УДК 53.082.5

СЕЛЕКТИВНЫЕ БАЗАЛЬТОВЫЕ ДЕТОНАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ АБСОРБЕРА СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Почекайлов Ю.Ю., Шашев А.В., Яковлев В.И., Яковлева Н.А.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, e-mail: anicpt@rambler.ru

Наиболее эффективный способ повышения КПД плоских коллекторов солнечной энергии связан с применением селективно-поглощающих покрытий, наносимых на лучепоглощающую поверхность солнечного коллектора. Перспективным является получение селективных покрытий на основе базальтового порошка (как в чистом виде, так и в составе композита). У базальтовых покрытий возможна широкая область использования: коррозионностойкие покрытия (инертны в кислотных и щелочных средах, морской воде, химически стойкие), жаростойкие, износостойкие покрытия и другие области использования, например, защитно-маскировочные покрытия в спектральном диапазоне инфракрасного излучения. В Алтайском государственном техническом университете, в лаборатории ПНИЛ СВС- материаловедения были получены и исследованы образцы с базальтовым покрытием различной толщины. По результатам исследования определены коэффициенты поглощения инфракрасного излучения базальтовым покрытием, нанесённым детонационно-газовым методом с различной толщиной. Он составил 0,98–0,99 и относится к 5 классу материалов обладающих свойством поглощения инфракрасного излучения. Отражение от покрытия из базальта инфракрасного излучения составляет 1–6 %. Обнаружено: 1 коэффициент поглощения зависит от толщины покрытия; 2 коэффициент поглощения увеличивается с увеличением толщины покрытия. Зависимости влияния интенсивности излучения и гранулометрического состава исходного порошка на коэффициент поглощения инфракрасного излучения не прослеживается. Покрытия из базальта отличаются высокой износостойкостью, термостабильностью, эклогичностью, низкой гигроскопичностью. Обладают хорошим потенциалом в повышении качества тепло- и шумо-изоляции.

Ключевые слова: базальтовое покрытие, детонационно-газовый метод, инфракрасного излучения, толщины покрытия, коэффициент поглощения

SELECTIVE BASALT DETONATION COATINGS ABSORBER FOR SOLAR COLLECTOR

Pochekaylov Y.Y., Shashev A.V., Yakovlev V.I., Yakovleva N.A.

VPO «Altai State Technical University I.I. Polzunova», Barnaul, e-mail: anicpt@rambler.ru

The most effective way to improve the efficiency of flat-plate collectors solar energy associated with the use of selective absorbing coatings applied to the surface of the solar collector luchepogloschayuschuyu. Promising to provide a selective coatings based on basalt powder (either alone, or as part of the composite). Do basalt cover possible broad area of use: corrosion-resistant coating (inert in acid and alkaline environments, sea water, chemical resistant), heat-resistant, wear-resistant coatings and other uses, such as protective camouflage coatings in the spectral range of infrared radiation. In the Altai State Technical University in the laboratory of PLMS SHS Materials were obtained iisledovany samples coated with basalt of varying thickness. According to a study to determine the coefficients of absorption of infrared radiation basalt coating applied detonation-gas method with different thickness. He was 0,98–0,99 and refers to the 5 class of materials having the property of absorbing infrared radiation. Reflection on the cover of basalt infrared radiation is 1–6 %. Found: one absorption coefficient depends on the thickness of the coating; 2 the absorption coefficient increases with increasing coating thickness. Depending on the effect of the radiation intensity and particle size distribution of the starting powder on the absorption coefficient of infrared radiation can not be traced. Coverage of basalt characterized by high wear resistance, thermal stability, eklogichnostyu, low hygroscopicity. Have good potential to improve the quality of heat and noise insulation.

Keywords: basalt cover, detonation-gas method, infrared radiation, the thickness of the coating, the absorption coefficient

Солнечные коллекторы превращают солнечную энергию в тепло. Они являются составной частью термических солнечных установок, применяемых для нагрева хозяйственно-питьевой воды и отопления. Самыми распространенным видом солнечного коллектора является плоский коллектор.

Наиболее эффективный способ повышения КПД плоских коллекторов солнечной энергии связан с применением селективно-поглощающих покрытий, наносимых на лучепоглощающую поверхность солнечного коллектора. Самый распространенный тип селективных покрытий – это тонкие пленки на металлической основе, поглощающие видимый свет и пропускающие инфракрасное излучение (ИК). Сюда, в частности, относятся покрытия из черного никеля и черного хрома, наносимые электрохимическим способом на подложку.

