

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Современные вяжущие вещества отличаются большим разнообразием и имеют широкое промышленное применение. Кроме традиционной области — строительства — они нашли применение в медицине, сельском хозяйстве, декоративно-прикладных видах искусства.

Применяя вяжущие вещества, можно получать разнообразные материалы и изделия практически любой конфигурации и размеров. Это особенно важно, поскольку в настоящее время существенно возросли требования к качеству возведения жилых, общественных, производственных зданий и сооружений. Охрана окружающей среды требует применения безопасных строительных материалов, которые в то же время должны быть долговечны, надежно противостоять атмосферным воздействиям и соответствовать современному дизайну. В этой связи обостряется необходимость не только в развитии известных технологий, но и в поиске принципиально новых путей производства вяжущих веществ, расширении сырьевой базы с возможностью утилизации промышленных отходов. С увеличением темпов нового строительства, активного проведения реставрационных работ возникает потребность в увеличении ассортимента неорганических вяжущих веществ. Прежде всего, необходимы различные виды цемента. Нужны также вяжущие вещества на основе извести, позволяющие получать строительные материалы с принципиально новыми физико-химическими и физико-механическими характеристиками.

Наряду с производством цементов и извести у специалистов вызывает большой научный и практический интерес производство гипсовых вяжущих веществ. Получение этих неорганических вяжущих веществ имеет ряд преимуществ: доступность и невысокая стоимость сырья, низкие энергетические затраты, экономичность, экологическая безопасность, и все это — при быстрых сроках твердения. На основе гипсовых вяжущих веществ возможно получение долговечных изделий с высокими декоративно-художественными качествами.

Использование в строительстве органических вяжущих веществ известно с глубокой древности. Это, прежде всего, так называемые черные вяжущие вещества — битум и деготь. Битумы и дегти имеют некоторые общие свойства, представляют собой сложные смеси углеводородов и их производных, при нагревании размягчаются, а при охлаждении становятся вязкими или твердыми; почти не растворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях; обладают вяжущими свойствами и имеют черный или темно-коричневый цвет (отсюда название — черные вяжущие). В современных условиях появляется необходимость не только в развитии известных технологий получения битума, дегтя, синтетических смол, но и в увеличении ассортимента органических вяжущих веществ, поиске принципиально новых путей их производства, расширении сырьевой базы. Именно разнообразные органические вяжущие вещества необходимы в строительстве дорог, для укладки полов про-

мышленных зданий, стабилизации грунтов, в производстве кровельных, гидро-, тепло-, пароизоляционных, лакокрасочных материалов, для защиты от агрессивных сред металлических, бетонных, железобетонных конструкций, в электротехнической, металлургической, резинотехнической промышленности и других отраслях.

В учебнике представлены классические основы курса, естественно, что охватить все разнообразие вяжущих веществ в одной книге не представляется возможным, поэтому наряду с работой над учебником студентам рекомендуется дополнительно пользоваться монографиями, журнальными статьями и др.

Учебник предназначен для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» дневной и заочной форм обучения.

# 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

Многообразие вяжущих материалов создало определенные трудности в их изучении и классификации.

Вяжущие вещества разделяют на неорганические и органические.

Существует мнение, что к вяжущим веществам могут быть отнесены любые порошкообразные, жидкие или пастообразные материалы, способные превращаться в камневидное тело при затворении водой или отвердителем и связывать разнородные материалы в единый монолит. Однако такая формулировка подходит в основном для неорганических вяжущих веществ и в некоторой степени для синтетических смол. Вместе с тем существуют вяжущие вещества, не требующие ни затворения водой, ни присутствия отвердителя.

На наш взгляд, к вяжущим могут быть отнесены неорганические или органические порошкообразные, жидкие, пластично-вязкие вещества, способные к обволакиванию разнородных материалов и связыванию их при отверждении в единый монолит. При этом инициаторами процесса отверждения вяжущего вещества могут выступать различные факторы, в том числе наличие затворителя (вода, раствор и др.), нагрев, УФ- или иное облучение, присутствие отвердителя, процессы испарения, протекание реакций полимеризации, поликонденсации и т. д.

Рациональным является разделение вяжущих веществ на три группы: гидратационные, коагуляционные и поликонденсационные (полимеризационные). При этом основным критерием для отнесения вяжущих материалов к той или иной группе принимают характер процессов, протекающих при их твердении (табл. 1.1).

