

Новые разработки в двухслойных порошковых покрытиях с высокой температурой стеклования

Андрей Ухов

Специалист по продажам и технической поддержке

+7 910 970 4918 andrew.ukhov@akzonobel.com



Содержание

- Введение
- Общие сведения
- Потребность в катодной защите и связанные с этим проблемы
- Двухслойные порошковые покрытия Resicoat® с высокой температурой стеклования (Tg)
 - Рекомендации по нанесению
- Новые методы испытаний:
 - Катодное отслаивание в общем
 - Катодное отслаивание при 120°C
 - Сравнение катодного отслаивания при различных температурах
 - Автоклавный тест при 120° C
 - Тест на температурный градиент
 - Потеря массы согласно закону Аррениуса
- Стандартные тесты:
 - Стойкость к прорезанию, изгиб, ударная прочность
 - Водопоглощение
- Сравнение порошковых покрытий

Введение

Порошковые покрытия FBE был впервые применены в трубной индустрии более 40 лет назад.

Ценные свойства:

- Превосходна адгезия к хорошо подготовленной стальной поверхности
- Хорошая химическая стойкость
- Превосходная гибкость даже при -30°C и ниже
- Очень хорошая стойкость к катодному отслаиванию
- Хорошая стойкость к абразивному износу
- Отсутствие стресс-коррозии под порошковым покрытием

Общие сведения

Порошковые покрытия FBE и трёхслойные полиолефиновые системы (3LPO) зарекомендовали себя, как доминирующие покрытия для нефтегазовых трубопроводов по всему миру

- Порошковые покрытия и 3LPO-системы имеют специфические преимущества в свойствах для защит стальной поверхности от коррозии

Принять во внимание:

- Порошковые покрытия имеют превосходную адгезию и стойкость к катодному отслаиванию, но требуют аккуратного обращения после нанесения для избегания повреждений покрытия.
- 3LPO-системы могут обладать более лучшими свойствами, но они также экранируют токи катодной защиты, что может привести к серьёзным проблемам, связанным с катодным отслоением.
- Так как нефтегазовая отрасль движется в сторону увеличения температур эксплуатации, всё больше и больше требований предъявляется к покрытиям.
- Трубопроводы должны эксплуатироваться при температурах выше 100°C. Какое есть решение? Новые порошковые покрытия Resicoat® с температурой стеклования Tg от 125°C до 165°C.

Потребность в катодной защите и связанные с этим проблемы

Катодная защита:

- Утверждение: Покрытие не нужно, если катодная защита наложена на трубопровод.
- Однако: Катодная защита не может защитить большие площади неизолированных трубопроводов, особенно подземных (сложно контролировать потенциал на больших расстояниях из-за различного сопротивления почвы).
- Почему покрытия?
 - 1) Покрытия обеспечивают электрическую изоляцию для катодной защиты
 - 2) Покрытия обеспечивают превосходную адгезию и длительную защиту от коррозии по всей длине трубопровода
 - 3) Порошковые покрытия не экранируют токи катодной защиты.

Потребность в катодной защите и связанные с этим проблемы

Проблемы катодной защиты:

- Экранирование позволяет коррозии расти благодаря доступу воды и кислорода и отсутствию доступа токов катодной защиты к коррозионной ячейке
- Слишком высокие токи катодной защиты могут привести к коррозионному растрескиванию и уменьшению адгезии покрытия, образованию отслоений и пузырей. Результат – коррозия.

Решение:

Эпоксидные покрытия с большой толщиной и превосходной адгезией к стали.

Двухслойные порошковые покрытия Resicoat® с высокой Tg

- Двухслойное порошковое покрытие Resicoat® стойкое к прорезанию было разработано 12 лет назад. Первый слой – стандартное порошковое покрытие. Наружный слой разработан для обеспечения превосходных стойкости к механическим воздействиям, в т.ч. к прорезанию. Он обеспечивает защиту труб от механических повреждений при транспортировке, укладке и наклонно-направленном бурении.
- Двухслойные порошковые покрытия Resicoat® с высокой температурой стеклования Tg это системы, где оба слоя имеют высокие Tg.

