

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРЕХФАЗНОГО ДУГОВОГО РЕАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

*Поваляев П.В.<sup>1</sup>, Шляхов Т.С.<sup>2</sup>, Корытов Д.А.<sup>3</sup>, Власов А.В.<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>Томский политехнический университет,  
e-mail: pvp13@tpu.ru*

*<sup>2</sup>Томский политехнический университет,  
e-mail: tss28@tpu.ru*

*<sup>3</sup>Томский политехнический университет,  
e-mail: dak115@tpu.ru*

*<sup>4</sup>Томский политехнический университет,  
e-mail: avv49@tpu.ru*

В настоящее время происходит активное развитие различных методов производства материалов, обладающих уникальными физическими свойствами, а именно карбидов и боридов переходных металлов. Данные материалы, в зависимости от состава, обладают следующими свойствами – высокая температура плавления, высокая стойкость к окислению и коррозии, высокая электро- и теплопроводность [1]. При разработке методов синтеза порошковых материалов необходимо учитывать такие факторы как, продолжительность рабочего цикла, экономические и энергетические затраты на реализацию методов. Ранее авторами данной работы была продемонстрирована возможность получения карбида вольфрама при использовании дугового разряда постоянного тока [2]. Изначально получение данного материала осуществлялось при использовании однофазного дугового реактора постоянного тока, после чего конструкция данного реактора была изменена, в результате чего был разработан трехфазный дуговой реактор постоянного тока [3]. Разработка трехфазного дугового реактора обусловлена потребностью увеличения массы получаемого продукта, что способствует сокращению количества проводимых экспериментов. Однако, в процессе эксплуатации был выявлен ряд недостатков, устранение которых необходимо для повышения производительности оборудования и снижения затрат.

Целью данного исследования является процесс изменения основных элементов трехфазного дугового реактора постоянного тока для повышения мощности и продолжительности рабочего цикла трехфазного дугового реактора постоянного тока.

Подробно принцип работы и устройство дугового реактора описаны в работе [3]. В данном исследовании значительным изменениям подвергались система электропитания и разрядный контур дугового реактора.

Основным изменением системы электропитания дугового реактора стала замена источников постоянного тока (ИПТ) марки Deko DKWM220A на ИПТ марки Elitech АИС 220Д. Замена ИПТ Deko DKWM220A обусловлена несоответствием зарегистрированных показателей силы тока заявленным характеристикам. Замена источников постоянного тока позволила снизить потребляемую мощность с 8,8 кВт до 6,9 кВт и повысить продолжительность включения при максимальном токе с 60 % до 80 %, что позволяет повысить продолжительность рабочих циклов устройства. Помимо этого, сварочные аппараты фирмы Elitech оснащены информативным дисплеем, что повышает точность регулирования устанавливаемого значения силы тока.

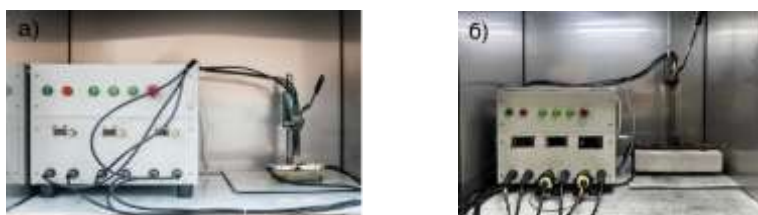
Для сравнения работы источников постоянного тока в процессе проведения экспериментов были проведены измерения электрической энергии при использовании электрического счетчика «Меркурий 234». В табл. 1 представлены показатели электрической мощности, зарегистрированные при работе дугового реактора с ИПТ Deko DKWM220A и Elitech АИС 220Д.

*Зарегистрированные показания подведенной электрической энергии  
в реакционную зону дугового реактора*

| Марка источника постоянного тока | Сила тока, А | Время дуговой стадии, с | Электрическая энергия, кВт·ч |
|----------------------------------|--------------|-------------------------|------------------------------|
| Deko DKWM220A                    | 200          | 120                     | 0,34                         |
| Elitech АИС 220Д                 | 100          | 120                     | 0,47                         |

По полученным данным с электросчетчика, видно, что электрической энергии при силе тока 200 А на источниках марки Deko DKWM220A, подведено в 1,4 раза меньше, чем источниками марки Elitech АИС 220Д, при установленном значении силы тока 100 А и фиксированном значении продолжительности дуговой стадии 120 с в обоих случаях.

Увеличение мощности разрабатываемого устройства также привело к необходимости изменения конструкции разрядного контура реактора. Ранее для проведения экспериментов установка графитовых тиглей осуществлялась на алюминиевую пластину, куда подключались отрицательные выводы сварочных аппаратов. Однако, повышение мощности реактора и длительности рабочих циклов, соответственно, значительно повышает рабочую температуру в реакционной зоне, что приводит к разрушению токоведущих частей реактора, в частности алюминиевой пластины. Таким образом, была осуществлена замена материала пластины с алюминия на нержавеющую сталь, что позволяет повысить продолжительность дуговой стадии без разрушения токоведущих частей системы. Также увеличение продолжительности рабочего цикла реактора подразумевает использование графитовых электродов большей длины. В результате чего была увеличена высота стойки для установки токоведущих держателей для графитовых стержней. Благодаря чему стало возможно использование графитовых стержней длиной 250 мм и диаметром 8 мм, ранее использовались стержни того же диаметра и длиной 125 мм. На рис. 1 представлены изображения дугового реактора до и после изменений.



*Рис. 1. Внешний вид трехфазного дугового реактора постоянного тока  
(а) до и (б) после проведения модернизации*

Таким образом, по результатам данного исследования продемонстрирована возможность увеличения мощности и длительности рабочего цикла дугового реактора путем изменения конструкции и электропитания дугового реактора.

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2022-0018).

### **Список литературы**

1. José G., Verónica C.C., Andreas B., Bartek K. Cemented carbide microstructures: a review // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2020. – Vol. 80. – P. 40–68. – DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2018.12.004.
2. Pak A.Ya., Shanenkov I.I., Mamontov G.Y., Kokorina A.I. Vacuumless synthesis of tungsten carbide in a self-shielding atmospheric plasma of DC arc discharge // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2020. – Vol. 93. – 105343. – DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2020.105343.
3. Поваляев П.В., Пак А.Я., Кокорина А.И., Власов А.В., Болатова Ж.С. Исследование режимов работы трехфазного электродугового реактора постоянного тока для синтеза карбида вольфрама // Вестник Башкирского университета. – 2023. – Т. 28, № 3. – С. 278–286.