

2. Захаров В.В., Ростова Т.Д. Влияние скандия, переходных металлов и примесей на упрочнение алюминиевых сплавов при распаде твердого раствора – *Металловедение и термическая обработка*, №9 (627), 2007.
3. Johansen A. Microstructures and properties of aluminium-magnesium alloys with additions of manganese, zirconium and scandium – doctor ingenior, 2000.
4. Roynet J. Scandium in aluminium alloys overview: Physical metallurgy, properties and applications – *Material Science*, 2007 .

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ СТАЛИ 50, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

С.В. ТКАЧЕВА¹, О.Ю. ВАУЛИНА¹, ЛИ ЛИНМО^{1,2}

Томский политехнический университет
Шеньянский политехнический университет

E-mail: svt14@tpu.ru

Порошковая металлургия – это одна из развивающихся отраслей промышленности. Порошковая металлургия позволяет получать изделия, которые невозможно получить другими методами, например, получение деталей сложной формы или получение композитов из материалов с различными температурами плавления [1].

Целью работы является изучение влияния параметров получения образцов методом порошковой металлургии на структуру и свойства. Объектом исследования являются образцы стали 50, полученные методом порошковой металлургии. В таблице 1 приведен состав порошковой композиции стали 50 с указанием массовой доли каждого элемента. Конструкционная углеродистая сталь 50 широко применяется в машиностроении, станкостроении и автомобильной промышленности.

Таблица 1 – Химический состав порошковой стали 50

Элемент	Массовая доля, %
Fe	98,85
C	0,50
Ni	0,30
Cr	0,25
Cu	0,30

На РЭМ-изображениях порошковой композиции стали 50 видно, что порошковая смесь мелкодисперсна, частицы в основном имеют правильную сферическую форму, рисунок 1а. С помощью описательной статистики гранулометрического анализа найден средний размер частиц $2,79 \pm 0,05$ мкм. Насыпная плотность порошковой композиции составила $2,11 \pm 0,04$ г/см³. Знание насыпной плотности порошка необходимо для расчета размеров прессуемой детали. Для всех партий образцов была рассчитана усадка – значение линейной и объемной усадки для всех образцов близки по значению и составила около 5% и 9% соответственно.

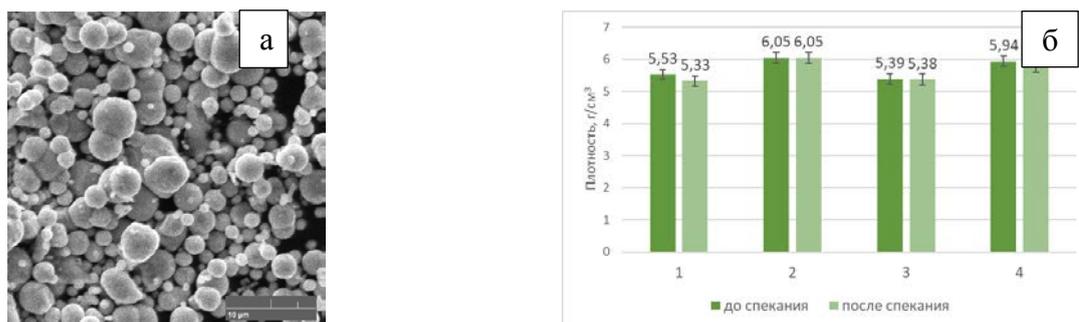


Рисунок 1 – Характеристики порошковой стали 50
 а – РЭМ – изображение порошковой композиции стали 50;
 б – зависимость плотности образцов от давления прессования

Прессовали образцы при двух режимах: для образцов 1 и 3 давление прессования было 255 МПа, для образцов 2 и 4 – 500 МПа, плотность образцов до и после спекания представлена на рисунке 1б. Спекание проводили при температуре 1350 °С с изотермической выдержкой 2 часа [2]. При меньшем давлении прессования плотность образцов меньше. Хотя разница плотности для всех образцов незначительная.

Исследование нетравленной полированной поверхности образцов позволяют оценить наличие пор, их количество, размер, форму и распределение в объеме изделия. Образцы имеют остаточную пористость после спекания. Распределение пор в спеченных образцах довольно неравномерное. Можно выделить области с высокой концентрацией пор и сопоставимые по размеру области, где поры совсем отсутствуют. Форма пор также различна: встречаются поры, как сферической формы, так и поры неправильной формы. Встречаются множество мелких пор, но много и крупных, которые образовались в результате слияния мелких в группы, рисунок 2а.

