

удк

П.Г. ВАСИЛИК (vasilik@eurohim.ru), Д.С. ГРЕКОВ, инженеры, ЗАО «ЕвроХим-1» (Москва), А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук, А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, Московский государственный строительный университет, А.А. ГЛУШКОВ, инженер, Д.А. ДАВЫДОВ, канд. хим. наук, Д.В. НАЗАРОВ, инженер (ООО «Вакер Хеми Рус» Москва)

Современные адгезивы для производства гипсокартонных листов

Производство гипсокартонных листов (ГКЛ) является динамично развивающейся технологией. Объем их производства по данным Росстата за 2012 г. составляет более 258000 тыс. м². Несмотря на кризисные явления в экономике страны и мира, это на 7,2% больше, чем в 2011 г. Основными трендами развития современной технологии производства ГКЛ являются энергоэффективность и сокращение выбросов CO₂. Так как основными источниками повышенного расхода энергии являются технологические процессы, связанные с испарением большого количества воды при сушке ГКЛ, сокращение водогипсового отношения позволит существенно улучшить энергоэффективность производства и снизить экологическое воздействие на окружающую среду.

Традиционно в производственной практике значение водогипсового отношения (В/Г) для придания текучести раствору гипса составляет 0,6–0,7, а для гидратации гипсового вяжущего необходимое водогипсовое отношение не превышает 0,2. Избыточное количество воды удаляется после формования изделия в процессе сушки, что составляет 4,5–7 кг воды с 1 м² листа. Расход тепловой энергии при сушке может достигать 1500 Дж на 1 кг воды, а выбросы в атмосферу CO₂ современного предприятия по производству ГКЛ только в течении суток могут составить 20000–40000 м³. Таким образом, задача снижения водогипсового отношения при производстве ГКЛ является актуальной и позволяет значительно повысить энергоэффективность производства ГКЛ.

Гипсокартонные листы представляют собой композиционный материал, в котором на свойства конечного изделия влияют многочисленные факторы. Гипсовый сердечник ГКЛ имеет пористую структуру, формируемую за счет большого количества вовлеченного воздуха (25–45 об. %), что достигается высоким водогипсовым отношением, использованием специальных воздухововлекающих и/или пенообразующих добавок и технологическим оборудованием.

Основными путями сокращения количества используемой в производственной технологии воды являются снижение водопотребности гипсового вяжущего, достигающееся технологическими приемами при производстве вяжущего — оптимизацией фазового состава, тонины помола, применением гомогенизаторов, в которых происходит искусственное старение [1], а также введением пластифицирующих добавок в процессе производства ГКЛ. Снижению количества гипсового вяжущего и воды затворения также способствует повышение доли воздуха в материале, что дополнительно позволяет снизить плотность сердечника ГКЛ и массу конечного изделия. Последнее весьма актуально и для производителей ГКЛ и для потребителей.

Стремление снизить массу ГКЛ при сохранении прочностных характеристик готового изделия упирается в ряд физико-механических проблем. Согласно работе [2] прочность пеногипса зависит и от количества пены, и от В/Г. Для вывода теоретической зависимости

прочности гипсового камня от его плотности была выдвинута гипотеза: прочность гипсового камня пропорциональна удельному числу контактов кристаллов дигидрата друг с другом. При уменьшении плотности за счет изменения водовяжущего отношения прочность изделия уменьшается по кубической зависимости, а за счет введения пены — по зависимости в степени 2/3.

Снижение плотности сердечника ведет к ухудшению таких параметров как ползучесть материала [3] и снижению адгезии гипсового сердечника к картону. При снижении плотности с 1,06–1,07 до 0,85 г/см³ деформация ползучести при изгибе может увеличиться вдвакратно при одинаковой влажности окружающего воздуха.

Актуальным является вопрос поиска способа усиления прочности адгезии гипсового сердечника и картона при уменьшении плотности ГКЛ. На прочность адгезии влияет большое число факторов, в том числе и тонина помола гипса [4] и структура пор. Так, Б. Маурицио [5] утверждает в своей работе, что кристаллы гипса сцепляются с волокнами внутренней поверхности бумаги. Согласно работе, приклеивание осуществляется за счет диффузии гипсового теста в поры картона, а за поддержание необходимой влажности среды на границе гипса и картона, благодаря чему не происходит пересыхания фитильков картона и обезвоживания кристаллов гипса, отвечает клеящее вещество.

Предполагается также, что в процессе сушки ГКЛ происходит миграция геля клеящего вещества, адсорбция последнего на поверхности раздела сердечника и картона с образованием клеевого сцепления. Подтверждением важности миграции воды в процессе производства ГКЛ является и тот факт, что сушка существенно влияет на прочность сцепления картона с гипсом. В работе доказывается, что ухудшение качества готового изделия происходит за счет углубления зоны испарения от границы картон–гипс.

