

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ АЛЮМИНИЯ

А. А. Гравин, Ю. В. Литовка

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор А. А. Арзамасцев

Ключевые слова и фразы: оксидные покрытия; теплоотдача; углеродный наноматериал.

Аннотация: Получены результаты исследования теплоотдающих свойств поверхностей алюминия с модифицированным наноматериалом «Таунит-ГМ» электрохимическим покрытием. Проведено сравнение использования углеродного наноматериала «Таунит-ГМ» и углеродного наноматериала «Таунит» в электролите анодирования.

Введение

Исследования в области интенсификации процессов теплоотдачи проводятся в течение длительного времени [1 – 4], и тем не менее становятся все более актуальными вследствие постоянно возрастающих требований к повышению эффективности производственного оборудования.

В работах [5 – 6] предложен метод добавления фуллереноподобных углеродных нанотрубок (УНТ) «Таунит» в электролит анодирования алюминия для улучшения теплоотдающих свойств получаемых оксидных покрытий. С использованием такого модифицированного электролита проведены эксперименты, заключающиеся в нанесении на алюминиевые образцы (сплав АМг3) оксидного покрытия. Экспериментально получены результаты увеличения на 22 % значений коэффициента теплоотдачи от алюминиевых пластин к воздуху при скорости воздуха 5 м/с. Эксперимент по определению значений коэффициента теплоотдачи представлял собой нагревание образцов до определенной температуры и снятие графиче-

Гравин Артём Андреевич – аспирант кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», e-mail: nagval_89@mail.ru; Литовка Юрий Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», ТамбГТУ, г. Тамбов.

ков нагрева с помощью электронного самописца для дальнейшего применения этих данных в расчетах значений коэффициента теплоотдачи. Вычисление значений коэффициентов теплоотдачи проводилось на основе аналитического решения обратной задачи нестационарной теплопроводности в однослойной неограниченной пластине [7].

Экспериментальная часть

В лаборатории «Наноматериалы» Тамбовского государственного технического университета получен новый материал, свойства которого потенциально могут привести к эффектам повышения теплоотдачи. Графеноподобный углеродный наноматериал (УНМ) «Таунит-ГМ» представляет собой частицы, имеющие около пятнадцати углеродных слоев различной величины (рис. 1).

Целью настоящей работы является изучение теплоотдающих свойств оксидных поверхностей алюминия, полученных при анодировании с использованием УНМ «Таунит-ГМ» и сравнение результатов с полученными путем проведения аналогичного процесса, отличающегося использованием УНТ «Таунит» в качестве нанодисперсного материала в электролите анодирования.

В работе [8] описан процесс нанесения модифицированных наноматериалом «Таунит» электрохимических оксидных покрытий. В данной работе вместо УНТ «Таунит» использован УНМ «Таунит-ГМ». Распределение наноматериала в электролите анодирования использовалось с применением и без применения ультразвукового аппарата.

