

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиллер, З. Электронно-лучевые технологии / З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер. — М.: Энергия, 1980. — 528 с.
2. Schultz H. Electron beam welding. Abington: Woodhead publishing Ltd., 1993, pp. 235.
3. Кайдалов, А. А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии / А. А. Кайдалов. — Киев: НТП «Инкорс», 2004. — 232 с.
4. Петров, Г.Л. Теория сварочных процессов / Г.Л. Петров, А. С. Тумарев — Москва: Высшая школа, 1977. — 392 с.
5. Лившиц, Л. С. Металловедение сварки и термической обработки сварных соединений / Л. С. Лившиц, А. Н. Хакимов — М.: Машиностроение, 1989. — 336 с.
6. Деев, Г.Ф. Дефекты сварных швов / Г.Ф. Деев, И.Р. Пацкевич. — Киев: Наук. думка, 1984. — 208 с.
7. Электронно-лучевая сварка / О. К. Назаренко [и др.]; Под. ред. Б. Е. Патона. — Киев: Наук. думка, 1987. — 256 с.

УДК 679

ПОЛУЧЕНИЕ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ А1-В

¹В.А. Глушечков, ¹Беляева И.А., ²Миронов В.А., ¹Бурмистров А.Е.

¹Самарский университет, г. Самара, Россия

²Рижский технический университет, г. Рига, Латвия

В статье представлена гибридная технология прессования порошков в металлической оболочке, включающая одновременно две операции: волочение и магнитно-импульсный обжим. Предложено несколько технологических схем осуществления данной технологии. Одна из них опробована в лабораторных условиях. Оценено качество уплотнения порошковой композиции алюминий-бор. Предложена модель продольного и радиального уплотнения при использовании статической и динамической нагрузок. Предложено использование нового технического решения при утилизации изделия из волокнистых композиционных материалов.

Ключевые слова: Волокнистый композиционный материал А1-В, утилизация изделий, дробление, измельчение, порошковая композиция, гибридная технология «волочение-магнитно-импульсный обжим», металлическая оболочка, длинномерные изделия.

OBTAINING OF LONG-SIZE PRODUCTS FROM POWDER COMPOSITIONS Al-B

¹V.A. Glushenkov, ¹I.A. Beljaeva, ²V.A. Mironov, ¹A.E. Burmistrov

¹Samara University, Samara, Russia

²Riga Technical University, Riga, Latvia

The article presents the hybrid technology of compaction of powders in a metal shell with two simultaneous operations — «drawing and pulse-magnetic reducing». Several technological schemes for implementation of this technology are proposed. One of them was tested under laboratory condition. The quality of compaction of the powder composition Al-B was evaluated. The model of longitudinal and radial compaction when using static and dynamic loads is considered. Use of the new technical decision is proposed for recycling of products from fibrous composite materials.

Keywords: Fibrous composite material Al-B, recycling of products, crushing, grinding, powder composition, hybrid technology «drawing and pulse-magnetic reducing», metal shell, long-size products.

E-mail: vgl@ssau.ru

1. Постановка задачи

В изделиях машиностроения всё большее применение находят композиционные материалы [1–3]. Среди них особую группу представляют волокнистые композиционные материалы, например, Al-B. Из таких материалов изготавливают силовые элементы авиакосмической техники. Существует задача утилизации таких материалов. Причём она возникает ещё на этапе производства изделий при изготовлении препрегов, утилизации брака.

Одно из решений такой задачи — резка изделий на фрагменты, дробление на роторных или щёковых дробилках, измельчение в дезинтеграторе до порошковой композиции с размерами частиц 100 мкм (рис. 1).

В результате получен порошок, содержащий по объёму 50–80 % алюминиевой матрицы, 18–47 % бора и до 1,5 % вольфрама.

Следующая задача — получение из этого порошка новых изделий. Учитывая высокую твёрдость бора, предложено создать из такой порошковой композиции шлифовальный инструмент

(рис. 2). Для этого нужно осуществить прессование порошка в металлической оболочке.

С другой стороны, учитывая высокую поглощающую способность бором нейтронного излучения, предлагается создание из такого порошка защитных конструкций в виде длинномерных изделий также из порошковой композиции Al-B в металлической оболочке. В обоих примерах требуется разработка технологии прессования (уплотнения) порошка в металлической оболочке с последующим спеканием с получением длинномерных изделий.

