

## ПОЛУЧЕНИЕ АЛМАЗНОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Парницкий А.М., Сеньют В.Т.**

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь

Поиск новых научных подходов и технологических решений, позволяющих добиться снижения технологических параметров спекания и, следовательно, себестоимости алмазных поликристаллических сверхтвёрдых материалов (ПСТМ) и улучшения их эксплуатационных характеристик, является сегодня одной из актуальных задач в области синтеза новых алмазных материалов [1]. Для обоснованного выбора состава шихты и технологических режимов термобарического спекания ПСТМ, а также установления зависимости трещиностойкости  $K_{IC}$  от параметров термобарического спекания и фракционного состава материала в работе были использованы методы математического планирования эксперимента, традиционно применяемые для оптимизации разнообразных технологических процессов [2]. В качестве основных факторов, влияющих на качество алмазных ПСТМ, рассматривались давление  $P$ , ГПа, температура  $T$ , °С и концентрация добавки  $C$ , %, в качестве которой использовали УДА-порошок детонационного синтеза.

В качестве исходных материалов использовались модифицированный бором порошок УДА с размером частиц 4–10 нм, и микропорошок алмазов статического синтеза АСМ 14/10 модифицированный кремнием. Термобарическую обработку шихты выполняли в аппарате высокого давления «наковальня с лункой» в диапазоне давлений 5,5–7,5 ГПа при температуре от 1650 до 1950 °С.

Математическая модель уравнения отклика от независимых переменных с учетом эффектов их взаимодействий и ошибки эксперимента была представлена в виде полинома второй степени:

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i < l \leq k} b_{il} x_i x_l + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2$$

где  $y$  – параметр оптимизации;  $k$  – число факторов;  $i, l$  – номера факторов,  $i \neq l$ ;  $x_i, x_l$  – варьируемые факторы;  $b_0, b_i, b_{il}, b_{ii}$  – коэффициенты регрессии, описывающие направление и степень влияния каждого из факторов на параметр оптимизации.

Для получения модели процесса в виде полинома второй степени реализован некомпозиционный план второго порядка. Использование некомпозиционных планов, предусматривающих всего три уровня варьирования факторов (+1, 0, -1), упрощает и удешевляет проведение эксперимента. На основе априорной информации были выбраны уровни и интервалы варьирования факторов. Затем составили матрицу

некомпозиционного плана второго порядка для трех факторов. В соответствии с условиями опытов проводили спекание модифицированных алмазных порошков и замеряли значения коэффициента трещиностойкости. По данным опытов, проведенных согласно матрице планирования, получена модель, характеризующая зависимость коэффициента трещиностойкости  $Y_{Klc}$  от исследуемых факторов процесса и представляет собой полином второй степени. С учетом перехода к натуральным значениям факторов уравнение регрессии примет вид:

$$Y_{Klc} = -103,7725 - 0,000044 \cdot T^2 - 0,76 \cdot P^2 - 0,0027 \cdot C^2 + 0,124025 \cdot T + 0,555 \cdot P + 0,085 \cdot C + 0,005 \cdot P \cdot T$$

На рисунке 1 представлены полученные с помощью уравнения графические зависимости коэффициента трещиностойкости от температуры и концентрации добавки УДА-порошка. При построении поверхности откликов (программа SigmaPlot 15) варьировались только два фактора.

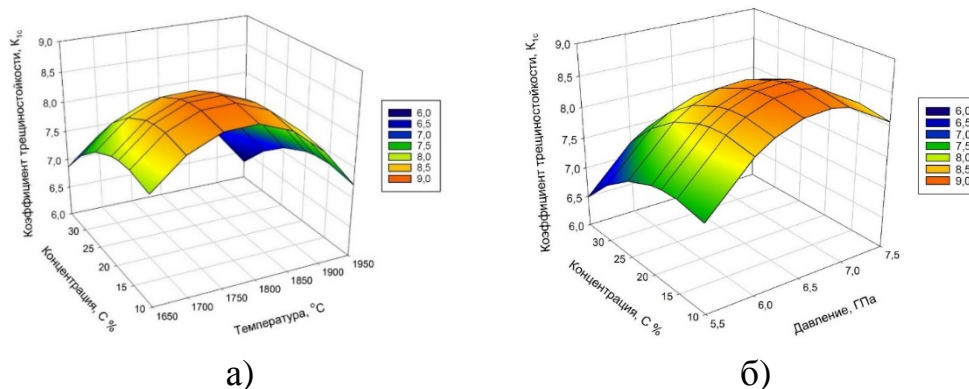


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трещиностойкости  $Y_{Klc}$  от исследуемых факторов процесса: а) температура  $T$  и концентрация  $C$  ( $P = 6,5$  ГПа); б) давление  $P$  и концентрация  $C$  ( $T = 1800$  °С);

Было установлено, что максимальное значение коэффициента трещиностойкости  $K_{lc} = 7,5-7,61$  МПа·м<sup>1/2</sup> получается при следующих значениях температуры спекания  $T = 1750-1800$  °С, давлении спекания  $P = 6,5-7$  ГПа и концентрации модифицирующей добавки  $C = 15-20$  %. Проведенная практическая проверка полученной модели показала ее адекватность в пределах выбранных интервалов варьирования технологических параметров.

1. Витязь, П.А. Синтез и применение сверхтвердых материалов / П.А. Витязь, В.Д. Гришук, В.Т. Сенють. Минск. Белорусская наука. 2005. – 359 с.
2. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. Москва: Машиностроение, 1981. – 184 с.