

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 γ' -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 λ рассчитывали как среднестатистическое между дендритными осями первого порядка, измеренное в кратчайшем направлении, т.е. $\langle 001 \rangle$, и определяемое графически с помощью среднего расстояния λ 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 γ' -фазы существенно различаются. При этом степень дисперсности эвтектической γ' -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.