

удк

Х. ВЕТЕГРОВЕ, дипломированный инженер, руководитель отдела гипсовых технологий компании Claudius Peters Projects GmbH (Германия)

## Улучшение качества гипсового вяжущего на основе технологии SmartGyp Process компании Claudius Peters

В промышленности используются различные технологии кальцинации (обжига) для преобразования двуводного гипса (гипсового сырья) в гипсовый полугидрат. В большинстве случаев передача энергии, необходимой для проведения эндотермической реакции дегидратации гипса, происходит при относительно сухих условиях, атмосферном или близком к атмосферному давлению и температуре 120–180°C. Получаемый гипсовый полугидрат  $\beta$ -модификации является основой для наиболее массово производимых строительных материалов на основе гипса (гипсокартонные листы, гипсовые блоки или штукатурные смеси).

В другой группе технологий применяется влажный способ передачи энергии для кальцинации – при высоком давлении водяного пара и частом использовании автоклавного способа с периодическим режимом работы. Произведенный таким образом полугидрат  $\alpha$ -модификации состоит из хорошо сформировавшихся, компактных и относительно крупных первичных кристаллов, которые придают продукту увеличенные сроки схватывания, сниженное водопотребление и повышенную прочность производимого из него материала. Вследствие высоких инвестиционных и эксплуатационных затрат, использование  $\alpha$ -полугидрата ограничивается областями, где прочность продукта является ключевым требованием к качеству, например для формовочного гипса.

Дальнейшая обработка  $\beta$ -полугидрата с помощью гомогенизатора – это экономически эффективный способ улучшения качества строительного гипса. Новое поколение гомогенизаторов Claudius Peters с технологией SmartGyp Process также открывает возможность крупномасштабного эффективного производства высокопрочного гипса и строительных материалов на его основе.

### Кальцинация гипса

Для кальцинации  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в  $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  применяются различные технологии, и выбор в пользу той или иной технологии может быть сделан в зависимо-

сти от условий производства, таких как тип сырьевого материала, имеющейся энергии, производительности установки, степени автоматизации, требования технического обслуживания и других факторов [1]. В результате применения этих технологий происходит получение  $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  с набором строительно-технических свойств, которые могут отличаться в зависимости от технологии производства, но в целом приведены в табл. 1. Из-за морфологических различий водопотребление слоистых, с зазубринами, чешуйчатых вторичных кристаллов  $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  является выше, а прочность продукта ниже по сравнению с компактными и относительно крупными первичными кристаллами  $\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . Существует прямая взаимосвязь (рис. 1) между водопотреблением и удельной поверхностью гипсового вяжущего [2]. Сниженная удельная поверхность гипсового

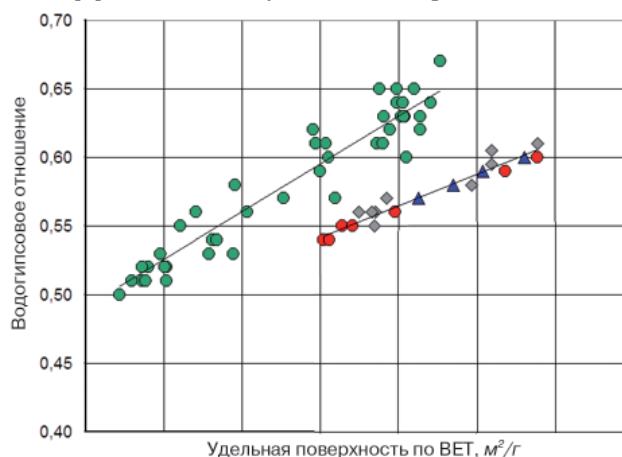


Рис. 1. Зависимость водогипсового отношения от удельной поверхности по BET:  $\blacklozenge$  – гипс I, произведенный по непрерывной технологии;  $\bullet$  – гипс I, произведенный по периодической технологии I;  $\blacktriangle$  – гипс I, произведенный по периодической технологии II;  $\bullet$  – гипс II, произведенный по периодической технологии

Таблица 1.

