

ПЛАКИРОВАНИЕ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ РАСПЛАВОМ МЕТАЛЛА. СВОБОДНАЯ И ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ ПРОПИТКА

© 2019 В.А. Глущенков^{1,2}, И.А. Беляева¹, В.И. Песоцкий¹

¹ Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

² Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Статья поступила в редакцию 15.08.2019

Представлены технологические схемы свободного и принудительного заполнения пор порошковой композиции расплавом металла. Примером опробования предложенных схем являлась пропитка расплавом алюминия порошковой композиции «B-Al-W». Принудительная пропитка осуществлялась воздействием на расплав импульсным магнитным полем. Экспериментально с помощью металлографического исследования установлена граница проникновения расплава в поры порошка в зависимости от величины силового воздействия на расплав. Подтверждена реальность разработанного способа плакирования порошка расплавом металла и определены направления дальнейших системных исследований в разработке новой технологии.

Ключевые слова: порошковая композиция, магнитно-импульсное нагружение, расплав, плакирование, металлография.

Постановка вопроса. Существуют технологии уплотнения и дальнейшего спекания порошковой композиции в металлической оболочке [1-5]. При этом использовалось магнитно-импульсное нагружение [6, 7]. Разработана и реализована гибридная технология, сочетающая статическое и динамическое нагружения (волочение и магнитно-импульсный обжим), описанная в работах [8, 9]. Такая технология позволила, например, получать длинномерные изделия из порошка «B-Al-W»; используемые для радиационной защиты [10, 11].

Данная работа предлагает дальнейшее развитие гибридной технологии, в которой металлическая оболочка заменена расплавом металла.

Предлагаемое техническое решение – плакирование расплавом наружных слоев порошковой композиции. Предложена новая технологическая схема принудительной (под воздействием импульсных магнитных полей) пропитки расплавом металла наружных слоёв порошковой композиции рис. 1.

В тонкостенную металлическую (алюминиевую) трубчатую заготовку (2) засыпают порошковую композицию (1). Заготовку с порошком, помещают в керамическую матрицу. Осуществляют статическую предварительную подпресс-

совку. Весь сборочный узел (матрица-заготовка-порошок) подаётся в печь с температурой, превышающей температуру плавления металлической оболочки. Расплавленный металл самотёком проникает в поры порошка, образуя после остывания на поверхности тонкий плакирующий слой (схема свободного плакирования)

Если же сборочный узел извлечь из печи, разместить в индукторе и осуществить магнитно-импульсное воздействие на расплав (магнитное поле свободно проходит через керамику), то глубина проникновения металла в поры должна возрасти. Это схема принудительного плакирования

Таким образом, нагрев оболочки до температуры расплава и воздействие на него импульсным магнитным полем (ИМП) обеспечивают проникновение металла в поры порошка. При остывании получим образец, поверхностные слои которого, пропитаны плакирующим металлом.

Цель настоящей работы – экспериментально подтвердить реальность осуществления предложенного технического решения и оценить его эффективность.

После свободного или принудительного плакирования образцы спекались при $T = 900^\circ$. На спечённых образцах изготавливались микрошлифы. Основное внимание уделялось зонам, прилегающим к наружной поверхности плакированного цилиндра.

Методика проведения эксперимента. В качестве порошковой композиции использовался порошок, химический состав которого приведен в таблице 1. Металлическая оболочка представляла собой алюминиевую (АМг6) трубу $\varnothing 18$ мм и толщиной стенки $t = 1$ мм.

Глущенков Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры обработки металлов давлением Самарского университета. Начальник отдела СамНЦ РАН. E-mail: vgl@ssau.ru

Беляева Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры обработки металлов давлением Самарского университета.

E-mail: belyaeva-otmr@yandex.ru

Песоцкий Вячеслав Иванович, ведущий инженер Самарского университета.

