

УДК 621.923

В.В.Гусев, д-р техн. наук, проф., А.Д. Молчанов, канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38(062)3010731; E-mail mc@dgtu.donetsk.ua

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПРИ МАГНИТО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗ КЕРАМИКИ ПО СРАВНЕНИЮ С ТВЕРДЫМ СПЛАВОМ

При магнитно-абразивном полировании керамических изделий существуют рациональные условия обработки, определяемые режимами резания (скоростью инструмента, частотой вращения заготовки) и величиной зазора 1,5 мм между постоянным магнитом и обрабатываемой заготовкой. На формирование поверхностного слоя керамики, в отличие от магнито-абразивной обработки твердого сплава, значительную роль оказывают процессы хрупкого разрушения микровыступов.

Ключевые слова: магнито-абразивная обработка, керамические изделия, микрорельеф поверхности, шероховатость

1. Вступление

Развитие техники обуславливает применение новых материалов в конструкциях изделий машиностроения, приборостроения, ядерной энергетики, ракетостроения, самолетостроения, космической техники, к которым предъявляются повышенные требования по жаростойкости, износостойкости, коррозийной стойкости, стойкости к воздействию химикатов. Такими материалами, удовлетворяющими перечисленным требованиям, является техническая керамика (ТК) и твердый сплав (ТС). К таким изделиям относится волокна, которая в зависимости от протягиваемых материалов, изготавливается из ТС (ВК8), ТК (Al_2O_3 , ZrO_2), карбида вольфрама и поликристаллических алмазов. От качества поверхности сверхтвердого прецизионного инструмента фактически зависит конечный успех при изготовлении проволоки, состояние ее поверхностного и приповерхностного слоев.

Возрастающие требования к качеству поверхностного слоя вызывают потребность к совершенствованию и созданию новых способов отделочной и упрочняющей технологий. Одним из перспективных направлений финишной обработки является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1,2]. Технические трудности представляет реализация МАО при обработке отверстий малого диаметра. Поэтому для его реализации нами выбрана схема обработки с постоянными магнитами в виде колец, которые устанавливались противоположно заряженными полюсами по отношению друг к другу на оправке. До настоящего времени практически отсутствуют исследования МАО керамики.

Целью работы является исследование влияния режимов МАО и длительности обработки на формирование микрорельефа поверхности в отверстиях деталей из ТК (Al_2O_3) и ТС (ВК8).

2. Основная часть

На кафедре мехатронных систем машиностроительного оборудования ДонНТУ разработано устройство для экспериментальных исследований МАО внутренних поверхностей на базе токарно-револьверного станка 1341, показанное на рис. 1. Представленная схема обработки представляет собой вращение магнитно-абразивного по-

рошка внутри отверстий наведенным извне магнитным полем. Обрабатываемый образец представляет собой втулку, изготовленную из твердого сплава ВК6 ГОСТ 3882-74 и ТК (Al_2O_3), с внутренним отверстием диаметром 30 и 28 мм соответственно. В зависимости от необходимой исходной шероховатостью поверхности перед МАО отверстие во втулке предварительно обрабатывались с помощью алмазных шлифовальных кругов 1A1 20×10×10 AC4250/200 – 4 - M2-01, что позволяло обеспечить необходимую исходную шероховатость по параметру $\text{Ra} 0.5 \text{ мкм}$ для ТС и $2,35 \text{ мкм}$ для ТК, а также требуемую геометрическую точность отверстия.

