

теплоэнергетических характеристик от зольности в Китае и в России имеют одинаковый тип функции.

Таким образом, сотрудничество по продаже угля фактически можно реализовать, т.е. в этой области имеются хорошие перспективы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://wenku.baidu.com/view/ce48098ee53a580216fcfe60.html> 《中俄煤炭现状以及对两国合作的思考》. Дата обращения 16.01.2018.
2. <http://www.ixueshu.com/document/ef1e33d991752b12318947a18e7f9386.html> 《无烟煤发热与水分挥发分热量的回归分析》. Дата обращения 16.01.2018.
3. Энергетическое топливо СССР. Справочник / Матвеева И.И, Новицкий Н.В, Вдовченко В.С. и др. М: Энергия, 1979. 128 с.

### **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА И МОРФОЛОГИЮ ПОРОШКА ИНВАРА**

Хань Лян

Научный руководитель: Ваулина Ольга Юрьевна

Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет

Целью работы является – исследовать влияние механической активации порошка инвара на структуру и свойства изделий, полученных с помощью РИМ-технологии.

Механическая активация является способом ускорения физико-химических процессов и находит все более широкое применение в области материаловедения. Известно, что материал изменяет свой состав и строение под действием механических нагрузок. Механическая активация исходных порошков способствует повышению качества спеченных материалов, облегчая их получение. Так как работ по механической активации порошка инвара мало, научно-исследовательская работа будет заключаться в исследовании влияния механической активации на морфологию и свойства порошка инвара, т.е. выбор оптимального времени активации исходных порошков для получения высоких свойств порошка, а в дальнейшем и изделий из него.

В работе исследования является порошковый инвар, сплав, состоящий из никеля (Ni, 36 %) и железа (Fe, 64%). Инвар используется в точном приборостроении для изготовления мерных проволок в геодезии, эталонов длины, деталей часовых механизмов, деталей барографов и высотомеров, несущих конструкций лазеров и др.

Все сыпучие материалы характеризуются насыпной плотностью. Под насыпной плотностью порошков понимают количество порошка, которое находится в свободно засыпанном состоянии в единице заданного объема. Для определения насыпной плотности засыпали порошок в цилиндр объемом 25 мм<sup>3</sup>. Затем взвешивали массу порошка из цилиндра, по формуле (1) находим насыпную плотность.

Измерение насыпных плотности. Формул (1) определения плотности:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

где, m - вес насыпных порошка инвара; v - объём;

Рассчитанная насыпная плотность приведена в таблице 1.

Таблица 1

*Насыпная плотность для порошка инвара при разном времени механической активации*

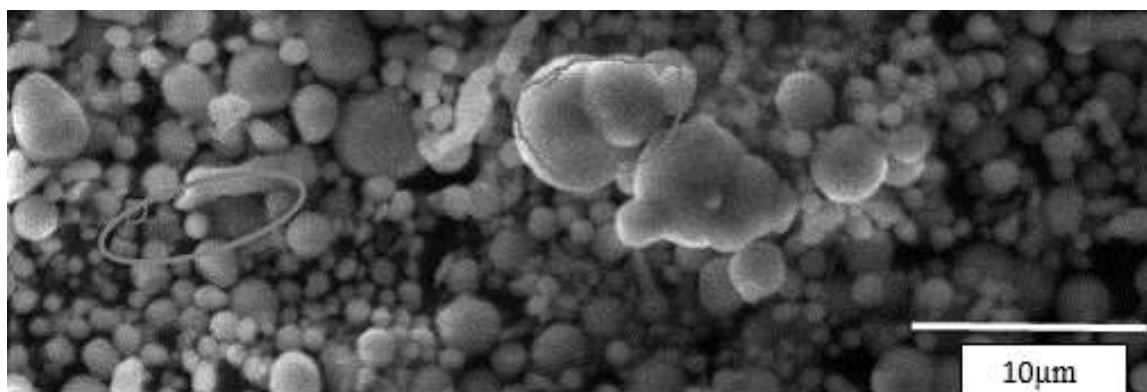
<b>Насыпная плотность для порошка инвара при разном времени механизации</b>	<b>Средняя насыпная плотность <math>\rho</math>, г/мм<sup>3</sup></b>
Без механизации	2,893
1 минут	3,163
5 минут	2,846

Самая большая насыпная плотность у порошка инвара, активированного в течение 1 минуты, самая маленькая - порошка инвара, активированного в течение 5 минут.

