

УДК 621.923

ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Л.М. АКУЛОВИЧ,
Л.Е. СЕРГЕЕВ,
Е.В. СЕНЧУРОВ*

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»
220023, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Независимости, 99
senchurov@tut.by

Аннотация: В статье рассмотрен метод магнитно-абразивной обработки плоских поверхностей деталей машин из магнитных и немагнитных материалов. Предложено использование предварительной и окончательной обработки для обеспечения роста производительности и качества процесса.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок, шероховатость, магнитная индукция, шлифование

Введение. Растущие требования к повышению производительности машин и появление металлообрабатывающего оборудования с расширенными технологическими возможностями обуславливают использование в конструкциях деталей с плоскими поверхностями. Современный уровень развития техники характерен существенным увеличением диапазона и усложнением форм используемых рабочих поверхностей деталей и одновременным повышением требований к точности их обработки. Во многих случаях только повышение точности размеров рабочей поверхности детали позволяет получить новые свойства, расширить функциональные возможности, увеличить надежность, ресурс, к.п.д. и улучшить другие эксплуатационные характеристики машин в целом.

Одним из финишных способов, отвечающим в достаточно большом объеме предъявленным требованиям, является процесс магнитно-абразивной обработки (МАО) [1]. МАО изделий из тонколистового материала (толщина ≤ 5 мм)

позволит устранить ручной труд на операции полирования и уменьшить количество операций, рис. 1 [2].

Теория. Процесс обработки осуществляется под воздействием сил, которые могут быть рассчитаны по зависимостям, приведенным в работе [3]. Однако при расчетах следует учитывать, что поле, возникающее вследствие внешнего намагничивания является суммарным полем дополнительной ферромагнитной массы и обрабатываемого изделия. Если обрабатываемое изделие изготовлено из немагнитного материала, расчетный рабочий зазор будет равен:

$$\delta_1 = (\delta + \theta),$$

где δ - рабочий зазор, мм;

θ - толщина обрабатываемого изделия, мм.

Нормальная магнитная сила, создающая усилия на выступах частиц порошка:



Рисунок 1 - Магнитно-абразивная обработка плоскостей

$$F_3' = -\frac{He^2}{m} b^4 \cdot \frac{(M_{3\ddot{a}} - 1)^2}{4\pi \cdot 7,8^2} \left\{ 1 + \frac{(\dot{I}_{3\ddot{a}} - 1)}{7,8} \cdot \frac{b^4}{3} \left[\frac{n_1}{(b^2 + x^2)} + \frac{n_2}{(b^2 + 4x^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \right\} \times$$

$$\times \left[\frac{n_1 x}{(b^2 + x^2)^{\frac{5}{2}}} + \frac{4n_2 x}{(b^2 + 4x^2)^{\frac{5}{2}}} \right] \cdot (M_{\ddot{a}} - 1)^2 \cdot \left(1 - \frac{N_{\ddot{a}}}{4\pi} \right)^2, \quad (1)$$

где: He – внешнее поле, Т;

b - радиус частиц порошка, условно принятого в виде описанной сферы, мм;

x - расстояние между соседними частицами порошка, мм;

$N_{\ddot{a}}$ - баллистический коэффициент размагничивания для дополнительной ферромагнитной массы;

m - число выступов частиц порошка одновременно находящихся в контакте с обрабатываемой поверхностью;

n_1 и n_2 - количество зерен в первом и втором слоях, окружающих рассматриваемое зерно;

$M_{3\ddot{a}}$ - магнитная проницаемость частиц порошка в поле, создаваемом дополнительной ферромагнитной массой, мГ/м;

$M_{\ddot{a}}$ - магнитная проницаемость дополнительной ферромагнитной массы, мГ/м.

Если величина внешнего поля в процессе обработки не меняется, то процесс диспергирования металла ферромагнитно-абразивными частицами порошка осуществляется под воздействием постоянной магнитной силы. Схема сил при микрорезании, приведенная в работе [3], позволяет с учетом механической составляющей силы трения рассчитать тангенциальное усилие F_z'

$$F_z' = \frac{\bar{F}_3}{m} \sin \delta \left(\operatorname{ctg} \delta - \frac{f_i}{b} \right) \quad (2)$$

и нормальное усилие F_y :

$$F_y = \frac{\bar{F}_3}{m} \sin \delta (1 + f_i), \quad (3)$$

где: f_m - механическая составляющая коэффициента трения;

δ - угол резания, град.

