

УДК 621.74.02

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-7-290-92-95

*Н. А. Кидалов, Н. Ю. Мирошкин, В. А. Гулевский, С. Н. Цурихин, К. К. Нургалиев***РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОПИТКИ УГЛЕГРАФИТА
ВОДНЫМ РАСТВОРОМ ЭЛЕКТРОЛИТА МЕДНЕНИЯ*****Волгоградский государственный технический университет**
e-mail: lp@vstu.ru

Статья посвящена разработке способа пропитки пористого углеграфитового каркаса водным раствором электролита меднения. Экспериментально установлено, что при пропитке под атмосферным давлением процент заполнения открытых пор составил 9,7 % за 2 часа выдержки, при этом воздействие ультразвука позволило достичь заполнения 57,2 % за то же время. Углеграфитовые заготовки, выдержанные в электролите в течении 24 часов, показали 84 % заполнения открытых пор, а применение ультразвука позволило заполнить 98,3 % открытых пор за 8 часов выдержки.

Ключевые слова: пропитка, углеграфит, ультразвук, армирование, токосъемные контакты

*N. A. Kidalov, N. Yu. Miroshkin, V. A. Gulevsky, S. N. Tsurikhin, K. K. Nurgaliev***DEVELOPMENT OF A METHOD FOR IMPREGNATING CARBON GRAPHITE
WITH AN AQUEOUS SOLUTION OF COPPER PLATING ELECTROLYTE****Volgograd State Technical University**

The article is devoted to the development of a method of impregnation of porous carbon graphite frame with aqueous solution of copper electrolyte. It is shown that at impregnation under atmospheric pressure the percentage of filling of open pores amounted to 9.7% for 2 hours of soaking, while the impact of ultrasound allowed to achieve filling of 57.2% for the same time. Carbon graphite billets aged in electrolyte for 24 hours showed 84% open pore filling, and the application of ultrasound allowed filling 98.3% of open pores in 8 hours of soaking.

Keywords: impregnation, carbon graphite, ultrasound, reinforcement, current collecting contacts

Введение

Проблема импортозамещения технологий изготовления расходных материалов, используемых в различных отраслях промышленности, становится все более актуальной. Одним из примеров таких материалов являются токосъемные элементы пантографов, электродвигателей, область применения которых распространена от бытовой техники и электроинструмента до автомобилей, тепло- и электровозов [1–3]. В условиях санкций от стран, где находятся предприятия, обладающие запатентованными технологиями и оборудованием, позволяющим изготавливать меднонаполненные композиты на основе углеграфита с высокими эксплуатационными свойствами, поставки токосъемных элементов отечественным потребителям осуществляются путем параллельного импорта, что приводит к существенным издержкам, удорожанию их продукции и снижению конкурентоспособности на мировом рынке. Поэтому разработка собственных альтернативных способов получения композитов на основе углеграфита является важнейшей задачей. Учитывая, что существующие технологии получе-

ния изделий из углеграфита, армированного медью, являются многостадийными процессами, реализация которых требует высокоточного и дорогостоящего оборудования [4–7], проведение исследований, направленных на разработку ресурсо- и энергосберегающего способа, позволяющего добиваться армирования углеграфитовой основы за счет применения менее затратной гальванической технологии, становится особенно актуальным. Однако одним из ключевых факторов при формировании металлических покрытий гальваническим способом является обеспечение контактирования обрабатываемого изделия с водным раствором электролита [8–10]. При этом для образования медного металлического покрытия на поверхностях открытых пор углеграфитового каркаса требуется обеспечить максимальное заполнение открытых пор водным раствором электролита [11, 12], для чего необходимо разрабатывать новые методики пропитки пористого каркаса электролитом меднения.

Целью работы являлось определение наиболее эффективного способа пропитки пористой углеграфитовой заготовки раствором элект-

© Кидалов Н. А., Мирошкин Н. Ю., Гулевский В. А., Цурихин С. Н., Нургалиев К. К., 2024.

* Исследование выполнено за счет средств программы развития ВолгГТУ «Приоритет 2030», в рамках научного проекта № 8/648-24

тролита меднения, позволяющего добиться наибольшего процента заполнения открытых пор.

Материал и методы исследования

Для проведения исследований были использованы углеграфитовые заготовки следующих габаритов: толщина – 25 мм; высота – 85 мм; ширина – 25 мм. Заготовки изготавливались из углеграфита марки АГ-1500, с общей пористостью 18 %, из которой открытая пористость составляла 14–15 %. Плотность используемого углеграфита – 1,700 г/м³. Средняя исходная масса образцов после их предварительной очистки от загрязнений с последующей сушкой в печи при температуре 200 °С до установления постоянной массы составила 105,7 г.

