

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРЕССОВАНИЯ И СПЕКАНИЯ

*Н.С. ЛЮТЫЙ, М.М. МАСАЛИТИНА, О.Ю. ВАУЛИНА*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

E-mail: [nsl4@tpu.ru](mailto:nsl4@tpu.ru)

Процесс получения изделий спеканием металлических порошков относится к области порошковой металлургии. Данный метод позволяет получить детали, которые могут обладать практически любыми свойствами [1]. Также порошковая металлургия может значительно сокращать себестоимость получаемых изделий за счет высокой экономии металла. Благодаря вышеперечисленным факторам порошковая металлургия твердо занимает свою рыночную нишу, как в России, так и за её пределами.

Работа направлена на сравнение свойств спеченных образцов Invar при разных условиях прессования и спекания. Для изготовления образцов отдельные порошки элементов (никелевый порошок марки ПНК УТ-1, карбонильный железный порошок марки ВМ) смешивали в соотношениях: 36 % Ni и 64% Fe [2] в смесителе типа «пьяная бочка», добавляли пластификатор (глицерин), формовали и спекали. Спекание проводилось в течение 2 часов при температуре спекания в вакуумной печи с предварительной изотермической выдержкой 2 часа при температуре 600 °С.

В ходе работы были изучены четыре партии образцов инварного состава, полученные методом порошковой металлургии при различных режимах, таблица 1. В качестве пластификатора использовался глицерин.

Металлографические исследования проводили с помощью оптического микроскопа «ЛабoМет - И». Пористость была проанализирована с помощью программного комплекса «SIAMS Photolab». Микротвердость образцов была измерена на микротвердомере «ПМТ-3».

Таблица 1 - Характеристика образцов

| № партии | Режим изготовления образцов |                           | Пористость |          | Микротвердость, МПа |
|----------|-----------------------------|---------------------------|------------|----------|---------------------|
|          | Температура спекания, °С    | Давление прессования, МПа | <d>, мкм   | <П>, %   |                     |
| 1        | 1300                        | 130                       | <П>, %     | <П>, %   | 972±144             |
| 2        | 1350                        | 130                       | 6,0±2,0    | 26,1±5,0 | 866±101             |
| 3        | 1300                        | 650                       | 1,6±0,6    | 0,9±0,5  | 1442±101            |
| 4        | 1350                        | 650                       | 2,0±1,6    | 1,4±1,5  | 1083±125            |

Пористость образцов представлена в таблице 1. Размер пор и значение пористости при повышении температуры спекания не снижается и находится в пределах погрешности, как для партий образцов №1 и №2, так и для партий образцов №3 и №4. Если сравнивать образцы, формованных при разном давлении и при одной температуре, то картина другая. Образцы, спрессованные при большем давлении, имеют значительно меньшие размеры пор. Пористость для этих образцов меньше в десятки раз, чем у спрессованных при меньшем давлении.

На рисунке 1 представлены микроструктуры подготовленных поверхностей образцов после травления. Структуры качественно не отличаются, во всех образцах наблюдается аустенитная структура с ГЦК-решеткой.

Образцы, спрессованные при большем давлении (650 МПа), рисунок 1а, б, имеют значительно меньшие размеры пор, они одиночные правильной формы. Пористость для этих образцов меньше в десятки раз, таблица 1, чем у образцов, спрессованных при меньшем давлении (130 МПа), рисунок 1в, г.

Фрагменты рентгенограмм спечённых образцов представлены на рисунке 2. Из рентгенограмм видно, что после спекания формируется структура инварного сплава состоящая из аустенитной  $\gamma$ -фазы с ГЦК структурой, характерной для инвара. Параметр решётки для образцов близок к литературным данным ( $5,595 \times 10^{-10}$  м).

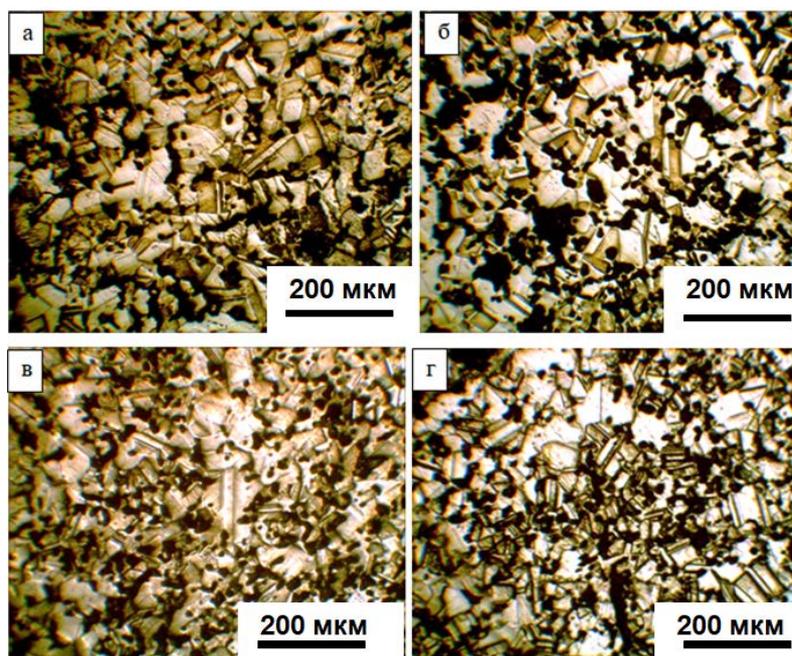


Рисунок 1 - Микроструктура травленных образцов: а - партия образцов №1, б - партия образцов №2, в - партия образцов №3, г - партия образцов №4

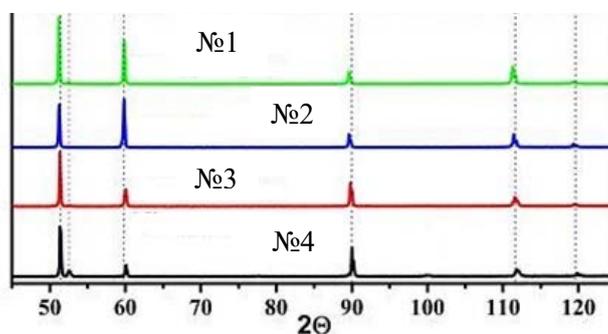


Рисунок 2 - Рентгенограммы всех групп образцов

Микротвердость, таблица 1, при увеличении давления прессования от 130 МПа до 650 МПа показало увеличение микротвердости образцов на 25-46%, в то время как повышение температуры спекания привело к уменьшению микротвердости на 8-24 %.

Лучшими свойствами обладают образцы, изготовленные по режиму №3: температура спекания 1300 °С, давление формования 650 МПа.

#### Список литературы

1. Бабич Б.Н. Металлические порошки и порошковые материалы // «Порошковая металлургия». - 2005. - С.75.
2. 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.