

Установка для сушки гипсовых пазогребневых плит

Н.А. САПЕЛИН, канд. техн. наук, ВНИИСТРОМ им.П.П. Будникова

Рассматриваются принцип действия и конструкция установки для скоростной сушки гипсовых плит с использованием поперечной схемы движения теплоносителя.

При производстве гипсовых пазогребневых плит для перегородок одним из важнейших технологических процессов, который в значительной степени определяет качество продукции и производительность оборудования, является сушка гипсовых плит. Их начальная абсолютная влажность может быть определена по формуле, %:

$$W_{абс} = \frac{\{[B/G - (0,186 П/100 + 0,265 А/100)]\}}{[1 + 0,186 П/100 + 0,265 А/100]} \cdot 100, \quad (1)$$

где B/G – водогипсовое отношение;

$П$ – содержание полугидрата в гипсовом вяжущем, %;

$А$ – содержание ангидрита в гипсовом вяжущем, %.

В зависимости от вида применяемого вяжущего и способа формирования начальная абсолютная влажность плит может составлять от 30 до 70 %, тогда как согласно ГОСТ 6428-83 «Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия» относительная влажность гипсовых плит должна быть не более 12%, т.е. абсолютная влажность плит не должна превышать 13,6%. Учитывая опыт эксплуатации и возможности транспортировки большинство крупных производителей обеспечивают конечную абсолютную влажность плит до 3–8%. Это позволяет увеличить прочность и улучшить эксплуатационные свойства плит, а также снизить процент брака при перевозке.

Таким образом, при сушке необходимо удалять до 60% влаги, т.е. с 1 м² плиты толщиной 80 мм и плотностью в сухом состоянии 1000 кг/м³ требуется удалить до 48 кг воды. Удалить такой объем воды естественной сушкой, как пытаются сделать некоторые производители, затруднительно. Если на стройку поставляются сырые плиты, то в дальнейшем они сохнут месяцами и годами, из-за неравномерности сушки происходит их коробление и как следствие – вынужденная замена.

Результаты исследований по естественной сушке гипсовых плит (от абсолютной влажности 48% до 12%), проведенные на Бакинском гипсовом заводе в 1986 г., представлены в таблице 1.

Анализ этих данных показывает, что даже в летних условиях жаркого климата и постоянных ветров время сушки в естественных условиях составляет 4–7 суток. Поэтому для получения качественных гипсовых плит необходима их принудительная сушка.

По классификации А.В. Лыкова [1] гипсовые плиты относятся к капиллярно-пористым телам, в которых влага удерживается в основном капиллярными силами. Равновесная влажность гипсовых плит незначительна и не превышает 1% (при влажности воздуха 80%).

Другой особенностью гипсовых материалов является то, что при температуре 70°C в ненасыщенной папами влаги среде начинается дегидратация вторичного дигидрата сульфата кальция [2], что не позволяет вести сушку при высоких температурах.

Большой объем исследований по сушке гипсовых материалов проведен в Институте технической теплофизики [2, 3, 4, 8]. На рис. 1 представлена кривая сушки гипсовых плит [3]. Весь цикл сушки ус-

ловно можно разделить на периоды, которые отличаются друг от друга характером изменения влажности, скоростью сушки и распределением температуры по сечению высушиваемых изделий.

Период прогрева сопровождается нагревом материала и повышением парциального давления паров над его поверхностью. Температура наружных и внутренних слоев материала при этом повышается до температуры мокрого термометра. **В первом периоде** скорость сушки постоянная и изменение влажности материала происходит по линейной зависимости. Температура материала соответствует температуре мокрого термометра до тех пор, пока испарение влаги происходит с поверхности материала.

При достижении первой критической влажности (точка K_1) происходит замедление поступления влаги к поверхности, скорость сушки понижается, происходит нагрев материала выше температуры мокрого термометра. **Второй период сушки** – период убывающей скорости сушки может быть разделен на два этапа:

- испарение влаги происходит с поверхности материала от первой до второй критической влажности,
- испарение влаги происходит внутри материала от второй критической влажности до равновесной.

В настоящее время для сушки гипсовых плит используются в основном конвективные туннельные сушильные установки с различными схемами движения теплоносителя:

- направление движения теплоносителя параллельно движению вагонеток (прямоточная схема или противоточно-прямоточная схема с рециркуляцией части отработанного теплоносителя);
- направление движения теплоносителя перпендикулярно движению вагонеток.

Последняя схема движения обладает рядом преимуществ: более равномерная по сечению скорость движения теплоносителя, большая возможность регулировки температуры по длине сушильной установки, возможность интенсификации процесса сушки за счет регулировки и автоматизации процесса.

