

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА
И ПОЛУПРОВОДНИКОВ НАН БЕЛАРУСИ



МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**II Международной научной конференции
2–4 октября 2002 г., Минск**

Минск
Издательский центр БГУ
2002

МАГНИТНОЕ ОРИЕНТИРОВАНИЕ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН

Соболь В.Р.¹, Устинович Д.Ф.²

¹Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси

ул. П.Бровки, 17, 220072 Минск, Беларусь

²Физико-технический институт НАН Беларуси

ул. Купревича, 10, 220141 Минск, Беларусь

Ферромагнитные покрытия порошков сверхтвердых материалов используют для повышения работоспособности инструмента путем ориентирования и упорядочения расположения зерен. Для формирования направленной ориентации зерен обычно применяют электростатический и магнитный способы. Под действием внешнего магнитного поля зерна с ферромагнитным покрытием способны изменять свое хаотическое расположение на упорядоченное и ориентировать режущие кромки в рабочем слое инструмента.

В работе представлен метод расчета толщины слоя δ ферромагнитного покрытия цилиндрического алмазного зерна, который обеспечивает его ориентацию в магнитном поле. Толщина покрытия связывается с формой и размером зерна, а также с параметрами постоянного магнитного поля. Анализ построен на известном факте, что во внешнем поле ферромагнитные частицы с симметрией ниже сферической стремятся принять ориентацию, обеспечивающую выигрыш магнитной энергии системы. Во внешнем однородном поле на частицу действует момент сил, стремящийся развернуть ее, который определяется масштабом искажения поля в объеме зерна и во всем пространстве. Степень искажения поля зависит от фактора размагничивания N . В частности, ферромагнитное покрытие в виде полого цилиндра стремится сориентироваться так, чтобы его ось, являющаяся направлением наиболее легкого намагничивания, совпадала с силовыми линиями поля.

При ориентировании зерен эффективный момент сил определяется выигрышем магнитной энергии в покрытии, который связан с изменением объемной плотности энергии $B^2 \Delta\mu_N / \mu_0 \mu_{\perp} \mu_{\parallel}$, здесь B - индукция внешнего магнитного поля, μ_0 - магнитная постоянная, $\mu_{\perp}$ и $\mu_{\parallel}$ - магнитная проницаемость покрытия при нормальной и коллинеарной ориентации зерна относительно вектора магнитного поля, $\Delta\mu_N$ - изменение проницаемости при повороте. Для оценки выигрыша энергии в объеме покрытия, нанесенного на цилиндрические зерна

абразивного материала, рассмотрим факторы размагничивания сплошного и полого цилиндров. При коллинеарной ориентации сплошного цилиндра фактор размагничивания целесообразно представлять как $N_{||}^0 = [1 + (L/D)^2]^{-1}$ (здесь D и L – диаметр и длина цилиндра). Для нормальной ориентации $N_{\perp}^0 = 0.5(1 + D/L)^{-1}$. Для полого цилиндра представим фактор размагничивания как квадратичную функцию отношения толщины слоя покрытия к внутреннему диаметру $N_{||} = N_{||}^0 (\delta/D)^2$; $N_{\perp} = N_{\perp}^0 (\delta/D)^2$. Динамика цилиндрического зерна во внешнем поле рассмотрена на основе уравнения вращательного движения:

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + A \frac{d\varphi}{dt} - M = 0 \quad (1)$$

здесь φ – угол поворота зерна, t – время, I – момент инерции, A – коэффициент динамического трения, представляющий момент вязких сил, M – эффективный момент магнитных сил. Полагая, что во время поворота зерна входящие в уравнение параметры не являются функциями угла, уравнение (1) можно рассмотреть как дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами с общим решением вида $\varphi = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t)$. Физическим условиям задачи соответствует только положительный корень λ . Оценив условия, при которых начальный угол ориентации оси зерна изменяется за одну секунду в e раз, определяем необходимую толщину покрытия:

$$\delta \cong \left\{ \frac{16 \mu_0 D}{\pi B^2 L} \frac{\chi}{(\chi + 1)(N_{\perp}^0 - N_{||}^0)} \left[\frac{3 \pi \rho D^5}{32} + 27 \pi \eta D^3 \right] \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

здесь ρ – плотность материала зерна, η – коэффициент вязкости, χ – магнитная восприимчивость материала покрытия. С учетом приведенных ранее значений $N_{||}^0$ и $N_{\perp}^0$, а также полагая $\rho = 3,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $\eta = 10^{-2} \text{ н сек/м}^2$, $D = 10^{-4} \text{ м}$, $L = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, получаем, что для внешнего магнитного поля $B \cong 1 \text{ Т}$ требуемая толщина слоя покрытия $\delta \cong 10^{-5} \text{ м}$.