

***Нарва Валентина Константиновна***

канд. техн. наук, профессор

Старооскольский технологический

институт им. А.А. Угарова (филиал)

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

технологический университет «МИСиС»

г. Старый Оскол, Белгородская область

***Еремеева Жанна Владимировна***

д-р техн. наук, профессор

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

технологический университет «МИСиС»

г. Москва

***Дахнова Татьяна Викторовна***

магистрант

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

технологический университет «МИСиС»

г. Москва

DOI 10.21661/r-361072

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ НАНОРАЗМЕРНЫХ  
МОДИФИКАТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ ФОРМОВОК  
НА СЖАТИЕ ИЗ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ**

*Аннотация:* в статье описана разработка состава и технологических режимов получения порошковых сталей с повышенными механическими свойствами за счет использования наноразмерных добавок различной природы в порошковой шихте. Авторами представлены варианты технологических процессов получения порошковых сталей, легированных наноразмерными добавками, при которых, определяя наиболее благоприятное соотношение вводимой наноразмерной добавки, способа смешивания и режимов спекания, можно добиться высоких свойств материала.

**Ключевые слова:** наноразмерные модификаторы, порошковые стали.

Исследуемые железоуглеродистые материалы изготавливались на основе железного порошка отечественного производства ПЖРВ 2.200.26 (ТУ 14-1-5365-98) полученного путем распыления воздухом на Череповецком заводе и порошка графита марки ГК-1 ГОСТ 4404–78.

В качестве наномодификаторов использовались: порошки наноникеля с размером частиц 50–85 нм, наножелеза – 60–120 нм, наномеди – 50–110 нм, нанопорошки оксида циркония с размером частиц 40–75 нм, оксида алюминия – 75–150 нм и оксида железа – 60–120 нм.

Технологический процесс изготовления порошковых образцов состоял из следующих основных операций: отжиг железного порошка; приготовление и смешивание компонентов шихты; статическое холодное прессование (СХП); гомогенизирующее спекание в вакууме. Перед использованием железного порошка проводился его отжиг при температуре 873 К длительностью 1 час. Данная операция была предназначена для уменьшения содержания влаги в порошке. Поскольку в состав шихты входили нанодисперсные порошки, равномерное размешивание которых является достаточно сложной задачей, были предложены для сравнения три технологии смешивания: 1) смешивание в двухконусном смесителе. Время смешивания – 60 минут. 2) смешивание в планетарно-центробежной мельнице. Время смешивания – 10 минут. 3) раздельное двухступенчатое смешивание: стадия первая – смешивание графита с нанодобавкой в нужной пропорции в жидкой среде под действием ультразвука. На данной стадии целью является разрушение конгломератов наноразмерных частиц, измельчение частиц графита и получение однородной смеси графит-наночастицы. Время смешивания – 20 минут.

Вторая стадия – перемешивание полученной смеси графит-наночастицы с железным порошком в установке «TURBULA C2.0». Смешивание в данной установке отличается высокой интенсивностью и получаемой однородностью состава. При этом практически отсутствует наклеп порошка. Время смешивания – 30 минут.

Наличие в материале наноразмерных частиц, равномерно распределенных в объеме, может существенно увеличить твердость и прочность порошковых сталей. Наноразмерные частицы будут способствовать затруднению движения дислокаций за счет следующих механизмов: дисперсного упрочнения; получения мелкозернистой структуры за счет того, что наноразмерные частицы будут препятствовать росту зерен; измельчения структуры перлита при попадании наноразмерных частиц в зерно.

Однако в случае неравномерного размешивания наноразмерные частицы будут образовывать крупные конгломераты в порах материала, не давая положительного эффекта.

Исследование уплотняемости проводили при давлении прессования 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 МПа. Испытание прочности порошковых формовок на сжатие проводили с помощью манометра марки ПГПР. Заметно возрастание прочности прессовок от значения прочности до 50 МПа при малых содержаниях наноразмерных модификаторов до 1% масс. При содержаниях оксидных наномодификаторов ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) от 2 до 5 мас.% величина прочности прессовок, составляет 24–30 МПа и при введении металлических наномодификаторов (Ni, Cu, Fe) от 0,5 до 5 мас.% прочность прессовок составляет 50–60 МПа, прочность не меняется при увеличении содержания модификатора.