2. Существующие способы прессования (уплотнения) порошков

Существующие методы прессования порошков (рис. 3) в закрытых жёстких матрицах, путем магнитно-импульсного обжатия порошков в трубчатых образцах, волочением, с воздействием статических и динамических нагрузок, во-первых, не во всех случаях обеспечивают требуемую плотность композиции, а во-вторых, не позволяют получить длинномерные изделия [4–7].



Рис. 1. Стадии измельчения утилизируемых изделий

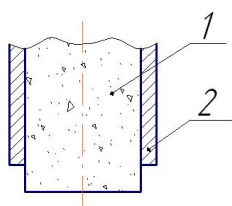


Рис. 2. Шлифовальный круг из порошковой композиции Al-B: 1 — порошок Al-B; 2 — металлическая оболочка — медь

3. Предлагаемое техническое решение — гибридная технология: «волочение — магнитно-импульсный обжим»

На рис. 4 приведены схемы гибридной технологии прессования порошков, сочетающей статическую продольную (волочение) и динамическую радиальную (магнитно-импульсный обжим) нагрузки. Действие динамической нагрузки осуществляется периодически с частотой следования импульсов 1–2 с.

Порошковая композиция засыпается внутрь трубы и подпрессовывается с усилием, не вызывающим деформирование (раздачу) трубы. С обеих сторон трубы с порошком закреплялись заглушки (рис. 5, 6).

Приведенные на рис. 4 схемы отличаются местом расположения индуктора [8]: до, после или в самой волоке. Различное расположение индукторов меняет схему напряженно-деформированного состояния в очаге деформации при волочении. Продольное и радиальное деформирование меняет механизм уплотнения порошка.

4. Методика проведения эксперимента

Для эксперимента использовались медная труба диаметром 18 мм с толщиной стенки 1 мм, длиной 110 мм, стальные волокна диаметром 17 и 16,2 мм. Волочение осуществлялось на растяжной испытательной машине, магнитно-импульсный обжим на установке МИУ-10 (рис. 7) с параметрами, приведенными в табл. 1 [9]. Предварительно на заготовку наносились риски для измерения изменяющейся в процессе волочения длины образца.

Измерение длины и диаметра образца позволяет рассчитать объем материала до и после волочения и магнитно-импульсного обжима, определять степень уплотнения порошка. Магнитно-импульсный обжим осуществлялся при трёх значениях энергии: $W = 3,8; 5,3; 7,1$ кДж. После спекания уплотненного порошка при $T = 800$ °С исследовалась его микроструктура.

5. Результаты эксперимента

Изменение геометрических размеров образцов после волочения и после магнитно-импульсного обжима приведены в табл. 2, а микрошлифы образцов после спекания на рис. 8.

