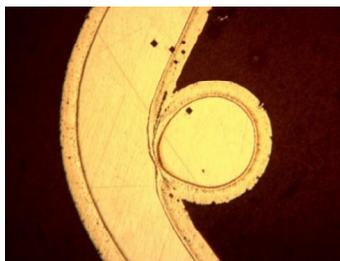
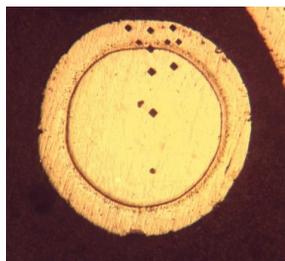


Кроме этого, в структуре слоя обнаруживаются поры размером от 5 до 15 мкм располагающиеся между предполагаемой фазой Fe_3Al и Fe_2Al_3 , преимущественно в местах сплетения. Появление пористости, по нашему мнению свидетельствует о вакансионном механизме диффузии.



а) $\times 200$



б) $\times 400$

Рисунок – Микроструктура диффузионных алитированных слоев на стали (фрагмент сетки из стали 08кп)

Список использованных источников

1. Конструкционные материалы: Справочник / Под. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 687 с.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / Г.В. Борисенко [и др.]; под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 421 с.
3. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск.: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001 – 148 с.
4. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / Под ред. О.А. Банных, М.Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.

УДК 621.923

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

*Студенты – Устиненко И.Ю., 36 тс, 3 курс, ФТС;
Смоликов Е.О., 36 тс, 3 курс, ФТС*

*Научный
руководитель – Акулович Л.М., д.т.н., профессор
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

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.

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

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 большее внимание 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]:

$$M = P_m H \sin \varphi,$$

где P_m – магнитный момент зерна, $A \cdot m^2$;

H – напряженность магнитного поля, A/m ;

φ – угол между направлением магнитных силовых линий и наибольшей осью ферроабразивного зерна, град.

Для МАО не требуется изготавливать профилирующий абразивный инструмент, а также периодически его править, так как он автоматически формируется магнитным полем, что в 2-3 раза снижает затраты на инструмент.

Однако, процессу МАО через (15÷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, и создаются такие усло-

вия, при которых величины вращающего момента (1) оказывается недостаточно для переориентирования ФАЗ наибольшей осью вдоль силовых линий магнитной индукции. В результате режущая способность абразивной щётки снижается, уменьшается производительность магнитно-абразивной обработки, растёт температура в зоне резания. Вместе с тем, при MAO имеется возможность управлять плотностью и жесткостью абразивной щётки, изменяя топографию магнитного поля в зоне обработки и величину магнитного потока [2, 3] и, тем самым, осуществлять ее само-регенерацию и поддерживать режущую способность.

По результатам анализа достигнутого уровня интенсификации процесса магнитно-абразивной обработки поставлена цель исследования – повысить интенсивность срезания стружки увеличением угла наклона ФАЗ в рабочем зазоре, повышающим тангенциальную составляющую силы резания.

Увеличение угла наклона зерен w приводит к увеличению угла сдвига β_1 и уменьшению угла резания (рисунок 1). Уменьшение угла резания облегчает процесс снятия стружки и уменьшает силу резания P_z .

На основе проведенного анализа методов управления углом наклона зерен предложено использовать источник дополнительного магнитного поля (рисунок 2).

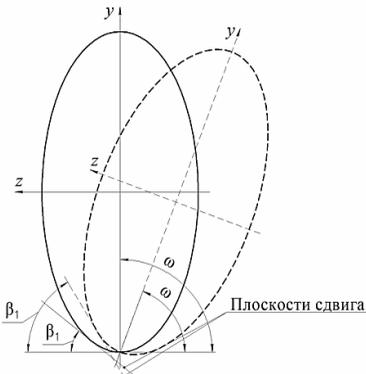


Рисунок 1 – Изменение угла сдвига стружки при различном наклоне ФАЗ

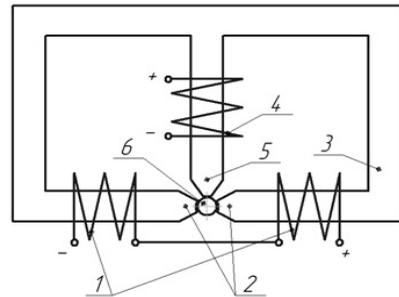


Рисунок 2 – Схема установки MAO с дополнительной магнитной системой; 1, 4 – катушки электромагнитов; 2 – полюсный наконечник основной магнитной системы; 3 – магнитопровод; 5 – полюсный наконечник дополнительной магнитной системы; 6 – обрабатываемая заготовка

Полюсный наконечник дополнительной магнитной системы установлен под углом 90° к общей оси полюсных наконечников основной магни-

тной системы. Исследование топографии магнитного поля в рабочем зазоре при помощи компьютерного моделирования (рисунок 3) 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 $B_d < B_o$.

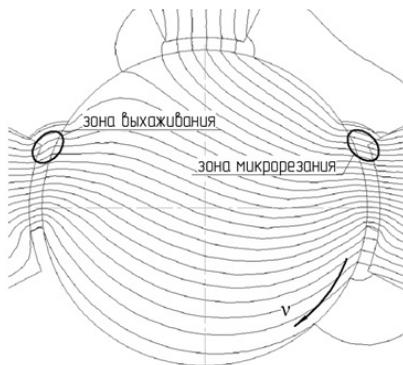


Рисунок 3 – Компьютерная модель топографии магнитного поля при суперпозиции с основным и дополнительного магнитных полей
 v – скорость главного движения

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 (+ ϑ). 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 12ХН3А 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 4.

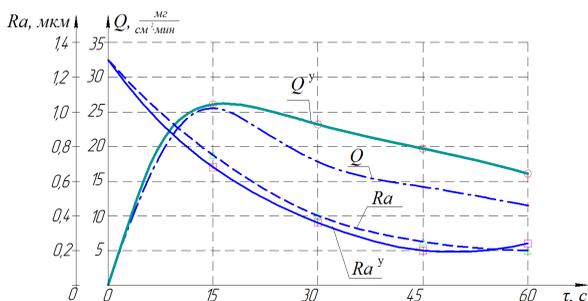


Рисунок 4 – График зависимости шероховатости Ra и производительности Q от времени обработки t

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

Анализ экспериментальных данных (рисунок 4) показывает, что после 15с обработки производительность MAO по классической схеме резко падает, а после 30с производительность снижается до 40% по сравнению с производительностью в первые 15с обработки. При MAO 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. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л.М. Акулович. – Полоцкий государственный университет, 1999. – 240 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.