

СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Т.К. Углова, С.Н. Новоселова, Н.Н. Ходакова, О.С. Татаринцева

Учреждение Российской академии наук Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН)

Представлены результаты экспериментальных исследований, показавшие возможность использования в качестве связующих при изготовлении базальтоволокнистых теплоизоляционных плит малотоксичных модифицированных фенолоформальдегидных смол и дисперсий на основе поливинилацетата и жидкого стекла.

Ключевые слова: теплоизоляционные волокнистые плиты, органическое и неорганическое связующие, дисперсия, плотность, прочность при сжатии, расслоение.

При получении волокнистых теплоизоляционных материалов с заданными свойствами одной из наиболее важных проблем является выбор связующего. Сегодня на рынке строительных материалов предлагается большое количество органических связующих, в основном синтетических смол, обладающих хорошей адгезией к минеральному волокну и обеспечивающих высокие физико-механические характеристики изделий, но, как правило, неустойчивых при высоких температурах и весьма токсичных [1-3]. Вводить синтетические смолы при изготовлении теплоизоляционных изделий можно любым из известных способов: распылением в камере волоконосаждения, прослойной пропиткой минераловатного ковра и через стадию приготовления гидромассы из волокна, связующего и воды. В настоящее время альтернативы органическим продуктам, в полной мере удовлетворяющей современным требованиям к связующим, не существует, поэтому имеет место задача по снижению токсичности смол, предназначенных для изготовления волокнистых теплоизоляционных материалов. Примером таких разработок служат фенолоформальдегидные смолы СФЖ-3102, СФЖ-3102М, Феникс-320М, представляющие собой продукты конденсации фенола с формальдегидом, модифицированные карбамидом (СФЖ, отличающиеся содержанием свободного фенола) или специальными добавками (Феникс). Эти смолы хорошо растворяются в воде при комнатной температуре. Небольшое количество в составах свободного формальдегида (0,5; 0,6; 0,4 % масс. соответственно) позволяет отнести их к относительно безопасным в экологическом отношении продуктам.

Исходя из этого, в настоящей работе исследована возможность использования этих смол в качестве связующих для получения

полужестких и мягких теплоизоляционных плит. В лабораторных условиях при изготовлении образцов для введения связующих использовали технологию послойной пропитки базальтовой ваты из супертонкого волокна с последующей вакуум-фильтрацией и сушкой образца-сырца продувом горячего воздуха.

Концентрация водных растворов смол составляла $C_{св} = 2 \div 8$ %. В качестве параметра, характеризующего количество связующего, остающегося в изделии после формования, выбран коэффициент связконасыщения $K_{св}$, вычисляемый формуле:

$$K_{св} = \frac{m_c - m_b}{m_b},$$

где m_c – масса образца-сырца, г; m_b – масса волокна, г.

Плотность образцов регулировали исходной навеской волокна при заданном объеме готовых образцов, определяемом габаритами пресс-формы для формования и сушки 23,0×18,5×5,0 см.

Испытание образцов на плотность ρ и прочность при сжатии при 10 %-ной линейной деформации σ проводили в соответствии с методами, описанными в нормативной документации [4].

Содержание связующего в готовом изделии (%) определяли весовым методом (C_1), по концентрации отработанного фильтрата (C_2) и выжиганием (C_3):

$$C_1 = \frac{m - m_b}{m} \cdot 100 \%,$$

где m_b – масса высушенного образца, г;

$$C_2 = \frac{m_p - m_{\phi}}{m} \cdot 100 \%,$$

где m_p , m_{ϕ} – количество связующего в исходном растворе и в фильтрате в пересчете на основное вещество;

СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

$$C_3 = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%,$$

где m_1 – масса образца после термообработки при 800 °С в течение 30 мин, г.

Количество связующего в готовом образце зависит от исходной концентрации смолы, его содержания в образце-сырце и качества волокна. Поскольку в эксперименте использовали базальтовую вату из супертонкого волокна одной партии с характеристиками, соответствующими нормативному документу [5], то влиянием ее качества можно пренебречь.

Разброс по содержанию связующего в образце при определении разными методами говорит об их высоких погрешностях (таблица 1).

При весовом методе на точность результатов влияет наличие остаточной влажности в образце и технологические потери, включающие в себя массу высыпавшихся из ваты «корольков» и прилипших к сетке пресс-формы волокон; при расчете по разности концентраций исходного раствора связующего и фильтрата – представительность отбора проб из них, большое количество операций, имеющих определенную погрешность; при использовании метода выжигания – неравномерность распределения связующего по объему образца. Для снижения разброса, связанного с неоднородностью образца, использовали метод отбора средней пробы согласно [6].

