

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Михайлов А.Н., Пелих А.В. (ДонНТУ, Донецк, Украина)

Magnetic-abrasive processing was one of the finish operation of the technological process. Magnetic-abrasive powder is situated between pole electromagnet, filling technological zone. When entering the energy from outside in technological zone powder exerts pressure on detail in each point of the surfaces that brings about removal of the metal and smoothing of the microjaggies. The Particles are packetized under the action of magnetic field. The Features of the packeging hang from the tension of the magnetic field, and providing different stages of the processing preparatory grinding and super finish grinding.

1. Введение.

Одним из методов финишной обработки является магнитно-абразивная обработка (МАО), которая применяется для обработки плоских поверхностей и поверхностей вращения как металлических, так и неметаллических деталей. Основные теоретические исследования процессов наружного полирования велись под руководством Ю.М. Барона [2], Ф.Ю. Сакулевича [3]. В их работах широко изложены основные принципы построения технологического процесса МАО. Однако результаты теоретических исследований не позволяют использовать МАО для обработки сложных пространственных поверхностей [4,5]. Основным определяющим параметром технологического процесса МАО является магнитодвижущая сила, как основополагающая силы технологического воздействия, определяющая производительность процесса обработки и обеспечивающая требуемые параметры точности обработанной поверхности.

Целью работы: выявить механизм формирования технологической среды в процессе резания магнитно-абразивным порошком.

Для решения поставленной цели необходимо решить нижеследующие задачи:

- составить структурную схему технологической зоны;
- определить силовые характеристики технологической зоны.

2. Основное содержание работы.

Структурная схема технологической зоны. В рабочей зоне, между полюсным наконечником источника магнитного поля и обрабатываемой деталью расположены зерна МАП. По допущению, принятому выше, о геометрической форме зерен порошка, рассмотрим варианты их взаимного расположения. Зерна магнитно-абразивного порошка (МАП) имеют одни геометрические размеры и зерна изотропны. Составим основные схемы пространственного расположения зерен МАП в магнитном поле (Рис.1).

При наведении магнитного поля будет наблюдаться пакетирование ферромагнитной абразивной массы в однородно-структурированной технологической среды. Пакетирование напрямую зависит от величины наведенной магнитной индукции, так как именно магнитная сила вызывает взаимодействие отдельных зерен при создании однородно-структурированной технологической среды.

Структура пакетированной технологической среды влияет на производительность процесса обработки, а также на процессы, протекающие в поверхностном слое обрабатываемой поверхности.

Наибольшая производительность обработки, при прочих равных условиях будет наблюдаться при параллельном (Рис. 1а) и шахматном (Рис. 1б) пакетировании. Тогда как при сеточном пакетировании (Рис. 1в, 1г) будет наблюдаться уменьшенная производительность механической обработки и тепловой нагрев поверхностного слоя. Для повышения производительности обработки при сеточном пакетировании необходимо уменьшить рабочий зазор.

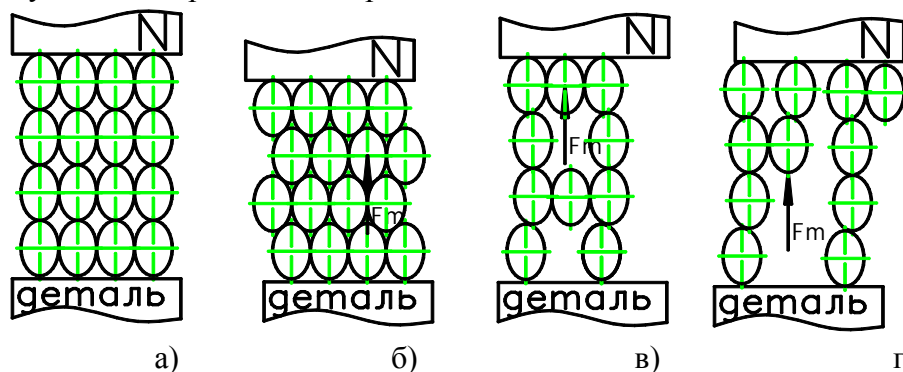


Рис. 1. Схемы пространственного расположения зерен МАП в магнитном поле:
 а) параллельное пакетирование; б) шахматное сплошное пакетирование;
 в) сеточное сплошное пакетирование; г) сеточное разомкнутое пакетирование.

