

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
КОМПЛЕКС ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОСКОВСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
НИИМОССТРОЙ

117192, Москва, ул. Вилинская, дом 8

Телефоны (095) 174-40-02, 143-58-36
Факс (095) 147-41-12

на № _____ от _____

от 21.06.99 № 2-07/295

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по испытанию термостойкой эмали КО-8101,
представленной ООО "ЭЛКОН" г. Новочебоксарск

Кремнийорганическая эмаль КО-8101 была разработана и изготовлена на Новочебоксарском ООО "ЭЛКОН" в соответствии с ТУ 2312-237-05763441-98 и представлена в НИИМосстрой для определения технических показателей и уточнения области применения. По данным предварительных испытаний эмали КО-8101 цвет и вид пленки покрытия, условная вязкость, доля нелетучих веществ и время высыхания соответствуют требованиям технических условий или лучше их, условная адгезия покрытия 1 балл, ударная прочность не менее 40 кгс/см², т.е. эти показатели вполне благоприятны.

Покрытие успешно выдержало испытание в камере соляного тумана (при 35°C в течение 100 часов над соевым раствором) и испытание на термостойкость (3 часа) при 400°C и циклическое испытание при нагреве до 400°C (5 циклов), причем снижения показателей адгезии и ударной прочности не наблюдалось.

Испытание на термостойкость при 550°C (3 ч выдержки) дало положительные результаты, адгезия одно-двухслойного покрытия не изменилась, ударная прочность снизилась до 40 кгс/см². Несколько лучшие результаты дало испытание на циклический нагрев при 550°C и охлаждение (5 циклов), следовательно, допустимо кратковременное нагревание при температуре 550°C.

Предварительное испытание на тепловлажностойкость с выдержкой образцов в гидростате при 75°C над водой при относительной влажности 98±2% в течение до 100 часов не вызвало снижения адгезии покрытий и дало лишь небольшое снижение ударной прочности - до 33 кгс/см², т.е. начальная тепловлажностойкость оказалась удовлетворительной.

В ходе дальнейших работ испытывались многослойные покрытия, уточнялась теплостойкость покрытий при 550°C, длительная теплостойкость при

200°C (до 1000 ч испытаний) и длительная тепловлажностойкость покрытия (75°C, 1000 ч, влажность 98±2%).

Полученные данные показаны в таблице 1. Как видно, толщины однослойного покрытия (табл. 1, п. 3) составляют в среднем 28±8 мкм, двухслойного 40±10 мкм, трехслойного 80±15 мкм. Термостойкость покрытия при 500°C (табл. 1, п. 4) проверялась путем выдержки образцов с покрытием в печи в течение 3-х часов с определением адгезии, ударной прочности и внешних изменений. В ходе испытаний адгезия одно и двухслойных покрытий не изменялась - 1 балл, трехслойных незначительно снизилась до 1-2 баллов. Ударная прочность однослойных покрытий не изменилась - 50 кгс/см², двухслойных снизилась до 40 кгс/см², трехслойных - до 35 кгс/см², т.е. осталась достаточно высокой. После испытаний внешний вид однослойных покрытий почти не изменяется, на двухслойных и особенно на трехслойных покрытиях возникают мелкие вспучивания (межслоевое расслоение) в виде пузырьков размером 0,1-0,5 мм, не достигающие до металла и не нарушающие сплошности покрытия.

Дополнительные эксперименты показали, что при более плавном режиме испытаний вспучивания уменьшаются, при кратковременном предварительном прогреве - также, но при увеличении скорости подъема температуры и количества слоев вспучивания возрастают и увеличиваются по размерам, наблюдается выделение с поверхности газов.

Сопутствующее испытание на стойкость к циклическому нагреву до 500°C и охлаждению в воде (табл. 1, п. 5) при пяти циклах испытаний покрытия выдержали, адгезия - 1 балл, ударная прочность однослойных покрытий 50 кгс/см², двухслойных 40 кгс/см².

Для однослойных покрытий наблюдалось небольшое количество микровспучиваний не свыше 5% поверхности, для двухслойных микровспучиваний было несколько больше, размер их не превышал 0,5 мм, нарушений сплошности покрытий не было.

В целом теплостойкость покрытий на основе эмали КО-8101 при 500°C несколько выше, чем при 550°C (не менее 500°C), стойкость к циклическому нагреву до 500°C выше, чем теплостойкость при трехчасовой выдержке (T=500°C).

Кроме условной адгезии, были определены на склеенных крест накрест образцах-цилиндрах фактические величины адгезии, равной прочности на растяжение склеенных и высушенных образцов. Прочность при нормальных условиях 20±2°C после 3-х суток выдержки - 2,2 кгс/см², после выдержки при 500°C - 3 часа прочность адгезии также 2,2 кгс/см²; после 500 часов выдержки при 200°C прочность адгезии - 3,7 кгс/см², а после 500 часов выдержки при 75°C во влажных условиях - 5,8 кгс/см².

