

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;

Миранович А.В., кандидат технических наук, доцент;

Шабуня В.В., старший преподаватель

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. Представлены результаты моделирования топографии магнитного поля в рабочем зазоре при магнитно-абразивной обработке. Показано, что использование дополнительного магнитного поля позволяет управлять углом наклона абразивных зерен и обеспечить наименьшую шероховатость поверхности после 45с обработки, а по классической схеме – после 60с.

Abstrac. The results of modeling the magnetic field topography in the working gap during magnetic-abrasive machining are presented. It is shown that the use of an additional magnetic field allows for control of the abrasive grain angle and ensures the lowest surface roughness after 45 seconds of machining, compared to 60 seconds using the conventional approach.

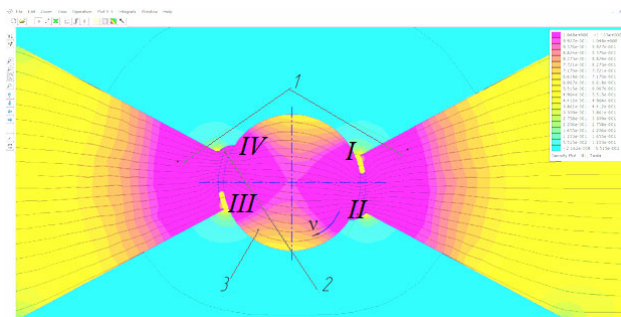
Ключевые слова: рабочий зазор, ферроабразивное зерно, абразивная щетка, топография магнитного поля, электромагниты.

Key words. working gap, ferroabrasive grain, abrasive brush, magnetic field topography, electromagnets.

Повышение точности и качества поверхностей деталей является одной из приоритетных задач машиностроения. Решающее влияние на формирование показателей качества поверхностей деталей оказывает технология их обработки на чистовых и отделочных операциях, среди которых в машиностроении преобладают скоростное шлифование и притирка. Скоростное шлифование сопровождается интенсивным тепловыделением, что может приводить к изменению исходного состояния структуры и свойств поверхностного слоя. Поэтому все больший интерес представляют методы финишной обработки незакрепленными абразивными зёрнами. Вместе с тем, большими потенциальными возможностями обладают электрофизические и электрохимические методы обработки, основанные на использовании концентрированных в пространстве и во времени потоков энергии. Из них электрические и магнитные потоки энергии наиболее технологичны и удобны в управлении. Решением указанной проблемы является использование подвижно скоординированного режущего инструмента в виде абразивной «щетки», формируемой энергией магнитного поля при магнитно-абразивной обработке (МАО), и реализация ориентированного резания с минимальным тепловыделением. Абразивная щетка формируется из множества ферроабразивных зерен (ФАЗ), каждое из которых стремится сориентироваться наибольшей осью параллельно силовым линиям магнитного поля под действием вращающего момента [1, 2].

Однако, процессу МАО через $(15 \div 60)$ с присуще снижение режущей способности абразивной щётки [1]. Происходит это по нескольким причинам: засаливание абразивной щётки снимаемой стружкой, затупление режущих кромок, выкрашивание абразивной составляющей ФАЗ.

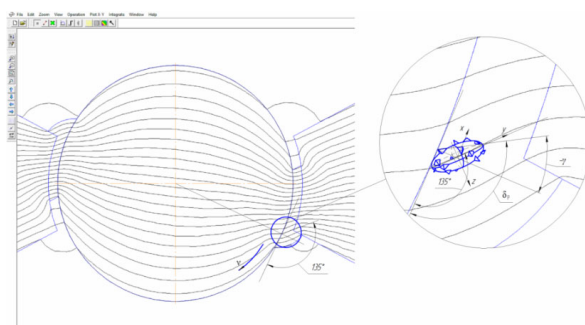
Засаливание приводит к уплотнению абразивной щётки зерен в зонах II и IV (рисунок 1), что приводит к выпячиванию абразивной щетки из зоны выхода из рабочего зазора и изменению топографии магнитного поля (рисунок 1).



