

сей НП Al с Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> производились в свободно насыпанном состоянии на воздухе. Анализ данных приведенных в таблица 2 показывает, что с увеличением содержания алюминия в смеси Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - НП Al сокращается время свечения при горении.

#### Список литературы

1. Y. Guojun, C. Guangde, L. Huiming Solid-state metasyntesis and characterization of AlN nanocrystals International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 26 (2008), pp. 5–8.
2. Назаренко О.Б. Электровзрывные нанопорошки: получение, свойства, применение / Под ред. А.П. Ильина. Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2005. 148 с.
3. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. и др. Горение нанопорошков металлов / Под ред. А.А. Громова. Томск: Дельтаплан, 2008. 382 с.
4. Лернер М.И. Электровзрывные нанопорошки неорганических материалов: технология производства, характеристики, области применения / Дисс. д.т.н., Томск: ТПУ, 334 с, 2007 г.
5. Роот Л.О., Ильин А.П., Звягинцева Е.С. Зависимость выхода нитрида алюминия от массы навески и давления воздуха при горении нанопорошка алюминия. - Известия Томского политехнического университета - №3. 2013г.
6. Громов А.А., Ильин А.П., Дитц А.А. и др. Физика и химия горения нанопорошков металлов в азотсодержащих средах – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. - 332 с.
7. Уэндландт У. Термические методы анализа. - М.: Мир, 1978. -218 с.
8. Боборыкин В.М., Гремячкин В.М. и др. О влиянии азота на горение алюминия // Физика горения и взрыва. 1983. №3. С. 22-29.
9. Мержанов А.Г.. «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Современные проблемы». Физическая химия. М. «Химия» 1983 г.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ Fe-C-Cr-Ni-W, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ПАНЬ ЛЭЙ<sup>1,2</sup>, ШПАРКОВИЧ А.А.<sup>2</sup>, БОЛЬШУНОВА А.Б.<sup>2</sup>, ВАУЛИНА О.Ю.<sup>2</sup>, ТУРУНТАЕВ И.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Шэньянский политехнический университет,

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

<sup>3</sup>ООО "Куранты" г. Москва

E-mail: kolgay@tpu.ru

#### INVESTIGATION OF STRUCTURE STEEL FE-C-CR-NI-W, OBTAINED BY POWDER METALLURGY

PAN LEY<sup>1,2</sup>, SHPARKOVICH A.A.<sup>2</sup>, BOLSHUNOVA A.B.<sup>2</sup>, VAULIN O.YU.<sup>2</sup>, TURUNTAEV I.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>China Shenyang Polytechnic University,

<sup>2</sup>National research Tomsk Polytechnic University,

Company "Kuranty", Moscow

*Annotation.* The paper presents the results of investigations of austenitic stainless steel obtained by powder metallurgy. Metallographic investigations were conducted and determined the average pore size of

pores in the material fraction, the average grain sizes and twins. It is shown that the resulting structure consists of austenite, the porosity is 12%.

**Введение.** Изделия, изготавливаемые технологией порошковой металлургии, рассматриваются в настоящее время в качестве перспективных конструкционных материалов в области материаловедения [1]. Актуальной материаловедческой задачей данной методики производства порошковых изделий является получение материалов, которые достаточно сложно или нельзя изготовить другим методом, достижение их высоких технических показателей, где прослеживается экономный расход металла и исключение отходов, а также, получение материалов с минимальным процентным содержанием примесей и точным химическим составом.

Целью настоящей работы является исследование структуры стали 03X17H12B, полученной технологией порошковой металлургии.

**Материалы и методы исследования.** Химический состав исследуемой стали представлен в таблице 1.

В качестве исходного материала для приготовления стали, использовали следующие порошки: порошок карбонильного железа марки ВМ, карбонильный никелевый порошок марки ПНК УТ-1, порошок хрома марки ПХ1С.

Легирование карбонильного железа различными элементами проводят для повышения свойств.

Таблица 1 – Химический состав

C, %	Cr, %	Ni, %	W, %	Fe, %
0,03	17	12	2	Остальное, около 69%

Содержание хрома в сталях приводит к повышению термического упрочнения, их стойкость к коррозии и окислению, обеспечивает увеличение прочности при повышенных температурах, а также повышает сопротивление абразивному износу высокоуглеродистых сталей [2]. При количестве Cr от 10% сталь считается нержавеющей в обычных агрессивных средах, а от 17% и выше сталь уже стойкая в сильноагрессивных средах, например, в азотной кислоте.

