

Таким образом, обобщая результаты проектирования вакуумных систем на основе структурно-параметрического синтеза (на примере разработки вакуумной системы электронно-лучевой установки) рассмотрена методика их расчета.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Розанов, Л.Н. Автоматизация проектирования в машиностроении / Л.Н. Розанов, Н.В. Никитков, Г.П. Дзельтен, Ю.М. Печатников // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 1996. – № 3. – С. 38–41.

2. Пипко, А.И. Конструирование и расчет вакуумных систем / А.И. Пипко, В.Я. Плисковский, Е.А. Пенчко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 504 с.

3. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Розанов. – М.: Высшая школа, 2007.

УДК 621.1

Басков О.В.

## **ФОРМОВАНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: Дробыш А.А.*

Благодаря уникальным свойствам, чрезвычайно высокой химической стойкости, термопрочности, термостойкости и удельной прочности углеродные композиционные материалы (УКМ) нашли применение в качестве материалов для изготовления подшипников скольжения, тормозных дисков, нагревателей, тепловых экранов, чехлов для термопар и других деталей высокотемпературной техники. УКМ используются в качестве конструктивных элементов при температуре до 2100 °С и нагревательных элементов при температуре до 2500 °С в вакууме, нейтральной и восстановительной средах, а также до 250 °С в условиях окислительной среды (воздух). При нор-

мальных условиях материал нейтрален к атмосферному воздействию и агрессивному воздействию щелочей и кислот.

В общем виде УКМ состоят из углеродных (графитовых) волокон (УВ) или порошка и матрицы, полученной карбонизацией (графитацией) углеродсодержащего связующего.

Для получения композиционных пористых материалов перспективным представляется графит различных модификаций. В связи с этим следует отметить, что графит в чистом виде обладает крайне низкой формуемостью (рисунок 1) и используется в составе шихты. В состав шихты, кроме порошка графита традиционно включают пеки. Традиционная поставка пека производителем (твердый пек) обуславливает необходимость операции его размол в порошок с размером частиц пропорциональным размеру частиц графита.

Для изучения формуемости шихты исследовали составы согласно таблице 1.

Таблица 1 – Составы шихты

---

№ состава	Массовая доля графита, % (ГОСТ 4404-78 Графит карандашный)	Массовая доля пека, % (нефтяной пек)
1	95	5
2	90	10
3	80	20
4	50	50

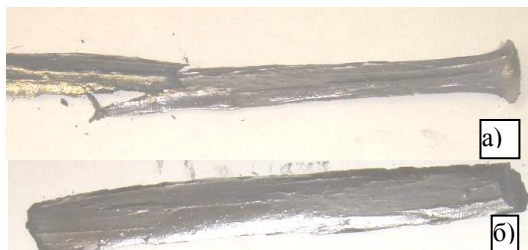


Рисунок 1 – Типичные дефекты прессовок:  
а – состав № 1, 20 МПа  
б – состав № 3, 200 МПа

Указанные составы шихты подвергнули радиальному прессованию при давлениях 20, 40, 60, 70, 100, 200 МПа. Для расширения номенклатуры опытных образцов использовали радиальное прессование (образцы в форме стержня) и радиальное прессование на оправку (образцы в форме труб).

Для всех случаев прессования проводили оценку следующих характеристик: 1. Формуемость. 2. Уровень каркасных характеристик. 3. Плотность прессовок.

Формуемость оценивали визуально, плотность прессовок определяли по ГОСТ 18898.

Уровень каркасных характеристик считали достаточным, если он позволял выполнять последующие операции обработки заготовок.

По результатам исследований установлено, что приемлемый уровень формуемости в совокупности с уровнем каркасных характеристик имеет состав № 4.

Типичные дефекты прессовок составов № 1-3 представлены на рисунке 1. Так же следует отметить, что форму, достаточную для оценки плотности сохранили, лишь прессовки состава № 4 (рисунок 2).

Результаты оценки плотности прессовок представлены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Внешний вид исследуемых образцов

Ви-  
образ-  
става №  
ла, что  
шей  
мостью  
образ-  
спрес-  
при  
60 МПа

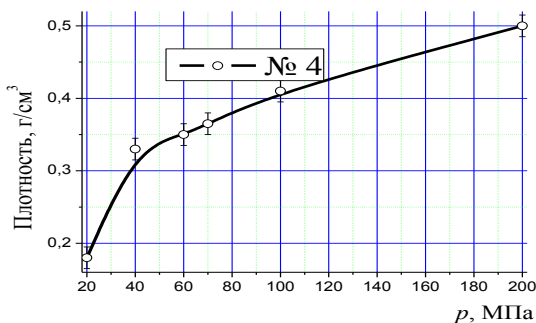


Рисунок 3 – Плотность прессовок

зуальная  
цов со-  
4 показ-  
наилуч-  
формуе-  
обладают  
цы, спрес-  
сованные  
давлении  
(отсут-

ствие трещин, равномерность геометрических параметров).

Аналогичная ситуация зафиксирована для случая получения образцов в форме труб. Однако следует отметить, что у прессовок практически отсутствует эффект упругого последствия, в связи с чем затруднено их снятие с металлической оправки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фиалков, А.С. Углеродистые материалы / А.С. Фиалков. – М.: «Энергия», 1978. – 319 с.
2. Углеродные волокна / под ред. С. Симамуры. – М.: Мир, 1987. – 304 с.
3. Сидоренко, Ю.Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы: учебное пособие / Ю.Н. Сидоренко. – Томск: Изд.-во ТГУ, 2006. – 107 с.