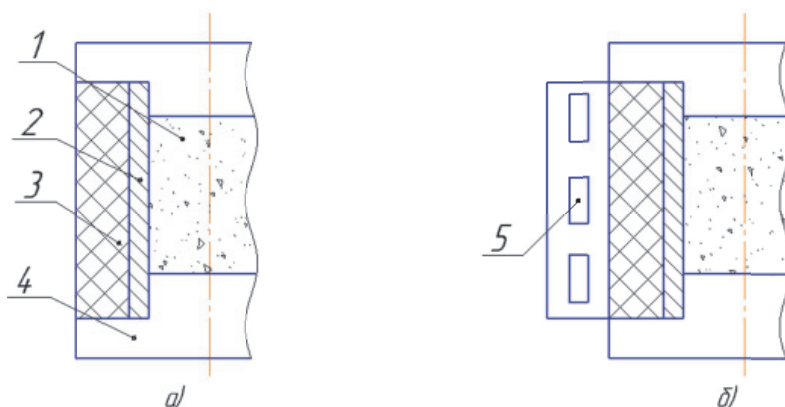


Рис. 1. Технологическая схема пропитки расплавом наружных слоев порошковой композиции: 1 – порошковая композиция; 2 – расплав металла; 3 – керамическая матрица; 4 – заглушки; 5 – индуктор, обеспечивающий силовое воздействие на расплав (а – свободное плакирование; б – принудительное плакирование)

Таблица 1. Химический состав порошковой композиции «В-Аl-W»

В	О	Mg	Al	Ti	Mn	Fe	Co	W
83.35	5.49	0.53	7.12	0.04	0.08	0.45	0.21	2.7

Таблица 2. Параметры МИУ-10

W_{max} , кДж	U_0 , кВ	F_0 , кГц	L_0 , мкГн
10	1 – 19,5	95	0,107

Основные размеры сборочного узла даны на рис. 2. Используемый для принудительного плакирования индуктор имел три витка (рис. 3) и подключался к магнитно-импульсной установке МИУ-10 с параметрами, приведенными в таблице 2.

Программа эксперимента предусматривала оценку эффективности планирования путем варьирования магнитно-импульсного воздействия на расплав, т.е. при различных энергиях разряда МИУ на индуктор.

На различных энергиях фиксировались величины разрядного тока «I». Напряженность магнитного поля «Н» оценивалась по формуле:

$$H = \frac{I \cdot n}{l_c},$$

где I – ток в разрядной цепи;

n – число витков индуктора;

l_c – часть длины заготовки, находящейся в индукторе.

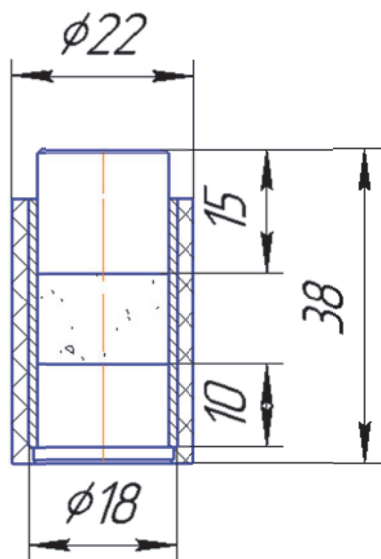


Рис. 2. Основные размеры сборочного узла



Рис. 3. Индуктор для принудительно плакирования с асбестовой втулкой внутри

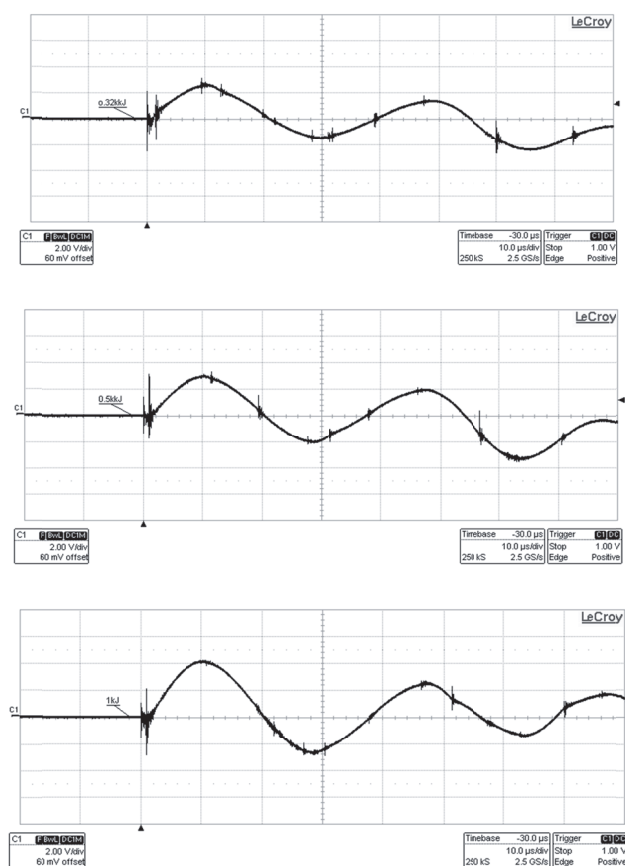


Рис. 4. Кривые разрядного тока «I» при энергиях разряда батареи конденсаторов W: 0,3; 0,5; 1 кДж. Значения W, I и H приведены в таблице 3