Никель позволяет повышать сопротивление коррозии, повышает упругость стали, снижает возможность роста зерна, повышает механические свойства и прокаливаемость стали [3]. Ni добавляют в нержавеющую сталь для стабилизации аустенита при комнатной температуре.

Содержание вольфрама в стали увеличивает твердость и режущие свойства, уменьшает рост зерен при нагреве и повышает жаростойкость.

Для получения данной стали порошки отдельных компонентов (элементов) смешивали между собой в определенных соотношениях (таблица 1) в течение 24 часов. Поверхность образцов готовили шлифованием, полировкой и травлением [4, 5]. Металлографические исследования проводили на металлографическом микроскопе «ЛабoМет-И».

Измерение микротвердости проводили по ГОСТ 9450-76 с использованием микротвердомера ПМТ-3. Нагрузка была выбрана 100 г, время выдержки под нагрузкой 20 сек. В испытаниях использовали индентор - четырехгранную алмазную пирамиду с квадратным основанием.

**Результаты и их обсуждение.** Металлографические исследования нетравленной полированной поверхности образцов позволяют оценить наличие пор, их коли-

чество, размер, форму и распределение в объеме изделия (образца). Нетравленная структура образца, полученного методом порошковой металлургии из смеси порошков, представлены на рисунке 1.

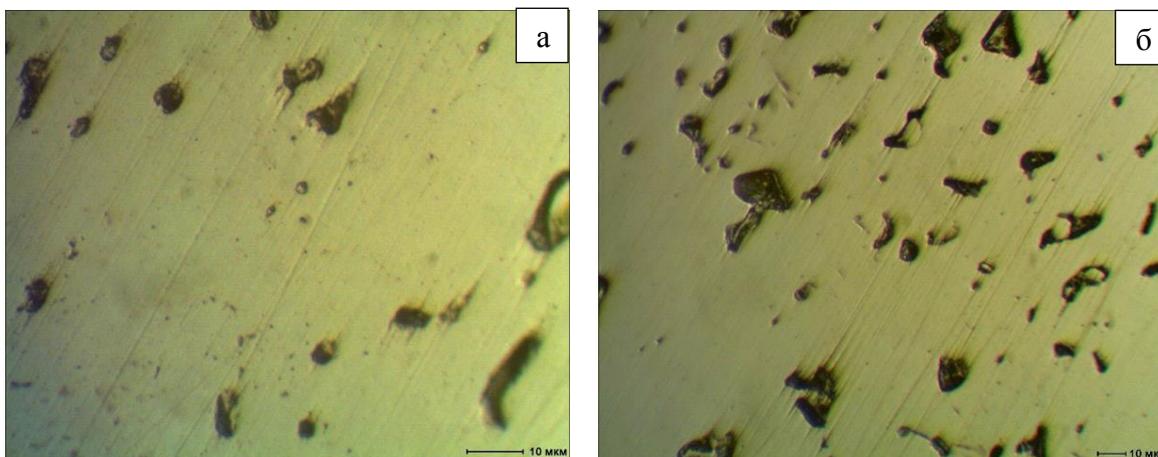


Рисунок 1 – Изображение нетравленной поверхности образца при разном увеличении

Как видно из изображений нетравленных полированных поверхностей (рисунок 1) образцы имеют определенную остаточную пористость после спекания. Хорошо видно, что на поверхности достаточно много пор. Есть места, где поры сгруппировались в цепочки (рисунок 2а). Поры имеют разную форму и разные размеры.

