

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ
ОБРАБОТКЕ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС***Акулович Л.М.¹, д.т.н. профессор**Сергеев Л.А.¹, к.т.н.**Мендалиева С.И.², к.т.н.*¹*Белорусский государственный аграрно-технический университет, пр. Независимости, 99
г. Минск, 220023, Белоруссия*²*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, пр. Жеңіс 62
г. Нур-Султан, 010011, Казахстан***Аннотация**

В статье рассматривается процесс моделирования магнитного поля при магнитно-абразивной обработке (МАО) крупномодульных зубчатых колес. Разработана модель определения топографии электромагнитного потока в рабочем зазоре. При создании аналитической модели был использован метод комфортного преобразования на основе теоремы Кристоффеля – Шварца при условии, что магнитная проницаемость зубьев значительно больше магнитной проницаемости воздушного промежутка впадины. В настоящей статье приводится вариант построения и анализа топографии магнитного поля при МАО прерывистых поверхностей, заключающийся в разработке аналитической модели с учетом физических явлений, сопровождающих процесс МАО, и сопоставление этой модели с полученными экспериментальными данными. Проведено сопоставление этой модели с полученными экспериментальными данными. Предложено научное обоснование геометрической формы рабочей части полюсных наконечников при магнитно-абразивной обработке прерывистых поверхностей.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок (ФАП), поверхность, качество, прерывистые поверхности, полюсные наконечники.

Известно, что любая финишная абразивная обработка прерывистых поверхностей деталей машин (шлицевых, зубчатых профилей и т.п.) имеет более высокий уровень трудозатрат по сравнению с обработкой непрерывных поверхностей. Это обусловлено тем, что для абразивного инструмента с жестко связанным зерном обязательным условием является профилирование режущего контура адекватно обрабатываемой поверхности. В отличие от инструмента жестко связанным абразивным зерном, при МАО ферроабразивная «щетка» обладает возможностью частичного огибания контура обрабатываемой поверхности.[1,2] Для процесса МАО прерывистых поверхностей одной из главных задач является обеспечить необходимое распределение магнитного потока. Для прерывистых поверхностей таким участком является ферромагнитный материал его зуба, а не воздушный промежуток межзубной впадины, поскольку их магнитная проницаемость различная. Однако главная задача состоит в необходимости обработки именно межзубной впадины. Следовательно, при МАО

прерывистых поверхностей промежуток межзубной впадины должен быть заполнен частицами ФАП.

Проведенные исследования МАО зубчатых колес показали, что использование эквидистантного (по отношению к наружному диаметру) профиля полюсных наконечников обеспечивает удовлетворительную обработку зубчатых колес с модулем, не превышающим 1 мм. При МАО зубчатых колес с модулем более 1 мм эквидистантный профиль не обеспечивает непрерывность магнитного потока, в результате чего происходит разрыв ферроабразивной «щетки» между поверхностью полюсного наконечника и межзубной впадиной, тем самым не обеспечивается требуемое качество обработки. В связи с изложенным для возможности МАО прерывистых поверхностей необходимо определить топографию электромагнитного поля (ЭМП) в рабочем зазоре. Топография дает представление о распределении магнитных силовых линий в зазоре со сложным профилем, концентрация этих линий указывает на степень возможного заполнения частицами ФАП меж-

зубной впадины, обеспечивая тем самым давление ФАП на обрабатываемую поверхность. [3] В настоящей статье приводится вариант построения и анализа топографии магнитного поля при МАО прерывистых поверхностей, заключающийся в разработке аналитической модели с учетом физических явлений, сопровождающих процесс МАО, и сопоставление этой модели с полученными экспериментальными данными.