Двухслойные порошковые покрытия Resicoat® с высокой Tg. Рекомендации по нанесению

AkzoNobel

Рекомендованная толщина покрытия:

1-й слой: ~ 300 – 400 мкм. Resicoat® R-556

2-й слой: ~ 400 – 500 мкм. Resicoat® R-556 (стойкий к прорезанию)

700 – 900 мкм.

Двухслойные порошковые покрытия Resicoat® с высокой Tg. Рекомендации по нанесению

Двухслойные порошковые покрытия Resicoat® с высокой Tg легко наносятся, как порошковые покрытия со стандартной Tg.

1) Подготовка поверхности

- a) Химическая обработка
- b) Sa 2½ (Rz 50 – 100 мкм.)

2) Температура нагрева: 225 – 240°C

3) Оборудование для напыления

С применением 1 камеры

3 блока пистолетов и 3 бункера подачи
1-й блок для Resicoat® R-556
2-й блок для рекуперата
3-й блок для Resicoat® R-556 стойкого к
прорезанию

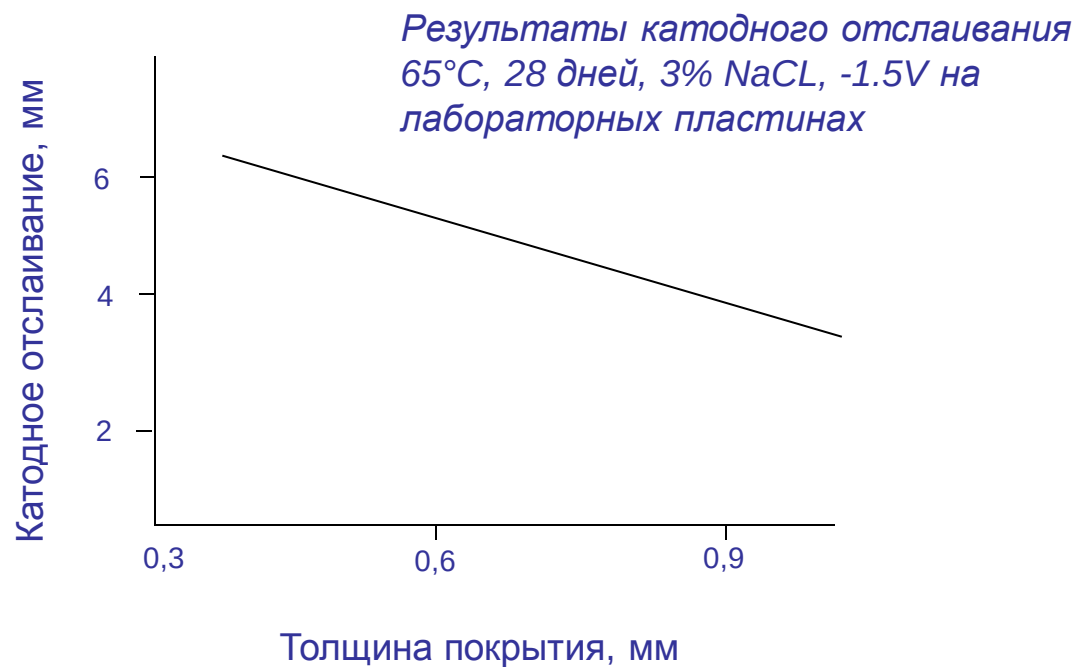
С применением 2-х камер

2 блока пистолетов и 2 бункера подачи
1-й блок для Resicoat® R-556
2-й блок для Resicoat® R-556 стойкого к
прорезанию

4) Минимальное время до туннеля охлаждения - 5 мин.

Новые методы испытаний. Катодное отслаивание в общем

Стойкость к катодному отслоению



Новые методы испытаний. Катодное отслаивание при 120°C

Методика: Охлаждение электролита до 80°C и замена электролита каждые 7 дней



Ячейки в сборе на
песчаной бане



Охлаждающая петля



Измерения температуры на
пластине

Новые методы испытаний. Катодное отслаивание при 120°C



Песчаная баня



Термостат для охлаждения
жидкости до необходимой
температуры (н-р, 85 – 95° C)

Новые методы испытаний. Катодное отслаивание при 120°C



Двухслойное ПК Resicoat® с высокой Tg
Результат: 2 мм

Результат катодного отслаивания при 120°C и охлаждении
электролита до 85°C, 28 дней, -1,5 V

Новые методы испытаний. Сравнение катодного отслаивания при различных температурах