Таблица 1.1

## Классификация вяжущих материалов

Группа вяжущих материалов						
гидратационные		коагуляционные		поликонденсационные (полимеризационные)		
Воздушные	Гидравлические	Неорганические	Органические	Неорганические	Органические	Элементоорганические
Гипсовые	Гидравлическая известь	Глина	Битум	Растворимое стекло и вяжущие на его основе	Фенолформальдегидные	Кремнийорганические смолы
Воздушная известь	Романцемент		Деготь	Серный цемент	Фурановые	Гидролизаты этилсиликата
Магнезиальные	Портландцемент			Фосфатные цементы	Полиэфирные	Глутглицериновый цемент

*Продолжение табл. 1.1*

Группа вяжущих материалов				
гидратационные	коагуляционные	поликонденсационные (полимеризационные)		
Цементы: пушцолано- вые, шлако- вые, глинозе- мистый, рас- ширяющиеся				Эпоксид- ные
	Автоклавные вязущие			
	Щелочные и щелочнозе- мельные вя- жущие			

Как видно из таблицы 1.1, к гидратационным отнесены все традиционные вяжущие материалы, твердеющие после смешивания с водой. К коагуляционным отнесены вяжущие, представляющие собой типичные коллоидные системы, твердеющие за счет коагуляционного структурообразования. К поликонденсационным (полимеризационным) отнесены вяжущие, твердеющие вследствие протекания реакций полимеризации и поликонденсации.

Охватить все разнообразие вяжущих веществ в одной книге не представляется возможным, поэтому рассмотрим только вяжущие вещества, наиболее востребованные в строительной индустрии.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие вещества называют вяжущими?
2. Назовите основные принципы классификации вяжущих веществ.
3. Приведите примеры поликонденсационных (полимеризационных) вяжущих веществ.
4. Какие вяжущие вещества твердеют при смешивании с водой?
5. Какие вяжущие вещества называют черными? Почему?

## **2. ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

Гипсовые вяжущие вещества делят на две группы: низкообжиговые и высокообжиговые.

Низкообжиговые гипсовые вяжущие — это строительный и высокопрочный гипс.

Высокообжиговые (ангидритовые) вяжущие получают обжигом двуводного гипса при температуре до 900°С. Они состоят из сульфата кальция — ангидрита  $\text{CaSO}_4$  — и медленно твердеют. К ним относят ангидритовый цемент и высокообжиговый гипс (эстрих-гипс).

### **2.1. Подготовка сырья для производства гипсовых вяжущих веществ**

**Строительным гипсом** называют воздушное вяжущее вещество, состоящее преимущественно из полуводного гипса и получаемое в результате термической обработки гипсового камня при температуре 150–160°С.

Сырьем для производства гипсовых вяжущих веществ служит природный двуводный гипс, ангидрит, глиногипс, отходы промышленности, состоящие из двуводного, полуводного или безводного сернокислого кальция или их смеси (фосфогипс, борогипс и др.).

Природный двуводный гипс — порода осадочного происхождения, сложенная кристаллами сернокислого кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Чистый гипс белого цвета, примеси придают ему различные оттенки. Наиболее чистую разновидность зернистого гипса, напоминающую по внешнему виду мрамор, называют алебастром. В качестве примесей природный гипс содержит песок, глину, известняк, битуминозные вещества и др. Гипсовый камень должен содержать не менее 95 мас.% двуводного гипса в сырье 1-го сорта, не менее 90 мас.% в сырье 2-го сорта и не менее 80 и 70 мас.% в сырье 3-го и 4-го сортов соответственно.

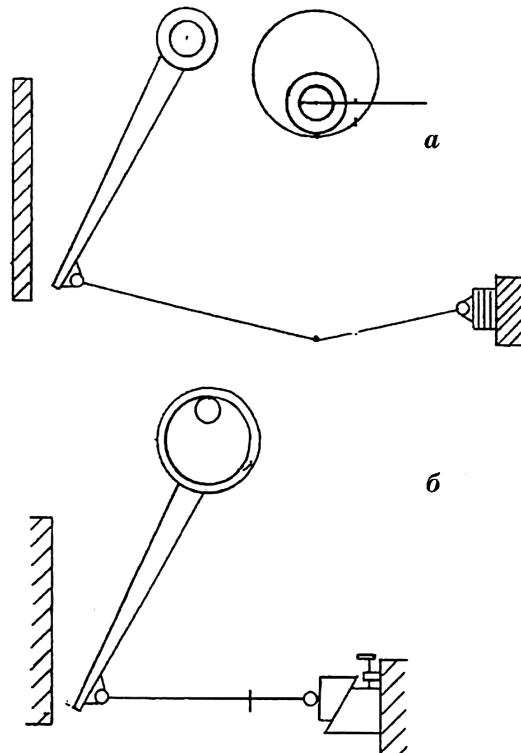
Природный ангидрит — горная порода осадочного происхождения, состоящая из минерала — безводного сернокислого кальция  $\text{CaSO}_4$ . Ангидрит — порода более плотная и прочная, чем гипсовый камень. Чистый ангидрит белого цвета, но в зависимости от примесей имеет различные оттенки.

