

Милонин Е.В., Наумик В.В., Гайдук С.В.

(АО «Мотор Сич», ЗНТУ, г. Запорожье)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛА ЛИТЫХ ОБРАЗЦОВ
НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ИЗ ОПЫТНОГО ЖАРОПРОЧНОГО
НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА НА БАЗЕ ЖС32-ВИ

naumik@zntu.edu.ua

Для изготовления литых рабочих лопаток с направленной и монокристаллической макроструктурой широкое распространение получил жаропрочный никелевый сплав ЖС32-ВИ. Одним из основных легирующих элементов в его составе является тантал, который существенно повышает прочностные свойства никелевых сплавов и, кроме того, является умеренным по стоимости, в сравнении с таким элементом как рений.

Исследовали качество материала образцов, отлитых методом высокоскоростной направленной кристаллизации (ВНК) на установке УППФ-3М из опытного жаропрочного никелевого сплава на базе ЖС32-ВИ, с повышенным содержанием Та, без Nb, при пониженных содержаниях Со и С.

Исследование проводили в сравнении с аналогичными образцами, отлитыми методом ВНК из сплава ЖС32-ВИ.

Значения отклонений направления [001] от оси Z в образцах с монокристаллической макроструктурой, отлитых из опытного жаропрочного никелевого сплава, соответствовали требованиям ТУ для сплава ЖС32-ВИ (ВНК) – не более 20 угл. град. Остальные образцы имели направленную структуру с количеством кристаллов не более 3.

Механические и жаропрочные свойства исследованных образцов опытного жаропрочного никелевого сплава после проведения гомогенизации в вакууме при температурах 1255 °С и 1270 °С, удовлетворительные и отвечают требованиям ТУ для сплава ЖС32-ВИ.

При этом следует отметить, что значения длительной прочности опытных образцов, испытанных при температуре 1000 °С и напряжении 28 кгс/мм², на-

ходятся на уровне значений для сплава ЖС32-ВИ. При испытании при температуре 975 °С и напряжении 25 кгс/мм² длительная прочность опытного сплава более чем в 3 раза превышает средние значения для сплава ЖС32-ВИ. Приведенные данные подтверждают положительное влияние повышенного содержания Та на жаропрочность и перспективность применения низкоуглеродистой модификации сплава на базе ЖС32-ВИ

В материале обнаружены микропоры и усадочная рыхлота, единичные оксидные включения размером, не превышающим 20 мкм, а также мелкие включения сферической формы светло-серого цвета (в отдельных случаях с розовыми вкраплениями) размером ~2...4 мкм, характерные для сложных окислов. Карбиды и карбонитриды методом оптической микроскопии при увеличении до $\times 1000$ не обнаружены, что характерно для структуры низкоуглеродистого никелевого сплава ($C \leq 0,08\%$).

Микроструктура термически обработанных образцов опытного сплава при температуре 1255 °С характерна для литейных жаропрочных никелевых сплавов с наличием структурной неоднородности. Следов перегрева не обнаружено.

Повышенное содержание эвтектической фазы (γ - γ') и разноразмерность частиц γ' -фазы в осях и междендритных пространствах в опытном сплаве, вероятно, обусловлены проведением термообработки при температуре значительно ниже температуры полного растворения γ' и (γ - γ')-фаз в твердом растворе, а также пониженным содержанием углерода.

Гомогенизация при температуре 1270 °С по режиму предусмотренному для сплава ЖС32-ВИ, не приводит к полному растворению эвтектической (γ - γ')-фазы в γ -твердом растворе, но способствует существенному выравниванию размеров γ' -фазы в осях и междендритных пространствах.

Проведение термообработки при более высокой температуре (1270 °С вместо 1255 °С) не привело к существенному повышению механических и жаропрочных свойств опытного сплава.