В отечественных сушильных установках температура теплоносителя на входе в них составляет 110–130°C, а на выходе – 50–55°C, время сушки – 18–22 ч, скорость теплоносителя – 2–4 м/сек, удельный расход тепла – 5400–6300 кДж/кг испаренной влаги [5, 6]. В сушилах немецкого производства в основном используют схему движения теплоносителя перпендикулярно движению вагонеток. Температура теплоносителя на входе в них до 120°C, на выходе – 50–55°C.

Для ускорения процесса удаления влаги из изделия и экономии топлива Институтом технической теплофизики (Украина) предложено од-

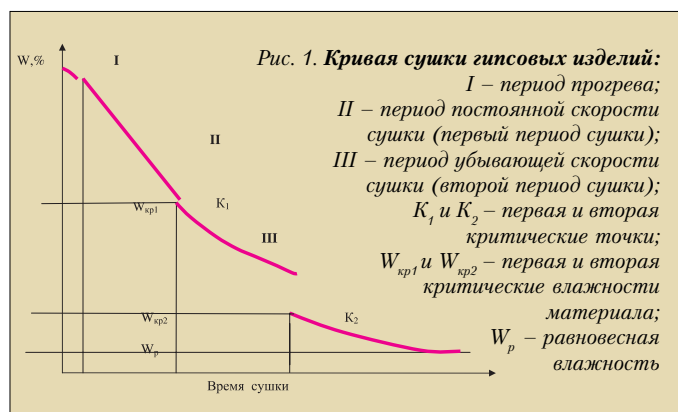


Таблица 1

Месяц года	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Время сушки, сутки	41	38	26	17	7	5	7	5	4	9	20	26

новременно повысить как температуру, так и влагосодержание теплоносителя. На этом принципе разработан двухзональный метод сушки, заключающийся в разделении процесса на две стадии: до начала углубления зоны испарения и после него. На первой стадии, когда в материале много избыточной влаги, значительной интенсификации процесса можно добиться за счет повышения температуры теплоносителя до 200–250°C. На второй стадии, когда начинается процесс углубления зоны испарения, следует поддерживать температуру теплоносителя не более 65–70°C, чтобы не допустить дегидратации гипса. При этом время сушки может быть сокращено с 18–20 до 10–12 ч [2, 3].

Эффективное применение способов скоростной сушки изделий требует комплексного подхода и, в первую очередь, повышения точности контроля и соблюдения заданных параметров теплоносителя и равномерного его распределения по сечению сушилки. Игнорирование этих факторов приводит к резкому ухудшению качества изделий (дегидратации материала в верхней зоне сушилки). Особенно это проявляется в сушилках с продольным движением теплоносителя.

На основе анализа отечественных разработок и опыта работы зарубежных сушильных установок нами спроектирована сушильная установка производительностью 25 000 м²/год для сушки гипсовых пазогребневых плит для перегородок (рис. 2). Выбрана поперечная схема движения теплоносителя, которая в большей степени способна реализовать скоростной способ сушки. Кроме этого используется периодическое изменение направления движения сушильного агента относительно материала, которое позволяет еще больше интенсифицировать тепло- и массоперенос [7].

При расчете параметров сушки использовалась критериальная зависимость, выведенная для гипсовых плит толщиной 80 мм [8]:

$$Nu_{\alpha} = 3Re^{0,5} Gu^{0,21} (W/W_{кр1})^{0,62}, \quad (2)$$

где Nu_{α} – диффузионный критерий Нуссельта; Re – критерий Рейнольдса; Gu – критерий Гухмана; W – влажность плит, %; $W_{кр1}$ – первая критическая влажность, %.

Первая критическая влажность $W_{кр1}$ определялась по формуле:

$$W_{кр1} = 19 t^{0,08} v^{0,32} / d^{0,22}, \quad (3)$$

Вторая критическая влажность $W_{кр2}$ определялась по формуле:

$$W_{кр2} = 38 t^{0,67} v^{0,4} / d^{0,1}, \quad (4)$$

где t – температура теплоносителя, °C; v – скорость движения теплоносителя, м/с; d – влагосодержание теплоносителя, г/кг с.в.

Если в начале сушки на этой установке абсолютная влажность плит составляет 60%, то в конце – 6,5%. При этом масса гипсовых плит уменьшается с 22,7 до 14,2 кг, а общее количество испаряемой воды составляет 2040 кг/час.

Первый и последний участки начальной и конечной зон соединены с вентиляторами отводимого воздуха для выброса отработанного теплоносителя. Вентиляторы воздуха для сжигания газообразного топлива установлены со звукопоглощающими демпферами на входных и выходных участках.