На сегодняшний день в состав большого количества порошковых смесей для нанесения селективных покрытий входят оксиды. Однако в природе встречаются соединения оксидов на атомарном уровне. Целесообразно, прежде всего, использовать минеральное сырье, которое является широко

распространенным и имеет низкую себестоимость. Из минерального сырья можно выделить базальт, который обладает рядом неоспоримых преимуществ перед другими материалами [2].

Перспективным является получение селективных покрытий на основе базальтового порошка (как в чистом виде, так и в составе композита). У базальтовых покрытий возможна широкая область использования: коррозионностойкие покрытия (инертны в кислотных и щелочных средах, морской воде, химически стойкие), жаростойкие, износостойкие покрытия и другие области использования, например, защитно-маскировочные покрытия в спектральном диапазоне инфракрасного излучения [3].

В Алтайском государственном техническом университете, в лаборатории ПНИЛ СВС- материаловедения были получены образцы с базальтовым покрытием различной толщины.

Результаты исследования и их обсуждение

Селективные покрытия для лучепоглощающей поверхности солнечного коллектора должны обладать высоким коэффициентом поглощения α коротковолнового солнечного излучения (короче 2 мкм), низкой излучательной способностью ε в инфракрасной области (длиннее 2 мкм), стабильной величиной степени селективности α/ε, способностью выдерживать кратковременный перегрев поверхности, хорошей коррозионной стойкостью, быть совместимыми с материалом основы и иметь низкую стоимость. Для идеальной селективно-поглощающей поверхности α = 1 и ε = 0.

Увеличение α влияет на эффективность солнечного коллектора (СК) в большей степени, чем аналогичное уменьшение ε. Селективные покрытия, как правило, представляют собой тонкопленочные фильтры, и при увеличении α за счет утолщения пленок одновременно возрастает ε. Самый распространенный тип селективных покрытий – это тонкие пленки на металлической основе, поглощающие видимый свет и пропускающие инфракрасное излучение (ИК). Сюда, в частности, относятся покрытия из черного никеля и черного хрома, наносимые электрохимическим способом на подложку.

Для получения покрытия использовалась установка детонационного напыления «Катунь-М» (рис. 1).

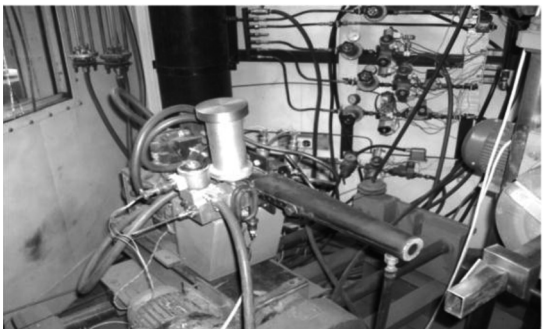

Рис. 1. Установка детонационного напыления «Катунь-М»

Напыление проводилось базальтовым порошком гранулометрических составов > 63 мкм, 63–100 мкм, 100–200 мкм на плоские образцы представляющие собой стальную пластину (60х40х2 мм) стали марки Ст3.

Свойства селективных покрытий представлены в таблице [5].

Для исследования структуры покрытия был выполнен разрез поперечного сечения плоского образца на высокоскоростном автоматическом прецизионном отрезном станке MICRACUT-201 (рис. 2) и был получен микрошлиф образца с базальтовым покрытием.

Исследование образцов проводилось на микроскопе CARL ZEISS AXIO OBSERVER Z1M (рис. 2).

Рис. 2. Оборудование, на котором проводилась пробоподготовка и исследование структуры образцов с базальтовым покрытием

Свойства селективных покрытий

Поверхность	Поглощательная способность для солнечной энергии, α	Излучательная способность для длинноволнового излучения поверхностей, типичных для плоских солнечных коллекторов, ε
«Черный никель»; содержит окиси и сульфиды Ni и Zn на полированном Ni	0,91…0,94	0,11
«Черный никель» на оцинкованном железе	0,89	0,16…0,18
«Черный никель» 2 слоя поверх гальванопокрытия из Ni на мягкой стали (α и ε после 6-часового погружения в кипящую воду)	0,94	0,07
CuO на Ni; медь в качестве электрода с последующим окислением	0,81	0,17
Co_3O_4 на серебре; методом осаждения и окисления	0,90	0,27
CuO на Al; методом набрызгивания разбавленного раствора $Cu(NO_3)_2$ на горячую алюминиевую пластину с последующей горячей сушкой	0,93	0,11
«Черная медь» на Cu; методом обработки Cu раствором NaOH и $NaClO_2$	0,89	0,17
«Эбанол С» наCu; промышленная обработка чернением Cu, обеспечивающая покрытия в основном на CuO	0,90	0,16
CuO на анодированном Al; обработка Al горячим раствором $Cu(NO_3)_2$–$KMnO_4$	0,85	0,11
Горячая сушка Al_2O_3–Mo–Al_2O_3Mo–Al_2O_3Mo–Al_2O_3; промежуточные слои на Mo (ε измеряется при 260 °C)	0,91	0,085
Кристаллы PbS на Al	0,89	0,20

