

УДК 621.9

## ТЕРМОРЕАГИРУЮЩИЕ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫЕ ПОРОШКИ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, \*Г. Ф. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

\*БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Могилев, Минск, Беларусь

В современном машиностроении актуальна проблема упрочнения и ремонта деталей машин. Прежде всего это касается тех деталей, имеющих поверхности работающие на износ, а так же участки, подверженные в процессе работы значительным нагрузкам. К таким деталям можно отнести коленчатые и распределительные валы, штоки гидравлических машин и т.д.

Одной из перспективных технологий упрочнения и восстановления таких изделий является газотермическое напыление (ГТН), наибольший интерес которого проявляется при восстановлении и упрочнении деталей типа вал.

К одним из недостатков ГТН относится остаточная пористость и недостаточная прочность сцепления покрытия с подложкой. В первую очередь это связано с тем, что, с удалением от источника энергии, температура частиц наносимого материала резко падает. В результате, в момент соударения с поверхностью детали, температура частицы может быть ниже температуры начала кристаллизации. Это приводит к тому, что осевшая частица не образует плотного однородного слоя, тем самым снижая общую прочность покрытия.

Основным способом устранения этого недостатка является применение для газотермического напыления терморреагирующих порошковых материалов [1–3]. При попадании таких порошков в высокотемпературный поток, в частицах протекают реакции взаимодействия с выделением значительного количества тепла. Тем самым, частица более длительное время находится в расплавленном состоянии. Существует несколько технологий получения таких материалов, однако, они являются малоэффективными и низкопроизводительными.

В связи с этим, была сделана попытка по созданию порошковых материалов, отвечающих всем технологическим требованиям для ГТН и обладающих положительным тепловым эффектом реакции компонентов. Авторами был получен ряд терморреагирующих порошковых материалов на основе никеля и железа, изготовленных с применением технологии реакционного механического легирования.

Наличие теплового эффекта в порошках и его величина, определялись методом дифференциального термического анализа.

Исследования проводились на системах: Ni-Al, Ni-Al-O, Fe-Al, Fe-Al-Cr, Fe-Al-O, Al-Ti-O-Ni.

Установлено, что наиболее выраженным экзотермическим эффектом обладают порошки системы железо-алюминий, особенно те из них, в состав которых дополнительно вводился оксид железа или молибдена. Так максимальная температура реакции в порошке Fe-30 % Al составила 470 °С, а при введении оксида она достигает значений более 1400 °С.

Порошковые материалы на основе никеля обладают менее выраженным положительным тепловым эффектом. Для композиции Ni-15 % Al он составил 20 % от эффекта композиции Fe-30 % Al. В тоже время было установлено, что на интенсивность и характер протекания реакции большую роль оказывает скорость нагрева материала. При скорости нагрева более 3 °С в секунду температуры, достигаемые в порошках на основе никеля, близки к температурам системы Fe-Al.

На наличие экзотермического эффекта были исследованы металлокерамические порошковые материалы на основе оксидов алюминия и титана, содержащие 5–10 % никеля и алюминия. При нагреве, эти композиции так же показали наличие дополнительной энергии взаимодействия компонентов. Так повышение температуры в композиции (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 40 % TiO<sub>2</sub>) + (10 % Ni–15 %Al) составило около 35 °С.

Исследования влияния размера частиц на температуру начала реакции и её максимальное значение, установили, что с изменением среднего размера частиц исследуемого материала, величина этих параметров изменяется не существенно. Этот факт может свидетельствовать о том, что степень превращения во всех частицах композиции находится на приблизительно одинаковом уровне.

Полученные результаты согласуются с теоретическими данными, сделанными с применением программы Астра – 4.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кудинов, В. В.** Плазменные покрытия / В. В. Кудинов. – М. : Наука, 1977. – 184 с.
2. Расчет максимальной концентрации реагирующих компонентов в шихте, подвергаемой реакционному механическому легированию / Ф. Г. Ловшенко [др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 2. – С. 64–75.
3. Термодинамическое моделирование физико-химических процессов и оптимизация технологии плазменного нанесения покрытий из механически легированных терморреагирующих порошков / Ф. Г. Ловшенко [др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 2 (65). – С. 116–128.