Для насыщения заготовок использовали наиболее распространенный раствор сернокислого электролита меднения следующего состава: медь сернокислая – 180 г/л; серная кислота – 80 г/л. При выборе электролита исходили из следующих критериев: доступность компонентов, необходимых для его приготовления; устойчивость при работе в условиях загрязнения электролита углеграфитовыми частицами; возможность работы при низких плотностях тока, что позволяет использовать доступные и распространенные источники тока (например, в виде зарядных устройств автомобильных аккумуляторов), а также низкая токсичность компонентов и готового раствора.

Насыщение углеграфитовых заготовок проводили двумя методиками: выдержка образцов в электролите под атмосферным давлением

и выдержка в растворе электролита, на который оказывается воздействие ультразвука.

Пропитку заготовок под воздействием ультразвука проводили при помощи ультразвуковой ванны ПСБ-2860-05 Экотон с мощностью ультразвукового генератора 150 Вт, снабженного двумя ультразвуковыми пьезоэлектрическими преобразователями частотой 22 кГц, при мощности колебаний 90 %.

После пропитки образцы взвешивались, и полученная масса сравнивалась с исходной, заранее измеренной перед пропиткой. По полученным данным производили расчет процента заполнения открытых пор заготовок согласно следующей формуле. Определение массы образцов проводили на лабораторных весах второго класса точности.

$$E = \frac{\text{Привес, \%}}{\text{Пористость, \%} \times k} \times 100,$$

где k – отношение плотности инфильтрата к плотности углеграфита.

Результаты и их обсуждение

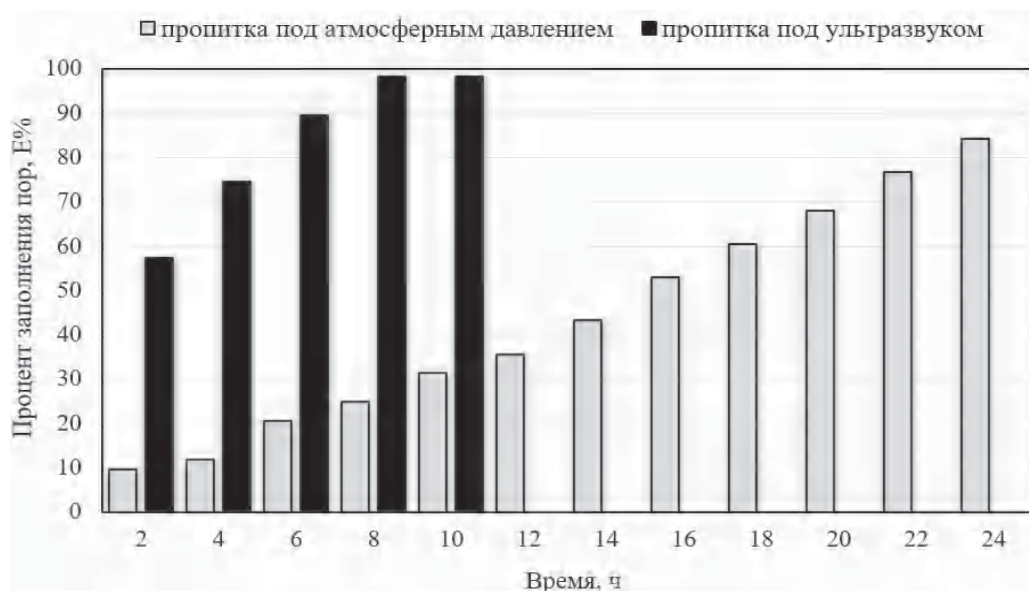
В результате исследований влияния времени на пропитку углеграфитовых заготовок водным раствором электролита меднения (см. таблицу ниже) при атмосферном давлении было установлено, что за 2 часа масса заготовок увеличилась на 0,9 % от исходной и продолжала увеличиваться при повышении времени выдержки. Максимальное повышение массы заготовок при таком способе составило 7,8 % при выдержке в течение 24 часов.

Изменение массы заготовок при атмосферной и ультразвуковой пропитке

Пропитка под атмосферным давлением			Пропитка под ультразвуком		
Время, ч	Масса после пропитки, г	Привес, %	Время, ч	Масса свободного насыщения, г	Привес, %
2	106,72	0,9	2	111,38	5,3
4	106,93	1,1	4	113,07	6,9
6	107,78	1,9	6	114,55	8,3
8	108,2	2,3	8	115,82	9,1
10	108,84	2,9	10	115,88	9,1
12	109,26	3,3	12		
14	110,01	4,0	14	–	–
16	110,95	4,9	16	–	–
18	111,69	5,6	18	–	–
20	112,43	6,3	20	–	–
22	113,28	7,1	22	–	–
24	114,02	7,8	24	–	–

При этом заготовки, пропитываемые под воздействием ультразвука, уже через 2 часа показали увеличение своей массы до 5,3 %, что в 5,8 раз выше, чем при первом способе пропитки. Увеличение времени выдержки позволило получить увеличение массы заготовок до 6,9 % за 4 часа; 8,3 % за 6 часов и 9,1 % за 8 часов обработки ультразвуком. Дальнейшее повышение времени обработки не привело к значительному росту массы углеграфитовых заготовок. Исходя из полученных данных, пропитка исследуемых образцов водным раствором электролита меднения более 8 часов нецелесообразна, поскольку не способствует повышению массы.

