдувка

газа в таком количестве, чтобы давление в котле в продолжение всей варки поддерживалось равным 5 ат. Жесткая и мягкая целлюлоза варятся по одному режиму. Отличие заключается лишь в более продолжительной варке мягкой целлюлозы при конечных температурах.

При варке вискозной целлюлозы для повышения ее однородности обычно вводят одно- или полутора часовую стоянку при 125° и конечную температуру варки снижают до 143°Ц. Продолжительность варки вискозной целлюлозы соответственно увеличивается до 12 час.¹.

3. Ненормальное течение сульфитной варки

Ненормальное течение варочного процесса может иметь место вследствие целого ряда причин, которые, главным образом, сводятся к следующим:

- 1) в котел закачано слишком мало кислоты;
- 2) для варки применена слишком слабая кислота;
- 3) в закачанной кислоте содержится менее 0,5—0,6 % CaO;
- 4) в закачанной кислоте содержится более 1,2—1,3 % CaO;
- 5) в кислоте содержится селен;
- 6) сдувка газа начата слишком рано или продолжительность ее была чрезмерно велика;
- 7) засорена сдувочная сетка или загипсованы паровые штуцеры или вентили.

В котел закачано мало кислоты

При недостаточном количестве кислоты щепы в верхней части котла не проварится и будет подожжена. В результате такой варки, наряду с хорошим волокном, получается очень много обуглившихся щепочек. От щепочек уголь очень легко отслаивается и настолько засоряет хорошую массу, что она получается бракованной даже после того, как пройдет через все очистные аппараты. Кроме того, массу, содержащую большое количество отходов, очень трудно выгрузить из сджежи и пропустить через очистную аппаратуру и на пресспате. Такая масса очень плохо размывается водой, забивает насосы, заваливает сучколовители и сортировки и, так как

¹ Приведенные данные относятся к варке с кислотой, содержащей свыше 5% всей SO_2 при 0,8—0,9% CaO.

она сильно разведена водой, резко снижает производительность пресспата и всего оборудования очистного отдела.

Установить, что котел недокачан, можно уже в самом начале варки, следя за давлением в котле и температурой, при которой получается жидкость.

При недокачке кислоты давление в котле во время заварки ниже, чем при нормально закачанном котле и кислоте того же состава. Чем больше недокачка, тем эта разница резче.

При нормальных условиях и при холодной начальной кислоте, при температуре 60—65° и давлении 3—3,5 ат жидкость в котле должна дойти до верхней крышки. При недокачке котла жидкость удастся получить только при более высоких температурах или же ее не удастся получить совсем.

Если своевременно (до 100°С) замечено, что котел недокачан, то давление в нем нужно спустить и произвести докачку кислотой. Нужно следить также за тем, чтобы котел не был перекачан, иначе давление в котле возрастает слишком быстро и поднять температуру удастся лишь после выпуска из котла излишнего количества кислоты.

Кислота для варки содержит слишком мало SO₂

Древесину можно сварить с кислотой, содержащей всего лишь 1,9% сернистого газа, но тогда варка должна быть проведена при низкой температуре и будет очень продолжительной.

Случаи варки древесины с кислотой крепостью 2,1—2,3% всей SO₂ на наших целлюлозных заводах были нередки.

Варка в таких случаях продолжается 18—19 час., причем удается получить только жесткую массу. Особенно скверные результаты получаются при сырой щепе. Слабая кислота очень плохо пропитывает щепу; таким образом, если температуру в котле поднять слишком быстро, то в результате варки получится весьма значительный недовар. Недовар в этом случае имеет вид щепы, проварившейся снаружи, но внутри лишь несколько размягчившейся и получившей бурую окраску.

В кислоте содержится слишком мало основания

Мы уже говорили (стр. 16), что варка целлюлозы может быть проведена с одной сернистой кислотой вовсе без основания, но тогда температура варки должна быть очень низкой. При нормальном режиме варки содержание CaO в кис-

лоте не может быть допущено ниже 0,6%. В противном случае в конце варки, когда растворение лигносульфоновой кислоты протекает особенно интенсивно, основания для ее нейтрализации будет недостаточно и наступит **черная варка**.

Черная варка характеризуется получением полупроварившейся, обуглившейся щепы, причем такой вид обычно имеет вся масса из котла¹. Когда этот дефект варки выражен менее резко, из котла получается коричневая волокнистая масса, обладающая слабыми механическими свойствами.