При создании аналитической модели был использован метод комфортного преобразования на основе теоремы Кристоффеля – Шварца при следующих условиях: магнитная проницаемость зубьев значительно больше магнитной проницаемости воздушного промежутка впадины, определение топографии производилось только по двум зубьям, поскольку топографии ЭМП присуще свойство симметрии. Так как двумерное пространство дает достаточно полное представление о топографии магнитного поля, то был осуществлен перевод оси z в бесконечность, что значительно уменьшает объем

вычислений, а использование в теореме Кристоффеля – Шварца гиперболических функций $sh x$ и $ch x$ исключает показатель периодичности. Это обуславливает необходимость изменения в процессе МАО прерывистых поверхностей величины зазора между полюсным наконечником и обрабатываемой поверхностью зубчатого колеса и соответственно несколько вариантов решения задачи. По техническим соображениям можно рассматривать два варианта исполнения профиля полюсного наконечника. Сущность первого варианта состоит в создании концентратора на полюсном наконечнике оппозитно межзубной впадине. Однако при таком варианте изменение любого геометрического параметра прерывистой поверхности требует создания нового полюсного наконечника, что значительно увеличивает их номенклатуру и экономически может быть неэффективным. Второй вариант связан с созданием серповидной формы рабочего зазора (рис. 1), топография которого определяется согласно предлагаемой аналитической модели.

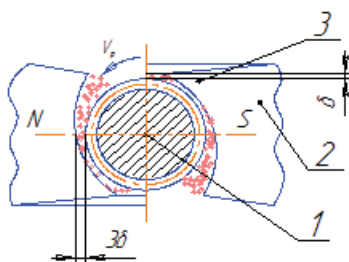


Рисунок 1 - Схема МАО с серповидной формой рабочего зазора:
1 - обрабатываемая заготовка; 2 - полюсный наконечник; 3 - ФАП

При расчете топографии ЭМП используем функцию комплексного переменного во впадине прерывистой поверхности в виде комплексного потенциала W [4]:

$$W = V + jU, \tag{1}$$

где $V = const$ – силовые линии;

j – векторная величина;

U – линии равного потенциала, $U = const$ поскольку:

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{\partial U}{\partial y}.$$

Взаимосвязь комплексного потенциала с магнитным полем представляется зависимостью:

$$-j \frac{\partial W}{\partial z} = B_x + jB_y, \tag{2}$$

при этом:

$$B_x = -\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial y},$$

$$B_y = -\frac{\partial U}{\partial y} = -\frac{\partial V}{\partial x}. \quad (3)$$

Использование комплексного потенциала W для определения магнитной индукции B производится следующим образом: верхняя полуплоскость $\eta = I_m(\zeta) > 0$ отображается на реальную область в плоскости z , в которой находится ЭМП с заданным распределением магнитных потенциалов U (рис. 2),