Свойства	Единицы измерения	$\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	$\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$
Кристаллическая структура		Растрескавшиеся вторичные кристаллы	Плотные первичные кристаллы
Удельная поверхность по BET	$\text{м}^2/\text{г}$	~ 9-12	~ 4,5
Плотность материала	$\text{кг}/\text{м}^3$	~ 2619	2757
Водогипсовое отношение		0,65-0,75	~ 0,4
Прочность на растяжение при изгибе	$\text{Н}/\text{мм}^2$	~ 5	~ 12
Прочность при сжатии	$\text{Н}/\text{мм}^2$	~ 11	~ 45
Начало схватывания (при В/Г)	мин	4–10	~ 10
Теплота гидратации	$\text{кДж}/\text{кг}$	111,9	99,7
Растворимость в воде при 20°C	$\text{г}/\text{кг}$	8,8	6,7

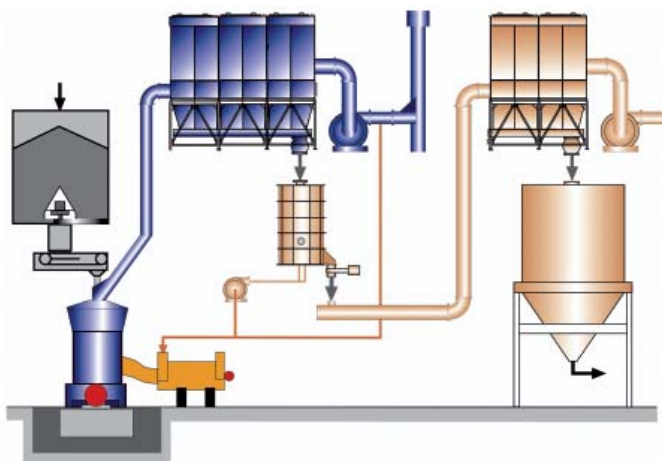


Рис. 2. Система кальцинации гипса на основе мельницы Claudius Peters с встроенным гомогенизатором и системой пневматического всасывающего охладителя

вяжущего указывает на компактную кристаллическую структуру, как в  $\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ , которая влечет за собой снижение водопотребления гипса. Снижение водопотребления в свою очередь приводит к повышенной прочности при сжатии и изгибе.

**Старение**

Свежекальцинированный  $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  изменяет характеристики при продолжительном хранении или перевалке. Этот эффект известен как естественное старение и основан на взаимодействии гипса с влагой окружающей среды. Кальцинированный гипс после технологического процесса не является чистым гипсовым полугидратом, он также включает безводный гипс, главным образом в форме АIII (растворимый ангидрит), а также некальцинированный гипс, который остается в форме гипсового дигидрата. Присутствие влаги делает возможным обратное преобразование ангидрита в полугидрат, а при достаточной влажности и времени контакта даже назад в дигидрат. Это обратное преобразование происходит преимущественно у трещин и пор разрушенного полугидрата, приводя к покрытию и заполнению этих пустот. Удельная поверхность по ВЕТ снижается, в результате чего также изменяются другие характеристики продукта. В природном старении этот процесс может занимать часы или даже сутки с трудно прогнозируемыми параметрами качества продукта. По этой причине во многих случаях для дальнейших технологических процессов производители предпочитают работать непосредственно со свежекальцинированным гипсовым вяжущим.

**Сделать хороший строительный гипс еще лучше**

В процессах искусственного старения описанные выше эффекты могут стимулироваться и иметь контролируемую длительность для того, чтобы стабилизиро-

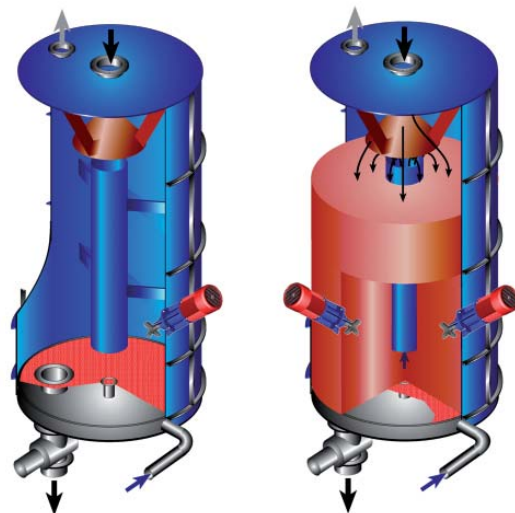


Рис. 3. Гомогенизатор Claudius Peters

вать продукт и воспользоваться преимуществами старения, например сниженной поверхностью по ВЕТ и впоследствии сниженным водопотреблением и повышенной прочностью продукта.

Параметры, влияющие на процесс искусственного старения:

- количество и тип влаги (пар, вода);
- температура обработки;
- давление обработки;
- время обработки;
- вспомогательные добавки.

Для процесса управляемого искусственного старения необходимо найти оптимальный баланс между параметрами пара, воды, температуры и давления обработки. Поскольку эффект старения базируется на реакции кальцинированного гипса с водой, ее повышенное содержание, переносимое к полостям и трещинам, будет усиливать этот эффект. Однако, в то время как с одной стороны большее количество воды будет стимулировать старение, с другой стороны слишком большое количество воды может приводить к увеличению количества двуводного гипса, в свою очередь влияющему на другие характеристики продукта, такие как сроки схватывания гипсового теста.

