



Интерметаллидные сплавы на основе Ni_3Al

Э.Г. Аргинбаева

О.А. Базылева

кандидат технических наук

Е.И. Туренко

Ноябрь 2011

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более, чем в 30-ти научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в 4-х филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках Международных салонов в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат Государственных премий СССР и РФ, академик РАН Е.Н. Каблов.

Статья подготовлена для опубликования в журнале «Все материалы. Энциклопедический справочник», №5, 2012 г.

Электронная версия доступна по адресу: www.viam.ru/public

Интерметаллидные сплавы на основе Ni_3Al

Э.Г. Аргинбаева, О.А. Базылева, Е.И. Туренко

Всероссийский институт авиационных материалов

Обзорная статья о литейных жаропрочных сплавах на основе интерметаллида никеля Ni_3Al . Дано описание структурно-фазового состояния сплавов, области их применения, приведены показатели физико-механических свойств в сравнении с никелевыми жаропрочными сплавами аналогичного назначения.

Ключевые слова: интерметаллид Ni_3Al , микроструктура, монокристаллические образцы, сплав ВКНА, структурно-фазовое состояние, сопротивление окислению, жаропрочность.

С целью повышения температур газа перед турбиной и, как следствие, КПД двигателя создан новый класс литейных конструкционных высокотемпературных экономно легированных материалов на основе интерметаллида Ni_3Al серии ВКНА («ВИАМ», конструкционный никель-алюминиевый), предназначенных для изготовления деталей газотурбинных двигателей, эксплуатируемых в диапазоне температур 900–1200°C.

Интерметаллидные сплавы отличаются низкой плотностью (на 10–12% ниже, чем у жаропрочных никелевых), высокой жаростойкостью при рабочих температурах и возможность их производства с применением существующего технологического оборудования для выплавки, отливки, механической и термической обработок. Применение легких сплавов на основе интерметаллида никеля в качестве рабочих лопаток позволит снизить нагрузку на диски турбины и повысить ресурс ГТД в 2,5–3,0 раза.

Сплавы на основе интерметаллида Ni_3Al содержат в объеме дендритной структуры небольшое количество вязкой γ -фазы (5–10% по массе), а на границах дендритов – пластичные при высоких температурах частицы

β -фазы (рис. 1). При этом оптимальная жаропрочность литых сплавов с подобной структурой в интервале температур 900–1250°C реализуется в монокристаллических отливках с кристаллографической ориентацией (КГО) $\langle 111 \rangle$. Разработаны технология выплавки легированных сплавов на основе интерметаллида Ni_3Al в вакуумных индукционных печах, обеспечивающая минимальное содержание вредных примесей, а также технология литья полуфабрикатов и деталей с монокристаллической структурой. Это позволило оптимизировать свойства сплавов на основе интерметаллида Ni_3Al и разработать сплавы ВКНА-1В, ВКНА-4У и ВКНА25 (ВИН1) (В.П. Бунтушкин, О.А. Базылева, О.Д. Мелимевкер, Л.В. Ларина, В.И. Буркина).

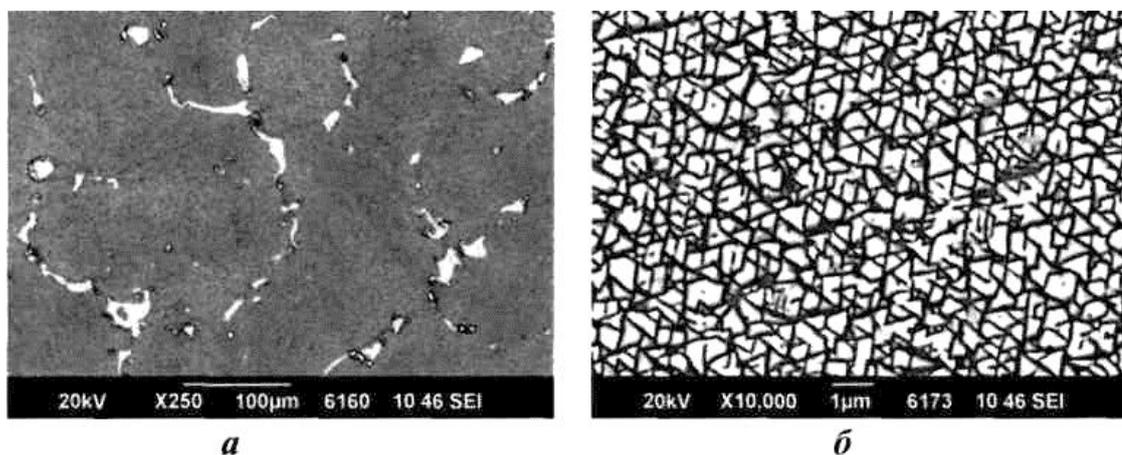


Рисунок 1. Микроструктура литых образцов интерметаллидного сплава с монокристаллической структурой с КГО $\langle 111 \rangle$:

a – дендритно-ячеестое строение; *б* – морфология γ' -фазы в осях дендритов

Обладая высоким сопротивлением газовой коррозии, интерметаллидные сплавы имеют плотность на 10% ниже, чем серийные никелевые жаропрочные сплавы (ЖС6У, ЖС32 и т.д.), и содержат значительно меньшее количество тяжелых тугоплавких элементов (рис. 2).

