УДК 621.9

ПОРОШКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЖАРОПРОЧНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

А. С. ФЕДОСЕНКО, А. С. ОЛЕНЦЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Жаропрочность позволяет стали сохранять прочность и сопротивляться деформации при высоких температурах в течение длительного времени. В связи с этим данная характеристика является ключевой для деталей, работающих в условиях постоянного нагрева под нагрузкой. Из материалов этой группы изготавливают лопатки, диски и роторы газовых и паровых турбин и авиационных двигателей, теплообменники, реакторы, змеевики установок нефтепереработки и другие изделия, работающие при высоких температурах.

Наиболее часто для улучшения жаропрочности в сталь вводят легирующие элементы, такие как хром (9 %...12 %), молибден, вольфрам, ванадий, ниобий, что позволяет сохранять прочность до 620 °С...650 °С. Современной промышленности требуются материалы, способные работать при более высоких температурах. Это достигается применением сталей с дисперсными включениями термодинамически стабильных упрочняющих фаз – карбидов, оксидов, боридов, нитридов и т. д. При этом наибольшую эффективность показывают оксиды, присутствие которых в стали позволяет сохранять механические свойства сплавов до 750 °С и выше [1].

Перспективными областями применения жаропрочных дисперсно-упрочненных сталей являются аддитивные технологии и лазерная наплавка, в которых зачастую в качестве сырья используются порошки. Материалы можно применять для изготовления готовых изделий или восстановления поверхностей изношенных деталей.

Один из наиболее эффективных методов получения дисперсно-упрочненных материалов – реакционное механическое легирование, позволяющее синтезировать материалы с уникальной структурой и повышенным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств.

В ходе проведения лабораторных исследований были получены образцы порошков высоколегированных жаропрочных сталей конструкционного назначения, включая марки 20Х12Н2В2МФ, 55Х20Г9АН4, 30Х13Н7С2, 18Х11МНФБ, 30Х13, 15Х1М1Ф. Исследованы гранулометрический состав материалов, микроструктура, а также изменение микротвердости после длительного нагрева при температурах до 900 °С.

Установлено, что при повышении температуры механосинтеза с 20 °С до 80 °С средний размер частиц увеличивается, а количество высокодисперсной фракции (менее 25 мкм) существенно снижается.

Исследование влияния длительности механосинтеза при повышенной температуре (80 °С) на гранулометрический состав низкоуглеродистых сталей

показало отсутствие связи между временем обработки и распределением частиц по фракциям (рис. 1).

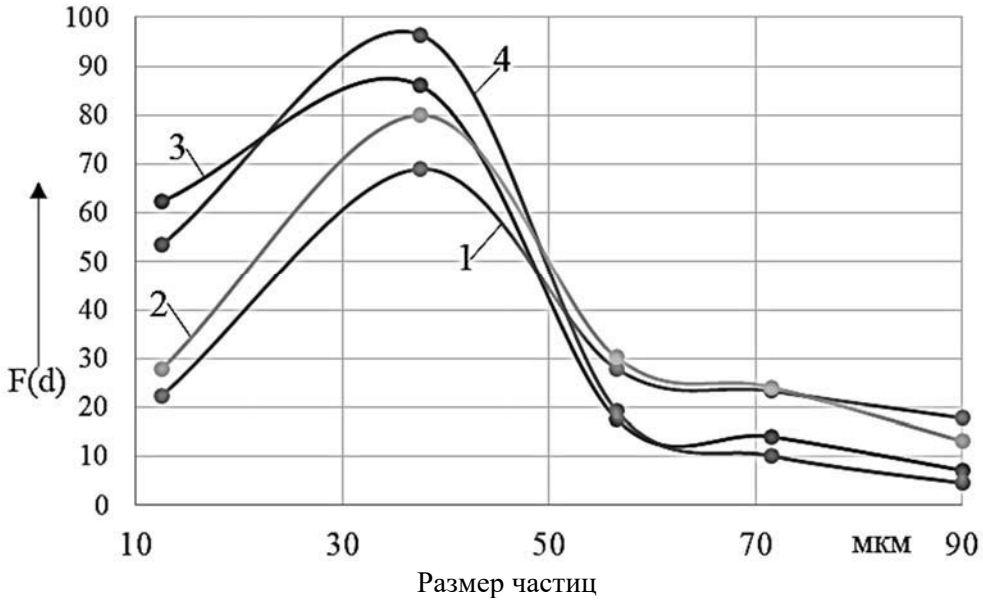

Рис. 1. Влияние длительности механосинтеза на гранулометрический состав синтезируемых порошков: *1*, *2* – сталь 18Х11МНФБ; *3*, *4* – сталь 20Х12Н2В2МФ. Длительность механосинтеза: *1*, *3* – 8 ч; *2*, *4* – 12 ч

В то же время для сталей, содержащих более 0,3 % углерода, характерно смещение среднего размера частиц в сторону мелких фракций.

Микротвердость синтезированных порошков существенно выше, чем у сталей, получаемых классическим металлургическим способом. Независимо от длительности обработки и температуры рабочей камеры ее значение для всех композиций превышает 500 HV_{25}. Нагрев и длительная выдержка при 300 °С сопровождаются повышением микротвердости, что, вероятнее всего, связано с активацией взаимодействия между компонентами в результате увеличения подвижности атомов кристаллической решетки, сопровождающегося распадом пересыщенных твердых растворов и инициацией химических реакций между легирующими элементами. Это, в свою очередь, вызывает развитие комплексного упрочнения – твердорастворное, дисперсионное и дисперсное. Наличие последнего косвенно подтверждается высокой микротвердостью частиц после отжига при 600 °С...900 °С. Ряд образцов сохранил твердость на уровне значений до термообработки.

Частицы порошков имеют плотную однородную микроструктуру независимо от условий обработки и температуры отжига.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ловшенко, Г. Ф.** Наноструктурные механически легированные материалы на основе металлов : монография / Г. Ф. Ловшенко, Ф. Г. Ловшенко, Б. Б. Хина ; под ред. Ф. Г. Ловшенко. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2008. – 679 с.