Магнитный зазор, напрямую влияет на напряженность магнитного поля и процесс регенерации рабочей среды. При малом магнитном зазоре $\delta \leq 1\text{мм}$, будет наблюдаться плохое заполнение рабочей зоны МАП, быстрое затупление режущих кромок зерен, и как следствие невысокая производительность процесса обработки [1]. При увеличении зазора $1\text{мм} \leq \delta \leq 3\text{мм}$, наблюдается возрастание производительности за счет повышения концентрации МАП и стабилизации процесса самозатачивания рабочей среды. Дальнейшее увеличение зазора приведет к уменьшению, либо отсутствию МАП в рабочей зоне. Реальная магнитно-абразивная масса, зерна которой отличаются геометрическими размерами, магнитной проницаемостью, массой образуют структурированную обрабатываемую технологическую среду, отличающуюся от рассмотренного варианта, однако имеет в себе рассмотренные особенности пакетирования. Реальная технологическая масса включает в себя все 4 структуры пакетирования, однако в основном преобладает одна из структур.

Определение силовых характеристик в технологической зоне. Под действием магнитодвижущей силы зерна МАП в технологическом зазоре взаимодействуют друг с другом в соответствии со структурой пакетирования. Структурную схему пакетирования необходимо рассматривать по всей технологической зоне.

Зерна МАП в технологической зоне представляют совокупность слоев Y , расположенных параллельно торцу сердечника электромагнита:

$$\begin{cases} Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_k\}; \\ \bigcup_1^k \delta \rightarrow \{Y_1, Y_2, \dots, Y_k\}. \end{cases}$$

Относительно оси вращения сердечника, зерна МАП формируют цилиндрические поверхности X на протяжении рабочего радиуса R :

$$\begin{cases} X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}; \\ \bigcup_1^j R \rightarrow \{X_1, X_2, \dots, X_j\}. \end{cases}$$

Цепь зерен МАП вдоль рабочего радиуса R описывается по формуле:

$$\begin{cases} Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_i\}; \\ \bigcup_1^i R \rightarrow \{Z_1, Z_2, \dots, Z_j\}. \end{cases}$$

Исходя из вышесказанного, каждое зерно занимает определенную ячейку в структуре технологической зоны. Зерно МАП, находящееся в элементарной ячейке технологической зоны, воздействуют кинематические $F_{i,j,k}^k$ и магнитные $F_{i,j,k}^m$ силы. Результирующая сила $F_{i,j,k}$ в i, j, k -ячейке может быть выражено через систему равнодействующих сил (рис. 2):

$$\bar{F}_{i,j,k} = \sqrt{(F_{i,j,k}^x)^2 + (F_{i,j,k}^y)^2 + (F_{i,j,k}^z)^2} = \sqrt{(F_{i,j,k}^m)^2 + (F_{i,j,k}^k)^2}.$$