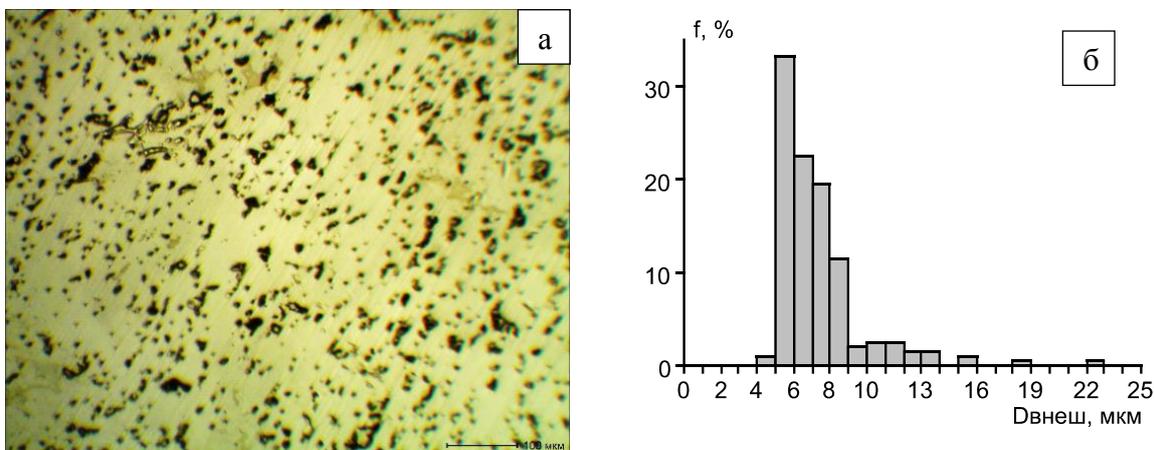


Рисунок 2 – Распределения пор по образцу: а – нетравленная поверхность, б - гистограмма

На снимках с большим увеличением (рисунок 2а, б) видно, что поры имеют неправильную форму. Распределение пор в поле зрения можно назвать равномерным (рисунок 2а). Также можно заметить, что некоторые поры выстроены в цепочки. Расстояние между порами в таких цепочках примерно одинаковое, различимая длина таких цепочек составляет примерно 50 – 70 мкм.

Распределение пор по размеру неравномерно. Наряду с большим количеством относительно мелких пор встречаются небольшое количество пор значительно большего размера (рисунок 1, 2а).

Определение среднего размера пор производили с использованием системы автоматизированного анализа изображений SIAMS Photolab, для образца была получена гистограмма распределения пор по внешнему диаметру, которая представлена на рисунке 2б.

Сводные данные программы «SIAMS Photolab» представлены в таблице 2 и на гистограмме (рисунок 2б). Распределение пор по размерам имеет один пик, следовательно, в данном случае распределение монодисперсное.