Глиногипс — землистая порода, содержащая от 20 до 60 мас.% двуводного гипса со значительным количеством песчано-глинистых и известково-глинистых примесей. Такое сырье используют для производства местных вяжущих материалов (ганч, гажа).

Процесс производства гипсовых вяжущих веществ складывается из трех основных операций: дробления гипсового камня; термической обработки; помола материала в порошок — до термической обработки, во время последней или после нее (в зависимости от технологии).

Щековые дробилки применяются для крупного и среднего дробления сырья. Щековая дробилка состоит из станины, подвижной щеки, шатуна, эксцен-

трикового вала, фрикционных муфт, тяг с пружинами, распорных плит, дробящих плит, маховиков и привода. Дробильная камера образована подвижной щекой, боковыми и передними стенками. По характеру движения подвижной щеки (рис. 2.1) различают два типа щековых дробилок: с простым движением и со сложным движением.



**Рис. 2.1**

Схемы щековых дробилок:

*a* — с простым движением щеки; *б* — со сложным движением щеки.

В дробилках с простым движением щеки (рис. 2.1*a*) подвижная щека качается, то приближаясь, то удаляясь от неподвижной щеки. Куски материала раздавливаются между щеками.

В дробилке со сложным движением (рис. 2.1*б*) подвижная щека, посаженная на врачающийся эксцентрик, не только качается, но и совершает одновременно сложное движение, приближающееся в верхней части щеки к кругу, в средней к эллипсу, а в нижней к дуге. Материал в дробилке не только раздавливается, но и истирается.

Конусные дробилки служат для переработки сырья на всех стадиях дробления. Кинематические схемы конусных дробилок показаны на рисунке 2.2.

Подвижный конус жестко прикреплен к валу, нижний конец которого вставлен в эксцентриковую втулку так, что ось вала образует с осью вращения втулки (осью дробилки) некоторый угол. У дробилок крупного дробления вал

подвижного конуса шарнирно закреплен вверху на траверсе. Подвижный конус дробилок среднего и мелкого дробления опирается на сферический подпятник. Эксцентриковая втулка приводится во вращение от приводного устройства, при этом подвижный конус совершает качательное движение. При работе дробилки ось вала описывает коническую поверхность с вершиной в точке  $O$ , при этом образующие поверхности подвижного конуса поочередно приближаются к неподвижному конусу, а затем удаляются от него, то есть подвижный конус как бы перекатывается по неподвижному (через слой материала), вследствие чего происходит непрерывное дробление материала.

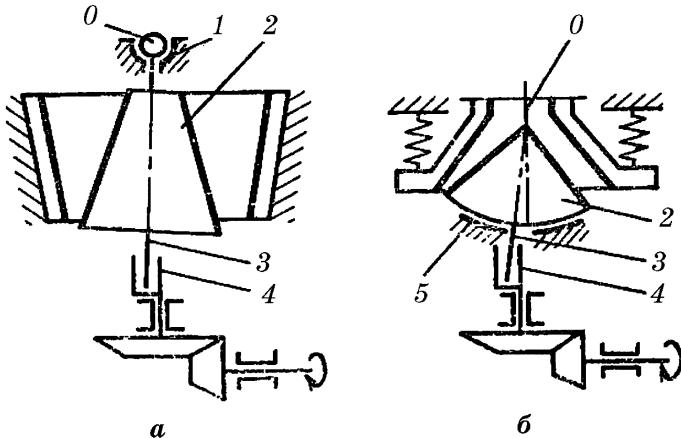


Рис. 2.2

Кинематические схемы конусных дробилок:

*a* — крупного дробления; *б* — среднего и мелкого дробления; 1 — траверса; 2 — подвижный конус; 3 — вал; 4 — эксцентриковая втулка; 5 — сферический подпятник.

Молотковые дробилки отличаются большим разнообразием конструкций. На рисунке 2.3 представлены принципиальные схемы наиболее распространенных молотковых дробилок.