Тест	Требования	Двухслойное ПК Resicoat® с высокой Tg
65°C, 28 дн, -1.5 V Песчаная баня	max. 12 мм асс. ISO 21809-2	4 мм
95°C, 28 дн, -1.5 V Песчаная баня	max. 20 мм асс. CSA	2,5 мм
120°C, с охлаждением электролита до 85°C, 28 дн, -1.5 V Песчаная баня	В разработке	2 мм

Новые методы испытаний. Автоклавный тест 120°C, 30 дней



Двухслойное ПК с высокой Tg (образец с трубы)



Двухслойное ПК с высокой Tg (на пластине)



Однослойное ПК со стандартной Tg (на пластине)

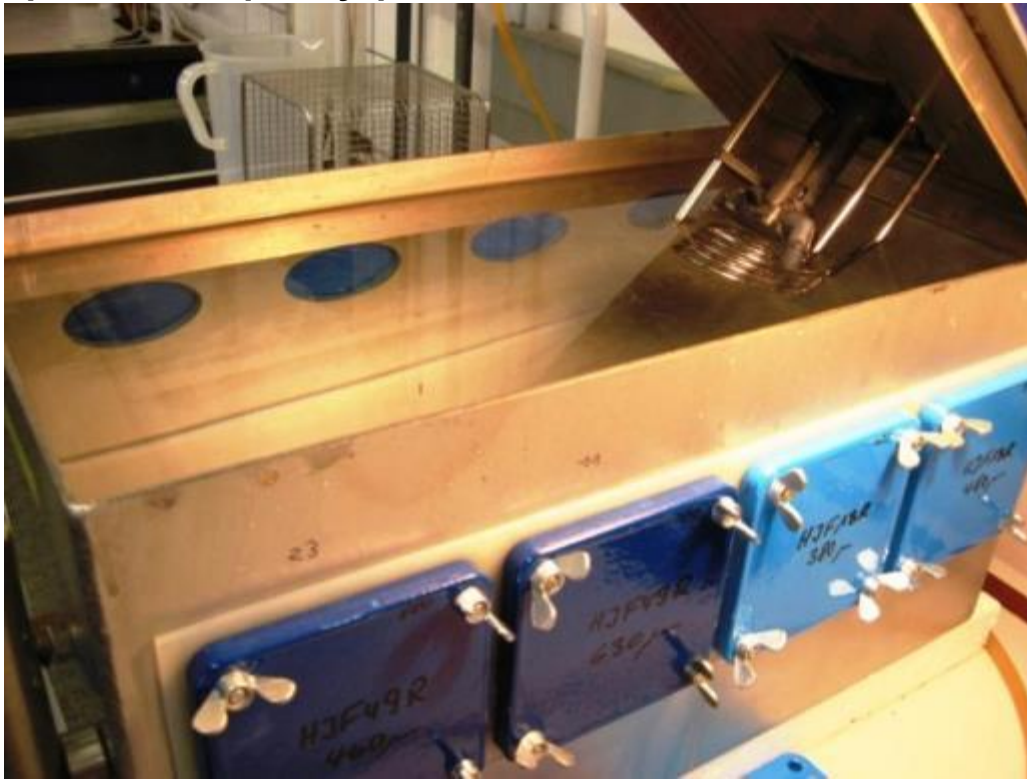


Условия испытаний:

- водопроводная вода
- Давление: 22 psi (1,5 бар)

Новые методы испытаний. Тест на температурный градиент

Тест на температурный градиент: 80°C (горячая вода)
против 23°C (воздух)