В сушильной установке предусмотрена система автоматического регулирования, которая в зависимости от влажности сушильного агента поддерживает его постоянную рабочую температуру и систе-

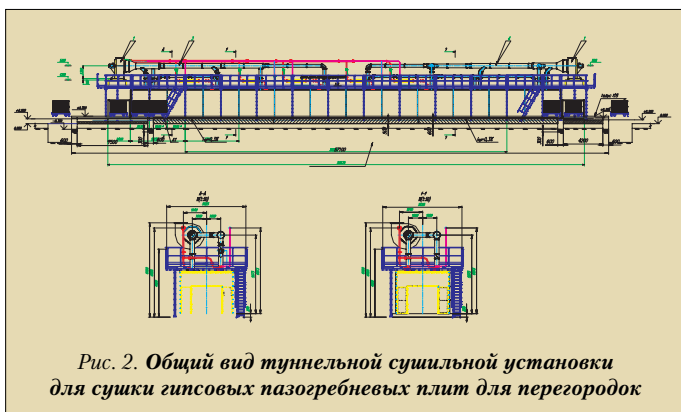


Рис. 2. Общий вид туннельной сушильной установки для сушки гипсовых пазогребневых плит для перегородок

Технические характеристики сушильной установки

Наименование показателя	Значение
Габаритные размеры, мм:	
длина	56 800
ширина	4 500
высота (без учета воздуховода после дымососа)	3 750
Общая масса, кг	104 000
Производительность, м ² /год	250000
Размеры высушиваемых плит, мм	600×300×80
Расход газа, нм ³ /час	250
Максимальная теплопроизводительность:	
кДж/ час	8 100 000
ккал/ час	1 935 000
Максимальный расход воздуха для сжигания, нм ³ /час	5 100
Максимальное количество отводимого воздуха, нм ³ /час	46 000
Количество обогреваемых сушильных участков, шт.	24
Количество циркуляционных вентиляторов, шт.	24
Количество узлов горелок, шт.	5
Количество регулируемых зон, шт.	8
Количество участков в каждой регулируемой зоне, шт.	3
Количество вентиляторов воздуха для сжигания топлива, шт.	1
Количество вентиляторов отводимого воздуха, шт.	2
Количество гипсовых пазогребневых плит на одной вагонетке, шт.	180
Количество вагонеток:	
в сушильной камере	24
в шлюзовых камерах	2
Максимально возможная температура сушильного агента, °C	180
Устройства для перемещения вагонеток, шт.:	
толкатель	1
выталкиватель	1
Установленная мощность электрооборудования, кВт	74
Удельный расход тепла на килограмм испаренной влаги, кДж/ кг	3800

му регулирования его выхода к вентилятору отводимого воздуха. Кроме того, имеется система автоматического управления газовой горелкой с регулированием как расхода газообразного топлива, так и расхода воздуха, подаваемого на горение в зависимости от изменения расхода газообразного топлива.

Поддержание требуемых параметров теплоносителя в каждой зоне позволяет значительно интенсифицировать процесс тепло- и массопереноса и обеспечить эффективную сушку материалов, сократить расход топлива с 5400–6300 до 3800 кДж/кг испаренной влаги, т. е. минимум в 1,4 раза.

Проработанные нами технологические решения позволяют проектировать сушильные установки с различной производительностью и для любых размеров высушиваемых изделий.

Библиографический список:

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. 408 с.
2. Пиевский И.М. Скоростная сушка гипсобетонных и гипсовых строительных материалов. Дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук, Киев, 1963 г.
3. Теплообменные процессы в производстве гипсовых и гипсобетонных строительных материалов / Кремнев О.А., Пиевский И.М.; Отв. редактор Дикий Н.А.; АН УССР. Ин-т технической теплофизики. – Киев: Наукова думка, 1989. – 188 с.
4. Жуков А.Ф., Пиевский И.М. Сушка гипсобетонных панелей и перегородок // Трансп. стр.-во. – 1975. № 11. С. 23–25.
5. Печуро С.С. Производство гипсовых и гипсобетонных изделий и конструкций. Учебник. – М.: Высшая школа, 1971.
6. Иваницкий В.В., Сапелин Н.А., Корнюшин В.И., Коломов В.С. Экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов в производстве гипса и гипсовых изделий. Обз. информация, сер. 8. Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих, вып.1, М., ВНИИЭСМ, 1985.
7. Данилов О.Л., Леончик Б.И. Экономия энергии при тепловой сушке. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
8. Пиевский И.М., Печуро С.С. Скоростная сушка гипсовых и гипсобетонных изделий. – М., 1965. – 130 с.