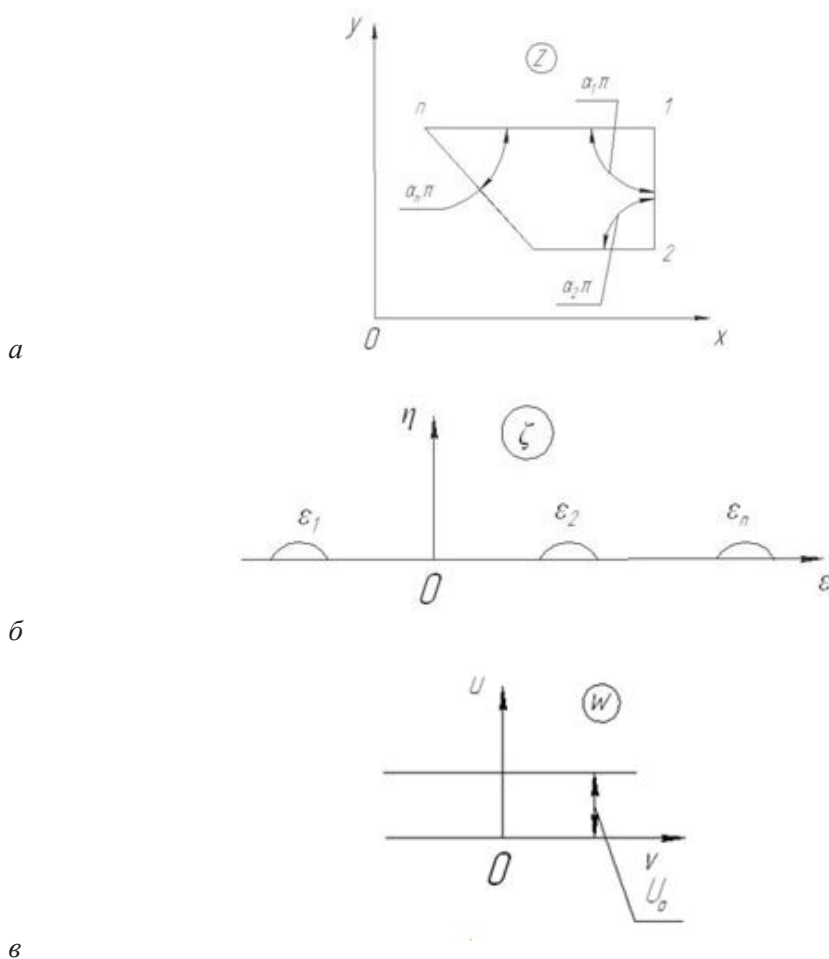


Рисунок 2 - Конформное отображение расчета магнитного поля с применением интеграла Кристоффеля – Шварца: а – плоскость реальной плоскости, б – плоскость комплексного переменного, в – плоскость комплексного потенциала

Используя формулу (1) и представив $U=const$ и $V=const$, как линии равных значений (поле в рабочем зазоре между профилем полюсного наконечника и обрабатываемой поверхностью), отобразим $W=V+jU$ на верхнюю полуплоскость таким образом, чтобы точки плоскости ζ , имеющие потенциалы U_1 , U_2 и т.д. перешли в соответствующие кривые $U=const$ в плоскости W . В результате такого преобразования получим зависимость $W=f_1(\zeta)=f_2(z)$, связывающую комплексный потенциал с реальной конфигурацией области, в которой находится магнитное поле.[5]

Для известной функции $W=f_2(z)$ магнитная индукция B определяется из формулы (3):

$$B = \left| \frac{dW}{d\zeta} \cdot \frac{d\zeta}{dz} \right|. \quad (4)$$

Поэтому конформное преобразование можно производить на основе следующей теоремы Кристоффеля – Шварца: если $z=f(\zeta)$ представляет собой отображение верхней полуплоскости $\eta = I_m(\zeta) > 0$ на ограниченный многоугольник с углами $\alpha_k \pi (0 < \alpha_k < 2, k=1, 2, \dots, n)$ при вершинах, причем определенные точки ζ_k действительной оси на плоскости ζ соответствуют вершинам многоугольника на плоскости $z (-\infty < \zeta_1 < \zeta_2 < \dots < \zeta_n < \infty)$, то $f(\zeta)$ имеет вид:

$$z = C_1 \int (\zeta - \xi_1)^{\alpha_1 - 1} \dots (\zeta - \xi_n)^{\alpha_n - 1} d\zeta + C_2, \quad (5)$$

где C_1 и C_2 – постоянные величины.[6]

В случае если две смежные стороны многоугольника параллельны, точка их пересечения находится в бесконечности, а $\alpha_k=0$. Формула $z=f(\zeta)$ упрощается, если принять, что одна из точек на оси ζ , принадлежащей плоскости ζ лежит в бесконечности. В этом случае из формулы (5) исключаются соответствующие множители типа $(\zeta - \xi_n)^{\alpha_n - 1}$, соответственно расчет упрощается при сохранении результата. Пусть часть поверхности имеет магнитный потенциал U_1 , а остальные – U_2 . При наличии разности потенциалов $U_1 - U_2 = U_0$ внутри рабочего зазора магнитное поле будет равномерным.

