

УДК 621.762

**В. Н. Шуменко<sup>1</sup>, В. В. Шуменко<sup>2</sup>**, кандидаты технических наук

<sup>1</sup>ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский автономный технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Российское общество автостраховщиков, г. Москва

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ТВЁРДОГО СПЛАВА ВК5 ДЛЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

*Для исследований взяты наноразмерные порошки карбида вольфрама и кобальта. Исследованы свойства исходных материалов. Разработан новый способ приготовления смеси, и последующего прессования, основанный на теории капиллярно пористого тела А.В. Лыкова. Наноразмерные смеси необходимо прессовать с введением жидкости (мокрое прессование). Спечённые твёрдосплавные изделия были использованы для оснащения бурового инструмента.*

*Ключевые слова: теория А.В. Лыкова, мокрое прессование, наноразмерный твёрдый сплав.*

Цель работы – разработать технологию получения твёрдого сплава из наноразмерных порошков карбида вольфрама и кобальта.

В основу разработки нового способа получения спечённого твёрдого сплава была положена теория капиллярно пористого тела А. В. Лыкова.

Основой теории является взаимодействие частиц твёрдого тела с жидкостью. Жидкость с частицами твёрдого тела образует два физических состояния: защемленная жидкость и защемленный воздух [1].

Первые работы практического применения теории А. В. Лыкова в процессах порошковой металлургии опубликованы [2, 4–9].

Работа [2] основанная на теории сушки А. В. Лыкова [3]. Введение лиофильной жидкости в засыпанную в матрицу пластифицированную смесь позволяет растворить пластификатор и



*Рис. 1. Выделение пластификатора на поверхности после сушки.*

размягчить гранулы. Это уменьшает внешнее и внутреннее трение, повышает равномерность. После прессования, растворенный пластификатор, при сушке, по поровым каналам перемещается на поверхность, где он, после испарения жидкости, кристаллизуется (рис. 1).

Удалить пластификатор последующим отжигом с такого образца намного легче и быстрее.

Работы [4–7] – это различные варианты мокрого прессования с лиофильной жидкостью, подаваемой различными способами в засыпанную матрицу, пластифицированную смесь: до прессования, во время прессования, при

выпрессовке, под давлением, при нагреве, при смешении 2-х жидкостей.

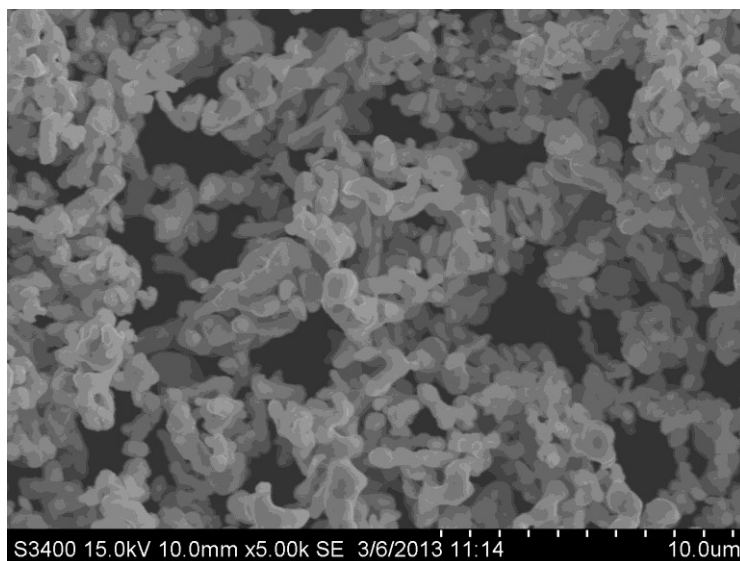
В работе [8], в развитие теории А. В. Лыкова, обосновано и экспериментально подтверждено применение для мокрого прессования лиофильной жидкости.

Введение жидкости в засыпанную в матрицу пластифицированную смесь не требует дополнительных операций, так как распылитель находится на внешней стороне бункера дозатора и вводит жидкость в момент перемещения его на столе пресса.

Используя теорию перемещения жидкости в капиллярно пористом теле А. В. Лыкова, был разработан способ введения пластификатора методом фильтрации [9]. Этот метод позволяет ввести минимальное количество пластификатора, не толще пограничного слоя Людвиг Прандтля, равномерно и на каждую частицу смеси.

#### **Характеристика исходных материалов и методика эксперимента**

На рис. 2 представлена форма и размер частиц кобальта.

