

расширений не наблюдаются. Так же видно, что пики карбида титана проявляются только для образцов с содержанием 5 и 10 %.

Несмотря на пористость, твёрдость образцов при добавлении карбида титана значительно возрастает, при чём, чем больше содержание карбида в образце, тем больше его твёрдость. Твёрдость инвара после введения 10% карбида увеличилась почти в 3 раза. Сравнивая с твёрдостью порошкового инвара, упроченного другим способом, можем видеть, что наш способ является более эффективным.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-48-700039 р\_а.*

#### **Список литературы**

1. Фадин В.В., Колубаев А.В. и др. Композиты на основе карбида титана, полученного методом технологического горения / Перспективные материалы, 2011, №11, С. 91-96
2. Григорьев М.В., Молчунова Л.М. и др. Влияние механической обработки на структуру и свойства порошка нестехиометрического карбида титана / Известия ВУЗ. Физика, 2013, Т.56, № 7/2, С. 206-210
3. Чукин М.В., Голубчик Э.М., Гун Г.С. Исследование физико-механических свойств и структуры высокопрочных многофункциональных сплавов инварного класса нового поколения // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2014. – N 1. – С. 43–47.

### **ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ФОРМОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА Порошковой стали 04X14H**

*ДАЙ ШУАЙ<sup>1</sup>, КЭ ДУН<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Шэньянский политехнический университет

E-mail: [shuay1@tpu.ru](mailto:shuay1@tpu.ru)

В настоящее время большое внимание уделяется развитию высоких технологий для мало- и безотходных производств изделий. В первую очередь к ним относятся технологии, берущие начало от порошковой металлургии, например, аддитивные технологии. При производстве деталей методами порошковой металлургии большое влияние на качество изделий оказывает способ формования: одноосное прессование, прессование с пластификатором и т.п. В связи с этим изучение структуры и свойств порошковых сталей, полученных разными способами формования, является интересным и имеет практическую значимость, т.к. результаты могут быть использованы для разработки технологии получения компактных изделий [1, 2].

В связи с этим, целью данной работы является исследование влияния способа формования на структуру и свойства порошковой стали 04X14H.

Для этого были исследованы пять образцов порошковой стали 04X14H, полученных разными способами формования (без связующего, с воском и с «полипропилен - воск») и дальнейшим спеканием при температуре 1380°C в течение 6 часа.

Исследования показали, что добавление пластификатора влияет на плотности спеченного образца. С увеличением доли полипропилена в связующем фидстока, плотность и усадка спеченных образцов становятся меньше.

Таблица 1 – Усадка образцов, %

Параметр	Образцы				
	0	В	30ПП	35ПП	65ПП
h	4	11	10	10	9
D	8	12	12	12	12
V	14	30	29	28	27

Большая доля полипропилена в связующем приводит к росту пористости. Наименьшее значение пористости имеет образец 0, (6 %). Образец, полученный из фидстока с воском, имеет больше значение пористости чем образец 0 (9 %). Самую высокую пористость имеют образцы, полученные из фидстока со связующим «полипропилен-воск» (12-15 %).

Таблица 2 – Значения пористости спеченных образцов стали 04Х14Н, %

Образцы	Изображение			Среднее значение
	1	2	3	
0	6	5	6	6
В	9	9	9	9
30ПП	13	13	11	12
35ПП	12	14	12	13
65ПП	15	14	15	15

Видно, структура образца 0 и образца В представляет собой феррит (рисунок 1, а и б). Добавление в связующее полипропилена привело к появлению карбидных областей (рисунок 1, в, г, д) в структурах спеченных образцов 30ПП, 35 ПП и 65 ПП. Интересно, что карбиды расположены у крупных пор или скопления мелких пор. Большая доля полипропилена в связующем приводит к уменьшению среднего размера зерна.