Отобразив плоскость комплексного потенциала $W = V + jU$ на верхнюю плоскость $\eta = I_m(\zeta) > 0$ таким образом, чтобы точки плоскости ζ , имеющие потенциалы U_1, U_2 , соответствовали прямым U_1 и U_2 плоскости W , получим искомую зависимость $W = f_1(\zeta) = f_2(z)$, для которой с помощью формул (2) и (3) находится искомая индукция.

Используя интеграл Кристоффеля-Шварца, отобразим многоугольник $yQDRP$ плоскости $z=x+jy$ на полуплоскость $\zeta=\xi+j\eta$ (рис. 3).[5,6]

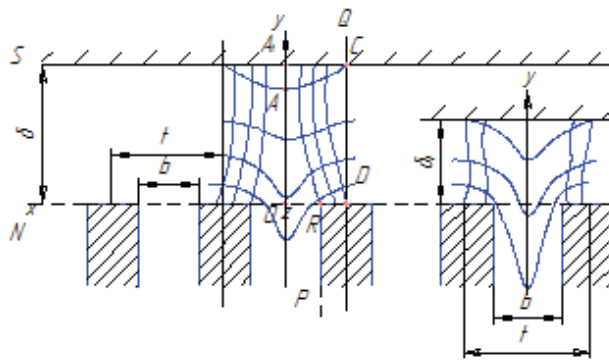


Рисунок 3 - Схема топографии ЭМП при величинах рабочего зазора δ и δ_1

Тогда координата

$$z = C_1 \int \frac{1}{\zeta} \sqrt{\frac{\zeta - \alpha}{\zeta - 1}} d\zeta + C_2. \quad (6)$$

Произведем связь полуплоскости ζ с полосой шириной πj в плоскости $W = V + jU$:

$$\zeta = ch^2 \frac{W}{2}. \quad (7)$$

Постоянные величины C_1 , C_2 и α определяются при граничных условиях $\zeta = a$; $Z = \frac{b}{2t}$; $\zeta = 1$; $Z = \pi$; $\zeta \rightarrow \infty$; $\frac{dW}{dZ} = -j$. Поставив значения C_1 , C_2 и α в (3) и произведя интегрирование, получим:

$$Z = \frac{b}{2t} - \frac{j}{2\pi} \left[\ln \frac{\sqrt{\zeta-1} + \sqrt{\zeta - \left(\frac{b}{t}\right)^2}}{\sqrt{\zeta-1} - \sqrt{\zeta - \left(\frac{b}{t}\right)^2}} - \frac{b}{t} \ln \frac{\sqrt{\zeta-1} - \sqrt{\frac{t^2}{b^2} \zeta - 1}}{\sqrt{\zeta-1} + \sqrt{\frac{t^2}{b^2} \zeta - 1}} \right], \quad (8)$$

где b – ширины впадин, мм;

t – шаг впадин, мм.

Выделим из (8) мнимую часть, тогда при $y = \delta$ получим

$$\frac{\delta}{t} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \ln \left[\frac{ch^2 \frac{V}{2} + sh \frac{V}{2} \sqrt{ch^2 \frac{V}{2} - \left(\frac{b}{t}\right)^2}}{1 + \left(\frac{b}{t}\right)^2} - \frac{1 + \left(\frac{b}{t}\right)^2}{2} \right] - \frac{b}{t} \ln \left[\frac{1 + \left(\frac{b}{t}\right)^2}{2} - \frac{\left(\frac{b}{t}\right)^2}{ch^2 \frac{V}{2}} + \left(\frac{b}{t}\right) \frac{sh \frac{V}{2}}{ch^2 \frac{V}{2}} \cdot \sqrt{ch^2 \frac{V}{2} - \left(\frac{b}{t}\right)^2} + \left(1 - \frac{b}{t}\right) \ln \frac{2}{1 - \left(\frac{b}{t}\right)^2} \right] \right\} \quad (9)$$

где V – действительная часть комплексного потенциала.