Повышенное рабочее давление будет способствовать процессу старения, влияя на интенсивность и время обработки, так как давление водяного пара в гомогенизаторе позволяет улучшить адсорбцию и конденсацию воды в трещинах и пустотах.

Увеличение времени обработки будет способствовать процессу старения, т.е. преобразованию вовлеченных гипсовых фаз.

Добавки также могут влиять на технологический процесс, но не будут рассматриваться в этой статье.

Также форма кристаллов может значительно влиять на реологию гипсового теста и на такие его характери-

Таблица 2

Свойства	Единицы измерения	Перед гомогенизатором	После стандартного гомогенизатора	После гомогенизатора под давлением
Удельная поверхность по ВЕТ	м <sup>2</sup> /г	~ 9–12	~ 7	~ 4
Водогипсовое отношение		0,65–0,75	~ 0,6	~ 0,54
Прочность при сжатии	Н/мм <sup>2</sup>	~ 11	~ 16	~ 32
Содержание связанной воды	%	5,5–6,2	~ 6,2	~ 6,4
Содержание растворимого ангидрита	%	5–10	~ 1	Ниже порога обнаружения

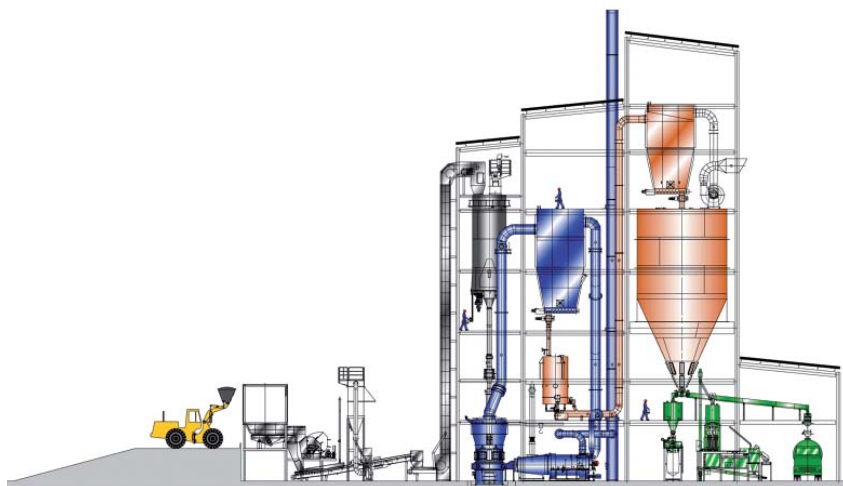


Рис. 4. Система кальцинации гипса с встроенным гомогенизатором и системой пневматического всасывающего охладителя на предприятии GIPS AD (Видин, Болгария)



Рис. 5. Гомогенизатор на предприятии GIPS AD (Видин, Болгария), производительность 14 т/ч

стики как водопотребление. Это характерно для игольчатого типа кристаллов, встречающегося в фосфогипсе. Механическое разрушение такой кристаллической формы снижает водопотребление [3].

Управление вышеприведенными параметрами оптимизирует качество, т.е. требуемые характеристики строительного гипса, позволяя производить стабилизированный строительный гипс со значительным снижением водопотребления и высокой прочностью, полностью соответствующий по качеству  $\alpha$ -CaSO<sub>4</sub>·0,5H<sub>2</sub>O.

#### Технология SmartGyp Process

Развивая концепцию искусственного старения, компания Claudius Peters разработала технологию, позволяющую улучшить следующие параметры при производстве гипса:

- гомогенизацию качества продукта;
- стабилизацию продукта;
- снижение водопотребления;
- снижение стоимости производства;
- увеличение прочности продукта.

Ключевым компонентом в этом процессе является гомогенизатор Claudius Peters. Гомогенизатор поставляется в стандартной модификации (без давления) и в специальной модификации с повышенным давлением работы. На рис. 2 показана технология SmartGyp Process, в которую гомогенизатор включен в систему кальцинации на основе мельницы Claudius Peters. Свежекальцинированный гипс поступает в непрерывном режиме из фильтра кальцинации при температуре кальцинации и вводится в гомогенизатор. С той же производительностью обработанный гипс выгружается из гомогенизатора, в данном случае к последующему процессу охлаждения. Уровень гипса в гомогенизаторе обеспечивает обработку гипса в течение определенного времени. Вода может подаваться в гомогенизатор в виде влаги с газами технологического процесса из установки кальцинации, а также в виде пара и/или при непосредственном распылении непосредственно в гомогенизаторе.

В стандартном гомогенизаторе введенные газы обеспыливаются фильтром технологического процесса, для находящегося под давлением гомогенизатора клапан управления давлением будет контролировать требуемое давление и отводить избыточное количество газа в фильтр.