Черная варка всегда сопровождается **резким потемнением щелока и повышением его кислотности**. Щелок становится темнокоричневым (без красного оттенка) и даже черным.

Почернение целлюлозы и щелока происходит вследствие осмоления содержащейся в них лигносульфоновой кислоты.

В кислоте содержится слишком много основания

В этом случае, особенно если в кислоте имеется мало свободного сернистого газа, во время варки выпадает моносульфит и образуется гипс. В первую очередь **гипсация** происходит у паровых штуцеров. Вследствие гипсации паровых штуцеров доступ пара в котел сокращается и варка затягивается. Во время гипсации сильно зарастает также нижняя горловина котла.

При чрезмерно высоком содержании основания в кислоте, наряду с выпадением моносульфита кальция, происходит образование политионовых кислот и окисление сахаров (стр. 63).

Это, в свою очередь, влечет за собой нарушение варочного процесса как за счет расходования сернистого газа не по своему назначению, так и за счет вредного каталитического действия образующихся веществ.

В кислоте содержится селен

Если в кислоте содержится всего лишь 0,7 мг селена в 1 л, т. е. 0,007% селена, то этого достаточно, чтобы при температуре выше 137° превратить всю сернистую кислоту в серную (стр. 18)².

¹ Известны случаи, когда в результате черной варки в котле вовсе не оставалось щепы, а вместо нее получался лишь порошок землистого вида (лигнин).

² Если в кислоте отсутствуют другие загрязнения (сера, полиитонаты, гипс, огарок), обычно всегда в ней находящиеся, и в кислоте достаточно основания, то полная порча варки отмечается лишь при 2 мг селена в 1 л кислоты.

В результате получается черная варка.

Внешние проявления действия селена такие же, как и при варке с кислотой, содержащей недостаточное количество основания.

Полную порчу варки как при обнаружении в кислоте селена, так и при недостатке в кислоте основания можно предотвратить проведением всей варки при температуре не выше 130°C.

Сера, образовавшаяся в результате разложения полиотиновых кислот, действует во время варки подобно селену, но в 500 раз слабее его.

Сдувка газа начата слишком рано

Как мы видели, при крепкой кислоте сдувка газа проводится непрерывно и начинается при 80—90°C. Непрерывная сдувка газа возможна вследствие высокого содержания сернистого газа в кислоте.

Если в кислоте свободного SO₂ немного, непрерывная сдувка недопустима, так как она повлечет за собой значительное **ослабление кислоты**. В результате получается недовар и варка затягивается. При значительной потере сернистого газа масса может вовсе не свариться.

При небрежном отношении к арматуре котла сдувка газа может идти помимо желания варщика. Такие случаи наблюдаются при неплотном запоре сдувочных вентилях, плохой набивке их сальников, а также если будут вырваны прокладки у вентилях из-под крышки варочного котла. В подобных случаях, если не принять соответствующих мер, варка может быть испорчена.

Недовар массы в котле получается, если конечная сдувка газа начата слишком рано — до завершения варочного процесса.

Засорена сдувочная сетка

При засорении сдувочной сетки котел нельзя сдувать и, таким образом, нельзя поднимать температуру, т. е. производить варку.

Забивание сетки обычно происходит, если сдувочные вентили открывают слишком резко. В подобных случаях кислота энергично вскипает и заплескивает сетку массой и моносульфитом кальция.

Если перед установкой в котел сетка была тщательно прочищена, то в таких случаях ее удастся продуть паром. Если этого сделано не было, то сетку во время варки прочистить почти невозможно, особенно в тех случаях, когда в кислоте содержится много кальция и сетка загипсовывается.

Если во время варки сдувочную сетку не удастся продуть паром, то для продолжения варки следует прибегнуть к **оттяжке щелока** по кислотным линиям (если они защищены в котле сетками) или, в крайнем случае, через выдувной шибер. В последнем случае шибер может быть лишь слегка открыт.



ГЛАВА ПЯТАЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ В ВАРОЧНОМ ОТДЕЛЕ

Работа варочного отдела тесно связана с работой других цехов и потому должна быть хорошо с ними согласована. Если не считаться с необходимостью такого согласования, то варочный отдел будет иметь частые простои из-за недостатка щепы или из-за недостатка кислоты и пара, или же, при неувязке с работой очистного или отбельного отделов, из-за переполнения сжеж.

