

# СЕКЦИЯ I МАШИНОСТРОЕНИЕ

---

## АНАЛИЗ СХЕМ И СПОСОБОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Д. А. Роговенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. П. Лепший

*Рассмотрены схемы магнитно-абразивной обработки, их технологические параметры и способы интенсификации процесса обработки плоских поверхностей. Сделаны выводы об изученности процессов обработки, о влиянии геометрических и технологических параметров на эффективность обработки, что позволяет определить цели и задачи предстоящих исследований.*

**Ключевые слова:** магнитно-абразивная обработка, магнитная система, параметры процесса, производительность.

В современном машиностроении широкое применение находят комбинированные методы финишной обработки деталей машин [1, 2]. Одним из перспективных методов формирования поверхностного слоя является магнитно-абразивная обработка (МАО). Сущность МАО заключается в том, что порошковая ферромагнитная абразивная масса под действием магнитного поля уплотняется, образуя своеобразный упругий абразивный инструмент, и при относительном перемещении инструмента и обрабатываемой заготовки осуществляет абразивное воздействие на ее поверхность, в результате которого происходит процесс микрорезания со снятием тончайших слоев металла и его окислов, а также сглаживание микронеровностей поверхностного слоя путем их пластического деформирования. Метод отличается относительной простотой в осуществлении, экологической чистотой, а также обеспечивает высокое качество микрогеометрии поверхности, формирование остаточных сжимающих напряжений, повышение износостойкости, контактной прочности и сопротивление коррозии [3, 4].

В настоящее время известно 210 схем МАО различных поверхностей [5], 54 из которых применимы для обработки плоских поверхностей. В качестве определяющего признака классификации всего многообразия схем МАО плоских поверхностей принят вид взаимодействия системы инструмент–деталь, в соответствии с которым выделены семь групп. Три первые группы охватывают способы и устройства МАО, в которых осуществляется один вид резания: магнитостатическое (МС), кинематическое (К) или динамическое (Д). Следующие три группы включают схемы, реализующие два вида воздействия инструмента на обрабатываемую поверхность: К-МС, Д-МС или Д-К. Седьмая группа представляет сочетание всех трех видов взаимодействия: Д-К-МС. Согласно этим признакам на рис. 1, 2 представлены наиболее характерные схемы, реализующие каждую из групп.

Очевидно, что формирование режущего инструмента может производиться на торцевой или цилиндрической поверхности магнитного индуктора. Торцовое расположение (рис. 1, а–в и рис. 2, а, б, з) предполагает одновременное участие в резании зерен порошка по всей площади, перекрываемой полюсами индуктора, причем в большинстве схем зерна ориентируются нормально по отношению к обрабатываемой поверхности. Существенными недостатками таких схем является неравномерность обработки по ширине поверхности; конструктивные сложности подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) непосредственно в зону обработки; отставание абразивной массы порошка от вращающихся полюсов, что снижает интенсивность обработки, причем ресурс свойств порошка расходуется на полирование не только изделия, но и рабочих поверхностей полюсов индуктора.

При формировании абразивного порошка на цилиндрической поверхности индуктора, одновременно в резании участвует меньшее количество режущих зерен, размещенных на некоторой площадке индуктора вдоль его образующей (рис. 1, д и рис. 2, в, д, е), и зерна могут ориентироваться по отношению к обрабатываемой поверхности нормально (рис. 1, д и рис. 2, е), касательно (рис. 2, в) и под углом (рис. 2, е). Ненормально ориентированное расположение зерен по отношению к обрабатываемой поверхности приводит к снижению производительности обработки, а некоторые схемы применимы для обработки только диамагнитных материалов (рис. 2, в) [6].