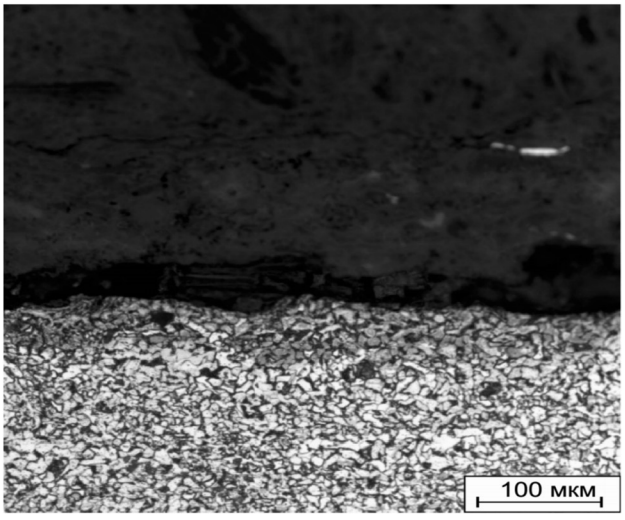

Рис. 3. Структура базальтового покрытия нанесенного детонационно – газовым методом

В процессе исследования структуры было выявлено то, что базальтовое покрытие является плотным без отслоений, что означает хорошее сцепление покрытия с основой, многослойным и без видимых пор и трещин (рис. 3).

Была проведена работа по исследованию поглотительной способности базальтовым покрытие инфракрасного излучения в диапазоне длин волн 1,8–14 мкм в зависимости от толщины покрытия, интенсивности инфракрасного излучения и грануломет-рического состава исходного порошка. Для этого был создан экспериментальный стенд (рис. 4) и использовался тепловизор FLIR серии 620 SC-Series (рис. 5).

Рис. 4. Стенд исследования поглощения инфракрасного излучения базальтовым покрытием

Рис. 5. Тепловизор FLIR серии 620 SC-Series

Стенд представляет собой металлический каркас, обшитый теплоизоляционным материалом, внутри стенда установлен штатив держатель для образцов, сверху выведен воздуховод для помещения туда объектива тепловизора, снизу на дополнительном металлическом каркасе установлена тепловая инфракрасная лампа с регулируемой мощностью излучения (максимальная мощность 500 Вт).

С помощью экспериментального стенда и тепловизора получены термограммы 12-ти образцов с разной толщиной базальтового покрытия и гранулометрического состава исходного порошка. Образцы были специально подготовлены. С одной стороны на покрытие нанесён бакелитовый лак, а с другой стороны установлен отражатель.

При съёмке термограмм тепловизором в штатив на стенде устанавливалось по 3 образца. В таблицах приведены значения собственной температуры, отражённой температуры и коэффициента поглощения инфракрасного излучения. Термограммы образцов получены с помощью экспериментального стенда и приведены на рис. 6–9.

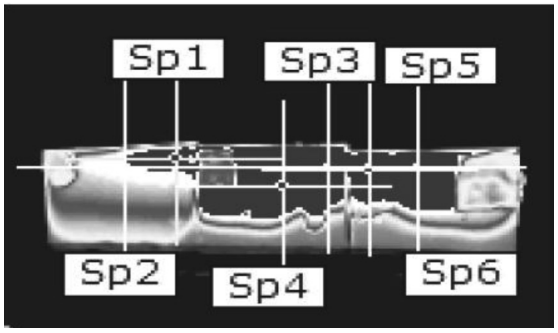

Рис. 6. Термограмма № 1

На термограмме № 1 находится образец № 1 (рис. 6), представляющий собой металлическую пластину марки Ст3 без по-

крытия. Точка Sp1 расположена на участке образца с бакелитовым лаком. Коэффициент поглощения бакелитового лака известен и составляет 0,97, точка Sp2 расположена на произвольном чистом участке пластины. Коэффициент поглощения составляет 0,54 (коэффициент поглощения Ст3 известен и табличное значение его составляет 0,56).