1 - полюсные наконечники; 2 – абразивная щетка; 3 – заготовка;
v – скорость главного движения

Рисунок 1 – Компьютерная модель положения абразивной щетки при классической схеме реализации МАО

При этом ФАЗ занимают положение, в котором передние углы являются отрицательными (рисунок 2). В результате МАО происходит при углах резания, превышающих 90° . Известно, что при увеличении угла резания процесс снятия стружки ухудшается, а по мере затупления режущих кромок ФАЗ переходит в процесс выхаживания обрабатываемой поверхности, что снижает производительность обработки.



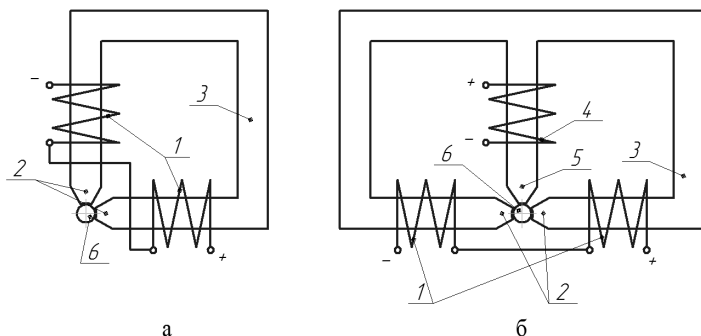
v – скорость главного движения; δ_r – угол резания; γ – передний угол

Рисунок 2 – Компьютерная модель наклона силовых линий магнитного поля и положения ферроабразивного зерна

Таким образом, для повышения режущей способности ФАЗ и следовательно, производительности МАО, необходимо изменить угол наклона оси ФАЗ к обрабатываемой поверхности.

Для уменьшения угла резания ФАЗ путем изменения направления магнитных силовых линий предложены технические решения по асимметричному расположению полюсных наконечников основного магнитного поля относительно обрабатываемой поверхности (рисунок 3, а), либо в промежутке между полюсными наконечниками основного магнитного поля устанавливать источник дополнительного магнитного поля (рисунок 3, б) [3].

Наличие нескольких электромагнитных катушек приводит к суперпозиции в рабочем зазоре основного и дополнительного магнитных полей и его влиянию на изменение угла резания. Применение асимметрично расположенных полюсных наконечников позволяет при МАО получить две зоны, в одной из которых будет происходить процесс микрорезания, а в другой – выхаживания (рисунок 3, а) [3]. Эта схема целесообразна при снятии небольшого припуска, когда время обработки не выходит за пределы 15 с.



1, 4 – катушки электромагнитов; 2, 5 – полюсные наконечники;
3 – магнитопровод; 6 – заготовка

Рисунок 3 – Схемы МАО с асимметрично расположенными полюсными наконечниками (а) и с дополнительной магнитной системой (б)

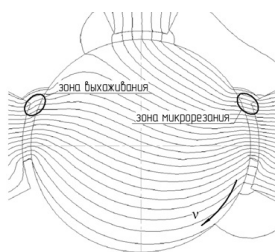
Схема МАО с источником дополнительного магнитного поля аналогично изменяет топографию магнитного поля в рабочем зазоре (рисунок 3, б), при которой происходит концентрация магнитных силовых линий в зоне входа в рабочий зазор, создавая условия изменения в ней градиента магнитной индукции [3]. Расположение дополнительного полюсного наконечника, под углом 90° к основному магнитопроводу, позволяет изменять величину и градиент магнитной индукции в рабочем зазоре, т. е. изменяет направление силовых линий магнитного поля основной магнитной системы.

Исследование топографии магнитного поля в рабочем зазоре при помощи компьютерного моделирования (рисунок 4) позволило установить,

что суперпозиция основного и дополнительного магнитных полей обеспечивает возможность варьирования углом наклона силовых линий магнитного поля в зоне входа в рабочий зазор в интервале от 43° до 50° . При этом величина индукции дополнительного магнитного поля B_d не должна превышать величину магнитной индукции основного магнитного поля B_o , то есть граничным условием является $B_d < B_o$.

