

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ НА СТРУКТУРУ СПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Е.В. Дегтярева, А. Шпаркович, Ло Цзянкунь, О.Ю. Ваулина*

Научный руководитель: к. т. н. О.Ю. Ваулина  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: kolgay@tpu.ru

Механическая активация является способом ускорения физико-химических процессов и находит все более широкое применение. Известно, что материал изменяет свой состав и строение под действием механических нагрузок. Механическая активация исходных порошков способствует повышению качества спеченных материалов, облегчая их получение [1, 2].

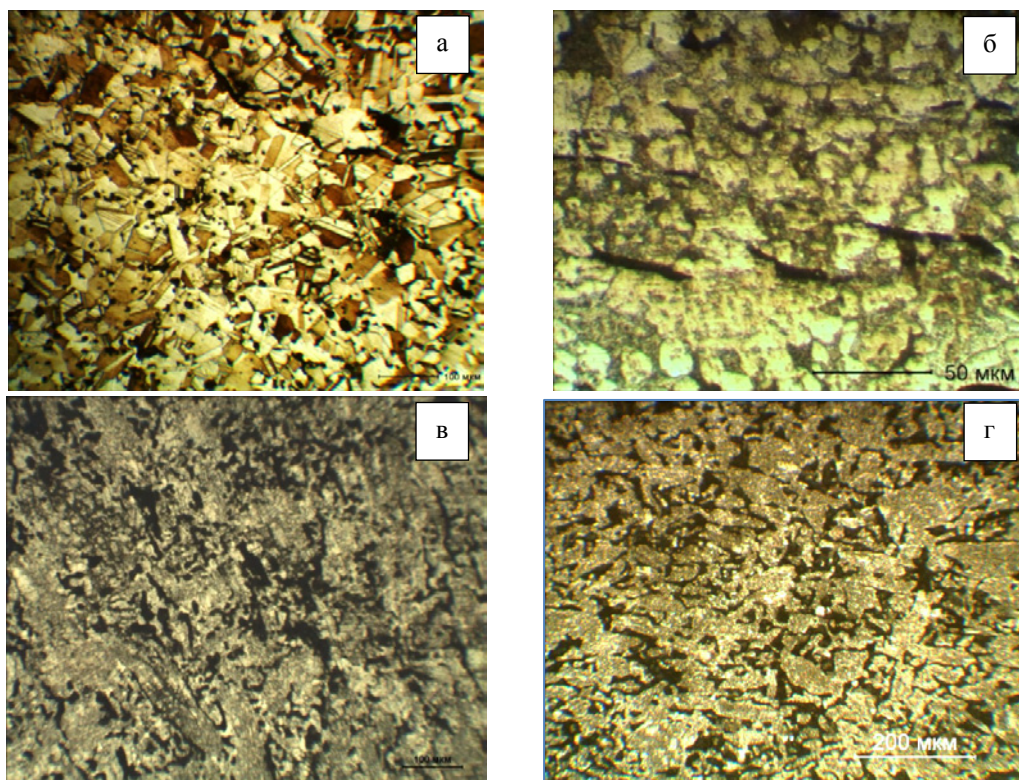
### Материал и методы исследования

Образцы 03X17H12B готовили по технологии порошковой металлургии. Были изготовлены образцы из порошковой смеси без механической активации и с механической активацией в течение 1, 5 и 10 минут.

Определение пористости образцов проводили с помощью «Анализатора фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS 700тм». Анализ фазового состава проводили рентгенографическим методом. Металлографический анализ проводили с использованием металлографического микроскопа «ЛабoМет-И» с системой визуализации изображения.

### Результаты исследования

*Определение пористости.* Все образцы имеют остаточную пористость после спекания. Распределение пор в спеченных образцах довольно неравномерное. На полированной поверхности шлифа можно выделить области с высокой концентрацией пор и области, где поры совсем отсутствуют. Большинство (50–90%) пор для всех образцов имеют размер до 10 мкм. В образцах с механоактивацией 5 и 10 минут встречаются большие поры до 70 мкм. Средняя пористость по образцам и средний размер пор приведены в таблице 1.



