

PACS: 81.40.Vw

Я.Е. Бейгельзимер<sup>1</sup>, М.Б. Штерн<sup>2</sup>, Т.А. Епифанцева<sup>2</sup>, А.С. Сынков<sup>1</sup>

## ПОЛУЧЕНИЕ НЕСПЕЧЕННЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ВИНТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ

<sup>1</sup>Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина

<sup>2</sup>Институт проблем материаловедения НАН Украины  
ул. Кржижановского, 3, г. Киев, 03142, Украина

Статья поступила в редакцию 10 июня 2009 года

*Исследован процесс получения порошковых неспеченных заготовок для изготовления облицовок кумулятивных зарядов, применяющихся для бурения нефтяных и газовых скважин. Заготовки получали интенсивной деформацией медно-вольфрамового порошка методом винтовой экструзии (ВЭ). Показано, что процесс ВЭ позволяет изготавливать образцы с плотностью 94–99% и твердостью 135–142 кг/мм<sup>2</sup>.*

**Ключевые слова:** порошок, винтовая экструзия, консолидация, плотность, давление, прессование

Основной задачей усовершенствования процесса бурения является поиск таких материалов, которые в процессе функционирования образуют открытый (свободный от песта) канал в перфорируемой среде. Пест, образованный в результате обжата штампованной медной облицовки, может не только резко сократить эффективную длину канала, но и свести ее к нулю, закупорив отверстие. Одним из основных направлений решения проблемы запесоченности является применение порошковых металлических неспеченных облицовок взамен штампованных медных. Что касается состава порошковых материалов, то успешно зарекомендовали себя облицовки из медно-вольфрамового композита [1,2].

Механические свойства неспеченных гетерогенных композиционных материалов в значительной мере зависят от условий их обработки давлением. Использование существующих технологий обработки давлением порошковых материалов позволяет частично решить проблему достижения желаемых механических свойств, но не обеспечивает в нужной степени их прочности во время хранения и транспортировки, механической обработки, а

также характеристик сопротивления влияния агрессивной среды. Для повышения прочности порошковых прессовок необходимо создать условия, которые обеспечат повышение площади межчастичного контакта и увеличение прочности связи между частицами. Эти условия можно создать при воздействии на порошковый материал интенсивных сдвиговых деформаций в комплексе с давлением.

Винтовая экструзия как процесс накопления деформаций в объемных материалах является эффективным инструментом такого воздействия. В работах [3–5] показано, что процесс ВЭ позволил получить заготовки из порошков цветных металлов с физико-механическими свойствами объемных металлов. Поэтому целесообразным является исследовать метод с целью изготовления порошковых заготовок для облицовок кумулятивных зарядов.

### Методика эксперимента

Деформацию порошковых материалов осуществляли как в оболочках из цветных металлов, так и без них. Оболочки применяли для герметизации порошкового материала с целью предотвращения контакта со смазочными веществами. Методика упаковки и деформации порошка в оболочки описана в работах [3,4,6].

Порошковый материал упаковывали в оболочку из алюминия, после чего осуществляли предварительную подпрессовку и герметизацию материала (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика образцов перед винтовой экструзией

№ образца	Содержание W по массе, % (остальное Cu)	Размер фракции, $\mu\text{m}$	Относительная плотность, %	
			после подпрессовки	после теплого прессования
1	50	10	40	84
2	20		47.5	–
3	20	100	57	–
4	50		67	86

Упакованные цилиндрические заготовки наружным диаметром 28 mm экструдировали через коническую матрицу в размер 28 × 18 mm. Затем заготовки подвергали ВЭ.

Винтовую экструзию порошковых заготовок различных массовых составов (табл. 1) в оболочке осуществляли при температуре 200°C с противодавлением 200 МПа, в качестве смазки использовали смесь графита, дисульфида молибдена и индустриального масла. Заготовки каждого состава деформировали по 4 прохода. Давление экструзии составляло 1450–1500 МПа. Процесс деформации протекал стабильно, образцы имели



Рис. 1. Образцы составов 1–4 в оболочке после ВЭ

00 МПа. Процесс деформации протекал стабильно, образцы имели ровную поверхность без разрывов и трещин (рис. 1).

Процесс разделения материала оболочки и порошкового материала после ВЭ весьма трудоемок. Поэтому было принято решение провести деформацию порошка без оболочки.

Процесс консолидации медно-вольфрамового порошкового компози-

та без защитной оболочки был двухэтапным:

- предварительное теплое прессование порошка в закрытой пресс-форме с целью придания заготовке некоторого исходного уровня плотности и прочности;

- винтовая экструзия порошковых образцов.

Теплое прессование проводили в контейнере с сечением внутреннего канала, совпадающим с сечением заготовки для ВЭ (рис. 2).

Контейнер 2 с профильным внутренним каналом размером сечения  $18 \times 28$  mm устанавливали на глухую опору 6. Затем в канал контейнера помещали медную фальш-заготовку 5. После этого засыпали медно-вольфрамовый порошок 4 и заглушали отверстие медной фальш-заготовкой 3. Воздействием пуансона 1 производили нагрузку давлением 800 МПа и, не снимая давления, разогревали установку до  $200^\circ\text{C}$ . В процессе набора температуры под нагрузкой реализовывался режим ползучести, вследствие чего происходило уплотнение порошкового материала. Были проведены измерения плотности порошковых заготовок после

предварительного теплового прессования. Результаты измерений показаны в табл. 1.

Заготовки составов 1 и 4 после предварительного прессования в контейнере экструдировали через винтовую матрицу по одному деформационному проходу при температуре  $200^\circ\text{C}$  с противодавлением 200 МПа без смазки. Давление экструзии составило 1800–1850 МПа.