Таблица 3. Параметры воздействия ИМП на расплав в эксперименте

	Образец		
	1	2	3
W, кДж	0,319	0,5	1
H · 10 ⁶ А/м	3,5	4,9	6,1
I, кА	12,9	17,8	22,5

Кривые разрядного тока, полученные с помощью пояса Роговского, приведены на рис. 4.

Результаты экспериментов. На рис 5 приведены фотографии микрошлифов, полученных на образцах, плакированных расплавом при различных энергиях магнитно-импульсного воздействия.

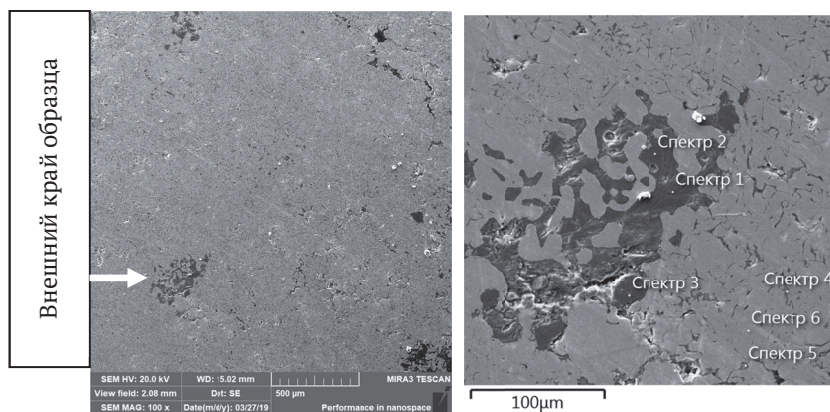
На приведенных шлифах видно проникновение алюминия в порошок «В-АI-W», причем интенсивность проникновения возрастает с увеличением силового воздействия

За глубину проникновения «Δ» принято максимальное удаление (расстояние) от поверхности порошковой композиции, где обнаруживается фрагмент алюминия (таблица 4). Расстояние от поверхности до фрагмента алюминия на микрошлифах выделено масштабной стрелкой. Фрагменты представляют собой поры порошковой

композиции, заполненные расплавом алюминиевого сплава. В этих зонах процент алюминиевой составляющей возрастает от максимального значения 7,3% при W=0,3 кДж до 89,6% при W=0,5 кДж и 97,1% при W=1 кДж. По данным таблицы был построен график (рисунок 8).

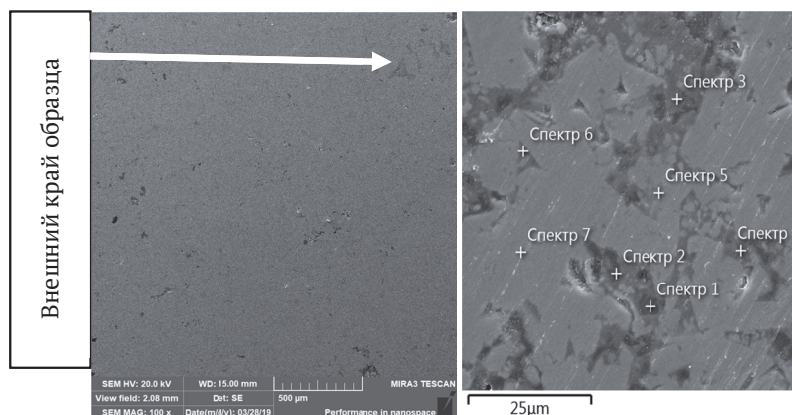
ВЫВОДЫ

1. Проведенный эксперимент подтвердил реальность и эффективность принудительного (импульсным магнитным полем) плакирования расплавом порошковой композиции.
2. Глубина плакирования зависит от энергии воздействия ИМП и может достигать значений эквивалентных исходной толщине алюминиевой плакирующей заготовки.
3. В зоне плакирующего слоя интенсивность