Данные, представленные в таблице показывают, что при использовании растворов

смола СФЖ с концентрацией 4,7 и 5,0 % масс. при коэффициенте связконасыщения, равном $3,60 \pm 0,06$, допустимо снижение количества обрабатываемого раствора связующего на 1 кг волокна с 10,9 до 5,1 кг с сохранением основных технических характеристик образцов. Приведенные значения $K_{св}$ предполагают значительное содержание оставшейся в образцах после формования воды, которую необходимо удалить при термообработке.

Высокая температура сушки (130÷135 °С) способствует интенсификации процесса влагоудаления, сопровождаемого частичным уносом смолы вместе с водой к поверхности образца, что приводит к образованию жесткой поверхностной корочки. После торцевания готовые изделия, теряя боковую корочку, увеличиваются по толщине (проявляется эффект раздувания образца). Поэтому сделана попытка за счет оптимизации $K_{св}$, концентрации раствора связующего и его расхода на 1 кг волокна повысить однородность распределения связующего по объему образца.

Для образцов, содержащих смолу Феникс-320М, эти показатели составили: $K_{св}$ - $1,10 \div 1,32$, расход раствора связующего на 1 кг волокна – 10,9 кг. Исследования показали, что использование растворов с концентрацией от 2 % до 4 % обуславливает низкое содержание связующего в образцах и неравномерность его распределения по объему (образцы №№ 5-8), что приводит к расслоению изделий при торцевании.

Таблица 1

Характеристики образцов теплоизоляционных плит

№ п/п	Марка связующего	$C_{св}$, %	$K_{св}$	ρ , кг/м ³	σ , МПа	Содержание связующего в образце, %				
						C_1	C_2	C_3		
								верх	середина	низ
1	СФЖ-3102	4,7	3,62	150	0,050	12,6	17,0	-	-	-
2	СФЖ-3102**	4,7	3,63	151	0,050	13,2	17,6	-	-	-
3	СФЖ-3102 М*	5,0	3,66	169	0,060	14,6	18,0	-	-	-
4	СФЖ-3102 М**	5,0	3,59	167	0,050	13,2	17,9	-	-	-
5	Феникс-320М*	2,0	1,32	135	0,005	2,34	2,23	2,13	0,71	1,80
6		2,0	1,13	121	0,004	2,15	2,07	1,74	0,93	1,41
7		4,0	1,35	140	0,009	5,69	5,14	5,03	3,03	4,62
8		4,0	1,27	145	0,008	4,31	5,03	4,29	2,15	3,06
9		6,0	1,06	151	0,015	5,91	6,09	5,77	4,82	5,24
10		8,0	1,14	159	0,020	7,48	7,58	8,48	6,43	6,67

Примечание: * - волокно/раствор связующего = 1/10,9; ** - волокно/раствор связующего 1/5,1.

Повышение концентрации растворов смол до 6÷8 % способствует более равномерному их распределению по всему объему образца и уменьшает зависимость его содержания в готовом изделии от способа определения этого параметра (№№ 9, 10).

Проведенные эксперименты показали возможность изготовления достаточно качественных плит с плотностью 120÷170 кг/м³ по технологии послойного пролива минераловатного ковра водным раствором органического связующего. Однако образцы, обладая плотностью, характерной для полужестких плит, не соответствуют им по прочности при сжатии (не менее 0,045 МПа), регламентированной НТД [7].

Эксперименты показали, что требуемая прочность плит достигается только при повышенном содержании связующего (не менее 13 %), что, безусловно, отрицательно скажется на их экологической безопасности.

Исходя из изложенного представляется целесообразным использовать растворы исследованных смол для получения мягких плит.

Анализ свойств теплоизоляционных волокнистых материалов на основе органических и неорганических связующих [7-9] показал возможность их совместного использования, при котором каждый из компонентов, выполняя свою функцию, будет придавать изготавливаемым изделиям высокие эксплуатационные показатели [4-7].

В экспериментах в качестве органической составляющей использовали экологически безопасный поливинилацетат (ПВА) с долей сухого остатка 54,41 % масс., а в качестве неорганической – натриевое жидкое стекло (ЖС) с содержанием основного вещества 57,98 % масс. Оба компонента выпускаются промышленно, широко применяются в строительной отрасли и имеют невысокую стоимость.

