

ром протекает ряд химических процессов, кислород окажет несомненно положительное влияние на процесс окисления NO. Однако, интенсификация производительности этого отдела оставит без изменения остальные стадии производства. Стоимость абсорбции составляет величину порядка 60 руб. на тонну годовой мощности. За счёт снижения стоимости, благодаря кислороду, мы получим 30 руб. Это может дать эффект лишь в том случае, если кислород очень дешёв, не дороже 1,5 коп. за 1 м³.

Азотная промышленность должна внедрять прямой синтез крепкой азотной кислоты. Для этого, конечно, понадобится кислород, в основном, в двух стадиях процесса — при автоклавировании с расходом 150—160 м³ и для парокислородного метода с расходом 900 м³ кислорода на тонну продукта. Прямой синтез крепкой азотной кислоты является принципиально более передовым. Он даёт более дешёвую кислоту, соответствующие установки будут более технически совершенными и механизированными.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДА В СУЛЬФИТ-ЦЕЛЛЮЛОЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ*)

Инж. М. Г. ЭЛИАШБЕРГ

Доцент Лесотехнической академии им. Кирова Матвей Герасимович Элиашберг много лет работает в целлюлозно-бумажной промышленности. Он руководил проектированием ряда заводов, являлся техническим руководителем производства. Тов. Элиашберг имеет более 70 научных работ в области изучения химических процессов, связанных с получением целлюлозы.

М. Г. Элиашберг работает над применением кислорода для получения концентрированной сульфитной кислоты и интенсификации процесса варки целлюлозы. Он является заместителем директора по научной части Центрального научно-исследовательского института целлюлозно-бумажной промышленности.

Применение кислорода в сульфит-целлюлозном производстве открывает широкие перспективы по увеличению выработки целлюлозы на действующем оборудовании, снижению её стоимости и удешевлению строительства новых целлюлозных заводов. Применение кислорода открывает наиболее простой и надёжный способ получения высококонцентрированной сульфитной кислоты, что, как известно, является основной проблемой сульфит-целлюлозного производства.

Сульфитная целлюлоза представляет собой волокнистый продукт, получаемый при обработке древесины раствором кислой кальциевой соли сернистой кислоты [бисульфитом кальция — $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$] в сернистой кислоте.

Значение сульфитной целлюлозы в народном хозяйстве очень велико, так как она является основным полуфабрикатом для производства бумаги, пироксилина, бездымного пороха, целлулоида, искусственного шёлка, целлофана, целлюлозных лаков, пластических масс и др.

От природной целлюлозы-клетчатки, образующей стенки клеток растительной ткани, сульфитная целлюлоза отличается присутствием в ней, помимо клетчатки, некоторого количества примесей, сопутствующих целлюлозе в древесине.

В древесине содержится около 45% целлюлозы; остальные 55% составляют так называемые инкрустирующие вещества (главным образом, лигнин — 30% и гемицеллюлоза — 20%), пронизывающие целлюлозные клетки (волокна) и скрепляющие их друг с другом. Этим веществам древесина обязана

*) Доклад на заседании Технического совета Главкислорода при СНК СССР 27 июля 1944 г.

своей жёсткостью и механической прочностью (рис. 1 и 2).

При извлечении инкрустирующих веществ целлюлозные волокна отделяются друг от друга и становятся мягкими, как вата. Задача сульфитного способа — растворить инкрустирующие вещества (главным образом, лигнин), не повредив при этом целлюлозу.

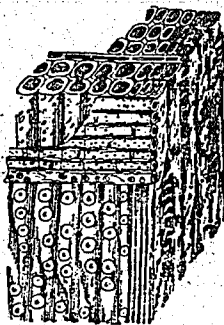


Рис. 1. Кусок древесины при сильном увеличении.

В полной мере эта задача обычно не удаётся. Применяемые сейчас режимы сульфитной обработки древесины всегда влекут за собой частичное разрушение клетчатки, несмотря на то, что в ней остаётся ещё довольно значительное количество инкрустов (рис. 3).

В общих чертах процесс производства сульфитной целлюлозы состоит из следующих операций: подготовки древесины, приготовления сульфитной кислоты, варки щепы с кислотой, механической очистки целлюлозы, дополнительной химической очистки (отбелики) целлюлозы и, наконец, придания целлюлозе транспортабельного вида, посредством её высушивания (рис. 4).

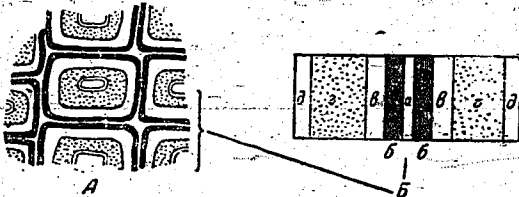
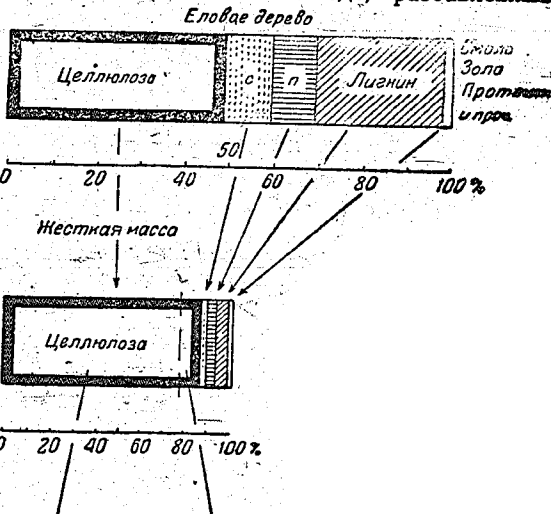


Рис. 2. А. Поперечный разрез нескольких волокон древесины. Б. Разрез стенок двух смежных волокон (клеток) древесины: а) межклеточное вещество, состоящее главным образом из лигнина; б) первичная стенка (состоит преимущественно из целлюлозы); в) наружный слой вторичной стенки, состоящей из целлюлозы и лигнина; г) центральный слой вторичной стенки — из целлюлозы и небольшого количества лигнина; д) внутренний слой вторичной стенки.