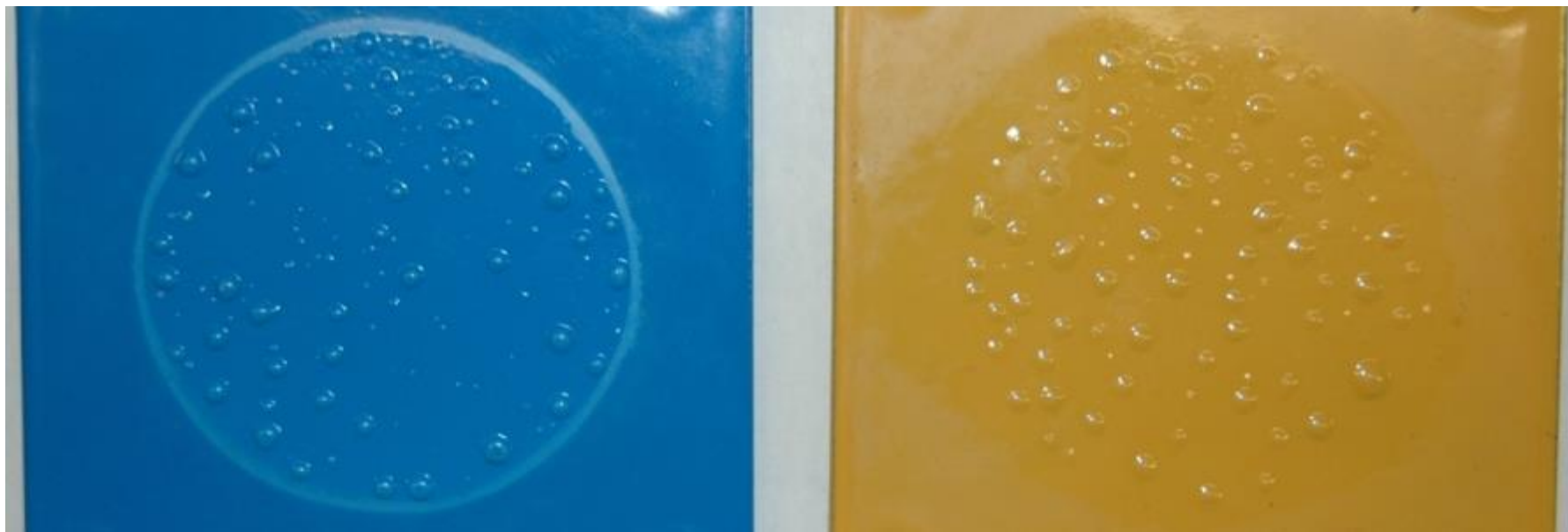


Водяная баня для теста на температурный градиент

ПК со стандартной T_g покрылось пузырями в течение 1 недели.

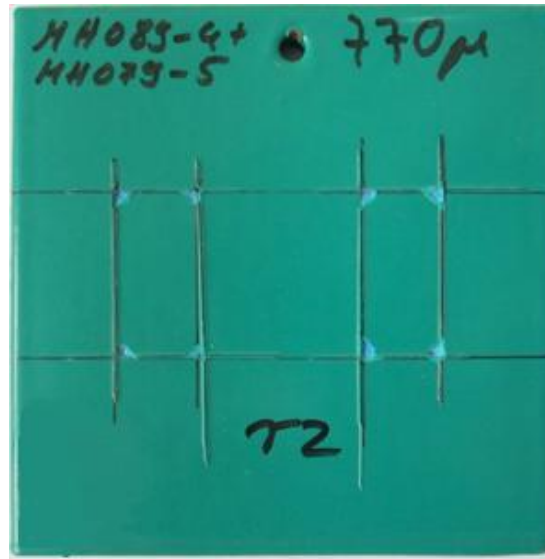
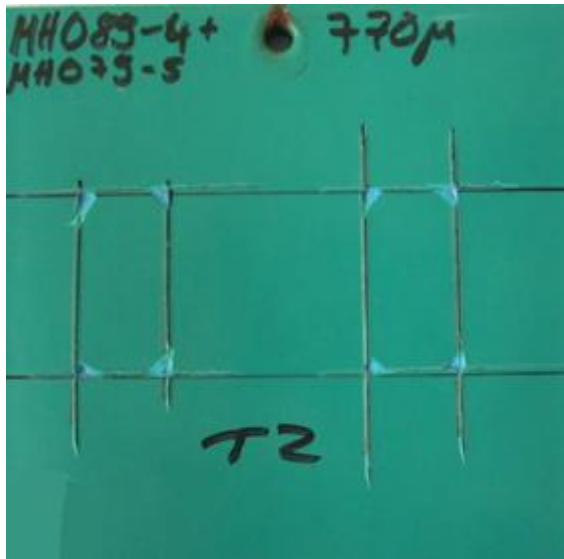
Однако двухслойное ПК с высокой T_g выстояло 12 месяцев без пузырей и потери адгезии.

