

# ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.9.048

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ШЛИФОВАНИИ

Э. И. ДМИТРИЧЕНКО, М. П. КУЛЬГЕЙКО<sup>+</sup>, Е. Э. ДМИТРИЧЕНКО

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, пр. Октября 48, 246746 г. Гомель, Беларусь.

*На основе экспериментальных исследований установлено влияние магнитного поля и технологического тока на шероховатость поверхности при магнитно-электрическом шлифовании труднообрабатываемых материалов. Определена роль магнитного поля в формировании микрорельефа поверхности. Представлена сравнительная характеристика параметров микрогеометрии при электроэрозионном и магнитно-электрическом шлифовании.*

### Введение

Магнитно-электрическое шлифование (МЭШ) является способом комбинированной обработки токопроводящих материалов, сочетающим процессы абразивного микрорезания с электроконтактными и/или электроэрозионными явлениями при воздействии на зону обработки магнитного поля. Физическая сущность процесса МЭШ заключается в механическом контактировании абразивного токопроводящего инструмента с поверхностью детали, замыкании электродов (инструмент – деталь) продуктами шлифования по локальным пятнам контакта, расплавлению контактных мостиков тепловой электроток и образовании разрядов с последующими электроэрозионными явлениями, происходящими под воздействием внешнего магнитного поля [1, 2].

Разрушение обрабатываемой поверхности при МЭШ происходит в результате микрорезания и пластического отнесения металла зернами абразива, электроконтактного расплавления стружки и оплавления поверхности, электроэрозионных явлений и воздействий магнитного поля на расплав и продукты эрозии. Сочетание этих процессов определяет специфику формирования микрогеометрии поверхности при МЭШ.

### Постановка задачи

Микрорельеф обработанной поверхности при МЭШ формируется в результате совместного воздействия зерен шлифовального круга, разрядов технологического тока и магнитного поля. Действие абразивных зерен инструмента обуславливает рельеф поверхности типичный для шлифования. Непосредственное воздействие электрических разрядов формирует на поверхности следы в виде эрозионных лунок и канавок. Под действием сил маг-

нитного поля на расплав тонкого поверхностного слоя происходит его выброс из зоны обработки и/или растекание по обработанной поверхности. В результате микрогеометрия поверхности будет формироваться под влиянием преобладающих для данных условий обработки факторов процесса.

Таким образом, большое количество факторов, их различное сочетание и взаимодействие обуславливает необходимость тщательного исследования качества поверхности, обработанной МЭШ. Данная работа посвящена экспериментальному исследованию микрогеометрии поверхности при шлифовании жаростойких и жаропрочных материалов.

### Методы испытаний

Исследования процесса МЭШ проводились на установке, смонтированной на базе горизонтально-фрезерного станка [2, 3]. В качестве инструмента применялся абразивный круг ПП250×25×32 – 5С25СТ6КАЛ, который для обеспечения токопроводности предварительно пропитывался сплавом АЛ4 (Si 8–10, Mg 0,13–0,30%). Источником технологического тока являлся генератор униполярных импульсов УРМЗ. Форма импульсов – отсеченная полусинусоида с частотой 100 Гц и регулируемой отсечкой по углу в пределах 30–120 и 210–230°.

В качестве образцов для исследований использовались жаропрочный сплав ХН77ТЮР и жаростойкая сталь 12Х18Н10Т. Исследуемые материалы обладают сравнительно низкой теплопроводностью и повышенной вязкостью. В процессе шлифования проявляется тенденция быстрого «засаливания» и затупления инструмента, в результате чего в зоне обработки возникают температуры до 1000–1300 °С [4]. Обработку произ-

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку.

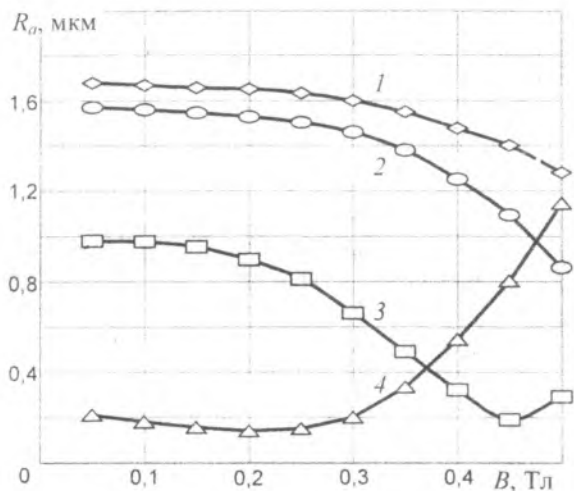


Рис. 1. Зависимость шероховатости поверхности стали 12X18H10T от величины магнитной индукции и силы технологического тока при МЭШ: 1 – I = 12А, 2 – 15, 3 – 19, 4 – I = 21А.

водили при изменении магнитной индукции в рабочем зазоре и силы технологического тока.