График работы всех этих смежных цехов (приложение 2, стр. 88) составляет начальник целлюлозного завода перед началом суток; его должны строго соблюдать работники отдельных цехов.

Равномерная расстановка завариваемых котлов по графику имеет большое значение не только по указанным выше причинам. Работа по графику обеспечивает равномерное поступление сдувочных газов в регенерационную установку, а также получение однородной по составу и более крепкой варочной кислоты.

На каждый завариваемый котел старший варщик заводит рапорт, где отмечает время начала и окончания всех, связанных с варкой операций, а также изменения температуры, давления в котле и крепости варочного щелока в процессе варки.

Крепость щелока, его цвет и запах обычно являются основными характеристиками, по которым варщик судит о ходе варочного процесса.

При чистой (не содержащей загрязнений) варочной кислоте и постоянной ее крепости, а также при равномерной влажности поступающей щепы получение целлюлозы стандартного качества будет зависеть только от точности соблюдения заданного режима варки. Цвет щелока, наряду с его «титром»¹, будет служить очень характерным показателем течения варки.

¹ Титром называют количество кубических сантиметров раствора йода, пошедшего на определение содержания SO_2 в 1 см³ щелока.

При изменении влажности щепы и начальной крепости кислоты цвет конечного щелока будет изменяться в очень значительной степени.

Методику титрования щелока мы здесь не приводим. Она подробно описана в уже указанном руководстве Зибер и Швальбе¹ и в предыдущих изданиях настоящей книжки.

На всех новых целлюлозных заводах сейчас вводится аппаратура для автоматического контроля и регулирования варочного процесса, весьма упрощающая работу варщика. Она освобождает варщика не только от ведения рапорта варки (так как приборы снабжены самозаписывающими приспособлениями), но часто и от регулировки впуска пара в котел.

Следует, однако, заметить, что автоматизация варочного процесса требует соблюдения строжайшей стандартности качества материалов, поступающих в варочный отдел. Описания устройства указанных приборов мы здесь не приводим².

Вторым условием, определяющим нормальную работу варочного отдела, является тщательное проведение планово-предупредительного ремонта всего оборудования.

Естественно, что последний может быть успешно проведен только в том случае, если имеется достаточное количество запасных частей.

Для проведения планово-предупредительного ремонта котлы должны поочередно останавливаться на 6—12 час. в месяц, причем в них должны быть произведены осмотр и ремонт обмуровки и полная смена всей легко сменяемой арматуры.

В таких случаях ремонт арматуры (главным образом, притирка клапанов в вентилях и набивка сальников) весьма прост. Таким образом, при малой затрате времени обеспечивается вполне исправное состояние арматуры.

¹ К. Швальбе и Р. Зибер. Химический производственный контроль в целлюлозной и бумажной промышленности.

² Интересующиеся могут познакомиться с принципом действия этих приборов в предыдущем издании этой книги.

Название способа определения жесткости Характеристика целлюлозы	Способ Зинбера	Способ Бьёрк- мана	Способ Роэ
Очень жесткая	90	150	12,5
	87	149	12
	84	147	11,5
	80	146	11
	78	145	10,5
	76	144	10
	73	142	9,5
	70	140	9
Жесткая	68	136	8,5
	66	130	8
	64	121	7,5
	60	113	7
	56	109	6,5
	52	101	6
Средняя	47	96	5,5
	44	93	5
	39	88	4,5
Мягкая	36	83	4
	32	73	3,5
	29	66	3
	25	51	2,5
Очень мягкая	21	46	2
	15	37	1,5
	10	28	1

График на 1944 год Приложение 2

Котлы №	Часы												
	2	4	1	3	5	6	2	4	1	3	5	6	
Выдувка	0 30	2 30	4 30	6 30	8 00	10 30	12 30	14 30	16 30	18 30	20 30	22 30	
Заварка	2 00	4 00	6 00	8 00	10 00	12 00	14 00	16 00	18 00	20 00	22 00	24 00	
Рубка щепы в силос . .	пол- ный	пол- ный	пол- ный	2 00	4 00	6 00	8 00	10 00	12 00	14 00	16 00	18 00	20 00
Выработка варочной кис- лоты (в м³)		540			540		540		540		540		
Остаток кислоты к концу смены (в м³)		1500			1500		1500		1500		1500		

Нач. целлюлозного завода

ЦЕНА 7 р. 50 к.