

СОСТОЯНИЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ И ПУТИ ЕЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ

П.И. Яшеричин, В.Д. Ефремов, Л.Е. Сергеев,

А.М. Миронов

ФТИ НАН Беларуси, УО «БГАТУ»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Condition of magnetic - abrasive handling and path of intensification

Explorations and scientific directions of a way of magnetic-abrasive handling are considered. Paths of intensification are offered.

Магнитно-абразивная обработка (МАО) – финишный метод формирования качественных и эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин и приборов. Достоинством метода является использование в качестве режущего инструмента магнитно-абразивного материала (ферро-абразивного порошка), плотность которого управляется напряженностью магнитного поля в узком рабочем зазоре. Этот фактор является уникальным и отличает МАО от других финишных методов обработки, так как позволяет сочетать в себе работу связанным и свободным абразивом, так называемым подвижно-скоординированным зерном [1].

Указанное состояние магнитно-абразивной массы позволяет не только осуществлять процессы полирования, т.е. обеспечивать высокую декоративную чистоту обрабатываемой поверхности, но и вести размерную обработку, соответствующую суперфинишированию, притирке, хонингованию доводке, весьма точных поверхностей [2].

Этому способствует тот факт, что при МАО система СПИД не замыкается на обрабатываемой поверхности, так как функцию силового источника и упругой связи выполняет магнитное поле, и погрешности, задаваемые механизмами системы относительных рабочих движений, не переносятся на обрабатываемую поверхность.

МАО является высокопроизводительным процессом при обработке не только простых, но и сложных (фасонных) поверхностей заготовок. При этом они могут быть из различных материалов: сталей, цветных металлов и сплавов, керамики, пластмасс и др. При МАО осуществляется непрерывный контакт абразива с заготовкой, происходит самопроизвольное нивелирование абразивного инструмента, относительно сложной формы обрабатываемой поверхности,

устраняется вероятность возникновения в зоне резания критических давлений и температур, возможно регулирование жесткости инструмента, что позволяет совмещать черновую, чистовую и финишную обработки в одном цикле, исключается засаливание инструмента и обеспечивается съём в течение всего цикла обработки, что позволяет шлифовать мягкие и вязкие материалы типа меди, алюминия, титана, возможно упрочнение поверхностного слоя и увеличение в 2 – 3 раза его износостойкости.

Метод позволяет за 10 – 20 с осуществить съём металла 0,01 – 0,08 мм, снизить шероховатость на 4 – 5 классов, уменьшить волнистость в 8 – 10 раз и гранность в 1,5 – 2 раза, увеличить относительную опорную длину профиля поверхности до 80 – 85% [1].

Однако при обработке ферромагнитных материалов производительность зависит от степени намагниченности последних. По достижении предела магнитного насыщения материала заготовки съём замедляется.

Дальнейший рост напряженности внешнего магнитного поля вызывает притяжение порошка не к заготовке, а к полюсу магнита. Использование при MAO грубодисперсных систем типа эмульсий, вызывает образование на обрабатываемой поверхности плотного слоя шлама, что вызывает необходимость создания специальных СОЖ и ТОС. При работе без ТОС суммарная температура нагрева заготовки составляет 300 - 350⁰С за счет циклического перемагничивания. MAO преимущественно носит характер микрорезания и пластического деформирования. При этом обеспечивается тонкое диспергирование металла.

Идея использования энергии электрического поля для механической обработки поверхностей деталей принадлежит Н.И. Каргалову [3]. В 50-е и 60-е гг. XX в. был зарегистрирован ряд патентов США и Франции [4], а в 1960-65 гг. в СССР В.А. Шальнов и В.И. Верезуб предложили способ MAO плоскостей [4 – 6]. Развитие метода MAO получило распространение в Физико-техническом институте АН БССР под руководством академиков Е.Г. Коновалова и, в последующем, П.И. Яцерицина, где была создана группа сотрудников по изучению этого метода под руководством канд. техн. наук Ф.Ю. Сакулевича и в последующем Н.Я. Скворчевского, благодаря которой были созданы теоретические основы метода MAO, раскрыта кинематика формообразования и работа ферроабразивного инструмента, сформированного магнитным полем, раскрыт характер воздействия маг-

