

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА МОЩНОСТЬ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

*Физико-технический институт НАН Беларуси
Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси
Институт надежности машин НАН Беларуси
Минск, Беларусь*

Одним из эффективных методов обеспечения требуемых свойств поверхности изделий на завершающей стадии технологического цикла их изготовления является магнитно-абразивная обработка (МАО). Мощность магнитно-абразивной обработки представляет собой энергетическую характеристику процессов резания, стружкообразования, формообразования, пластического деформирования обрабатываемой поверхности и формирования её физико-механических свойств. Данные о мощности необходимы для управления процессом МАО, для разработки оборудования, реализующего метод, и выбора технологических параметров процесса [1].

Исследование мощности скоростной МАО производилось по схеме обработки с оппозитно расположенными полосными наконечниками [2]. Полосные наконечники электромагнитов располагали по обе стороны от обрабатываемой детали. Образование замкнутой рабочей зоны обеспечивали размещением на свободных от полосных наконечников участках немагнитных накладок с выступами, эквидистантных поверхности детали.

Для проведения экспериментов была реализована экспериментальная установка, состоящая из токарно-винторезного станка мод. 1К62, магнитной системы, скоростного электрошпинделя мод. Ш-24/2,2, источника питания шпинделя ТПТР-10-230-3200, системы смазки шпинделя ПМТ. В цепь питания электрошпинделя был подключен измерительный комплект К505, содержащий ваттметр, вольтметр и амперметр класса точности 02, позволяющий измерять мощность в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока [3].

Технологические параметры выбирались следующими: магнитная индукция в рабочем зазоре – 0,1...1,3 Тл; частота вращения образца, макс. – 25×10^3 об/мин; величина рабочего зазора – 1...10 мм, магнитно-абразивный порошок - Ферабраз 310 ТУ88-147-038-84; смазывающе-охлаждающая жидкость - водный раствор эмульсола "Синма - 2" 3%-ой концентрации; исходная шероховатость поверхность детали Ra = 0,62...0,68 мкм; твердость - НВ194. Время обработки составляло 15 с. Образцы из стали 45 закрепляли на оправке, устанавливаемой на электрошпинделе Ш-24/2,2.

Был реализован следующий порядок проведения опытов. На первом этапе производили пуск электрошпинделя и фиксировали значения мощности холостого хода $N_{хх}$ при различных частотах его вращения. Затем в рабочую зону подводил магнитное поле и производили снятие показаний мощности $N_{м}$, расходуемой на преодоление торможения, вызванного действием сил магнитного поля. После этого в рабочие зазоры подавали магнитно-абразивный порошок и снимали показания суммарной потребляемой мощности N . В каждом опыте производили не менее пяти измерений мощности и определяли ее среднее арифметическое значение. Снятие показаний мощности производили при установившемся режиме работы.

Влияние окружной скорости вращения образца на величину мощности показано на рис. 1.

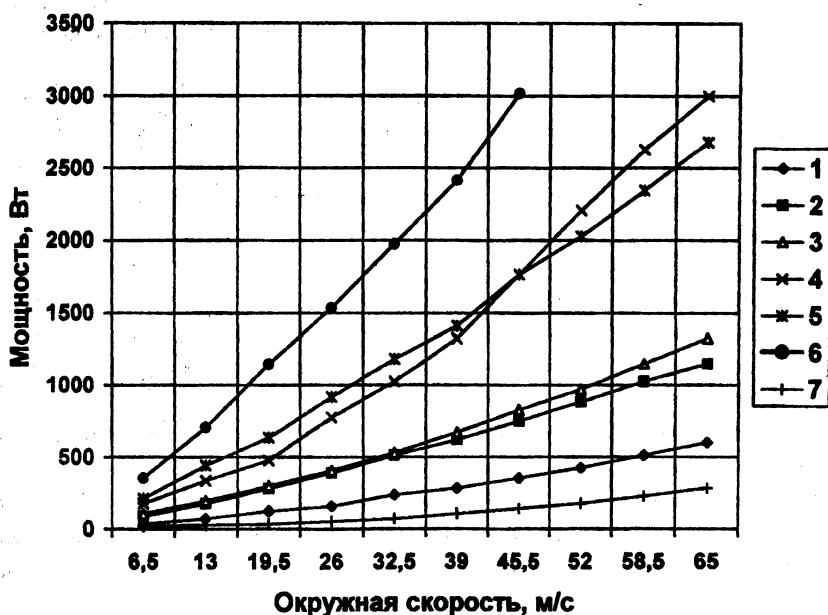


Рис. 1. Зависимость мощности обработки от окружной скорости вращения образца: 1 - $V=0,3$ Тл, вращение без порошка; 2 - $V=0,3$ Тл, МАО; 3 - $V=0,5$ Тл, вращение без порошка; 4 - $V=0,5$ Тл, МАО; 5 - $V=0,8$ Тл, вращение без порошка; 6 - $V=0,8$ Тл, МАО; 7 - мощность холостого хода

Из графиков видно, что увеличение рабочей скорости V оказывает существенное влияние на изменение мощности обработки. С ростом V значения мощности N и ее составляющих N_A , N_M , N_{XX} увеличивается для всех исследованных диапазонов скорости и магнитной индукции. Анализ графиков показывает, что зависимости мощности N и N_{MAO} от V носят нелинейный характер. С увеличением скорости резания происходит незначительное увеличение мощности холостого хода N_{XX} .

Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд выводов. Увеличение скорости резания при MAO приводит к росту скорости изменения взаимодействующего с деталью магнитного потока и скорости перемагничивания детали, вызывающих изменение относительной магнитной проницаемости образца и характера гистерезисного цикла [4, 5]. В итоге происходит увеличение интенсивности силового взаимодействия между ферромагнитным образцом и внешним магнитным полем, возрастает значение крутящего магнитного момента M_M , обусловленного силами электродинамического и гистерезисного происхождения, и мощности N_M .

С ростом скорости обработки при MAO наблюдается увеличение подвижности абразивных зерен в рабочем зазоре и в межполюсном пространстве, возрастает скорость перехода порошка из зазора в зазор и количество врезаний в единицу времени. Возрастание степени переориентации абразивных зерен увеличивает самозатачивание абразивной массы, тем самым повышается режущая способность магнитно-абразивного инструмента.

Кроме этого, в рабочей зоне имеет место эффект уменьшения величины магнитной индукции B на входе в рабочий зазор и увеличения ее на выходе из зазора, зафиксированный при увеличении частоты вращения ферромагнитного образца в традиционном диапазоне частот вращения [1, 6]. Логично предположить, что дальнейший рост окружной скорости образца вызовет увеличение смещения максимума магнитной индукции в направлении выхода из зазора. Вследствие этого возрастает жесткость магнитно-абразивной щетки в зоне максимума магнитной индукции у каждого полюсного наконечника. В результате увеличивается давление порошка на обрабатываемую поверхность, обусловленное, с одной стороны, силами магнитного поля, и, с другой стороны, эффектом механического заклинивания зерен порошка в рабочих зазорах. Данный эффект в значительной степени определяет динамические характеристики процессов и режущую способность магнитно-абразивной щетки в традиционном диапазоне скоростей резания. В нашем случае это приводит к увеличению расхода мощности N_A на абразивное резание, пластическое деформирование и трение между магнитно-абразивным инструментом и обрабатываемой поверхностью.

Известно, что с увеличением рабочей скорости изменяется сопротивление металла пластическому деформированию, резанию и трению, зафиксированное при

исследовании процесса шлифования [7]. Вследствие этого увеличивается количество абразивных зерен, осуществляющих резание, появляется возможность микрорезания абразивными зёрнами с достаточно большими радиусами закругления режущих кромок ($\delta = 60 \dots 110$ мкм). Результаты исследования, приведенные на рисунке, свидетельствуют, что при скоростной MAO увеличивается количество стружек, снимаемых в единицу времени, растет количество зерен, производящих снятие стружки и соответственно уменьшается количество зерен, производящих пластическое деформирование. Тем самым обеспечивается диспергирование снимаемого слоя металла на более мелкие элементы, чем при обычных (до 5 м/с) скоростях обработки. Это приводит к росту затрат мощности N_A на диспергирование снимаемого объема металла.

Величина мощности N_A определяется как разность суммарной мощности N и мощностей холостого хода $N_{ХХ}$ и мощности N_M электромагнитного и гистерезисного торможения. С увеличением скорости резания наблюдается более резкое возрастание значений функции $N_A=f(V_p)$ по сравнению с функцией $N_M=f(V_p)$ во всем исследованном диапазоне.

При значении магнитной индукции $B = 0,8$ Тл увеличение скорости резания в 3 раза приводит к увеличению значений N в 3,1 раза; N_3 – в 3,14 раза; N_M – в 3,0 раза; N_A – в 3,4 раза, что объясняется интенсификацией рассмотренных выше явлений с увеличением V_p .

ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176с.
2. Способ магнитно-абразивной обработки: А.с. 1537486 СССР, МКИ В 24 В 31\112.
3. Устинович Д.Ф., Соболев В.Р. Влияние магнитной индукции на мощность магнитно-абразивной обработки // Сб. науч. трудов МНТК «Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения». – Мн.: Технопринт, ПГУ, 2001 – С. 671-672.
4. Парселл Э. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1971. – 396 с.
5. Белый М.И., Чежегов Ю.В. Магнитомягкие материалы на симметричном перемагничивании. – Саратов: Изд. Саратовского ун-та, 1978. – 183 с.
6. Устинович Д.Ф. Исследование и разработка технологического процесса скоростной магнитно-абразивной обработки. Автореф. дисс.... канд. техн. наук – Мн.: БГПА, 1994. – 20 с.
7. Филимонов Л.Н. Высокоскоростное шлифование. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 248 с.