Гомогенизатор представляет собой вертикальный реактор, днище которого оснащается тканью, способствующей равномерному распределению газа псевдоо-

жижения (рис. 3). Благодаря псевдоожиженному состоянию гипс может легко перемещаться в реакторе и интенсивно контактировать с привнесенной влагой. Кроме того, центральная вертикальная труба реактора получает дополнительное количество воздуха, что позволяет транспортировать гипс от днища к верхней секции гомогенизатора, интенсифицируя смешивание и гомогенизацию продукта.

Как было описано выше, давление может значительно влиять на характеристики продукта. При использовании гомогенизатора под давлением в технологии SmartGyp Process максимально улучшается продукт на основе непрерывного процесса с управляемыми условиями старения:

- уровень материала в гомогенизаторе под давлением определяет время обработки;
- клапан управления давлением регулирует давление;
- регулировка смеси пара, газа технологического процесса и воды позволяет контролировать температуру процесса, а также количество и параметры влаги.

Показанное на рис. 2 включение технологии SmartGyp Process в систему кальцинации, возможно для большинства систем кальцинации, как для новых установок, так и для улучшения существующих.

#### Применение и преимущества

Обеспечение стабильно высокого качества строительного гипса очень важно, но при колебаниях качества сырьевого гипса и/или различиях в настройках



Рис. 6. Гипсовый завод GIPS AD (Видин, Болгария)

кальцинатора такую стабильность трудно обеспечить. Технология SmartGyp Process выравнивает колебания параметров благодаря смешиванию, гомогенизации и старению строительного гипса. Нестабильные фазы сокращаются и природное старение в продукте приостанавливается. Такая стабилизация обеспечивает надежный продукт с высокими показателями качества гипса.

В табл. 2 приведены характеристики гипсового вяжущего, полученного с применением технологии SmartGyp Process. В гомогенизаторе под давлением получается гипс с настолько высокой прочностью, что его можно применять в производстве формовочного материала, где традиционно используется более дорогой автоклавный  $\alpha$ -полугидрат.

Описанные выше улучшения являются также полезными для производства гипсокартонных листов или блоков. Равномерное качество гипсового вяжущего является большим преимуществом для процесса формования качественных листов. Снижение водопотребления при сохранении консистенции теста позволяет сэкономить как на объеме потребляемой воды, так и на затратах на сушку листов, при которой избыточная вода должна быть удалена из изделия. Снижение водопотребления на 6–10% у станции формования может привести к экономии тепла на 8–12% для сушки листов. Схожие преимущества наблюдаются при производстве гипсовых блоков и других конечных продуктов.

Гомогенизатор может быть установлен в большинстве систем кальцинации и практически с любой производительностью в диапазоне 0,5–100 т/ч.

На рис. 4–6 показано новое производство строительного гипса компании Gips AD около г. Видин в Болгарии. Данная концепция установки, использующая только

технику Claudius Peters, является примером работающего гомогенизатора в промышленности. Установка спроектирована для получения строительного гипса производительностью 14 т/ч. В этой установке гомогенизатор полностью использует влагу и теплоту, поступающую с процесса кальцинации. Охлаждение строительного гипса выполняется системой пневматического всасывающего охладителя, одновременно транспортирующего строительный гипс в силос хранения. С помощью двухштуцерного рядного упаковщика Claudius Peters и укладчика на поддоны продукт готовится к отгрузке в традиционных клапанных мешках. Альтернативой является отгрузка в биг-беги или навалом.

Обработка гипса после кальцинации является ключевым усовершенствованием процесса. Увеличение стоимости топлива наряду с возрастанием конкуренции на рынке предъявляют новые требования к эффективности производства и получаемому качеству гипса. Технология SmartGyp Process не только позволяет сэкономить энергию, но и дает возможность увеличения ассортимента продукции. Стабильная продукция с необходимыми для потребителя параметрами – это важная предпосылка для увеличения продаж.

#### Список литературы

1. *Brosig A.* Calcining System Choice. Global Gypsum Magazine. April 2003. Pp. 24–28.
2. *Hilgraf P.*: Quality improvement of  $\beta$ -plasters // Cement Kalk Gyps (ZKG). 2011. № 6. pp 38–50.
3. *Ветезрове X.* Гомогенизатор Claudius Peters – гипсовая технология для снижения затрат и повышения качества // Строительные материалы. 2010. №7. С. 2–4

**Claudius Peters Technologies GmbH**  
Schanzenstrasse 40  
D-21614 Buxtehude, Germany  
Tel.: +49 - 4161 - 7060

**Представительство в РФ и СНГ**  
117105 Москва, Варшавское ш., 37 А  
Тел./факс: (495) 781-62-16  
e-mail: walter.telle@claudiuspeters.ru