

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Л.М. КОЖУРО, д.т.н., профессор (БГАТУ)

Применяемое в настоящее время в качестве финишной обработки поверхностей вращения с криволинейной образующей ручное полирование не отвечает требованиям современного производства, так как для него характерны малая производительность, большая трудоемкость, зависимость производительности и качества обработки от субъективных данных личности исполнителя, невозможность применения стабильно поддерживаемых и управляемых режимов.

Механизация процессов финишной обработки фасонных поверхностей вращения требует непрерывного поиска новых технологических решений, расширяющих возможности современных методов, повышающих производительность труда и культуру производства, устраняющих однообразные, монотонные, трудоемкие ручные операции. Перспективным, способствующим решению задачи механизации финишных операций является способ обработки поверхностей вращения с криволинейной образующей - магнитно-абразивная обработка (МАО) [1,2].

В основе процесса МАО лежит механический или механохимический съем металла и его окислов с поверхности обрабатываемой заготовки, а также сглаживание микронеровностей путем их пластического деформирования зернами магнитно-абразивного порошка, которые под воздействием постоянного

магнитного поля увеличивают свою плотность и прижимаются к обрабатываемой поверхности, совершающей относительное движение. Подача в зону обработки СОЖ, которая в данном процессе выступает как носитель поверхностноактивных веществ, а не как средство охлаждения заготовки, обеспечивает возникновение процесса электролиза, в результате которого растворяется поверхностный слой металла заготовки и ферромагнитная основа зерен порошка. Анодное растворение металла поверхности обрабатываемой заготовки влияет на съем металла, а растворение ферромагнитной основы зерен порошка обеспечивает вскрытие абразивных частиц и способствует увеличению их режущей способности.

Процесс обработки данным способом носит характер избирательного и ориентированного абразивного микрорезания и микровыглаживания. Сущность избирательного абразивного микрорезания состоит в том, что при сравнительно больших величинах микровыступов зерна порошка контактируют преимущественно с вершинами гребешков, которые являются концентраторами магнитных силовых линий. Каждый рабочий элемент (зерно) в магнитном поле устанавливается своей наибольшей осью по направлению магнитных силовых линий, т.е. к обрабатываемой поверхности. При износе и затуплении вершин в процессе обработки происхо-

дит переориентация элемента таким образом, что вновь обрабатывавшаяся наибольшая ось направляется вдоль магнитных силовых линий. В результате этого обработка поверхности заготовки производится острыми кромками, т.е. имеет место процесс ориентированного абразивного резания.

Поскольку при МАО связкой абразивного инструмента является энергия магнитного поля электромагнита, способная зерна порошка (инструмента) удерживать в подвижносвязанном состоянии, а также координировать их относительно обрабатываемой поверхности, то появляется возможность существенным образом изменить условия обработки.

Особенностями метода МАО является непрерывный контакт порошка с обрабатываемой поверхностью заготовки, что снижает циклические нагрузки на систему "станок-приспособление-инструмент-заготовка" и способствует повышению точности геометрических размеров и формы обрабатываемой поверхности: отсутствие жесткого крепления абразивного зерна в связке, способствующее самопроизвольному нивелированию режущего инструмента относительно формы обрабатываемой поверхности и устраняющее вероятность появления в зоне резания критических давлений и температур; повышение физико-механических показателей качества поверхностного слоя мате-

