

УДК 621.923

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ УЗКИХ ПАЗОВ

канд. техн. наук, доц. Л.Е. СЕРГЕЕВ, В.Е. БАБИЧ
(Белорусский государственный технический университет, Минск)

Одной из технических проблем, стоящих перед технологией производства деталей машин, является обработка узких и глубоких пазов, назначение которых состоит в создании посадочных мест для различного рода колец, вкладышей и т.п.

Во всех случаях обработки узких и глубоких пазов требуется создание такой топографии поверхностного слоя указанных выше деталей, которая обеспечивает высокий уровень надежности изделий и функционирования механизма и машины в целом. В связи с этим возникает необходимость применения технологических процессов, экономически выгодных, и при использовании которых достигаются требуемые показатели точности и качества детали, заданные ТУ, ГОСТом или рабочим чертежом.

Известно, что финишные операции занимают важный ряд в общем цикле изготовления деталей машин. Одной из таких операций является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1 – 3]. Инструментом при МАО служит ферромагнитный порошок (ФАП), представляющий собой континуальную среду, при наличии смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), удерживаемую силами магнитного поля (МП). Для МАО, как и для других финишных операций, обработка узкого и глубокого паза связана с определенной трудностью. Но если для инструмента с твердой связкой (хон, шлифовальный круг) сложность заключается в доставке агентов СОТС в зону его контакта и обрабатываемого участка поверхности паза, а также снижения прочности, например, самого круга из-за уменьшения его габаритных размеров, то для МАО основным фактором служит особенность распределения МП в данной зоне. Это вызвано его неравномерностью и определяется энергетически выгодным прохождением магнитного потока по всей длине магнитной цепи.

Предлагаемый расчет распределения МП в пазу выглядит следующим образом. Предполагаем, что магнитная проницаемость материала, в котором требуется обработать паз, является величиной очень большой, теоретически стремящейся к бесконечности. При таком допущении индукция в материале будет конечна, а напряженность поля в нем будет стремиться к нулю. По закону полного тока при $Z = 0$ $H = j/b$; при $Z = h$ $H = 0$. Для определения постоянных интегрирования C_1 и C_2 запишем выражение:

$$\dot{H} = \dot{C}_1 e^{pz} + \dot{C}_2 e^{-pz}. \quad (1)$$

Составим два уравнения $\dot{C}_1 + \dot{C}_2 = i/b$ и $\dot{C}_1 e^{ph} + \dot{C}_2 e^{-pz} = 0$.

После определения \dot{C}_1 и \dot{C}_2 и подстановки их в уравнение (1) получим

$$H = \frac{i}{b} \cdot \frac{shp(h-z)}{shp \cdot ph}$$

График модуля H по высоте паза представлен на рисунке 1.

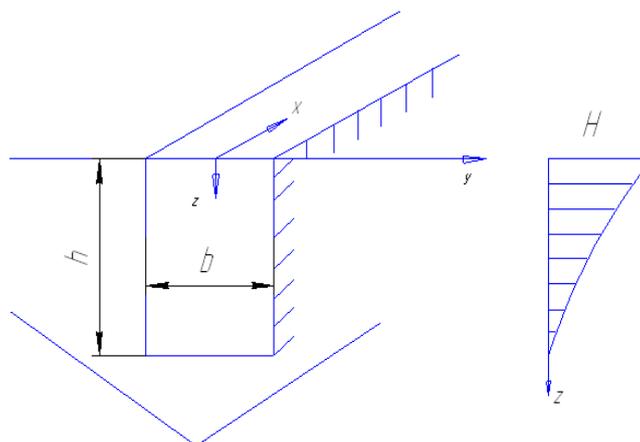


Рис. 1. График модуля H по высоте паза

Из графика (см. рис. 1) видно, что наименьшее значение напряженности магнитного поля имеет место на дне этого паза. Следовательно, если использовать вариант традиционной схемы обработки методом MAO (деталь помещается в рабочую зону, в которую подается порция ФАП; детали придается движение вращения и осцилляции), то зерна ФАП под воздействием кинематических факторов процесса не будут направлены до его конечной глубины, ввиду разницы величин напряженности магнитного поля. Следовательно, необходимо осуществлять интенсификацию процесса MAO глубоких и узких пазов деталей машин таким образом, чтобы достигнуть планируемых результатов.