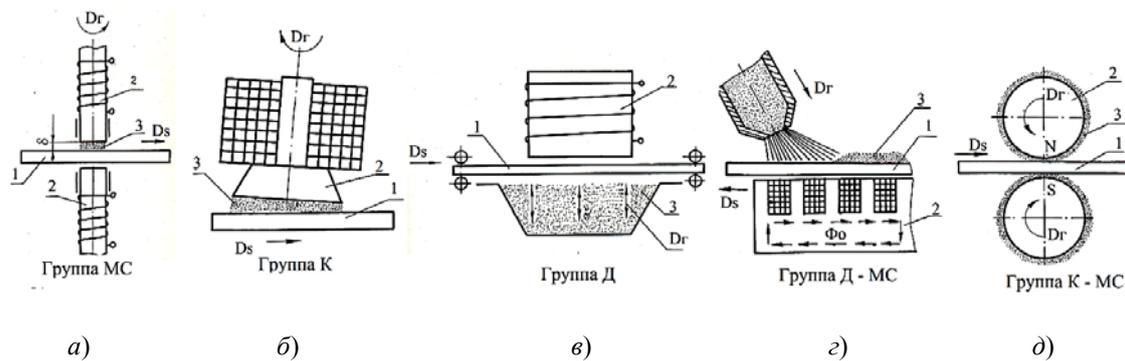


Рис. 1. Схемы и устройства магнитно-абразивной обработки плоских поверхностей по виду взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью

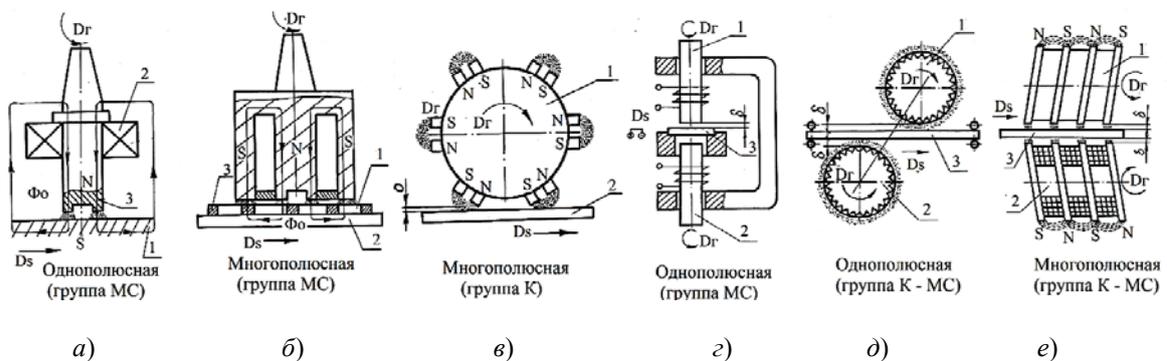


Рис. 2. Схемы и устройства магнитно-абразивной обработки плоских поверхностей

Анализ исследований различных схем обработки плоских поверхностей [3–6] показал, что большинство исследований проводились на магнитных материалах с шириной изделия до 300 мм, недостаточно раскрыты возможности процесса обработки немагнитных как труднообрабатываемых, так и мягких материалов.

На эффективность процесса МАО плоских поверхностей оказывают влияние много факторов и параметров, которые можно разделить на конструктивные и технологические. К конструктивным относятся такие факторы, как геометрия и конфигурация полюсных наконечников и рабочих зазоров магнитного индуктора, величина рабочего зазора, наличие и форма концентраторов магнитного поля, конструкция магнитной системы, которые определяют количество участвующих в процессе резания зерен магнитно-абразивного порошка, ориентацию порошка относительно обрабатываемой поверхности, условия удержания порошка в рабочем зазоре и т. д. Из технологических факторов наибольшее влияние на процесс МАО оказывают величина магнитной индукции, скорость вращения магнитного индуктора, материал магнитно-абразивного порошка и его зернистость, скорость подачи заготовки, наличие и вид СОЖ, физико-механические свойства обрабатываемой детали и состояние исходной поверхности, характер вспомогательных движений и ряд других факторов.

В настоящее время достаточно широко изучены вопросы влияния технологических факторов на процесс МАО с целью выработки практических рекомендаций по применению данного способа финишной обработки [4, 6].