На рисунке 2.3*а* представлена схема однороторной нереверсивной молотковой дробилки с легкими молотками (билами). На горизонтальном валу вращается ротор с шарнирно прикрепленными к нему молотками, которые ударами дробят поступающие через загрузочное отверстие (люк) куски материала. Раздробленный материал через щели колосниковой решетки падает вниз. Радиальный зазор между молотками и колосниковой решеткой регулируется эксцентриковыми кольцами.

На рисунке 2.3*б* представлена схема однороторной дробилки с подвижной плитой. Куски материала молотками ротора разбиваются и отбрасываются на подвижные плиты пластинчатого питателя. При ударе о его металлические пластины материал дополнительно измельчается. Зазор между ротором и питателем регулируется. В дробилке смонтировано очистное устройство, представляющее собой пластинчатый конвейер, движущийся в вертикальной плоскости. Налипающие на стенки конвейера куски измельченного материала отбрасываются скребком, установленным на обратной ветви конвейера.

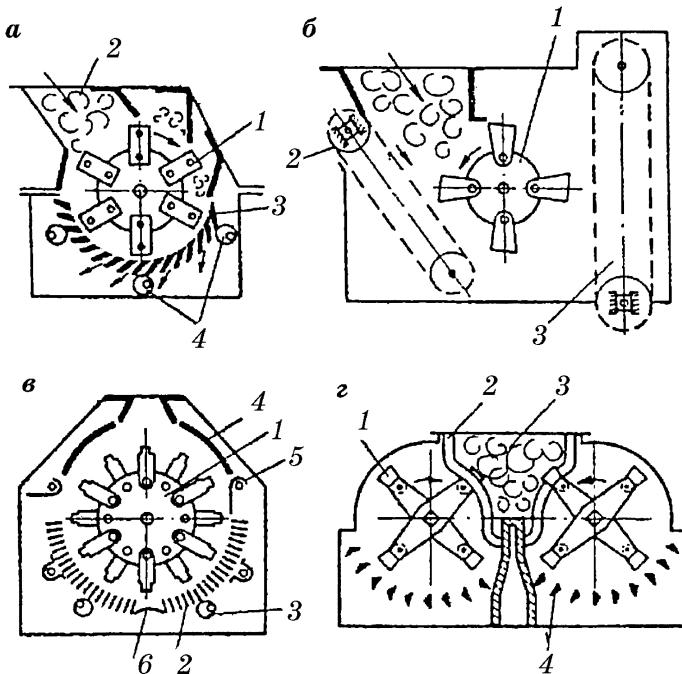


Рис. 2.3

Принципиальные схемы молотковых дробилок:

*a* — однороторной нереверсивной: 1 — ротор; 2 — загрузочное отверстие; 3 — колосниковая решетка; 4 — эксцентриковые кольца; *b* — однороторной с подвижной плитой: 1 — ротор; 2 — пластинчатый питатель; 3 — очистное устройство; *c* — реверсивной молотковой: 1 — ротор; 2 — колосниковые решетки; 3 — эксцентриковые регулирующие устройства; 4 — отбойные плиты; 5 и 6 — перекрывающие устройства; *г* — двухроторной многорядной: 1 — молотки; 2 — лирообразные колосники; 3 — камера предварительного дробления; 4 — колосниковая решетка.

На рисунке 2.3*в* представлена схема реверсивной молотковой дробилки, состоящей из ротора, двух колосниковых решеток с эксцентриковыми регулирующими устройствами (для изменения зазора между молотками и колосниками), двух отбойных плит, перекрывающих устройств. Конструкция правой и левой сторон одинаковая. При износе одной рабочей поверхности молотков ротору сообщается движение в противоположную сторону.

На рисунке 2.3*г* приведена схема двухроторной дробилки для крупного и среднего дробления материалов средней прочности. Двухроторная многорядная дробилка имеет два горизонтально расположенных роторов, вращающихся навстречу друг другу. Шарнирно подвешенные молотки большой массы свободно проходят в зазоры между лирообразными колосниками, образующими камеру предварительного дробления. Благодаря этой камере и тяжелым молоткам дробилку можно загружать кусками большого размера и получать высокую степень измельчения. После прохождения камеры окончательного дробления материал через колосниковую решетку выходит из дробилки.

## 2.2. Термическая обработка гипсового камня

Термическая обработка гипсового камня может производиться в варочных котлах, в аппаратах для совмещенного помола и обжига, в запарочных аппаратах, во вращающихся, шахтных, кольцевых и напольных печах. В зависимости от способа термической обработки сырья применяют различные технологические схемы производства гипсовых вяжущих, в частности:

- 1) дробление → помол → варка;
- 2) дробление → сушка → помол → варка;
- 3) дробление → помол → варка → помол;
- 4) дробление → сушка + помол;
- 5) дробление → сушка + помол → варка → помол;
- 6) дробление → обжиг → помол.