В условиях упругого контакта:

$$f_{i,y} = 0,418\alpha \sqrt{\frac{h}{\tau}}. \quad (4)$$

В условиях пластического контакта:

$$f_{i,n} = 0,55 \sqrt{\frac{h}{\tau}}, \quad (5)$$

где: h - глубина внедрения единичной неровности в обрабатываемую поверхность, мм;

τ - радиус единичной неровности на поверхности абразивной частицы порошка, мм;

α - коэффициент гистерезисных потерь при скольжении по материалу сферы, определенный по одноосному растяжению-сжатию.

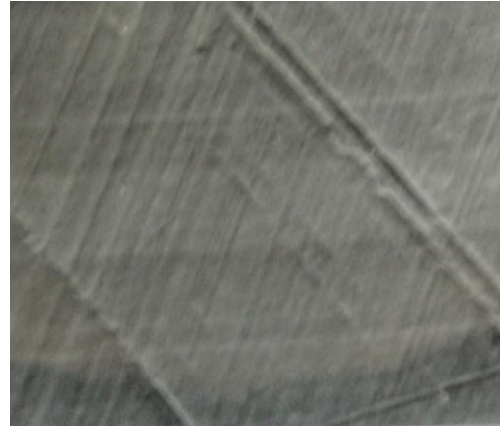
Результаты и обсуждение. Результаты электронно-микроскопических исследований позволяют приближенно оценить радиус округления τ выступов микрорельефа, колеблющейся в довольно широких пределах - от 0,3 до 2 мкм [1]. Глубину внедрения единичного выступа можно оценить по размерам снимаемой стружки. При магнитно-абразивной обработке 55 - 75% всех стружек имеет длину до 4 мкм, а отношение длины к ширине равно 5, рис. 2.

Экспериментальные исследования магнитно-абразивной обработки деталей, изготовленных из листового материала толщиной 1 - 2 мм с последующим шлифованием проводили на станке для MAO плоскостей.

Поверхность после операции шлифования кругом 1 200×25×51 25А 10П СМ2 6 К1А 35 м/с А1 ГОСТ 2424-83 имеет шероховатость $Ra = 1,25 - 1,6$ мкм. Изделие устанавливали на оправке из ферромагнитного материала без зазоров.



а



б

Рисунок 2 – Форма стружек (а) и следы микрорезания (б) после МАО

Параметры и режимы обработки методом МАО: величина магнитной индукции, $B = 0,8 - 1,2$ Т; скорость резания, $V_p = 1,0 - 1,5$ м/с; скорость осцилляции, $V_o = 0,1 - 0,2$ м/с; амплитуда осцилляции, $A = 1 - 2$ мм; размерность ферроабразивного порошка (ФАП) $\Delta = 100/160$ мкм; ФАП - Ж15КТ ТУ 6-03-09-483-81, смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) – СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5% водный раствор, капельная подача, удельный расход 100 - 150 мл/мин; величина рабочего зазора,

$\delta = 1$ мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_z = 1$. Зависимость массового съема металла ΔG с поверхности изделий из бронзы БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78 (кривые 1, 2) и стали 10 ГОСТ 1050-88 (кривые 3, 4) от магнитной индукции B в рабочем зазоре и от продолжительности обработки t показаны на рис. 3 а, Такие же зависимости для шероховатости Ra показаны на рис. 3 б.

