

- ником энергии // Вестник Пермского Университета.- 2017.- N 1.- С. 19-25.
5. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656 с.
 6. Hamady F.J., Lloyd J.R., Yang K.T., Yang H.Q. A Study of Natural Convection in a Rotating Enclosure // J. Heat Transfer.- 1994.- N 116.- P. 136-143.
 7. Tso C.P., Jin L.F., Tou S.K.W. Numerical Segregation of the Effects of Body Forces in a Rotating, Differentially Heated Enclosure // Numerical Heat Transfer.- 2013.- N 51.- P. 85-107.

Научный руководитель: М.А. Шеремет, д.ф.-м.н., профессор кафедры Теоретической механики ТГУ.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА НА ТЕКСТУРУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

К.А. Батищева¹, Д.В. Феоктистов²
Томский политехнический университет^{1,2}
ЭНИН, ТПТ, группа 5Б2Б¹

Экспериментально определено влияние параметров (мощность излучения, частота импульсов, время воздействия луча) иттербиевого импульсного волоконного лазера IPG-Photonics на текстуру поверхности алюминиевого сплава АМГ-6. Установлено, что после одиночного воздействия луча лазера на поверхности образуются кратеры. Получены зависимости геометрических размеров кратера (глубина, диаметр, высота кромки) от параметров лазера. Выявлено, что с увеличением времени лазерного облучения поверхности от 100 нс до 200 нс глубина кратера увеличивается, разность между диаметрами кратера, измеренными в продольном и поперечном разрезах уменьшается. Также установлено, что в условиях облучения поверхности лучом частотой более 60 кГц диаметр кратера не зависит от мощности. При малых частотах до 20 кГц диаметр кратера увеличивается с ростом мощности. Определены параметры иттербиевого импульсного волоконного лазера, обеспечивающие Создание неупорядоченных изотропных текстур на металлической поверхности.

Известно [1,2], что смачивающие свойства твердого тела зависят от текстуры. Модификация последней без обработки реагентами, изменяющими поверхностную энергию (например, перфтороктил-трихлорсилан), позволяет создавать поверхность с контактными углами от 0 до 120 градусов.

Одним из перспективных способов изменения смачивающих свойств металлической поверхности является создание неупорядоченной текстуры лазерным излучением. При таком способе обработки поверхности луч лазера нагревает металл до температуры плавления. Дальнейшее поглощение излучения металлической поверхностью приводит к кипению расплавленного металла. Происходит абляция – металл испаряется с поверхности. В условиях поглощения

энергии металлом, превышающей порог режима абляции инициируется микро-взрыв с образованием кратера.

Текстура, образованная воздействием лазерного луча состоит из расположенных отдельно на заданном расстоянии либо наслоившихся друг на друга кратеров. Выбор параметров лазера влияет на размеры текстуры (глубина, диаметр, высота кромки). Последние определяют режим смачивания (гомогенный, гетерогенный), который влияет на контактный угол.

Изучено [3] влияние единичного воздействия лазерного луча на металлическую подложку (алюминий с никелевым покрытием, стали). Установлено, что:

1. Повышение энергии импульса увеличивает глубину и диаметр кратеров. Высота кромки уменьшается;
2. Увеличение времени воздействия приводит к росту диаметра и не влияет на глубину и высоту кромки;
3. Повышение мощности приводит к образованию более глубоких кратеров с постоянным диаметром.

Исследовано [3] влияние мощности лазерного излучения на алюминиевую поверхность сплава АМГ-6. Установлено, что после обработки поверхности лазерным излучением мощностью до 6 Вт частотой 99 кГц, со скоростью перемещения луча $800 \cdot 10^{-3}$ м/с смачивающие свойства поверхности остались прежними. В условиях обработки металлической поверхности лучом мощностью более 6 Вт гидрофобные свойства металла улучшались, более 14 Вт формировалась пористая структура. Капля воды образовывала с подложкой контактный угол 114 градусов. Со временем капля, лежащая на пористой подложке, проникала в поры под действием силы тяжести.

Отсутствуют работы, посвященные анализу размеров единичного кратера, образованного лазерным излучением, с целью создания текстуры, позволяющей улучшить либо ухудшить смачивающие свойства металлов и обеспечить их стабильность.

Цель работы – экспериментально установить зависимости геометрических размеров кратера от частоты, мощности, времени воздействия лазерного луча.

В качестве материала выбран алюминиевый сплав АМГ-6 (таб.1), широко используемый в энергетике. Из АМГ-6 изготавливают топливные баки, радиаторы, теплоотводы, кабелепроводы, применяется при прокладке высоковольтных линий электропередачи.

Табл. 1. Состав алюминиевого сплава АМГ-6

Название	Al	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Cu	Ti	Be	Примесей
Содержание %	91,1-93,68	5,8-6,8	0,5-0,8	до 0,4	до 0,4	до 0,2	до 0,1	0,02-0,1	0,0002-0,005	0,1

Текстура изменялась с использованием иттербиевого импульсного волоконного лазера IPG-Photonics с длиной волны 1064 нм. Луч лазера с выбран-

ными параметрами (таб.2) воздействовал на полированную поверхность АМГ-6 в воздушной среде. В результате образовывались одиночные кратеры.

