

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН В МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Кунгуров Д.А.¹, Мкртчян А.Ф.¹

¹ФБГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», Ижевск, Россия (426069, Ижевск, ул. Студенческая, 7), e-mail: d_kungurov@mail.ru

В статье приведены исследования магнитно-абразивной обработки ферромагнитным абразивным порошком. Проведена опытная обработка отверстий втулок из сплава АМц на экспериментальном устройстве для магнитно-абразивной обработки. В качестве режущего компонента ферромагнитного абразивного порошка была использована фракция зеленого карбида кремния (SiC) зернистостью 160 мкм. Приведены исследования зерен по макрогеометрическим и микрогеометрическим параметрам, представлены диаграммы распределения. Определены геометрические параметры абразивных зерен после 30 минут магнитно-абразивной обработки, проведен сравнительный анализ с исходными геометрическими параметрами. Установлено, что в процессе магнитно-абразивной обработки содержание в ферромагнитном абразивном порошке зерен удлиненной осколочной формы снижается. Это объясняется разрушением зерен такой формы. Средний радиус при вершине зерна увеличивается в процессе обработки, что обусловлено затуплением режущих кромок. Изменения среднего угла при вершине абразивного зерна не установлено.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, финишная обработка, полирование.

INVESTIGATION OF GEOMETRIC INDICES OF ABRASIVE GRAINS IN MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING

Kungurov D.A.¹, Mkrtchyan A.F.¹

¹Izhevsk State Technical University after M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia (426069, Izhevsk, street Studencheskaya, 7), e-mail: d_kungurov@mail.ru

The paper presents the study of magnetic-abrasive machining of ferromagnetic abrasive powder. Conducted experimental treatment apertures of plugs alloy АМц on the experimental device for magnetic-abrasive machining. As the cutting part of the ferromagnetic abrasive powder used was a fraction of green silicon carbide (SiC) 160 micron grit. Research shows grain for makrogeometrical microgeometrical parameters are diagrams distribution. The geometric parameters of the abrasive grains after 30 minutes of magnetic-abrasive machining, a comparative analysis with the initial geometric parameters. Found that in the process of magnetic-abrasive machining, the contents in the ferromagnetic powder abrasive grains elongated shape fragmentation is reduced. This is due to the destruction of such a form of grains. The average grain radius of the vertex is also increased during the treatment due to blunting of the cutting edges. Change in mean apex angle of abrasive grain is not fixed.

Keywords: magnetic-abrasive machining, finishing, polishing.

Ферромагнитный абразивный порошок (ФМАП) является инструментальным материалом, сочетающим в себе высокие режущие и магнитные свойства. Требования, предъявляемые к ФМАП, вытекают из условий работы в процессе магнитно-абразивной обработки (МАО). Для обеспечения высокой интенсивности удаления припуска ФМАП должен обладать хорошими режущими свойствами. Очевидно, что для производительного резания вершины зерен абразивного компонента порошка должны иметь малые радиусы при вершине. [1] У композиционных ФМАП можно изменять как размеры зерен, так и радиусы при вершине, тем самым управлять режущими свойствами. [2]

Увеличение зернистости ФМАП означает увеличение размеров и массы зерен, однако при большой зернистости ФМАП снижается количество зерен, одновременно

контактирующих с обрабатываемой поверхностью и участвующих в резании. Максимальная производительность наблюдается у фракций ФМАП зернистостью 125-200 мкм. [5]

Интенсивность резания при прочих равных условиях зависит также от формы зерен, их структуры и прочности. Зерна ФМАП могут принимать изометрическую форму (близкую к сфере), осколочную удлиненную форму, а также пластинчатую форму. Изометрическая форма зерен способствует перемешиванию ФМАП в рабочих зазорах, вступлению в работу каждого зерна разными вершинами и поддерживает, таким образом, высокую производительность резания. Зерна осколочной удлиненной формы затрудняют самозатачивание порошка путем перемешивания, но имеют в 5 раз большую начальную производительность, так как вначале контактируют наибольшей своей гранью. Зерна пластинчатой формы из-за низкой прочности быстро разрушаются, их содержание по сравнению с зернами изометрической и осколочной форм невелико (не более 5-8%). [2]

На зернах изометрической формы по мере затупления образуются углы при вершинах значительно больше исходных углов, что нельзя называть самозатачиванием. Соседние зерна, образующие плотную массу, мешают затупившемуся зерну изометрической формы изменить ориентацию под действием магнитных сил. [6] Согласно исследованиям [3], для длительного сохранения режущих свойств зерна желательно сообщать ему форму, близкую к изометрической, но со многими острыми вершинами, торчащими в разные стороны. Такие зерна легче изменяют свое положение под действием совокупности сил в рабочем пространстве. При этом в контакт с заготовкой входят новые вершины и кромки. Именно такое обновление режущих кромок подразумевается под самозатачиванием. Положительные и отрицательные передние углы для таких зерен равновероятны. Глубина внедрения вершин зерен в поверхность заготовки, соответственно производительность МАО, полученная шероховатость зависят от действующих сил и от геометрических показателей абразивного компонента ФМАП – угла и радиуса при вершине.