Технические трудности представляют реализация МАО при обработке отверстий

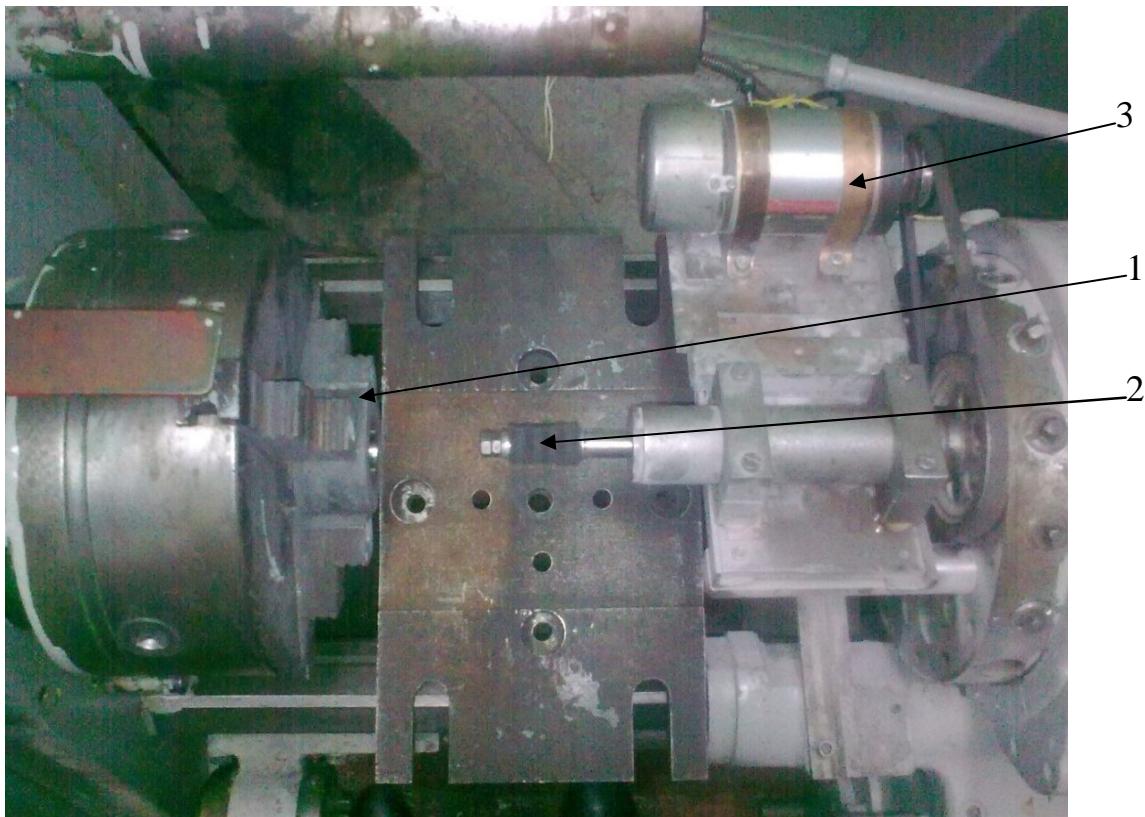


Рис.1. Вид сверху на экспериментальную установку для МАО внутренних поверхностей на базе токарно-револьверного станка 1341:

- 1- заготовка из ВК6 в патроне станка; 2 – оправка с магнитными кольцами;
- 3 – привод вращения оправки

малого диаметра. Поэтому для его реализации нами выбрана схема обработки с постоянными магнитами в виде колец [2], которые устанавливались противоположно заряженными полюсами по отношению друг к другу на оправке 2 (см. рис.1). Четыре магнитных неодимовых кольца расположены по отношению друг к другу противоположной полярностью при обеспечении суммарной магнитной индукцией 0,8 Тл. Между магнитами установлены стальные кольца, которые пропускают через себя магнитный поток, создаваемый двумя соседними магнитами. Станок работает следующим образом. В зажимное устройство (патрон) устанавливается заготовка. На полировальную оправку наносится абразивный порошок. Затем приводится в движение шпиндель вращающее зажимное устройство с установленной туда заготовкой и полировальный шпиндельный узел. Зазор между оправкой и заготовкой устанавливался равным 1,5 мм,

в пределах которого может содержаться не менее 4-х слоев магнитного абразивного материала и достигается наименьшее значение установившейся шероховатости.

В качестве магнитно-абразивного порошка использовали железно-абразивный порошок с синтетическим алмазом в виде абразивных включений производства НТЦ ВИИ «Электрон» г. Донецк. Размер фракции порошка 180/100, размер абразива 7/5, содержание абразива в зерне 40%. Магнитно-абразивный порошок удерживается на рабочей поверхности индуктора, создавая своеобразную магнитную щетку. Вращение оправки осуществляется от регулируемого двигателя постоянного тока с частотой от 1000 до 3000 об/мин, обеспечивая скорость резания микропорошком V_p . Кроме этого при МАО оправке сообщается постоянное возвратно-поступательное движение относительно заготовки, которая вращается с частотой n (60..240 об/мин) и обеспечивает скорость заготовки V_z от 0,09 до 0,35 м/с.

Необходимый рабочий зазор δ между магнитами и обрабатываемой поверхностью настраивается путем кругового перемещения револьверной головки станка. Зазор между обрабатываемым изделием и оправкой с магнитами устанавливался с точностью 0,1мм.

