

УДК 622.998:620.193.08/.2

## **ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ПОКРЫТИЯ «КОРУНД» ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

***Т. В. Кирбятьева\**, *Л. П. Кортovenко\**, *И. Е. Мордвинова\*\****

*\*Астраханский инженерно-строительный институт (Россия)*

*\*\*Инженерно-технический центр*

*ООО «Газпром добыча Астрахань» (Россия)*

На российском рынке достаточно широко представлены жидкие керамические теплоизоляционные материалы. К достоинствам данных материалов можно отнести простоту использования, эффективное снижение тепловых потерь, обеспечение антикоррозионной защиты, возможность постоянного доступа к поверхности, быструю процедуру нанесения, легкость ремонта, обеспечение защиты от воздействия атмосферных явлений, экологическую безопасность. Ограничением в использовании может быть высокая стоимость импортных материалов. Применение значительно более дешевых отечественных аналогов в настоящее время очень актуально. При этом их качество не должно уступать импортным материалам. Одним из таких отечественных аналогов является жидкий теплоизоляционный материал «Корунд». Покрытие прошло испытания на промышленных объектах Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ) в течение одного года. Высокая коррозионная агрессивность промышленной атмосферы газоперерабатывающих заводов обусловила необходимость оценка антикоррозионных свойств покрытия «Корунд». Ав-

торами была разработана «Методика оценки антикоррозионного состояния теплоизолирующего покрытия «Корунд» в атмосферных условиях АГПЗ». На основании проведенных исследований материал «Корунд» рекомендован для защиты объектов различного назначения в промышленной атмосфере и в городской атмосфере.

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, теплопроводность, антикоррозионные свойства, эксплуатационные испытания, толщина, пористость, адгезия, твердость, защитные свойства, декоративные свойства.

Liquid ceramic insulation materials are well represented in the Russian market. The advantages of these materials include ease of use, corrosion protection, instant access to the surface, rapid procedure of application, ease of repair, weather protection, environmental safety. Limitation in the use may be the high cost of imported materials. Application much cheaper domestic counterparts are now very important. However, their quality should be comparable with imported materials. One such domestic counterparts is liquid insulation material "Corundum". Coating has been tested at industrial sites Astrakhan GPP for 1 year. High corrosion aggressive industrial atmosphere gas processing plants necessitated assessment of anticorrosive coating properties "Corund". The authors developed a "Method of assessing the state of corrosion-resistant heat-insulating coating "Corund" in atmospheric conditions AGPZ." "Corund" is recommended for the protection of various industrial buildings.

**Key words:** proofing materials, thermal conductivity, anticorrosive properties, industrial tests, thickness, porosity, adhesion, hardness, protective properties, decorative properties.

В настоящее время на российском рынке представлены разнообразные жидкие керамические теплоизоляционные материалы, которые находят своего потребителя благодаря широкой области применения и простоте использования при небольших затратах труда.

К достоинствам указанных материалов можно отнести:

- возможность нанесения на различные поверхности, такие как металл, пластик, бетон, кирпич и др.;
- обеспечение защиты поверхности от воздействия влаги, атмосферных осадков и перепадов температуры;
- эффективное снижение тепловых потерь и обеспечение антикоррозионной защиты;
- отсутствие дополнительной нагрузки на несущие конструкции;
- обеспечение постоянного доступа к осмотру изолированной поверхности без необходимости остановки производства, простоев, связанных с ремонтом и сбоями в работе производственного оборудования;
- быструю процедуру нанесения покрытий, снижающую трудозатраты по сравнению с традиционными изоляторами, легкость восстановления и ремонта;
- экологическую безопасность, отсутствие вредных летучих органических соединений.

Так как предлагаемые материалы, в основном, производятся за рубежом, то они имеют высокую стоимость, что ограничивает возможность их массового использования в строительстве, энергетике и ЖКХ. В связи с этим исследование отечественных аналогов, не уступающих по качеству

импортным, но при этом имеющих значительно меньшую стоимость, в настоящее время исключительно актуально.

Одним из таких отечественных аналогов является жидкий теплоизоляционный материал «Корунд», состоящий из высококачественного акрилового связующего, оригинальной композиции катализаторов и фиксаторов, керамических сверхтонкостенных микросфер с разряженным воздухом. Помимо этого, в материал введены специальные добавки, исключающие появление коррозии на поверхности металла и образование грибка в условиях повышенной влажности на бетонных поверхностях.