Подготовка древесины заключается в очистке брёвен от коры и нарубании их в мелкую щепу, возможно однородную по размерам.

Приготовление «сульфитной» кислоты производится в двух отделах — кислотном и регенерационном. В кислотном отделе путём сжигания колчедана или серы получают раз-

бавленный воздухом сернистый ангидрид, который затем очищают от пыли, серного ангидрида и селена, охлаждают и растворяют в воде в присутствии известняка (CaCO_3) или извести. Растворяясь в воде, разбавленный



Нерастворимая Растворимая в
3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ часть

Рис. 3. Химический состав древесины и сульфитной целлюлозы.

сернистый ангидрид образует слабую сернистую кислоту, которая, соприкасаясь с известняком, частично растворяет его, образуя кислую кальциевую соль — бисульфит кальция.

Во время варки щепы сернистая кислота вступает в химическое «соединение» с лигнином, образуя растворимую в воде очень активную лигносульфовую кислоту. Присутствующий в сульфитной кислоте бисульфит кальция нейтрализует эту кислоту и таким образом предотвращает её разрушающее действие на целлюлозу. Для нейтрализации всей лигносульфоновой кислоты в «сульфитной» кислоте должно содержаться около 1% CaO , связанного с сернистой кислотой в виде бисульфита. Таким образом, с CaO всегда связано около 2% SO_2 в виде бисульфита — $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ или около 1,2% SO_2 в виде моносульфита CaSO_3 , независимо от общего содержания SO_2 в кислоте *).

*) В соответствии с этим состав «сульфитной» кислоты обычно характеризуют: процент содержания всего SO_2 (вс. SO_2), т. е. SO_2 , находящегося в растворе и связанного с CaO ; процент содержания свободного SO_2 и процент содержания связанного SO_2 , т. е. SO_2 , связанного с CaO в виде моносульфита — CaSO_3 .

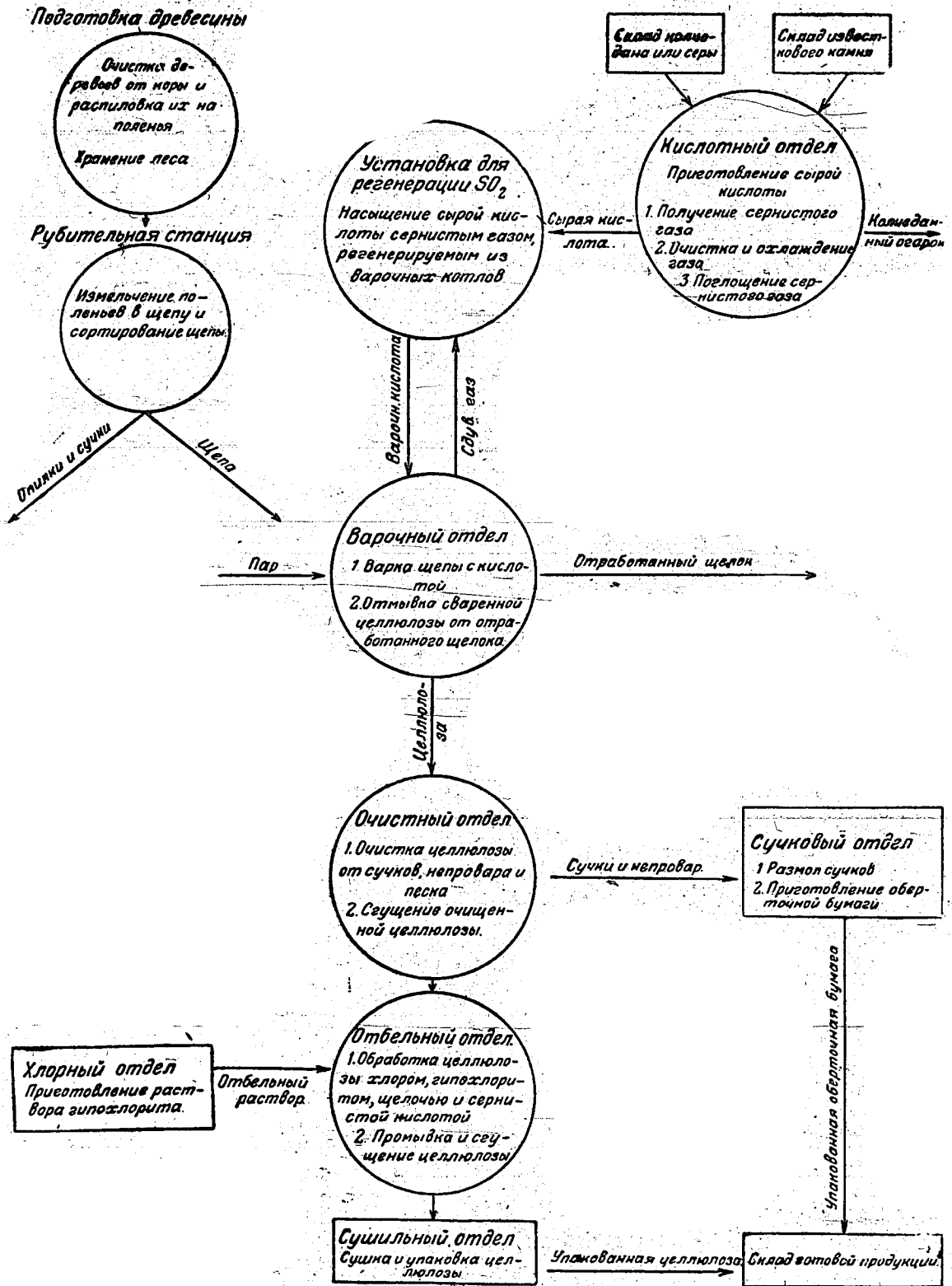


Рис. 4. Схема производства сульфитной целлюлозы.

