

УДК 621.762

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ЛИГАТУРЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ СТАЛИ  
В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ МЕТОДОМ  
РЕАКЦИОННОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Н. Б. КИСЕЛЕВИЧ  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Используя технологию реакционного механического легирования, разработанную в Белорусско-Российском университете, можно получать модифицирующую лигатуру для повышения эксплуатационных свойств большинства типов сплавов, а также для производства литых заготовок.

В литейных процессах для модифицирования структуры стали выгодно применять композиции на основе системы «железо – легирующий металл, обладающий высоким родством с кислородом – оксид». Этот оксид должен обладать более высоким значением  $\Delta G^\circ$  образования, чем оксид легирующего элемента.

Для увеличения дисперсности синтезируемых фаз и повышения уровня завершения химических превращений механическое легирование модифицирующей шихты рекомендуется проводить в газовой окислительной среде.

Из-за химической инертности молекулярного азота образование нитридов в процессе обработки композиции в воздушной среде маловероятно, но в среде закиси азота это вполне возможно.

Если в качестве окислителя использовать закись азота  $N_2O$ , а легирующего элемента – порошок алюминия, то в процессе механического легирования в вибрационной мельнице с высокой энергонапряженностью возможно синтезирование оксидов и нитридов алюминия, которые вследствие повышенной термостабильности могут использоваться в качестве модификаторов первой группы при литье различных сплавов.

$\Delta G^\circ_{298}$  образования оксидов и нитридов алюминия имеет значения от  $\sim -330$  до  $\sim -290$  кДж/моль-атом N. В процессе реакции алюминия с закисью азота образуются наноразмерные частицы  $Al_2O_3$  и  $AlN$ , а также некоторое количество молекулярного азота.

Для подачи окислителя в помольную камеру лабораторной вибрационной мельницы использовались баллон со сжиженной закисью азота и система подачи газа от сварочного аппарата для сварки в среде углекислого газа. Давление окислителя в помольной камере поддерживалось в пределах 0,3 МПа. Продолжительность механообработки лигатуры составляла 8 ч, в процессе которой помольная камера объемом 1 л охлаждалась водой.

Синтезирование термодинамически стабильных химических соединений в железной основе начинается в процессе механической обработки компонентов шихты в энергонапряженном механореакторе, а завершается этот процесс при термической активации лигатуры в процессе плавки.

Преимуществом вновь разработанной технологии является повышение степени дисперсности синтезируемых тугоплавких фаз с размерами менее 10...15 нм. Кроме того, дополнительная гомогенизация состава модифицирующей лигатуры позволяет осуществить более равномерное распределение центров кристаллизации во всем объеме расплава.

В качестве исходных компонентов для обработки в механореакторе использовались вполне доступные грубые и дешевые порошковые материалы: алюминия – ПА-4, ГОСТ 6058–2022, с размером частиц 100...250 мкм; железа – ПЖР 2.200.28, ГОСТ 9849–86, с размером частиц менее 200 мкм; стеариновой кислоты ( $C_{17}H_{35}COOH$ ), ГОСТ 9419–60.