На всех порошковых заготовках, полученных в результате холодного и теплового прессования, а также ВЭ в оболочке и без нее, производили измерения плотности и твердости.

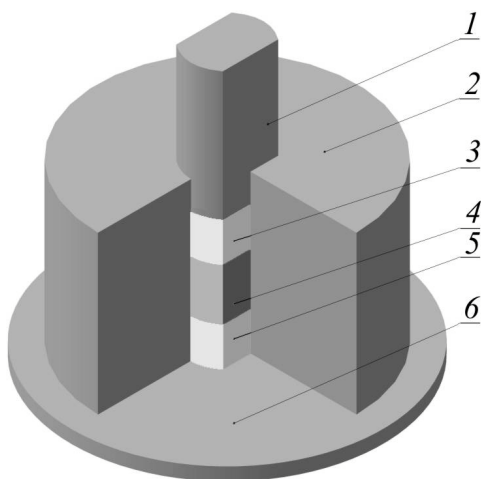


Рис. 2. Схема предварительного прессования порошка в контейнере

Результаты экспериментов и их обсуждение

Результаты измерений свойств порошковых прессовок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика образцов состава Cu + 50% W после винтовой экструзии

№ образца	Размер фракции, $\mu\text{m}$	Условия деформации	Относительная плотность после ВЭ, %	Твердость по Бринеллю, $\text{kg/mm}^2$
1	10	В оболочке	97	137–142
2	100		94	88–90
3	10	Без оболочки	99	135–138
4	100		97	110

Анализ результатов измерений плотности показывает эффективность влияния сдвиговой деформации на процесс уплотнения. При теплом одноосном прессовании в режиме ползучести плотность порошковых заготовок не превышала 86% (см. табл. 1). Деформация порошковых заготовок ВЭ позволяет уплотнить материал до 99% (табл. 2).

При сравнении двух методик ВЭ (в оболочке и без нее) очевидно, что деформация без оболочки не допускает применения смазки. Это приводит к росту давления экструзии на 20%, но такие давления не являются критичными для данных условий деформации.

Полученные свойства прессовок состава медь–вольфрам после деформации ВЭ в оболочке и без нее позволяют рекомендовать для изготовления порошковых облицовок композит Cu + 50% W (10  $\mu\text{m}$ ).

При сравнении показателей плотности и твердости порошковых заготовок после одного и четырех проходов ВЭ видно, что уже после первого прохода свойства заготовок достигают максимальных значений и дальнейшая деформация практически не приводит к их увеличению. Процесс ВЭ порошковых заготовок в оболочке является весьма трудоемким, что обусловлено длительностью процессов подготовки заготовок к деформации и разделения материала оболочки и материала порошковой заготовки.

Выводы

Проведенные исследования показывают, что теплая ВЭ без оболочки является эффективным процессом изготовления заготовок для облицовок кумулятивных зарядов. Для получения наиболее качественных заготовок рекомендовано применять порошковый медно-вольфрамовый сплав состава Cu + 50% W с размером частиц 10  $\mu\text{m}$ .

1. Т.А. Епифанцева, Л.И. Державец, Г.Г. Сердюк, Порошковая металлургия № 4, 95 (1990).

2. Г.И. Григорян, Взрывная аппаратура для перфорации нефтяных и газовых скважин, Наука, Москва (1978).
3. Я.Е. Бейгельзимер, А.С. Сынков, Т.Т. Мороз, Т.П. Заика, Н.Н. Белоусов, А.А. Коваленко, в сб.: Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Т. 8. Пластична деформація металів, Системні технології, Дніпропетровськ (2005), с. 508–510.
4. Я.Е. Бейгельзимер, О.В. Михайлов, А.С. Сынков, М.Б. Штерн, Е. Олевский, ФТВД **18**, № 3, 92 (2008).
5. Я.Е. Бейгельзимер, А.С. Сынков, в сб.: Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні, Краматорськ (2007), с. 276–278.
6. V.N. Varyukhin, V.I. Tkatch, V.V. Maslov, Y.Y. Beygelzimer, S.G. Synkov, V.K. Nosenko, S.G. Rassolov, A.S. Synkov, V.I. Krisov, V.A. Mashira, Mater. Sci. Forum **503–504**, 699 (2006).

Я.Ю. Бейгельзимер, М.Б. Штерн, Т.О. Єніфанцева, О.С. Синков

#### ОТРИМАННЯ НЕСПЕЧЕНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ ГВИНТОВОЇ ЕКСТРУЗІЇ

Досліджено процес отримання порошкових неспечених заготовок для виготовлення личковань кумулятивних зарядів, що застосовуються для буріння нафтових і газових свердловин. Заготовки одержували інтенсивною деформацією мідно-вольфрамового порошку методом гвинтової екструзії (ГЕ). Показано, що процес ГЕ дозволяє виготовлювати зразки з щільністю 94–99% і твердістю 135–142 kg/mm<sup>2</sup>.

**Ключові слова:** порошок, гвинтова екструзія, консолідація, щільність, тиск, пресування

Ya.E. Beygelzimer, M.B. Shtern, T.A. Epifantseva, A.S. Synkov

#### PREPARATION OF UNSINTERED HETEROGENEOUS COMPOSITE MATERIALS BY TWIST EXTRUSION METHOD

The process of preparing powder unsintered billets for making lining of shaped charges to be used in the drilling of oil and gas wells has been investigated. The billets were produced by severe deformation of copper-tungsten powder by the method of twist extrusion (TE). It has been shown that the TE method makes it possible to prepare samples of 94–99% density and 135–142 kg/mm<sup>2</sup> hardness.

**Keywords:** powder, twist extrusion, consolidation, density, pressure, compression

**Fig. 1.** Samples of compositions 1–4 in sheath after TE

**Fig. 2.** A scheme of preliminary powder compaction in a container