Измерение шероховатости обработанной поверхности отверстия втулки осуществляли с помощью профилометра модели 296 без снятия заготовки со станка. При каждом сочетании варьируемых параметров определяли среднее значение шероховатости по двенадцати измерениям (в шести радиальных сечениях производили по два измерения вдоль образующей) и среднеквадратическое отклонение S . Оценку однородности среднеарифметических значений Ra оценивали с помощью критерия Крамера. Оценка существенности отличий между средними и дисперсиями по F-критерию определялись при уровне значимости 0,05. Результаты экспериментальных исследований параметра микронеровности Ra обработанных отверстий втулки от времени полирования τ обрабатывали методом наименьших квадратов.

Как было установлено [3], изменяя параметры зазора, при остальных неизменных условиях обработки, можно уменьшить значение установившейся величины Ra , что обусловлено влиянием жесткости «магнитной щетки» в месте ее воздействия на обрабатываемый материал. Поэтому в дальнейшем можно принять для условий проведения эксперимента рациональным зазор между магнитом и обрабатываемым материалом величиной зазора $\delta = 1...1,5$ мм, в пределах которого может содержаться не менее 4-х слоев магнитного абразивного материала и достигается наименьшее значение установившейся шероховатости.

Изменение параметра микронеровности Ra обработанных отверстий втулки из ТС от времени полирования τ , как показали экспериментальные исследования, описывается экспоненциальной зависимостью следующего вида

$$Ra = a \cdot \exp(-b \cdot \tau) + b \quad , \quad (1)$$

где b – коэффициент, который характеризует установившееся значение Ra изделия после МАО; a - коэффициент, который характеризует величину уменьшения параметра Ra при МАО по отношению к исходной шероховатости.

Как видно из рисунка 3, изменение микрорельефа поверхностного слоя отверстия втулки из ТС происходит в течение первых четырех минут работы. На формирование микрорельефа оказывают влияние процессы пластической деформации микровыступов микронеровностей. При дальнейшей обработке высотные параметры микрорельефа не изменяются. Характер изменения высотного параметра микрорельефа Ra от времени обработки для МАО при разной частоте вращения заготовки и постоянной ве-

личине зазора δ и исходного значения высотного параметра носит экспоненциальный характер в соответствии с зависимостью 1. Изменение установившегося значения параметра Ra от частоты вращения заготовки носит нелинейный характер [3], который может быть описан функцией следующего вида

$$Ra(n) = c \cdot n^2 - d \cdot n + b_1 \quad (2)$$

Увеличение скорости заготовки приводит к росту центробежной силы и магнитно-абразивный порошок при обработке разлетается. Наилучшие результаты при обработке спеченной керамики из Al_2O_3 твердого сплава были получены при скоростях заготовки 0,015 м/с, значение которой и было принято в дальнейших исследованиях.

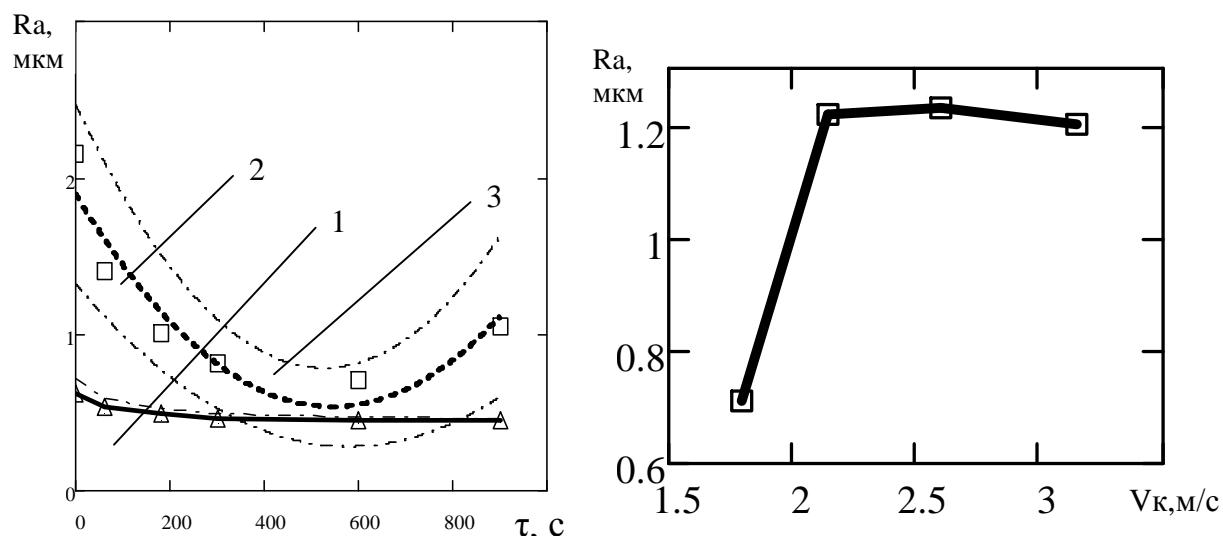


Рис.2. Влияние времени обработки τ на изменение высоты микронеровностей при $V_k = 1,57$ м/с и $V_d = 0,015$ м/с: 1 – твердого сплава (Δ), 2 – технической керамики (\square), 3 – доверительные границы