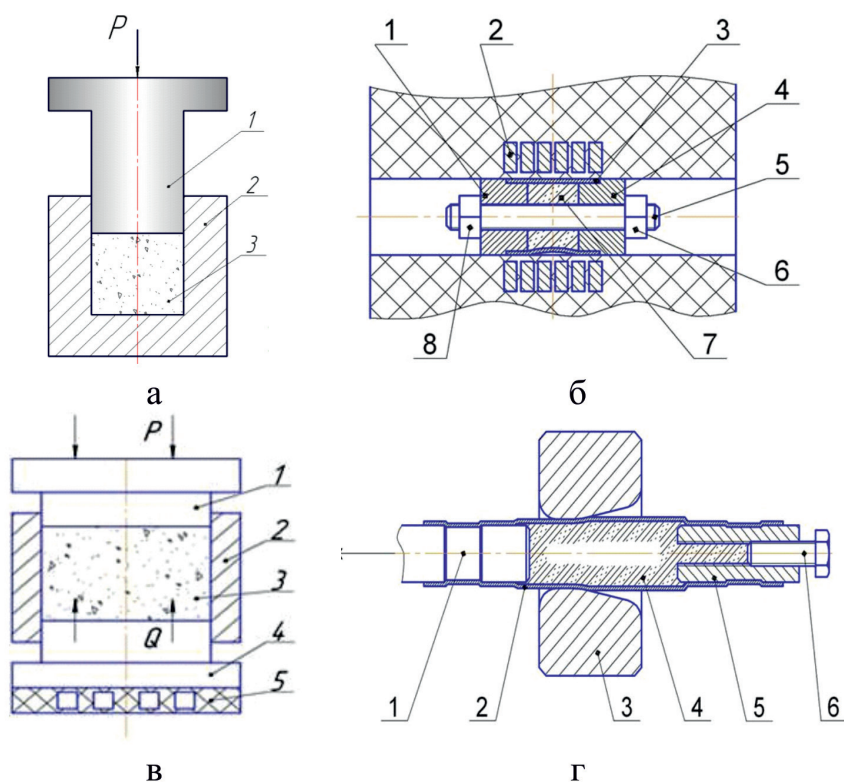


Рис. 3. Схемы существующих методов прессования порошков

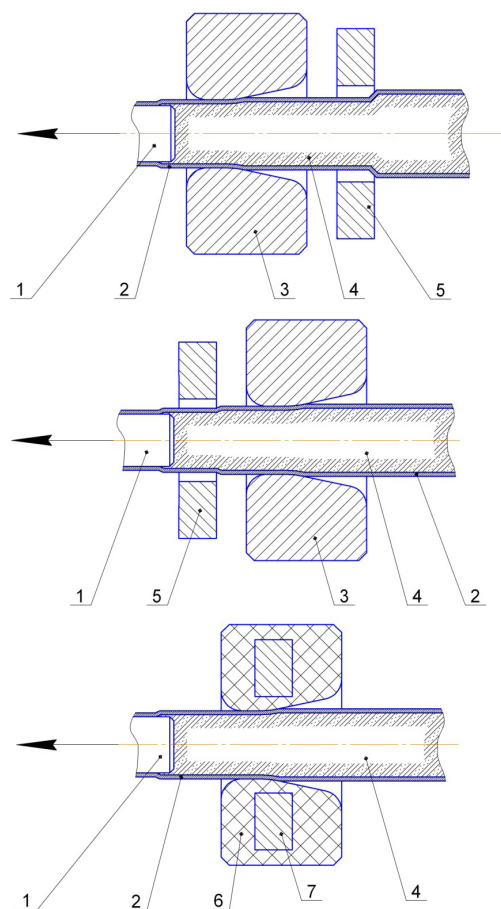


Рис. 4. Схемы гибридных технологий прессования порошков:

1 — заглушка; 2 — труба; 3 — волокна; 4 — порошок; 5 — индуктор

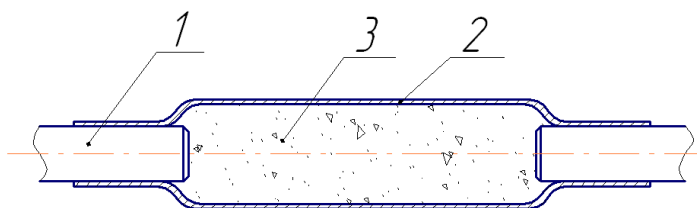


Рис. 5. Образец перед волочением:
1 — заглушка; 2 — металлическая оболочка; 3 — порошок Al-B



Рис. 6. Внешний вид образца перед волочением



Рис. 7. Магнитно-импульсная установка МИУ-10

Табл. 1.

Параметры установки МИУ-10

U, кВ	1–18
L, мкГн	50
C, мкФ	50
$F_{кз}$, кГц	92
W, кДж	10
Габариты, м	0,6x0,8x1,5

Табл. 2

Параметры образцов после волочения и обжима

№	До волочения		После волочения		Объём порошка в контрольной части, % к исходному объёму	После магнитно-импульсного обжима	
	D_0 , мм	L_0 , мм	D_1 , мм	L_1 , мм		W, кДж	$D_{кон.}$, мм
Волока Ø 17 мм							
1				52,4		3,8	16
2	17,9	50	17	52,3	93,1	5,3	15,7
3				52,3		7,1	15,4
Волока Ø 16 мм							
4				57,7		3,8	15,7
5	17,9	50	16,2	57,7	91	5,3	15,4
6				57,7		7,1	15,0

6. Анализ результатов

Полученные результаты экспериментов позволяют высказать предварительные соображения по статико-динамическому уплотнению порошка. При волочении частицы порошка приобретают направленную продольную деформацию, вытягиваются в направлении продольной силы. Происходит уплотнение порошка. Однако между ними остаются поры, снизить количество которых возможно радиальной деформацией под действием динамической нагрузки. При этом наночастицы порошка ещё более искажаются (деформируются) в направлении залечивающихся пор, и даже дробятся, что и приводит к окончательной плотной их упаковке. Механизм статико-динамического уплотнения ещё требует дальнейших экспериментальных и теоретических исследований.

