Золотарева Анна Юрьевна Многослойные высокотемпературные покрытия для жаропрочных титановых и никелевых сплавов и технологии их нанесения

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Золотарева Анна Юрьевна

ВВЕДЕНИЕ..................................................................................................................5

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ И ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА И ТУРБИНЫ СОВРЕМЕННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ......................11

1.1 Характеристика жаропрочных титановых а+в- и орто-сплавов для перспективных ГТД...............................................................................................11

1.2 Анализ высокотемпературных покрытий для защиты от окисления жаропрочных титановых сплавов.........................................................................19

1.3 Характеристика жаропрочных никелевых сплавов и жаростойких покрытий для лопаток газовых турбин..................................................................................26

1.4 Анализ высокотемпературных износостойких покрытий для лопаток газовых турбин.....................................................................................................................33

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ...........................................40

2.1 Объекты исследования.....................................................................................40

2.2 Методы исследования......................................................................................43

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЖАРОПРОЧНЫЕ ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ.....................................................47

3.1 Исследование способа получения покрытий на титановых сплавах методом конденсации и микродугового оксидирования....................................................47

3.2 Исследование структуры и свойств многослойного защитного покрытия систем (Al-Si), (Al-Si)+(Ni-Cr-Al-Y) и (Ni-Cr-Al-Y)+(Ai-Si) на сплавах ВИТ1, ВТ-41 и TNM-B1...........................................................................................................53

3.2.1 Исследование структуры и свойств покрытия системы (Al-Si) на сплавах ВИТ1 и ВТ-41.....................................................................................................53

3.2.2 Исследование структуры и свойств двухслойного покрытия системы (Al-Si)+(Ni-Cr-Al-Y) на сплавах ВИТ1 и ВТ-41......................................................58

3.2.3 Исследование структуры и свойств двухслойного покрытия системы (Ni-Cr-Al-Y) + (Al-Si) на сплаве ВИТ1....................................................................62

3.2.4 Исследование структуры и свойств покрытия системы (Al-Si)+(Ni-Cr-Al-Y) на сплаве TNM-B1.........................................................................................66

3.3. Исследование жаростойкости защитных покрытий на титановых сплавах ВТ -41 И ВИТ1 при температурах 650 и 700 °С..........................................................68

3.3.1 Исследование жаростойкости покрытия ВСДП-11Н (Al-Si) при температуре 700°С на сплавах ВИТ1 и ВТ-41..................................................68

3.3.2 Исследование жаростойкости покрытия СДП-2+ВСДП-11Н (Ni-Cr-Al-Y)+(Al-Si)при температуре 700°С.....................................................................72

3.3.3 Исследование жаростойкости покрытия ВСДП-11Н+СДП-2 (Al-Si) +(Ni-Cr-Al-Y) при температурах 650°С и 700°С на сплаве ВИТ1, ВТ-41 и TNM-B1 .............................................................................................................................75

3.4. Исследование остаточных напряжений и трещиностойкости защитных жаростойких покрытий на интерметаллидном титановом сплаве ВИТ1 ............93

Выводы по главе 3..................................................................................................98

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЛОПАТКАХ РОТОРА ГАЗОВЫХ ТУРБИН............................100

4.1 Исследование способа наплавки износостойкого высокотемпературного покрытия ВКНА-2М на бандажные полки лопаток ротора газовых турбин .... 100

4.2 Исследование способов восстановления геометрических размеров и износостойких покрытий при ремонте лопаток газовых турбин......................107

Выводы по главе 4................................................................................................116

ГЛАВА 5 РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЛОПАТКАХ

КОМПРЕССОРА И ТУРБИНЫ ГТД......................................................................117

5.1 Реализация интерметаллидного покрытия ВКНА-2М на лопатках ротора турбины из сплава ЖС26.....................................................................................117

5.2Реализация способа восстановления геометрических размеров и покрытий лопаток ротора турбины при ремонте ГТД........................................................117

5.3. Реализация способа нанесения защитных покрытий на деталях из жаропрочных титановых сплавов.......................................................................120

Вывод по главе 5..................................................................................................125

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ...........................................................................................126

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ........................................................................................129

ПРИЛОЖЕНИЕ........................................................................................................140

ВВЕДЕНИЕ