Полученные экспериментальные данные позволили произвести расчет процента заполнения электролитом открытых пор углеграфитовых заготовок. Как видно из гистограммы, приведенной на рисунке ниже, при пропитке под атмосферным давлением процент заполнения открытых пор составил 9,7 % за 2 часа выдержки, при этом воздействие ультразвука позволило достичь заполнения 57,2 % за то же время. Заготовки, выдержанные в электролите в течение 24 часов, показали 84 % заполнения открытых пор, а у образцов, подвергнутых ультразвуковой обработке, максимальное заполнение открытых пор составило 98,3 % за 8 часов выдержки.



Зависимости заполнения открытых пор углеграфитовых заготовок от времени выдержки при атмосферном давлении и под действием ультразвука

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что воздействие ультразвука оказывает значительное влияние на заполнение открытых пор углеграфитовой заготовки. Такой эффект можно объяснить тем, что при воздействии ультразвука на жидкую среду пузырьки газов в электролите схлопываются и тем самым создают давление, в десятки раз превышающее атмосферное [13]. Это приводит к принудительному проникновению водного раствора электролита в открытые поры углеграфита и вытеснению из пор воздуха, который при пропитке в атмосферном давлении ограничивает проникновение жидкости в сердцевину углеграфитовой заготовки.

Выводы

1. Экспериментально показано, что заготовки, пропитанные раствором электролита под воздействием ультразвука в течение 2 часов, увеличивают свою массу до 5,3 %, что в 5,8 раз выше, чем при пропитке при атмосферном давлении. Максимальный массовый привес заготовок, пропитанных при атмосферном давлении, составил 7,8 % за 24 часа выдержки заготовок. При этом заготовки, пропитанные под воздействием ультразвука в течение 8 часов, увеличивают свою массу до 9,1 %.

2. Выявлено, что наиболее высоким процентом заполнения открытых пор углеграфитовых заготовок водным раствором электролита мед-

нения обладают заготовки, пропитанные под воздействием ультразвука (98 %) в течение 8 часов, что является эффектом кавитации при действии ультразвука на раствор электролита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фиалков, А. С.* Углеродные материалы / А. С. Фиалков. – М. : Энергия, 1979. – 320 с.
2. *Берент, В. Я.* Перспективы улучшения работы сильноточного скользящего контакта «контактный провод – токосъемный элемент полоза токоприемника» / В. Я. Берент // Железные дороги мира. – 2002. – № 10. – С. 46–51.
3. Пропитка углеграфита металлическими сплавами : Монография / В. А. Гулевский, В. И. Антипов, Л. В. Виноградов, Н. А. Кидалов, А. Г. Колмаков ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 271 с.
4. *Гершман, И. С.* Токосъемные углеродно-медные материалы / И. С. Гершман // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 5. – С. 16–20.
5. *Ali, M. M.* Composites materials for sustainable space industry: A review of recent developments / M. M. Ali, N. Nived // World Review of Science, Technology and Sustainable Development. – 2021. – N 2-3(17). – Pp. 172–196.
6. Wettability in metal matrix composites / M. Malaki, A. F. Tehrani, B. Niroumand, M. Gupta // Metals. – 2021. – N 7(1). – DOI:10.3390/met11071034.
7. *Найдич, Ю. В.* Закономерности контактного взаимодействия графита с расплавленными металлами / Ю. В. Найдич, Г. А. Колесниченко // Известия АН СССР, Металлы. – 1968. – № 4. – С. 220–230.
8. Гальванические покрытия в машиностроении : справочник : в 2 т. Т. 1 / под ред. М. А. Шлугера. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с.
9. *Беленький, М. А.* Электроосаждение металлических покрытий : справочник / М. А. Беленький, А. Ф. Иванов. – М. : Металлургия, 1985. – 288 с.
10. *Вирблис, С.* Гальванотехника для мастеров: справ. издание / С. Вирблис ; под ред. А. Ф. Иванова. – М. : Металлургия, 1990. – 208 с.
11. Пропитка углеграфита сплавом алюминия. Часть 1 / Н. Ю. Мирошкин, С. Н. Цурихин, Н. А. Кидалов, В. А. Гулевский // Цветные металлы. – 2023. – № 6. – С. 58–64. – DOI 10.17580/tsm.2023.06.08.
12. Пропитка углеграфита сплавом алюминия. Часть 2 / С. Н. Цурихин, В. А. Гулевский, Н. Ю. Мирошкин, Н. А. Кидалов // Цветные металлы. – 2023. – № 7. – С. 41–46. – DOI 10.17580/tsm.2023.07.05.
13. *Новицкий, Б. Г.* Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах (процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / Б. Г. Новицкий. – М. : Химия, 1983. – 192 с.