Название спектра	Na	Mg	Al	Si	Ti	V	O	Fe
Спектр 1	3.0	-	2.8	40.3	1.2	0.5	остальное	5.4
Спектр 2	5.6	0.8	2.4	36.7	1.1	0.5	остальное	8.5
Спектр 3	-	51.3	-	12.2	0.4	-	остальное	3.7
Спектр 4	-	1.8	1.6		58.9	2.0	-	остальное
Спектр 5	-	12.2	7.3	1.7	13.7	3.2	остальное	31.9
Спектр 6	-	-	-	-	-	-	-	остальное

Рис. 5. Структура и состав элементов спеченного образца, полученного при энергии магнитно-импульсного воздействия в 0,3 кДж



Название спектра	Mg	Al	Ti	V	O	Fe
Спектр 1	1.0	58.5	-	-	остальное	3.6
Спектр 2	2.7	69.2	-	-	остальное	3.6
Спектр 3	2.9	76.4	-	-	остальное	1.6
Спектр 4	2.4	65.3	-	-	остальное	3.2
Спектр 5	-	61.1	21.1	2.37	-	остальное
Спектр 6	-	89.6	-	0.41	-	остальное
Спектр 7	-	62.1	-	-	-	остальное

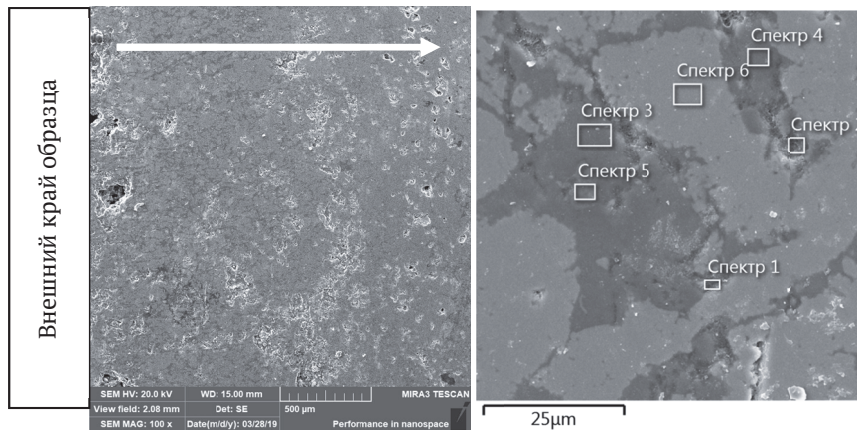
Рис. 6. Структура и состав элементов спеченного образца, полученного при энергии магнитно-импульсного воздействия в 0,5кДж

«алюминиевой составляющей» возросла на 30% по сравнению с исходной структурой.

4. Таким образом, предложенное техническое решение дает возможность создания новых порошковых материалов с плакированным поверхностным слоем, состав и свойства которого определяются специальным назначением изделия (по трению, износу, твердости и др.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Glushenkov, V.A.* Static-dynamic methods of compression of Al-B powder composition Al-B in the deformable tubular casing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2017. — Vol. 218. Issue 1.
2. *Глуценков В.А.* К вопросу пропитки порошковых металлических и неметаллических материалов



Название спектра	Mg	Al	Ti	V	O	Fe
Спектр 1	8.4	47.9	-	-	остальное	17.4
Спектр 2	2.0	54.6	-	-	остальное	6.6
Спектр 3	1.3	97.1	-	-	-	остальное
Спектр 4	1.4	97.5	-	-	-	остальное
Спектр 5	29.7	15.1	8.1	8.8	остальное	9.0
Спектр 6	-	62.8	-	-	-	остальное

Рис. 7. Структура и состав элементов спеченного образца, полученных при энергии магнитно-импульсного воздействия в 1 кДж

Таблица 4. Максимальная глубина проникновения алюминия в зависимости от энергии предварительного магнитно-импульсного воздействия

Энергия магнитно-импульсного воздействия, кДж	Максимальная глубина «Δ» проникновения Al, мм
0.3	0.625
0.5	1.837
1.0	2.012