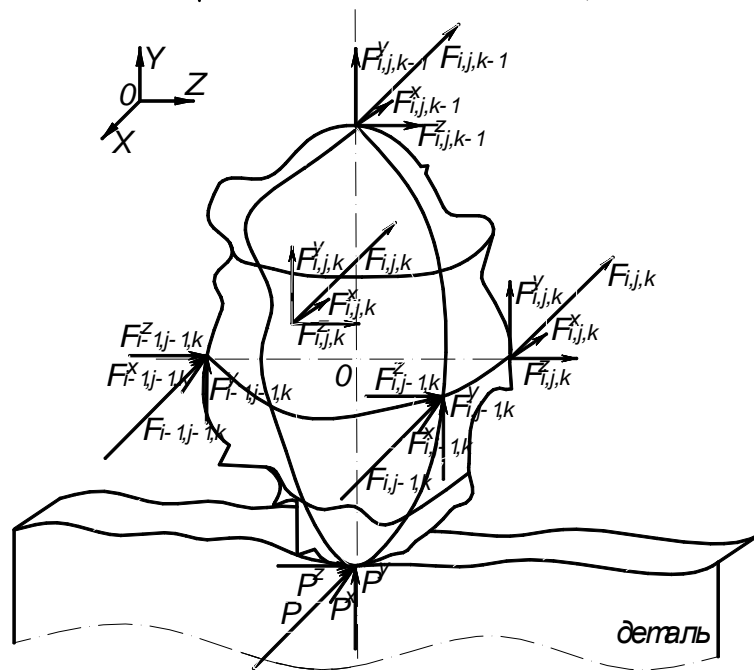


Рис.2. Схема результирующих сил, действующих на частицу МАП.

Составляющая силы взаимодействия $F_{i,j,k}^y$, под действием которой зерна МАП притягиваются к торцу сердечника, зависит от направления вектора магнитодвижущей силы и положения зерна в технологическом зазоре. Взаимодействия соседних зерен определяются для каждого i, j, k -ого зерна:

$$\begin{cases} F_{1,j,k}^y = m \cdot g + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \sin(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_1^y \rangle), \\ F_{2,j,k}^y = m \cdot g + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \sin(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_2^y \rangle), \\ \dots \\ F_{i-1,j,k}^y = m \cdot g + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \sin(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_{i-1}^y \rangle), \\ F_{i,j,k}^y = m \cdot g + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \sin(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_i^y \rangle). \end{cases}$$

где \bar{a}_i^y - ось, проходящая через центр тяжести зерна, перпендикулярная оси OY ;

$g = 9.81 \text{ мс}^{-2}$ - ускорение свободного падения.

Составляющая сила $F_{i,j,k}^y$ будет определяться по формуле:

$$F_{i,j,k}^y = m \cdot g + \frac{V \cdot B^2}{\mu_0} \cdot \frac{\delta_k}{(R_n - R_i)^2 + \delta_k^2}$$

Вектор магнитной индукции направлен на концентратор магнитного потока, которым является кромка сердечника. Сила $F_{i,j,k}^y$ направлена перпендикулярно торцу сердечника и для всех зерен в технологической зоне.

Суммарная сила $F_{\sum i,j,k}^y$ i -го зерна будет определяться по формуле:

$$F_{\sum i,j,k}^y = \sum_{i=1}^l F_{i,j,k}^y = m \cdot g \cdot \frac{R_i}{d} + \sum_{i=1}^l \frac{V \cdot B^2}{\mu_0} \cdot \frac{\delta_k}{(R_n - R_i)^2 + \delta_k^2}$$

где, R_n - радиус концентратора магнитного потока;

R_i - радиус вращения частицы;

δ_k - расстояние от торца сердечника электромагнита до частицы МАП.

В технологической зоне i, j, k -зерно МАП, воздействует на $(i+1, j, k)$ -зерно МАП, с силой $F_{i,j,k}^z$, и старается вытолкнуть его из технологического зазора при условии, что расстояние от оси до i, j, k -ячейки R_i меньше радиуса сердечника магнитопровода R_c , вращающегося вокруг оси OY .

Составляющая силы взаимодействия $F_{i,j,k}^z$ определяется через геометрическую сумму кинетической и магнитной составляющих для каждого отдельного зерна. Взаимодействия соседних зерен определяются для каждого i, j, k -ого зерна:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1,j,k}^z = m \cdot w_1 + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_1^y \rangle) = m \cdot R_1 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_1^y \rangle), \\ F_{2,j,k}^z = m \cdot w_2 + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_2^y \rangle) = m \cdot R_2 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_2^y \rangle), \\ \dots \\ F_{i-1,j,k}^z = m \cdot w_{i-1} + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_{i-1}^y \rangle) = m \cdot R_{i-1} \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_{i-1}^y \rangle), \\ F_{i,j,k}^z = m \cdot w_i + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_i^y \rangle) = m \cdot R_i \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\mu_0} d^3 \cdot \bar{B}^2 \cdot \cos(\langle \bar{B} \cdot \bar{a}_i^y \rangle). \end{array} \right.$$

где \bar{a}_i^y - ось, проходящая через центр тяжести зерна, перпендикулярная оси OY .

