

УДК 621.9
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ
ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И ПОКРЫТИЯ ИЗ НИХ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, *Г. Ф. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО,
А. Э. ЛИПСКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
* «БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Минск, Беларусь

В ряде случаев для получения качественных газотермических покрытий, способных работать в сложных температурно-силовых условиях и в присутствии агрессивной атмосферы, необходимо применение высоколегированных сталей либо специальных сплавов. Применение сплавов на основе никеля, хрома, кобальта, молибдена зачастую является экономически нецелесообразным. В то же время, порошковые материалы на основе легированных сталей во многих случаях не обеспечивают получение покрытий, сочетающих высокую твердость, жаростойкость и жаропрочность [1].

Перспективным способом, позволяющим синтезировать порошковые материалы, покрытия из которых отличаются высоким комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, является реакционное механическое легирование (РМЛ). Технологический процесс получения порошкового материала по технологии РМЛ заключается в интенсивном механическом воздействии на исходную порошковую шихту с помощью рабочих тел, в качестве которых используются стальные либо керамические шары. Обработка ведется в специальных устройствах, получивших название механореакторов. В ходе обработки материала протекают процессы измельчения исходных компонентов, объединения по свежим поверхностям осколков в конгломераты, а так же взаимодействие между отдельными составляющими с образованием новых, как правило, наноразмерных фаз.

Порошковые материалы, полученные по технологии РМЛ, отличаются сложным фазовым составом и имеют суб-/микроструктурную структуру, сохраняющуюся при нагреве до высоких температур. Следует ожидать, что газотермические покрытия, полученные из таких порошков, будут наследовать структуру исходного материала с сохранением свойств на высоком уровне.

В данной работе представлены результаты исследований разработанных порошковых материалов для газотермического напыления состава Fe-13%Cr-0,2%C и Fe-18%Cr-10%Ni, полученных по технологии РМЛ, а так же покрытий из них.

Система Fe-13%Cr-0,2%C. В ходе исследования было установлено, что материал, прошедший обработку, представляет собой многофазную

композицию, состоящую из феррита, мартенсита, аустенита, промежуточного соединения (Fe,Cr) и цементита. Установлено присутствие карбида железа Fe_2C . Оценкой содержания фаз в материале определено наличие мартенсита в количестве 21 %, аустенита 8 %, а так же некоторое количество феррита.

Полученный материал характеризуется высокой твердостью, достигающей 780 HV. Высокая стойкость против отжига (395 HV) при температуре 1000 °C, свидетельствует о наличии дисперсного упрочнения. Наиболее вероятной упрочняющей фазой, в данном случае, является оксид хрома Cr_2O_3 , находящийся в наноструктурном рентгеноаморфном состоянии.

Система Fe-18%Cr-10%Ni. Данная композиция, как и предыдущая, имеет сложный фазовый состав, включающий: твердые растворы легирующих элементов в железе – феррит, мартенсит, аустенит; сверхструктуру– (Fe,Cr); интерметаллид– $FeNi_3$; карбид– Fe_2C ; никель. Количество феррита в материале составляет примерно 35 %. Согласно результатам исследования эта фаза легирована никелем и, вероятно, хромом. Аустенит легирован как никелем, так и хромом и описывается формулой $Cr_{0,19}Fe_{0,7}Ni_{0,11}$. Количество аустенита составляет ≈ 40 %. Мартенсит имеет концентрацию углерода $\approx 0,9$ %, а его количество достигает 15 %. Сверхструктура – σ -фаза (Fe,Cr), интерметаллид – $FeNi_3$, элементарный никель присутствуют примерно в равных количествах.

Композиция имеет высокую микротвердость, равную 620 HV, снижающуюся до 410 HV после отжига при 1000 °C. Высокая стойкость против длительного высокотемпературного воздействия обусловлена наличием дисперсного упрочнения, связанного с образованием наноструктурных включений оксидов хрома, находящихся в рентгеноаморфном состоянии.

Согласно результатам металлографических исследований, газотермические покрытия наследуют субмикро-/микроструктурный тип структуры напыляемого материала. Все элементы имеют дисперсное и равномерное распределение. Фазами, стабилизирующими и упрочняющими основу, являются синтезированные наноразмерные включения карбидов, интерметаллидов и оксидов. Покрытия имеют комплексное упрочнение, сочетающее твердорастворное, зернограничное, дисперсионное и дисперсное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ловшенко, Ф. Г.** Композиционные наноструктурные механически легированные порошки для газотермических покрытий : монография / Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т. – 2013. – 215 с.