Рис.3. Влияние скорости резания на средненеарифметическое отклонение микропрофиля поверхностиного слоя керамики после 300 с обработки

Изменение высотного параметра микрорельефа Ra от времени обработки ТК в отличии от ТС носит нелинейный характер (см. рис. 2). В начале МАП высота микрорельефа поверхностиного слоя снижается, что обусловлено удалением зернами магнитно абразивного инструмента (МАИ) наиболее выступающих вершин микронеровностей и их окружлением. В дальнейшем под воздействием МАИ происходят сколы обрабатываемого материала, что может быть обусловлено усталостными процессами при разрушении керамики. Высота микронеровностей повышается. В связи с этим повышение длительности обработки более 5 минут нерационально. Данные процессы характерны в большей или меньшей мере практически для всех режимов обработки МАП ТК.

При увеличении скорости инструмента минимальное значение параметра Ra и длительность обработки для ее достижения переменно (рис 3). При малых значениях скорости (менее 2 м/с) длительность обработки до достижения минимальных значений высотных параметров шероватости возрастает. При малых значениях скоростей резания сила недостаточна для эффективного удаления материала с заготовки, а при больших скоростях возрастает центробежная сила, которая снижает жесткость МАИ., при

которой была обеспечен параметр $Ra=0,7$ мкм при исходной величине микронеровностей равной 2,5 мкм.

3. Заключение

При внутренней магнитно-абразивной обработке с постоянными магнитами в течение 5 мин устанавливается шероховатость, значение которой определяется исходным значением микронеровностей и величиной магнитного поля.

При магнитно-абразивном полировании существуют рациональные условия обработки, определяемые режимами резания (скоростью инструмента, частотой вращения заготовки) и величиной зазора 1,5 мм между постоянным магнитом и обрабатываемой заготовкой.

На формирование поверхностного слоя керамики в отличие от МАО твердого сплава значительную роль оказывают процессы хрупкого разрушения микровыступов.

Список литературы;

- 1.Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов.— Л.: Машиностроение. Л. 1986. - 176 с.
2. Сакулович Ф.Ю. и др. - Магнитно-абразивная обработка точных деталей. - Мн.: "Высш. школа", 1977. -288 с.
- 3.Гусев В.В. Магнитно-абразивная обработка внутренних поверхностей с использованием постоянных магнитов / В.В. Гусев, С.В. Кучеренко, К.С. Сухоручко// Наукові праці ДонНТУ. Серія: Машинобудування і машинознавство. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Випуск 8 (190) - С.145-151.

Надійшла до редколегії 23.12.2014.

V.V. Gusev, A.D. Molchanov

FEATURES OF MICRORELIEFFORMATION AT MAGNETIC ABRASIVE MACHINING OF THE INNER SURFACES OF CERAMICS IN COMPARISON WITH HARD ALLOYS

In magnetic abrasive polishing of ceramic products there are rational machining conditions which are determined by cutting conditions (toolspeed, workpiece rate speed) and the clearance of 1.5 mm between the permanent magnet and the workpiece being machined. Processes of brittle failure of micropeaks play a significant part in formation of the surface layer of ceramics unlike the magnetic abrasive machining of hard alloys.

Keywords: magnetic abrasive machining, ceramic products, surfacemicrorelief, roughness

В.В. Гусєв, О.Д. Молчанов

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МІКРОРЕЛЬЄФА ПРИ МАГНІТО-АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ З КЕРАМІКИ У ПОРІВНЯННІ З ТВЕРДИМ СПЛАВОМ

При магнітно-абразивному поліруванні керамічних виробів існують раціональні умови обробки, що визначаються режимами різання (швидкістю інструменту, частотою обертання заготовки) і величиною зазору 1,5 мм між постійним магнітом і оброблюваною заготовкою. На формування поверхневого шару кераміки, на відміну від магніто-абразивної обробки твердого сплаву, значну роль надають процеси крихкого руйнування мікровиступів.

Ключові слова: магніто-абразивна обробка, керамічні вироби, мікрорельєфповерхні, шорсткість