

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОГО ПОЛИРОВАНИЯ

Кучеренко С.В., Гусев В.В., (каф МСиИ, ДонНТУ, Донецк, Украина)

**Введение.** Работоспособность многих твердосплавных и керамических деталей и инструментов зависит от состояния поверхностного слоя, который в значительной мере определяет их эксплуатационные свойства. Для изделий и инструментов, к которым предъявляются требования долговечности и надежности, важны такие характеристики поверхности, как: коэффициент трения, длительность приработки, износостойкость, наличие дефектов в виде микротрещин, внутренние остаточные напряжения, коррозионная стойкость.

Именно на эти параметры обращают особое внимание на последних стадиях изготовления инструмента при формировании микрогеометрии рабочих поверхностей деталей и режущего инструмента. Одним из таких инструментов является «волока». Она предназначена для волочения проволоки. К «волоке» предъявляются высокие по точности и параметрам микрорельефа рабочих поверхностей ( $Ra=0,12$  мкм). Обеспечение этого требования в производственных условиях выполняется полированием на ручной операции с использованием абразивной пасты. Данная операция позволяет обеспечить необходимые требования по шероховатости, но в поверхностном слое остаются остаточные напряжения, что отрицательно сказывается на долговечности работы инструмента. Нами предложена замена операции полирования с использованием абразивной пасты на магнито-абразивное полирование (МАП).

Магнито-абразивное полирование [1,2] является одним из перспективных методов финишной обработки инструментов. Сущность метода: магнито-абразивный порошок располагается между полюсами электромагнитов, создавая режущий инструмент в виде своеобразной "полирующей щетки". При движении заготовки через рабочую зону порошок оказывает давление на деталь в каждой точке поверхности, что приводит к съему металла и сглаживанию микронеровностей. В роли связки абразивных зерен используется магнитное поле, обладающее упругими силами воздействия на единичные зерна. Причем степень упругости этой связки легко регулируется изменением напряженности магнитного поля, обеспечивая различные этапы обработки (черновое, чистовое полирование). Тем самым МАП за счет изменения напряженности магнитного поля может по характеристикам приближаться к шлифованию свободным или связанным абразивом, позволяя использовать преимущества первого или второго в одном рабочем цикле. В общем случае при магнито-абразивной обработке (МАО) в качестве инструмента используется ферроабразивный порошок (ФАП). Большинство технологических процессов МАО реализуется с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), существенно повышающих эффективность обработки.

**Основная часть.** Стабильность и надежность работы магнито-абразивного оборудования зависят от правильного расчета напряженности магнитного поля. Поэтому исследуем при каких значениях величины магнитной индукции возможен процесс разрушения микронеровностей под действием зерен абразивного порошка. Для этого нам необходимо найти зависимость необходимой силы резания, для разрушения микронеровностей, от величины врезания в обрабатываемый материал.

## ПРОГРЕССИВНЫЕ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для нахождения необходимой силы резания, было произведено исследование напряженно-деформированного состояния обрабатываемой поверхности под действием зерна в магнитном поле. Нами была построена модель фрагмента системы зеро - поверхность с использованием возможностей метода конечных элементов, реализуемого с помощью программы ANSYS. Была составлена программа на языке APDL, которая позволяет определить распределения нагрузок и деформаций в поверхностном слое.

В качестве исходных данных для решения задачи были взяты, свойства материала обрабатываемой поверхности (керамики) и чугунного зерна. Как показал анализ литературных источников, форму зерна можно рассматривать как реализацию случайной функции, представляющей собой совокупность синусоид различных частот со случайными амплитудами и фазами. Вместе с тем, при теоретических расчетах, сложная геометрическая форма реальных алмазных зерен заменяется упрощенным геометрическим телом: шаром, прямоугольным параллелепипедом, цилиндром. В качестве зерна будем использовать сплошной шар с радиусом равным среднему значению размеров чугунных зерен используемых при MAO. Модель взаимодействия зерна с треугольным элементом обрабатываемой поверхности показана на рисунке 1.

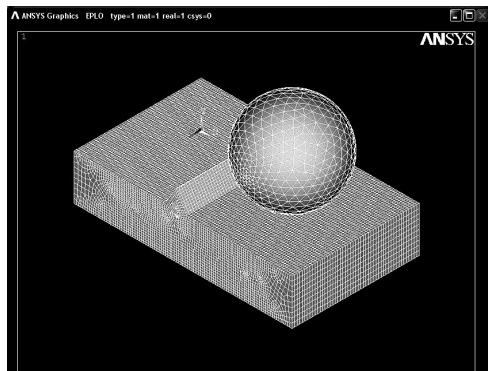


Рис. 1. Модель зерна и обрабатываемой поверхности после разбивки на конечные элементы

На рисунке 2 показан момент соприкосновения зерна с обрабатываемой поверхностью, из рисунка видно распределение напряжений в обрабатываемой поверхности под воздействием зерна. При продолжении движения зерна под воздействием магнитной силы по обрабатываемой поверхности происходит скол. В процессе решения конечно-элементных задач определялась сила необходимая для разрушения элемента поверхности под действием зерна. При моделировании менялась величина врезания в призму. Скорость движения зерна оставалась постоянной 2м/с.

