

сплавными сверлами наибольший износ наблюдается в зоне перемычки, тогда как на задних поверхностях он невелик.

Результаты выполненных исследований позволяют считать, что при сверлении отверстий диаметром 5 мм в порошковом материале ЖГр2 погрешности размеров равняются 13...14 квалитетам точности. Увеличение вылета сверла увеличивает разбивку отверстия на 15...20 %. При сверлении отверстий повышенной точности или под последующую обработку предельно допустимый износ следует уменьшить на 25–30 %, поскольку, как показали исследования, при больших износах увеличивается разбивка отверстия.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что наиболее целесообразным инструментальным материалом для сверления отверстий в порошковом материале ЖГр2 является быстрорежущая сталь Р6АМ5, а оптимальные режимы сверления находятся в пределах: скорость 20...35 м/мин, подача 0,06...0,20 мм/об.

В качестве предельно допустимых величин износа следует принимать для сверл из быстрорежущей стали: ширину площадки износа по задней поверхности  $h_z = 0,06d$  мм (при черновой обработке),  $h_z = 0,04...0,045d$  мм (в случае необходимой последующей обработки); для сверл из твердого сплава — величину износа перемычки  $h_{п1} = 0,08d$  мм.

УДК 621.9.06

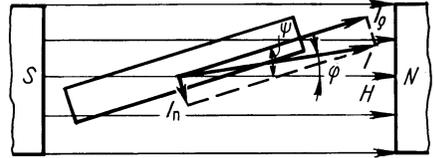
П.И.ЯЩЕРИЦЫН, акад. (АН БССР),  
М.Т.ЗАБАВСКИЙ, канд. техн. наук,  
Л.М.КОЖУРО, канд. техн. наук (БИМСХ)

### РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ ФЕРРОМАГНИТНОГО ПОКРЫТИЯ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ИХ ОРИЕНТАЦИЮ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Экспериментальные исследования показали, что интенсивность тепловыделения в зоне резания можно уменьшить, создав оптимальные условия резания для каждого из зерен путем их предварительной металлизации и последующей ориентации при изготовлении шлифовальных кругов. Целью настоящей работы было установление минимальной толщины металлизированного слоя зерен, обеспечивающего их ориентацию в постоянном магнитном поле.

Рассмотрим частицу (алмазное зерно), находящуюся под действием внешнего поля  $H$ . Для теоретического расчета примем допущение, что частица имеет форму полого цилиндра. В сильном магнитном поле этот цилиндр будет стремиться повернуться так, чтобы вектор его намагниченности  $I$  совпал с направлением магнитного поля. Такому повороту препятствует механический момент, обусловленный внутренним трением немагнитной среды (связки), в которую помещена частица. Вследствие наличия силы сцепления связки частица установится под некоторым малым углом к направлению действия магнитного поля (рис. 1). При этом наступает равенство моментов механического  $M_{\text{мех}}$  и магнитного  $M_{\text{магн}}$  полей:

Рис. 1. Схема сил, действующих на зерно в процессе его ориентации



$$M_{\text{мех}} = C\psi; M_{\text{магн}} = IVH \sin \varphi,$$

где  $C$  — удельный момент поворота частицы;  $\psi$  — угол между осью частицы и внешним полем;  $I$  — намагниченность пленки в эрстедах;  $V$  — объем пленки в  $\text{см}^3$ ;  $H$  — напряженность магнитного поля в эрстедах;  $\varphi$  — угол между намагниченностью  $I$  и полем  $H$  в радианах.

Под действием магнитного момента частица поворачивается по направлению действия поля  $H$  и устанавливается под углом  $\psi$  к полю (см. рис. 1). Учитывая равенство крутящих моментов, можно записать

$$IVH \sin \varphi = C\psi. \quad (1)$$

Ввиду малости  $\varphi$  можно принять  $\sin \varphi \approx \varphi$ . Из выражения (1) имеем

$$I = C\psi / VH\varphi. \quad (2)$$

В области сильных магнитных полей, где имеется процесс вращения вектора намагниченности  $I$ , угол  $\varphi$  может отличаться от  $\psi$ . Это происходит вследствие того, что в частице существует продольное  $I_p$  и поперечное  $I_n$  намагничивание. В указанном случае для вычисления угла  $\varphi$  следует учесть энергию, вызванную формой частицы, и энергию внешнего поля:

$$E_\varphi = 1/2 [I_p^2 N_p + I_n^2 N_n];$$

$$I_p = I \cos(\psi - \varphi); I_n = I \sin(\psi - \varphi),$$

где  $N_p$  — размагничивающий фактор вдоль пленки;  $N_n$  — размагничивающий фактор в направлении, перпендикулярном пленке и оси ее вращения.

Энергия внешнего поля  $E_n = -IH \cos \varphi$ . Вектор  $I$  установится под углом  $\varphi$ , соответствующим минимуму суммарной энергии:

$$E = E_\varphi + E_n,$$

$$\frac{\partial E}{\partial \varphi} = \frac{1}{\partial \varphi} \left\{ \frac{1}{2} I^2 [N_p \cos^2(\psi - \varphi) + N_n \sin^2(\psi - \varphi)] - IH \cos \varphi \right\}.$$

Считая, что  $I$  не зависит от  $\varphi$ , получим

$$\frac{\partial E}{\partial \varphi} = -NI^2 \sin(\psi - \varphi) \cos(\psi - \varphi) + IH \sin \varphi = 0, \quad (3)$$

где  $N = N_n - N_p$ .