С помощью растрового электронного микроскопа были получены изображения порошков, рисунки 1-4.

Описание частиц порошка инвара будет опираться на ГОСТ 25849-83 (СТ СЭВ 3623-82) «Порошки металлические. Метод определения формы частиц», в котором описаны типовые формы частиц.

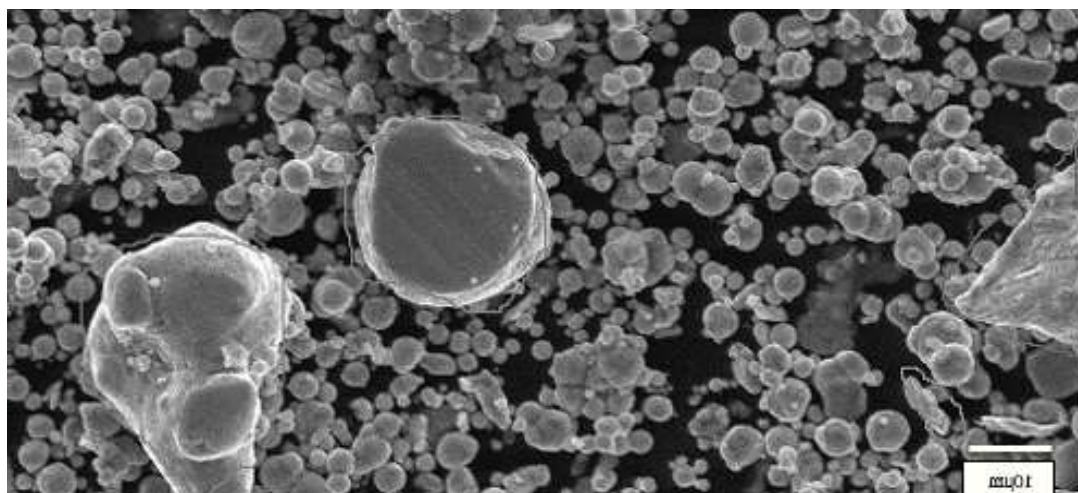
Все порошки (и без механической активации, и с механической активацией) неоднородны по размеру и по форме частиц. Встречаются как крупные, так и мелкие частицы, разница между которыми может достигать примерно 40 раз, рисунки 1, 2, 3.



*Рис. 1 - Порошок инвара без механической активации*

На рисунке 1 видно, что большинство порошинок имеют сферическую форму. Иногда встречаются вытянутые частицы. Есть агломераты (слипшиеся несколько частиц в единый объем). Размер порошинок колеблется от 1 до 10  $\mu\text{m}$ .