Первые пять схем используют при производстве гипсового вяжущего в гипсоварочных котлах. Эта технология наиболее простая, но ее применение возможно лишь при использовании сухих сырьевых материалов. Если влажность сырья превышает 1%, то перед помолом его необходимо сушить (схема 2). Целесообразно совмещение этих двух операций в одном технологическом аппарате (схема 3). С целью улучшения качества продукции в отдельных случаях желателен вторичный помол полуводного гипса, выходящего из варочных котлов (схема 4 и 5). Схему 6 используют при производстве высокообжиговых гипсовых вяжущих.

Наиболее распространенной является технологическая схема получения варочного гипсового вяжущего с предварительной сушкой гипсового камня (рис. 2.4).

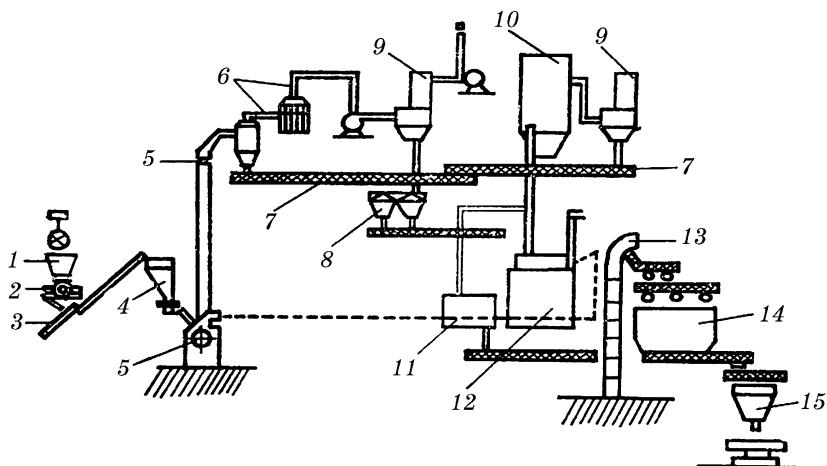
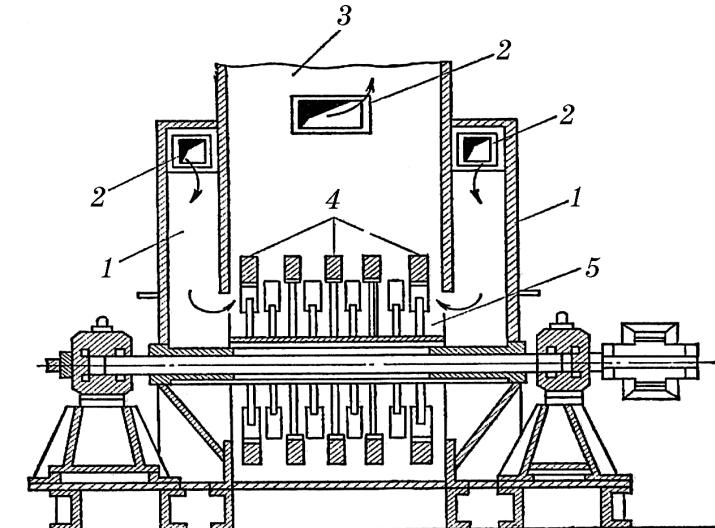


Рис. 2.4

Схема производства гипсового вяжущего в гипсоварочных котлах:

1 — приемная воронка; 2 — дробилка; 3 — транспортер; 4 — приемный бункер; 5 — шахтная мельница; 6 — циклон; 7 — шнек; 8 — бункер; 9 — рукавный фильтр; 10 — пылеосадительная камера; 11 — камера томления; 12 — гипсоварочный котел; 13 — элеватор; 14 — бункер фабриката; 15 — выдача на склад.

При этом сушка и измельчение гипсового камня, как правило, совмещаются в одном аппарате. Из аппаратов для совмещенного помола и сушки наибольшее распространение на заводах получила шахтная мельница (рис. 2.5), которая состоит из собственно помольной части и расположенной над ней металлической шахты прямоугольного сечения.



**Рис. 2.5**  
Шахтная мельница:

1 — боковые каналы; 2 — патрубки; 3 — шахта; 4 — ротор с билами; 5 — камера измельчения.

