

УДК 621.762

ПРЕВРАЩЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В СИНТЕЗИРУЕМЫХ
МОДИФИЦИРУЮЩИХ ЛИГАТУРАХ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ
И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, А. И. ХАБИБУЛЛИН

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Процесс формирования механически легированных материалов на основе металлов, включая и рассматриваемую систему «Fe_{ост.} – 10%(Al–SiO₂) – 0,7%С₁₇Н₃₅COOH», ранее нами изучен и достаточно подробно описан. Продуктом механического легирования являются гранулированные композиции, частицы которых имеют осколочную, близкую к сферической форму. После обработки в механореакторе в течение более 5 часов они металлографически однородны – включения легирующих компонентов, а также границы зерен не выявляются. Последнее указывает на то, что компоненты или продукты их взаимодействия между собой или основой в пределах каждой гранулы распределены равномерно, и композиция в целом металлографически гомогенна и имеет ультрадисперсное строение. Гранулы характеризуются высокой плотностью с отдельными порами и трещинами. Средний размер частиц механически легированных железных композиций зависит от состава исходной шихты и находится в пределах 20–50 мкм. Структура матрицы независимо от состава композиции, представляющей собой фазы на основе железа – феррит, аустенит, мартенсит, формируется по механизму динамического возврата. Он включает следующие этапы: накопление дислокаций до максимально возможной плотности ($\rho \geq 10^{12} \text{ см}^{-2}$); их перестройку с образованием фрагментированной субструктуры; превращение фрагментов в кристаллиты со степенным распределением ОСМД, обусловленным наличием дислокационных стенок. Структура основы относится к субмикроструктурному типу. Размер зерен, разделенных на блоки величиной не более 20 нм, не превышает 100 нм. Основа характеризуется большой площадью поверхности раздела между компонентами, что способствует образованию центров кристаллизации новых фаз и ускоряет процесс их формирования. Механически синтезированные фазы рентгенографическим анализом, как правило, не фиксируются, что обусловлено, с одной стороны, их кластерным рентгеноаморфным строением, а с другой – малым содержанием, часто находящимся за пределами разрешающей способности метода. На наличие механически синтезированных упрочняющих фаз указывает высокая твердость гранулированных композиций, изменяющаяся в зависимости от состава, определяющего степень завершения механически активируемых фа-

зовых превращений (в пределах HV 550–700). Следует отметить, что во всех системах с относительно небольшим содержанием реагирующих компонентов механически активируемые фазовые превращения полного завершения не находят и получаемые композиции являются термодинамически неравновесными системами, содержащими исходные компоненты или промежуточные продукты их превращений. Причем с уменьшением ΔG° образования легирующего оксида полнота превращений снижается. Диоксид кремния SiO_2 является трудно восстанавливаемым соединением и степень завершения окислительно-восстановительных превращений в рассматриваемой системе низка.

Отсутствие явно выраженных механохимических процессов, протекающих между алюминием и диоксидом кремния при механическом легировании, подтверждается кривыми термогравиметрического анализа композиции. Основное взаимодействие между алюминием и диоксидом кремния, вызывающее образование ультрадисперсных частиц оксида алюминия, происходит при последующей термической обработке механически легированной композиции. Причем, реакция между компонентами в этих системах, подвергнутых обработке в механореакторе и находящихся в механически активированном состоянии, по сравнению с обычными порошковыми смесями протекает при меньшей температуре, с большей скоростью и полнотой, что обусловлено особенностями их строения первых. Основные из них являются:

- дисперсные частицы, образующие композицию, характеризуются высокой дефектностью кристаллического строения и находятся в активированном состоянии; площадь межчастичной поверхности чрезвычайно велика;

- между взаимодействующими компонентами существует непосредственный контакт по всей граничной поверхности, находящейся в ювенильном состоянии;

- диффузионные пути перемещения взаимодействующих компонентов коротки и составляют, в большинстве случаев, всего несколько десятков атомных параметров.

Это создает условия для протекания превращений по кинетике, близкой к бездиффузионной. Термическое воздействие должно активировать и приводить к завершению, прежде всего, фазовые превращения, получившие определенное развитие при механическом легировании. Наиболее интенсивно эти реакции протекают при температурах выше 620°C . Отжиг проводится при температурах не ниже температуры протекания термически активируемых реакций. Для исследований композиции оптимальная температура начала термической активации равна $620\text{--}650^\circ\text{C}$.