Как видно, при длительном прогреве происходит дополнительная полимеризация и упрочнение покрытия, а кратковременный прогрев до 500°C (3 часа) не изменяет величины адгезии, предельной теплостойкостью покрытия является 550°C.

Для определения длительной теплостойкости покрытий была использована выдержка образцов в термостате при температуре 200±5°C в течение до 1000 часов, что соответствует не менее чем 20-летнему сроку безремонтной эксплуатации труб с покрытием. Как видно из табл. 1, п. 6 адгезия покрытий почти не изменяется и остается равной 1 балл, для двухслойных немного меньше 1-2 балла.

Ударная прочность однослойных покрытий не изменилась и составила 50 кгс/см², двухслойных несколько снизилась и составила 30 кгс/см², диаметр лунки в первом случае - 3,8 мм, во втором - 3,0 мм, т.е. твердость покрытия во втором случае выше; дефектов и изменений на поверхности покрытий не наблюдается.

Таким образом, теплостойкость покрытий достаточно высока и обеспечивает долговечность не менее 20 лет.

Дополнительные нестандартные проверки покрытия, испытанного на длительную теплостойкость при 200°C путем добавочного испытания их на частичное шелушение и растрескивание покрытия, что свидетельствует о его постепенной деструкции в ходе выдержки при повышенных температурах.

Кроме теплостойкости, было проведено испытание образцов с покрытием на длительную тепловлаговстойкость при наиболее коррозионно-опасной температуре 75°C и относительной влажности $98 \pm 2\%$ с определением адгезии, ударной прочности и наличия коррозии и дефектов покрытия при выдержке 1000 часов. Как видно (табл. 1, п. 7), адгезия однослойных покрытий не изменяется, двухслойных снижается до 2 баллов, т.е. в допустимых пределах.

Ударная прочность однослойных покрытий снижается с 35 кгс/см² до 12 кгс/см², а двухслойных с 35 кгс/см² до 5 кгс/см², т.е. довольно значительно. Визуально на образцах с однослойными покрытиями наблюдаются полосы следов коррозии (площадью 5-10% образцов), на двухслойных и многослойных образцах наблюдается лишь точечная коррозия на площади не свыше 1% поверхности.

После снятия покрытия обработкой в 10% растворе NaOH также видно, что на однослойных покрытиях имеются значительные следы коррозии, в то время как на многослойных покрытиях таких следов мало (по краям образцов), причем следов коррозии нет даже при малой ударной прочности, если сохраняется адгезия покрытий.

Таким образом, тепловлаговстойкость покрытий на эмали КО-8101 (при выдержке 1000 ч при 75°C и $W=98 \pm 2\%$) меньше, чем их теплостойкость при 200°C (1000 часов выдержки), но следов коррозии под многослойными покрытиями почти нет, испытание на длительную тепловлаговстойкость покрытие выдержало.

В дальнейшем следует установить причины и уменьшить микровспучивания при испытании на теплостойкость 550°C, улучшить межслоевую адгезию многослойных покрытий и повысить их тепловлаговстойкость.

Вместе с тем, данные проведенных испытаний показывают, что покрытие на основе эмали КО-8101 обладают требуемой теплостойкостью и тепловлаговстойкостью, обеспечивающей долговечность многослойных покрытий не менее 20-25 лет и соответствующее их защитное антикоррозийное действие.

Покрытия могут быть использованы для защиты труб тепловодоснабжения, в т.ч. паропроводов, для окраски дымовых металлических труб, выхлопных устройств и других нагреваемых объектов.

Для углубленной проверки гидроизолирующих свойств кремнийорганических покрытий по бетону образцы-призмы были покрыты в 2 слоя кремнийорганической эмалью, что дало покрытие толщиной 50-100 мкм, причем дефекты и поры первого слоя были перекрыты вторым слоем. Образцы с двухслойным покрытием и контрольные образцы без покрытия хранились в погруженном состоянии с проверкой через 1, 3 и 7 суток выдержки в воде (табл. 2).