Продолжительность варочного процесса находится в прямой зависимости от крепости кислоты, т. е. от содержания в ней растворённого SO_2 (не связанного с CaO). При содержании в кислоте 2% свободного SO_2 варка продолжается 12—14 часов; при повышении концентрации свободного SO_2 до 7—8% варка может быть закончена за 5—6 час.

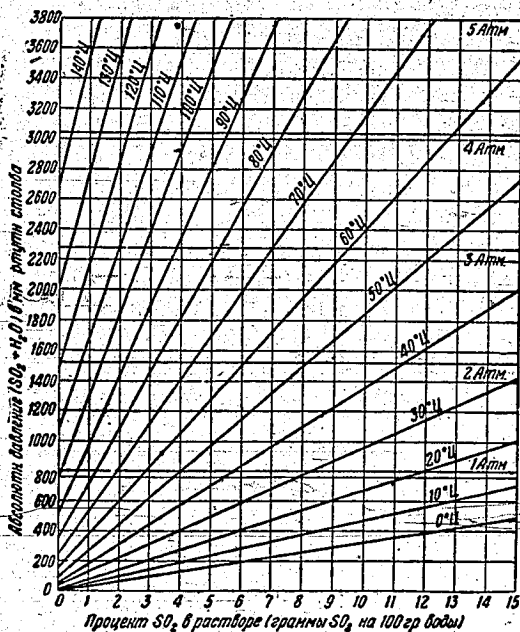


Рис. 5. Давление над водными растворами SO_2 .

При повышении крепости кислоты до 9—10% вс. SO_2 (*), помимо ускорения варки, возможно применять значительное уплотнение щепы и загружать в котёл на 30% больше древесины, чем обычно. Это влечёт за собой соответственное уменьшение количества подаваемой в котёл кислоты и такое же сокращение расхода пара на варку. Крепкая кислота позволяет варить очень сырую щепу и щепу, неоднородную по влажности. При варке с крепкой кислотой увеличивается выход целлюлозы и улучшаются её качества. Температурный режим сульфитной варки обычно характеризуется постепенным подъёмом до 145—150° Ц и затем выдерживанием при этой температуре до окончания процесса. Как видно из табл. 1, при повышении температуры растворимость SO_2 в воде рез-

* Что соответствует 7—8% свободного SO_2 .

ко уменьшается. В связи с этим в период подъёма температуры в котле быстро возрастает давление, обусловленное выделением из кислоты растворённого в ней SO_2 . По достижении в котле предельного давления (разрешённого для котла) для возможности дальнейшего повышения температуры приходится выпускать из котла часть выделившегося SO_2 . Сдуваемый газ содержит высокий процент SO_2 и используется для повышения концентрации растворённого SO_2 в так называемой сырой кислоте, получаемой в кислотном отделе.

Насыщение сырой кислоты сдучными газами производится в регенерационной установке. Обычно этот процесс ведёт под давлением в 2—3 ат. При этом одновременно с укреплением кислоты происходит также её подогрев. Наиболее совершенные регенерационные установки, представляющие собой дорогостоящие и громоздкие сооружения, позволяют получать кислоту, содержащую до 8% вс. SO_2 при температуре около 80° Ц. Такие показатели могут быть получены только при непрерывном поступлении сдучных газов и при содержании в них 100% SO_2 .

Практически такие условия трудно достижимы. Состав и количество сдучных газов существенно изменяются в процессе варки и зависят от начального состава кислоты. При кислоте крепостью 3% вс. SO_2 содержание SO_2 в сдучных газах колеблется в пределах от 10 до 40%. При кислоте 4% вс. SO_2 концентрация SO_2 в сдучных газах повышается до 70—80%. При очень слабой кислоте варка может быть проведена вовсе без сдувок.

Таким образом, укрепление кислоты в регенерационной установке не является надёжным методом и не обеспечивает устойчивости технологического режима приготовления крепкой кислоты.

При применении уплотнения щепы в варочных котлах, вследствие уменьшения количества кислоты, подаваемой в котёл, крепость сырой кислоты должна быть повышена до 5% и более всей SO_2 . Это увеличение крепости кислоты не может быть компенсировано регенерационной установкой.

В силу указанных причин в последнее время пытаются получать кислоту с высоким содержанием SO_2 непосредственно в кислотном отделе. Одним из применяемых при этом методов является насыщение сырой кислоты газом от серных печей под давлением в 1—1,5 ат. Для этой цели приходится устанавливать специальные, рассчитанные на

давление абсорберы и довольно мощные кислотоупорные компрессоры. Эффект укрупнения кислоты, достигаемый этим способом, очень невысок.

Вторым решением той же задачи является эпизодическое подкрепление кислоты

работы варочного отдела, для устранения диспропорции потребует соответственное расширение кислотного отдела.

Некоторые финские целлюлозные заводы, расположенные вблизи источников производства жидкого SO₂, работают на этом сырье и имеют чрезвычайно упрощенные кислотные установки.

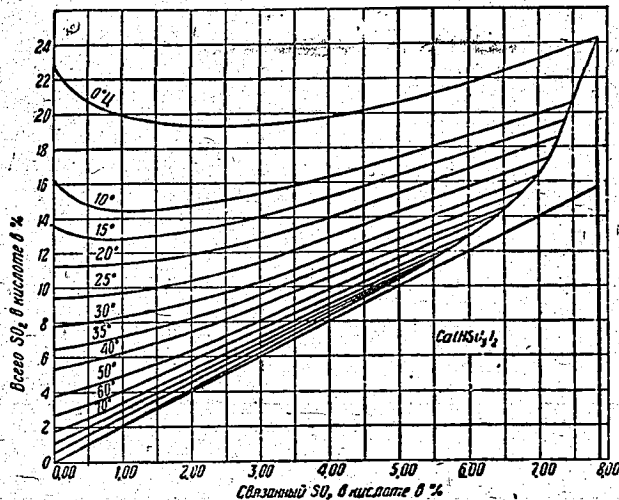


Рис. 6. Растворы бисульфита кальция, насыщенные 100-процентным сернистым ангидридом при атмосферном давлении.

