

на основе алюмосиликатов приводит к пропорциональной и значимой зависимости величины усадки от объема пустот (количества пообразователя) в исходном материале.

Изменения плотности материалов связаны плотностью упаковки дисперсных частиц в шихте до спекания. Плотность упаковки мелкодисперсных частиц значительно выше, чем крупнодисперсных. В процессе спекания шихты на основе мелкодисперсных частиц создается гомогенная структура пористого материала практически без наличия «арочных» эффектов. При спекании шихты на основе крупнодисперсных частиц «арочные» эффекты уменьшают плотность материала. Как следствие, спекание крупнодисперсных частиц сопровождается более значимым изменением плотности в сравнении с процессом спекания мелкодисперсных частиц.

Этот вывод подтверждается и результатами изменения объемных усадок исследуемых материалов в зависимости от спекания при различных температурах.

УДК 621

Дробыш А.А., Прохоров О.А., Петюшик Е.Е.  
**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ  
ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРИСТЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА**

*БНТУ, Минск*

Оптимизация технологических схем (ТС) является одним из ключевых критериев обеспечивающих успешность любого промышленного процесса.

Критерием оптимизации (или критерием оптимальности) называют количественную оценку качества функционирования исследуемого объекта.

На основании выбранного критерия оптимизации составляется так называемая целевая функция, представляющая собой зависимость критерия оптимизации от параметров, влияющих на его значение.

В качестве критерия оптимизации при технологическом проектировании обычно используется себестоимость  $C(T)$  изготовления детали по технологическому процессу  $T$ . Оптимальным  $T_{\text{опт}}$  называется вариант технологического процесса, имеющий минимальную величину  $C$ :

$$C(T_{\text{опт}}) = \min C(T);$$

$T$  принадлежит  $MT$ , где  $MT$  – множество допустимых вариантов технологических процессов.

Однако этот критерий малоэффективен в рамках научных исследований, когда имеются вариации технологических схем, существенно отличающиеся друг от друга из-за получения деталей (образцов) с разными характеристиками. Это обуславливает множество  $MT$  допустимых вариантов (сотни и тысячи возможных вариантов), поэтому задача оптимизации ТП является весьма трудоемкой и сложной. Технолог физически не может спроектировать такое количество вариантов. Поэтому разработка технологических процессов носит субъективный характер.

Для оптимизации ТС формовали образцы углеродного материала в форме таблеток диаметром 18,5 мм. Прессовки взвешивали, измеряли высоту, заворачивали в алюминиевую фольгу помещали в графитовую лодочку, засыпали графитовой крупкой.

Помещали в печь СКЗ. Отжигали в среде эндотермического газа при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа. Измерение объема образцов – гидростатическим взвешиванием.

Потеря массы после однократного цикла пиролиза составляет 20...25%, в дальнейшем динамика снижается.

Среди методов оптимизации выделим поисковые методы оптимизации, так как они не накладывают особых ограничений на критерий оптимизации и область существования решений. Суть поисковых методов оптимизации заключается в нахождении последовательности вариантов технологических процессов:

$$T_1 \dots T_i \dots T_n$$

где каждый последующий вариант предпочтительнее предыдущего, то есть  $C(T_i) > C(T_{i+1})$ . В пределе указанная последовательность должна сходиться к достаточно малой окрестности решения, то есть варианту близкому к оптимальному. Наиболее часто применяют следующие поисковые методы оптимизации: метод случайного поиска; метод регулярного поиска; метод направленного поиска.

Выбор оптимального варианта ТП методом случайного поиска предполагает проектирование случайной последовательности вариантов технологического процесса с отбором вариантов, имеющих минимальную себестоимость по сравнению с предшествующими. Если провести усредненную кривую через точки для отобранных вариантов, то кривая себестоимости постепенно приближается к оптимальному в заданных условиях значению себестоимости процесса.

Исходя из результатов, полученных при выполнении исследований процессов получения углеродного материала, выполненных в БНТУ в период 2011-13 годов, работы оптимизацию ТС можно выполнить, варьируя количество циклов пропитки/карбонизации  $N$  в зависимости от изменения эффективности уплотнения образца  $Y$ , %, так же примем возможный диапазон количества циклов пропитки [1..6].

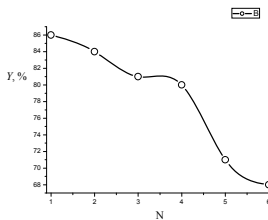


Рисунок 1 – Динамика изменения эффективности пропитки/карбонизации

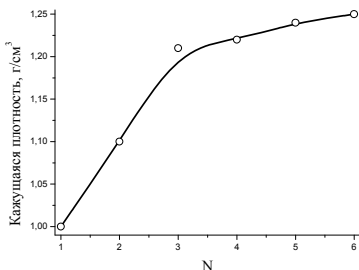


Рисунок 2 – Динамика увеличения плотности образцов

Аналитическое сравнение рисунков 1-2, с учетом необходимости энерго- и ресурсосбережения, позволяет установить оптимальное количество циклов пропитки/карбонизации в размере 4.

Сложность применения алгоритмов случайного поиска заключается в большой вариантности технологических процессов, что в сочетании с высокой сложностью машинного времени и сложностью алгоритмов проектирования не дает возможность просчитать большое количество вариантов и, следовательно, окончательный вариант будет далеко не оптимальным, но достаточным в условиях принятых допущений.

УДК 621

Дробыш А.А., Петюшик Е.Е., Азаров С.М.  
**ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ  
 В АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ШИХТЕ НА ПРОЧНОСТЬ  
 ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ СУШКИ**

*БНТУ, Минск*

Технология формирования крупнопористых образцов из эвтектических композиций на основе гранита методом радиального изостатического прессования с последующим высокотемпературным спеканием приводит к формированию пористой структуры керамического материала с характерными порами. Известно, что керамика с пористостью выше 30% без применения специальных