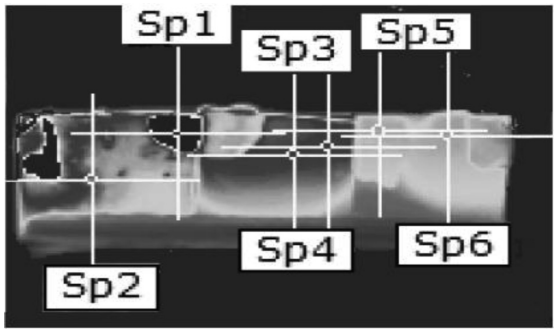

Рис. 7. Термограмма № 2

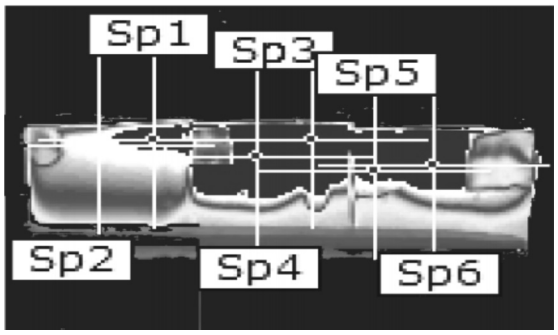

Рис. 8. Термограмма № 3

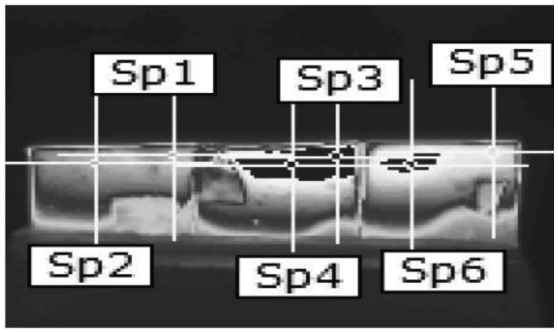

Рис. 9. Термограмма № 4

Точка Sp6 расположена на участке с покрытием из базальта и коэффициент поглощения инфракрасного излучения составляет 0,98.

Точка Sp2 на термограмме № 2 (рис. 8), расположена на участке с покрытием и коэффициент поглощения инфракрасного излучения составляет 0,99, на термограмме № 3 (рис. 9) Точка Sp2 расположена на участке с покрытием и коэффициент поглощения составляет 0,99, на термограмме № 4 (рис. 9) находится точка Sp2 с коэффициентом поглощения инфракрасного излучения – 0,98. на термограмме № 4 в точке Sp4 коэффициент поглощения инфракрасного излучения составляет 0,98.

Выводы

По результатам исследования были определёны коэффициенты поглощения инфракрасного излучения базальтовым покрытием, нанесённым детонационно-газовым методом с различной толщиной. Он составил 0,98–0,99 и относится к 5 классу материалов обладающих свойством поглощения инфракрасного излучения. Отражение от покрытия из базальта инфракрасного излучения составляет 1–6 %.

Было обнаружено, что коэффициент поглощения зависит от толщины покрытия, а именно: чем больше толщина, тем больше коэффициент поглощения. Зависимости влияния интенсивности излучения и гранулометрического состава исходного порошка на коэффициент поглощения инфракрасного излучения не прослеживается.

Кроме этого, покрытия из базальта отличаются высокой износостойкостью, термостабильностью, хорошим потенциалом в качестве тепло и шумоизоляции, и низкой гигроскопичностью.

Список литературы

1. Академик [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Россия, 2015. – Режим доступа:http: Электронный ресурс //dic.academic.ru/dic.nsf/bse.

2. Джигирис Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий [Текст] / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.

3. Земцов А.Н. Базальтовая вата: история и современность [Текст] / А.Н. Земцов, С.И. Огарышев – Пермь, 2003. – 124 с.

4. Разработка и внедрение технологии ДГН для восстановления коренных вкладышей блоков дизелей А-01, А-41 [Текст]: Отчет о НИР / АНИТИМ; Руководитель К.М. Зеров. – № к/д 123/83. – Барнаул, 1986. – 31 с.

5. Характеристики селективных покрытий [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Россия, 2015. – Режим доступа: http://www.svasti.ru/harakteristiki_selektivnyh_pokrytiy. – Загл. с экрана.