Проведен полный факторный эксперимент, факторы приведены в таблице 2.

Табл. 2. Факторы

Время воздействия	нс	100, 200
Мощность	Вт	8, 12, 20
Частота	кГц	20, 60, 99

Микроструктура поверхности определена с помощью электронного сканирующего микроскопа «Hitachi-3000M» (рис.1 а). Трехмерное изображение текстуры и профиль получены на профилометре «HOMMEL TESTER T1000» (рис.1б,в).

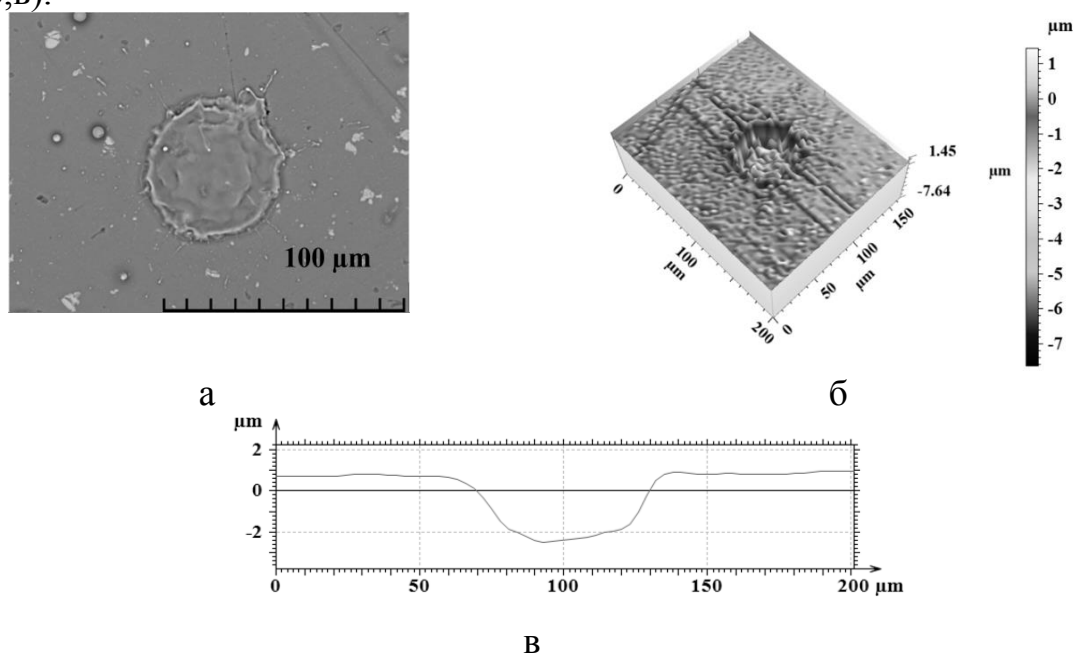


Рис. 1. Подложка из алюминиевого сплава АМГ-6 (точка №2): а – фотография микроструктуры увеличением в 1000 раз; б – трехмерное изображение; в – профиль поверхности (базовая линия проведена через центр кратера), применен фильтр микрошероховатости с отсечкой шага 25 мкм

Оценка погрешности определения размеров, повторяемость анализировались по трем кратерам, полученным лазером с одинаковыми параметрами. Размах значений не превышал 5 мкм.

По результатам анализа фотографий микроструктуры поверхности сплава АМГ-6, образованной лазером с различными параметрами, установлено, что луч лазера частотой 99 кГц и мощностью 8 Вт, 12 Вт образует кратеры разных размеров (рис.2). Отсутствует повторяемость результатов. Текстура, образованная лазером с частотой 99 кГц будет не однородна.

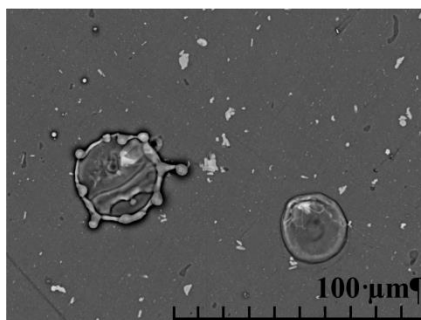


Рис. 2. Фотография микроструктуры, образованная лазером частотой 99 кГц, мощностью 12 Вт со временем воздействия 200 нс, увеличением в 1000 раз

Воздействие мощностью 20 Вт образует кратер с сильным растеканием и разбрызгиванием металла. Можно предположить, что нанесение текстуры импульсами такой мощности приведет к перекрыванию соседних кратеров и перетеканию металла.

Получены зависимости глубины кратера от мощности лазерного излучения при различных частотах (рис.2а).