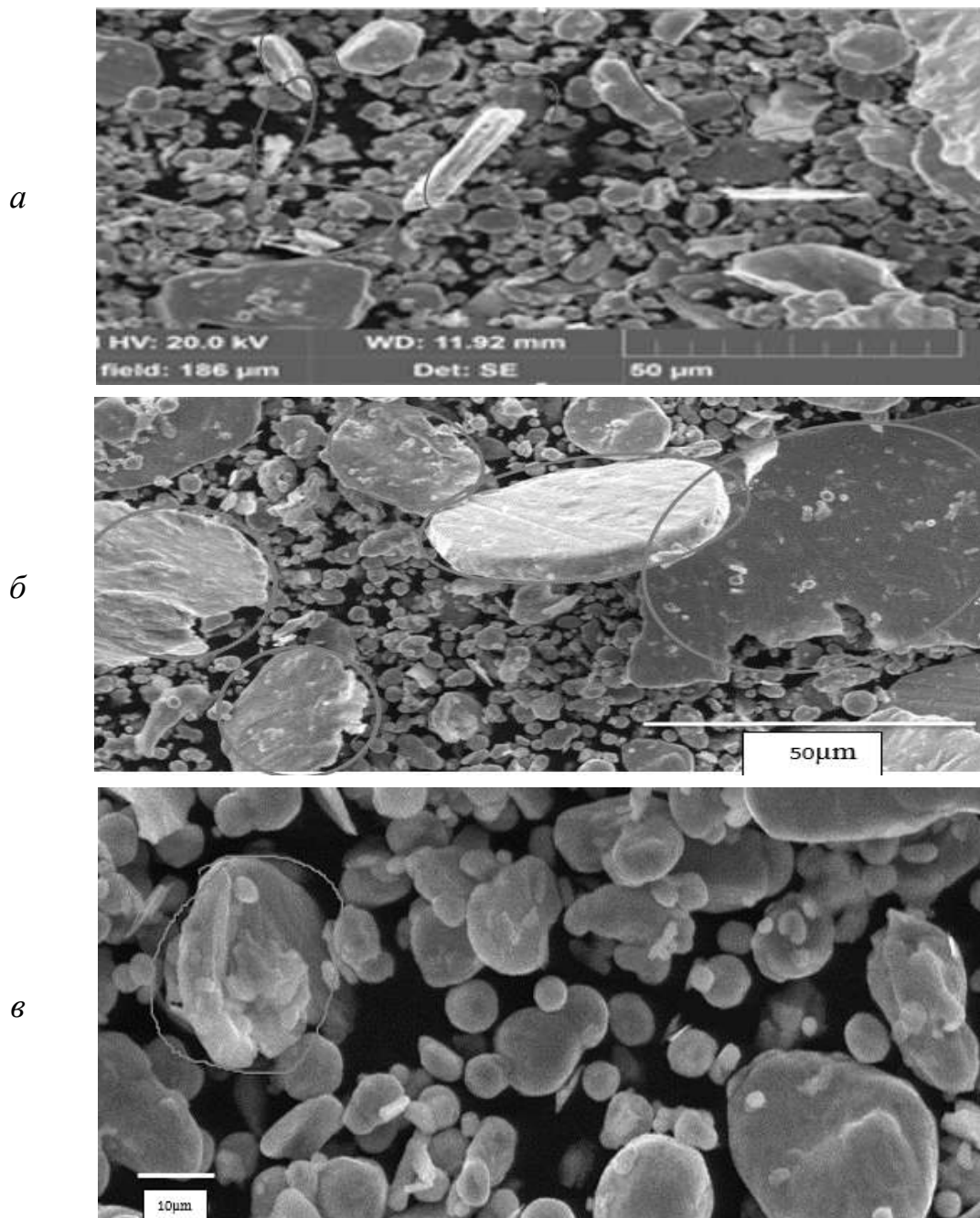
Порошок инвара после механической активации в течение 1 минуты представлен при большом увеличении на рисунке 2. Видно, что также большинство частиц имеет сферическую форму. Размер порошинок колеблется от 0,5 до 5  $\mu\text{m}$ , т.е. мельче, чем порошок без мехактивации. Однако встречаются достаточно большие частицы (до 30  $\mu\text{m}$ ), отличающиеся по структуре. Также встречаются агломераты большего размера до 70  $\mu\text{m}$ , состоящие из множества частиц.



*Рис. 2 – Порошок инвара с механической активацией в течение 1 минуты*

Порошок инвара после механической активации в течение 5 минут при большом увеличении представлен на рисунке 3. Видно, что уже большее количество частиц имеют неправильную вытянутую форму, рисунок 3 а, где ширина (до 3-7  $\mu\text{m}$ ) намного меньше длины (до 20-40

μm). Также наблюдаются большие плоские, сплюснутые частицы, рисунок 3 б, размером до 100 μm. На рисунке 3в контуром обозначен крупный агломерат спеченных частиц.