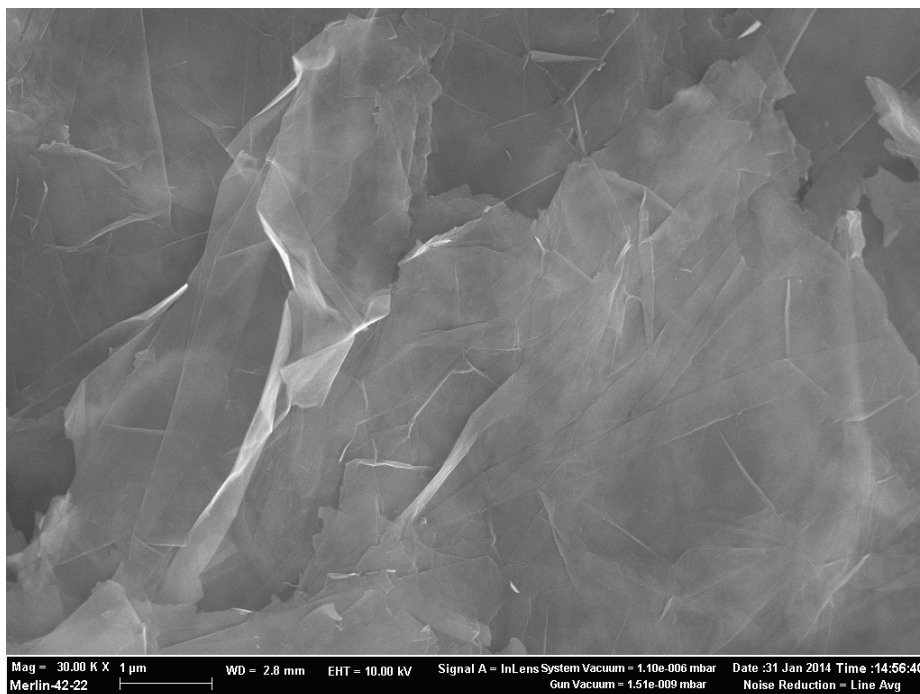
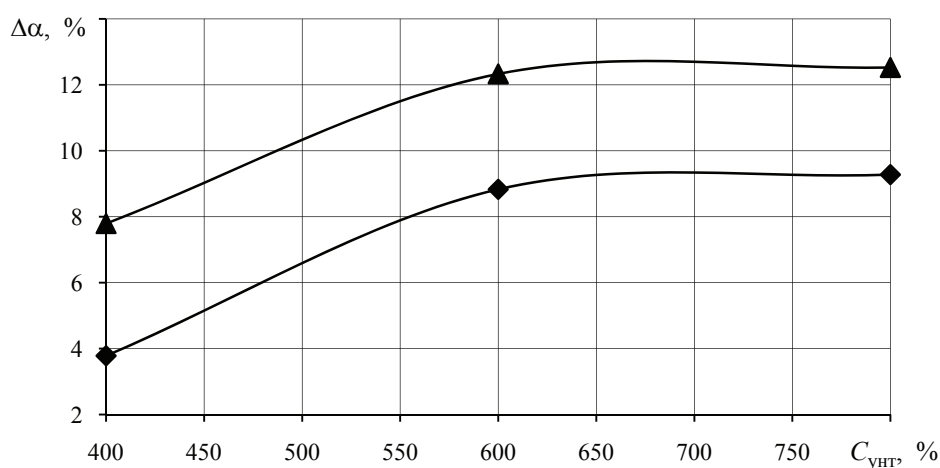


Рис. 1. Частица УНМ «Таунит-ГМ» (увеличение 30000^х)

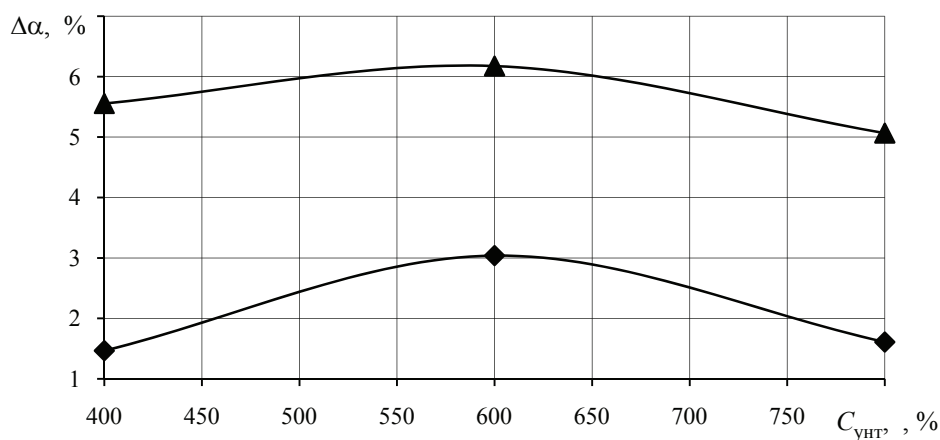
Ультразвуковое распределение проводилась в диспергаторе с частотой 22 кГц. Интенсивность ультразвуковой обработки:

- амплитуда 80 мкм;
- интенсивность звука 786 Вт/см².

Исследование теплоотдающих свойств проводилось по методике, предложенной в работе [9]. Полученные результаты представлены на рис. 2. Увеличение коэффициента теплоотдачи от получаемых электрохимических покрытий при скоростях обдува воздушной средой 1 и 5 м/с составило, %: при ультразвуковом распределении в электролите анодирования 600 мг/л – 8,8 и 12,3 соответственно; 800 мг/л – 9,2 и 12,5 соответственно; без ультразвукового распределения в электролите анодирования 600 мг/л – 3 и 6,1 соответственно.