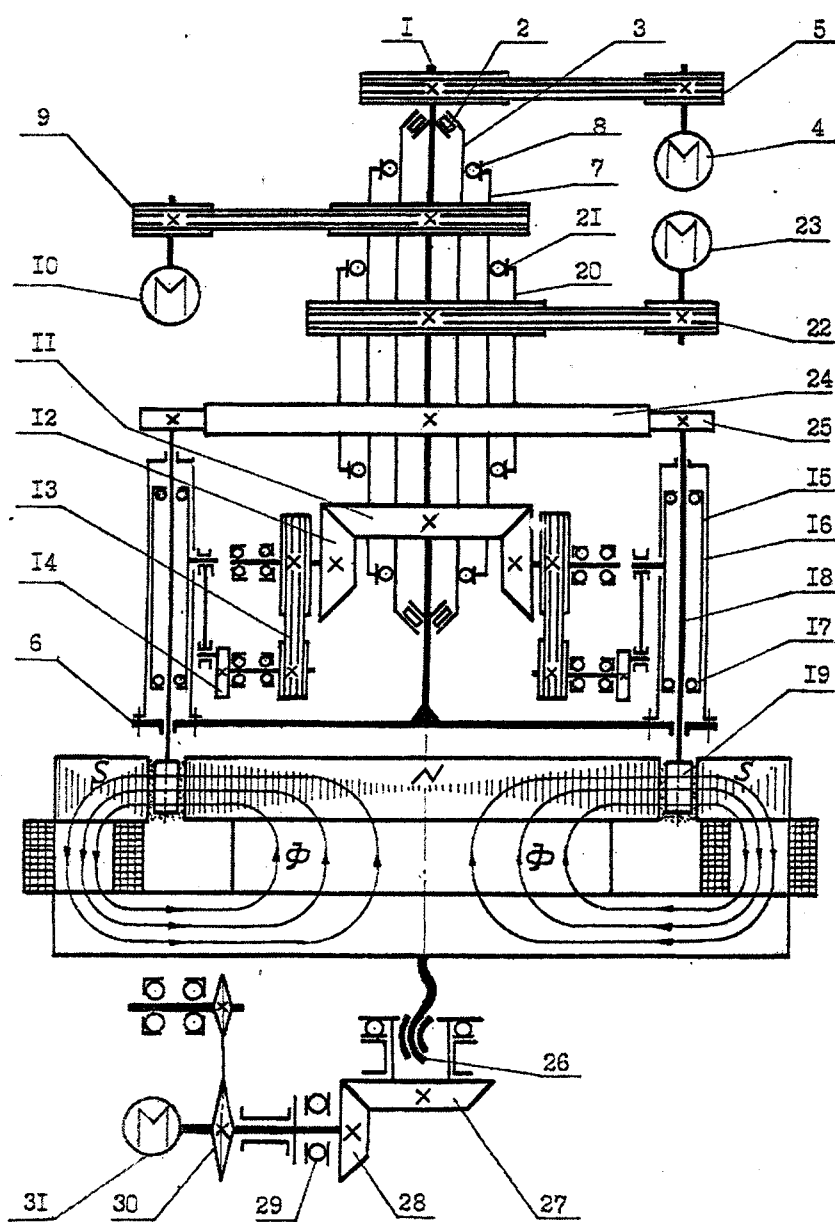


Рис. 1. Кинематическая схема магнитно-абразивного роторного станка модели МАРС.

риала изделия; возможность управления жесткостью инструмента и за счет этого регулирование съема металла с формообразующей поверхности заготовки; отсутствие трения связки о поверхность заготовки, существенно снижающее температуру в зоне абразивной обработки; возможность резания наиболее острой кромкой зерна порошка (при этом отпадает необходимость периодической

перезаточки инструмента); осуществление размерной или безразмерной (декоративной) обработки, обеспечивающей за 10...120 с съем металла 0,02...0,10 мм на диаметр; снижение шероховатости $Ra=1,25...0,32$ до $Ra=0,08...0,01$ мкм или с $Ra=10...2,5$ до $Ra=0,32...0,08$ мкм; сохранение геометрических размеров в пределах допуска, оставленного для операции шлифования; исключе-

ние засаливания инструмента, что позволяет полировать мягкие и вязкие материалы типа медь, алюминий, титан.

Необходимо отметить, что методы финишной обработки с использованием жесткого абразивного инструмента неприемлемы в многономенклатурном серийном производстве изделий со сложным профилем, так как требуют использования профильных шлифовальных кругов, процесс восстановления профиля которых после износа очень трудоемок.