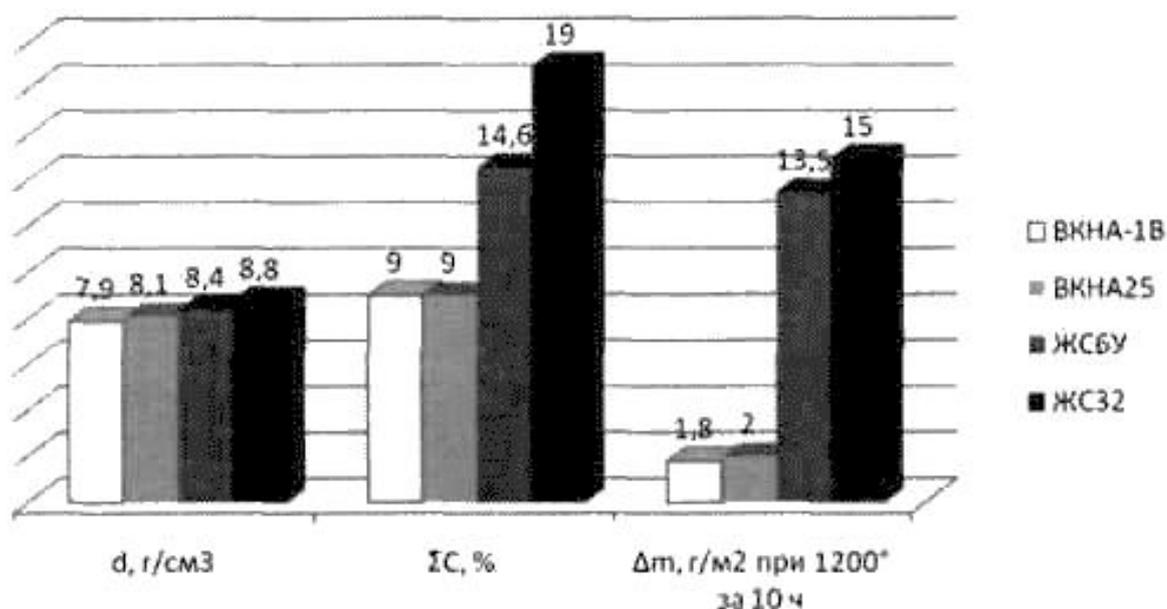


Рисунок 2. Плотность, суммарное содержание тугоплавких легирующих элементов и жаростойкость при температуре 1200°C интерметаллидных сплавов в сравнении с никелевыми жаропрочными сплавами

Особенностью структурно-фазового состояния интерметаллидных сплавов является высокое (до 95% (мас.)) содержание γ' -фазы (Ni_3Al -соединение) с упорядоченной гранецентрированной кубической решеткой, благодаря чему сплавы обладают высокой термической стабильностью структуры и высоким сопротивлением окислению при высоких температурах (рис. 1). Небольшое (5–10% (мас.)) содержание γ -фазы (твердый раствор на основе никеля) растворяет в себе и небольшое количество легирующих элементов. Представленные на рис. 3 данные показывают, что интерметаллидный сплав при меньшем содержании тугоплавких элементов не уступает по жаропрочности на базах 100, 500 и 1000 ч сплаву ЖС32.

