

и закономерностей процесса МАО отдельно для каждого вида контактного взаимодействия;

- изложенная методика позволяет производить выбор (анализ и синтез) схем МАО в соответствии с требованиями производительности и качества обработки.

## **К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МАГНИТНО- ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ШЛИФОВАНИИ**

*Э.И. Дмитриченко, М.П. Кульгейко, Е.Э.Дмитриченко  
Гомельский политехнический институт им. П.О. Сухого*

Магнитно-электрическое шлифование (МЭШ) является способом комбинированной обработки токопроводящих материалов, сочетающим процессы абразивного микрорезания с электроконтактными и (или) электроэрозионными явлениями при воздействии на зону обработки магнитного поля. Физическая сущность процесса МЭШ заключается в механическом контактировании абразивного токопроводящего инструмента с поверхностью детали, замыкании электродов (инструмент-деталь) продуктами шлифования по локальным пятнам контакта, расплавлении контактных мостиков теплотой электротоков, образовании разрядов с последующими электроэрозионными явлениями, происходящими под воздействием внешнего магнитного поля.

Разрушение обрабатываемой поверхности при МЭШ происходит в результате микрорезания и пластичного оттеснения металла зернами абразива; электроконтактного расплавления стружки и поверхности; электроэрозионных и магнитных воздействий на расплав и продукты эрозии.

В основу теоретической предпосылки для описания явлений, протекающих в зоне контактного взаимодействия токопроводящего абразивного круга с поверхностью детали, положена контактная форма электрической эрозии. В соответствии с теорией контактной электроэрозии применительно к МЭШ разрушение происходит в результате концентрированного тепловыделения в местах стягивания токовых линий при достижении плотности сквозного тока выше некоторого значения и действия на расплав и канал разряда магнитодвижущей силы. В рассматриваемых процессах контактная форма эрозии может наблюдаться в форме контак-

тной эрозии скольжения и контактной эрозии стружечного замыкания.

Особенность первой формы эрозии состоит в скользящем контактировании электродов, перемещающихся относительно друг друга и соприкасающихся поверхностями, между которыми протекает ток. Скользящее контактирование возникает в том случае, когда на взаимодействующей поверхности абразивного круга отсутствует или заметно ограничено количество абразивных зерен. Вторая форма контактной эрозии основана на стружечном замыкании электродов и последующем возбуждении электрических разрядов. Третья форма электроэрозии может возникать в том случае, если напряжение на электродах достигает определенной величины и происходит пробой межэлектродного промежутка в случае, когда не произошло контактирование зерен абразива токопроводящего круга с поверхностью детали.

При переменной во времени мощности теплота  $Q$ , выделяемая в зоне контакта электродов, определяется по формуле:

$$Q = \int_0^t IU dt$$

Эта теплота распределяется между охлаждающей жидкостью, деталью и токопроводящим кругом.

Потери теплоты с охлаждающей средой:

$$Q = C_0 V_0 (T_{y.жс.} - T_{n.жс.}) t,$$

где  $C_0$  - теплоемкость охлаждающей среды;  $V_0$  - расход охлаждающей среды;  $T_{y.жс.}$  - температура уходящей жидкости;  $T_{n.жс.}$  - температура подводящей охлаждающей жидкости;  $t$  - длительность периода замыкания.

Количество теплоты отводимой в обрабатываемую деталь равно:

$$Q_m = \lambda(T_1 - T_2) \frac{S t}{\delta},$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала;  $T_1 - T_2$  - разность температур детали до нагрева и после;  $S$  - поверхность теплообмена;  $\delta$  - толщина нагреваемого металла.

Прямой нагрев сопротивлением зависит от электрического сопротивления  $R_0$  круга и детали и определяется по формуле  $R_0 = \sqrt{R_A^2 + X_H}$ , где  $R_A$ ,  $X_H$  - активное и индуктивное сопротивление.

Значительное влияние на величину активного сопротивления электродов оказывают потери энергии на вихревые токи, возникающие под дей-

ствием магнитного поля, и потери на перемагничивание. У ферромагнитных материалов поверхностный эффект заметно проявляется на промышленной частоте и зависит от размеров зоны контакта, удельного сопротивления и магнитной проницаемости.

