

## **ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСОБЕННОСТИ МАКРО- И МИКРО- СТРУКТУРЫ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ**

Известно, что к основной группе факторов, влияющих на фазово-структурные параметры ориентированной макро- и микроструктуры отливок и определяющих уровень эксплуатационных характеристик, относятся, наряду с составом ингредиентов, теплофизические свойства сплава ( $T_S$ ,  $T_L$ ) и технологические режимы процесса кристаллизации (градиент температуры  $G$  на фронте кристаллизации и скорость кристаллизации  $V_{кр}$ ).

В данной работе проанализированы корреляционные связи между технологическими параметрами процесса кристаллизации, макро-, микроструктурой и эксплуатационными характеристиками жаропрочного сплава типа ЧС 104, что даёт возможность отработать технологический процесс получения лопаток ГТУ определенного типоразмера с регулярной ориентированной (монокристаллической) структурой.

Цилиндрические поликристаллические заготовки для модельных сплавов выплавлялись во ФТИМС НАНУ из первичной шихты на литейных агрегатах УППФ-2 (Россия, г. Ржев) по разработанной для сплавов этого класса технологической карте (давление в печи 1,2-2,5 Па, температура заливки в формы 1560-1580 °С, температура формы - 800 °С). Отработку температурно-скоростных параметров процесса получения отливок с образцами-свидетелями проводили в условиях комбинированного (радиационного и конвективного) охлаждения формы (жидкий алюминий) при вариациях скоростей кристаллизации  $V_{кр} = 5; 10$  мм/мин на высокоградиентной установке для направленной кристаллизации УВНК-8П совместно с ГП НПКГ "Зоря" – "Машпроект", г. Николаев.

Литые заготовки опытных образцов и лопаток подвергали двухступенчатой термической обработке в вакууме. Температуры основных фазовых превращений ( $T_S$ ,  $T_L$ ,  $T_{п.р.}$ - полного растворения  $\gamma'$ -фазы) определяли методом высокотемпературного дифференциального термического анализа (ВДТА) на установке ВДТА- 8М с точностью 5 °С.

Для исследования макро- и микроструктуры применяли световой «Neofot 2» и электронный «ЭМВ-100ЛМ» микроскопы. Распределение легирующих элементов между фазами изучалось на микроанализаторах JXA8600 фирмы JEOL (Япония) и Cameca - MS46 фирмы CAMECA (Франция). Механические испытания образцов на кратковременную прочность выполняли на стандартных цилиндрических образцах с рабочей частью диаметром 5 и длиной 25 мм по ГОСТ 9651-84 при температурах 20, 700...950 °С. Испытания на длительную прочность проводили по ГОСТ 10145-81.

Междендритное расстояние  $\lambda$  рассчитывали как среднестатистическое между дендритными осями первого порядка, измеренное в кратчайшем направлении, т.е.  $\langle 001 \rangle$ , и определяемое графически с помощью среднего расстояния  $\lambda$  на поперечном сечении слитка произвольной ориентации. Для статистической достоверности рассматривали не менее 3-ех полей зрения в 5 зернах. Количественное измерение объемной доли и размера фазовых составляющих проводили на анализаторе «Квантимет-720», совмещенном с растровым микроскопом JSM-840. Относительная точность определения указанных величин составила 5-10 %. Для измерения коэффициентов ликвации легирующих элементов использовали количественный поэлементный анализ, проводимый методом МРСА.

Было определено, что степень дисперсности фазовых составляющих более чувствительна к химическому составу сплава, чем размер дендритной ячейки, так как, определяется диффузией в твердом состоянии, существенно зависящей от соотношения легирующих элементов в сплаве, в отличие от коэффициента диффузии в расплаве. Металлографическим анализом подтверждено, что в осях и межосных пространствах форма и размеры частиц  $\gamma'$ -фазы существенно различаются. При этом степень дисперсности эвтектической  $\gamma'$ -фазы, располагающейся в межосных пространствах в виде «островков» неправильной формы, зависела как от скорости охлаждения в твердо-жидкой области, где возникали зародыши эвтектики, так и от диффузии в твердом состоянии, контролирующей гетерогенный рост этих зародышей, причем последние служили подложкой для выделяющихся частиц.