

УДК 621.785.53

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО АЗОТИРОВАНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ СИСТЕМЫ NI-CO-CR-W

Ольга Юрьевна Козлова

*Магистр 2 года,
кафедра «Материаловедение»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*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»*

Известно, что для производства узлов высокотемпературной зоны современных ГТД, в том числе жаровых труб, применяются свариваемые деформируемые сплавы на никелевой и никель-кобальтовой основах, работоспособные до температуры 1100°C.

Во ФГУП «ВИАМ» разработаны жаропрочные свариваемые никелевые сплавы, упрочняемые нитридами титана в процессе химико-термической обработки (ХТО) – высокотемпературного азотирования. Наиболее высокие значения жаропрочности обеспечивает сплав на никель-кобальт-хромовой основе – ВЖ171 [1], рабочая температура которого достигает 1250°C. Однако, экспериментальными работами [2] установлено, что предел упрочнения стабильными нитридами не достигнут. В настоящее время исследования проводятся в направлении выбора легирующих элементов сплава на никель-кобальт-хромовой основе и оптимизации режима высокотемпературного азотирования.

Целью настоящей работы является исследование кинетики формирования упрочняющих фаз в процессе высокотемпературного азотирования. ХТО подвергались образцы листового проката толщиной 1,1-1,3 мм пяти экспериментальных составов, выбранных исходя из химического состава сплава ВЖ171, литературных данных о процессе диффузии в атмосфере азота [3] и опыта изготовления жаропрочных деформируемых никелевых сплавов: основа Ni-Co-Cr и добавки (масс.):

1. 12% Mo, 2% Ti
2. 3.8% Mo, 7.2% W, 2% Ti
3. 8% W, 2% Ti, 4% Ta
4. 1% Mo, 10% W, 3% Ti, 0.2% C
5. 1% Mo, 10% W, 1.3% Ti, 0.7% Zr

Режим азотирования для всех сплавов выбран по типу сплава ВЖ171: температура азотирования на 150-200 °C ниже температуры начала плавления сплава, время выдержки изменялось от 10 до 40 ч.

Было установлено, что при этом режиме для листа толщиной 1,2 мм из сплава ВЖ171 азотирование проходит по всему объему за 20 ч, и достигаются наиболее высокие свойства материала. Увеличение времени выдержки нецелесообразно, так как приводит к небольшому увеличению прочности, но резкому снижению жаропрочности и пластичности.

На рисунке 1 представлена кинетика азотирования пяти экспериментальных составов.

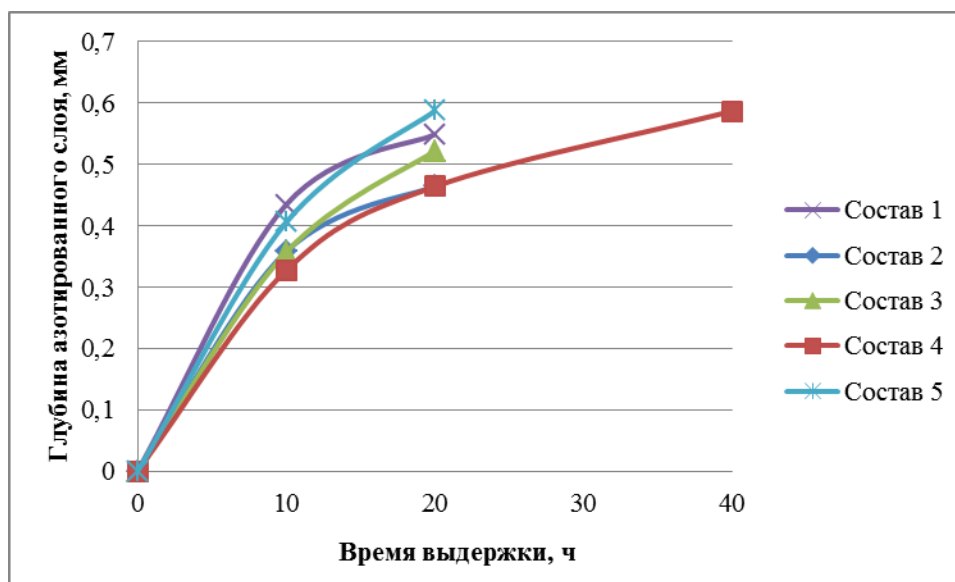


Рисунок 1 – Кинетика азотирования

Как видно из рисунка 1, в составах 1, 2, 3 и 5 азотирование прошло на всю толщину листа за 20 ч выдержки в атмосфере азота (толщина листов состава 1 – 1,1 мм; остальных – 1,2 мм). В составе 4 азотирование прошло полностью после выдержки в течение 40 ч (толщина листа 1,3 мм). По-видимому, это связано с большим содержанием углерода в данном сплаве, который затрудняет процесс диффузии азота вглубь образца.

Анализ результатов МРСА после высокотемпературного азотирования в течение 40 ч показал, что в спектрах, полученных от матрицы образцов, во всех экспериментальных составах наблюдаются пики Ni, Co и Cr, а также нитриды. На отдельных элементах структуры заметно возрастает процентное содержание легирующих элементов (по сравнению с исходным). В составе 1 содержание Ti увеличивается до 17%, в составе 2 – до 24%. В составе 3 содержание Ti возрастает до 16%, а в сердцевине – до 57%. В составе 4, с повышенным содержанием углерода, образуются карбиды, равномерно распределенные по всей толщине листа, которые упрочняют материал. В составе 7 обнаружено увеличение содержания Zr до 49%. Также во всех сплавах в отдельных элементах обнаружен N, содержание которого меняется от 7 до 19%.

Исследование кинетики высокотемпературного азотирования позволяет спрогнозировать время, необходимое для сквозного азотирования образцов и деталей различной толщины.

Литература

1. Пат. 2283361 Российская Федерация, МПК С 22 С 19/07. Жаропрочный сплав на основе кобальта и изделие, выполненное из него/ Латышев В.Б., Каблов Е.Н., Моисеев С.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" – 2005108305/02; заявлено 24.03.2005; опубликовано 10.09.2006 – 1 с.
2. *Овсеян С.В., Ахмедзянов М.В., Мазалов И.С., Расторгуева О.И.* Легирование углеродом сплава системы Ni-Co-Cr-W-Ti, упрочняемого химико-термической обработкой// Авиационные материалы и технологии. 2015. № 4 (37). С. 21–24
3. *Петрова, Л.Г.* Высокотемпературное азотирование жаропрочных сплавов// МиТОМ №1, 2004. С. 18-25