

УДК 621.923

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СИНЕРГИЕЙ КОМПОНЕНТОВ РАБОЧЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Акулович Л.М., д.т.н., профессор, Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент, Роговцов Н.Г., студент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Разработка высокопроизводительного процесса магнитно-абразивной обработки (МАО) сложнопрофильных поверхностей тел вращения, являющегося многопараметрическим, нуждается в определении закономерности взаимного влияния физических явлений, происходящих при контактировании пары инструмент-деталь, и обусловлена механизмом действия магнитного поля (МП). Следовательно, успех в эффективном создании оборудования и оснастки, использующих энергию МП во многом зависит от степени понимания физических процессов, протекающих в зоне резания [1]. Знание топографии МП в рабочем зазоре устанавливает характер распределения сил, действующих на зерна ферроабразивного порошка (ФАП) в зоне обработки, условия теплообмена, процесс микрорезания и стружкообразование, напряженно-деформированное состояние поверхностного слоя, кинетику изнашивания вышеуказанной пары и достижение этой полноты обеспечивает правильную конструкцию технологической оснастки и оборудования, приводя к равномерности давления по всей площади обрабатываемого изделия. Определение топографии МП связывается с интуитивным подходом, для эффективного решения которого требуется персонал с крайне высокой квалификацией. Следовательно, рост производительности и качества МАО сложнопрофильных поверхностей тел вращения связан с формированием принципа управления их обрабатываемостью через определение топографии МП и создание рабочей технологической среды (РТС), которая приводит к образованию требуемого уровня деформационно-теплового баланса в зоне обработки [2–5]. Состояние и функционирование МАО определяется следующими параметрами: магнитная индукция, скорости резания и осцилляции, амплитуда осцилляции, величина рабочего зазора и режимами, диапазоны значений которых обеспечивают производительность и качество обработки сложнопрофильных поверхностей тел вращения.

Для достижения высоких показателей производительности и качества МАО сложнопрофильных поверхностей тел вращения недостаточно информации о физико-химических процессах в зоне резания и взаимосвязи компонентов РТС, взаимовлиянии технологических параметров и режимов МАО сложнопрофильных поверхностей тел вращения. Основные воздействия РТС на обрабатываемую поверхность детали представлены в таблице.

Таблица – Основные воздействия рабочей технической среды на обрабатываемую поверхность детали

| Действия | Компонент РТС | Характер протекающих процессов |
|------------------|---------------|---|
| Режущее | ФАП | пластическая деформация материала с отделением стружки от матрицы, образование микрорельефа |
| Диспергирующее | ФАП+СОТС | создание инструмента, состоящего из пористого и твердого тела, расклинивающий эффект |
| Моющее | СОТС | адсорбция с образованием многослойных структурных пленок |
| Смазывающее | СОТС | физическая или химическая адсорбция с образованием граничного слоя |
| Охлаждающее | СОТС | тепловой на основе теплообмена |
| Химическое | СОТС | образование химических пленок |
| Пластифицирующее | ФАП+МП | пластическая деформация микрорельефа поверхностного слоя, наклеп |
| Упрочняющее | ФАП+МП | структурно-фазовые переходы, связанные с трансформацией аустенита в мартенсит |

Требуется проведение теоретических и экспериментальных исследований физико-химических процессов, протекающих на инструментальной и обрабатываемой поверхностях, формирование топографии электромагнитного поля, механизма и основных закономерностей магнитной проницаемости РТС, сглаживания микронеровностей профиля поверхности.

Наиболее доступным и эффективным методом топографического исследования магнитной индукции в рабочем зазоре является компьютерное моделирование, состоящее в численном решении системы уравнений Максвелла при заданных граничных условиях. Широкое распространение получили программные комплексы Femm, позволяющие оптимизировать численное решение системы уравнений Максвелла при использовании метода конечных элементов и существенно сократить сроки разработки и создания алгоритмов и программ.

Повышение эффективности применения ФАП связано с созданием порошков, полученных методом распыления расплава. Показатели магнитной проницаемости таких порошков должны превышать 6,5 мкГ/м, абразивная способность достигать уровня $5 \div 10 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$.

В качестве смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) необходимо использовать класс полусинтетических СОТС, диапазон значений кинематической вязкости которых составляет 30–40 сСт и в составе которых имеется определенное количество (5–10%) нефтяных масел. Наличие таких показателей обеспечивает стабильность моющих свойств при увеличении диспергирующей способности, гарантирующих рост обрабатываемости различных материалов при учете ковариантности свойств ФАП и СОТС и отсутствии накопления субстрата обработки после МАО. Поэтому синергический подход, выявляющий наиболее важные стороны каждого из компонентов РТС, обеспечивает интенсификацию процесса МАО.

Литература

1. Витязь, П. А. «Индустрия 4.0»: от информационно-коммуникационных и аддитивных технологий к самовоспроизведению машин и организмов / П. А. Витязь, М. Л. Хейфец, С. А. Чижик // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2017. – № 2. – С. 54–72.
2. Сергеев, Л. Е. Технологическое обеспечение качества сложнопрофильных поверхностей вращения финишной магнитно-абразивной обработкой / Л. Е. Сергеев // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: мат. Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 27–28 мая 2019 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: М. В. Нерода [и др.]. – Брест, 2019. – С. 67–70.
3. Акулович, Л. М. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2019. – 272 с.
4. Акулович, Л. М. Магнитно-абразивная обработка цилиндрических канавок с радиусным профилем // Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев, О. Н. Ворошуха // Вестник БарГУ. Сер. Техн. науки. – 2018. – Вып. 6. – С. 20–32.
5. Акулович, Л. М. Влияние свойств рабочей технологической среды на шероховатость поверхности и производительность при магнитно-абразивной обработке / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев, М. М. Дечко // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2022. – Т. 67. – № 1. – С. 39–48.