

Магнитно-абразивная обработка поверхностей ответственных изделий

Резюме. Рассмотрены вопросы разработки технологий и создания оборудования для финишной обработки поверхностей с использованием магнитно-абразивного метода. Показана возможность его применения как для простых, так и сложных по форме деталей из различных материалов – металлов и сплавов, керамики, монокристаллов и др.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, полирование, формообразование.

Компания «Полимаг» имеет большой опыт разработки оригинальных эффективных технологий и создания специального оборудования различной степени сложности для финишной обработки (чаще всего магнитно-абразивной) изделий, применяемых в машино- и приборостроении, оптической, электронной и других отраслях промышленности.

Процесс магнитно-абразивной обработки (МАО) осуществляет ферроабразивный порошок, уплотненный магнитным полем. Принципиальное отличие МАО от традиционных абразивных методов – отсутствие связки, что позволяет формировать режущий контур из абразивных элементов непосредственно у поверхности, а количество рабочих микро- и субмикроэлементов на единицу площади при этом во много раз больше, чем при шлифовании. В то же время при МАО преобладают процессы субмикроцарапания, упругопластического сдвига металла и микровыглаживания поверхности,



Николай Хомич,
директор научно-инженерного предприятия «Полимаг», кандидат технических наук

значения нагрева и давления в зоне обработки значительно ниже. Температура в месте контакта ферроабразивного зерна и детали не превышает 150 °С, не образуются дефекты, свойственные абразивной обработке. При МАО очень важна роль применяемого импульсного магнитного поля. Оно вызывает проявление в приповерхностном слое образца магнитно-пластического, магнитоэлектрического и магнитострикционного эффектов. Под их воздействием приводятся в движение (подобное бронуновскому) слабозакрепленные дефекты структуры (дислокации, дисклинации, ротации и др.), образовавшиеся в ходе предше-

ствующей операции обработки детали. Значительная их часть выходит на поверхность, а «мягкая щетка» из ферроабразивного порошка формирует нанорельеф с незначительной шероховатостью и приповерхностный слой с минимумом дефектов структуры – потенциальных очагов разрушения материала детали.

Метод отличается высокой универсальностью и простотой реализации и обслуживания. Благодаря различным конструктивным исполнениям элементов рабочей зоны и широкому выбору кинематических схем можно успешно обрабатывать как простые, так и сложные по форме поверхности – цилиндрические наружные и внутренние, плоские, тел вращения с криволинейной образующей, винтовые с различным профилем, сложнофасонные и др. При этом возможность использования разнообразных по составу и свойствам технологических сред в процессе МАО позволяет обрабатывать изделия из различных материалов в широком

диапазоне – металлы и сплавы, керамику, монокристаллы и др.

В зависимости от предъявляемых требований магнитно-абразивным способом можно осуществлять полирование или зачистку детали, а также модификацию приповерхностного слоя. Магнитно-абразивное полирование (МАП) обеспечивает качественную поверхность с низкой шероховатостью (от микро до наноуровня) с минимальным количеством дефектов структуры. В свою очередь зачистка удаляет загрязнения и изначальную окисную пленку, формируя взамен нее аналогичную тонкую новую, которая с течением времени практически не растет и предохраняет основной материал от коррозии. Магнитно-абразивная модификация создает барьерный приповерхностный слой путем внесения в него определенных легирующих элементов и обеспечения оптимального напряженно-деформированного состояния.

Таким образом, метод МАО может обеспечивать требуемое качество и специальные эксплуатационные свойства поверхности изделий – сопротивление коррозии, износу и механическому разрушению.

На предприятии «Полимаг» большое внимание уделяется исследованиям и разработкам в области супертонкой обработки деталей оптики, лазерной техники и микроэлектроники.

Для магнитно-абразивного полирования плоских, сферических и асферических поверхностей с целью улучшения макрогеометрии и снижения шероховатости создана программно управляемая установка модели А09 (рис. 1). Основные ее технические характеристики приведены в табл. 1.

Параметры МАП вводятся в ЧПУ установки А09 по данным интерферограммы исходной (механически полированной)

Наименование показателя	Значение показателя
Диаметр обрабатываемой детали, мм	10...100
Толщина обрабатываемой детали, мм	0,5...30,0
Частота вращения магнитного индуктора, с ⁻¹	5...25
Шероховатость после МАП, Ra, нм	< 2
Точность формы обработанной детали, мкм	0,01...0,05
Время обработки, мин	3...15
Потребляемая мощность, кВт	1,5
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	700×600×500
Масса, кг	80

поверхности. Процесс осуществляется путем автоматического сканирования образца эластичным магнитно-абразивным инструментом, а съем материала происходит избирательно на выступающих участках поверхности. Например, МАП плоской пластины из оптического стекла диаметром 28 мм позволило за 6 мин. снизить параметр макрогеометрии PV с 158 нм до 30 нм и уменьшить шероховатость с 20 до 1,4 нм.

В 2015 г. запланировано завершить работы по созданию установки А14, превосходящей по технологическим возможностям установку А09 и позволяющей полировать детали размерами от 20х20 до 200х200 мм с обеспечением Ra < 1 нм (для отдельных задач Ra < 0,2 нм).