Для финишной обработки фасонных поверхностей тел вращения (стержневой инструмент для глубокой вытяжки, режущий и стоматологический инструменты, тумблеры и т.п.) эффективно применять магнитно-абразивные роторные станки модели МАРС.

Магнитно-абразивные роторные станки для полирования поверхностей вращения с криволинейной образующей могут создаваться как самостоятельно, так и на базе различных металлорежущих станков. В последнем случае разрабатывается навесное оборудование для привода заготовок с использованием приводов базового станка, а также рабочая зона - разветвленная с коаксиальным расположением полюсных наконечников или бронева с коаксиальным расположением полюсных наконечников [2]. Многошпиндельные станки модели МАРС предусматривают работу непрерывного и периодического действия в полуавтоматическом и наладочном режимах.

Ниже дано описание наиболее типичной схемы станка модели МАРС [3].

Станок состоит из станины, на которой смонтированы механизмы привода обрабатываемых заготовок, магнитная система, механизм перемещения магнитной системы и установка для подачи СОЖ. Электроаппарату-

ра и контрольно-измерительные приборы станка размещены автономно в пульте управления.

При обработке заготовок на станке модели МАРС последние вращаются вокруг своей оси и совершают осциллирующее и круговое движения. Эти движения обеспечиваются простым эпициклическим трехвальным механизмом с цилиндрическим дифференциалом, который состоит из центрального вала 1 (рис. 1), установленного на подшипниках 2 в полной опоре. 3, верхний конец которого соединен с двигателем 4 клиноременной передачи 5, а нижний - жестко с ротором 6.

Средний вал 7 установлен на подшипниках 8 на полной опоре. Верхний конец вала через клиноременную передачу 9 соединен с двигателем 10, нижний через конические шестерни 11 и 12, клиноременную передачу 13 и кривошипно-шатунный механизм 14 - с ползуном 15, установленным на роторе в блоке 16. В ползуне вмонтирован на подшипниках 17 шпindel 18, в центробежном цанговом патроне которого крепится заготовка 19. Наружный вал 20 установлен на среднем валу в подшипниках 21. Верхний конец его через клиноременную передачу 22 соединен с двигателем 23, нижний через центральную шестерню и сателлит 24 и 25 - со шпинделем.

Магнитная система станка (рис.2) представляет собой разветвленный симметричный магнитопровод с коаксиальным расположением полюсных наконечников 1 и 2, состоящий из центрального 3 и боковых 4 сердечников. Катушки 5 электромагнитов на боковых сердечниках соединены последовательно таким образом, что их крайние полюсы имеют одинаковую полярность, например S - S, а центральный - противоположную N. Такое расположение полюсных электромагнитов обеспечивает равномерное распределение маг-

