Сдвиженский Павел Александрович Разработка метода непрерывного контроля химического состава композиционных покрытий в процессе коаксиальной лазерной наплавки

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Сдвиженский Павел Александрович

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Аддитивные технологии получения металлических изделий

1.2 Коаксиальная лазерная наплавка

1.3 Композиционные износостойкие покрытия

1.4 Методы контроля в аддитивных технологиях

1.4.1 Лабораторные методы контроля химического состава

1.4.2 In situ контроль в аддитивных технологиях

1.5 Спектрометрия лазерно-индуцированной плазмы

1.5.1 In situ анализ спектрометрией лазерно-индуцированной плазмы

1.5.2 Спектрометрия лазерно-индуцированной плазмы для послойного химического анализа

1.6 Выводы по литературному обзору и постановка задачи для диссертационной работы

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Экспериментальная установка коаксиальной лазерной наплавки

2.2 Порошковые материалы для коаксиальной лазерной наплавки

2.3 Система спектрометрии лазерно-индуцированной плазмы для анализа в режиме реального времени

2.4 Лабораторная установка спектрометрии лазерно-индуцированной плазмы

2.5 Вспомогательное оборудование

ГЛАВА 3. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ С ВАРЬИРУЕМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА В НИКЕЛЕВОЙ МАТРИЦЕ

3.1 Подбор параметров лазерной наплавки

3.2 Испытания на износостойкость образцов покрытия

3.3 Исследования зон перемешивания

3.4 Выводы по главе

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ГАЗОПОРОШКОВОЙ СТРУИ НА ВЫХОДЕ ИЗ КОАКСИАЛЬНОГО СОПЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

4.1 Спектрометрия лазерной плазмы на частицах порошка

4.2 Оптимизация условий определения химического состава при анализе газопорошковой струи в процессе наплавки

4.3 Химический анализ состава газопорошковой струи в режиме реального времени

4.4 Выводы по главе

ГЛАВА 5. IN SITU ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ С ВАРЬИРУЕМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

5.1 Влияние зоны пробоотбора на измерения методом спектрометрии лазерно-индуцированной плазмы

5.2 Влияние ванны расплава на химический анализ методом СЛИП

5.2.1 Влияние температуры поверхности образца на аналитические возможности СЛИП

5.2.2 Влияние приповерхностной плазмы на процесс лазерной абляции и СЛИП-измерения

5.3 Методика in situ анализа в процессе получения покрытия с варьируемым содержанием карбида вольфрама

5.4 Онлайн-обнаружение дефектов в процессе лазерной наплавки

5.5 Выводы по главе

ГЛАВА 6. ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА ГОТОВОГО ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

6.1 Трехмерное картирование распределения элементов в готовом покрытии

6.2 Лазерный экспресс контроль распределения карбида вольфрама по толщине покрытия

6.3 Выводы по главе

ВЫВОДЫ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КМОП - комплементарная структура металл-оксид-полупроводник, КСОПП - коэффициент среднеквадратичной ошибки с перекрестной проверкой,

МСВИ - масс-спектрометрия вторичных ионов,

ПЗС - прибор с зарядовой связью,

ПО - предел обнаружения,

РСМА - рентгеноспектральный микроанализ,

РФА - рентгенофлуоресцентный метод анализа,

СЛИП - спектрометрия лазерно-индуцированной плазмы,

СЭМ - сканирующая электронная микроскопия,

ФГА - фракционный газовый анализ (методом окислительного плавления в керамическом тигле в индукционной печи с плавнем).