Применяется покрытие «Корунд» в качестве теплоизоляционного материала для защиты трубопроводов пара и горячей воды, нефтепроводов, водонагревательного оборудования котельных и другого технологического оборудования, а также промышленных и общественных зданий и сооружений. По данным производителя, покрытие обладает высокой адгезией, хорошими теплоизолирующими свойствами, работоспособностью до высоких температур, а также коррозионной стойкостью и водонепроницаемостью. К достоинствам «Корунд» можно отнести также удобство нанесения. По консистенции данный материал напоминает обычную краску, которую можно наносить на любую поверхность. После высыхания образуется эластичное полимерное покрытие.

Теплопроводность «Корунда» при 20 °С составляет 0,001 Вт/м °С.

Слой покрытия толщиной в 1 мм обеспечивает те же изоляционные свойства, что и 50 мм рулонной изоляции или кирпичная кладка толщиной в 1–1,5 кирпича.

Для принятия решения о возможности применения покрытия «Корунд» на промышленных объектах Астраханского ГПЗ были проведены эксплуатационные испытания указанного покрытия на внешних поверхностях трубопроводов пара и горячей воды (см. рис. 1).



*Рис. 1. Испытание теплоизолирующего покрытия «Корунд» на наружной поверхности трубопровода горячей воды Астраханского ГПЗ. Начало испытаний*

Срок испытаний составил один год.

Целью настоящей работы было проведение оценки антикоррозионных свойств покрытия «Корунд» в промышленной атмосфере Астраханского ГПЗ.

### ***Влияние промышленной атмосферы на состояние покрытия***

Процессы, протекающие в покрытиях в условиях воздействия промышленной атмосферы, весьма сложны, так как в этом случае имеет место совместное воздействие на покрытие различных климатических факторов и загрязняющих веществ.

Одним из основных факторов, приводящих к разрушению покрытий в атмосферных условиях, является солнечная радиация и, главным образом, ее УФ-составляющая. Существенное влияние на старение покрытий в атмосферных условиях оказывает также влага в виде дождя, снега, росы, повышенной относительной влажности воздуха и т. д. В результате воздействия влаги может происходить набухание покрытий, нарушение адгезионного соединения с подложкой, ухудшение и даже потеря декоративных и защитных свойств.

При эксплуатации и испытаниях покрытий в промышленной атмосфере АГПЗ отмечается интенсивное протекание процессов коррозии металла под покрытием вследствие наличия загрязняющих агентов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и т. д.). Усиление коррозионных процессов в этом случае объясняется образованием пленок электролитов в результате конденсации влаги на поверхности оборудования и растворения в ней коррозионно-активных агентов.

Воздействие отрицательных и знакопеременных температур приводит к резкому снижению адгезии покрытий, повышению внутренних напряжений, следствием чего является микро- и макрорастрескивание и отслаивание покрытий от подложки.

Для оценки антикоррозионных свойств покрытия «Корунд» в промышленной атмосфере АГПЗ была разработана «Методика оценки антикоррозионного состояния теплоизолирующего покрытия «Корунд» в атмосферных условиях» (далее – Методика).

Методикой предусмотрено определение следующих характеристик покрытия: толщины, пористости, адгезии, твердости, защитных и декоративных свойств.

### ***Определение толщины ЛКП***

Толщину ЛКП определяют магнитоиндукционным методом с помощью толщиномеров типа «Elkometer A-456», EASY-CHECK FE (или других с идентичными характеристиками) в соответствии с ГОСТ Р 51694, ИСО 2808 [1, 2].

Для обеспечения точности измерений калибровку толщиномера следует проводить перед началом измерений и через короткие интервалы времени (не менее одного раза в час) в процессе измерений.

### **Определение пористости ЛКП**

Пористость ЛКП определяют в соответствии с ГОСТ 9.302 [3] химическим методом, сущность которого состоит в обнаружении нарушения сплошности покрытия по образованию турнбулевой сини в результате реакции гексацианоферрата (III) калия с ионами двухвалентного железа (при  $pH \leq 7$ ) [4]. К поверхности ЛКП прикладывают и затем плотно прижимают смоченные в водном растворе гексацианоферрата калия кусочки фильтровальной бумаги таким образом, чтобы между поверхностью ЛКП и бумагой не было пузырьков воздуха. После выдержки в течение 3–5 мин бумагу с отпечатками пор в виде точек или пятен снимают, промывают струей дистиллированной воды, высушивают на чистом стекле и производят осмотр активированной поверхности с помощью лупы. Оставшиеся на бумаге синие точки – следы пор – подсчитывают и вычисляют среднее число пор. Балльную оценку пористости производят в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Балльная оценка пористости ЛКП

<i>Среднее число пор (кратность увеличения 4)</i>	<i>Отсутствие пор</i>	$\geq 10$	10–100	$>100$	<i>Поры, видимые невооруженным глазом</i>
Балл	1	2	3	4	5

### **Определение адгезии ЛКП**

Адгезию ЛКП определяют методом решетчатых надрезов в соответствии с ГОСТ 15140, ИСО 2409 [5, 6] и методом отрыва в соответствии с ИСО 4624 (метод «грибков») [7].