Цель исследования

Особенностью МАО является процесс самозатачивания, при котором отдельные абразивные зерна разрушаются, образуя новые режущие центры и режущие кромки, а процессам чистой и отделочной традиционной абразивной обработки свойственно затупление абразивного зерна. Изучение режущего компонента ФМАП - абразивных зерен как геометрических тел даст возможность прогнозировать производительность ФМАП, его стойкость. Поэтому для исследования процесса затупления порции ФМАП, определения момента критического ее износа, необходимо иметь данные об изменении геометрии режущих кромок абразивных зерен.

Сформулируем задачи исследования ФМАП перед и после МАО:

1. Провести анализ макрогеометрических параметров абразивных зерен.
2. Провести анализ микрогеометрических параметров абразивных зерен.

Материал и методы исследования

Проведены исследования процесса MAO втулки, изготовленной из трубы АМц.М.КР 16х1 ГОСТ 18475-82, на устройстве, общий вид которого представлен на рисунке 1. [4]

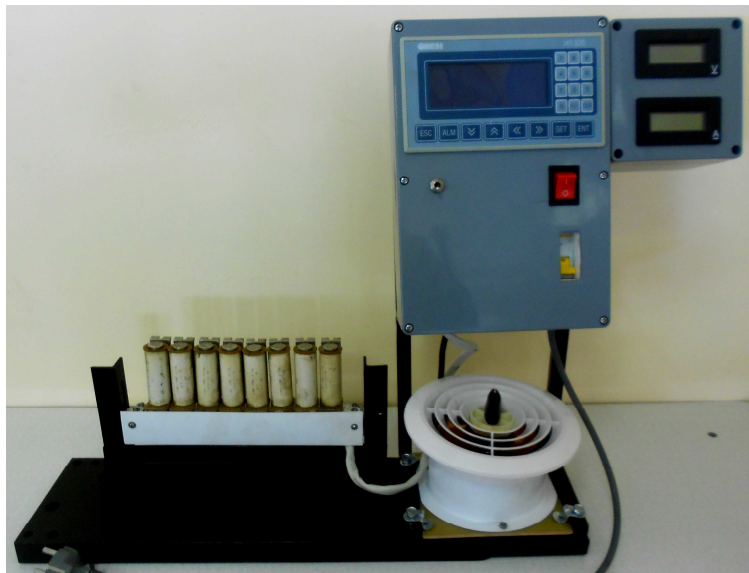


Рис. 1. Общий вид устройства для MAO

В качестве компонентов ФМАП были использованы: зеленый карбид кремния (SiC) (зернистость 160 мкм) и электротехническая сталь марки 10895 (зернистость 200 и 315 мкм). Исследование проводилось при условии выборки в 50 зерен. Две выборки были осуществлены перед и после MAO втулки продолжительностью 30 минут.

Для проведения исследования геометрических параметров абразивных зерен применялся метод прямого получения цифрового изображения зерен фотографированием в двух проекциях, фиксированного масштаба, с обработкой в программе анализа цифровых фотографий.

Для анализа макрогеометрических параметров абразивных зерен после получения цифровых фотографий, на каждом зерне производился замер трех размеров L – длина, B – ширина, H – высота. Цифровая фотография абразивного зерна зеленого карбида кремния представлена на рисунке 2а. Фотографии единичных зерен в двух проекциях получены на стереомикроскопе «ALTAMI» модели CM 655 с обработкой в программе «ALTAMI STUDIO» при увеличении в 55 раз.

Для анализа микрогеометрических параметров абразивных зерен после получения цифровых фотографий, на каждом зерне производился замер углов – α и радиусов при вершинах абразивного зерна – R согласно рисунку 2б. После чего были вычислены средние их значения.