На эквивалентной поверхности AC $V = const$, а на силовых линиях DC и OA согласно (8) имеем $V_C = 0$ и $V_A = \pi$. Тогда величину магнитной индукции в любой точке можно определить по формуле (6).

В точках C и A величина магнитной индукции определяется по формулам:

$$B_C = \frac{ch \frac{V}{2}}{\sqrt{ch^2 \frac{V}{2} - \left(\frac{b}{t}\right)^2}};$$

$$B_A = \frac{sh \frac{V}{2}}{\sqrt{sh^2 \frac{V}{2} + \left(\frac{b}{t}\right)^2}}; \quad (10)$$

Используя формулу (4), можно найти изменение магнитной индукции β в зазоре:

$$\beta = \frac{B_C - B_A}{B_{CP}} = \left(\frac{b}{t}\right)^2 chV \cdot \left[\frac{\sqrt{ch^2 \frac{V}{2} - \left(\frac{b}{t}\right)^2} \cdot \sqrt{sh^2 \frac{V}{2} + \left(\frac{b}{t}\right)^2}}{\left(ch \frac{V}{2} \sqrt{sh^2 \frac{V}{2} + \left(\frac{b}{t}\right)^2} + sh \frac{V}{2} \sqrt{ch^2 \frac{V}{2} - \left(\frac{b}{t}\right)^2} \right)} \right]^{-1}. \quad (11)$$

В формуле (10) можно найти изменение индукции β в зависимости от параметров b/t при учете того, что на любой эквипотенциальной поверхности:[7]

$$B_{CP} = \frac{U_A - U_C}{\pi} = 1. \tag{12}$$

Поскольку отношение b/t в зубчатом контуре прерывистых поверхностей находится в пределах $0,3 \leq b/t \leq 0,6$ и соответствующая действительная часть комплексного потенциала $V \geq 6$, то:

$$\beta = \frac{2\left(\frac{b}{t}\right)^2}{ch^2 \frac{V}{2}}, \tag{13}$$

$$\frac{\delta}{t} = \frac{1}{2\pi} \left\{ V + \left(1 - \frac{b}{t}\right) \ln \frac{1}{1 - \left(\frac{b}{t}\right)^2} - \frac{b}{t} \ln \left[1 + \left(\frac{b}{t}\right)^2 \right] \right\}. \tag{14}$$

Откуда:

$$\beta = \frac{8\left(\frac{b}{t}\right)^2}{1 - \left(\frac{b}{t}\right)^2} \left(\frac{1 - \frac{b}{t}}{1 + \frac{b}{t}} \right)^{\frac{b}{t}} e^{-2\pi \frac{\delta}{t}}$$

При уменьшении зазора δ в несколько раз (величина δ_1 на рис.3) формула изменения магнитной индукции имеет вид:

$$\beta = \frac{B_A - B_O}{B_{CP}} = \frac{\pi \delta_1 t h^2 V}{bV} \frac{1}{2} \left[\frac{\sqrt{\left(\frac{2\delta_1}{b}\right)^2 + \frac{1}{ch^2 \frac{V}{2}} \cdot \left(\frac{2\delta_1}{b}\right)^2 + 1} \times \left(\sqrt{\left(\frac{2\delta_1}{b}\right)^2 + 1} + V \left(\frac{2\delta}{b}\right)^2 + \frac{1}{ch^2 \frac{V}{2}} \right)}{\right]^{-1} \frac{t}{\delta_1}.$$

$$\frac{t}{\delta} = \frac{4}{\pi} \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{2} \ln \left[\left(\frac{2\delta}{b} \right)^2 chV - 1 + \frac{4\delta}{b} cth \frac{V}{2} \sqrt{\left(\frac{2\delta}{b} \right)^2 - \frac{1}{sh^2 \frac{V}{2}}} \right] + \\ & + \frac{b}{2\delta} \arctg \frac{cth \frac{V}{2}}{\sqrt{\left(\frac{2\delta}{b} \right)^2 - \frac{1}{sh^2 \frac{V}{2}}}} - \frac{1}{2} \ln \left[\left(\frac{2\delta}{b} \right)^2 + 1 \right] \end{aligned} \right\}.$$

Графическая зависимость величины относительного изменения магнитной индукции от соотношения величины рабочего зазора и шага элементов прерывистой поверхности изображена на рисунке 4.