100%-ным сернистым ангидридом, подаваемым из железнодорожных цистерн с жидким SO₂. Применение этого способа ограничено малыми ресурсами жидкого SO₂ и необходимостью его перевозок на большие расстояния.

Третий способ предусматривает устройство установки для получения 100%-ного SO₂ непосредственно в кислотном отделе. Такого рода установки, использующие в качестве абсорбента ксилидин, имеются на некоторых зарубежных целлюлозных заводах. Применение этого способа ограничивается высокой стоимостью и дефицитностью ксилидина, а также достаточной сложностью самой установки. Проф. О. К. Гиллером было предложено применить в кислотных отделах наших целлюлозных заводов водный способ получения 100%-ного SO₂ (Гениш-Шредера) для концентрирования части печных газов. Этот способ пока ещё не осуществлён.

Недостатком этого мероприятия является усложнение кислотного отдела. Кроме того, так как повышение крепости кислоты повлечёт за собой значительную интенсификацию

Применение кислорода для получения 100%-ного SO₂ непосредственно в серных и колчеданных печах радикально разрешает проблему получения кислоты практически любой желаемой крепости.

Как видно из диаграммы (рис. 6), при поглощении 100%-ного SO₂ бисульфитным раствором (содержащим 1% CaO) под атмосферным давлением, при температуре раствора 20° Ц, можно получить кислоту крепостью 11,2% вс. SO₂. При температуре раствора 15° Ц крепость кислоты может быть повышена до 13,0% вс. SO₂.

Получение 100%-ного сернистого ангидрида посредством сжигания колчедана или серы в атмосфере кислорода при ведёт к резкому уменьшению объёмов потребной аппаратуры кислотного отдела или, при использовании существующей аппаратуры, к соответствующему увеличению её производительности. Для серных и колчеданных печей это будет обуславливаться интенсификацией процесса горения, для очистной и холодильной аппаратуры — уменьшением объёма газов и поглотительной аппаратуры — увеличением парциального давления SO₂.

Экспериментальные исследования К. М. Малина (НИУИФ) показывают, что интенсификация процесса обжига сернистого сырья при применении кислорода достигается как за счёт повышения концентрации кислорода в зоне обжига, так и за счёт повышения температуры. По его наблюдениям между константой скорости горения колчедана K и концентрацией кислорода в зоне обжига P существует следующая зависимость: $K = K_0 P^n$. Величина n для условий горения колчедана в неподвижном слое равна 1,2.

Если константу скорости горения колчедана при концентрации кислорода в зоне обжига, равной 20% (горение колчедана в воздухе), принять за 1, то при других концентрациях она составит: при концентрации кислорода 32% — 1,74, при 40% — 2,50 и, нако-

нец, при концентрации кислорода 50% константа скорости горения достигает 2,80.

С повышением температуры скорость горения колчедана возрастает в ещё большей степени. Если скорость горения колчедана при 500° Ц принять за 1, то при других температурах она будет иметь следующие значения:

При 600°	1,80
» 700°	2,84
» 800°	3,86
» 900°	4,92
» 1000°	7,75

Соответствующие исследования применительно к сжиганию серы пока ещё не опубликованы в литературе, но, повидимому, здесь следует ожидать наличия аналогичных зависимостей.

Температура горения любого топлива прямо пропорциональна его теплотворной способности и обратно пропорциональна теплосодержанию продуктов горения.

Таблица 3

Зависимость температуры в колчеданной печи от концентрации SO₂ в печном газе

Содержание SO ₂ в газе в %	Теоретическая температура горения колчедана в ° Ц	Практическая температура горения колчедана в ° Ц
16,45	2050	—
16	—	1740
15	1885	—
14	1790	—
13	1670	—
12	1510	1280
11	1410	—
10	1320	1120
9	1180	—
8	1075	—
7	944	804
6	814	693
5	706	570
4	596	—
3	410	—
2	283	—
1	85	—

Таким образом, при сжигании колчедана или серы температура в печи будет зависеть от объема печных газов или, при неизменном проценте избытка кислорода, от концентрации SO₂ в газах.

Зависимость между температурой в колчеданной печи и процентным содержанием SO₂ в газах приведена в табл. 3. Из этой таблицы видно, что повышение концентрации

SO₂ в газе от колчеданных печей на 1% увеличивает температуру в печи примерно на 100° Ц.

Влияние состава печного газа на теоретическую температуру в серной печи показано в табл. 4. Из анализа приведённых в ней

Таблица 4

Зависимость температуры в серной печи от состава газа

Состав газа в %			Теоретическая температура в серной печи в ° Ц
SO ₂	O ₂	N ₂	
10	11	79	820
20	5	75	1470
30	5	65	2000
40	5	55	2360
50	5	45	2620
60	5	35	2920
70	5	25	3170
80	5	15	3400
90	5	5	3480
95	5	—	3560
100	—	—	3600

данных следует, что при сжигании колчедана или серы в кислороде или в воздухе, обогащённом кислородом, в печах могут развиваться чрезвычайно высокие температуры, недопустимые для современных конструкций печей.

