

УДК 621.785.53

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ФАЗ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО АЗОТИРОВАНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ СИСТЕМЫ NI-CO-CR-W

Ольга Юрьевна Козлова⁽¹⁾, Максим Вадимович Ахмедзянов⁽²⁾

Магистр 1 года⁽¹⁾,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Инженер 2-ой категории ФГУП «ВИАМ»⁽²⁾

Научные руководители: С.В. Овсепян,

кандидат технических наук, начальник лаборатории «Жаропрочные сплавы на никелевой основе» ФГУП «ВИАМ»

А.С. Помельникова,

доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»

Для производства ответственных статорных деталей и узлов высокотемпературной зоны современных ГТД, в том числе жаровых труб, применяются свариваемые деформируемые сплавы на никелевой и никель-кобальтовой основах, работоспособные только до температуры 1100 °С [1].

В настоящее время в России, во ФГУП «ВИАМ», разработаны жаропрочные свариваемые никелевые сплавы нового класса, упрочняемые нитридами титана в процессе химико-термической обработки (ХТО) – высокотемпературного азотирования. Наиболее высокие значения жаропрочности обеспечивает сплав на никель-кобальт-хромовой основе. Он работоспособен до 1250 °С.

Наиболее эффективное упрочнение происходит при образовании в матрице дисперсных нитридов с высокой термодинамической стабильностью [2]. Жаропрочные сплавы, упрочняемые внутренним азотированием, представляют собой многокомпонентные материалы. Элементы, входящие в состав данных сплавов, различаются по термодинамической активности к азоту [3]. Основные металлы сплавов (Ni, Co) не образуют устойчивые нитридные соединения. Высокостабильные нитридные фазы формируют такие элементы, как Ti, Ta, которые обеспечивают дисперсное упрочнение сплавов. Эффективное упрочнение достигается, если частицы нитридных фаз равномерно распределены по всему объему листа, т.е. необходимо получение «сквозного» азотирования [4].

Исследовалась возможность формирования упрочняющих фаз в процессе высокотемпературного азотирования. ХТО подвергались образцы листового проката четырех экспериментальных составов.

Выбран режим азотирования по типу сплава ВЖ171: температура азотирования на 150-200 °С ниже температуры начала плавления сплава, время выдержки 20 ч. Установлено, что при этом режиме для листа, толщиной 1,2 мм из сплава ВЖ171, азотирование проходит по всему объему, и достигаются наиболее высокие свойства материала.

Микроструктура сплавов исследовалась с помощью оптического микроскопа Olympus GX51, растрового электронного микроскопа JSM-840. После высокотемпературного азотирования исследовали состав фаз сплавов методом количественного микрорентгеноспектрального анализа на аппарате «Суперпроб-733» («JСМА-733»).

Проведенное исследование показало, что в зависимости от состава сплава распределение нитридов по сечению (глубине листа) меняется. Установлено, что в составе, где вольфрам

6. *Арзамасов Б.Н.* Химико-термическая обработка в активизированных газовых средах. – М.: Машиностроение, 1982. – 120 с.
7. *Петрова Л.Г.* Высокотемпературное азотирование жаропрочных сплавов// *Металловедение и термическая обработка металлов*, 2004. – № 1. – С. 18-25.
8. *Кипарисов С.С.* Азотирование тугоплавких металлов/ С.С. Кипарисов, Ю.В Левинский – М.: Metallurgy, 1972. – 160 с.