Новые методы испытаний. Тест на температурный градиент



ПК со стандартной T_g после 1 недели теста на температурный градиент

Новые методы испытаний. Тест на температурный градиент



Двухслойное ПК с высокой T_g выстояло 12 месяцев без пузырей и потери адгезии.

Новые методы испытаний. Потеря массы согласно закону Аррениуса

- Тест согласно стандарту UL 1446 проводится при 3-х разных температурах в лабораторных печах. Тестовые температуры подбирались для экстраполяции до температуры 140°C и поэтому тест проводился при температурах 190°C, 170°C и 150°C.
- При самой низкой из тестовых температур образец должен выдерживаться не менее 5000 ч. согласно UL 1446.

Новые методы испытаний. Потеря массы согласно закону Аррениуса

- Тест построен на законе Аррениуса:

$$t = \exp - (E/T) \text{ or } \ln t = -E*(1/T)$$

t – время достижения определённой потери массы

E – энергия активации

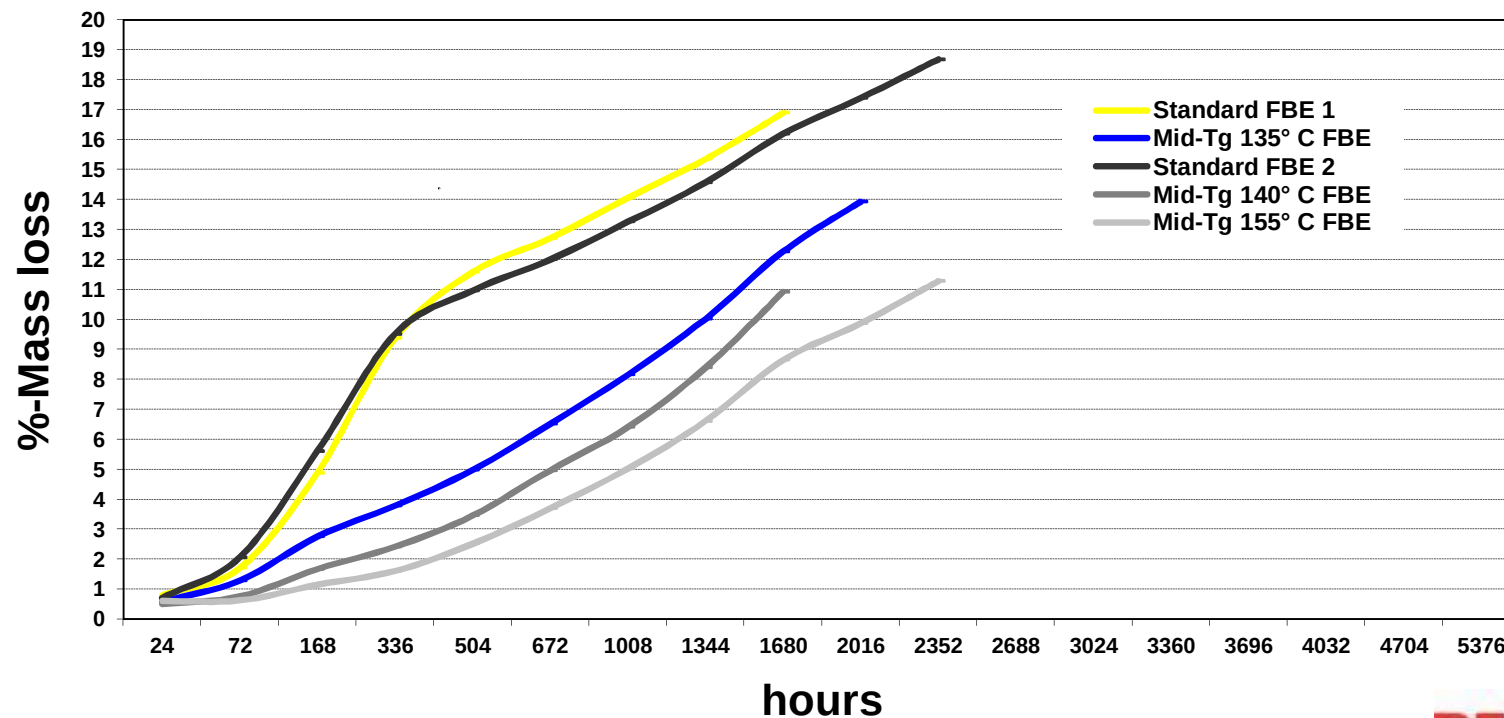
T – температура в кельвинах

- С этим тестом вы можете либо определить температурный класс покрытия, экстраполировав до определённого времени (н-р, 20000 ч.), либо определить его ожидаемый срок эксплуатации, экстраполировав до заданной температуры.