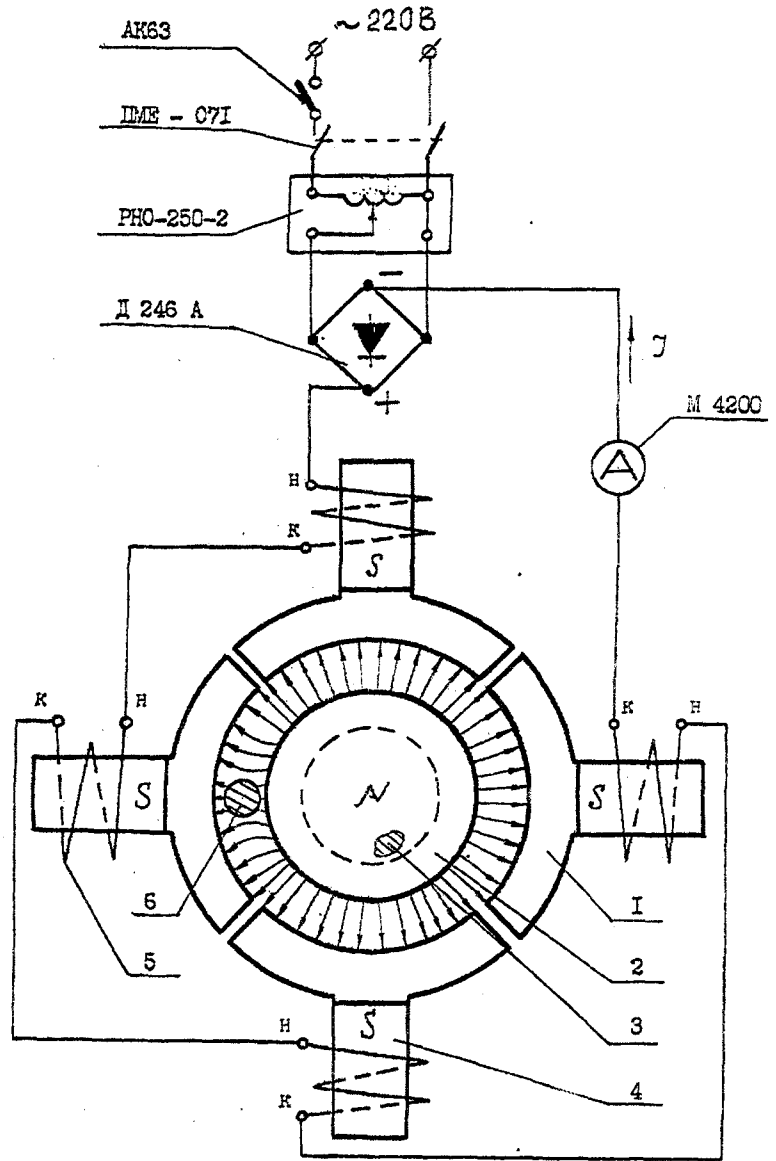


Рис.2. Разветвленная симметричная магнитная система с коаксиальным расположением полюсных наконечников.

нитной индукции B по всей рабочей зоне и прижим магнитно-абразивного порошка по всей обрабатываемой поверхности заготовки 6.

Конструкция станка позволяет одновременно обрабатывать несколько заготовок с полным использованием режущих свойств магнитко-абразивного порошка, поскольку последний постоянно перемещается в рабочей зоне при динамическом воздействии заготовок. Механизм

перемещения магнитной системы включает винтовую пару 26 (рис.1) конические шестерни 27 и 28, установленные на подшипниках 29, цепную передачу 30 и двигатель 31, обеспечивает перемещение магнитной системы при вводе и выводе обрабатываемых деталей из рабочей зоны.

Станок работает следующим образом. Закрепленные в патронах заготовки вводятся в рабочую зону подъемом магнитной системы; подается напряжение

Техническая характеристика станка модели МАРС-25:

Максимальные размеры обрабатываемой заготовки (диаметр, длина), мм.....	25; 60
Максимальная частота вращения, мин ⁻¹ , шпинделя.....	2400
ротора.....	12
Число шпинделей, шт.....	8
Максимальная частота осцилляции заготовки, дв.ход/мин.....	1250
Максимальная амплитуда осцилляции, мм.....	4
Число катушек, шт.....	4
Максимальный ток, подаваемый на катушки, А.....	6
Тип магнитной системы - разветвленная симметричная с коаксиальным расположением полюсных наконечников	
Максимальная магнитная индукция в рабочем зазоре, Тл.....	1,2
Установленная мощность, кВт.....	3,25
Габаритные размеры, мм.....	1400x1250x1850
Масса, кг.....	850

на катушки электромагнитов; последовательно включаются электродвигатели, работающие на постоянном токе и сообщающие заготовкам вращение вокруг своей оси, осциллирующее и круговое движения; в зону обработки подается СОЖ для улучшения резания и удаления из зоны контакта порошка с обрабатываемой поверхностью отходов абразива.