нитного поля на магнитно-абразивный инструмент, а также дана теория локальных микрополей. Исследованы эффекты взаимного подмагничивания заготовок, порошка и магнитной системы; определена остаточная намагниченность; проанализировано силовое взаимодействие в рабочем зазоре, экспериментально проверены полученные аналитические зависимости. Проведены лабораторные и производственные испытания MAO заготовок типа валов, штоков, гидроцилиндров, втулок, колец подшипников, кулачков, калибров, сферических поверхностей, шаровых пальцев и подпятников, отверстий в гильзах и стаканах, поршневых колец, конических и бочкообразных роликов, иголок и шариков, применяемых в подшипниках, а также фасонных поверхностей на малогабаритных пуансонах для глубокой вытяжки, стоматологического инструмента, ручек коммутационной аппаратуры и т. п.

Для обработки указанных типов изделий модернизировали универсальные станки для MAO и создали специализированное оборудование автоматического и полуавтоматического действия [7].

Одновременно с исследованиями метода в Республике Беларусь интенсивно проводились работы в Ленинградском политехническом институте (Ю.М. Барон) [8], Московском текстильном институте (Ю.С. Качура), Калининградском институте рыбной промышленности (Г.С. Шулев) [4], Брянском институте транспортного машиностроения (В.М. Панченко) и др.

Разработкой и созданием ферромагнитных абразивных материалов занимались в институте проблем материаловедения АНУ и Киевском политехническом институте (М.Д. Крымский, Л.И. Тульчинский, В.Е. Оликер, А.Ф. Жорняк, Г.Д. Наливка, Ю.Г. Орлов и др.) совместно с ФТИ НАН Беларуси (Н.С. Хомич). Были разработаны, изготовлены и исследованы магнитно-абразивные материалы типа Ж15К10, ферробраз 1-3, полимам М, М1, М2, царамам А, полимам-Т, FeTi, FeV, P6M5-МП, алмазные и др. [9, 10].

В 1980-е гг. широкую заинтересованность к MAO проявили исследователи из Болгарии (Б.Г. Македонски, Т.П. Годоров) [11], Японии (И. Хатачек, J. Инасаки), Германии (К. Гильденбранд, А. Дегофер) и др.

В Японии были созданы специализированные фирмы по созданию магнитно-абразивных порошков и оборудования для MAO. Получены хорошие результаты по обработке дорожек колец под-

шипников, зубчатых валов шестеренных насосов, однако в дальнейшем эти работы были приостановлены.

Метод МАО и станки, его реализующие, находят применение в станкостроительной, мелкоинструментальной, текстильной и других отраслях промышленности. Созданные ФТИ НАН Беларуси станки для МАО по результатам исследований внедрены на Ступинском машиностроительном заводе (МАС, ФАС-2, ФАС-3, ФАС-4, ФАС-8, МАС-3М), на Можайском медико-инструментальном (МАРС-5), Климовском штамповом (ЭУ-7), Алатырском авиаприборостроительном заводе (МАРС-3А), Минском автомобильном (П-800, МАС-3, ФАС-4) и других предприятиях [7].

В 1990-е гг., в связи с перестройкой и переходом республики на рыночные отношения, многие научные коллективы, в том числе и занимающиеся исследованиями МАО, частично сократились, многие распались, а предприятия, сократив предшествующие объемы производства, озабочены реализацией собственной продукции.

В настоящее время наблюдается тенденция заинтересованности промышленностью Республики Беларусь данным методом обработки.

Для восстановления достигнутых научных результатов в области изучения этой технологии МАО и определения путей дальнейшего исследования перспективных направлений в этой области рассмотрим основные факторы, влияющие на обработку. Главной задачей остается создание новых магнитно-абразивных материалов (МАМ) как высокоэффективных инструментов, характеризующихся не только повышением режущих и магнитных свойств, но и решением экологических проблем. Необходимость получения шариков высокой точности потребовало создания нового вида ФАП – магнитно-абразивных паст (В.Н. Калина, А.А. Кособуцкий) [2]; создан магнитно-абразивный инструмент для одновременной обработки горизонтальной и вертикальной поверхностей (В.Д. Ефремов) [12] для условий эффективной обработки сложнофасонных поверхностей; исследован и создан новый вид режущего инструмента на основе гибких волокон, увеличивающих в 2 – 5 раз точность обработки (Н.Я. Скворчевский) [13].