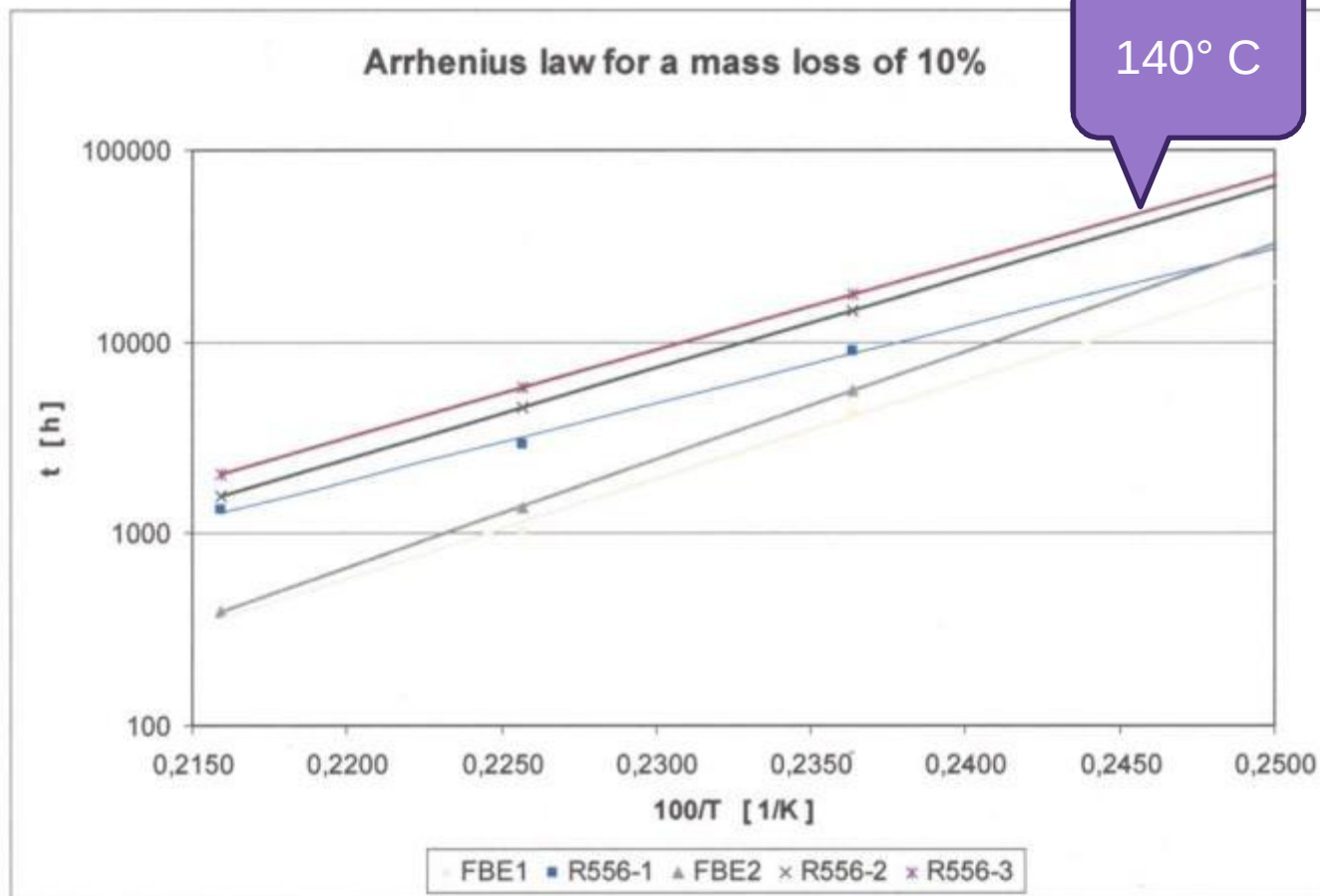
Новые методы испытаний. Потеря массы согласно закону Аррениуса