Полагая, что  $\cos(\psi - \varphi) = 1$ , из выражения (3) получим

$$NI^2 (\sin \psi \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi) - IN \sin \varphi = 0.$$

Отсюда, имея в виду, что  $\cos \psi = \cos \varphi = 1$ ,  $\sin \varphi = \sin \psi / (1 + \frac{H}{NI})$ , или

$$\varphi = \psi / (1 + \frac{H}{NI}). \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) в уравнение (2), получим

$$I = C(NI + H)/(VNI^2 - CI),$$

Заменяя  $I = \kappa H$ , имеем

$$N = C/(VN^2 \kappa^2 - C\kappa), \quad (5)$$

где  $\kappa$  – магнитная восприимчивость в системе СГСМ.

Как сказано выше,  $N = N_n - N_p$ . Для получения значений  $N_n$  и  $N_p$  для алмазного зерна (частицы), покрытого ферромагнитным материалом – никелем, примем в качестве расчетной схемы полый цилиндр с диаметром и высотой, равными среднестатистическим размерам алмазного зерна.

Для расчета величины  $N_p$  в полом цилиндре существует зависимость:

$$N_{p,пол} = N_{p,спл} (1 - \Delta^2), \quad (6)$$

где  $N_{p,спл}$  – размагничивающий фактор сплошного цилиндра, намагниченного вдоль продольной оси;  $\Delta = R_1/R_2$ ;  $R_1$  – внутренний радиус цилиндра;  $R_2$  – внешний радиус цилиндра.

Размагничивающий фактор короткого сплошного цилиндра, намагниченного по диаметру

$$N_{п.спл} = 4\pi / (2 + \frac{D}{l}), \quad (7)$$

где  $D, l$  – диаметр и длина частицы.

Для определения величины размагничивающего фактора короткого полого цилиндра, намагниченного по диаметру, воспользуемся отношением размагничивающих факторов для сплошного и полого цилиндров, намагниченных продольно, полученным из уравнения (6).

Так как  $N_{p,пол}/N_{p,спл}$  и  $N_{п.пол}/N_{п.спл}$  равны, то

$$\frac{N_{p,пол}}{N_{p,спл}} = \frac{N_{п.пол}}{N_{п.спл}} = 1 - \Delta^2.$$

Тогда для  $N_{п.пол}$  с учетом (7) можно записать

$$N_{п.пол} = \frac{4\pi}{2 + \frac{D}{l}} (1 - \Delta^2). \quad (8)$$

Принимая размеры алмазных зерен  $D = 100$  мкм,  $l = 150$  мкм и учитывая выражения (6) и (8), получим:

$$N_{п.пол} - N_{р.пол} = 2,85 (1 - \Delta^2). \quad (9)$$

Подставляя уравнение (5) в выражение (9), получим

$$2,85 (1 - \Delta^2) = C / (VH^2\kappa^2 - C\kappa). \quad (10)$$

Имея в виду, что для никеля  $\kappa = 10$ , а для бронзового сферического порошка  $\kappa = 0,94$ , из выражения (10), задавшись объемом, подсчитаем толщину ферромагнитного материала, достаточную для обеспечения поворота алмазного зерна в постоянном магнитном поле. Так, для алмазного зерна с зернистостью 100...125 мкм и объемом  $V = 0,003$  см<sup>3</sup> толщина ферромагнитного материала, согласно выражению (10), будет равна 0,0023 мм.

УДК 621.9.02.013

Ю.А.НОВОСЕЛОВ, канд. техн. наук (ГПИ),  
Н.Н.ПОПОК (НПИ)

### ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗОТЧЕНИИ

Ранее авторами были получены формулы для расчета переднего, заднего углов и угла наклона режущей кромки инструмента:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{(\bar{v}_e \bar{n}_n \bar{\tau}_\kappa) |\bar{v}_e|}{(\bar{v}_e \bar{n}_n) |[\bar{v}_e \bar{\tau}_\kappa]|}; \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(\bar{v}_e \bar{n}_z) |[\bar{v}_e \bar{\tau}_\kappa]|}{(\bar{v}_e \bar{n}_z \bar{\tau}_\kappa) |\bar{v}_e|}; \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\bar{v}_e \bar{\tau}_\kappa}{|[\bar{v}_e \bar{\tau}_\kappa]|}, \quad (3)$$

где  $\bar{v}_e$  — вектор скорости резания;  $\bar{n}_n$ ,  $\bar{n}_z$ ,  $\bar{\tau}_\kappa$  — векторы, касательные соответственно к передней, задней поверхностям и режущей кромке инструмента.

Используя общие векторные соотношения (1) ... (3), определим геометрические параметры ротационного инструмента с прерывистой режущей кромкой (рис. 1). Для этого выразим основные векторы геометрического анализа  $\bar{v}_e$ ,  $\bar{n}_n$ ,  $\bar{n}_z$  и  $\bar{\tau}_\kappa$  через их проекции на координатные оси  $x_1 y_1 z_1$ . Вектор скорости резания  $\bar{v}_e$  может быть представлен своими координатами  $v_{ex1}$ ,  $v_{ey1}$  и  $v_{ez1}$ :

$$v_{ex1} = v_{x1} + v_{\tau x1}; \quad v_{ey1} = v_{y1} + v_{\tau y1}; \quad v_{ez1} = v_{z1} + v_{\tau z1}. \quad (4)$$