Принцип действия шахтной мельницы заключается в следующем. Из бункера гипсовый щебень тарельчатым питателем через течку просыпается непрерывным потоком на быстро вращающиеся била ротора и измельчается ими в порошок. Тонкоизмельченные частицы топочными газами выносятся из помольной части в шахту мельницы высотой от 9 до 14 м и при этом движении подсушиваются. Восходящий поток газов уносит в пылеосадительную систему только те частицы материала, которые могут удерживаться во взвешенном состоянии при данных скоростях газового потока. Более крупные и тяжелые частицы падают обратно и подвергаются повторному измельчению. Гипсовый камень, измельченный до порошкообразного состояния, поступает в варочный котел.

Варочный котел (рис. 2.6) представляет собой цилиндр из котельной стали со сферическим днищем, заключенным в кирпичную обмуровку. Под днищем котла помещается топка с механической загрузкой топлива. Сырой гипсовый порошок поступает в варочный котел из бункеров по шnekу. Топочные газы вначале омывают днище котла (служащее одновременно сводом топки), затем боковые поверхности и далее поступают в жаровые трубы, расположенные в два ряда друг над другом. Отработанные газы специальными дымоходами направляются в установки для подсушки сырья. Температура гипсового порошка в варочном кotle колеблется в пределах 140–190°C, длительность варки

в кotle составляет 55–60 мин, а общий цикл работы котла (с загрузкой и выгрузкой) длится примерно 80 мин.

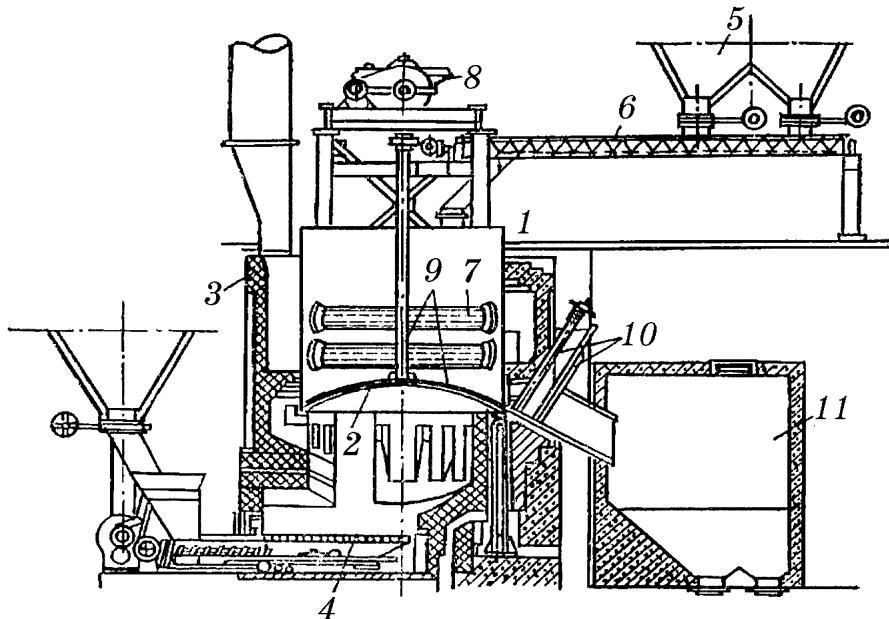


Рис. 2.6

Гипсоварочный котел:

1 — цилиндр; 2 — сферическое днище; 3 — кирпичная обмуровка; 4 — топка с механической загрузкой топлива; 5 — приемные бункера гипсового порошка; 6 — шнековый питатель; 7 — жаровые трубы; 8 — привод перемешивающего устройства; 9 — лопасти; 10 — шиберы; 11 — бункер томления.

Для обеспечения равномерной термической обработки гипса котел снабжен перемешивающим устройством, состоящим из привода, вертикального вала и прикрепленных к нему лопастей: нижняя полость выгнута по профилю днища, верхняя проходит между нижними и верхними рядами жаровых труб. Полученный полуводный гипс из котла через люк с шиберами выпускают в бункер томления. Здесь в процессе охлаждения качество гипса улучшается. Из бункера томления после охлаждения гипсовое вяжущее подают на склад готовой продукции. Емкость котлов производительностью 7–11 т/ч составляет 12–15 м<sup>3</sup>.

Другие технологические схемы получения гипсового вяжущего при одновременном помоле и обжиге отличаются типом устанавливаемых мельниц и дробилок, а также тем, что иногда мельницы работают по схеме с рециркуляцией газов, прошедших через пылеосадительные устройства. Одна из технологических схем показана на рисунке 2.7.