Потеря массы при 190°C

Mass loss at 190°C



Новые методы испытаний. Потеря массы согласно закону Аррениуса



Кривые уравнения
Аррениуса для потери
массы в 10%

Новые методы испытаний. Потеря массы согласно закону Аррениуса

- Ожидаемый срок эксплуатации при 140°C до достижения 10 % потери массы:
T_g 130°C: 26.000 ч или 3,0 года
T_g 140°C: 53.000 ч или 6,1 года
T_g 155°C: 61.000 ч или 7,0 года
- Для сравнения испытанные 2 порошковых покрытия со стандартными T_g показали лишь 16000 часов или 1,8 года.
- Здесь вы можете наглядно видеть влияние температуры стеклования T_g на ожидаемый срок эксплуатации покрытия
- Тест проводился в жёстких условиях, т.к. покрытия всегда находилось под воздействием температуры в атмосферных условиях.
- Для сравнения учёный Эдмондсон предсказал срок эксплуатации 30 лет при 150°C, проведя тест в азоте.

Стандартные тесты. Стойкость к прорезанию

Стойкость к прорезанию:

- При определении стойкости к прорезанию используется резец, который либо сам двигается относительно пластины либо пластина двигается относительно резца, в результате чего образуется канавка.
- На резец воздействует груз массой до 100 кг, обычно 50 кг.

Стандартные тесты. Стойкость к прорезанию



SL-1
smooth bit



SL-1
single cut burr

Аппарат для проведения теста на прорезание
согласно новому стандарту NACE

Стандартные тесты.

Стойкость к прорезанию

Тест	Требования	Двухслойное ПК с высокой Tg	Двухслойное ПК со стандартной Tg
50 кг, 23°C SL-1	< 50 %	30,9 %	32,9 %



Двухслойное ПК с высокой Tg



Двухслойное ПК с стандартной Tg

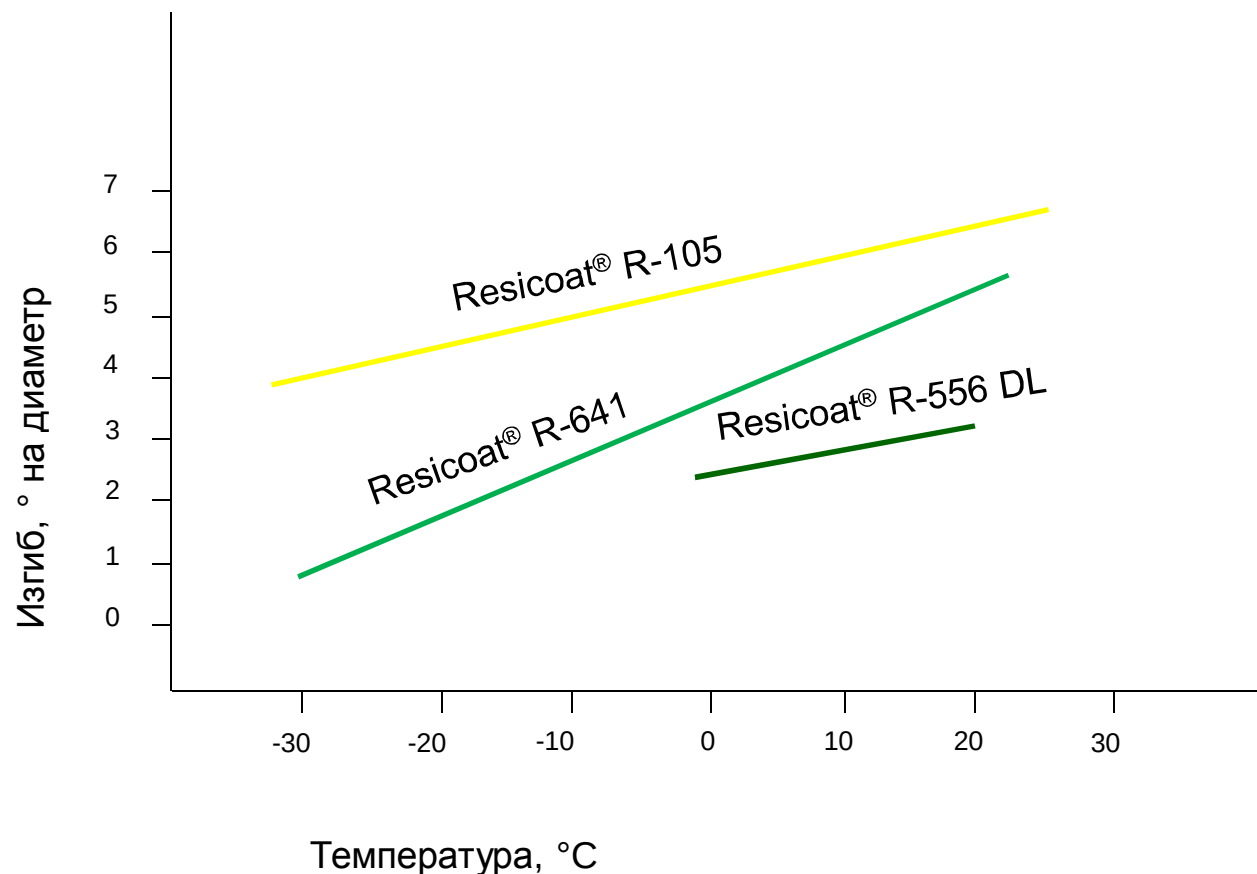
Стандартные тесты. Стойкость к прорезанию