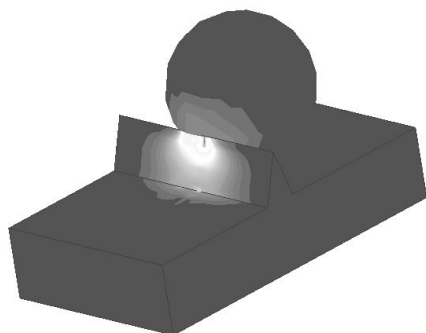


Рис. 2. Эпюра напряжений в системе зерно-микровыступ обрабатываемой поверхности

Необходимую нам магнитную индукцию для создания этой силы мы можем рассчитать по формуле полученную из уравнения Максвелла [3]

$$B = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu_0 \cdot F}{S}} \text{ Тл,}$$

где  $S$  — рабочая площадь поверхности,  $\text{м}^2$ , определенная из условия, что она эквидистантна обрабатываемому изделию;

$\mu_0$  - магнитная проницаемость материала;

$F$  - сила необходимая для осуществления процесса резани.

## ПРОГРЕССИВНЫЕ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На рисунке 3 показана необходимая магнитная индукция для осуществления процесса разрушения выступа микрорельефа обрабатываемой поверхности в зависимости от величины площадки контакта зерна с ней. С увеличением площади контакта зерна с микронеровностью необходимая сила на зерне, а, следовательно, и величина магнитной индукции возрастает.

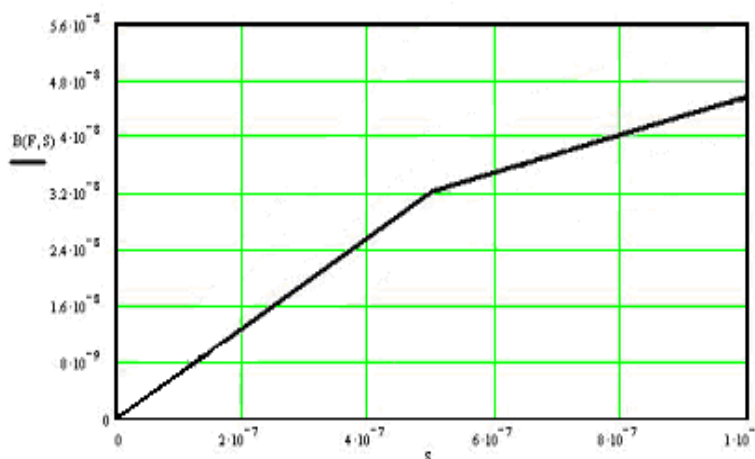


Рис. 3. График влияния площади контакта  $S$  ( $\text{м}^2$ ) зерна абразива на необходимую магнитную индукцию  $B$  (Тл)

Поэтому при полировании удаляются наиболее выступающие вершины микронеровностей, для удаления которых необходимо значительно меньшие значения сил, прикладываемых к зерну. В результате этого радиусы округления вершин микронеровностей при МАО увеличиваются. В дальнейшем процесс удаления материала с поверхности заготовки замедляется. Контактное зерно ФАП с обрабатываемой поверхностью принимает характер упругого деформирования. Таким образом, в процессе обработки одни зерна будут производить упругое, а другие пластическое деформирование в сопровождении «микро»- и «субмикроскоблечения». Для интенсификации процесса МАО необходимо интенсификация магнитного поля.

**Выводы.** В ходе работы проведено исследование напряжений, возникающих в микровыступах обрабатываемой поверхности под воздействием ФАП при МАО. Составленная программа в пакете ANSYS позволяет исследовать процесс полирования с различными свойствами и конфигурацией обрабатываемой поверхности.

Результаты исследований показали, что разрушение микровыступов на поверхности обрабатываемой заготовки под действием ФАП при МАО происходит лишь при определенных условиях, которые определяются величиной врезания зерна в обрабатываемую поверхность (площадью контакта) и величиной магнитной индукции приложенной к нему.

**Список литературы:** 1. Скворчевский Н. Я., Федорович Э. Н., Ящерицын П. И. Эффективность магнитно-абразивной обработки.— Минск.: Наука і техника, 1991.-215 с. 2. Сакулевич Ф.Ю. и др. - Магнитно-абразивная обработка точных деталей. - Минск.: "Выш. школа", 1977. - 288 с. 3. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов.— Л.: Машиностроение. Ленингр. 1986. - 176 с;