Активное сопротивление проводника с учетом поверхностного эффекта  $R_A = RK_n = 1.4RK_\delta$ , где  $R$  - омическое сопротивление проводника;  $K_n$  - коэффициент поверхностного эффекта;  $K_\delta$  - безразмерный коэффициент,

$$K_\delta = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{\pi f \mu_0 \mu_r}{\rho}},$$

где  $r$  - радиус поверхности проводника;  $f$  - частота тока;  $\mu_0$  - магнитная постоянная;  $\mu_r$  - относительная магнитная проницаемость;  $\rho$  - удельное электрическое сопротивление проводника. Индуктивное сопротивление проводника  $X_H = 0.84RK_\delta$ . В присутствии магнитного поля общее сопротивление будет  $R_0 = 1.6RK_\delta$ .

Количество теплоты, необходимое для нагрева, плавления и перегрева металла детали в зоне контакта:

$$Q = M [c_1(T_{пл} - T_0) + q_m + c_2(T_{пер} - T_{пл})],$$

где  $M$  - масса металла;  $c_1$  - средняя теплоемкость металла в интервале:  $T_0$  - температура окружающей среды,  $T$  - температура плавления металла;  $c_2$  - средняя теплоемкость металла в интервале температур от  $T_{пл}$  до  $T_{пер}$  температуры перегрева;  $q_m$  - скрытая теплота плавления металла.

Принимая во внимание кратковременность теплообмена с окружающей средой за время существования контакта и относительно небольшую площадь его поверхности, потерей теплоты с охлаждающей жидкостью  $Q_0$  и теплотой, переданной в результате теплопроводности слоя металла  $Q_m$ , можно пренебречь [5] и считать процесс адиабатическим.

Тогда уравнение теплового баланса примет вид:

$$\int_0^t IU dt = M [c_1(T_{пл} - T_0) + q_m + c_2(T_{пер} - T_{пл})].$$

Решая уравнение и представляя сопротивление с учетом наложения внешнего магнитного поля получим, что масса расплавленного металла в результате возникновения контакта за время  $t$  равна:

$$M = \frac{I^2 R_0 t}{c_1(T_{пл} - T_0) + q_m + c_2(T_{пер} - T_{пл})}.$$

При обработке токопроводящим кругом в магнитном поле между обрабатываемой поверхностью и периферией круга возникает разность потенциалов  $U = BVR$ , величина которой регулируется величиной магнитного поля  $B$  и скоростью вращения  $V$  круга радиусом  $R$ . Величина магнитной индукции, при которой возможен выброс расплава массой  $M$  из зоны обработки равна:

$$B = \frac{M[c_1(T_{пл} - T_0) + q_m + c_2(T_{пер} - T_{пл})]}{IVRt}$$

Полученные выражения позволяют в некотором приближении оценить параметры механизма разрушения материала при МЭШ и определить оптимальные значения реализации устойчивого процесса обработки. Так, например, полученное расчетное значение магнитной индукции при шлифовании конструкционных сталей составляет не менее  $0.25 \text{ Тл}$ , что достаточно удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАЗМЕРНОГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Гоголинский В.Ф., Афанасьев А.А., Писарик В.В.  
Могилевский машиностроительный институт*

Совершенствование существующих и создание новых технологий и оборудования неразрывно связано с совершенствованием методов и средств оценки состояния наиболее ответственных деталей и узлов. В машиностроении важное значение имеет контроль линейных размеров изделий как при изготовлении, так и в процессе ремонта и эксплуатации, который составляет около 80% от общего числа контролируемых операций, выполняемых в данной отрасли.

Значительное место среди автоматических средств размерного контроля занимают бесконтактные пневматические приборы благодаря таким достоинствам, как высокая точность, чувствительность, бесконтактность измерений и др. /1/

Пневматические измерительные приборы в настоящее время применяются главным образом для высокоточных бесконтактных измерений и автоматизации контроля размеров в подшипниковой, авиационной и автотракторной промышленности. Однако, невысокое быстродей-