В сернокислотной промышленности при питании колчеданной печи воздухом, обогащённым кислородом, повышение температуры будет несколько меньшим, так как здесь одновременно с увеличением концентрации SO₂ в газе повышают также содержание в нём кислорода для последующего окисления SO₂ в SO₃. Так, например, для сернокислотной промышленности концентрация кислорода в печи при нормальном обжиге и при обжиге колчедана в обогащённом воздухе, содержащем 45% кислорода, характеризуется следующими показателями:

Характер обжига	Процент кислорода при доступлении в печь	Содержание сернистого газа и кислорода в обжиговых газах в %	
		SO ₂	O ₂
Обжиг колчедана в обычном воздухе	21	7	12
Обжиг колчедана в воздухе, содержащем 45% кислорода	45	20	20,8

В последнем случае температура горения в печи составит около 1800° Ц, т. е. тоже будет чрезмерно высокой для обычных колчеданных печей.

Для сульфит-целлюлозного производства важно иметь печной газ с максимальной концентрацией SO₂ и минимальным содержанием кислорода. Таким образом, разбавление газа кислородом или обогащённым им возду-

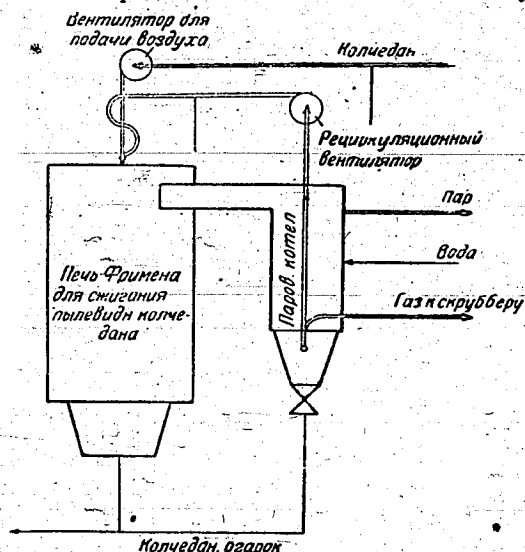


Рис. 7. Метод сжигания пылевидного колчедана с рециркуляцией газа в печи Фримена.

хом при этих условиях недопустимо. Здесь, однако, может быть применён другой, весьма эффективный метод снижения температуры в печи без уменьшения концентрации SO₂ в газе. Этот метод применяется на американских предприятиях, сжигающих колчедан в печах Фримена, и заключается в разбавлении газов в печи печными же газами, предварительно подвергнутыми охлаждению (рис. 7). Осуществляя подобную рециркуляцию части газов, возможно снизить температуру в печи до любой желаемой величины. В печах Фримена американцы снижают таким путём температуру до 1000° Ц.

Увеличение SO₃ в газе в этом случае не должно иметь места, так как при указанных температурах SO₃ полностью диссоциирует на SO₂ и O₂.

В период охлаждения газов за печью содержание свободного кислорода в них будет не выше, чем при обычных условиях сжигания колчедана или серы в воздухе, и, таким

образом, здесь также нет оснований ожидать какого-либо увеличения содержания SO₃. Кроме того, следует иметь в виду, что по закону действующих масс

$$\frac{(SO_2)^2 \cdot O_2}{(SO_3)^2} = K, \text{ или } \frac{SO_3}{SO_2} = \sqrt{\frac{O_2}{K}}$$

т. е. при увеличении количества кислорода в газах в 4 раза количество SO₃ возрастает только в два раза.

Выше мы определили, что при сжигании серы в атмосфере кислорода температура в печи может достигнуть 3600° Ц. Так как в данном случае $T_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{серы}}}{m_{SO_2} \cdot C_{SO_2}}$, то для снижения температуры в печи до 1200° Ц объём печных газов должен быть увеличен в три

раза, т. е. посредством рециркуляции в серную печь должно возвращаться два объёма газов. Объём отбросных газов при этом будет в два раза меньше, чем при сжигании серы в воздухе и получении газа с содержанием 16% SO₂.

Таким образом, производительность серной печи в этом случае может быть удвоена. Для рециркуляции газа может быть применён обычный не кислотостойкий вентилятор.

При сжигании серы в наиболее распространённых у нас железных вращающихся серных печах (рис. 8) можно допустить более

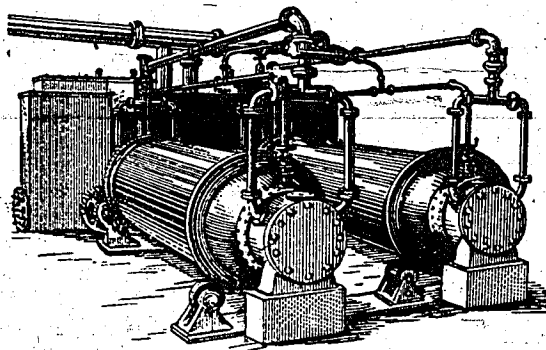


Рис. 8. Вращающиеся серные печи.

высокие температуры в печи (до 1500–1600° Ц), устроив для стенок печи водяное охлаждение. Получаемая таким путём горячая вода сможет быть эффективно использована в производстве.

Вопрос о возможности применения кислорода и рециркуляции сернистого ангидрида при сжигании в механических этажных печах пока ещё остаётся неясным и требует

предварительной экспериментальной проверки. Наиболее существенным затруднением здесь является необходимость поддержания сравнительно низких температур и возможное в связи с этим значительное окисление SO_2 в SO_3 в присутствии колчеданного огарка.

При получении 100%-ного сернистого ангидрида в серных печах схема кислотного отдела может быть существенно упрощена. Газ от печей должен быть пропущен через трубчатые теплообменники из обычной стали и, после охлаждения до $35-40^\circ\text{C}$, через форвашер. Две трети газа забираются перед форвашером вентилятором и снова подаются в печь. Одна треть 100%-ного газа направляется в небольшую поглотительную колонку, орошаемую известковым молоком. Следующий газ из варочных котлов после прохождения через теплообменники может быть направлен в эту же поглотительную колонку. Трубопроводы и вентилятор для газа могут быть изготовлены из неокисляющихся материалов*). Для создания резерва SO_2 следует предусмотреть возможность его ожижения в кислотном отделе. Для этой цели достаточно установить компрессор на давление в 3 ат. Хранение жидкого сернистого ангидрида следует производить в открытых резервуарах типа сосудов Дьюара.