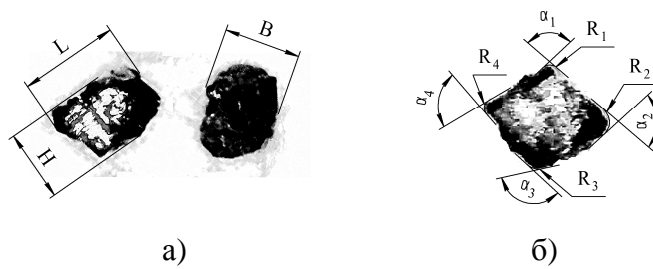


Рис. 2. Замеры показателей для анализа геометрических параметров

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве базового параметра для оценки макрогеометрии абразивного зерна принимаем размер B (ширина), так как он определяет прохождение зерна в ячейку сита при разделении зерен по фракциям. Характеристикой формы зерна будет отношение оставшихся двух размеров – L и H к базовому. В качестве количественной оценки каждого абразивного зерна по форме предлагаются следующие показатели:

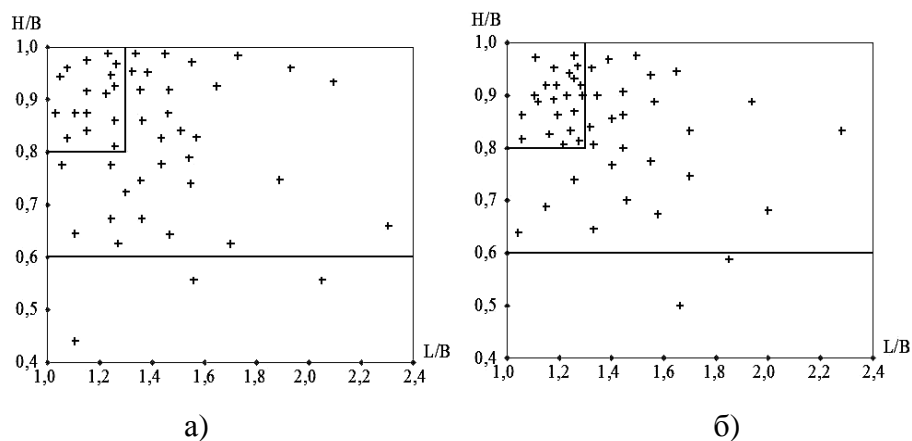
L / B – характеристика удлинения абразивного зерна;

H / B – характеристика плоскостности абразивного зерна;

Примем формальный критерий оценки изометрической формы зерен: $L / B \approx 1,0-1,3$ и $H / B \approx 0,8-1,0$. Примем формальный критерий оценки осколочной удлиненной формы зерен: $L / B > 1,3$ и $H / B \approx 0,8-1,0$; $L / B > 1,0$ и $H / B \approx 0,6-0,8$. Примем формальный критерий оценки пластинчатой формы зерен: $L / B > 1$ и $H / B \approx 0,4-0,6$.

Сравнительная оценка формы абразивных зерен перед и после MAO представлена на рисунке 3.

Согласно рисунку 3а перед MAO количество зерен пластинчатой формы составляло 6%, а после MAO – 4%; количество зерен изометрической формы перед обработкой составило 32%, а после MAO – 44%; количество зерен удлиненной осколочной формы перед обработкой составило 62%, а после MAO – 52%. Снижение количества зерен удлиненной формы, вероятно, вызвано их разрушением и формированием из их осколков зерен меньшей фракции, но уже изометрической формы.



а – перед МАО; б – после МАО.

Рис. 3. Поле рассеяния критериев формы

Сравнительная оценка средних значений микрогеометрических показателей абразивных зерен до и после МАО представлена на рисунке 4.