При включении магнитной системы в рабочей зоне создается постоянное магнитное поле заданной напряженности и зерна порошка, ориентируясь своей большей осью вдоль магнитных силовых линий, прижимаются к обрабатываемой поверхности, плотно охватывая профиль заготовки. При относительном движении заготовки режущие зерна снимают металл с обрабатываемой поверхности и выглаживают последнюю. При этом снимаемый припуск пропорционален времени обработки. Электродвигатели на постоянном токе обеспечивают плавное регулирование частотой вращения заготовки.

При наличии грузочно-разгрузочного механизма на свободной позиции на роторном станке обрабатывают детали в автоматическом режиме. Станок можно использовать в технологических автоматических линиях. Его простота и уни-

версальность позволяют легко перенастраивать для обработки заготовок различных типоразмеров и форм.

Эффективность работы станка модели МАРС-25 проверена экспериментально. Обрабатывали образцы из стали У10А твердостью 60... 62 HRC с исходной шероховатостью поверхности $Ra=1,25$ мкм, перепадом диаметральных размеров от 2 до 12 мм на расстоянии до 25 мм и плавным переходом между ними. Каждый образец имел по два минимальных и максимальных диаметра. Образцы обрабатывали на станке модели МАРС-25 при скорости резания (относительной скорости) 1,5 м/с, скорости подачи (переносной скорости) 3,5-10 м/с, скорости осцилляции 0,2 м/с, амплитуде осцилляции 2 мм, рабочем зазоре 1,2 мм (для максимального диаметра образца), магнитной индукции в рабочем зазоре 0,9 Тл. При обработке образцов использовали порошок Ж15КТ (зернистость порошка 160/125), а в качестве СОЖ - 5 %-ый водный раствор концентрата Syntilo R4. Время обработки 30 с. Профиль фасонных образцов до и после обработки контролировали проекционно-теневым методом (увеличение $\times 50$) и на измерительном микроскопе УИМ-23, шероховатость поверхности в сечениях измеряемых диаметров опре-

деляли на микроскопе МИС-11 и интерферометре МИИ-4.

Результаты экспериментов показали, что при обработке в течение 30 с происходит равномерный съем металла с равномерной шероховатостью поверхности по длине криволинейной образующей образцов, имеющих перепад диаметральных размеров до 10 мм. Обусловлено это тем, что в рабочей зоне станка создаются условия для равномерного давления порошка на всю обрабатываемую поверхность и обновление режущих зерен порошка в результате его переориентации в рабочей зоне станка.

Однако при перепаде диаметральных размеров более 10 мм ухудшается равномерность обработки, причиной чего является изменение рабочего зазора по длине обрабатываемой поверхности образца. Последнее приводит к увеличению длины «цепочек» зерен порошка в рабочем зазоре на участке минимального диаметра образца и, следовательно, к уменьшению скорости резания и магнитной индукции в рабочем зазоре, что уменьшает съем металла и увеличивает шероховатость поверхности. Это приводит к неравномерной обработке по длине криволинейной образующей фасонной поверхности.

Для определения технологических возможностей роторных станков по обеспечению качества поверхностного слоя обрабатывали по указанному выше режиму партию из 25 штук образцов диаметром 25 мм из закаленной стали У10А (60...62 HRC с исходной шероховатостью поверхности $Ra=1,25$ мкм).

Обработка полученных результатов экспериментов методами математической статистики показала, что геометрические характеристики поверхностного слоя после МАО (табл. 1) находятся в корреляционной зависимости от среднего арифме-

тического отклонения профиля.

Содержание остаточного аустенита А, величину и знак напряжений I рода, остаточные напряжения II рода и размеры блоков когерентного рассеяния в образцах определяли методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-3 с ионизационным методом регистрации рентгеновских интерференционных максимальных значений. Съемка проводилась в кобальтовом монохромном излучении. Результаты экспериментов представлены в табл. 2.1.