Мощность сульфит-целлюлозного завода в основном определяется производительностью кислотного и варочного цехов. Оборудование прочих цехов завода обычно имеет значительный резерв мощности и, кроме того, вследствие своей несложности может быть без особенно больших затрат увеличено.

Применение кислорода для получения высококонцентрированной кислоты позволяет увеличить производительность кислотного и варочного цехов и, стало быть, всего завода по меньшей мере в два раза.

Опыт интенсификации работы ряда наших предприятий показывает, что при увеличении производительности завода вдвое себестоимость целлюлозы снижается на 30%. При стоимости одной тонны небелёной целлюлозы в 870 руб. это удешевление составит около 260 руб. на 1 т.

Так как применение высококонцентрированной сульфитной кислоты позволяет применять уплотнение щепы в котле до 30%, сокращение расхода пара на варку при этом

*) Сухой сернистый ангидрид, так же как и серный, железа не разрушает.

составит $2,5 \times 0,3 = 0,75$ т/т или в денежном выражении $0,75 \times 20 = 15$ руб. на 1 т целлюлозы.

Таким образом, статья прихода составляет 275 рублей на тонну целлюлозы, не считая экономии, не поддающейся непосредственной оценке и обусловливаемой созданием надёжной и устойчивой работы предприятия, улучшением качества продукции, упрощением эксплуатации кислотного отдела и др.

Статья расхода определяется стоимостью кислорода. На одну тонну целлюлозы требуется 160 кг или 115 м^3 газообразного кислорода. При стоимости 1 м^3 кислорода в 4 коп. это составит на тонну целлюлозы 4 р. 60 коп. или 0,5% по отношению к стоимости небелёной целлюлозы.

Общая экономия, обусловливаемая применением кислорода, составит 275 руб. — 4 р. 60 к. = около 270 руб. на 1 т целлюлозы.

Предприятие, имеющее производительность 100 000 т целлюлозы в год, в результате применения кислорода, удвоит свою производительность. Для такого предприятия годовая экономия составит $200\,000 \times 270 = 54$ млн. руб.

Принимая стоимость кислородной установки, производительностью $70\,000 \text{ м}^3$ (100 т) газообразного кислорода в сутки, в 5 млн. руб. и капитальные затраты на увеличение производительности вспомогательных цехов в 15 млн. руб., получаем, что это мероприятие окупится примерно за 5 месяцев.

Для небольших предприятий, удалённых друг от друга на небольшие расстояния, по-видимому, целесообразно построить одну установку для получения жидкого SO_2 посредством сжигания серы в атмосфере кислорода.

ОБСУЖДЕНИЕ

Б. З. Смоляницкий (Зам. Наркома целлюлозной и бумажной промышленности): Преимущества крепкого сернистого ангидрида для сульфит-целлюлозного производства очевидны. Использование варочной кислоты с повышенным содержанием сернистого газа приведёт к значительному росту выпуска целлюлозы, а также даст возможность применять для сульфит-целлюлозного производства древесину различной влажности. Это особенно важно, так как поступление разнородного по влажности сырья затрудняет работу бумажной промышленности.

Уже сейчас кислород можно использовать для производства сульфитной кислоты на тех заводах, где имеются печи для сжигания серы. Использование кислорода в установках, работающих на газе колчеданных печей, потребует соответствующего изменения конструкции последних. Решая положительно вопрос о применении кислорода в печах, работающих на сере, необходимо одновременно разработать рациональные конструкции колчеданных печей для перевода их на кислородное дутьё.

Инж. К. А. Веинов (Нач. технич. отдела Наркомбумпрома): Применение кислорода в сульфит-целлюлозном производстве даст значительный производственный эффект. Однако, я не могу согласиться с докладчиком в том, что в результате применения кислорода производительность целлюлозных заводов возрастёт вдвое. Увеличение производительности кислотного и варочного цехов не может автоматически привести к такому же росту производительности других цехов завода, например, отбельного цеха.

Кислотный отдел целлюлозного завода является наиболее трудным. Неполадки в этом отделе часто тормозят технологический поток всего завода. Естественно, что интенсификация и общее улучшение работы этого отдела, путём применения кислорода, представляют особенно большой интерес. Использование кислорода позволит значительно улучшить технологический процесс — в ряде цехов целлюлозного завода и, прежде всего, в кислотном и варочном. В соответствии с интенсификацией кислотного отдела потребуются подтянуть работу других цехов, а это позволит увеличить выпуск продукции по крайней мере на 20—30%.

Проф. Л. П. Жеребов (ЦНИИБ): Докладчик очень кратко остановился на вопросах применения кислорода в колчеданных печах. Его выводы в основном относятся к сжиганию серы. При производстве сернистого газа сера, безусловно, является желательной, но вряд ли в ближайшее время мы будем располагать серой в потребном количестве. Нам придётся широко применять процессы, основанные на использовании колчедана. Однако, в колчеданном производстве применение кислорода является более сложной и трудной задачей. Для окисления железа потребуется дополнительное количество кислорода. Температуры процесса, которые и без того довольно значительны, при применении кислорода повысятся, так как унос тепла с

отходящими газами будет меньше. Будут иметь место и технические затруднения, понадобится разработка специальной аппаратуры. Однако, все эти трудности вполне преодолимы.

С какой бы стороны мы ни рассматривали вопрос о применении кислорода в сульфит-целлюлозном производстве, мы должны приветствовать это интересное предложение. Уже сейчас можно приступить к использованию кислорода на тех заводах, где мы пользуемся серой.

Мне кажется, что на целлюлозных заводах не целесообразно строить кислородные установки. Можно вполне обойтись привозным кислородом, транспортируя его в сосудах типа Дьюара. Однако, и постройка кислородной установки на целлюлозном предприятии будет вполне рентабельной.