При использовании вращающихся печей основные операции по производству гипсового вяжущего проводятся в такой последовательности: вначале производят дробление гипсового камня, затем его обжигают в печах и после этого подвергают тонкому измельчению в мельнице (рис. 2.8).

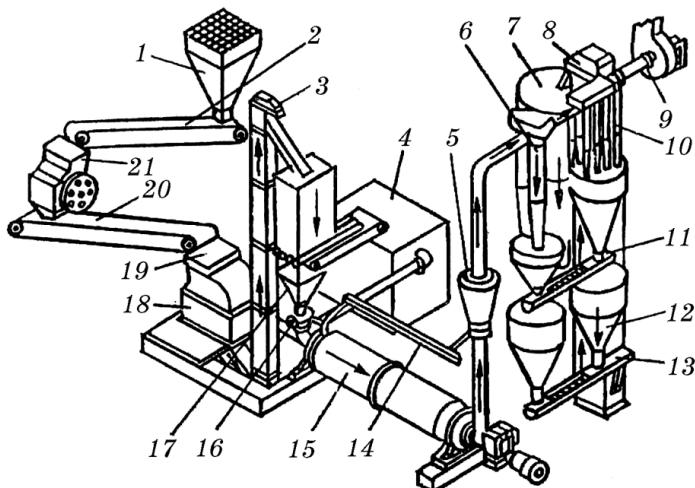


Рис. 2.7

Схема совместного помола и обжига гипса:

1 — приемный бункер; 2 — ленточный транспортер; 3 — элеватор; 4 — топка; 5 — воздушный сепаратор; 6, 10, 12 — пылеосадительные устройства; 7 — бункер готовой продукции; 8, 11, 13, 16 — питатели; 9 — вентилятор; 14 — шнек возврата материала; 15 — шаровая мельница; 17 — расходный бункер; 18 — молотковая дробилка; 19 — воронка; 20 — транспортер; 21 — щековая дробилка.

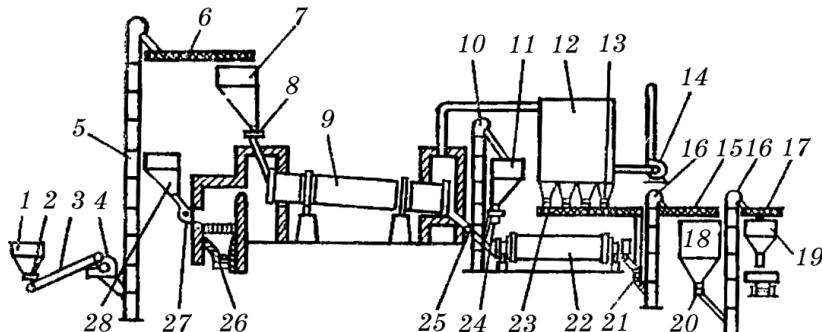


Рис. 2.8

Схема производства гипса во вращающейся печи:

1 — бункер; 2, 20, 24 — питатель; 3 — транспортер; 4 — молотковая дробилка; 5, 10, 16 — элеваторы; 6, 13, 15, 17, 23 — шнеки; 7 — бункер гипсового щебня; 8 — тарельчатый питатель; 9 — вращающаяся печь; 11 — бункер обожженного щебня; 12 — пылеосадительная камера; 14 — вентилятор; 18, 19 — бункер готового гипса; 21, 25 — течки; 22 — шаровая мельница; 26, 27, 28 — топка с бункером угля и течкой.

Вращающаяся печь для обжига гипса (сушильный барабан) представляет собой стальной барабан диаметром 1,5–3 м и длиной 8–30 м, расположенный под углом 2–3° к горизонту. Для более полного и равномерного прохождения процессов дегидратации во вращающихся печах устанавливают диафрагмы или располагают перемешивающие устройства, обеспечивающие лучшее соприкос-

новение обжигаемого материала с горячими газами. Дымовые газы поступают в печь с температурой 800–900°C, соприкасаются с гипсовым камнем и обжигают его. Из вращающейся печи гипс с температурой 150–200°C направляется в бункеры томления, а оттуда — в мельницы тонкого измельчения. Основным недостатком такой технологии является недостаточная равномерность обжига гипсового камня.