Анализ результатов исследований показал, что уменьшение содержания А после MAO обусловлено деформациями, возникающими в поверхностном слое

детельствует о том, что при наличии в исходном материале разнообразных дефектов кристаллической решетки требуется приложить относительно небольшие усилия, чтобы в этих микрообъемах металла было достигнуто критическое сдвигающее напряжение и произошли элементарные пластические сдвиги. Последнее является причиной интенсивного дробления ранее существовавших блоков.

В исследуемом диапазоне времени обработки напряжения II рода увеличиваются. Это свидетельствует об упрочнении поверхностного слоя, формируемого MAO.

Таким образом, результаты исследований показали, что

2.1. Геометрические характеристики исходного и сформированного MAO поверхностного слоя

Параметры:	Исходное значение	Значение после MAO
Среднее арифметическое отклонение профиля Ra, мкм	1,25	0,04
Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz, мкм	6,20	0,18
Наибольшая высота неровностей профиля Rmax, мкм	7,12	0,24
Средний шаг неровностей профиля Sm, мкм	122	40,56
Средний шаг неровностей профиля по вершинам S, мкм	64	24,84
Относительная опорная длина профиля / на уровне $\rho=0,5 R_{max}$, %	38	68

при обработке, так как остаточный аустенит имеет низкую устойчивость в условиях деформирования даже при небольших температурах. Кроме того, при MAO удаляется искаженный шлифованием поверхностный слой, который характеризуется большим содержанием А, чем матрица металла. При MAO в тонком поверхностном слое детали в результате пластической деформации возникают остаточные напряжения I рода сжатия.

Измельчение структуры блоков когерентного рассеяния сви-

MAO на станках модели MAPC обеспечивает: равномерный съем металла и шероховатость поверхности по длине криволинейной образующей фасонных поверхностей вращения с перепадом диаметральных размеров до 12 мм; уменьшение в поверхностном слое содержания остаточного аустенита; формирование сжимающих остаточных напряжений; увеличение остаточных напряжений II рода и уменьшение размера блоков в структуре зерен.

Литература

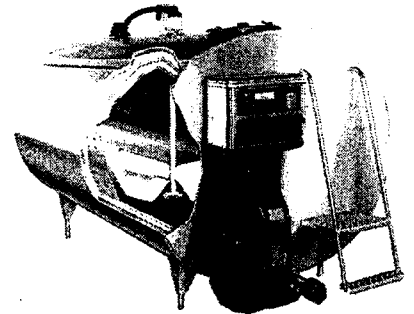
1. Кожуро Л.М., Чемисов Б.П. Обработка деталей машин в магнитном поле. - Мн.: Наука и техника, 1995.-232 с.

2. Герасимович Л.С., Кожуро Л.М., Крутов А.В. Расчет магнитных систем роторных станков для магнитно-абразивной обработки. //Агропанорама.2001. N4. С. 11-15.

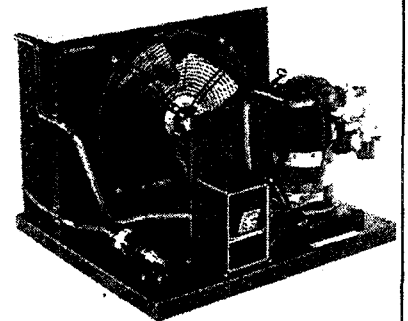
3. Устройство для объемной полировки: А.с, СССР. №488692 МКИ В24 31/10.

 **DeLaval**

Танки DX/C с автоматом промывки и контроля Hygenius



Компрессорный агрегат



Россия, 196084, г. Санкт-Петербург,
Московский проспект, 65
Тел. (812) 325 5303
Факс (812) 325 2733
E-mail: atlaspb@mail.wplius.net

Россия, 141070, Московская область,
г. Королев, ул. Советская, 73
Тел. (095) 232 2350
Факс (095) 232 2351
E-mail: delaval.zao@delaval.com