*Рис. 1.* Микроструктура образцов, травленая поверхность:  
а) без механической активации; б-г) с механоактивации в течение 1 (б), 5 (в) и 10 минут (г)

Таблица 1. Пористость образцов

Параметр	Время механической активации, мин.			
	0	1	5	10
Пористость, %	10	4	17	16
Средний размер пор	7,63	6,31	9,62	10,69

**Микроструктура и фазовый состав.** Для металлографического исследования образцы подверглись травлению (рис. 1). Структура образца без механической активации – аустенит с большим количеством двойников (рис. 1,а). После механоактивации порошковой композиции в структуре спеченных образцов появился феррит (рис. 1,б-г). Данное предположение также подтверждается рентгеноструктурным анализом (рис. 2).

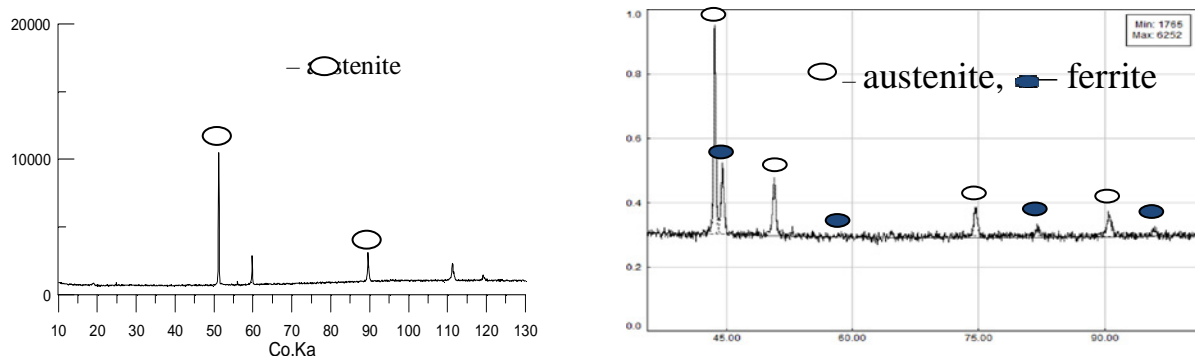


Рис. 2. Дифрактограммы с поверхности образцов 03X17H12В:  
 а) без механической активации; б) механоактивация 10 минут

Анализ дифрактограмм показал, что образец без механической активации (рис. 2а) имеет ГЦК – решетку с параметром 0,359561 нм. При анализе дифрактограмм для образцов с механической активацией 1, 5 и 10 минут обнаружили две фазы ГЦК-решетку (параметры 0,36055, 0,3598, 0,35632 нм соответственно) и ОЦК-решетку (0,28844, 0,28961, 0,28983 нм). Если сравнивать параметры чистого  $\gamma$ -Fe (0,356 нм) и  $\alpha$ -Fe (0,286 нм) с полученными данными, можно говорить о легированности фаз.

### Заключение

После одномоментной механической активации пористость спеченной стали не превышает 5%, что меньше пористости спеченной стали из порошка без механической активации.

Определена структура для образцов: аустенит – для образца без активации; аустенит и феррит – для образцов после активации. С увеличением времени активации произошло измельчение структуры. Рентгеноструктурный анализ подтвердил, что механическая активацию приводит к изменению фазового состояния образцов: в образцах без активации структура ГЦК ( $\gamma$ -Fe), после активации – ГЦК ( $\gamma$ -Fe) и ОЦК ( $\alpha$ -Fe).

### Список литературы

1. Hueller M., Chernik G.G., Fokina E.L. et al. Mechanical alloying in planetary mills of high accelerations // *Reviews on Advanced Materials Science*. – 2008. – Vol. 18. – P. 366–374.
2. Mucs G. Mechanical activation of power station fly ash by grinding // *Journal of Silicate Based and Composite Materials*. – 2016/2. – Vol. 68. – P. 56–61.