Приложение 1
Таблица 1

Показатели кремнийорганических покрытий
на эмали КО-8101

№№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Норма показатель до испытаний	Результаты		Методика
				части	средн.	
1	2	3	4	5	6	7
1	Адгезия	балл	≤ 2; 1	1; 1; 1	1	ГОСТ 15140
2	Ударная прочность	см	≥ 40; 50			ГОСТ 4765
3	Толщина: 1 слоя	мкм	≥ 20	16; 20; 32	24	Магнитный толщиномер
	2 слоя		≥ 50	3361; 3135	40	
	3 слоя		≥ 75	85; 74; 73; 91	79	
4	Теплостойкость покрытия при 500°С, 3 часа					п. 4.6 ТУ
4.1	Адгезия 1 сл.	балл	1	1-1	1-2	
	2 сл.		1	1-1		
	3 сл.		1	1-2; 1-2; 2		
4.2	Ударная прочность	Дж (кгс/ см²)				
	1 сл.		50	50; 50; 50	50	
	2 сл.		45	50; 30; 40	40	
	3 сл.		45	45; 50; 25	35	
4.3	Внешний вид (вспучи- вания, трещины)	визу- ально	Б.д.			
	1 сл.			Без дефектов.	Без дефект.	
	2 сл.			До 3-5% мелкие пузырики 0,1-0,5 мм до 10-20% площади микро- вспучивания	Мелкие вспучива ния не до металла	
	3 сл.					
5	Тремостойкость к циклическому нагреву 500°С, 5 циклов					п. 4.7 ТУ
5.1	Адгезия 1 сл.	балл	1	1; 1; 1	1	
	2 сл.		1	1; 1; 1	1	
5.2	Ударная прочность					
	1 сл.		50	50; 50; 50	50	
	2 сл.		45	50; 40; 40	40	

5.3	Внешний вид (вспучивания, трещины) 1 сл. 2 сл.		Б. д. Б. д.	Микровспучивания до 0,5 мм на 5% поверхность. Микровспучивания до 10% поверхности без нарушения сплошности		
6	Длительная термостойкость при 200°C					Методика АКХ им. Памфилова
6.1	Адгезия после 1000 часов выдержки 1 сл. 2 сл.	балл	1 1	1; 1; 1; 1-2 1-2; 1-2; 1	1 1-2	
6.2	Ударная прочность (диаметр лунки) 1 сл. 2 сл. Внешний вид	кгс/см ²	30/3,0 40/4,5 Б. д.	50/3,8; 50/3,7; 50/3,8 30/3,0; 30/3,0; 35/3,0 Без дефектов и изменений	50/3,8 30/3,0	
7	Длительная теплостойкость при 75°C и W=98±2% при 1000 час выдержки					Методика АКХ им. Памфилова
7.1	Адгезия 1 сл. 2 сл.	балл	1 1	1; 1; 1 2; 1; 1	1 2	
7.2	Ударная прочность (диаметр лунки) 1 сл. 2 сл.	кгс/см ²	35/3,0 35/3,0	10/2,8; 15/2,9; 10/2,6; 15/3,0 5/2,2; 3/2,5; 5/2,2	12/2,8 5/2,3	
7.3	Внешний вид 1 сл. 2 сл.	Визуально	Б. д.	Имеются полосы следов коррозии Точечная коррозия не свыше 1% поверхности		

Таблица 2
Водопоглощение бетонных образцов (в % по массе)

Вид	Срок испытания		
	1 сут.	3 сут.	7 сут.
Образцы без покрытия	9,5	9,7	10,1
Образцы с покрытием толщиной 50-100 мкм	0,18	0,37	0,49

Как видно из представленных данных, водопоглощение образцов с покрытием в 50-20 раз меньше, чем для незащищенных образцов, причем водопоглощение хотя и возрастает, но остается крайне незначительным, около 0,5% по массе.

Гидроизолирующие свойства двухслойных покрытий значительно выше, чем у ранее исследованных однослойных покрытий, поэтому возможно рекомендовать использовать эмаль КО-8101 в качестве гидроизолирующего покрытия при нанесении не менее чем в 2 слоя.

ВЫВОДЫ

Покрытие на основе эмали КО-8101 без снижения показателей выдержало испытание на кратковременную теплостойкость (400°C, 3 часа) и циклическое нагревание (400°C, 5 циклов), а также испытание в камере соляного тумана (35°C, 100 час.).

С некоторым допустимым снижением показателей покрытие выдержало испытание на кратковременную теплостойкость при 500±550°C (3 часа) и стойкость к циклическому нагреву (5 циклов), а также испытания на длительную теплостойкость (200°C, 1000 часов). Тепловлагостойкость при наиболее коррозионно опасной температуре 75°C (1000 часов, относительная влажность 98±2%) в основном удовлетворительна. Для многослойных покрытий толщиной не менее 50 мкм следы коррозии незначительные и покрытие сохранилось, хотя и наблюдалось его определенная деструкция.

При соблюдении режима эксплуатации согласно СНиП «Тепловые сети» покрытие может быть рекомендовано для наружной изоляции теплопроводов и паропроводов с температурой теплоносителя до 475°C (кратковременно до 550°C), а также для защиты металлических дымовых и выхлопных труб и в качестве гидроизолирующего слоя по бетону. Прогнозируемый срок защитного действия покрытия 20÷25 лет.

Директор НИИМострой
д.т.н., проф.

Зам. зав. лаб., к.т.н.



Е.Д.БЕЛОУСОВ

А.Г.НЕЙМАН