

нологические параметры процесса ЭМН, обеспечивает равномерность и однородность покрытий по толщине.

#### Литература

1. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л.М. Акулович. – Полоцк : ПГУ, 1999. – 240 с.
2. Ракомсин, А.П. Упрочнение и восстановление изделий в электромагнитном поле / Ракомсин, А.П. ; под ред. П. А. Витязя. – Минск : Парадокс, 2000. – 201 с.
3. Акулович, Л.М. Повышение качества покрытий при электромагнитной наплавке в постоянном магнитном поле / Л.М. Акулович, А.В. Миранович // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2008. – № 8. – С. 58–65.
4. Акулович, Л. М. Исследование влияния стабилизированных параметров электромагнитной наплавки на износостойкость покрытий / Л.М. Акулович, А.В. Миранович // Сб. науч. тр. В 3 кн. Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки / редколлегия : С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2014. – С. 17 – 28.

УДК 621.923

### **ПРОФИЛИРОВАНИЕ КОНТУРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФИНИШНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

**Акулович Л.М., д.т.н., профессор, Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент,  
Сенчуров Е.В., ст. преподаватель**

Белорусский государственный аграрный технический университет

Повышение стойкости пуансонов в основном зависит от качества их рабочих поверхностей и, например, установлено, что направление штрихов на этих поверхностях оставленных режущим инструментом при финишной обработке должно быть параллельно течению или движению материала штампуемой детали [1].

Для финишной обработки пуансонов чаще всего используется полирование, однако этот способ характеризуется высокой долей ручного труда и вследствие этого резко отличными друг от друга результатами. Одним из видов такой обработки является магнитно-абразивная обработка (МАО) [2-4]. Основное достоинство МАО заключается в возможности нивелирования режущего контура инструмента относительно профиля обрабатываемой детали, однако эффективность абразивной способности ферроабразивной «щетки» проявляется на уровне длины цепочек частиц ферроабразивного порошка (ФАП) от 3 до 10 мм. В ряде случаев для интенсивной обработки сложнопрофильных поверхностей деталей машин необходимо создание такого контура полюсных наконечников электромагнитной системы (ЭМС), который имеет эквидистантное по отношению к детали или приближенное к нему положение. Проблема распределения электромагнитного поля (ЭМП) в рабочем зазоре часто решается использованием метода сеток или интуитивным способом, требующим высокой квалификации специалистов. Однако грамотное конструктивное решение, полученное аналитическим или графическим способом, обеспечивает однородность ферроабразивной «щетки» и градиента магнитной индукции в зоне обработки, что гарантирует отсутствие разницы давления ФАП на различных участках обрабатываемой детали. Поэтому с целью повышения производительности и качества обработки пуансонов для глубокой вытяжки металла следует обеспечить наибольшую конформность, т.е. полноту прилегания поверхности инструмента к поверхности детали в области их контакта и произвести переход от интуитивного понимания топографии ЭМП к ее объемному и однозначному восприятию, имеющему алгебраическое выражение. Для многих поверхностей получение непрерывных аналитических описаний по целому ряду причин в условиях производства является не всегда возможным решением и поэтому геометрическая информация сопряжена не с функциональным, а дискретным характе-

ром распределения совокупности точек, принадлежащих этой поверхности. Поэтому для правильного формообразования профиля полюсного наконечника и получения вследствие того необходимой производительности и качества обработки требуется обеспечить условие максимально полного контакта материальных носителей формы как пуансона, так и ферроабразивной «щетки», ориентированной соответствующим контуром полюсного наконечника.

Поскольку наиболее точным заданием и отображением поверхности пуансонов в виде как явных, так и неявных функций является эквидистанта, то метод расчета профиля полюсных наконечников для мягких режимов обработки предлагается реализовать следующим образом: профиль полюсного наконечника представлен, как огибающая окружности для полюсного наконечника, центр которой  $O_p$  колеблется по дуге окружности радиуса  $a$  относительно  $O_e$  (рисунок 1).

