

УДК 669.245.71.018

## РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЛИГАТУР ДЛЯ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ Ni<sub>3</sub>Al

Татьяна Алексеевна Поваляева

*Студент 5 курса*

*кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научные руководители: М.В. Унчикова<sup>(1)</sup>, О.А. Базылева<sup>(2)</sup>,*

*<sup>(1)</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение» МГТУ им.*

*Н.Э. Баумана*

*<sup>(2)</sup> кандидат технических наук, начальник сектора ФГУП ВИАМ*

Интерметаллидные сплавы на основе Ni<sub>3</sub>Al типа ВКНА являются естественными эвтектическими термостабильными композиционными материалами, рабочие температуры которых выше, чем у никелевых суперсплавов. Фазовый состав сплавов ВКНА соответствует эвтектическому Ni<sub>3</sub>Al -  $\gamma'$ -фаза + (10-15) об. %  $\gamma$  – твердый раствор на основе никеля и практически не меняется при нагреве вплоть до температуры солидус, в то время как разупрочнение никелевых суперсплавов происходит вследствие растворения упрочняющей  $\gamma'$ - фазы.

Одним из способов повышения сопротивления ползучести и долговечности в сплавах типа ВКНА является формирование кристаллографической текстуры и уменьшение протяженности поперечных границ при переходе от поликристаллической структуры с равноосными зернами к столбчатой дендритной структуре и далее монокристаллической структуре. Максимальным уровнем прочностных свойств обладают интерметаллидные сплавы с кристаллографической ориентацией  $\langle 111 \rangle$  [1].

Однако резервы, заложенные в эвтектических композициях еще не исчерпаны, в связи с чем проводятся работы по увеличению долговечности сплавов за счет легирования редкоземельными металлами (РЗМ), являющимися реакционно- и поверхностно-активными элементами. В настоящее время изучено влияние лантана, иттрия и церия. Установлено [2, 3, 4], что при их введении изменяется структура сплавов, повышаются эксплуатационные характеристики, такие как жаростойкость и длительная прочность. РЗМ, обладая высоким сродством к кислороду, сере, азоту оказывают рафинирующее воздействие при выплавке, уменьшая содержание оксидов, сульфидов, нитридов, которые являются концентраторами напряжений и инициируют зарождение трещин в условиях эксплуатации. С другой стороны РЗМ, как поверхностно активные элементы упрочняют границы зерен и повышают структурно-фазовую стабильность сплавов. Однако повышенное содержание лантана, иттрия, церия приводит к образованию легкоплавких фаз, которые отрицательно влияют на свойства сплавов, поэтому для рафинирования ВКНА были выбраны другие РЗМ, такие как празеодим, неодим, эрбий. Выбор этих РЗМ обусловлен тем, что давление упругости паров у них выше, чем у лантана, церия и иттрия, и сродство их к примесям кислорода, серы и азота высокое, что обеспечивает ультранизкое содержание последних.

Целью данной работы является разработка составов лигатур на основе празеодима, неодима, эрбия и технологий их изготовления.

Химический состав лигатуры, который должен обеспечивать образование тугоплавких соединений никеля и РЗМ для лучшего усвоения элементов в сплаве, а также температуры плавления лигатуры выбирали по диаграммам состояния: Ni-Er, Ni-Nd, Ni-Pr. Образцы лигатур в виде литых прутковых заготовок изготавливали на вакуумной индукционной установке УППФ-УМ.

Проведены исследования химического состава образцов лигатуры. Содержание серы, кислорода и азота определяли на газоанализаторе LECO. По результатам исследований было установлено, что технологические режимы выплавки экспериментальных образцов лигатур РЗМ позволяют получить металл высокого качества. Содержание газовых примесей в образцах находится в пределах нормы для лигатур РЗМ и не окажет неблагоприятного воздействия на выплавляемый с их применением сплав на основе интерметаллида никеля.

По содержанию элементов, которое изучали методом атомно-эмиссионной спектроскопии на установке Varian 730 ES с аксиальным обзором плазмы, была определена степень усвоения РЗМ в экспериментальных образцах лигатур. Установлено, что празеодим, неодим и эрбий усваиваются в лигатуре на 96-98 %.

По результатам исследования были выбраны составы лигатур РЗМ: Ni - (35-38 % масс.) Pr, Ni - (33-35 % масс.) Nd, Ni - (33-35 % масс.) Er, определены технологические режимы изготовления лигатур РЗМ заданных составов, получены данные по степени усвоения РЗМ в лигатуре.

## Литература

1. Колобов Ю.Р., Каблов Е.Н., Козлов Э.В. и др. Структура и свойства интерметаллидных материалов с наночастицами упрочнением. /Под научной редакцией Е.Н. Каблова и Ю.Р. Колобова. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2008, С.20-43, 202-209.

2. Базылева О.А., Поварова К.Б., Казанская Н.К., Дроздов А.А. Редкоземельные металлы в сплавах на основе алюминидов никеля. III. Структура и свойства многокомпонентных сплавов на основе Ni<sub>3</sub>Al // Металлы, 2009, № 2, С.69-76

3. Поварова К.Б., Казанская Н.К., Дроздов А.А. и др. Изучение влияния редкоземельных металлов на жаропрочность сплавов на основе Ni<sub>3</sub>Al // Металлы, 2011, № 1, С.55-63.

4. Сидоров В.В., Тимофеева О.Б., Калицев В.А., Горюнов А.В. Влияние микролегирования РЗМ на свойства и структурно-фазовые превращения в интерметаллическом сплаве ВКНА-25-ВИ // Авиационные материалы и технологии, 2012, № 4, С.8-13.