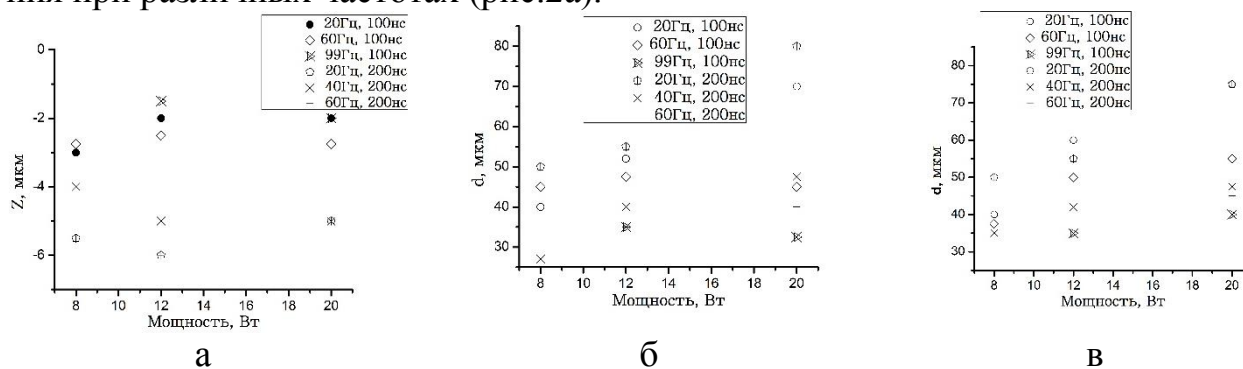


Рис. 2. Зависимости: а – глубины; б – диаметра измеренного вдоль; в – диаметра измеренного поперек от мощности лазерного излучения

Установлено, что с увеличением времени воздействия от 100 нс до 200 нс глубина кратеров увеличивается (рис 2а). Воздействие лазерным лучом частотой 60 кГц и 99 кГц образует кратеры с постоянным диаметром, не зависящим от мощности (рис. 2б,в). Уменьшение мощности до 20 кГц приводит к росту диаметра кратера с увеличением мощности.

На основе результатов выделены следующие параметры лазера: время воздействия лазерного излучения 200 нс; частота 20 кГц; мощность от 8 Вт до 20 Вт. Предполагается, что выбранные параметры обеспечат высокую повторяемость и воспроизводилось геометрии текстуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (проект НШ – 7538.2016.8)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение // Успехи химии.- 2008.- Т. 77.- С. 619-638.

2. Changsheng Donga, YuGua, MinlinZhong, Lin Li, KursadSezer, Mingxing Ma, Wenjin Liu Fabrication of superhydrophobic Cu surfaces with tunable regular micro and random nano-scale structures by hybrid laser texture and chemical etching // Elsevier.- 2011.- Т. 211.- С. 1234–1240.
3. Kseniya Batishcheva, Dmitriy Feoktistov, Yuliya Shanenkova, Ekaterina Kirichenko Modification of aluminum alloy surface properties by wave-long laser texturing // MATEC Web of Conferences.- 2017.- Т. 110.- 01013.

Научный руководитель: Д.В. Феоктистов, к.т.н., доцент кафедры ТПТ ЭНИН ТПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ОБТЕКАНИИ СОТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.В. Золотухин^{1,2}, В.И. Терехов^{1,2}, К.А. Шаров¹

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН¹, г.Новосибирск
Новосибирский государственный технический университет²
Факультет летательных аппаратов, Кафедра технической теплофизики

Введение

На данный момент важным направлением развития теории теплообмена и аэрогидродинамики является поиск новых способов интенсификации теплопереноса при равноценном или даже пониженном росте гидравлических потерь.

Рассматриваемые в настоящей работе сотовые поверхности, используемые в частности для целей теплозащиты элементов космических аппаратов, а также как уплотнения для газовых турбин, имеют ряд сходных черт с вихрегенераторами. Об этом свидетельствуют результаты первых экспериментальных исследований продольного обтекания поверхностей с сотовыми покрытиями [1-3]. Главной особенностью данных работ является обнаруженный эффект проскальзывания потока на сотовой поверхности, величина которого может достигать до 30% от скорости в ядре потока. Это позволяет использовать подобные вихрегенераторы в качестве эффективных методов управления процессами турбулентного переноса. Однако из-за отсутствия детальной опытной информации о структуре течения нет возможности создать целостную картину данного явления, и поэтому требуется более детальное его исследование.

В данной работе проводится исследование развития поля течения и турбулентных характеристик вдоль сотовых поверхностей. Более ранние данные по сотовым поверхностям были представлены в источнике [4].

Экспериментальная установка и методика измерений

Рабочий канал экспериментального стенда имел прямоугольное сечение 21×150мм, длину 1м и был выполнен из прозрачного органического стекла толщиной 8мм. Поперечные размеры входного канала подбирались из условий обеспечения двумерного течения в центральном продольном сечении канала.