Одновременно с применением кислорода в процессах, основанных на сжигании серы, необходимо немедленно поднять вопрос о конструктивных изменениях колчеданных печей для работы на кислороде.

Инж. С. Д. Эвенчик (Гипрохим): При разработке проблемы получения крепкой варочной кислоты до войны мы ориентировались на обогащение слабого сернистого газа, полученного сжиганием серы или колчедана в кислотном отделе сульфит-целлюлозного завода, до 100-процентного SO_2 . Подобного рода полупромышленная установка должна была быть построена на одном из заводов. Сооружение установок предполагало проверку технологии и эффективности применения 100-процентного сернистого ангидрида для интенсификации процесса варки сульфитной целлюлозы. Одновременно предполагалось соорудить на Урале одного-двух за проектированных «Гипроцветметом» централизованных заводов 100-процентного SO_2 , использующих для обогащения слабые отбросные SO_2 -газы медеплавильных заводов, с доставкой этого сернистого ангидрида сульфит-целлюлозным заводам в жидком виде в цистернах.

Вопрос об использовании в сульфит-целлюлозном производстве 100-процентного сернистого ангидрида многократно обсуждался, но до сих пор 100-процентный сернистый ангидрид практического применения на наших сульфит-целлюлозных заводах не нашёл, перечисленные выше мероприятия так и не были осуществлены.

В заграничной практике целлюлозного производства (например, в Скандинавии) для

получения 100-процентного сернистого ангидрида кислород, насколько нам известно, не применяется. Получение 100-процентного сернистого ангидрида достигается обогащением слабого SO_2 .

Выдвинутый и обстоятельно обоснованный докладчиком вопрос о целесообразности применения кислорода для получения 100-процентного SO_2 при сжигании серы или колчедана представляет несомненный интерес. При изготовлении такого массового и всё же достаточно дорогого продукта, каким является целлюлоза, применение кислорода даже при сравнительно высокой его стоимости будет, очевидно, вполне оправдано.

Итак, мы имеем 2 основных способа получения концентрированного SO_2 : сжиганием сернистого сырья в кислороде или обогащением слабого SO_2 , полученного сжиганием сернистого сырья в воздухе (непосредственно на сульфит-целлюлозном заводе или на централизованной установке, работающей на отбросных газах цветной металлургии).

Тезис докладчика о том, что применение кислорода в сульфит-целлюлозной промышленности целесообразно, судя по приведённым докладчиком цифрам, правилен. Следует сравнить технико-экономические показатели и доступность различных методов получения 100-процентного SO_2 .

Полагаю, однако, что задачу интенсификации сульфит-целлюлозного производства нельзя решать однозначно для всех заводов. Техно-экономическая проработка вопроса, очевидно, покажет целесообразность применения как 100-процентного SO_2 , полученного на кислороде (для одной группы заводов), так и 100-процентного SO_2 , полученного обогащением слабых газов (и особенно отбросных). При этом следует учитывать, что использование для обогащения отбросных газов цветной металлургии даст возможность привлечь для полезного использования значительные количества серы.

Для получения всех необходимых показателей считаю целесообразным сооружение на двух небольших сульфит-целлюлозных заводах установок для получения 100-процентного SO_2 : сжиганием серы в кислороде и обогащением SO_2 , полученного сжиганием серы в воздухе. И хотя 100-процентный SO_2 , полученный обогащением на сульфит-целлюлозном заводе, будет более дорогим, чем полученный на централизованной установке из отбросных газов, с известной экстраполяцией упомянутый выше технико-экономический рас-

чёт можно будет произвести и притти к достаточно обоснованным выводам о масштабах применения того или иного способа.

Инж. П. С. Ларин (ЦНИИБ): Применение жидкого кислорода при сжигании серы, на мой взгляд, не совсем целесообразно, так как при этом будет получаться 100-процентный сернистый газ. Вполне достаточным является использование обогащённого кислородом воздуха (до 40—60%). Это мероприятие позволит значительно увеличить производительность установок и обойдётся дешевле.

Применение кислорода приведёт к повышению температуры в печи и вызовет известные производственные неудобства. С другой стороны, использование жидкого сернистого ангидрида позволит обеспечить поступление газа с достаточно высокой крепостью и таким образом получить кислоту, содержащую до 8% вс. SO_2 . Такая концентрация сернистого газа в кислоте до настоящего времени является идеалом.

Проф. И. Н. Кузьминых (ВКВШ): Поскольку переход на более крепкую сульфитную кислоту обещает значительно увеличить производительность целлюлозных заводов, мне хотелось бы высказать некоторые соображения относительно техники получения сернистого газа — высокой концентрации. Если завод имеет установку для получения сульфитной кислоты путём связывания SO_2 с известняком, можно без применения высокого давления, простым охлаждением газа до -40°C , перевести часть SO_2 в жидкое состояние, примерно половину. Для получения такого умеренного холода достаточно применить обычную аммиачную машину. Затем жидкий SO_2 можно использовать для укрепления той кислоты, которая получается после регенерации.

Я не берусь утверждать, что окажется дешевле в сульфит-целлюлозном производстве: кислород или жидкий сернистый ангидрид.

Рассматривая вопрос о применении кислорода в сульфит-целлюлозной промышленности, следует учитывать, что на ряде заводов имеются колчеданные печи. Здесь также может быть применён кислород. Что выгоднее применять — чистый кислород или обогащённый кислородом воздух, это вопрос экономики. В обычных полочных колчеданных печах, применяя возврат газа в печь, можно поддерживать любую температуру процесса, независимо от теоретической, расчётной температуры. Здесь высказывались опасения, что при применении кислорода будет иметь ме-

это образование SO_2 . Колчеданный газ приходится отмывать от огарковой пыли и в связи с этим вопрос о содержании SO_2 в газе теряет свою остроту.