Для оценки совместимости ПВА и ЖС при разном их соотношении были приготовлены композиции и установлено время, в течение которого они остаются стабильными. Компоненты смешивали с помощью лопастной мешалки ПЭ-8100 при скорости вращения 1000÷1200 об/мин. По окончании процесса независимо от его длительности и соотношения компонентов образуются смеси в виде дисперсии.

Исследования показали, что более устойчивы системы с преобладанием ПВА (рисунок 1). Так, при концентрации ПВА выше 60 % влияние его содержания на стабильность

системы составляет 1÷2 мин на добавление 10 % компонента.

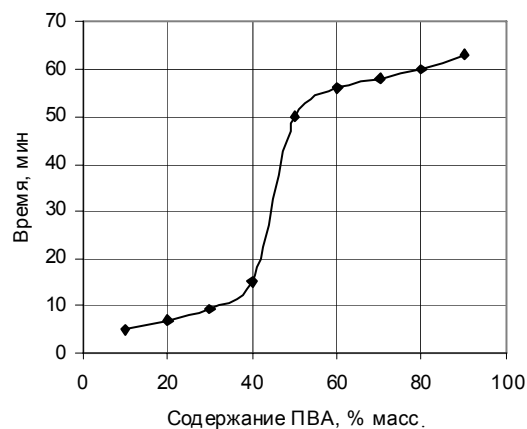


Рисунок 1. Зависимость времени расслоения дисперсии от соотношения ПВА/ЖС

В связи с тем, что все приготовленные смеси представляют собой вязкие вещества и без разбавления водой использовать их для пропитки волокнистого материала невозможно, была исследована стабильность 2, 4, 6, 8 %-ных водных дисперсий связующего при соотношении ПВА/ЖС, равном 50/50, 60/40 и 70/30. Результаты исследований (рисунок 2) показали, что расслоение происходит при всех соотношениях компонентов, но с увеличением содержания ПВА этот процесс замедляется. Повышение концентрации дисперсий ускоряет их расслоение.

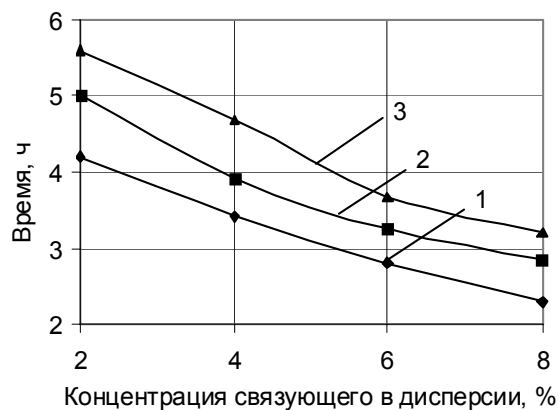


Рисунок 2. Зависимость времени расслоения дисперсии от ее концентрации: ПВА/ЖС 50/50 (1); ПВА/ЖС 60/40 (2); ПВА/ЖС 70/30 (3)

Необходимое для получения одного образца количество связующего рассчитывали по формуле:

$$m_{св} = m_{д} \cdot C_{д},$$

где $m_{св}$ – масса связующего в дисперсии по сухому остатку, г; $m_{д}$ – масса дисперсии, г, определяемая соотношением волокно/дисперсия по результатам обработки и

СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

принятое 1:10; C_d – концентрация дисперсии, отн. ед.

Массу компонентов для приготовления дисперсии связующего находили по формулам: $m_{\text{ПВА}} = m_{\text{св}} \cdot a / C_{\text{ПВА}}$; $m_{\text{ЖС}} = m_{\text{св}} \cdot b / C_{\text{ЖС}}$; $m_{\text{воды}} = m_d - m_{\text{св}}$. Здесь: $m_{\text{ПВА}}$, $m_{\text{ЖС}}$, $m_{\text{воды}}$ – масса навески ПВА, г, масса навески ЖС, г, масса вводимой воды, г, соответственно; a , b – содержание ПВА в соотношении ПВА/ЖС, отн. ед., содержание ЖС в соотношении ПВА/ЖС, отн. ед., соответственно; $C_{\text{ПВА}}$, $C_{\text{ЖС}}$ – содержание сухого остатка в ПВА, отн. ед.; содер-

жание сухого остатка в ЖС, отн. ед., соответственно.