Предполагается, что ухудшение сцепления картона с гипсовым сердечником при снижении его плотности связано с изменением толщины клеевого слоя в результате увеличения шероховатости и возникновением дефектов и напряжений в клеевой прослойке при сушке ГКЛ. Было также установлено, что небольшая добавка клеящего вещества на основе крахмала, применяемая при производстве ГКЛ, не может обеспечить в достаточной степени сцепления картона с гипсовым сердечником. Если предположить, что все клеящее вещество находится на поверхности раздела между картоном и гипсом, то и в этом случае толщина его составит менее 2 мкм.

В настоящее время наиболее распространенным клеящим веществом в производстве ГКЛ является крахмал, получаемый из кукурузы, картофеля, тапиоки, риса и др.

Было предложено большое количество технических решений по замене крахмала, имеющего в том числе и пищевую ценность, другими материалами. Так, в рабо-

Номер смеси	Наименование добавки, количество	Адгезия картона к гипсу, МПа	Время начала схватывания, мин	Время конца схватывания, мин	Прочность на изгиб по сердечнику, МПа	Прочность на изгиб по картону, МПа	Прочность на сжатие, МПа	Плотность кг/м ³
0		0,16	6	11	4,5	6	13,14	1167
1	Стирол-акриловая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,15%	0,19	7	11	-	-	-	-
2	Стирол-акриловая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,5%	0,37	7	12	-	-	-	-
3	Винилацетатэтиленовая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,15%	0,2	8	13	-	-	-	-
4	Винилацетатэтиленовая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,5%	0,23	8	14	-	-	-	-
5	ПВС частично гидролизванный, степень полимеризации -2400, 0,15%	0,31	7	12	5,2	4,2	10,17	1115
6	ПВС частично гидролизванный, степень полимеризации -2400, 0,5%	0,46	10	15	5	5,1	11,9	1033
7	ПВС частично гидролизванный, степень полимеризации -1700, 0,15%	0,2	8	13	5	5,2	10,21	1148
8	ПВС частично гидролизванный, степень полимеризации -1700, 0,5%	0,21	9	16	5,2	6	11,75	1056
9	Полностью гидролизванный ПВС, степень полимеризации -2400, 0,15%	0,2	6	11	5,2	6,94	14,76	1123
10	Полностью гидролизванный ПВС, степень полимеризации -2400, 0,5%	0,3	7	11	5,9	7,25	15,4	1134
11	Полностью гидролизванный ПВС, степень полимеризации -1700, 0,15%	0,31	9	16	4,4	5,3	9,2	1144
12	Полностью гидролизванный ПВС, степень полимеризации -1700, 0,5%	0,41	11	19	4,7	4,2	11,58	1054
13	Лигносulfонат технический, 0,15%	0,2	14	23	5,2	5,2	10,89	1134
14	Лигносulfонат технический, 0,5%	0,28	12	19	3,9	3,9	9,38	1148
15	Крахмал оксидированный, 0,15%	0,16	7	12	6,3	5,4	10,85	1172
16	Крахмал оксидированный, 0,5%	0,18	7	10	5,8	5,3	10,86	1164

тах Лукоянова А.П. [6] предлагается использовать комплексные соли лигносульфонатов. В патенте СССР SU 1188139 описан способ производства гипсокартонного листа путем смешения гипсового вяжущего, добавки, воды, сульфитно-дрожжевой бражки и пенообразователя, формования из полученной массы гипсокартонных листов и сушки, отличающийся тем, что с целью повышения прочности при сохранении объемной массы, гипсовое вяжущее смешивают с добавкой сульфата марганца в количестве 0,5–5 мас.%, затем с водой, содержащей сульфитно-дрожжевую бражку (СДБ) в количестве 0,4–1,7 мас.% от массы вяжущего. Сульфат марганца и СДБ образуют прочный комплексный гель, обладающий хорошей адгезией как к гипсу, так и к картону. В результате происходит увеличение прочностных характеристик всего изделия. Сульфат марганца также ускоряет время схватывания гипсового теста за счет одноименного с гипсом аниона, что позволяет увеличить

скорость конвейера схватывания. Сокращение сушки изделия происходит в результате уменьшения воды затворения гипсового вяжущего. Количественное сокращение воды не указано, но указано время сокращения сушки на 9,38–14,75%.

Патент Канады CA1211480 описывает способ производства гипсокартонных листов (ГКЛ) с использованием пены из водного раствора поливинилового спирта. Эта пена вносится в формовочную массу, которую распределяют между двумя бумажными наружными листами и позволяют ему застыть. В дальнейшей реализации к формовочной массе добавляют эмульсию, состоящую из асфальта и воска. При этом поливиниловый спирт из пенообразующей смеси взаимодействует с асфальто-восковой эмульсией, улучшая водостойкость получаемого гипсокартонного листа.