а)



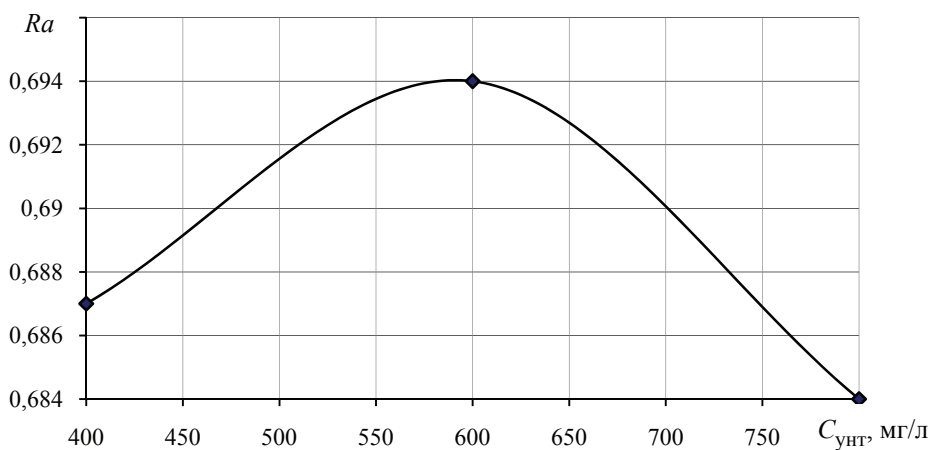
б)

Рис. 2. Зависимость относительного изменения коэффициента теплоотдачи $\Delta\alpha$ от концентрации УНМ «Таунит-ГМ», распределенного в электролите анодирования с использованием (а) и без использования (б) ультразвуковой обработки:

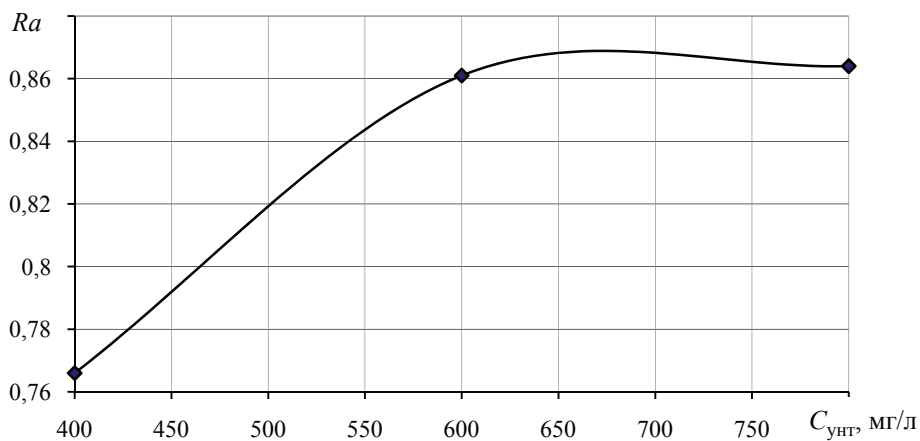
—◆— 1 м/с; —▲— 5 м/с

Приведенные зависимости коэффициента теплоотдачи от концентрации УНМ «Таунит-ГМ» коррелируются с зависимостями параметров шероховатости от концентрации УНТ «Таунит-ГМ». Увеличение параметра шероховатости Ra получаемых электрохимических покрытий составляет, %: при ультразвуковом распределении в электролите анодирования 600 мг/л – 75,7; 800 мг/л – 76,2; без ультразвукового распределения в электролите анодирования 600 мг/л – 41,5. Приведенные результаты представлены на рис. 3.

Визуальное отличие морфологии поверхностей, полученных нанесением модифицированного наноматериалами «Таунит» и «Таунит-ГМ» электрохимического оксидного покрытия (способы распределения наноматериала в электролите анодирования – с использованием ультразвука и без), отображено на рис. 4.



а)



б)

Рис. 3. Зависимость параметра шероховатости Ra от концентрации УНМ «Таунит-ГМ», распределенного в электролите анодирования с использованием (а) и без использования (б) ультразвуковой обработки

