



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б.Семёновская ул., д. 38, Москва, 107023

Тел. +7(495)223-05-23, Факс +7(499)785-62-24

www.mospolytech.ru E-mail: mospolytech@mospolytech.ru

ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,

ИНН/КПП 7719455553/771901001

15.06.20 № _____

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по исследованиям
и разработкам**

А.А. Скворцов



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования "Московский политехнический университет" на
диссертационную работу Нгуена Ныы Дама на тему: "Создание технологии
получения порошковой стали марки 60X2H при использовании выпускаемых
в Российской Федерации железных порошков",

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные
материалы

Актуальность темы

Повышение свойств порошковых сталей остается очень важным
направлением порошкового материаловедения в связи с тем, что стали
остаются основным классом конструкционных материалов, и требования к
ним постоянно возрастают. В представленной работе предлагается

техническое решение, относящееся к известному направлению – снижению пористости после прессования и спекания за счет использования смеси порошков со средними размерами, различающимися примерно в десять раз, но основанное на использовании сравнительно нового продукта для отечественного рынка – карбонильного железного порошка ВК, который обладает существенно большей пластичностью по сравнению с известными порошками Р-10. В связи с этим представленная работа может считаться актуальной.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и приложений. Она изложена на 119 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка, 28 таблиц, 2 приложения и список литературы из 103 наименований.

Введение дает общую характеристику работы: её актуальность, основные цели и задачи, научную и практическую значимость полученных результатов, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор опубликованных работ, относящихся к выполненным исследованиям. Проанализированы современные технологии получения порошковых сталей повышенной плотности с высокими эксплуатационными характеристиками, указаны их положительные и отрицательные стороны. Рассмотрены работы, посвященные исследованию прессования смесей, состоящих из порошков разного среднего размера, на основании чего сделан вывод о перспективности этого подхода для повышения плотности порошковых сталей при выполнении определенных условий.

Во второй главе приведены свойства применяемых материалов, основные методики экспериментов и характеристики различного оборудования, на котором проводились исследования

В третьей главе изложены результаты исследований процессов смешивания, прессования и спекания модельных материалов из смесей распыленного железного порошка ПЖРВ 2.200.26 и карбонильного железного порошка ВК.

Полученные результаты показывают положительное влияние карбонильного порошка на плотность прессовок на основе распыленного порошка во всем интервале давлений 200 – 800 МПа за счет заполнения мелкими частицами пор между крупными. Увеличение плотности наблюдается до содержания карбонильного порошка в смеси 15 %. Некоторое снижение относительной плотности прессовок с 20 % порошка ВК можно объяснить повышенным упругим последствием в них.

При проведении электронно-микроскопического исследования нетравленных и травленных шлифов модельных образцов было обнаружено, что частицы карбонильного порошка находятся в порах между частицами распыленного железа, что говорит о правильности предположений, сделанных в начале работы.

Влияние порошка ВК на процесс прессования было оценено автором работы еще и с позиций прочности прессовок на изгиб. Оказалось, что прочность снижается с 46 до 32 МПа повышением содержания ВК в смеси от 0 до 20 % из-за уменьшения суммарной площади контактов между распыленными частицами, которая и обеспечивает прочность при высоких давлениях прессования. Уменьшение площади контактов диссертант справедливо связал с торможением деформации распыленных частиц скоплениями карбонильных частиц в порах и доказал это опытами по определению электросопротивления прессовок.

Вместе с тем, карбонильное железо оказывает положительное влияние на прочность на изгиб спеченных материалов, увеличивая его в указанном выше диапазоне концентраций с 320 до 340 МПа. Поскольку именно спекание, а не прессование, завершает основную технологическую цепочку

порошковой металлургии, в целом введение порошка ВК в порошок ПЖРВ на этом этапе можно считать целесообразным.

В четвертой главе описаны эксперименты по получению порошковой стали 60Х2Н с железной основой, состоящей из двух порошков, и представлены ее механические свойства после спекания, доуплотнения горячей прокаткой и термической обработки.

Было изучено влияние введения карбонильного порошка на уплотняемость порошковой стали 60Х2Н. Установлено, что при увеличении массового соотношения распыленного и карбонильного порошка в ее основе до 85:15 увеличивается до 91 %, что примерно соответствует приросту относительной плотности в модельных экспериментах со смесями ПЖРВ + ВК. Также при указанном соотношении наблюдается максимальная объемная усадка в ходе спекания (3,5 %), что можно связать с активирующим действием мелких карбонильных частиц.

