

Н. Ю. ДУДАРЕВА

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ
ТОНКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ
ПОКРЫТИЙ,
ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ
МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ**

Н. Ю. ДУДАРЕВА

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ
ТОНКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ,
ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО
ОКСИДИРОВАНИЯ**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 621.794.61
ББК 35.41
Д81

Рецензенты:

профессор кафедры высокоэффективных технологий обработки
ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
доктор технических наук *С. Р. Шехтман*;
декан факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта, профессор кафедры
«Авиационные двигатели» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
доктор технических наук *Д. А. Ахмедзянов*

Дударева, Н. Ю.

Д81 Теплопроводность тонких керамических покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования : монография / Н. Ю. Дударева. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 156 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-2298-7

Монография посвящена рассмотрению методов исследования теплофизических свойств покрытий, формируемых технологией микродугового оксидирования. Рассмотрены состав, структура и свойства покрытий, влияющие на их теплофизические характеристики. Показано, что из-за сложного фазового состава, неоднородной структуры и толщины определение такого свойства, как коэффициент теплопроводности покрытий, вызывает значительные трудности. Представлено описание различных методов, применяемых для измерения коэффициента теплопроводности. Приведены примеры их практического использования.

Для научных работников, аспирантов, инженеров и студентов, интересующихся вопросами изучения свойств покрытий, формируемых микродуговым оксидированием.

Подготовлено в рамках Государственного задания высшим учебным заведениям по теме № FEUE-2023-0007 (УУНиТ).

УДК 621.794.61
ББК 35.41

ISBN 978-5-9729-2298-7

© Дударева Н. Ю., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРУЕМЫХ ПОКРЫТИЙ	7
1.1. Описание технологии формирования покрытий методом микродугового оксидирования	7
1.1.1. Общие сведения о технологии микродугового оксидирования	7
1.1.2. Описание технологического процесса микродугового оксидирования	14
1.1.3. Стадии процесса микродугового оксидирования	20
1.2. Свойства покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования	30
1.2.1. Основные эксплуатационные свойства покрытий	30
1.2.2. Трибологические свойства покрытий	31
1.2.3. Коррозионная стойкость покрытий	38
1.2.4. Адгезионные свойства	48
1.2.5. Теплозащитные свойства	56
1.3. Особенности измерения коэффициента теплопроводности покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования	67
1.3.1. Состав покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования	68
1.3.2. Особенности структуры покрытий	74
1.4. Области применения покрытий, формируемых микродуговым оксидированием	79
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОКРЫТИЙ	82
2.1. Суть метода стационарного теплового потока	82
2.2. Особенности организации экспериментов для определения коэффициента теплопроводности покрытий методом стационарного теплового потока	85
2.3. Рекомендации по организации экспериментов, основанных на методе стационарного теплового потока	89
2.4. Примеры практической реализации метода стационарного теплового потока для измерения теплофизических свойств покрытий	92
2.4.1. Измерение коэффициента теплопроводности покрытий, сформированных на алюминиевом и магниевом сплавах	92
2.4.2. Измерение методом стационарного теплового потока коэффициента теплопроводности покрытий, сформированных на алюминиевом сплаве АК12Д	98
3. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА	103
3.1. Суть метода импульсного нагрева	103

3.2. Примеры практического применения метода импульсного лазерного нагрева для определения коэффициента теплопроводности покрытий.....	106
3.2.1. Оборудование для исследования теплофизических свойств методом импульсного лазерного нагрева	106
3.2.2. Измерение коэффициента теплопроводности покрытий, сформированных микродуговым оксидированием на сплавах АК12Д и АК4-1	108
4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО КАЛОРИМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОКРЫТИЙ.....	115
4.1. Суть метода динамического калориметра	115
4.2. Пример практического применения метода динамического калориметра	118
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОКРЫТИЙ РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ	121
5.1. Методика определения теплофизических свойств, основанная на фазовом составе покрытий.....	121
5.1.1. Суть методики определения теплофизических свойств покрытий по фазовому составу покрытий	121
5.1.2. Верификация методики для определения теплофизических свойств покрытия, сформированного на сплаве АК12Д	122
5.1.3. Практическое использование методики для определения теплофизических свойств покрытия, сформированного на сплаве АК4-1 .	128
5.2. Методика определения коэффициента теплопроводности покрытия, основанная на его структуре.....	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	134
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	135