УДК 621.762

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СПЛАВОВ

И. В. ЛУГОВЦОВ, Н. Б. КИСЕЛЕВИЧ

Научный руководитель А. И. ХАБИБУЛЛИН, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При литье стальных изделий существует возможность модифицирования стали в процессе плавки с целью измельчения структуры. Используя метод реакционного механического легирования, можно получать модифицирующую шихту по универсальной технологии, разработанной в Белорусско-Российском университете для литья любых типов сплавов.

Механическое легирование является универсальным методом синтеза химических соединений в различных порошковых материалах. При этом способе происходит интенсивное измельчение и перемешивание исходных компонентов в энергонапряженных мельницах. Частицы композиции в процессе обработки наклепываются и разрушаются. Кроме того, исходные компоненты могут реагировать друг с другом, образуя наноразмерные частицы тугоплавких соединений, которые представляют собой готовые центры кристаллизации в расплавах. В расплаве металла из центров кристаллизации начинается рост зерен. Если центров кристаллизации много, то в единице объема образуется большое количество зерен и, как следствие, мелкозернистая структура.

Известно, что все способы упрочнения металлов связаны с созданием препятствий для скольжения дислокаций. При пластической деформации в пределах зерен дислокации перемещаются свободно, но на границах зерен кристаллическое строение нарушается и появляются препятствия для их скольжения в виде неметаллических включений и атомов, расположенных аморфно. Для преодоления препятствий необходимо увеличивать усилие деформирования. При мелкозернистой структуре дислокациям для перемещения на единицу длины необходимо преодолеть большее количество границ зерен, что требует значительного увеличения усилий деформирования. Например, при увеличении диаметра зерен от номера 1 (0,3 мм) до номера 14 (3 мкм) механические свойства возрастают в 8 раз.

Для создания модификаторов при выплавке стали в процессе механического легирования в качестве кислородсодержащего компонента, необходимого для образования тугоплавкого оксида (например, Al_2O_3), можно использовать дешевые и доступные химические соединения с низкой термодинамической стабильностью (например, Fe_3O_4), а в качестве восстановителя порошок Al.

Основой лигатуры является порошок железа. Суммарное содержание легирующего компонента (Al), идущего на образование оксида алюминия в шихте, составляло 6 %. Для получения оксида железа Fe_3O_4 проводили отжиг порошка железа в окислительной атмосфере при температуре 900 °С

до образования порошка черного цвета. Количество оксида железа соответствовало теоретически необходимому для полного восстановления железа и связывания алюминия в синтезируемую фазу Al_2O_3 . В качестве поверхностно-активного вещества в шихту вводилась стеариновая кислота в количестве 1,0 %.

В системе «Fe–Al–оксид железа» формирование лигатуры состоит из одновременно протекающих процессов: измельчение и равномерное распределение легирующих компонентов; растворение алюминия в железной основе; внутреннее окисление алюминия оксидом железа. Образовавшиеся в процессе внутреннего окисления оксиды алюминия находятся в виде наночастиц размером до 5 нм и являются тугоплавкими термостабильными соединениями, т. е. эффективными модификаторами первой группы.

Преимуществом подобной лигатуры является возможность синтеза наноразмерных модификаторов (Al_2O_3), образование которых завершается в расплаве за счет термической активации. Это обеспечивает равномерное распределение большого количества центров кристаллизации по всему объему и снижает вероятность флотации в расплаве химических соединений малой плотности.

Технология получения лигатуры включает в себя выбор исходного состава шихты, механическую обработку шихты в вибрационной мельнице высокой энергонапряженности и термическую активацию полученной лигатуры.

В качестве исходных компонентов для получения модифицирующей лигатуры применялись порошки: железа – ПЖ2М (ГОСТ 9849–74); алюминия – ПА-4 (ГОСТ 6058–73); стеариновой кислоты $C_{17}H_{35}COOH$ (ГОСТ 9419–60) марки "ч.

Компоненты, входящие в исходный состав шихты, являются экологически безопасными, доступными и дешевыми. При этом синтезируемые соединения осуществляют роль модификаторов первой группы, а другие образующиеся фазы не снижают физико-механические свойства стали.