Создание новых и оптимизация существующих МАМ позволит найти пути к интенсификации МАО.

Требует совершенствования методики расчета магнитной индукции систем станков, так как установленные пределы магнитной индукции (0,8 – 1,2 Тл) связаны с возможностями применяемых

электромагнитных систем, что не удовлетворяет растущим объемам съема материала и дальнейшему росту производительности процесса. В этой связи следует создать теорию по расчету оптимальных величин рабочих зазоров в зависимости от внешнего магнитного поля, используемых МАМ и типа обрабатываемого материала.

Использование электромагнитных катушек для создания намагниченности в рабочем зазоре сдерживается большими производительными потерями энергии, что приводит к убеждению о неперспективности метода.

Такое же мнение складывается в использовании постоянных магнитов (Ю.С. Качура), напряженностью поля которых невозможно управлять.

Н.Я. Скворчевским начаты, но не завершены работы по испытанию сверхсильных магнитных полей для условий МАО [13], совместно с институтом физики АН РФ.

Дальнейшие исследования принципиально нового процесса МАО на основе сверхсильных магнитных полей позволят увеличить производительность обработки на 2-3 порядка.

Это направление нуждается в тщательном изучении, доработке для условий изготовления и встраивания в конструкции станков МАО. Использование этого метода позволит существенно увеличить производительность обработки на имеющихся магнитоабразивных материалах. Следует также отметить растущую возможность использования в качестве внешнего магнитного поля униполярных, сильных импульсных магнитных полей (А.К. Сойко).

Немаловажное значение имеет разработка, расчет и оптимизация конструкций полюсных наконечников как универсальных, так и специальных типов. В этом направлении конструкторская группа ФТИ НАН Беларуси под руководством П.С. Хомича достигла определенных успехов [15]. Разработаны полюсные наконечники и станки для обработки резьбы, шнеков, проволоки и др. Предложено их хромирование и термообработка для увеличения стойкости. Следует продолжить исследования в этом направлении.

Говоря о способах МАО, следует отметить преимущества скоростной МАО (Д.Ф. Устинович) [16]. Увеличение частоты вращения полюсов благоприятно сказывается на износостойкости обработанных поверхностей из титана.

Представляет интерес использование МАО для доводки рабочих кромок инструмента и деталей (В.Д. Ефремов) [17]. Получение

заранее заданных параметров остроты режущих инструментов является весьма важным и перспективным направлением МАО. Следует и далее расширять возможности МАО для получения высокоточных поверхностей деталей.

Важную роль в процессе МАО оказывает применение смазочно-охлаждающих (СОЖ) и технологических сред (ТОС), без применения СОЖ МАО затухает и образует толстый слой шлама на обрабатываемой поверхности. Из исследованных 29 составов СОЖ (Н.Я. Скворчевский) [18] оптимальными, обладающими высокими режущими и моющими свойствами, рекомендован водный раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ) типа аквол 10/1 и триэтаноламин с добавками тыла с керосином, ускоряющие обработку и не допускающие образования графитовых трудноудаляемых пленок на обрабатываемой поверхности. В последующем созданы новые составы смазочно-охлаждающих технологических средств для МАО типа Синма 1 и Синма 2 [13]. Эти направления исследований следует продолжить применительно к реальным обрабатываемым материалам, схемам обработки и снижению теплообразования при МАО.

Как показала практика промышленного использования МАО, оборудование должно обладать значительной жесткостью и точностью. Следует учесть опыт создания оборудования для деталей типа «тел вращения» (В.И. Жданович, Н.Я. Скворчевский), плоскостей (Л.Н. Кравченко) [19], фасонных поверхностей (Л.М. Кажуро) [20], обработки чугунов (Н.Я. Скворчевский), обработки внутренних поверхностей (Ю.А. Базернов, Л.Е. Сергеев) [21], обработки шариков (А.А. Кособуцкий), упрочнения в магнитном поле и МАО заготовок (Ю.М. Барон), исследования шероховатости при МАО (Э.Н. Кудинова), магнитно-электрической обработки (Л.М. Акулович) и др.