Тест	Требования	Двухслойное ПК с высокой Tg (на пластине)
30 кг, 120°C SL-1	< 50 %	49,3 %



Стандартные тесты. Изгиб

Сравнение изгиба по стандарту CSA



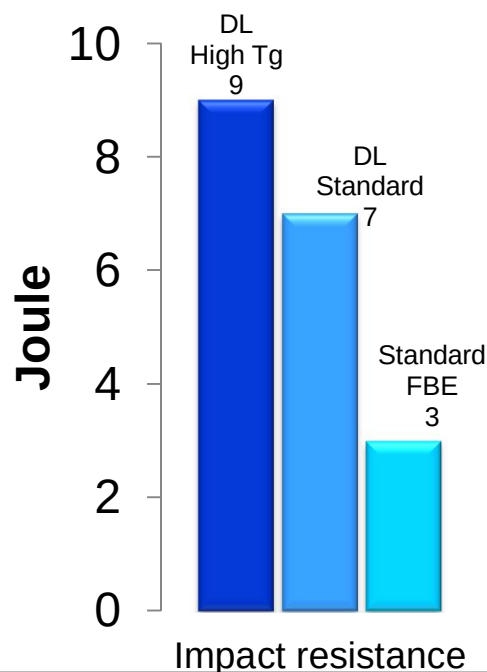
Стандартные тесты. Изгиб

Тест	Требования	Двухслойное ПК с высокой Tg (на пластине 10 мм.)	Двухслойное ПК с высокой Tg (на образце с трубы)
2° на Ø при 0°C	Без растрескиваний	Соответствует	Соответствует



Стандартные тесты. Ударная прочность

Тест	Требования	Двухслойное ПК с высокой Tg (на образце с трубы)	Двухслойное ПК со стандартной Tg
-30°C	Без растрескиваний	9 Дж	7 Дж



Двухслойное ПК с высокой Tg



Двухслойное ПК со стандартной Tg

Стандартные тесты. Водопоглощение

Тест	Требования	Двухслойное ПК с высокой Tg	Конкурент А	Конкурент Б
80°C, 30 дн	Согласно требованию клиента	~2,97 %	~3,81 %	~11,89 %

Сравнение порошковых покрытий

Оценка 10 - отлично

1 – очень плохо

	Двухслойное ПК с высокой Tg	Двухслойное ПК со стандартной Tg	Однослойное ПК
CD при 120° C	10	8	6
CD при 95° C	10	8	6
Автоклав при 120°C	10	5	1
Изгиб	8	10	10
Температурный градиент	10	3	1
Ударная прочность	10	10	7
Сумма	58	44	31

Успех двухслойных порошковых покрытий

4 ключевых фактора:

- Превосходные физико-механические свойства
- Высокие антикоррозионные свойства
- Лёгкость в нанесении в рамках существующих изоляционных заводов
- Не экранируют токи катодной защиты

Спасибо за ваше внимание!



RESICOAT[®]
Experts in Functional Powder Coatings