Первоначальным вариантом предусматривалось, во-первых, регулирование режимов и параметров обработки; во-вторых, уменьшение величины рабочего зазора с целью роста коэффициента его заполнения ($K_3 = 1,2$).

Однако при проведении испытаний установлено, что увеличение скорости осцилляции и резания приводит к снижению удержания зерен ФАП на поверхности полюсных наконечников и повышению показателя перебега этих зерен из одной рабочей зоны в другую (рис. 2).

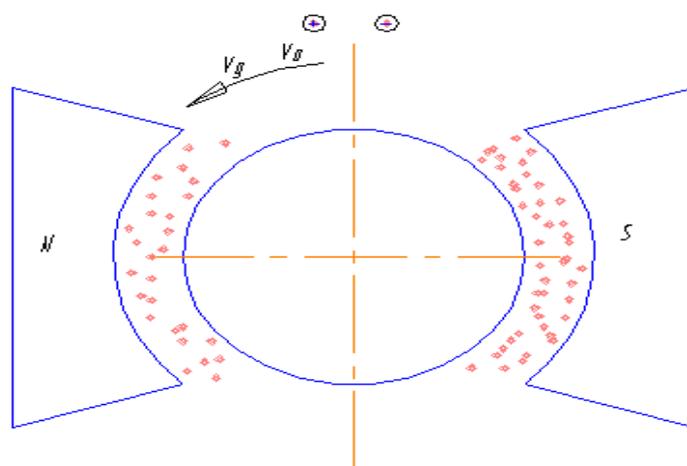


Рис. 2. Распределений ФАП в рабочей зоне

Данный перебег зерен уменьшает объем «ферроабразивной щетки» в рабочей зоне и, соответственно, показатель оказываемого ею давления на обрабатываемую поверхность детали. Одним из главных вариантов устранения данного перебега зерен ФАП является увеличение подачи силы тока на соленоиды катушек электромагнитной системы (ЭМС) с целью создания большей величины магнитной индукции, что приводит к росту расходной части производства. Поэтому повышение эффективности процесса резания должно базироваться на более глубоком и принципиальном блоке конкретных условий данного процесса.

Известно, что качество поверхности и форма любой детали – это «след инструмента» [4]. Таким образом, на основании этого принципа, включающего методы развития лезвийной и абразивной обработки инструмента, необходимо осуществить создание конфигурации инструмента, применяемого для процесса MAO узких и глубоких пазов, имеющего определенные особенности в сравнении с другими. Первостепенной задачей становится решение вопроса о заполнении паза массой ФАП и, как указывалось раньше, таким вариантом послужило уменьшение величины рабочего зазора, т.е. механическое заклинивание зерен в этом зазоре.

Однако в ходе проведения следующего этапа исследований установлено, что увеличение обработки глубины паза достигнуто при использовании метода MAO. Побочным же отрицательным аспектом является рост шероховатости (Ra) поверхности остальной части детали, вне этого паза достигающей 2...3,5 мкм, вместо требуемой 0,6...0,8. Также поверхность самого паза имела необходимый диапазон показателей качества при увеличении глубины на 25...30 % в сравнении с первоначальным вариантом, связанным с ростом скоростей резания и осцилляции.