Общий вид установки А14 представлен на рис. 2.

На предприятии разработаны и реализованы на практике технологии и оборудование для магнитно-абразивной обработки (модификация, полирование) наружных и внутренних поверхностей труб из циркониевых сплавов диаметром 6–15 мм – оболочек тепловыделяющих элементов атомных реакторов. Основная задача – повышение коррозионной стойкости и качества поверхности, а также замена традиционно используемого процесса травления труб во фтористо-водородных растворах, применение которых экологически небезопасно. Исследования процесса магнитно-абразивной

модификации циркониевых компонентов, в том числе реакторные испытания модифицированных оболочек твэлов, показали перспективность его промышленного применения в атомном машиностроении. Разработанная технология и установка Т15 (рис. 3) используются в Инсти-



Рис. 1. Установка А09



Рис. 2. Установка А14

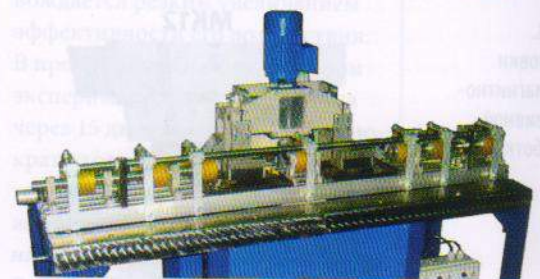


Рис. 3. Рабочий модуль установки Т15

Табл. 1. Основные технические характеристики установки МАП А09

Табл. 2.
Основные
технические
характеристики
установки Т15

Наименование показателя	Значение показателя
Диаметр обрабатываемой детали, мм	6...15
Длина обрабатываемой детали, м	0,7...5
Шероховатость после МАП, Ra, мкм	< 0,2
Размерный съем металла, мкм	10...30
Скорость обработки, м/мин	0,5...1,5
Потребляемая мощность, кВт	2,5
Габаритные размеры Д×Ш×В, м	11,5×0,6×1,3
Масса, кг	200

туте промышленных ядерных технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», а также проходят апробацию на предприятиях Росатома. Технические характеристики установки Т15 приведены в табл. 2.

Заслуживает внимания установка МК12 (рис. 4 а) для магнитно-абразивного полирования сложных поверхностей компрессорных лопаток из титановых сплавов и жаропрочных сталей. Основными задачами здесь являются повышение эксплуатационных свойств лопаток – сопротивления коррозии, эрозии и знакопеременным механическим нагрузкам, что будет способствовать повышению безопасности эксплуатации летательных аппаратов, а также замена ручного труда рабочих на финишных операциях обработки данных изделий. Указанные технология и устройства используются компанией «Мелита-К» (Казань, Россия), а также планируется их внедрение на предприятиях Минавиапрома Российской Федерации.

Разработаны и применяются в производстве технология и установка П12 (рис. 4 б) для магнитно-абразивного полирования торцевых поверхностей пуансонов из инструментальных сталей для прессования таблеток из сыпучих материалов, в том числе лекарственных препаратов. Основная задача – повышение качественных характеристик рабочих поверхностей, а также автоматизация процесса. Данные технология и оборудование используются на предприятии «Точная механика» (Минск) в производстве пуансонов различного применения.

Установка М14 (рис. 4 в) осуществляет магнитно-абразивную зачистку кромок изделий из алюминиевых и других сплавов перед сваркой. В ходе операций удаляются оксидные пленки, формируется поверхность с минимумом дефектов структуры и высокой коррозионной стойкостью. Обработанные детали с течением времени практически не окисляются и пригодны к сварке в течение 30 суток и более (в случае подготовки химическим травлением этот срок составляет лишь 8 часов). Установка содержит 3 наладки,

позволяющие помимо зачистки кромок полировать плоские и цилиндрические поверхности.

Проводятся исследования и разрабатываются способ и установка для магнитно-абразивного полирования твердосплавных сменных многогранных пластин с наконечниками из кубического нитрида бора с целью обеспечения заданного радиуса округления режущей кромки и повышения качества всей поверхности пластины перед нанесением покрытий. В этой технологии заинтересованы многие предприятия, изготавливающие инструменты различного назначения.

Также ведутся работы по созданию способов и устройств для магнитно-абразивного полирования внутренних поверхностей волноводных труб из медных сплавов СВЧ-устройств РЛС. Внедрение данной технологии и оборудования планируется на предприятиях концерна ПВО «Алмаз-Антей» (Россия).

Организовано производство по изготовлению технологических сред (ферроабразивных порошков, абразивных суспензий) для магнитно-абразивной обработки различных материалов, завершается создание опытно-промышленного участка по серийному выпуску оборудования.

В настоящее время компанией «Полимаг» выполняются НИОКР, развивается сотрудничество с заказчиками из стран СНГ, ЕС, а также из Китая. ■

See: http://innosfera.by/2015/06/Magnetic_abrasive_machining

МК12



П12



М14



Рис. 4.
Установки
для магнитно-
абразивной
обработки