Изучение влияния современных адгезионных добавок на прочность сцепления сердечника с картоном оста-

ется актуальным в свете чрезвычайно высокой зависимости качества выпускаемого ГКЛ от внешних факторов. Так, например, современные заводы, имеющие возможность использовать на одной линии производства ГКЛ полугидрат с различных установок по варке гипса, при работе на гипсовом камне из разных источников, отмечают, что качество приклейки (при сохранении рецептур и режимов сушки) может сильно отличаться в зависимости от типа агрегата по обезвоживанию гипса. Это было замечено и при попытке внедрения новых типов пластификаторов – уменьшение В/Г привело к уменьшению объема формовочной массы, увеличению объема пены массы со снижением плотности готового продукта и, как следствие, падению прочности сцепления сердечника с картоном. Все это говорит о низком запасе адгезии, получаемой при использовании традиционного крахмала.

Как показывают многочисленные исследования в области производства сухих строительных смесей и более ранние исследования в области полимербетонов, при низких значениях объемного соотношения полимер/вяжущее (ниже 0,1) при создании матрицы материала полимерные пленки дислоцируются в основном в узлах микротрещин и крупных порах. Соответственно со снижением плотности и увеличением дефектности материала возрастает и роль полимерного связующего. С заменой традиционного крахмала на полимерное связующее возможно создание полимергипсовых плит с плотностью значительно ниже $0,6 \text{ кг/см}^3$ без потери эксплуатационных характеристик, без внесения существенных изменений в технологию производства и значительного удорожания готового изделия.

В работе было изучено влияние различных типов доступных полимерных промышленно производимых, применяемых в смежных областях производства строительных материалов, на адгезию гипс/картон. С этой целью полугидрат смешивали с дисперсиями полимеров и заливали в формы ($40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$), в которые был предварительно помещен картон. Через 2 ч выдерживания в нормальных условиях осуществлялась сушка в теплом шкафу при температуре 60°C до постоянной массы. После охлаждения исследовалась адгезия, прочность при изгибе и сжатии. Кроме того проверялось и воздействие на гидратацию – отслеживались начало и конец схватывания.

В качестве гипсового вяжущего использовался гипс полугидрат марки Г5 по ГОСТ 125–79, производства ООО «Волма-Воскресенск».

Исследования проводились при постоянном В/Г соотношении 0,6. Дозировка полимерных дисперсий в экспериментальных составах и результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

Выбор марок винилацетат-этилен и стирол-акрилатных дисперсий основывался на рекомендациях производителя – Wacker Chemie. ПВС были изучены более широко. В работе использовались образцы продуктов фирмы ССР различной степени полимеризации и гидролиза.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о влиянии типа полимерной дисперсии на такие свойства ГКЛ, как адгезионная прочность склейки гипс-картон, параметры плотности и прочности. Наиболее перспективными материалами для замены крахмала на другие виды полимерных дисперсий являются, стирол-акриловые дисперсии и высоковязкие марки ПВС различной степени гидролиза.

Результаты исследования показали, что использование небольших дозировок данных полимеров вместо крахмала в производстве ГКЛ позволяет значительно увеличить прочность изделия, адгезию слоев гипс-картон с одновременным уменьшением плотности ГКЛ без изменения технологии производства и технологического регламента. Что предполагает проведение даль-

нейших экспериментальных исследований с целью определения механизмов действия введения полимерных дисперсий на физико-механические свойства ГКЛ.

Ключевые слова: гипсокартонный лист, водогипсовое отношение, адгезия, поливиниловый спирт, стирол-акриловая дисперсия.

Список литературы

1. Ветегрове Х. Гомогенизатор Claudius Peters – гипсовая технология для снижения затрат и повышения качества // Строительные материалы. 2010. №7. С.7–9
2. Сапелин Н.А., Бурьянов А.Ф., Бортников А.В. Зависимость прочности бетонов на основе неорганических вяжущих от объемной массы // Строительные материалы. 2001. № 6. С. 36–38.
3. Кнуф А.Н. Прочность, переработка и поведение в случае пожара гипсокартонных плит. Материалы V симпозиума по гипсу. Берлин. 1983. С.
4. Гончар В.Ф., Бортников В.Г., Бурьянов А.Ф. Домол гипсового вяжущего – эффективный технологический притм в производстве гипсокартонных листов // Сборник трудов ВНИИСТРОМ. Вып. №52, М., 1984. С.
5. Маурицио Б. Применение современных разжижителей при производстве гипсокартона. Материалы V Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий», Казань, 2010. С.
6. Лукоянов А.П., Долгарев А.В., Варламов В.П., Бортников В.Г. Замена крахмала в производстве гипсокартонных листов комплексными солями лигносульфонатов // Сборник трудов ВНИИСТРОМ. Вып. №60, 1986 г.