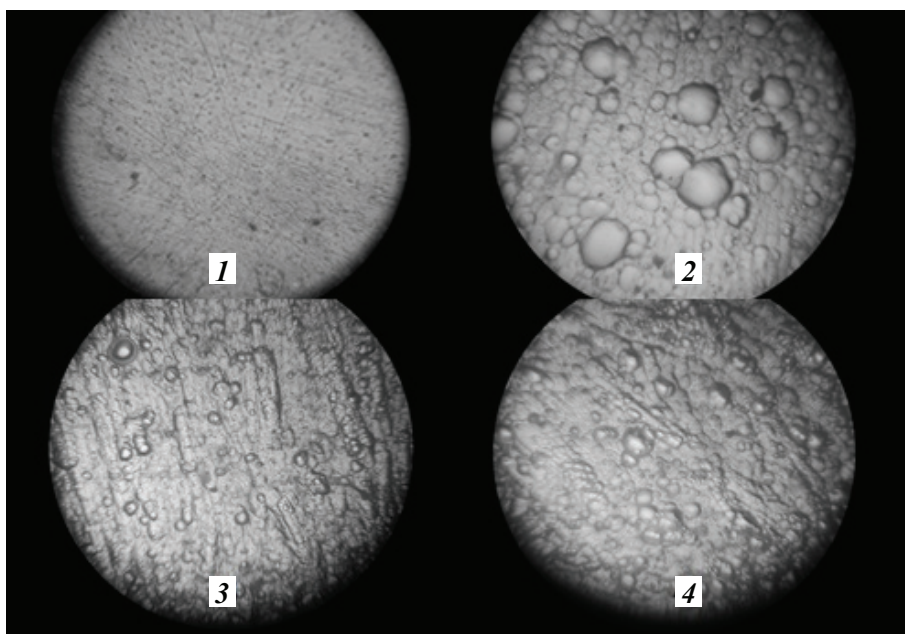


Рис. 4. Фотографии (увеличение 850^х) поверхностей образцов без покрытия (1) и с анодно-оксидным покрытием (2 – 4), модифицированным различными материалами (объем модифицирующей добавки – 600 мг/л): 2 – УНТ «Таунит» (с ультразвуковым распределением); 3, 4 – УНМ «Таунит-ГМ» (с ультразвуковым распределением и без него соответственно)

Проведенные исследования показали, что добавление УНМ «Таунит-ГМ» в электролит анодирования позволяет получить меньшее по величине увеличение коэффициента теплоотдачи и параметров шероховатости получаемых поверхностей, чем добавление УНТ «Таунит» в электролит анодирования. При этом немаловажным является экономический показатель при сравнении этих двух наноматериалов. Так, по состоянию на май 2014 года грамм УНМ «Таунит-ГМ» стоит 50 р., в то время как грамм УНТ «Таунит» – 45 р. При нанесении модифицированных наноматериалов электрохимических оксидных покрытий расход УНМ «Таунит-ГМ» составляет 21,65 мг/дм², УНТ «Таунит» – 26,6 мг/дм². В связи с этим можно сделать вывод о большей целесообразности использования в качестве добавления наноматериала в электролит анодирования для повышения теплоотдачи получаемых поверхностей УНТ «Таунит».

Минимальное значение концентрации наноматериала «Таунит» в электролите анодирования, равное 540 мг/л, достигается после покрытия поверхности площадью 13,9 дм². Далее следует добавить необходимое количество наноматериала «Таунит» в электролит анодирования вновь для сохранения на должном уровне теплоотдающих свойств получаемых в процессе нанесения оксидного покрытия поверхностей.

Результаты и их обсуждение

Нанесение модифицированного наноматериалом «Таунит-ГМ» оксидного покрытия на алюминиевую поверхность изменяет ее свойства, в частности, увеличивается шероховатость и, следовательно, теплоотдача.

Максимальные улучшения шероховатости и коэффициента теплоотдачи достигаются при добавлении в электролит анодирования алюминия УНМ «Таунит-ГМ» концентрацией 800 мг/л ультразвуковым распределением. Шероховатость поверхности, в частности, среднее арифметическое отклонение профиля, увеличивается на 76,2 %; значение коэффициента теплоотдачи от полученных поверхностей к воздуху при обдуве 1...5 м/с увеличивается на 12,5 % по сравнению с чистыми неоксидированными покрытиями.

Углеродный наноматериал «Таунит-ГМ» целесообразно использовать в качестве нанодисперсного материала вместо УНТ «Таунит» при проведении процесса нанесения модифицированных оксидных покрытий алюминия для повышения теплоотдачи ввиду более низких показателей улучшения теплоотдающих свойств и более высокой цены.