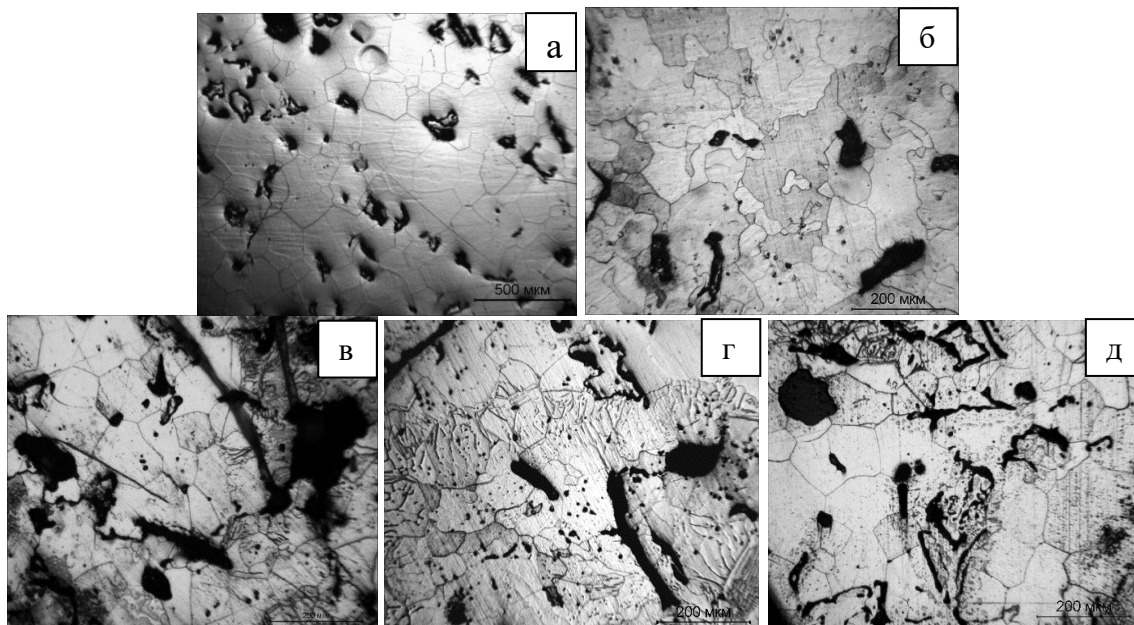


Рисунок 1 – Структура спеченного образца: а - образец 0, б - образец В, в - образец 30ПП, г - образец 35ПП, д - образец 65ПП

Наибольший средний размер зерна имеет образец 0. Образцы, полученные из фидстока со связующим «полипропилен-воск», имеют больше средний размер зерна чем образец В.

Таблица 3 - Микротвердость исследуемых образцов, МПа

измерение образец	1	2	3	4	5	$H_{\mu\text{cp}}$ , МПа
0	1148	1220	1196	1130	1136	1166
В	1061	1047	1095	1030	1075	1062
30ПП	1369	1449	1355	1355	1369	1372
35ПП	1355	1449	1426	1498	1355	1417
65ПП	1498	1473	1310	1290	1449	1404

Таким образом, добавление пластификатора влияет на плотность спеченной стали 04Х14Н. С увеличением доли полипропилена в связующем, плотность, усадка спеченных образцов становятся меньше, соответственно, пористость также повышается. Добавление полипропилена в связующее приводит к уменьшению среднего размера зерна. Добавление полипропилена приводит к росту значения микротвёрдости спеченных образцов стали 04Х14Н.

#### **Список литературы**

1. Сибилёв А.В., Мишин В.М. Влияние пористости порошковой стали на характеристики хладноломкости // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 72-72; URL: <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=31518> (дата обращения: 05.05.2017).
2. Калашникова О.Ю., Гуляев И.А., Довгань Е.И. Возможность снижения пористости сталей из частично-легированного железного порошка // Металлург. – 2004.

### **ОСОБЕННОСТИ МАРТЕНСИТНОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СО СТРУКТУРОЙ МЕТАСТАБИЛЬНОГО АУСТЕНИТА**

*Ю.А. КОРОБОВ<sup>1,3</sup>, С.О. МОРОЗОВ<sup>1</sup>, Е.И. КОРЗУНОВА<sup>1</sup>, С.Х. ЭСТЕМИРОВА<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет, УрФУ, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт металлургии, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: [korzunova1996@gmail.com](mailto:korzunova1996@gmail.com)

Изучены фазовые превращения, протекающие в процессе кристаллизации и последующего термического и деформационного воздействий при объёмном и поверхностном нагружении в опытном среднеуглеродисто-хромистом сплаве 50Х18. Показано, что сплав обладает высокой способностью к интенсивному упрочнению в процессе локального деформационного воздействия и хорошей абразивной износостойкостью, которые обусловлены диссипативной гетерофазной структурой в наплавленном состоянии, содержащей метастабильный аустенит,  $\delta$ -феррит и мартенсит, и обладающей ТРИП-эффектом [1–3].

С помощью рентгеноструктурного и трансмиссионного электронно-микроскопического анализов показано, что образцы, изготовленные из сварного шва, выполненного из металла химического состава, соответствующего сплаву 50Х18, имеют в наплавленном (исходном) состоянии трёхфазный фазовый состав –  $\delta$ -феррит, аустенит с низкой энергией дефектов упаковки (примерно в равном количестве) и мартенсит, рисунок