Реализация приведенных направлений позволит интенсифицировать процесс МАО на новой основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Навука і тэхніка, 1981.
2. Сакулевич Ф.Ю., Минин Л.К., Л.А. Олендер. Магнитно-абразивная обработка точных деталей. – Мн.: Вып. шк., 1977.
3. Каргалов Н.И. А. с. №55507 СССР.

4. Коновалов Е.Г., Шулев Г.С. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками. – Мн.: Наука і тэхніка, 1967.

5. Шальнов В. А. // Станки и инструмент. – 1963. – № 7.

6. Везуб В.Н. // Самолетостроение и техника воздушного флота. – 1967. – Вып. 9.

7. Сакулевич Ф.Ю., Скворчевский Н.Я. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей при магнитно-абразивной обработке. – Мн.: БелНИИНТИ, 1981.

8. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд., 1981.

9. Оликер В.Е. Разработка и свойства литых магнитно-абразивных порошков. – Киев: ИПМ АН УССР, 1984.

10. Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания / Сб. тр. ИПМ АН УССР. – Киев: ИПМ АН УССР, 1980.

11. Неконвенциональные технологии в машиностроении / Четвертый научно-технический семинар с международным участием. – Белград, Ботевград, 1989.

12. Ефремов В.Д. Станок магнитно-абразивной полировки коньков (СМАП-1) / Информ. листок о НТД №82 – 2029, ВНИИ-МИ. – М., 1982.

13. Скворчевский Н.Я. Научные основы повышения эффективности магнитно-абразивной обработки созданием сверхсильных магнитных полей и новых технологических сред / Реф. дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – Мн.: БПИ, 1994.

14. Сойко А.К. Получение униполярных сильных импульсных магнитных полей. – Мн.: БГУ, 2001.

15. Хомич Н.С. / Реф. дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – Мн.: БНТУ, 2004.

16. Устинович Д.Ф. Исследование и разработка технологического процесса скоростной магнитно-абразивной обработки: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Мн.: ФТИ НАН Беларуси.

17. Ефремов В.Д. Яцерицын П.И. Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. – Мн.: БАТУ, 1997.

18. Скворчевский Н.Я. Исследование производительности магнитно-абразивной обработки и качества поверхностей при применении различных смазочно-охлаждающих жидкостей: Автореф. на

соискание ученой степени канд. техн. наук по спец. 05.02.08 «Технология машиностроения» – Мн.: ФТИ АН БССР, 1980.

19. Кравченко Л.Н. Исследование магнитно-абразивной обработки плоских поверхностей / Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук по спец. 05.02.08 «Технология машиностроения». – Мн.: ФТИ АН БССР, 1980.

20. Сакулевич Ф.Ю., Кожуро Л.М. Объемная магнитно-абразивная обработка. – Мн.: Навука і тэхніка, 1987.

21. Ящерицын П.И. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. – Мн.: ФТИ, 1997.

РАЗРАБОТКА САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

И.Л. Куприянов, д-р техн. наук, профессор; К.С. Петков, д-р техн. наук

*Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
Министерства образования Республики Беларусь
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Iron base self-fluxing powder materials development for wear-resistance coatings

Optimization of a chemical compound of wear-resistance alloys is carried out on the basis of iron, the structure, phase structure, technical and operational characteristics of powders and coatings are investigated. It is shown, that an optimum ratio of components iron base self-fluxing powder materials make their competitive on technological and operational properties with alloys of similar purpose on a nickel basis in a wide spectrum of practical application.

Широко применяемые порошки из никелевых самофлюсующихся сплавов обеспечивают термическим покрытиям не только высокую износостойкость, но и хорошее сопротивление коррозии. Однако существенным недостатком их является высокая стоимость и дефицитность никеля. Поэтому полная или частичная замена никеля железом в самофлюсующихся сплавах без ухудшения техно-