В работе установлено, что положительное влияние порошка ВК на прочностные свойства стали 60Х2Н сохраняется и после дополнительного уплотнения горячей прокаткой, и после термической обработки, причем максимум всегда приходится на материал с соотношением распыленного и карбонильного порошка 85:15.

Карбонильный порошок оказал влияние не только на прочностные свойства стали. С увеличением его содержания после закалки в структуре увеличивается содержание мартенсита и снижается содержание цементита при сохранении примерно на одном уровне содержания γ -Fe. Это связано с тем, что в случае введения в шихту порошка ВК структура спеченной стали становится более мелкозернистой, что способствует повышению температуры начала мартенситного превращения и, соответственно, более полному его протеканию. На фотографии излома стали с добавкой 15 % ВК после отпуска зафиксирован характерен более мелкозернистый излом, чем для излома стали на основе чистого распыленного порошка.

Из результатов четвертой главы следует, что введение порошка ВК в сталь 60Х2Н дало ожидаемый положительный результат.

В пятой главе описано опробование предлагаемого подхода к повышению свойств порошковой стали 60Х2Н при изготовлении детали "упорное кольцо" на предприятии ООО НПФ "УМГ" (г. Озёрск).

Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения
Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы и экспериментально подтверждены. Достоверность и обоснованность результатов обусловлена большим объемом данных, их корректной статистической обработкой, применением современного исследовательского оборудования и глубоким анализом полученных результатов в полном соответствии с современными концепциями.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Обнаружен эффект снижения прочности прессовок из распыленного железного порошка ПЖРВ 2.200.26 при увеличении содержания вводимого в него карбонильного железного порошка ВК из-за уменьшения суммарной площади контактов между частицами распыленного порошка, вызванного затруднением их пластической деформации в поры, в которых располагаются частицы карбонильного порошка.

2. Установлено, что введение карбонильного железного порошка ВК в состав порошковых материалов на основе распыленного порошка ПЖРВ 2.200.26 позволяет повысить их прочностные свойства на 15 % за счет формирования при спекании в порах между частицами распыленного порошка спеченных агломератов из более мелких частиц карбонильного порошка.

Практическая значимость

1. Определено оптимальное соотношение распыленного и карбонильного порошков в основе порошковой стали 60X2H, обеспечивающее ее высокие механические свойства: предел прочности при растяжении 805 МПа, предел текучести 780 МПа. По результатам работы создано и зарегистрировано в депозитарии НИТУ "МИСиС" "ноу-хау" "Состав и способ получения порошковой стали 60X2H с повышенной прочностью после спекания", Свидетельство о регистрации № 10-340-2019 ОИС от 08 ноября 2019 г.

2. Предложена и опробована методика качественной оценки суммарной площади контактных поверхностей в порошковой прессовке, необходимой для более полного понимания процессов, происходящих при прессовании.

3. Разработанный способ получения порошковой стали 60X2H с повышенными прочностными свойствами может быть применен в различных отраслях машиностроения при изготовлении деталей из порошковых сталей.

Основные достоинства и недостатки по содержанию диссертации

Диссертационная работа Нгуена Ныы Дама выполнена на высоком профессиональном уровне. Полученные результаты обладают научной новизной, имеют практическое значение и могут быть использованы в учебной деятельности кафедр, ведущих подготовку по порошковой металлургии и материаловедению. Работа написана понятным языком и хорошо иллюстрирована.

К недостаткам по содержанию диссертации и автореферата следует отнести следующее:

1. В главе 2 нет пояснения, на основании чего был выбран диапазон давления прессования от 200 до 800 МПа.

2. В работе отсутствуют данные по влиянию температуры спекания и времени выдержки на плотность и механические свойства модельных материалов и порошковой стали 60X2H.

3. В работе отсутствуют данные по выбору температуры закалки и отпуска стали 60X2H.

В целом, сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе.

Заключение

Диссертация представляет собой законченное актуальное научное исследование, выполненное автором самостоятельно на высоком уровне. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Требования, предъявляемые к диссертациям выполнены. Результаты, выносимые на защиту, прошли апробацию на 3 научно-технических конференциях международного уровня и опубликованы в 3-х статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из перечня ВАК.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Металлургия, протокол № 38 от 27 мая 2020 года.

Результаты голосования: «за» единогласно.

Заведующий кафедрой Металлургия,

кандидат технических наук, доцент



Н.И. Волгина

Ученый секретарь кафедры Металлургия,

кандидат технических наук, доцент



Б.Ф. Белелюбский