Возможности повышения эффективности МАО за счет изменения конструктивных факторов, не связанных с повышением энергоемкости оборудования и усложнением устройств, в настоящее время изучены недостаточно [2, 3]. Так, например, установлено, что по сравнению с концентричным серповидный рабочий зазор обеспечивает повышение производительности обработки до 30 % [6]. Применение на индукторах концентраторов магнитного потока в виде треугольных пазов с углом  $90^\circ$ , глубиной 2,5 мм и шагом 5 мм увеличивает съем металла в 1,3 раза по сравнению с прямоугольными пазами [4]. Расположение концентраторов под углом к направлению вектора главного движения позволяет без ущерба для производительности процесса отказаться от дополнительного осциллирующего движения заготовки или магнитного индуктора. Однако для обоснованных рекомендаций этот вопрос еще недостаточно изучен [6]. В настоящее время отсутствуют обобщающие рекомендации по форме поперечного сечения концентраторов, их размерам и частоте размещения на поверхности, а также недостаточно изучен вопрос эффективности МАО в зависимости от расположения концентраторов под углом к направлению вектора магнитной индукции [3].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- формирование инструмента на периферии (цилиндрической поверхности) магнитного индуктора имеет свои особенности и закономерности. Оценка его эффективности и перспектив практического применения требует проведения дополнительных исследований;

- возможности повышения эффективности МАО за счет изменения конструктивных факторов, не связанных с повышением энергоемкости оборудования и усложнением устройств, в настоящее время изучены недостаточно;

- одна из важнейших характеристик МАО – кинематика процесса – исследовалась лишь для определенной части схем применительно к обработке цилиндрических и сферических поверхностей;

- недостаточно изучен вопрос МАО диамагнитных материалов (особенно цветных сплавов) и влияния концентраторов магнитного потока на эффективность МАО.

## Литература

1. Финишная обработка поверхностей при производстве деталей / С. А. Клименко [и др.] ; под общ. ред. С. А. Чижика и М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 376 с.
2. Григорьев, С. Н. Технология обработки концентрированными потоками энергии / С. Н. Григорьев, Е. В. Смоленцов, М. А. Волосова. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 280 с.
3. Хомич, Н. С. Магнитно-абразивная обработка изделий : монография / Н. С. Хомич. – Минск : БНТУ, 2006. – 218 с.
4. Барон, Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. – Л. : Машиностроение, 1986. – 176 с.
5. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 328 с.
6. Кожуро, Л. М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л. М. Кожуро, Б. П. Чемисов. – Минск : Наука и техника, 1995. – 232 с.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ВОДЕ

**А. Е. Марченко, В. А. Пракапович**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. П. Кириленко

*Представлена установка для проведения испытаний, максимально приближенных к условиям эксплуатации узлов трения уплотнительных элементов насосов, реализующая трение вращения торцов двух полых цилиндрических образцов при коэффициенте взаимного перекрытия равном единице. Установка позволяет осуществлять синхронную запись силы трения, температуру смазывающей жидкости, а также дает возможность фиксировать момент образования течи жидкости через уплотнительное соединение. Описан метод определения линейного износа полимерных образцов путем создания искусственных баз.*

**Ключевые слова:** полимерные материалы, сила трения, искусственная база, стенд.

Торцовые уплотнения конструктивно состоят из корпуса, двух контактных колец, образующих пару трения. Одно кольцо соединено с вращающимся валом, а второе – с неподвижным корпусом уплотнительного узла. Контактные кольца поджаты упругим элементом, обеспечивающим постоянное усилие в сопряжении. Герметичность в неподвижных и аксиально-подвижных соединениях обеспечивается кольцами круглого сечения или манжетами, выполненными из эластичного материала.

Для проведения испытаний, максимально приближенных к условиям эксплуатации узлов трения уплотнительных элементов насосов, был разработан стенд на базе вертикально-сверлильного станка, реализующей трение вращения торцов двух полых цилиндрических образцов при коэффициенте взаимного перекрытия равном единице. Установка позволила осуществлять синхронную запись силы трения, температуру смазывающей жидкости, а также позволила зафиксировать момент образования течи жидкости через уплотнительное соединение.

Сила трения измерялась индуктивным датчиком, ферромагнитный сердечник которого закреплен на двух опорах в виде плоских пружин, позволяющих перемещаться сердечнику только вдоль его оси и минимизировать механический гистерезис. Запись сигнала с индуктивного датчика силы трения в течение всего времени испытания осуществлялась на самопишущем потенциометре. Температура смазывающей среды измерялась хромель-копелевой термопарой и регистрировалась потенциометром.