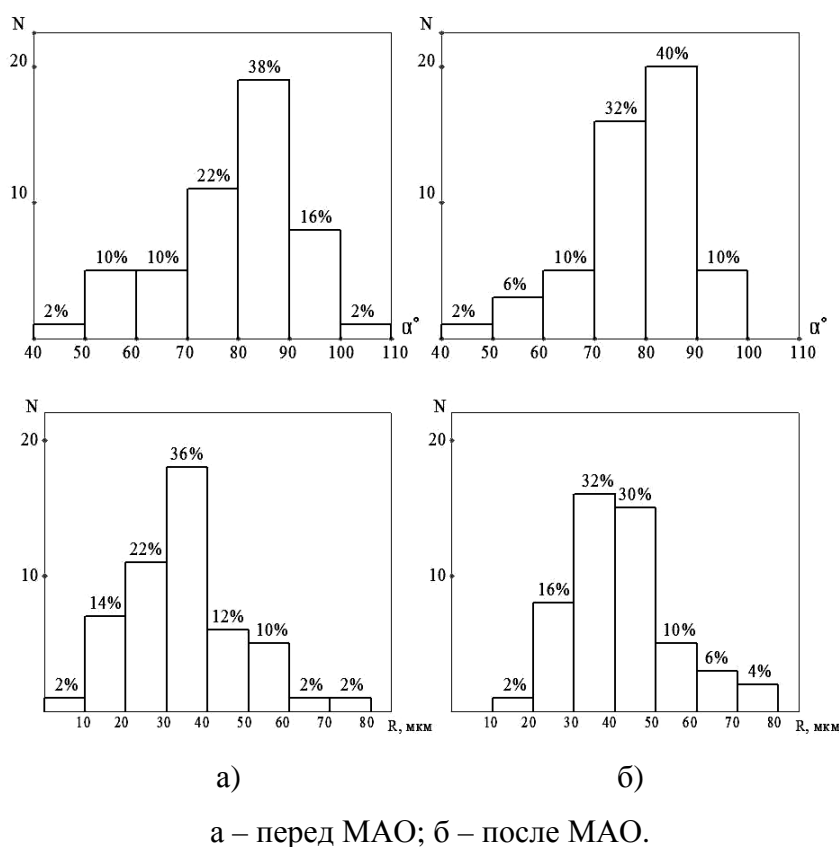


Рис. 4. Диаграммы распределения микрогеометрических показателей

Согласно рисунку 4 средний угол при вершине α в процессе МАО имеет тенденцию к небольшому уменьшению: перед МАО средний угол составил $79,4^\circ$, а после МАО – $77,2^\circ$. Изменение среднего радиуса при вершине R согласно рисунку 4 проходило в сторону увеличения, что объясняется затуплением режущих кромок. Средний радиус при вершине зерна перед МАО составил $33,9$ мкм, а после МАО – $42,4$ мкм

Выводы

Характеризующие МАО малые силы резания повышают зависимость абразивной способности ФМАП от геометрических параметров ФМАП: радиуса закругления и углов при вершинах режущих выступов, их количества, шероховатости граней.

В результате проведенного исследования по макрогеометрическому анализу получены данные о форме, по микрогеометрическому анализу получены данные по среднему радиусу закругления и по среднему углу заострения абразивных зерен.

Получены следующие результаты:

1. За время обработки (30 минут) средний угол заострения α при вершине абразивных зерен практически не изменился.
2. За время обработки (30 минут) средний радиус закругления R увеличился с 33,9 мкм до 42,4 мкм.
3. Содержание в ФМАП зерен удлиненной осколочной формы уменьшилось с 62% до 52%.

В данном исследовании использовались интервальные значения исследуемых геометрических параметров, так как при статистическом анализе возможно выделить только наиболее вероятный диапазон значений.

Приведенные исследования могут быть использованы при изучении влияния геометрических параметров абразивных зерен на производительность магнитно-абразивной обработки, определению критического износа ферромагнитного абразивного порошка. При критическом износе ферромагнитного абразивного порошка происходит общее затупление режущих кромок абразивных зерен и насыщение частицами обрабатываемого материала. При некотором присутствии в ферромагнитном абразивном порошке обрабатываемого материала резко падают его магнитные свойства, которые обуславливают режущую способность.

Список литературы

1. Барон Ю.М. Магнито-абразивная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1986. – 176 с.
2. Барон Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле. – Л.: «Машиностроение», 1975. – 128 с.
3. Коновалов Е.Г., Шулев Г.С. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками. Минск: Наука и техника, 1967. – 125 с.
4. Кунгуров Д.А., Мкртчян А.Ф. Устройство для магнитно-абразивной обработки // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – №1(23). – С. 53-54.
5. Сакулевич Ф.Ю., Минин Л.К. Магнитно-абразивная обработка точных деталей. Минск: Вышэйшая школа, 1977. – 287 с.
6. Скворчевский Н.Я. Научные основы повышения эффективности магнитно-абразивной обработки созданием сверхсильных полей и новых технологических сред. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1986. – 247 с.

Рецензенты:

Умняшкин В.А., д.т.н., профессор, кафедра «АМО», Ижевский государственный технический университет им. М.Т.Калашникова, г.Ижевск.

Филькин Н.М., д.т.н., профессор, кафедра «АМО», Ижевский государственный технический университет им. М.Т.Калашникова, г.Ижевск.