Для определения микрогеометрических параметров обработанной поверхности применялся профилометр-профилограф в комплекте с ЭВМ, что позволило контролировать 12 параметров геометрии поверхности. Микрофотографии поверхности выполнялись на растровом электронном микроскопе JSM-50А. Применялись два метода контроля микрогеометрии поверхности: получение статистически значимых данных, характеризующих всю поверхность; измерение различных элементов топографии в отдельно выбранных сечениях. Количественные методы оценки поверхности использовались для поиска оптимальных параметров процесса, а качественные – для их проверки.

### Результаты исследований и их обсуждение

На рис. 1 представлены зависимости шероховатости обработанной поверхности (параметр  $R_a$ ) от величины магнитной индукции и силы технологического тока. Анализ результатов всего комплекса исследований, фрагмент которых представлен в виде графических зависимостей, позволяет сделать сле-

дующее заключение. При силе тока  $I < 16$  А с увеличением индукции шероховатость поверхности снижается. Дальнейшее увеличение силы тока изменяет характер зависимости шероховатости поверхности от величины магнитной индукции. При  $I > 19$  А увеличение индукции приводит вначале к плавному снижению шероховатости до минимального значения  $R_a = 0,18...0,20$  мкм, а затем к резкому ее увеличению. Причем с увеличением силы тока точка экстремума (min) шероховатости смещается в область меньших значений магнитной индукции. При силе тока  $I > 21$  А минимум шероховатости наблюдается при  $B = 0,15...0,30$  Тл, а затем происходит значительное увеличение шероховатости.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о сложной зависимости шероховатости поверхности от величины магнитного поля при взаимодействии с технологическим током. Это влияние определяется характером и состоянием образовавшейся среды в зоне обработки. С увеличением силы тока в межэлектродном промежутке реализуется большое количество энергии, в результате расплавляются большие объемы стружки и поверхностного слоя детали. При этом на расплав как проводник с током действует магнитное поле, в результате чего расплавленный металл растягивается по поверхности детали, заполняя неровности поверхностного слоя от зерен абразивного круга. Дальнейшее повышение силы тока приводит к увеличению массы расплава, и часть его под действием магнитодвижущей силы выносятся за пределы зоны шлифования. Это приводит к увеличению шероховатости из-за образования лунок и наплывов на поверхности детали.

Для подтверждения изложенных выше положений проведен качественный анализ технологической и структурной шероховатости на основе микрофотографий обработанной поверхности. С целью выявления влияния направления магнитного поля исследуемые образцы обрабатывались в условиях, когда магнитодвижущие силы перпендикулярны вектору скорости вращения круга. При глубине шлифования 0,04 мм на поверхности металла видны риски от зерен абразива, направленные под углом к следам предыдущей обработки (рис. 2, а). Увеличение изображения (рис. 2, б) позволяет выявить расположение гребешков метал-

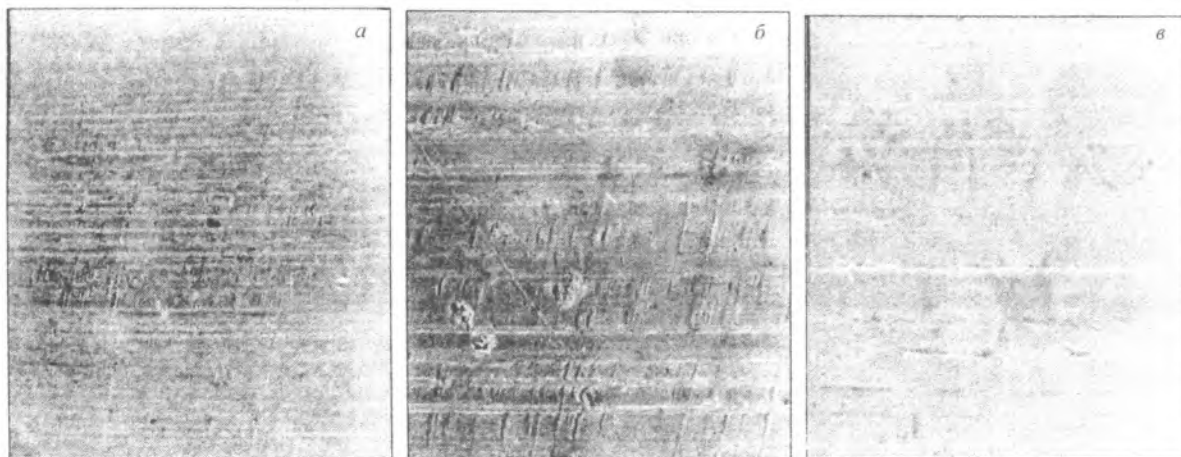


Рис. 2. Микрофотография поверхности стали 12X18H10T после МЭШ: а –  $\times 100$ ; б –  $\times 300$ ; в –  $\times 1000$