#### *Метод решетчатых надрезов*

Режущим инструментом по линейке или шаблону делают не менее 6 параллельных надрезов до металла длиной не менее 20 мм на расстоянии 1, 2 или 3 мм друг от друга (в зависимости от толщины ЛКП). Контроль прорезывания ЛКП до металла осуществляется при помощи лупы. Аналогично делают надрезы в перпендикулярном направлении. По поверхности полученной решетки проводят несколько раз мягкой кистью (для удаления отслоившихся кусочков ЛКП).

Балльную оценку адгезии проводят в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Балльная оценка адгезии ЛКП методом решетчатых надрезов

<i>Отношение площадей: отслоений и зоны решетчатых надрезов, %</i>	0	$< 10$	10–20	20–40	40–70	$> 70$
Балл	0	1	2	3	4	5

### *Метод отрыва (метод «грибков»)*

Данным методом оценивают адгезию ЛКП путем измерения удельного усилия отрыва ЛКП от окрашиваемой поверхности.

Для определения удельного усилия отрыва может применяться, например, адгезиметр механический «Константа-АЦ» (производства ЗАО «Константа», Санкт-Петербург) или аналогичные. Испытания проводятся в соответствии с ИСО 4624 (метод «грибков») [7] и паспортом на прибор.

На зачищенную наждачной бумагой поверхность ЛКП приклеивают испытуемые цилиндры («грибки») с помощью клея, имеющего более высокие адгезионные и когезионные свойства, нежели испытуемое ЛКП. После высушивания клея тщательно прорезают специальным режущим устройством («балеринкой») ЛКП до подложки вокруг «грибка». На «грибок» наворачивают захватный механизм и прикладывают разрывное напряжение (удельное усилие), увеличивая его со скоростью не более 1 МПа/с так, чтобы разрушение испытуемой конструкции произошло в пределах 90 с от момента начала испытания. Фиксируют величину удельного усилия отрыва, вызвавшего разрушение испытуемой конструкции, и исследуют характер разрушения.

Величина удельного усилия отрыва (в МПа) считывается на приборе.

### ***Определение твердости ЛКП***

Твердость ЛКП определяют в соответствии с ИСО 15184 [8].

Для определения твердости используют набор карандашей, например, КОН-I-NOOR, тип 1500 следующей твердости: 6В-5В-4В-3В-2В-В-НВ-F-2Н-3Н-4Н-5Н-6Н-7Н-8Н-9Н или аналогичный.

Твердость покрытия выражается в виде следующего, более мягкого класса карандаша по сравнению с карандашом, при использовании которого получено повреждение поверхности покрытия.

### ***Оценка защитных свойств покрытия***

Оценку защитных свойств покрытия проводят по ГОСТ 9.407 [9].

Изменение *защитных* свойств при испытании в атмосферных условиях характеризуют следующие виды разрушений:

- *растрескивание*, характеризующееся появлением разрывов в покрытии;
- *отслаивание*, представляющее собой отделение участков одного или более слоев системы от нижележащих слоев или отделение всей системы покрытия от окрашиваемой поверхности;
- *образование пузырей*, происходящее от воздействия влаги и проникновения ее под покрытие;
- *коррозионные повреждения*.

Все указанные виды разрушений оценивают по площади разрушенного покрытия и по размерам разрушения (диаметр, глубина).

### **Оценка декоративных свойств покрытия**

Оценку декоративных свойств покрытия проводят в том случае, если по защитным свойствам покрытие имеет балл менее 3-х по ГОСТ 9.407 [9].

Изменение декоративных свойств характеризуют следующие виды разрушений:

- меление (на поверхности покрытия выделяются частицы пигмента и наполнителя);
- грязеудержание (характеристика стойкости покрытия к воздействию атмосферной пыли и грязи при эксплуатации в атмосферных условиях);
- изменение цвета (побеление, потемнение, пожелтение, бронзировка и др.

Определение меления, грязеудержания и изменения цвета производится визуально:

- по отсутствию или наличию частиц пигмента на хлопчатобумажной ткани (белой для темных покрытий и черной для светлых) вследствие деструкции одного или более компонентов, отделяемых от покрытия при трении его с усилием (меление);
- по отсутствию или наличию на поверхности покрытия механических частиц после промывки теплой водой (грязеудержание);
- путем сравнения с контрольным образцом (изменение цвета).

Оценку указанных видов разрушения в баллах производят по табл. 2 ГОСТ 9.407 [9].