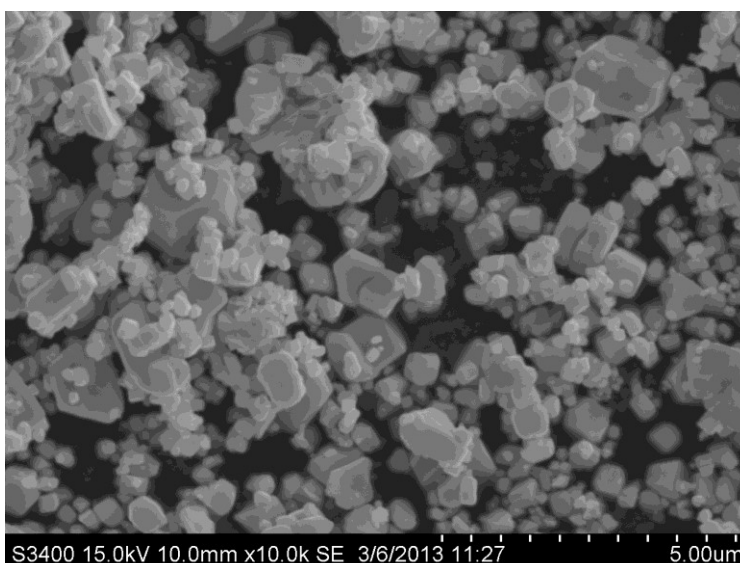


*Рис. 2. Форма и размеры частиц кобальта, увеличение 5000*

Форма частиц не подпадает под обще принятую классификацию. Внешний вид частиц напоминает кусочки ломаных кораллов. Они цилиндрические и искривленные.

Химический состав порошка кобальта 99,97 (масс.%), со средним размером частиц 1,25 мкм производства компании «Nanjing Hanrui Cobalt Co, Ltd.» (Китай).

На рис. 3 представлена форма и размер частиц карбида вольфрама.



*Рис. 3. Форма и размеры частиц карбида вольфрама, увеличение 10000*

Форма частиц карбида вольфрама – многогранники.

Химический состав карбида вольфрама (масс. %):  $C_{\text{общ.}} - 6,13$ ;  $C_{\text{своб.}} - 0,08$ ;  $O - 0,08$ .

Технологию получения наноразмерного твёрдого сплава разрабатывали по двум вариантам: традиционному и не традиционному, основанному на теориях А. В. Лыкова.

Традиционная технология, включала введение лиофильной жидкости.

Порошки карбида вольфрама и кобальта смешивали в шаровой мельнице, футерованной твёрдосплавными пластинами, при отношении шаров к материалу 10:1, в изопропиловом спирте, в течение 24 часов. Затем смесь отделяли от шаров и сушили. Пластификатор, 12% раствором парафина в изопропиловом спирте, вводили на вакуумном фильтре [9], сушили, гранулировали, протиркой через сито и прессовали.

Прессование проводили в стальной пресс-форме с заданной формой зубка, с введением после засыпки смеси, 1,4 5масс.% изопропилового спирта.

Введение изопропилового спирта, как сказано выше, приводит к размягчению гранул за счет растворения парафина, снижению внешнего и внутреннего трения и повышению равномерности.

Спекание проводили в две стадии. Первое спекание при 450 °С для удаления пластификатора. Второе спекание в вакууме спеканию брикетов проводили в вакуумной печи ВСл-16-22-У (производства «ВакЭто», Россия) по следующему режиму: нагрев до 800 °С со скоростью  $v = 20$  град/мин, выдержка при этой температуре в течение  $\tau = 30$  мин, дальнейший нагрев с  $v = 15$  град/мин до температуры спекания и выдержка при ней 30 мин.

Плотность определяли методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 20018-74 с использованием аналитических весов фирмы A&D (Япония).

*Нетрадиционная технология получения наноразмерного твёрдого сплава.*

Порошки карбида вольфрама и кобальта смешивали в шаровой мельнице, футерованной твёрдосплавными пластинами, при отношении шаров к материалу 10:1, в изопропиловом спирте, в течение 24 часов. Затем смесь отделяли от шаров и сушили.

После того, как авторами было установлено, что наноразмерная смесь, после сушки на подвержена сегрегации, из-за проявления меж молекулярных сил между отдельными частицами, то было принято решение не использовать пластификатор, а вводить в матрицу увлажненную смесь, тем более, что в ИПМ им. И. Н. Францевича НАН Украины (г. Киев) разработана подобная система дозирования [10, 11].

Увлажненные прессовки обладают достаточной прочностью для переноски их на противень для последующего спекания.

Перед спеканием, увлажненные прессовки сушили для удаления изопропилового спирта. Сушка возможна на воздухе под вытяжным зонтом, сушильном шкафу с вытяжкой, или в печи в низкотемпературной зоне перед спеканием.

Мы сушили увлажненные прессовки по режиму А. В. Лыкова, описанному в работе [3]. Миграция изопропилового спирта, в виде пленочной жидкости, по капиллярно пористому телу прессовки, может быть по любому варианту [12].

Сушку проводили при 90°С в электрическом сушильном шкафу. Спекание в вакууме проводили аналогично первому варианту.

Прессование смеси без пластификатора имеет большое преимущество. Исключаются технологические операции, связанные с введением и последующим удалением пластификатора.