## Шероховатость поверхности при электроэрозионном и магнитно-электрическом шлифовании

Обрабатываемый материал	Параметры шероховатости					
	$R_a$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_{max}$ , мкм	$P$ , мкм	$t_p$ , %	$\Delta q$ , рад
12X18H10T	1,271	6,006	6,517	3,018	52,8	0,629
	0,864	4,120	4,890	2,328	67,4	0,416
XH77TЮР	1,385	7,603	8,279	5,062	54,3	0,417
	0,927	4,817	6,020	2,605	65,6	0,322

ла. Оплавленные и приподнятые зернами абразива гребешки своими вершинами направлены в сторону действия магнитодвижущей силы. При дальнейшем увеличении изображения (рис. 2, в) определяются оплавленные и сглаженные под действием магнитного поля вершины микронеровностей предыдущей обработки. Растекание микровыступов происходит по сторонам канавок, прорезанных абразивными зернами. Величина шероховатости составила 0,26 мкм, а сформированный микрорельеф не имеет существенных дефектов поверхности.

Таким образом, совместное действие электрического тока и магнитного поля приводит к расплавлению и сглаживанию вершин микронеровностей в направлении действия магнитодвижущей силы, способствует заполнению расплавом микроуглублений от зерен абразива и эрозии на поверхности детали, что снижает шероховатость обработанной поверхности.

Количественные характеристики шероховатости поверхности представлены в таблице. В числителе приведены параметры микрогеометрии при электроэрозионном, а в знаменателе – при магнитно-электрическом шлифовании.

Как свидетельствуют данные таблицы, наложение магнитного поля на зону обработки благоприятно отражается на процессе шлифования, что приводит к улучшению параметров микрогеометрии поверхности. Так, высотные показатели шероховатости поверхности снижаются в среднем в 1,3–1,5 раза. Существенно улучшаются показатели сплошности поверхности. Например, величина опорной поверхности увеличивается на 20%. Кроме того, при МЭШ достигаются более стабильные значения параметров микрогеометрии поверхности. Таким образом, магнитно-электрическое шлифование обеспечивает более качественный и стабильный микрорельеф поверхности по сравнению с электроэрозионным шлифованием.

## Выводы

Формирование микрогеометрии поверхности при магнитно-электрическом шлифовании происходит под влиянием целого ряда факторов, основными из которых являются величина магнитного поля и сила технологического тока. Совместное действие факторов процесса обуславливает сложную зависимость шероховатости поверхности от их величины. Для достижения минимальной шероховатости поверхности ( $R_a$ ) при обработке жаропрочных и жаростойких материалов необходимо обеспечить величину технологического тока в пределах 9–21 А и магнитной индукции 0,15–0,45 Тл; причем с увеличением силы тока точка минимума шероховатости смещается в область меньших значений магнитной индукции. Оптимальные эксплуатационные значения параметров:  $I \approx 20$  А,  $B = 0,20 \dots 0,25$  Тл. Показатели шероховатости поверхности при МЭШ являются более качественными и стабильными по сравнению с электроэрозионным шлифованием.

## Обозначения

$I$  – сила технологического тока;  $B$  – магнитная индукция;  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля;  $R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам;  $R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля;  $P$  – среднее значение параметра шероховатости;  $\Delta q$  – средний квадратический наклон профиля;  $t_p$  – относительная опорная длина профиля.

## Литература

1. Дмитриченко Э. И., Кульгейко М. П., Дмитриченко Е. Э. К вопросу о механизме разрушения обрабатываемой поверхности при магнитно-электрическом шлифовании. Новые технологии в машиностроении и вычислительной технике. Брест: БПИ (1998), 54–57
2. Шулев Г. С., Дмитриченко Э. И. Исследование обрабатываемости упрочненных поверхностей деталей контактным магнитно-электрическим способом // Машиностроение. Мн.: (1984), 114–116
3. Шулев Г. С., Сысоев П. В., Дмитриченко Э. И., Люцко В. А. Повышение износостойкости деталей машин комплексным магнитно-электрическим способом // Трение и износ, 8 (1987), 938–943
4. Гродзинский Э. Я., Исакова Р. Б., Зубатова Л. С. Шлифование с электрической активацией режущей поверхности кругов // Станки и инструмент (1979), 8–10

Dmitrichenko E. I., Kul'geiko M. P., Dmitrichenko E. E.

Features of the surface microgeometry formation at magnet-electric grinding.

The influence of magnetic field and technological current on the surface roughness at magnet-electric grinding of materials which are difficult to machine have been experimentally studied. The role of magnetic field in the surface microrelief formation has been defined. Microgeometric parameters obtained at electro-erosive and magnet-electric grinding are compared.

Поступила в редакцию 08.09.99.

© Э. И. Дмитриченко, М. П. Кульгейко, Е. Э. Дмитриченко, 2000.