Список литературы

1. Model for Heat Conduction in Nanofluids / H.D. Kumar [et al.] // *Phys. Rev. Lett.* – 2004. – Vol. 93 – P. 4301 – 4304.
2. Interface Effect on Thermal Conductivity of Carbon Nanotube Composites / Ce-Wen Nan [et al.] // *Appl. Phys. Lett.* – 2004. – Vol. 85. – P. 3549.
3. Carbon Nanotube Composites for Thermal Management / M. J. Biercuk [et al.] // *Appl. Phys. Lett.* – 2002. – Vol. 80. – P. 2767 – 2769.
4. Телевный, А. М. Экспериментальное исследование процессов тепло- и массообмена в трубчатых оребренных теплообменных аппаратах с орошаемой поверхностью / А. М. Телевный, А. Б. Гаряев, И. В. Сынков // *Энергосбережение и водоподготовка.* – 2010. – № 2. – С. 49 – 51.
5. Интенсификация теплообмена за счет изменения шероховатости поверхностей наномодифицированными электрохимическими покрытиями / А. А. Гравин [и др.] // *Нанотехника.* – 2012. – № 4(32). – С. 21 – 25.
6. Интенсификация теплоотдачи на алюминиевых поверхностях путем оксидирования их наномодифицированными электролитами / А. А. Гравин [и др.] // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та.* – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 928 – 935.
7. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 600 с.
8. Гравин, А. А. Процесс нанесения наномодифицированных гальванических оксидированных покрытий на поверхности алюминия для интенсификации теплоотдачи / А. А. Гравин, Ю. В. Литовка, И. А. Дьяков // *Покрытия и обработка поверхности : 10-я Междунар. конф., 26 – 28 марта 2013 г. : сб. тез. докл. / Рос. и Моск. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева [и др.].* – М., 2013. – С. 28 – 29.
9. Гравин, А.А. Исследование теплоотдающих свойств наномодифицированных гальванических оксидированных покрытий алюминиевых поверхностей / А. А. Гравин // *Общество, современная наука и образование: проблемы и перспективы : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 30 нояб. 2012 г. : в 10 ч. / М-во образования и науки Рос. Федерации.* – Тамбов, 2012. – Ч. 9. – С. 42 – 43.

References

1. Kumar D.H., Patel H.E., Kumar V.R.R., Sundararajan T., Pradeep T., Das S.K. *Phys. Rev. Lett.*, 2004, vol. 93, pp. 4301-4304.
2. Nan C.W., Liu G., Lin Yu., Li M. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, vol. 85, p. 3549.
3. Biercuk M.J., Llaguno M.C., Radosavljevic M., Hyun J.K., Johnson A.T., Fischer J.E. *Appl. Phys. Lett.*, 2002, vol. 80, pp. 2767-2769.

4. Televnyi A.M., Garyaev A.B., Synkov I.V. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*, 2010, no. 2, pp. 49-51.

5. Gravin A.A., Mukhin R.Yu., Litovka Yu.V., D'yakov I.A. *Nanotechnics*, 2012, no. 4(32), pp. 21-25.

6. Gravin A.A., Litovka Yu.V., Tugolukov E.N., Tkachev A.G., D'yakov I.A., Pakhomov A.N. *Transactions of the Tambov State Technical University*, vol. 18, no. 4, 2012, pp. 928-935.

7. Lykov A.V. *Teoriya teploprovodnosti* (The theory of heat conduction), Moscow: Vysshaya shkola, 1967, 600 p.

8. Gravin A.A., Litovka Yu.V., D'yakov I.A. *Pokrytiya i obrabotka poverkhnosti* (ExpoCoating-2013), Abstract of Papers of the 10th International Conference, 26-28 March 2013, Moscow, 2013, pp. 28-29.

9. Gravin A.A. *Obshchestvo, sovremennaya nauka i obrazovanie: problemy i perspektivy* (Society, Modern Science and Education: Problems and Prospects), Collection of Scientific Papers on the Materials of the International Scientific and Practical Conference, 30 November 2012, Tambov, 2012, Part 9 of 10, pp. 42-43.

The Use of Carbon Nanomaterials to Increase the Heat Transfer Coefficient of Modified Electrochemical Oxide Coatings of Aluminium

A. A. Gravin, Yu. V. Litovka

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: carbon nanomaterial; heat transfer; oxide coating.

Abstract: The paper describes the results of the study of heat-release properties of aluminum surfaces having electrochemical coating modified with nanomaterial "Taunit-GM". Carbon nanomaterials "Taunit-GM" and "Taunit" in the anodizing electrolyte have been compared.

© А. А. Гравин, Ю. В. Литовка, 2014

Статья поступила в редакцию 26.05.2014 г.