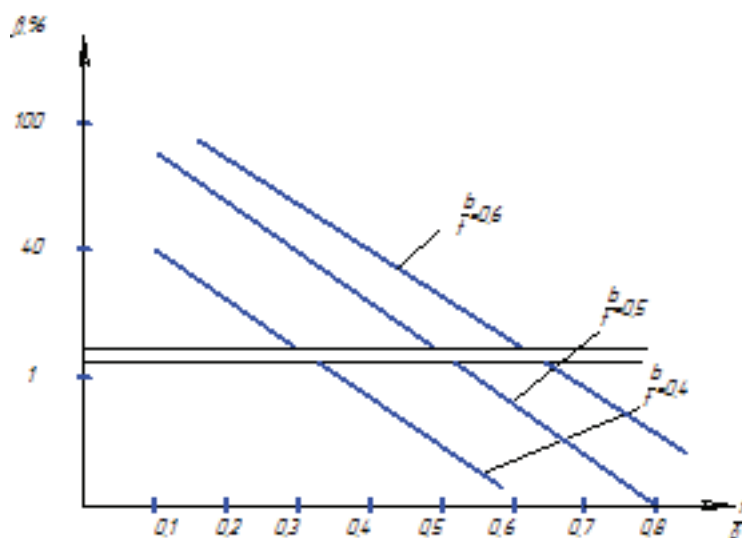


Рисунок 4 - График зависимости относительного изменения β % магнитной индукции от соотношения шага элементов t прерывистой поверхности и величины рабочего зазора δ

Характер полученных зависимостей можно объяснить следующим образом: в случае уменьшения зазоров δ максимальное значение магнитной индукции достигается при $x \rightarrow \infty$, т.е. при условии, что изменение магнитной индукции определяется величиной зазора и шириной впадин. Анализ приведенных зависимостей показывает, что уменьшение величины зазора приводит к увеличению магнитной индукции в межзубной впадине и соответственно удержанию ферроабразивных частиц во впадинах прерывистых поверхностей зубчатого колеса.[8,9]

Для проверки приведенных теоретических обоснований были изготовлены полюсные наконечники электромагнитной системы (ЭМС) с профилем, обеспечивающим переменный ра-

бочий зазор. Соотношение максимальной величины рабочего зазора к минимальной было принято 3:1. Была проведена обработка методом MAO зубчатых колес с модулем 3,5 мм, (наружный диаметр – 180 мм, ширина венца – 32 мм, материал – сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71, 62-64 HRC) на следующих режимах: величина магнитной индукции, $B=1$ Тл; скорость резания, $V_p=1,5$ м/с; скорость осцилляции, $V_o=0,15$ м/с; амплитуда осцилляции, $A=1$ мм; зернистость ФАП, $\Delta=100/160$ мкм.[10,11]

В результате MAO зубчатых колес в течение 180 с была обеспечена шероховатость поверхности бокового профиля (на уровне делительной окружности) зубьев $Ra_2 = 0,4 - 0,5$ мкм при исходной $Ra_1 = 1,6 - 2,0$ мкм.

На основе математического моделирования топографии электромагнитного поля и проведенных экспериментальных исследований дано научное обоснование геометрической формы рабочей части полюсных наконечников

при магнитно-абразивной обработке прерывистых поверхностей. [11] Это позволяет производить МАО зубчатых колес с модулем до 3,5 мм и шлицевых валов.