Таким образом, в данном случае возникает необходимость в более полном и совершенном использовании законов электромагнетизма, заключающемся в принятии других мероприятий, дополняющих ранее применяемые. В ходе выполнения такого мероприятия деталь, согласно технологическому маршруту финишной операции, определенным образом базируется и помещается в магнитное поле,

заполненное ФАП, зерна которого ввиду закономерностей этого поля распределяются вдоль магнитных силовых линий по принципу минимума свободной энергии. Это положение детали вызывает возмущающее воздействие поля, по причине чего вытесненные деталью зерна ФАП стремятся в соответствии с указанным выше принципом занять свое прежнее положение – происходит заполнение узких пазов. В дальнейшем же процесс МАО этих пазов осуществляется согласно традиционному способу обработки и, как видно из ранее приведенного, только перестановка номеров позиций технологического маршрута при учете знаний общих законов магнитного поля обеспечивает его качественное и производительное протекание.

При традиционном способе первоначальным приемом было помещение детали в зону обработки и только затем заполнение рабочего зазора зернами ФАП; при предлагаемом – перемена позиций. Это обусловлено, как было указано ранее, созданием такой конфигурации инструмента, которая является эквидистантной по отношению к форме детали типа тела вращения с различной размерностью диаметров на ее отдельных участках.

В первом (традиционном) варианте обработки объем инструмента не имеет требуемого уровня и возникает необходимость в его образовании, но основным препятствием становится стремление зерен ФАП получить топографию магнитного поля при минимальном затратном механизме. Поэтому ФАП размещается на участках, максимально близких к поверхности полюсных наконечников, и процедура дальнейшей подачи его порций приводит к их отторжению зернами, ранее занявшими это место. Следовательно, конфигурация инструмента не является копирующей по отношению к детали, а самое главное – объем имеет существенные отклонения в меньшую сторону и, следовательно, развитие требуемого давления на обрабатываемую поверхность паза будет отсутствовать. Таким образом, в первом случае обработка узкого и глубокого паза детали по его высоте обусловлена следующими причинами:

- формирование конфигурации и объема инструмента для МАО путем использования только механического фактора данного метода;
- отсутствием учета более полного использования магнитного поля;
- необходимость системного подхода при решении подобного рода задач прикладного характера.

В этом случае зерна ФАП занимают энергетически выгодные участки искаженного введением детали магнитного поля, это приводит к тому, что другие участки данного поля остаются только частично заполнены, т.е. возникает разница показателей плотности инструмента по рабочему зазору. Такой дисбаланс приводит в свою очередь к отсутствию равномерности обработки отличных по удаленности друг от друга поверхностей.

Во втором случае формирование заготовки инструмента произведено и введение детали в магнитное поле, заполненное ФАП, приводит к вытеснению определенного объема зерен и осуществлению их стремления сохранить свое прежнее местоположение. Некоторая часть этих зерен в этом случае проникает в пазы детали и происходит уплотнение массы порошка. Коэффициент заполнения (K_3) рабочего зазора на этом участке достигает 1, в отличие от первого варианта, где его показатель составляет 0,3...0,5, следовательно, достигается требуемая плотность инструмента по его объему.

Таким образом, путем выявления обратной связи технологической системы деталь – инструмент установлена стабильность параметров инструмента для достижения требуемых показателей качества и производительности процесса МАО.

В результате проведения опытно-промышленных испытаний получены результаты, соответствующие требованиям нормативно-технической документации, производительность обработки каждой детали находится в пределах 30...120 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sebestyen I., Kodacsy J. Magnetic Field and Force Calculation for MAM Device // COMPUMAG 12th Conference on Computation of Electromagnetic Field, Sapporo, Japan, 1999. – P. 71 – 80.
2. Полищук В.С. Магнитно-абразивная обработка – высокоэффективный метод в машиностроении // Физика и техника высоких давлений. – 2003. – Т. 13, № 1. – С. 127 – 138.
3. Machining Technology for the Micro-Burr Removal using Electro-Magnetic Field Effect / Y.C. Lee, J.Y. Lee, J.H. Kim, J.H. Ahn, J.S. Kim, D.W. Lee // Proc. of KSPE Conference, Korea, 2003. – P. 561 – 564.
4. Клушин М.М. Резание металлов. – М.: Машгиз, 1958. – 454 с.