### 2.3. Твердение строительного гипса

Схватывание и твердение полуводного гипса обусловлено переходом его при взаимодействии с водой в двугидрат по схеме



По теории H. L. Le Châtelier (1887 г.) при смешении с водой полуводный гипс растворяется с образованием насыщенного водного раствора. В растворе он взаимодействует с водой и переходит в двуводный. Так как растворимость полугидрата в воде составляет около 8 г, а равновесная растворимость двугидрата около 2 г на 1 л, то раствор становится пересыщенным по отношению к двугидрату. Поэтому в жидкой фазе возникают условия для образования зародышей кристаллов двуводного гипса и выделения их из раствора. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение концентрации полугидрата в жидкой фазе и создает возможность для растворения новых порций этого вещества и образования пересыщенного раствора. По мере выделения из раствора все новых и новых количеств двуводного гипса кристаллики его растут, переплетаются, срастаются и обуславливают схватывание и твердение исходной смеси гипсового вяжущего с водой.

По теории А. А. Байкова (1923 г.) процессы твердения полуводного гипса, а также других минеральных вяжущих веществ, образующих гидратные соединения, можно разделить на три периода.

В первом периоде, начинающемся с момента смешения гипсового вяжущего с водой, растворяется полугидрат и образуется его насыщенный раствор.

Во втором периоде вода взаимодействует с полуводным гипсом с прямым присоединением ее к твердому веществу. Это приводит к возникновению двуводного гипса в виде высокодисперсных кристаллических частичек и к образованию коллоидной массы в виде геля, что сопровождается схватыванием массы.

В третьем периоде частички двугидрата коллоидных размеров перекристаллизовываются с образованием более крупных кристаллов, что сопровождается твердением системы и ростом ее прочности.

Эти периоды налагаются так, что в твердеющей массе одновременно протекают процессы коллоидообразования, характерные для второго периода, и процессы перекристаллизации в более крупные частички. Дальнейшее высыхание затвердевшей системы приводит к значительному увеличению прочности.

Вышеупомянутые теории твердения гипсовых вяжущих были развиты другими учеными. В частности, по данным П. А. Ребиндера, гидратация полуводного гипса идет по схеме H. L. Le Châtelier с образованием кристаллической

структуры. При этом рост прочности системы обычно заканчивается несколько раньше полного перехода полуводного гипса в двуводный. Прекращение роста прочности или даже понижение ее в конечной стадии гидратации гипса объясняется частичным разрушением структуры под влиянием внутренних напряжений, возникающих в процессе направленного роста кристалликов, спаянных между собой контактами срастания и образующих сплошную кристаллизационную структуру затвердевшего гипса. Гидратация основной массы полуводного гипса и кристаллизация двугидрата практически заканчиваются одновременно через 20–40 мин после затворения. К этому же времени достигается и максимальная прочность системы во влажном состоянии. Прочность затвердевшего гипса по мере высыхания значительно возрастает, что объясняется испарением воды. При этом из водного раствора выделяется двуводный гипс, способствующий упрочнению контактов между кристаллическими сростками. При полном высыхании рост прочности прекращается.

Начало схватывания строительного гипса должно наступать не ранее 4 мин, а конец — не позднее 30 мин, но не ранее 6 мин с момента затворения водой.

Строительный гипс широко применяется в производстве гипсовых и гипсобетонных изделий, перегородчатых плит, панелей, сухой штукатурки, используется для приготовления гипсовых растворов.

## 2.4. Высокопрочный гипс

**Высокопрочный гипс** является разновидностью полуводного гипса. При нагревании природного гипса паром под давлением 0,13 МПа при температуре 124°C в течение 5 ч с последующей сушкой при температуре 140–160°C образуются крупные кристаллы, обусловливающие меньшую водопотребность гипса, что обеспечивает получение гипсового камня с высокой прочностью (15–40 МПа в возрасте 7 сут).

Производство высокопрочного гипса предусматривает автоклавную обработку либо термообработку в жидких средах. Автоклавная обработка включает обезвоживание гипса при давлении выше атмосферного в среде насыщенного пара (в автоклавах); при термообработке в жидких средах проводят обезвоживание гипса путем его кипячения в водном растворе хлористого кальция и хлористого магния при атмосферном давлении.

Получило распространение производство высокопрочного гипса способом «самозапаривания», предусматривающим создание избыточного давления в запарниках в результате испарения из гипсового камня гигроскопической влаги и части гидратной воды. Дробленый гипсовый камень загружают в герметически закрываемый запарник, как показано на рисунке 2.9.

Запарник представляет собой вертикально установленный стальной резервуар высотой около 4 м и диаметром 2,2 м с герметически закрывающимися люками для загрузки и выгрузки материала. В загруженный запарник первоначально подают насыщенный пар для термической обработки сырья под давлением 0,13 МПа при 124°C в течение 5 ч. В это время из двуводного гипса выделяется вода в жидком состоянии, полугидрат образуется в виде хорошо оформлен-

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)