Рис. 3. Внешний вид зубков. Слева по варианту один, в центре и справа по второму варианту, без пластификатора

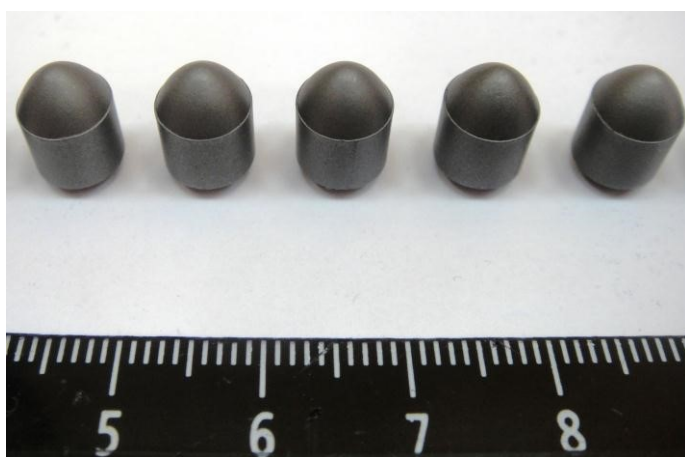


Рис. 4. Внешний вид зубков. Два зубка справа по первому варианту технологии, в центре и справа по второму варианту, без пластификатора



Рис. 5. Буровой инструмент

На рис. 3 представлены зубки для дорожного инструмента. Слева по первому варианту технологии, два образца справа – по второму варианту.

Свойства зубков, полученных по двум различным вариантам, не отличаются. Отклонения числовых значений свойств спечённых изделий лежат в диапазоне доверительных значений для измеряемых величин.

На рис. 4 представлены зубки для бурового инструмента, а на рис. 5 – оснащенный ими буровой инструмент.

Проведенные эксперименты и сравнение свойств полученных изделий, позволили предложить новую технологию получения наноразмерных твёрдых сплавов [13].

### Выводы

Подтверждена экспериментальная значимость теории А. В. Лыкова в порошковой металлургии.

На основании теории А. В. Лыкова усовершенствован способ введения пластификатора и способ прессования пластифицированных смесей твёрдого сплава.

Разработана технология получения наноразмерного твёрдого сплав без использования пластификатора.

*Для досліджень взяті нанорозмірні порошки карбіду вольфраму і кобальту. Досліджено властивості вихідних матеріалів. Розроблено новий спосіб приготування суміші, і подальшого пресування, заснований на теорії капілярно пористого тіла А.В. Ликова. Нанорозмірні суміші необхідно пресувати з введенням рідини (мокре пресування). Спечені твердосплавні вироби були використані для оснащення бурового інструменту.*

**Ключові слова:** теорія А.В. Ликова, мокре пресування, нанорозмірний твердий сплав.

*Research taken nanoscale powders of tungsten carbide and cobalt. Investigated the properties of the raw materials. \_New method of preparation of the mixture and subsequent*

*compression based on the theory of capillary porous body A.V. Lykov. Nanoscale mixture must be pressed with the introduction of a liquid (wet pressing). Sintered carbide products were used to equip the drilling tool.*

**Key words:** *the theory A.V. Lykov, the wet pressing, the nanosized hard alloy.*

### Литература

1. Лыков А. В. Тепломассообмен. Справочник 2-е изд. – М: Энергия, 1978. – 479 с.
2. Пат. 2373547 РФ МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ удаления пластификатора / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 18.04.04; Оpubл. 10.04.06, Бюл. № 10.
3. Лыков В.А. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
4. Пат. 2275274 РФ МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ прессования порошковых материалов и устройство для его осуществления / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 18.11.04; Оpubл. 27.04.06, Бюл. № 12.
5. Пат. 2321474 РФ МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ мокрого прессования и устройство для его осуществления (варианты) / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 14.08.06; Оpubл. 10.04.08, Бюл. № 10.
6. Пат. 2323803 РФ МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ мокрого прессования (варианты) и устройство для его осуществления / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 10.07.06; Оpubл. 10.05.08, Бюл. № 13.
7. Пат. 2442674 РФ МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ мокрого прессования и устройство для его осуществления (варианты) / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 09.07.10; Оpubл. 20.02.2012, Бюл. № 5.
8. Пат. 2476293 РФ МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ мокрого прессования пластифицированных гранул с лиофобной жидкостью / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 21.04.11. Оpubл. 27.02.13, Бюл. № 6.
9. Пат. 2496605 РФ МПК В 22F 1/00 (2006.01). Способ введения пластификатора и устройство для его осуществления / В. В. Шуменко, В. Н. Шуменко и др. – Заявл. 10.05.12; Оpubл. 27.10.13, Бюл. № 30.
10. А. с. 551123 СССР. Устройство для загрузки порошка в пресс-форму / И.В. Забашта, Е.Т. Селезев и др. – Заявл. 05.01.76. Оpubл. 25.03.77, Бюл. № 11 (45).
11. Web – сайт: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet)
12. Лыков А. В. Тепло и массообмен в капиллярно-пористых телах. – М.: Гостехиздат, 1954. – 296 с.
13. Заявка 2014121208 РФ. МПК В22F 3/02 (2006.01). Способ изготовления наноразмерного твёрдого сплава / В.В. Шуменко, В.Н. Шуменко и др. – Заявл. 20.05. 14.

*Поступила 01.07.14*