*Рис. 3 – Порошок инвара с механической активацией в течение 5 минут*

Доля сферической фазы порошков была рассчитана также ручным методом. На изображение с растрового электронного микроскопа нанесена сетка 10x10мм, в обоих случаях она получилась 9 x 9 клеток.

После посчитаны все узлы решетки, которые попадают на сферические и близкие к сферической форме частицы. Для порошка инвара без механической активации таких узлов оказалось 62, при 1 минут механической активации таких узлов оказалось 58, при 5 минут – 54. Далее расчет проводят по формуле (2):

$$D_{\text{сф}} = \frac{N_{\text{сф}}}{N_{\Sigma}} 100\% \quad (2),$$

где  $D_{\text{сф}}$  – доля сферической фазы,

$N_{\text{сф}}$  – количество узлов сетки, попавших на сферические частицы,

$N_{\Sigma}$  - общее количество узлов.

В результате доля сферической фазы в порошке инвара без механической активации составила 76,5 %, при 1 минуте механической активации составила 71,6 %, при 5 минут - 66,7 %.

### **Выводы**

Самая большая насыпная плотность у порошка инвара после механической активации в течение 1 минуты (3,163 г/мм<sup>3</sup>), после более длительной активации порошки образуют большое количество агломератов, тем самым снижая насыпную плотность (при 5 минутах активации, насыпная плотность 2,846 г/мм<sup>3</sup>). Электронно-растровая микроскопия порошков показала, что основная часть порошинок имеет сферическую форму со средним размером до 10 мкм. Однако при механической активации появляются агломераты из отдельных порошинок от нескольких штук до нескольких десятков. Появляются частицы неправильной, как правило, вытянутые в одну сторону, формы. В порошке после механической активации после 5 минут наблюдаются большие плоские частицы, отличающиеся морфологией от основной массы. Доля сферичности уменьшается с возрастанием времени механической активации от 76,5 % для исходного порошка до 66,7 % для порошка после 5 минут активации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. 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.].
2. Шпаркович А. А. Влияние механической активации порошковой композиции Fe-C-Cr-Ni-W на структуру спеченных образцов / А. А. Шпаркович, О. Ю. Ваулина // Современные технологии и материалы новых поколений: сборник трудов Международной

конференции с элементами научной школы для молодежи, г. Томск, 9-13 октября 2017 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 134-135].

3. Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твёрдых веществ // Успехи химии, 2006. № 3. — С. 203-216. — ISSN 0044-460X.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЕКТА УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА "SONANGOLREFINARIADELUANDA"**

Н. Д. А. Гама (МТП22-16-01), К. Е. Станкевич (доцент, канд. техн. наук), Г. М. Сидоров (профессор, доктор техн. наук), А. Р. Гайсина (доцент, канд. техн. наук), М. А. Эштейта (МБП01-16-01)

Научный руководитель: К. Е. Станкевич, доцент, канд. техн. наук  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

**Abstract:** In the last few years, the potentialities of membrane operations have been widely recognized. The attention to the process intensification strategy as the best available approach for an appropriate sustainable industrial growth, contributed to confirm the membrane engineering as powerful tool to realize this strategy at the best. The basic aspects of all existing membrane operations for molecular separations, in chemical transformation (membrane reactors) and in membrane contactors are all in very good agreement with the fundamentals of the Process Intensification requirements (low energy consumption, easy scale-up, high flexibility, small size related to capacity, high automatization, etc.).

В мировом производстве автомобильных бензинов наблюдается постоянная тенденция к ужесточению не только их эксплуатационных, но и экологических характеристик. Сегодня на нефтеперерабатывающих заводах основными процессами получения компонентов автомобильных бензинов являются каталитический риформинг и каталитический крекинг.

В связи со значительным увеличением доли сернистых и высокосернистых нефтей в общем количестве перерабатываемой нефти для повышения качества выпускаемых нефтепродуктов широкое развитие получил процесс гидроочистки этих продуктов. Удаление сернистых соединений из моторных топлив способствует уменьшению