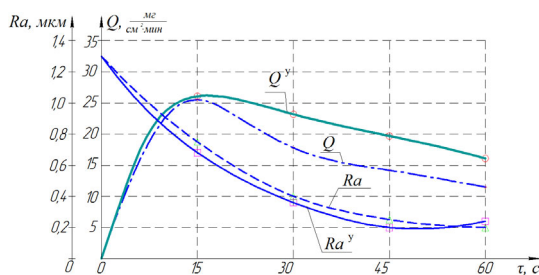
Изменение топографии магнитного поля в рабочем зазоре применением дополнительной магнитной системы для управления углом наклона ФАЗ позволяет обеспечить при MAO положительные значения передних углов резания ($+\gamma$). Такая топография магнитного поля формирует зону резания у входа в рабочий зазор у одного полюсного наконечника и зону выхаживания (см. рисунок 3) у другого полюсного наконечника основной магнитной системы. Плавная регулировка угла наклона силовых линий, путем изменения величины магнитной индукции, генерируемой дополнительной магнитной системой, позволяет управлять интенсивностью резания и шероховатостью поверхности.

Экспериментальные исследования были проведены на модернизированной установке ЭУ-6, содержащей дополнительную магнитную систему. Образцами служили поршневые пальцы диаметром 25мм из стали 12ХНЗА с исходной шероховатостью образцов Ra ($1,14 \pm 0,97$) мкм. твердостью поверхностного слоя (58 ± 62) HRC. Измерение шероховатости проводилось на профилографе-профилометре *Mitutoyo SJ-201P*. Оценка производительности производилась по изменению массы деталей, которая определялась взвешиванием на весах *Massa-K BK-600* с точностью до 0,01г. Результаты экспериментов приведены на рисунке 5.



v – скорость главного движения

Рисунок 4 – Компьютерная модель топографии магнитного поля при суперпозиции с основного и дополнительного магнитных полей



Q и Ra – производительность MAO и шероховатость поверхности соответственно при классической схеме; Q^y и Ra^y – производительность MAO и шероховатость поверхности соответственно при управлении углом ориентации ФАЗ

Рисунок 5 – График зависимости шероховатости Ra и производительности Q от времени обработки τ

Анализ экспериментальных данных (рисунок 5) показывает, что после 15с обработки производительность МАО по классической схеме резко падает, а после 30с производительность снижается до 40% по сравнению с производительностью в первые 15с обработки. При МАО с управляемым углом наклона ФАЗ в рабочем зазоре, падение производительности более плавное и не превышает 14% от производительности в первые 15с обработки. Наименьшая шероховатость, при управлении углом наклона ферроабразивных зерен, достигается после 45с обработки, а по классической схеме обработки – после 60с.

Список использованных источников

1. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 328 с.
2. Упрочняющая и финишная абразивная обработка в магнитном поле деталей сельскохозяйственных машин / Л. М. Акулович [и др.]; под редакцией Л. М. Акуловича. – Минск : БГАТУ , 2022. – 360 с.
3. Акулович, Л. М. Особенности магнитно-абразивной обработки с регенерацией контура режущего инструмента импульсным магнитным полем / Л. М. Акулович, М. М. Дечко, О. Н. Ворошуха // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2018. – Вып. 11. – С. 71–77.

Summary. It was found that with magnetic abrasive machining using a controlled ferroabrasive grain angle in the working gap, the productivity decline is more gradual and does not exceed 14% of productivity in the first 15 seconds of machining. The lowest roughness, when using controlled ferroabrasive grain angle, is achieved after 45 seconds of machining, while with the conventional machining method, it is achieved after 60 seconds.

УДК 629.359

Гедроить Г.И., кандидат технических наук, доцент;

Занемонский С.В., старший преподаватель;

Соболевский С.Е., студент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДРУЛИВАЮЩИХ ОСЕЙ В ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПАХ

Аннотация. В статье представлены основные технические решения по применению подруливающих осей в тракторных прицепах.

Abstract. The article presents the main technical solutions for the use of steering axles in tractor trailers.

Ключевые слова. Транспортировка, прицеп, подруливающая ось, шина.

Keywords. Transportation, trailer, steering axle, tire.