

УДК 621.923

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аспирант Еромин Е. С.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Магнитно-абразивная финишная обработка (МАФО) является перспективным методом отделочной обработки плоских поверхностей неметаллических изделий, таких как полупроводниковые подложки и прецизионные оптические детали, позволяющим достичь шероховатости Ra 0,7–2 нм при минимальной глубине дефектного слоя. Важную роль для прецизионных деталей также играют отклонения формы поверхности, описываемые для кремниевых подложек параметром TTV (Total Thickness Variation), который для сверхплоских подложек не должен превышать 1 мкм. Для минимизации погрешностей формы используется технология компьютерно-управляемой (детерминистической) финишной обработки, основанная на программном управлении длительностью контакта инструмента (dwell time) с различными участками поверхности заготовки в зависимости от требуемой величины съема припуска. Длительность контакта варьируется за счет изменения кинематических параметров движения инструмента относительно заготовки. Разработка алгоритма расчета длительности контакта требует экспериментального измерения или компьютерного моделирования погрешностей формы, возникающих при обработке со стандартной кинематикой (обычно это совокупность равномерных рабочих движений инструмента и заготовки). В данной работе предложена компьютерная модель кинематики МАФО кремниевых подложек, позволяющая прогнозировать возникающие при обработке погрешности формы. При рассмотрении двумерной модели на поверхности подложки вводится регулярная сетка из  $N_r \times N_a$  точек, равномерно распределенных по  $N_r$  concentрическим окружностям, и для каждой точки вычисляется приближенное время ее пребывания в зоне обработки (области проекции полюсного наконечника магнитной системы). Для этого вводится матрица длительности контакта размером  $N_r \times N_a$  с нулевыми начальными значениями элементов, а затем в дискретные моменты времени, равномерно распределенные с шагом  $\Delta t$ , проверяются геометрические условия принадлежности точек подложки зоне обработки. Для точек, находящихся в зоне обработки, значения соответствующих им элементов матрицы увеличиваются на  $\Delta t$ . При моделировании рассматривается кинематика, характерная для станка мод. 3905 и представляющая собой сочетание вращательного движения подложки с угловой скоростью  $\Omega$  и радиального поступательного движения инструмента со скоростью  $v_r$ . На рис. 1 приведены результаты расчета относительной длительности контакта (по отношению к общей длительности обработки) для следующих исходных данных: радиус подложки  $R = 150$  мм, радиус полюсного наконечника  $r = 50$  мм,  $\Omega = 1$  об/с,  $v_r = 1$  мм/с,  $N_r = 151$ ,  $N_a = 360$ ,  $\Delta t = 0,56$  мс, начальная координата центра полюсного наконечника  $\rho_{c0}$ , конечная координата центра полюсного наконечника  $\rho_{c1}$ .

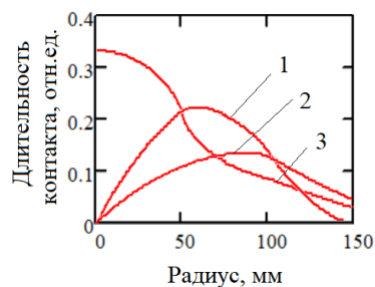


Рис. 1. Результаты расчета длительности контакта: 1 –  $\rho_{c0} = R - r$ ,  $\rho_{c1} = r$ ; 2 –  $\rho_{c0} = R$ ,  $\rho_{c1} = r$ ; 3 –  $\rho_{c0} = R$ ,  $\rho_{c1} = 0$

Как видно из рис. 1, распределение длительности контакта при обработке со стандартной кинематикой характеризуется значительной неравномерностью. В дальнейшем планируется введение в разработанную модель функции влияния инструмента (tool influence function), что позволит рассчитывать распределение величины съема припуска по поверхности заготовки.