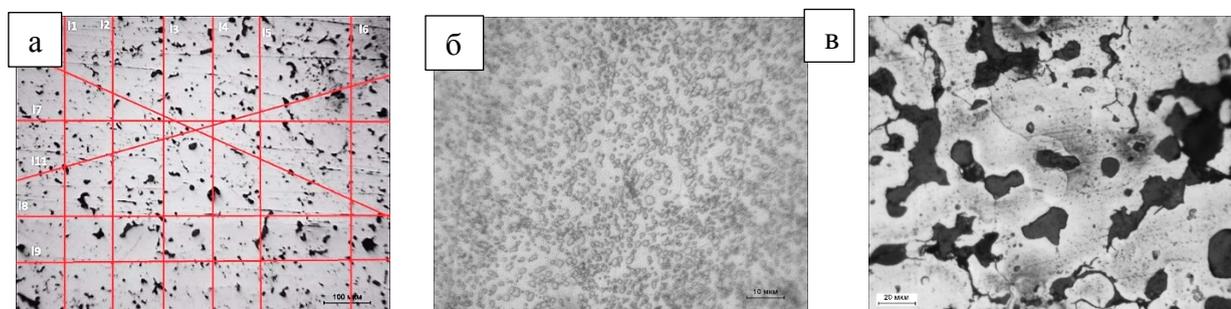


Рисунок 2 – Типичные изображения поверхности для стали 50
 а – наложение семейства прямых на микроснимки образцов порошковой стали 50, нетравленная поверхность; б – микроструктура образца литой стали 50, травленная поверхность; в – микроструктура образца порошковой стали 50, травленная поверхность

Для количественной характеристики пористости был проведен линейный анализ методом случайных секущих, рисунок 2а. Рассчитанная пористость представлена в таблице 2. Видно, что пористость для образцов, спрессованных при меньшем давлении, больше.

Поверхность литого образца после травления представлена на рисунке 2б. Сталь 50 – доэвтектоидная сталь с содержанием углерода 0,5%. По диаграмме состояния при комнатной температуре данная сталь должна иметь в своей структуре феррит и перлит, что мы и видим на микроснимках (феррит и зернистый перлит). Травленная поверхность образцов порошковой стали представлена на рисунке 2в. Структура остается также феррито-перлитной, однако размер зерен больше и перлит в данном случае пластинчатый [3].

Таблица 2 – Сводная характеристика образцов

№ партии образцов	Давление прессования, МПа	Пористость, %	Микротвердость, МПа	Нанотвердость, МПа	Модуль упругости, МПа
1	255	16,32±1,36	1970,25±69,04	723±10,8	134678 ± 1327,7
2	500	12,22±0,81	2259,06±60,02	929±13,9	174812 ± 2218,3
3	255	16,96±0,80	1905,92±139,94	736±10,9	142900 ± 1848,4
4	500	12,21±1,37	2287,20±101,49	907±13,6	153906 ± 1849,0
Литой	-	-	7512,8±146,1	3424±57,5	281765 ± 3277,5

На рисунке 3 представлены диаграммы механических свойств: микротвердость и нанотвердость. Различие между микротвердостью и нанотвердостью заключается в нагрузке и глубине индентирования. Микротвердость измеряли при нагрузке 50г, а нанотвердость – 25г. Микротвердость показывает интегральные значения по всей поверхности образцов, нанотвердость же измеряется более локально, не учитывая пористость [4]. Сразу можно заметить, что все эти механические свойства гораздо больше у литой стали в силу большей плотности и отсутствия пористости, также размер зерен порошковой стали больше, чем в 1,5 раза (средний размер зерна литой стали - $3,5 \pm 0,2$ мкм, порошковой – 57 ± 9 мкм). Значения микротвердости спеченных образцов близки у всех образцов и входят в доверительный интервал, рисунок 3а. Нанотвердость, рисунок 3б, у образцов, сформованных при давлении 255 МПа, меньше нанотвердости образцов, сформованных при 500 МПа на 20%.