Список литературы

- 1 Акулович Л.М., Андрушкевич И.Е., Сергеев Л.Е. Моделирование магнитостатических полей при магнитно-абразивной обработке деталей. Докл. II Международной конференции «Математическое моделирование и фундаментальные уравнения. Минск. - 2009.-С.31-33.
- 2 Акулович, Л.М. Магнитно-абразивная обработка прерывистых поверхностей. Вестник Полоцкого государственного университета, серия В, №2, 2009. -С.72-75.
- 3 Singh P. Internal finishing of cylindrical pipes using sintered magnetic abrasives. International Journal of Engineering Science and Technology. Vol.3, No 7, 2011.- PP. 5747-5753.
- 4 Брынский Е.А. Электромагнитные поля в электрических машинах. – Л.: Энергия. Ленингр. отделение, 1979. – 176 с.
- 5 Kamble P.D. Use of Magneto Abrasive Flow Machining to Increase Material Removal Rate and Surface Finish. International Journal of Mechanical, Automobile & Production Engineering. Vol. 2 (7), 2012.- С. 249-262
- 6 Романюк Н.Н., Акулович Л. М., Сергеев Л.Е., Нукашев С.О., Мендалиева С.И. Косатбекова Д.Ш. Обработка поверхностей изделий в распределенных и концентрированных физических полях. Астана. – Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина. - 2016. - 303 с.
- 7 Sadic A., Shunmugam M.S. Magnetic field analysis and roughness prediction in magnetorheological abrasive honing(MRAN). - Machining science and technology. - Vol.13. - 2. - P. 246-268
- 8 Житников Ю.З. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: учебник. - Старый Оскол: ТНТ, 2017.- 656 с.
- 9 Kodacsy J., Magneto-abrasives Polieren und Entgraten Witerenwickelte Feinbearbeitung . Tech. Rdsch. 1990. -Vol. 82. N 37. -P. 76-79.
- 10 Yamaguchi H., Shimura T., Takenada M. Development of a new precision internal machining processing on alternating magnetic field. Prec. Eng. 2003, N 27.-P.51-58
- 11 Wantuch E. Zutze, H. Magnetic-abrasive Bearbeitung. - New Fertigungs technologies, 2002. - Vol. 5.- P. 232-237

References

- 1 Akulovich L.M., Andrushkevich I.E., Sergeev L.E. Modelirovanie magnitostaticeskikh polej pri magnitno-abrazivnoj obrabotke detalej. Dokl. II Mezhdunarodnoj konferencii «Matematicheskoe modelirovanie i fundamental'nye uravneniya. Minsk. - 2009.-P. 31-33.
- 2 Akulovich, L.M. Magnitno-abrazivnaya obrabotka preryvistykh po-verhnostej. Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta, seriya V, №2, 2009. p.72-75.
- 3 Singh P. Internal finishing of cylindrical pipes using sintered magnetic abrasives. International Journal of Engineering Science and Technology. Vol.3, No 7, 2011.- PP. 5747-5753.
- 4 Brynskiy E.A. Elektromagnitnye polya v elektricheskikh mashinah. - L.: `Energiya. Leningr. otделение, 1979. - 176 p.
- 5 Kamble P.D. Use of Magneto Abrasive Flow Machining to Increase Material Removal Rate and Surface Finish. International Journal of Mechanical, Automobile & Production Engineering. Vol. 2 (7), 2012.- P. 249-262
- 6 Romanyuk N.N., Akulovich L. M., Sergeev L.E., Nukeshev S.O., Mendaliev S.I. Kosatbekova D.Sh. Obrabotka poverhnostej izdelij v raspredelennyh i koncentrirovannyh fizicheskikh polyah. Astana. - Kazahskij agrotehnicheskij universitet im. S. Sejfullina. - 2016. - 303 p.
- 7 Sadic A., Shunmugam M.S. Magnetic field analysis and roughness prediction in magnetorheological abrasive honing (MRAN). - Machining science and technology. - Vol.13. - 2. - p. 246-268
- 8 Zhitnikov Yu.Z. Avtomatizaciya tehnologicheskikh i proizvodstvennyh processov v mashi-

nostroenii: uchebnik. - Staryj Oskol: TNT, 2017.- 656 p.

