

УДК 669.245.018.44

## ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ РАБОТАЮЩЕГО ДО 800 °С ДЛЯ ДИСКОВ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ (ГТД)

Анна Алексеевна Буякина

*студент 6 курса,*

*кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет*

*Научные руководители: С.В.Овсеян<sup>(1)</sup>, А.С.Помельникова<sup>(2)</sup>*

*<sup>(1)</sup> кандидат технических наук, заведующий лабораторией №3 ФГУП ВИАМ*

*<sup>(2)</sup> доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»*

Для современных деформируемых жаропрочных сплавов на никелевой основе практически достигнут предел механических свойств и дальнейшее увеличение характеристик невозможно без применения новых подходов к легированию и технологии обработки.

В настоящее время сплавы для дисков турбин отечественного и зарубежного производства (ВЖ175У, ЭП975, Alloy 10, LSHR) не обеспечивают высокие показатели одновременно кратковременной и длительной прочности при температурах 700 - 800 °С. Основной проблемой сочетания высоких показателей механических свойств является разный механизм пластической деформации в условиях ползучести и статического растяжения.[1]

Целью данной работы является выбор химического состава высокопрочного сплава на основе никеля с использованием математического моделирования, обеспечивающего фазовую стабильность и сочетание высокого уровня прочности и жаропрочности при 750°С. Новый сплав должен превосходить отечественные и зарубежные аналоги по рабочей температуре на 50-100 °С (ВЖ175У – 750°С, Alloy10 и LSHR – 700°С), по жаропрочности при 750°С на базе 100 часов на 11-40 % (ВЖ175У, Alloy 10, LSHR).[2] Результаты работы могут быть использованы при создании перспективного вертолетного двигателя и малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД).

При разработке химического состава, для оценки уровня свойств и фазовой стабильности, с целью исключения возможности выделения топологически плотноупакованных (т.п.у.) фаз при термообработке и эксплуатации сплава использовали физико-химическую модель на основе уравнений системы неполяризованных ионных радиусов (СНИР). [3, 4]

В результате исследований выбраны композиции на основе системы Ni-Co-Cr-Al-Ti, дополнительно легированные вольфрамом (до 10%), танталом (до 6%) и ниобием (до 4,5%). Установлены зависимости механических характеристик ( $\sigma_B^{20}$ ,  $\sigma_{0,2}^{20}$ ,  $\delta_5^{20}$ ,  $\sigma_{100}^{750}$ ) от параметров СНИР. Определены оптимальные концентрации легирующих элементов сплава для обеспечения высоких значений прочности при комнатной и рабочих температурах.

Для экспериментальных составов проведены испытания механических свойств. Получены заданные характеристики:  $\sigma_B^{20} = 1515$  МПа,  $\sigma_{0,2}^{20} = 1170$  МПа,  $\sigma_{144}^{750} = 765$  МПа. Показано, что при оптимальном химическом составе обеспечивается минимальное содержание избыточной эвтектики  $\gamma'$  фазы и отсутствие т.п.у. фаз.

Методами оптической и растровой электронной микроскопии изучена микроструктура экспериментальных композиций. Проведены сравнительные исследования основных свойств после различных режимов термической обработки. Установлено, что только подбор одновременно химического состава и термической обработки способен обеспечить высокие показатели механических характеристик сплава.

### Литература

1. *Б.С. Ломберг, С.В. Овсеян, М.М. Бакрадзе, И.С. Мазалов* «Высокотемпературные жаропрочные никелевые сплавы для деталей газотурбинных двигателей» // 80 лет. Авиационные материалы и технологии : Юбил. науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии») / Под общ. ред. акад. РАН, проф. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2012. – С. 52-57
2. *Ломберг Б.С., Овсеян С.В., Бакрадзе М.М.* Особенности легирования и термической обработки жаропрочных никелевых сплавов для дисков газотурбинных двигателей нового поколения // Авиационные материалы и технологии : Науч.-технич. сб. – М.: ВИАМ, 2010. – №2. – С. 3-8
3. *Овсеян С.В., Ломберг Б.С., Григорьева Т.И., Бакрадзе М.М.* Жаропрочный деформируемый свариваемый сплав для деталей ГТД с низким температурным коэффициентом линейного расширения // *Металлург : Журнал* – М.: *Металлургиздат*, 2013. – №7 – С. 61-65
4. *Бакрадзе М.М.* Особенности легирования и термической обработки высокожаропрочных никелевых сплавов нового поколения для дисков перспективных газотурбинных двигателей.: дис. канд. техн. наук : 05.16.01 : защищена 19.04.11 : утв. 08.07.11 / Бакрадзе Михаил Михайлович. — М., 2011. — 118 с.