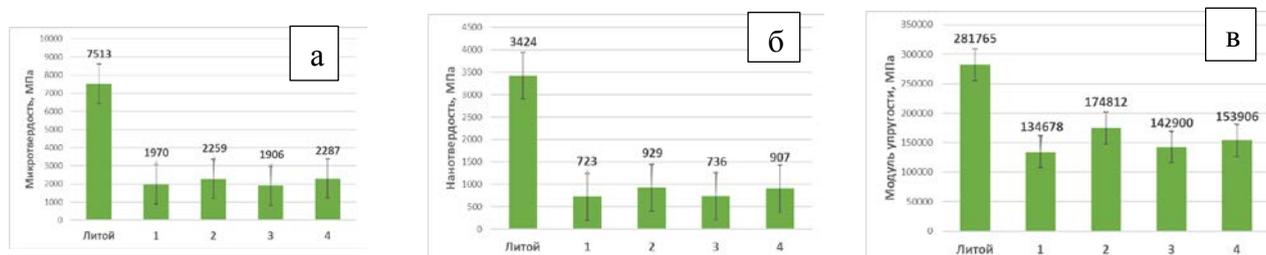


Рисунок 3 – Зависимости механических характеристик от образцов, изготовленных разными методами и разными режимами: а – микротвердость; б – нанотвердость; в – модуль упругости

В результате исследований можно сделать выводы: частицы порошковой композиции стали 50 сферической формы со средним размером зерна $2,79 \pm 0,05$ мкм. Структура литой стали и порошковой определена, как феррито-перлитная, однако в литой стали перлит имеет зернистое строение, а в порошковой – пластинчатое. Также размер зерна в литой стали меньше в 1,5 раза. Вследствие этого механические характеристики литой стали сильно выше (более, чем в 3,5 раза для микротвердости и в 4 раза для нанотвердости). Механические характеристики порошковой стали вследствие пористости и более низкой плотности, чем у литой стали. В дальнейшем планируется повысить свойства порошковой стали путем термического упрочнения, варьирования режимов прессования и спекания, механической активацией исходных порошков или введением упрочняющих частиц типа карбидов [5].

Список литературы

1. Павлов В.А., Ляшенко А.П., Носенко М.И. Перспективные технологические процессы порошковой металлургии // Новые материалы и технологии в металлургии. 2008. – С. 30-33.
2. Халафов Р. Д. Исследование влияния термической обработки на структуру и свойства РИМ-изделий / Р. Д. Халафов; науч. рук. О. Ю. Ваулина // Современные технологии и материалы новых поколений: сборник трудов Международной конференции с элементами научной школы для молодежи/ НИ ТПУ; РАН, СО, ИФПМ. - Томск: Изд-во ТПУ, 2017. - С. 251-253.
3. Influence of mechanical activation of steel powder on its properties [Electronic resource] / O. Yu. Vaulina [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2017. - Vol. 175: Competitive Materials and Technology Processes (IC-CMTP4). - [012038, 4 p.].
4. Колокольцев В.М., Чукин М.В., Голубчик Е.М. Освоение новых технологий производства многофункциональных сплавов инварного класса с повышенными эксплуатационными свойствами // Металлургические процессы и оборудование. - 2015. - N 5. - С. 47-52.
5. Исследование влияния упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni на структуру и свойства спеченных изделий / Е. В. Дегтярева [и др.] // Современные материалы и технологии новых поколений: сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса/ НИ ТПУ, ИШНПТ; под ред. А. Н. Яковлева. - Томск: Изд-во ТПУ, 2019. - С. 27-29.

ПОВЕДЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ОТ ПОТОКА ГОРЯЩИХ ЧАСТИЦ

М.Б. ТОХМЕТОВА, Д.П.КАСЫМОВ

Томский государственный университет

E-mail:madina.tokhmetova@mail.ru

Повсюду значительно увеличивается количество пожаров, распространяющиеся на зону застройки различных объектов зданий и сооружений. Воспламеняемость структурных компонентов из-за тлеющих частиц является распространенной причиной структурных пожаров. Растет число и интенсивность лесных пожаров. Предпосылкой является желание людей проживать в лесной местности, что влияет на появление пожаров, а также незнание правил перехода на урбанизированные территории.

При возникновении очага возгорания задачей пожарной безопасности является предотвращение перемещения огня на населенные пункты. В целях выполнения данной задачи целесообразно проводить теоретические и экспериментальные исследования. Горящие и тлеющие частицы занимают значительное место при распространении пожаров[1,2]. Исследования горящих и тлеющих частиц, как правило, разделяются на три блока задач: генерация частиц, перенос частиц, воспламенение материалов в результате их воздействия. Были выполнены исследования по генерации частиц и воспламенению ими горючих материалов количество экспериментов, однако в секции переноса частиц исследований было значительно больше[3]. Коллективами из США, Австралии, Португалии, Великобритании проводятся эксперименты, направленные на получение количественной информации о параметрах уязвимости конструкций на основе древесины к воспламенению от горящих и тлеющих частиц, возникающих в результате пожаров. В настоящее время