Составляющая сила $F_{i,j,k}^z$ будет определяться по формуле:

$$F_{i,j,k}^z = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right)^2 \cdot R_i^3 \cdot m + \frac{V \cdot \bar{B}^2}{\mu_0} \cdot \frac{R_n - R_i}{(R_n - R_i)^2 + \delta_k^2}$$

Суммарная сила $F_{\sum i,j,k}^z$ i -го зерна будет определяться по формуле:

$$F_{\sum i,j,k}^z = \sum_{i=1}^l F_{i,j,k}^z = \sum_{i=1}^l \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right)^2 \cdot R_i^3 \cdot m + \sum_{i=1}^l \frac{V \cdot \bar{B}^2}{\mu_0} \cdot \frac{R_n - R_i}{(R_n - R_i)^2 + \delta_k^2}.$$

Составляющая силы взаимодействия $F_{i,j,k}^x$ для установившегося процесса определяется через кинематическую составляющую, и для каждого о зерна МАП, находящегося на радиусе R_i от оси вращения будет постоянна:

$$F_{i,j,k}^x = F_{i,j-1,k}^x$$

При отсутствии сил трения $F_{i,j,k}^x = 0$.

Суммарная сила $F_{\Sigma i,j,k}$ в i, j, k - ячейке технологической зоны будет определяться:

$$F_{\Sigma i,j,k} = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^l \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right)^2 \cdot R_i^3 \cdot m + \sum_{i=1}^l \frac{V \cdot B^2}{\mu_0} \cdot \frac{R_n - R_i}{(R_n - R_i)^2 + \delta_k^2} \right\}^2 + \left\{ m \cdot g \cdot \frac{R_i}{d} + \sum_{i=1}^l \frac{V \cdot B^2}{\mu_0} \cdot \frac{\delta_k}{(R_n - R_i)^2 + \delta_k^2} \right\}^2}$$

На рисунке 3 представлен график зависимости суммарной силы $F_{\Sigma i,j,k}$, с которой все зерна МАП, находящиеся на расстоянии R_i от оси вращения в постоянном рабочем зазоре δ_k с плоским терцем сердечника магнитопровода воздействуют на соседний слой зерен.