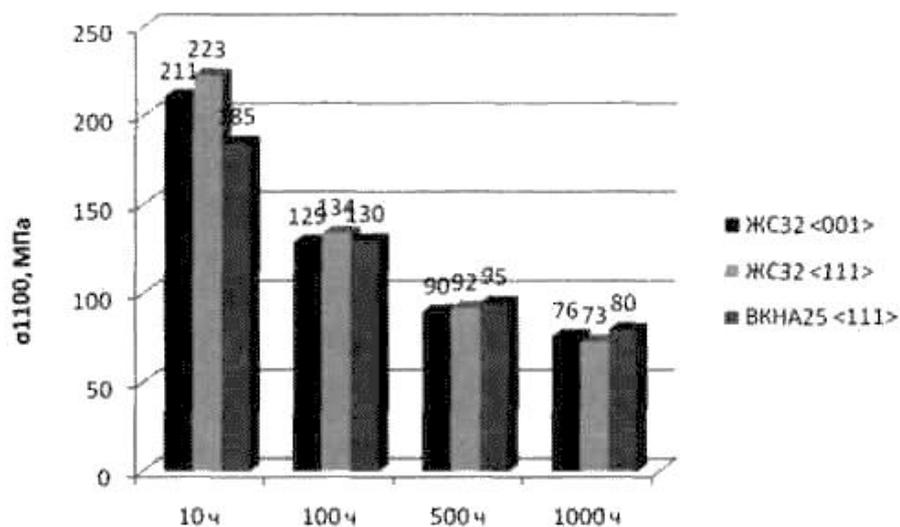


Рисунок 3. Сравнительные показатели пределов длительной прочности и интерметаллидных сплавов при температуре 110°C

Механические свойства и длительная прочность на базах испытания 100 и 500 ч сплавов серии ВКНА в интервале температур 20–1200°C приведены на рис. 4–7. Механические свойства сплавов серии ВКНА при комнатной и высоких температурах определялись на образцах с кристаллографической ориентацией <111>.