9 Kodacsy J., Magneto-abrasives Polieren und Entgraten Witerenwikelte Feinbearbeitung . Tech. Rdsch. 1990. Vol. 82. N 37. p. 76-79.

10 Yamaguchi H., Shimura T., Takenada M. Development of a new presision internal machining processing on alternating magnetic field. Prec. Eng. 2003, N 27.- P.51-58

11 Wantuch E. Zutze, H. Magnetic-abrasive Beatbeitung. - New Fertigungs technologies, 2002. - Vol. 5.-P. 232-237

ІРІ МОДУЛЬДІ ТІСТІ ДОҢҒАЛАҚТАРДЫ МАГНИТТІ-АБРАЗИВТІ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ МАГНИТТІК ӨРІСТІ МОДЕЛЬДЕУ

Акулович Л.М.¹ т. г.д. профессор

Сергеев Л.А.¹ т.г.к.

Мендалиева С.И.² т.г.к.

¹*Беларусь мемлекеттік аграрлық-техникалық университеті, Тәуелсіздік даңғылы, 99 Минск, 220023, Беларусь*

²*С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даңғылы, 62 Нұр-Сұлтан қ. 010011, Қазақстан*

Түйін

Мақалада әртүрлі режимдерде 3,5 мм модулі бар берілістерді өндеудің магниттік абразивті әдісін қолдану бойынша зерттеулер нәтижелері келтірілген. Өндеу режимдерінің негізгі параметрлері магнит индукциясының мөлшері, кесу жылдамдығы, тербеліс жылдамдығы, тербеліс амплитудасы және ферроабразивті ұнтақтың (ФАҰ) дән мөлшері болды. Жұмыс саңылауындағы электромагниттік ағынның топографиясын анықтауға арналған модель жасалды. МАӨ үзіліссіз беттер үшін магнит өрісінің топографиясын құру және талдаудың нұсқасы келтірілген. Зерттеу нәтижелері бойынша ұзартылған беттерді магниттік абразивті өндеуге арналған полюстер бөліктерінің жұмыс бөлігінің геометриялық пішінінің ғылыми негіздемесі ұсынылған.

Кілттік сөздер: магниттік абразивті өндеу, ферроабразивті ұнтақ, сапасы, үзіліссіз беттер, полюстің ұштары.

MODELING OF A MAGNETIC FIELD DURING MAGNETIC ABRASIVE TREATMENT OF LARGE-MODULAR GEAR WHEELS

Akulovich L.M.¹, Doctor of Technical Sciences, professor

Sergeev L.A.¹, Ph.D.

Mendaliyeva S.I.², Ph.D.

¹*Belarusian State Agrarian Technical University, 99 Nezavisimosti Avenue Minsk, 220023, Belarus*

²*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis Avenue Nur-Sultan, 010011, Kazakhstan*

Summary

The article presents the results of studies on the use of the magnetic abrasive method of processing gears with a module of 3.5 mm in various modes. The main parameters of the processing regimes were the magnitude of the magnetic induction, cutting speed, oscillation speed, oscillation amplitude, and grain size of the ferroabrasive powder (FAP). A model for determining the topography of the electromagnetic flux in the working gap has been developed. An option of constructing and analyzing the topography of the magnetic field for MAM discontinuous surfaces is given. According to the results of studies the scientific substantiation of the geometric shape of the pole pieces working part for magnetically abrasive machining of intermittent surfaces is proposed.

Key words: magnetic abrasive treatment, ferroabrasive powder, quality, intermittent surfaces, pole tips.