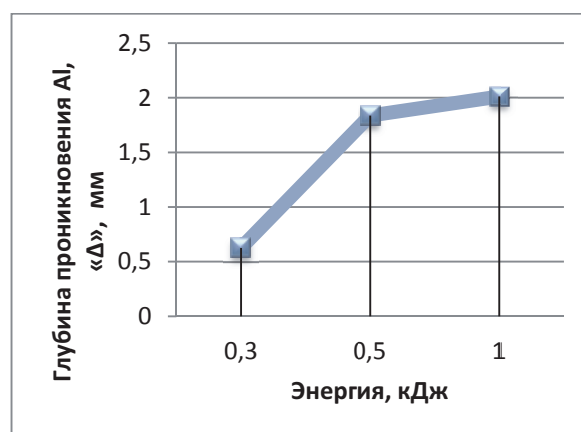


Рис. 8. Глубина проникновения алюминия в зависимости от энергии предварительного магнитно-импульсного воздействия

- расплавом металла // Материалы научной сессии НИЯУ МИФИ-2015. – 2015. – № т.1. – 255 с.
- Ананьин, В.Н. Механизм спекания порошкообразного алюминия / В.Н. Ананьин, В.Е. Романенков, Т.А. Смирнова // Докл. АН БССР. Сер. химия. – 1987. – Т. XXXI, №9. – С. 818-820.
 - Побережный, С.В. Спекание, совмещенное с закалкой, - один из путей повышения конкурентоспособности порошковых конструкционных изделий в машиностроении / С.В. Побережный [и др.] // Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 267-276.
 - Белявин, К. Новая технология и оборудование для

- селективного лазерного спекания порошков / К. Белявин и [и др.] // 5th International conference «Metals, welding & powder metallurgy», Riga. – 2007. – С. 46-50.
6. Белый, И.В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов [Текст] / Белый И.В., С.М. Фертик, Л.Т. Хименко // Харьков, 1977. – 168 с.
 7. Глушченков, В.А. Технология магнитно-импульсной обработки материалов [Текст] / В. А. Глушченков, В. Ф. Карпунин // Издательский дом «Федоров». – 2014. – 208 с.
 8. Штамп комбинированный для вытяжки-обрезки припуска // Патент РФ № 156540. 2015. / Глушченков В.А., Беляева И.А.
 9. Глушченков, В.А. Технологические схемы гибридных и комбинированных технологий листовой штамповки, сочетающих статическое и динамическое нагружения / В.А. Глушченков // Кузнечно-Штамповочное Производство обработка материалов давлением. – 2014. – №8. – С. 20-25
 10. Козлов, В.Ф. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф. Козлов // М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
 11. Микшевич, Н.В. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.В. Микшевич, Л.А. Ковальчук // ФГБОУ ВО «Урал. гос. пед. ун-т». – Екатеринбург, 2016 – 182с.
 12. Мокров, Ю.В. Инструментальные методы радиационной безопасности. Учебное пособие / Ю.В. Мокров // Международный университет природы, общества и человека «Дубна». Дубна, 2007 – 145 с.
 13. Юрасова, Т.И. Основы радиационной безопасности: Учебное пособие / Т.И. Юрасова // Изд.: АТиСО, 2008. – 156 с.

CLADDING OF POWDER COMPOSITION BY A METAL MELT. FREE AND FORCED IMPREGNATION

© 2019 V.A. Glushchenkov^{1,2}, I.A. Belyaeva¹, V.I. Pesotsky¹

¹ Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

² Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

The report presents technological schemes of free and forced filling of pores of a powder composition by a metal melt. An example of testing the proposed schemes was impregnation of the powder composition «B-Al-W» with the aluminum melt. Forced impregnation was carried out by the action of a pulsed magnetic field on the melt. Experimentally, with the help of metallographic research, the boundary of penetration of the melt into the pores of the powder depending on the magnitude of the force action on the melt was established. The feasibility of the developed method of cladding of the powder by the metal melt is confirmed and the directions of further systemic research in the development of new technologies are determined.

Keywords: powder composition, pulse-magnetic loading, melt, cladding, metallography.

Irina Belyaeva, Ph.D., Associate Professor of the Department of Processing of Metals Pressure, Samara University.

E-mail: belyaeva-ommr@yandex.ru

Vladimir Glushchenkov, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Processing of Metals Pressure, Samara University, Head of the Department of SamRC of RAS.

E-mail: vgl@ssau.ru

Vyacheslav Pesotsky, Leading Engineer, Samara University.