

УДК 621.793
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ
В ПОКРЫТИИ ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ НАПЛАВКЕ

М. А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, А. А. КУРИЛЕНКО, И. А. СОСНОВСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Процесс нанесения антифрикционных покрытий методом индукционной центробежной наплавки включает в себя центробежное формование, индукционный нагрев и изотермическую выдержку при температурах плавления порошковых материалов. Этот способ позволяет наплавлять покрытия на внутренние поверхности стальных деталей, имеющих полую цилиндрическую форму при условии, что порошковые материалы имеют температуру плавления ниже, чем температура плавления стали. Недостатком данного способа является то, что получаемые антифрикционные покрытия из составов, предварительно смешанных между собой, порошковых шихт не обладают необходимым комплексом физико-механических свойств для работы в условиях интенсивного абразивного изнашивания и высоких нагрузок. Кроме этого, в материале антифрикционных покрытий отсутствуют, способствующие упрочнению, нановключения, представляющие собой высокотвердые наночастицы, которые, с одной стороны, являются центрами кристаллизации, а, с другой стороны, стопорами дислокаций.

Для повышения физико-механических свойств антифрикционных покрытий (износостойкости и прочности) предусматривается в составе шихты использование высокотвердых наночастиц на основе тугоплавких оксидов, способных, с одной стороны, являться центрами кристаллизации, а, с другой – стопорами дислокаций. Увеличение центров кристаллизации способствует получению относительно мелкозернистой структуры. В качестве некогерентных и недеформируемых по отношению к антифрикционным покрытиям, могут являться наноразмерные частицы тугоплавких оксидов, нитридов, боридов и карбидов, а также частицы металлов, которые не взаимодействуют с матрицей порошкового материала и по отношению к ней, обладают повышенной твердостью.

Оборудование и методика нанесения покрытия. При индукционной центробежной наплавке в качестве основного материала шихты использовались порошки бронзы Бр.ОФ 10-0,3. В качестве вводимой в шихту добавки использовался тонкодисперсный гидроксид алюминия γ - $\text{Al}(\text{OH})_3$, который при температурах ниже температуры наплавки разлагается до наноразмерного тугоплавкого оксида алюминия, а также обладает невысокой стоимостью и легкодоступностью.

В процессе центробежной индукционной наплавки антифрикционного покрытия нагрев втулки до температуры наплавки осуществлялся в две стадии. На первой стадии производился нагрев заготовки до температуры 500 °С с последующей изотермической выдержкой при этой температуре. В результате чего обеспечивались необходимые условия для протекания реакции термического разложения гидроксида алюминия $Al(OH)_3$ в наноразмерный оксид алюминия Al_2O_3 согласно химической реакции: $2Al(OH)_3(mв.) \rightarrow Al_2O_3(mв.) + 3H_2O(г.) \uparrow$. Время изотермической выдержки ограничивается временем необходимым для завершения реакции термического разложения гидроксида алюминия и удаления конституционной воды. На второй стадии осуществлялся нагрев втулки токами высокой частоты до температуры, обеспечивающей наплавку шихты, для порошка оловянистой бронзы Бр.ОФ 10–0,3 эта температура составляет 1100 °С и изотермическую выдержку при этой температуре.

После окончания процесса индукционной центробежной наплавки производилась механическая обработка полученных образцов, которые далее подвергались механическим испытаниям, направленным на определение триботехнических свойств полученных покрытий.

Табл. 1. Механические и триботехнические свойства покрытий

Показатели	Относительное содержание γ - $Al(OH)_3$ в шихте, %			
	0	1	2	4
Твердость, НВ	85–88	88	91	95
Микротвердость, МПа	820–845	845	870	910
Коэффициент трения	0,21	0,2	0,17	0,15
Износ, мгм/км	6,3	5,9	5,5	5,0

Таким образом, содержание в шихте гидроксида алюминия γ - $Al(OH)_3$ менее 2 % не дало существенного изменения механических и триботехнических свойств покрытия, а содержание в шихте гидроксида алюминия γ - $Al(OH)_3$ равное 4 % –увеличило показатели твердости и микротвердости на 11 %, уменьшило износ на 20 % и коэффициент трения на 28 %.

Из проведенных исследований видно, что можно получать наноразмерные добавки непосредственно в процессе наплавки покрытия за счет введения в состав шихты раствора или суспензии, содержащей в полярном растворителе или полярной жидкости промежуточный продукт, который должен обеспечивать, в результате химических превращений, получение твердых, тугоплавких наночастиц.