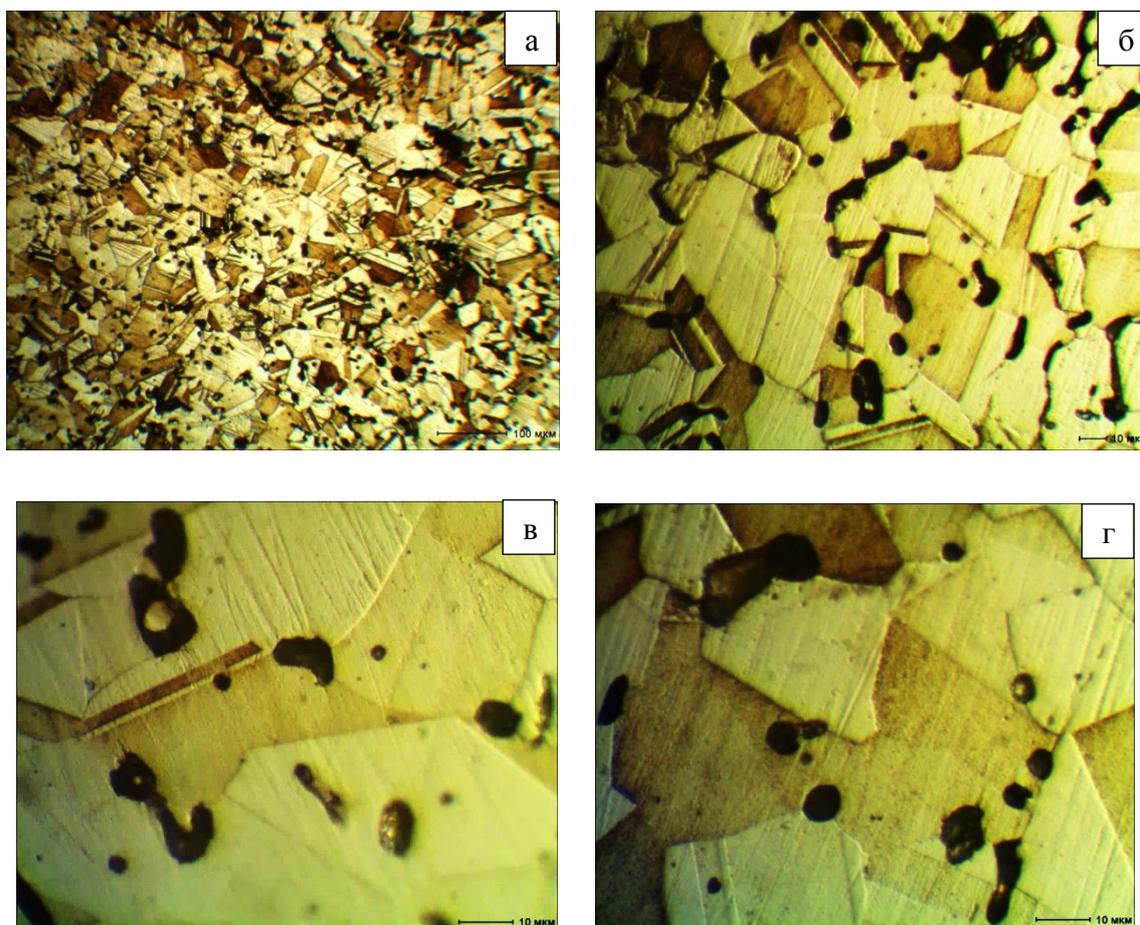


Рисунок 3 – Микроструктура образца, травленная поверхность, при разных увеличениях

На гистограмме (рисунок 2б) видно, что 90% пор имеют размер от 5 до 9 мкм (35% пор имеют размер 5-6 мкм, 23% - размер 6-7 мкм, 20% - размер 7-8 мкм и 12% - 8-9 мкм). Остальные 10% пор содержат размеры 9-22 мкм.

Таблица 2 – Сводные данные программы «SIAMS Photolab»

Площадь анализируемого поля, мкм	Суммарная площадь фазы (пор), мкм	Доля пор, %
1310720.0	159530.99609375	12

Для металлографического исследования поверхность образца подвергли травлению «царской водкой» (смесь концентрированных кислот: азотной  $\text{HNO}_3$  и со-

ляной HCl в соотношении 1:3 по объёму). Изображения травленной поверхности приведены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, образец имеет явную аустенитную структуру. Как известно, аустенит является немагнитным, что подтверждается простым тестом воздействия постоянного магнита на образец. Формирование аустенитной структуры происходит благодаря легированию стали никелем, который расширяет область  $\gamma$ -фазы, количество никеля в данной стали 12% (таблица 1).

Средний размер зерен фаз определяли методом секущих. Средний размер зерна аустенита составил 25 мкм, средний размер двойника –  $20 \times 3,5$  мкм<sup>2</sup>. Микротвердость спеченного образца составила 82 кг/мм<sup>2</sup> (по Виккерсу).

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования в работе структуры стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии заключаются во влиянии каждого легирующего элемента на свойства полученной стали. Подготовлена поверхность образца для металлографических исследований, в результате которой на нетравленной поверхности была проведена оценка остаточной пористости образца, которая составила 12%. Также, на травленной поверхности была определена аустенитная структура стали. Посчитан средний размер зерна и двойников.

*Работа выполнена за счёт средств ООО "Куранты" г. Москва*

*Авторы выражают благодарность Кулькову С.Н. за предоставление материалов и обсуждение полученных результатов.*

#### **Список литературы**

1. Либенсон Г.А. Процессы порошковой металлургии: учебник: в 2 т. / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. - Москва: МИСиС, 2001-2002 Т. 2: Формование и спекание. - 2002. - 320 с.
2. Основы металлургического производства : учебник / Бабич В. К. [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 2000. - 240 с
3. Браун М. П. Влияние легирующих элементов на свойства стали / М. П. Браун. - Киев: Гостоптехиздат УССР, 1962. - 192 с.: ил. - Библиогр.: с. 190-191.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИДСТОКОВ**

*А. А. СОСНОВСКАЯ, А. О. ВОРОБЬЕВ, Е. А. ДАРЕНСКАЯ*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **RESEARCH OF BINDERS WETTING PROPERTY FOR PREPARATION OF FEEDSTOCKS**

*A.A. SOSNOVSKAYA, A.O. VOROBYOV, E.A. DARENSKAYA*

National Research Tomsk Polytechnic University

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

**Annotation.** The article describes the research of binders wetting property for preparation of feedstocks. The compositions of binders such as: 15% of polypropylene+85% of paraffin wax, 35% of polypropylene+65% of paraffin wax and 65% of polypropylene+35% of paraffin wax were determined. It is found that the wetting property of all binders' compositions is acceptable.