Бумажная промышленность будет иметь достаточное количество серы. Как же её использовать? Я считаю, что применение в серных печах при работе на кислороде двойного и тройного оборота газа не является единственно возможным решением вопроса. Нам удалось на Урале осуществить сжигание серы в печах пылевидного обжига, без рециркуляции газов. Если завод оборудован колчеданными печами и возникает необходимость перевести его на серу, это можно сделать без установки специальных серных печей. Имеется опыт работы на Урале по сжиганию серы как во взвешенном состоянии, так и в пыльных печах механического типа. Хороший результат даёт пневматическая подача молотой серы в печи пылевидного топлива.

Г. М. Орлов (Народный комиссар целлюлозной и бумажной промышленности): Единственные сомнения, которые здесь высказывались, состоят в том, применять ли жидкий сернистый ангидрид или 100-процентный SO_2 , полученный при сжигании серы в атмосфере кислорода. Надо отметить, что сульфит-целлюлозная промышленность отнюдь не отказывается от получения жидкого сернистого ангидрида. Установки по сжижению SO_2 я видел в Скандинавии в 1936—1937 гг. Однако, использование жидкого сернистого ангидрида предполагает наличие значительного парка специальных цистерн для его транспортировки. В настоящее время быстрое получение этих цистерн вряд ли реально. Тем не менее вопрос о применении жидкого SO_2 на ряде заводов заслуживает внимания и его следует рассмотреть особо. В целом, мне кажется, значительно надёжнее располагать самим кислородной установкой, обеспечивающей возможность получения 100-процентного сернистого ангидрида на месте и, следовательно, иметь крепкую сульфитную кислоту.

Мне хотелось бы в своём выступлении ответить на вопрос, почему до сих пор кислород не применяется в производстве сульфит-целлюлозы. Дело заключается в том, что кислородные установки новой системы, разработанные академиком П. Л. Капицей, резко отличаются от установок старого типа. Они проще и дешевле. Эти два фактора имеют немаловажное значение для целлюлозного за-

вода, который по своим капиталовложениям не может сравниться с металлургическими предприятиями и не может, следовательно, иметь особо дорогих и сложных установок. С другой стороны, производственные процессы на наших заводах и без того крайне механизированы и затрудняют режим производства сложной, требующей частого ремонта кислородной установкой старого типа было бы весьма нежелательно. Я считаю, что по этим причинам кислород до сегодняшнего дня не нашёл себе применения в производстве сульфит-целлюлозы.

К возникшей дискуссии об ожидаемом увеличении производительности завода, связанном с применением кислорода, мне хотелось бы высказать следующее. Непосредственное увеличение производительности, благодаря использованию кислорода, будет касаться двух основных цехов завода — кислотного и варочного. Правильно замечание, что увеличение производительности этих цехов потребует автоматически расширения очистного и сушильного отделов, станции водоснабжения и т. д. Увеличение производительности двух основных цехов — кислотного и варочного, для наших заводов очень важно. Именно эти цехи обычно лимитируют мощность наших заводов. Если мы высушиваем поставляемую нам древесину, варка идёт легко, при сырой древесине мы имеем много затруднений. Наличие крепкой сульфитной кислоты, с содержанием 10% сернистого ангидрида и выше, делает процесс независимым от влажности сырья.

Кислородные установки нового типа являются совершенно необходимыми для целлюлозной промышленности. Они дадут очень серьёзный эффект в части увеличения производительности целлюлозного завода и улучшения качества целлюлозы. Целлюлоза нужна не только для бумаги, но и для производства шелка, пороха и других материалов. При этом качество целлюлозы является весьма важным показателем, а оно при повышении крепости варочной кислоты несомненно улучшится.

С. В. Кафтанов (член Технического совета): Применение кислорода имеет большие перспективы в производстве целлюлозы. Однако, это не исключает возможности использования отбросного сернистого ангидрида с заводов цветной металлургии ряда районов страны. Конечно, рассчитывать на снабжение этим сернистым ангидридом подавляющего большинства целлюлозных заводов

нельзя, так как очень трудно организовать его транспорт по всему Союзу. Если жидкий SO_2 и является реальным конкурентом для кислорода, то только для очень узких районов. Применение кислорода для производства сернистого ангидрида имеет те преимущества, что кислород можно получить там, где стоит фабрика.

Акад. П. Л. Капица: Из доклада и дискуссии выяснилось, что кислород при изготовлении сульфитной кислоты может играть большую роль, в особенности при сжигании колчедана. Наряду с этим здесь назывались и конкурирующие методы. Поставленный вопрос достаточно серьезен для того, чтобы по каждому из предложенных направлений организовать опыты в заводском масштабе. Только тогда удастся в полной мере установить достоинства и недостатки различных методов.

Помимо экономичности, в производственных условиях не малую роль играют надёжность и простота установки и целый ряд других факторов, которые обычно трудно учесть заранее, но которые быстро выявляются в процессе эксплуатации.

В сульфит-целлюлозной промышленности безусловно следует опробовать применение кислорода. Древесина является одним из са-

мых ценных видов сырья и её следует обрабатывать химически.

Почему прежде в сульфит-целлюлозном производстве не применялся кислород? Аналогичный вопрос приходится задавать почти на каждом заседании, посвящённом возможности использования кислорода в любой отрасли промышленности. Для капиталистических стран решить задачу внедрения кислорода очень трудно. Если промышленность будет просить кислород, то для этого нужно строить специальные заводы кислородных машин, т. е. затратить определённые средства. Промышленность, которая будет производить эти затраты, рискует — пойдут ли её кислородные установки? С другой стороны, промышленники, которые предполагают использовать кислород, в известной степени не уверены, будет ли удачно осуществляться предполагаемый процесс на практике.

В этих условиях с исключительной силой выявляются огромные преимущества нашей страны. Мы можем позволить себе рисковать довольно крупными средствами на экспериментальную работу. Только в Советском Союзе можно организовать опыты такого масштаба, которого требует грандиозная проблема внедрения кислорода в промышленность.