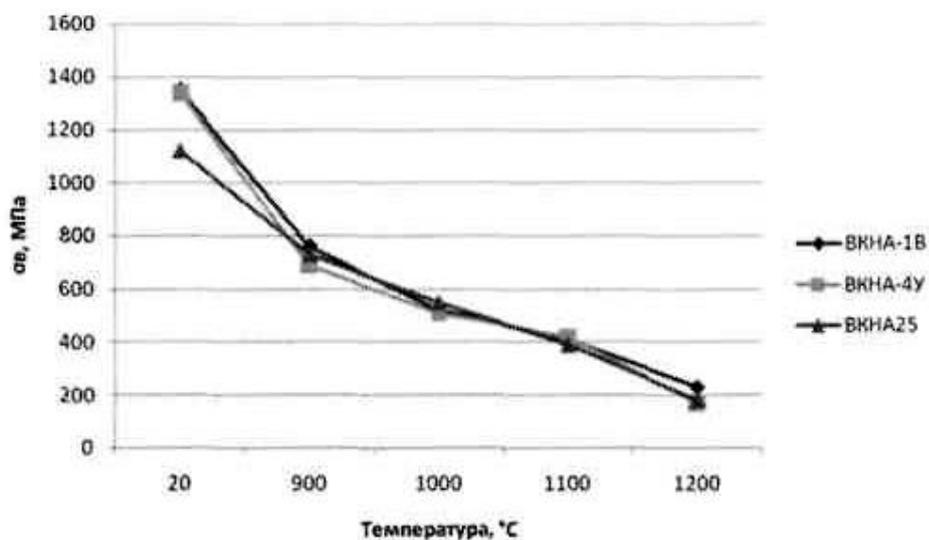


Рисунок 4. Показатели предела кратковременной прочности сплавов серии ВКНА

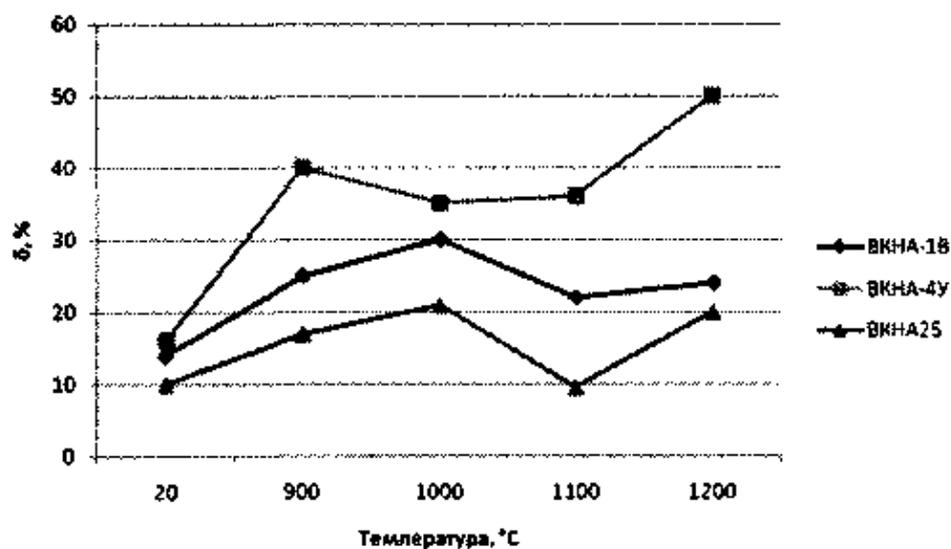


Рисунок 5. Показатели относительного удлинения сплавов серии ВКНА

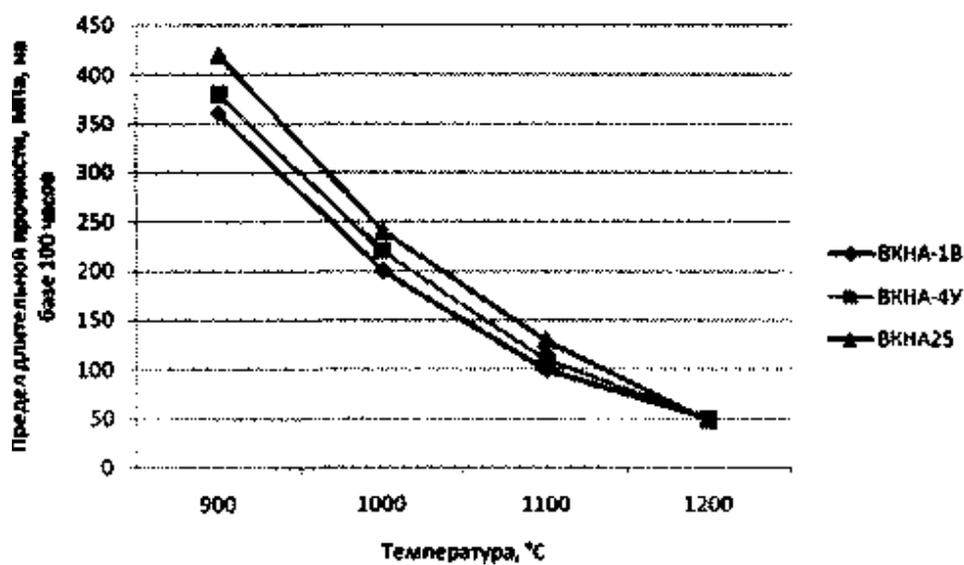


Рисунок 6. Пределы прочности сплавов серии ВКНА на базе испытаний 100 ч

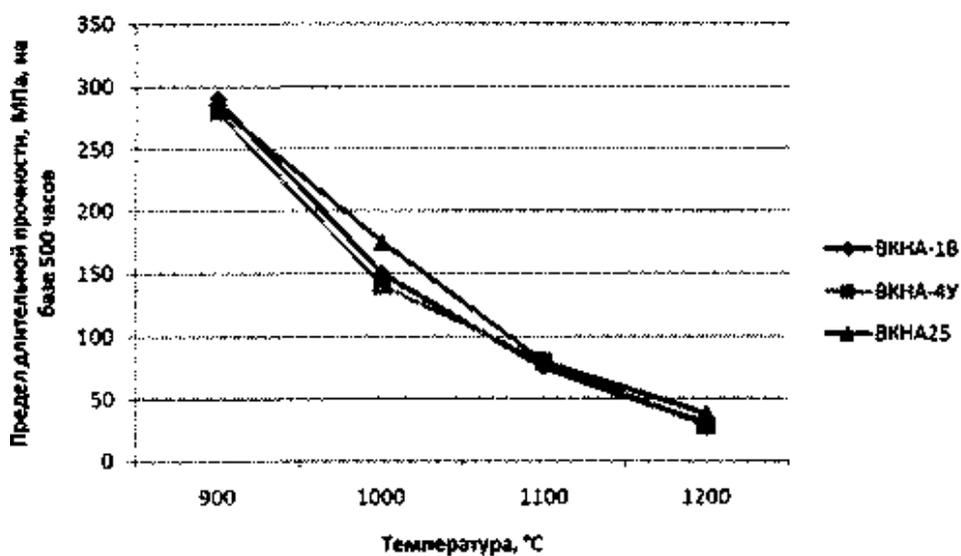


Рисунок 7. Пределы длительной прочности сплавов серии ВКНА на базе испытаний 500 ч

В соответствии с комплексом физико-механических свойств интерметаллидные сплавы марки ВКНА рекомендуются для литых сопловых лопаток, деталей жаровых труб, створок и проставок реактивного сопла с монокристаллической структурой, длительно эксплуатируемых при температурах 900–1200°С. Впервые в мире сплавы на основе интерметаллидов никеля применяются в авиационной технике.

За создание и внедрение жаропрочных сплавов на основе интерметаллида никеля серии ВКНА разработчики отмечены Премией Совета Министров СССР (В.П. Бунтушкин, О.Д. Мелимевкер) и Премией Правительства Российской Федерации (В.П. Бунтушкин, О.А. Базылева).