Использование представленных формул при приготовлении связующего обеспечивает изготовление плит с заданным содержанием связующего и позволяет влиять на характеристики изготавливаемых образцов. Эксперименты показали, что при введении дисперсии с соотношением ПВА/ЖС, равном 60/40, зависимости $\rho = f(C_1)$ и $\sigma_{\text{сж}} = f(C_1)$ практически линейны (рисунок 3).

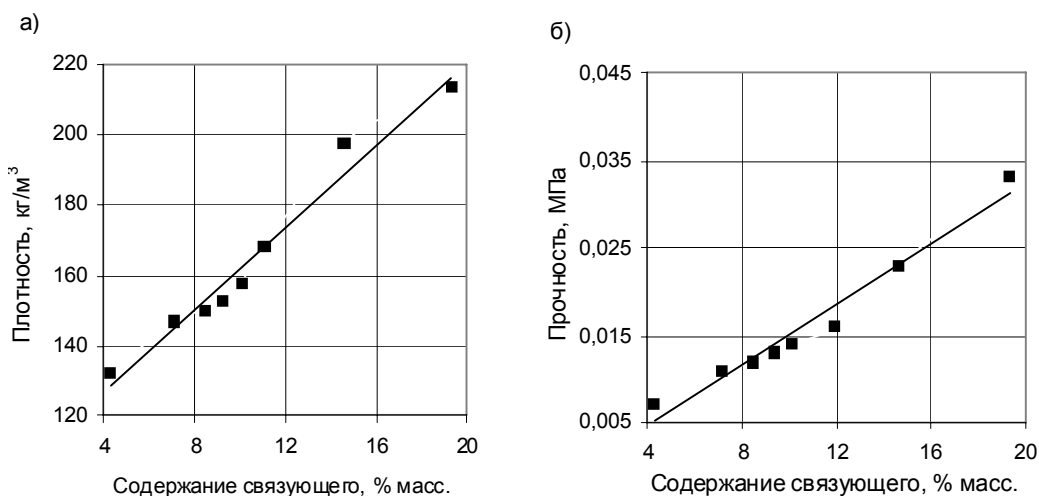


Рисунок 3. Влияние содержания связующего с соотношением ПВА/ЖС 60/40 на плотность (а) и прочность (б) образцов

Поскольку количество органической составляющей связующего в теплоизоляционном материале невелико (от 2 % до 10 % масс.), и при разложении она не выделяет токсичных компонентов, температурная область применения таких плит будет определяться температуроустойчивостью волокон и ЖС и составит 700 °С.

Применение в качестве наполнителя базальтовой ваты из супертонких волокон, обладающих высокоразвитой поверхностью, создающей огромное количество микропор, препятствующих конвекции и тепловому излучению воздуха, позволяет получать плиты с коэффициентом теплопроводности $0,040 \pm 0,045$ Вт/(м·К) в зависимости от их плотности.

Таким образом, результаты исследования показали, что базальтоволокнистые теплоизоляционные плиты плотностью 120 кг/м³ и более можно изготавливать как на органическом связующем с использованием малотоксичных фенолоформальдегидных смол, так и на смесевом, состоящем из органической и неорганической составляющих. Плиты на смесевом связующем имеют преимущество по температуре применения и экологически безопасны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 1719344 РФ, МКИ⁵ С 04 В 26/00. / М.Х. Ярошенко, А.П. Федоров, В.Г. Бородин и др. Оpubл. 1992. – Бюл. ИСМ № 10. – С. 87.
2. Пат. 2114080 РФ, МКИ⁶ С 04 В 26/12. / В.В. Глухих, В.Г. Бурындин, Т.С. Выдрин и др. Оpubл. 1998. – Бюл. ИСМ № 18. – С. 240.
3. <http://www.ucpr.ru>
4. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные / Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 60 с.
5. ГОСТ 4640-93. Вата минеральная / Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 7 с.
6. ГОСТ 22950-95. Плиты минеральные повышенной жесткости на синтетическом связующем. – М.: Изд-во стандартов, 1995. □ 11 с.
7. Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов. Базальтоволокнистые материалы. – Сер. 6. – Вып. 3. – 1979. – 70 с.
8. Пат. 1747416 РФ, МКИ С 04 В 26/00. / Б.К. Димедович, Н.П. Садченко, З.Н. Козич и др. Оpubл. 1992. – Бюл. ИСМ № 26. – С. 75.
9. Пат. 1756304 РФ, МКИ С 04 В 28/34. / Н.Э. Стаховская, Н.П. Садченко и др. Оpubл. 1992. – Бюл. ИСМ № 31. – С. 87.