7. Выводы

1. Предложено одно из направлений утилизации волокнистого композиционного материала Al-B, заключающегося в дроблении и измельчении элементов конструкций до порошковой композиции и получении новых изделий путем пресования порошка в металлической оболочке.
2. Разработаны схемы гибридного статико-

динамического уплотнения порошковой композиции в металлической оболочке: «волочение — магнитно-импульсный обжим».

3. Проведено экспериментальное подтверждение работоспособности и эффективности разработанной технологии для получения длинномерных изделий с высокой степенью уплотнения.

4. Предложен механизм гибридного статико-динамического уплотнения: продольного и радиального.

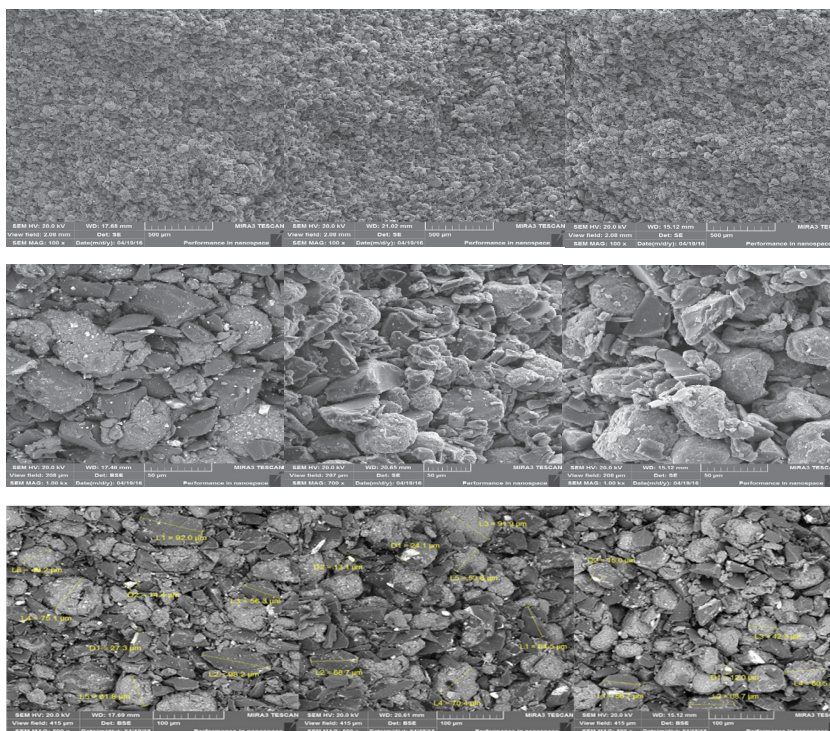


Рис. 8. Структура образцов после спекания

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланов, И. М. Технология ракетных и авиакосмических конструкций из композиционных материалов: учебное пособие для вузов / И. М. Буланов, В. В. Воробей. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. — 516 с.
2. Комиссар, О. Н. Композиционные материалы и технологии для аэрокосмической промышленности / О. Н. Комиссар // Научный электронный журнал «Новости материаловедения. Наука и техника». — 2013. — №4. — С. 1
3. Специальные способы обработки металлов давлением: учебное пособие / В. Н. Коко-рин [и др.]; Ульяновск: УлГТУ, 2006. — 36 с.
4. Новые гибридные технологии электроимпульсной консолидации: НИЯУ МИФИ. — Москва. — 2016.
5. Mironov, V. Pulververdichten mit Magneti mpulsen. Planseebericht fur Pul-vermet, 1976, vol. 24, pp. 175–190.
6. Boyko, Mironov V., Lapkovsky V., Property and Structure Changes of Sintered Powder Materials by The Treatment in Proceedings of Euro PM 2007 (vol.3), 2007, pp. 439–444.
7. Soda R., Takaqi K., Ozaki K. Numerical simulation of magnetic-aligned compaction with pulsed high magnetic field, Scripta Materialia, vol. 120, 2016, pp. 41–44.
8. Глушенков, В. А. Индукторы для магнитно-импульсной обработки материалов / В. А. Глушенков. — Самара, 2013. — 148 с.
9. Юсупов, П. Е. Установки для магнитно-импульсной обработки материалов / П. Е. Юсупов, В. А. Глушенков. — Самара, 2013. — 213 с.