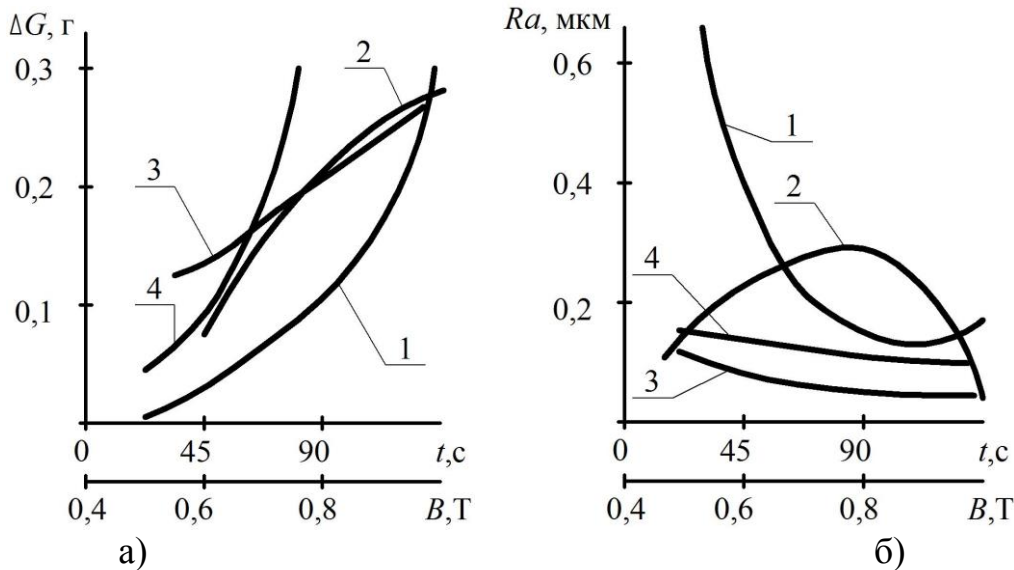


Рисунок 3 - Зависимость массового съема металла ΔG (а) и шероховатости поверхности Ra (б) от магнитной индукции B (линии 2 и 4) в рабочем зазоре и от продолжительности обработки t (линии 1 и 3)

Для образцов из стали 10 предварительно была проведена обработка в течение 20 с при $B = 1,2$ Т, а окончательная обработка осуществлялась при $B = 0,8$ Т в течение 30 с. На рис. 3 а и 3 б этому режиму соответствуют линии 3. Линиям 4 соответствуют следующие режимы МАО: предварительно - $B = 1,1$ Т в течение 30 с, а окончательно - $B = 0,9$ Т в течении 30 с.

Дальнейшая обработка данных образцов в течение 45 – 60 с сопровождается увеличением съема металла и снижением шероховатости до $Ra = 0,1 - 0,2$ мкм.

При обработке образцов из бронзы при $B = 1,1$ Т увеличение времени обработки свыше 60 с приводит к росту съема материала и шероховатости поверхности, что связано со скрыты-

ми дефектами поверхностного слоя и шаржированием частицами ФАП.

При $B < 1,0$ Т времени обработки 60 с и более происходит уменьшение шероховатости, что объясняется устранением дефектов исходной поверхности и образованием микропрофиля, характерного для МАО.

Выводы. Таким образом, повышение производительности и качества обработки плоских поверхностей деталей машин из различных материалов обеспечивается использованием предварительной ($B \geq 1,1$ Т; $t = 20-30$ с) и окончательной ($B < 1,0$ Т; $t = 60$ с)

Список литературы

1. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич – Минск: Наука и техника, 1981. - 326с.

2. Кудинова, Э.Н. Магнитно-абразивная обработка изделий из тонколистового материала / Э.Н. Кудинова // Весці АН БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук, 1984. – №4. – С. 52–55.

3. Скворчевский, Н. Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.Я. Скворчевский и [др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1991 - 216 с.

THE TECHNOLOGY OF MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING OF FLAT SURFACES OF MACHINE PARTS

**Akulovich L. M.,
Sergeev L.E.,
Senchurov E. V.**

Belarusian State Agrarian Technical University
220023, 99/1, Nezavisimosti av., Minsk, Republic of Belarus, e-mail: senchurov@tut.by

Abstract: In the article the method of magnetic-abrasive machining of flat surfaces of machine parts from magnetic and non-magnetic materials. Suggested usage prior and final processing to ensure productivity and the quality of the process.

Keywords: magnetic and abrasive processing, ferroabrazivny powder, roughness, magnetic induction, grinding