Исходные характеристики системы покрытия «Корунд» и результаты оценки антикоррозионных свойств после одного года испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты оценки антикоррозионных свойств покрытия «Корунд» на наружных поверхностях трубопроводов пара и горячей воды Астраханского ГПЗ после одного года испытаний

№	Характеристика	Значение				Нормативный документ
		Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4	
1	Цвет: - исходный - 1 год испытаний	Белый	Белый	Белый	Белый	ГОСТ 9.407
		Белый	Белый	Белый	Белый	
2	Толщина, мкм: - исходная - 1 год испытаний	2500 ± 500	2300 ± 400	2400 ± 500	2000 ± 300	ГОСТ 9.302
		2300 ± 400	2100 ± 400	2200 ± 400	2000 ± 300	

3	Пористость, балл: - исходная - 1 год испытаний	1 1	1 1	1 1	1 1	ГОСТ 9.302
4	Твердость, НВ: - исходная - 1 год испытаний	<6В <6В	<6В <6В	<6В <6В	<6В <6В	ИСО 15184
5	Адгезия, балл: - исходная - 1 год испытаний	3 1	3 1	3 1	3 1	ГОСТ 15140 (ИСО 2409)
6	Прочность при отрыве, МПа: - исходная - 1 год испытаний	2 1	2 1	2 1	2 1	ИСО 4624
7	Растрескивание, балл	1	1	1	1	ГОСТ 9.407
8	Отслаивание, балл	1	1	1	1	ГОСТ 9.407
9	Образование пузырей, балл	1	1	1	1	ГОСТ 9.407
10	Коррозия металла, балл	1	1	1	1	ГОСТ 9.407
11	Изменение цвета, балл	1	1	1	1	ГОСТ 9.407
12	Грязеудержание, балл	4	4	4	4	ГОСТ 9.407
13	Меление, балл	1	1	1	1	ГОСТ 9.407

Из таблицы 3 видно, что за один год испытаний изменения защитных свойств покрытия «Корунд», нанесенного на наружные поверхности технологических объектов АГПЗ, не произошло. Растрескивания, отслаиваний и пузырей на поверхности покрытия не наблюдается. Изменение декоративных свойств покрытия проявляется в виде грязеудержания (балл 4 по ГОСТ 9.407 [9]).

Покрытие осталось беспористым (балл 1 по ГОСТ 9.302 [3]), при этом прочность сцепления покрытия с подложкой (адгезия) улучшилась – с 3-х баллов в начале испытания до 1 после 1 года испытаний (по ИСО 2409 [6]). Наблюдается незначительное уменьшение толщины по-



крытия (в пределах 10–15 % от первоначальных значений). Из относительных недостатков следует отметить низкую твердость покрытия (< 6В).

На рис. 2 представлен внешний вид покрытия «Корунд» в конце испытаний (видно грязеудержание), а на рис. 3 – определение характеристик покрытия: твердости по карандашу и адгезии методом решетчатых надрезов и методом отрыва («грибков»).



*Рис. 2. Грязеудержание на теплоизолирующем покрытии «Корунд» после одного года испытаний в промышленной атмосфере Астраханского ГПЗ*



*Рис. 3. Определение характеристик покрытия «Корунд»: твердости по карандашу и адгезии методом «грибков» и методом решетчатых надрезов*

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Покрытие «Корунд» обладает хорошими антикоррозионными свойствами и стойкостью в атмосферных условиях АГПЗ.

2. Покрытие «Корунд» может быть рекомендовано к применению в атмосферных условиях АГПЗ по его назначению с последующим контролем состояния по разработанной методике.

3. Так как промышленная атмосфера АГПЗ характеризуется большей коррозионной агрессивностью, нежели городская, материал «Корунд» может быть рекомендован также к применению в качестве теплоизолирующего покрытия на различных объектах в городской атмосфере.

Таким образом, на основании проведенных эксплуатационных испытаний, визуального осмотра, приборного исследования и оценки антикоррозионных свойств покрытия «Корунд» на наружных поверхностях трубопроводов пара и горячей воды в промышленной атмосфере АГПЗ материал «Корунд» может быть рекомендован для применения в качестве теплоизолирующего покрытия как в промышленной атмосфере Астраханского ГПЗ, так и в городской атмосфере для защиты объектов различного назначения.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ Р 51694-2000. Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия.
2. ИСО 2808:1997. Лаки и краски. Метод определения толщины пленки.
3. ГОСТ 9.302-88 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические.
4. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М. : Химия, 1988.
5. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.
6. ИСО 2409:1992. Лаки и краски. Испытание методом решетчатых надрезов.
7. ИСО 4624:2002. Лаки и краски. Определение адгезии методом отрыва.
8. ИСО 15184:1998. Лаки и краски. Определение твердости по карандашу.
9. ГОСТ 9.407-84 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида.