

ИЗНОСОСТОЙКАЯ КОНСТРУКЦИОННАЯ ПОРОШКОВАЯ СТАЛЬ

*Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)
г. Новочеркасск, Россия*

Известный способ получения конструкционных порошковых сталей по методу горячего прессования [1] позволяет получать сталь с высокими физико-механическими показателями, которые в зависимости от состава стали изменяются в интервале: предел прочности 290-390 МПа, твердость 60-120 НРВ. Однако сталь, полученная этим способом, имеет низкую износостойкость.

Целью нашего исследования было повышение износостойкости конструкционной порошковой стали путем легирования ее фторированным лигнином.

Для осуществления поставленной задачи готовили порошковую смесь из железного порошка ПЖВ 2.160.26 ГОСТ 9849-86 и порошка высокотемпературного полимера фторированного лигнина (ФЛ) в количестве 1,5-12 мас. %. Содержание фтора в ФЛ – 8,5% [2]. Порошковую смесь смешивали в конусном смесителе в течение 2 ч и прессовали в закрытой пресс-форме до получения пористого брикета с остаточной пористостью 5-25%. Брикет нагревали со скоростью 15-25° С/с до температуры 900-1200° С в защитно-восстановительной среде осушенного диссоциированного аммиака и выдерживали при этой температуре 7-17 мин. Далее производили горячую обработку давлением методом осадки в закрытой пресс-форме при величине удельной приведенной работы уплотнения 220-250 МДж/м³. Испытания на растяжение для определения предела прочности проводили на электрогидравлической разрывной машине HUS-2010 Z системы MFL в автоматическом режиме с помощью персонального компьютера при скорости нагружения 10 мм/мин при комнатной температуре. Распределение микротвердости определяли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузках 0,196-0,198 Н. Расчет параметра микротвердости проводили при не менее 20-ти замерах. Фрикционные испытания осуществляли на машине торцевого трения УМТ-1 при скорости скольжения 1 м/с и нагрузках 0,1, 0,3, 1,0 Н. Износ определяли по изменению линейных размеров образцов до и после испытаний с помощью микронного индикатора ИЧ-1 с ценой деления 1 мкм. Металлографические исследования выполнялись на оптическом микроскопе «Neofot» и «Metavert» фирмы «Reichert».

Как следует из данных табл. 1, при содержании фторлигнина менее 2 мас. % износостойкость образца не лучше, чем у образца без добавки ФЛ, а при содержании его более 10 мас. % механические свойства хуже.

Таблица 1

Зависимость физико-механических свойств стали от содержания ФЛ при скорости нагрева $20^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и работы уплотнения $220\text{-}250\text{ МДж}/\text{м}^3$

Физико-механические свойства	Содержание высокотемпературного полимера ФЛ, %						
	0	1,5	2	6	10	10,5	12
Твердость HRB	60	63	68	74	78	65	60
Предел прочности при растяжении, МПа	300	300	360	385	365	310	280
Износостойкость, мкм/1000 циклов при $t = 24^{\circ}\text{C}$	3,2	2,8	0,8	1,2	1,5	1,5	1,5
Износостойкость, мкм/1000 циклов при $t = 450^{\circ}\text{C}$	0,99	0,89	0,12	0,3	0,5	0,5	0,5

При содержании фторлигнина в пределах 2-10 мас. % физико-механические свойства лучше, чем у образца без добавки ФЛ, а износостойкость выше в 2,5-4 раза. Таким образом, оптимальным следует считать количество вводимого ФЛ в пределах 2-10 мас. %.

В соответствии с данными табл. 2 пористый порошковый брикет следует выполнять достаточно плотным, с остаточной пористостью 7-17%. При такой остаточной пористости количество открытых пор в брикете резко сокращается, сужается сечение открытых пор, в результате чего ФЛ выгорает незначительно, благодаря чему, видимо, и достигаются наилучшие показатели износостойкости и механической прочности. Введение ФЛ способствует получению плотного брикета, так как уменьшает трение между частицами железного порошка.

Таблица 2

Зависимость физико-механических свойств стали от величины остаточной пористости брикета при содержании ФЛ 6 мас. %, скорости нагрева $20^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и работы уплотнения $220\text{-}250\text{ МДж}/\text{м}^3$

Физико-химические свойства	Остаточная пористость, %					
	5	7	11	17	19	25
Твердость HRB	75,5	75	73	72	64	61
Предел прочности при растяжении, МПа	315	365	375	370	320	300
Износостойкость, мкм/1000 циклов при $t = 24^{\circ}\text{C}$	2,8	1,2	1,4	1,2	2,8	3,2

Для определения оптимальной скорости нагрева получены образцы при различной скорости нагрева пористых брикетов с 10 до 30°C (табл. 3). В соответствии с приведенными данными при скорости нагрева в пределах $15\text{-}25^{\circ}\text{C}/\text{с}$ физико-механические свойства и износостойкость лучше, чем у материала без добавления ФЛ. Таким образом, оптимальной следует считать скорость нагрева $15\text{-}25^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

Таблица 3

Зависимость физико-механических свойств стали от скорости нагрева при содержании ФЛ 6 мас. %

Физико-химические свойства	Скорость нагрева, °С/с					
	45	10	15	20	25	30
Твердость HRB	60	64	68	72	68	62
Предел прочности при растяжении, МПа	300	370	375	375	350	310
Износостойкость, мкм/1000 циклов при $t = 24^{\circ} \text{C}$	3,2	2,9	1,3	1,2	1,0	2,4

Оптимальная температура нагрева пористого брикета перед горячей обработкой давлением в защитной среде – $1000-1100^{\circ} \text{C}$ (табл. 4). В этих условиях ФЛ разлагается на составляющие элементы. Водород, выделяясь, взаимодействует с оксидами, восстанавливая их, углерод и фтор взаимодействуют с частицами стального порошка, образуя на их поверхности оболочку из карбида (цемента) и фторида железа, которые повышают и твердость, и прочность поверхности частиц. При этом пластические свойства самих частиц остаются высокими.

Таблица 4

Зависимость физико-механических свойств стали от температуры нагрева при содержании ФЛ 6 мас. %

Физико-химические свойства	Температура нагрева, °С				
	900	1000	1050	1100	1200
Твердость HRB	60	68	75	74	70
Предел прочности при растяжении, МПа	300	330	365	365	360
Относительное удлинение, %	13,2	15,7	17,4	17,0	13,3

Из табл. 5 видно, что оптимальным временем выдержки является временной интервал 7-17 мин. Выдержка при температуре $1000-1100^{\circ} \text{C}$ нужна для того, чтобы образующиеся при разложении ФЛ углерод и фтор диффундировать в частицы железного порошка. При выдержке менее 7 мин. диффузия происходит недостаточно полно. При выдержке более 17 мин. диффузия углерода и фтора вглубь порошка приводит к обеднению его поверхностных слоев, из-за чего ухудшаются механические характеристики стали. Дополнительного насыщения поверхностных слоев углеродом и фтором не происходит, т.к. ФЛ за это время разлагается полностью.

Зависимость физико-механических свойств стали
от времени выдержки при нагреве при содержании ФЛ 6 мас. %

Физико-химические свойства	Время выдержки, мин				
	5	7	10	17	20
Твердость HRB	57	68	75	72	62
Предел прочности при растяжении, МПа	300	360	365	365	320
Относительное удлинение, %	12,4	15,0	16,2	16,4	13,3

Таким образом, фторированный лигнин, введенный в количестве 2-10% в порошковую композицию, при нагревании ее до 1000-1100° С и прессовании до достаточной пористости 7-17%, создает условия формирования структуры материала, характеризующегося высокими прочностными характеристиками, повышенной твердостью и износостойкостью без снижения пластических свойств.

Литература

1. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок.—М.: Металлургия, 1977.— 216 с. 2. Пат. № 2048471 РФ, МКИ С1 С07 G 00 С25 В 3/02. Способ получения антифрикционной добавки на основе фторированного лигнина / Е.И. Коваленко, О.В. Попова. Заявл. 19.02.92; Опубл. 20.11.95; Бюл. № 32.

БДК 621.357

Пантелеенко Ф.И., Сороговец В.И., Шумов О.В.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Введение.

Срок службы машин в значительной степени определяется способностью деталей, из которых она состоит, сопротивляться поверхностному разрушению. Поэтому повышение износостойкости деталей машин за счет нанесения на их рабочие поверхности защитных покрытий, обладающих высокой стойкостью к разрушению, является актуальной задачей. Эффективное решение данной задачи возможно при сочетании различных методов получения защитных покрытий.

Анализ существующих методов нанесения покрытий [1, 2] показал, что для упрочнения деталей машин, имеющих рабочие поверхности в виде отвер-