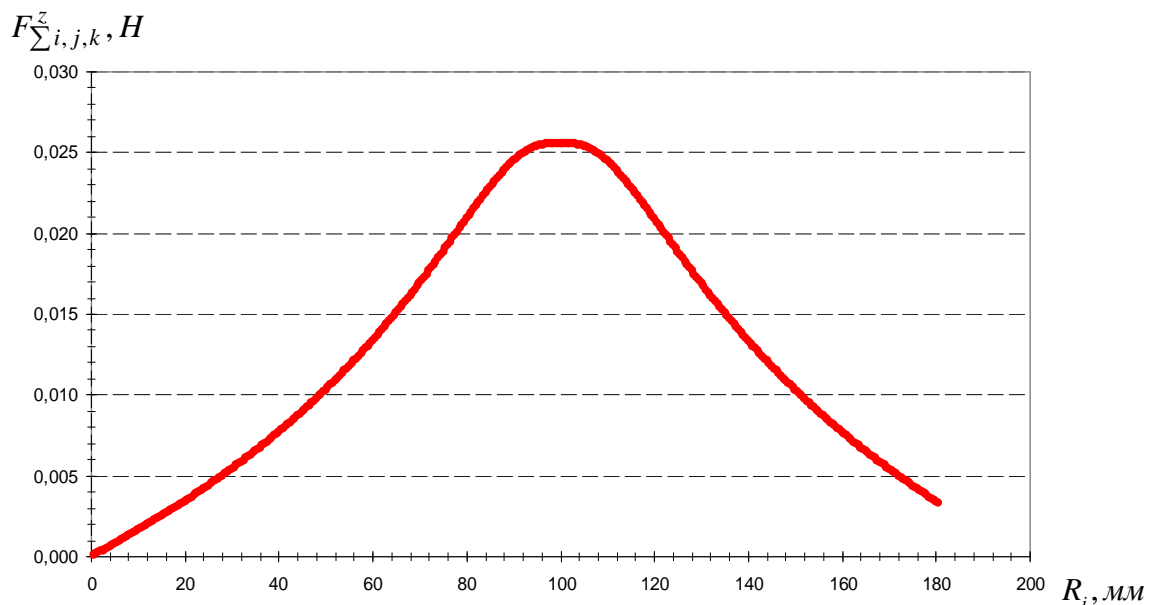


Рис. 3. График зависимости суммарной силы $F_{\Sigma i,j,k}$ от радиуса концентратора магнитного потока $R_n = 100 \text{ мм}$.

Подытоживая вышесказанное, на процесс формирования технологической зоны при МАО влияет следующее:

- структура технологической среды напрямую зависит от магнитных характеристик и рабочего зазора в технологической зоне обработки;
- в реальных условиях пакетированный МАП имеет вид однородно-структурированной технологической среды с включением зональных дефектов структуры.

Заключение.

Финишная обработка, в большинстве случаев, завершают технологический процесс и обеспечивают необходимые технические характеристики поверхностного слоя изделия. Основной проблемой финишной обработки является обеспечение качества поверхностного слоя изделия при большом числе взаимосвязанных факторов, вызывающих формообразование поверхности и необходимую структуру поверхностного слоя.

В работе рассмотрены основные силы в технологической зоне, возникающие при наведении магнитного поля. Составлены уравнения для определения сил взаимодействия зерен МАП в рабочем зазоре, зависящих от геометрических характеристик зерна МАП, при наведении равномерного магнитного поля.

В дальнейшем необходимо вывести математическое описание процесса резания единичным зерном МАП в зависимости от его положения в технологической зоне обработки.

Список литературы: 1. Бессонов С. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2001. – 317 с. 2. Барон Ю. М. Технология абразивной обработки в магнитном поле. - Л.: Машиностроение, 1975 – 128 с. 3. Юнусов Ф.С. Формообразование сложно профильных поверхностей шлифованием. - М.: Машиностроение, 1987. – 248 с. 4. Лебедев В.Я. , Миронов А.М. , Сергеев Л.Е. Магнитно-абразивная обработка Рабочих поверхностей зубчатых колес //Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 11-16 сентября 2006 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2006. Т. 2. – 324 с.5. Хейфец М.Л., Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей.- Гомель: ИММС НАНБ, 1999.- 276 с.

Сдано в редакцию 09.05.07

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКА СЛУЖБЫ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ЗАГРУЗКЕ НАСЫПНОГО ГРУЗА НА КОНВЕЙЕР ЧЕРЕЗ ЗАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Монастырский С.В., Кирия Р.В.
(ИГТМ НАНУ, Днепрпетровск, Украина)

In work the problem of optimization of service life of a conveyor tape is solved at loading a bulk cargo on the conveyor through the loading device. It is established, that function of the purpose essentially depends on average speed of movement of a cargo on a trench and physicomechanical properties of a loaded material. Values of speeds of movement of a cargo on a trench and its deterioration are analytically certain and checked up experimentally at influence of a moving material.

Постановка задачи оптимизации срока службы конвейерной ленты следующая: в пункте загрузки на ленту, движущуюся со скоростью v_d , загружается насыпной груз различного гранулометрического состава через загрузочное устройство со скоростью $V_{гр}$ и под углом атаки γ_d . Мелкокусковые фракции загружаются на ленту непрерывно, а крупные куски – с интервалом, изменяющимся по случайному закону. Верхняя обкладка ленты подвергается постоянному износу, интенсивность которого зависит от скорости взаимодействия груза с лентой и его гранулометрического состава. Ресурс