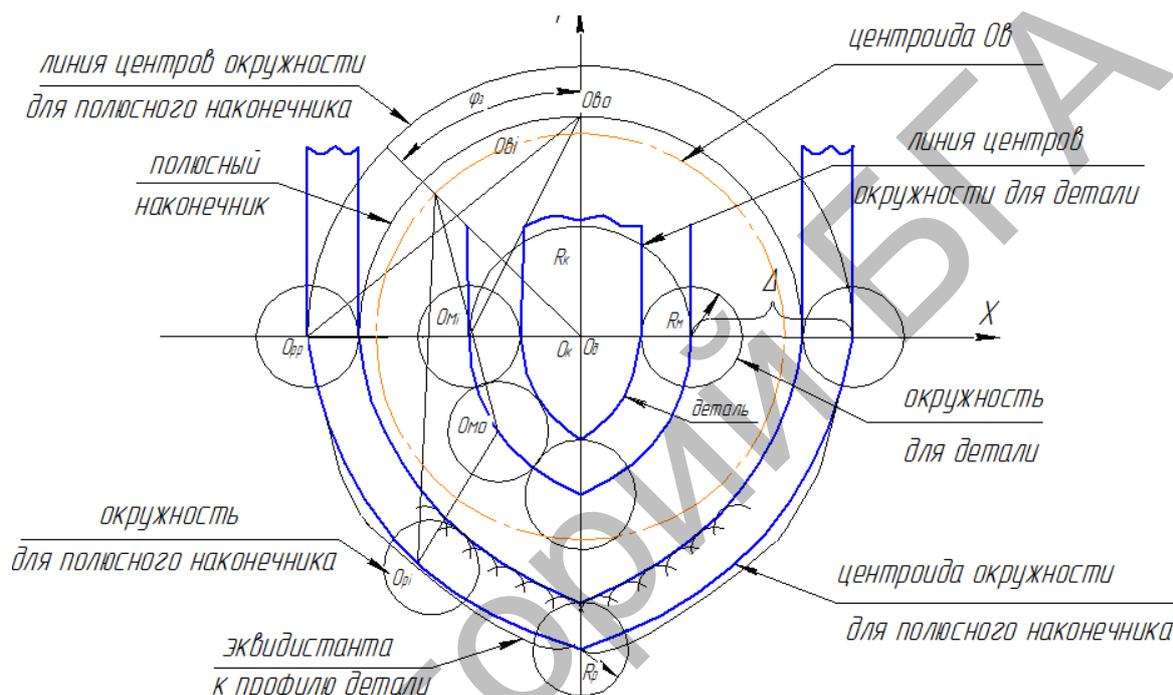


Рисунок 1 - Схема для определения профиля полюсного наконечника

Расчет профиля полюсного наконечника осуществляется адекватно способу задания профиля обрабатываемой поверхности детали и используя одну из систем уравнений (1), находится траектория центров инструмента  $O_u(x_u, y_u)$  и далее рассчитываются координаты относительного расположения центра вращения  $O_e(x_e, y_e)$  при заданном положении  $O_u$ . Положение  $O_e$  определяется как точка пересечения окружности радиуса  $R_k$  с центром в  $O_0(x_0, y_0)$  с окружностью радиуса  $b$  с центром в  $O_u(x_u, y_u)$

Находится траектория центров окружности для детали

$$X_u = x_a \pm \frac{R_u \cdot y'_a}{\sqrt{1 + (y'_a)^2}}; Y_u = y_a \pm \frac{R_u \cdot x'_a}{\sqrt{1 + (y'_a)^2}}. \quad (1)$$

Рассчитываются, аналогично координаты линии центров окружности для полюсного наконечника  $O_n(x_n, y_n)$

$$x_i = x_u \pm \Delta \cos \gamma = x_u \left( 1 \pm \frac{\Delta}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2}} \right); y_i = y_u \pm \Delta \sin \gamma = y_u \left( 1 \pm \frac{\Delta}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2}} \right). \quad (2)$$

Вычисляются координаты профиля полюсного наконечника

$$X_k = x_i \pm \frac{R_i \cdot y'_i}{\sqrt{(x'_i)^2 + (y'_i)^2}}; Y_k = y_i \pm \frac{R_i \cdot x'_i}{\sqrt{(x'_i)^2 + (y'_i)^2}}, \quad (3)$$

где

$$x'_i = x'_u \left( 1 \pm \frac{\Delta}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2}} \right) \mp \frac{x_u (x_u x'_u + y_u y'_u)}{(x_u^2 + y_u^2)^{3/2}}; \quad y'_i = y'_u \left( 1 \pm \frac{\Delta}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2}} \right) \mp \frac{y_u (x_u x'_u + y_u y'_u)}{(x_u^2 + y_u^2)^{3/2}}. \quad (4)$$

и где, в свою очередь,

$$x'_u = 1 \pm \frac{R_u y''_a}{[1 + (y'_a)^2]^{3/2}}; \quad y'_u = y'_a \pm \frac{R_u y'_a y''_a}{[1 + (y'_a)^2]^{3/2}}. \quad (5)$$

В зависимостях (5)

$$y''_a = \frac{\frac{\partial^2 F}{\partial X^2} \left( \frac{\partial F}{\partial Y} \right)^2 - 2 \frac{\partial^2 F}{\partial X \partial Y} \cdot \frac{\partial F}{\partial X} \cdot \frac{\partial F}{\partial Y} + \frac{\partial^2 F}{\partial Y^2} \left( \frac{\partial F}{\partial X} \right)^2}{\left( \frac{\partial F}{\partial Y} \right)^3}$$

при задании профиля детали в виде  $F(x_\partial, y_\partial) = 0$ ;  $y''_a = f''(\partial)$  - при задании профиля детали в виде  $y_a = f(x_a)$ .

Решая совместно уравнения,

$$\begin{aligned} x_b^2 + y_b^2 &= R_k^2, \\ (x_b - x_u)^2 + (y_b - y_u)^2 &= b^2. \end{aligned} \quad (6)$$

получаем

$$x_b = \frac{B_1 - y_u y_b}{x_u}; \quad y_b = \frac{B_1 y_u \pm \sqrt{B_1^2 y_u^2 + B_2 B_3}}{B_3}, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{R_k^2 - b^2 + x_u^2 + y_u^2}{2}; \quad B_2 = R_k^2 x_u^2 - B_1^2; \quad B_3 = x_u^2 + y_u^2; \\ y'_u &= y'_\partial \pm \frac{R_u [x'_\partial (y'_\partial)^2 - x'_\partial y'_\partial y''_\partial]}{[(x'_\partial)^2 + (y'_\partial)^2]^{3/2}}; \quad x''_\partial = x''_\partial(t); \quad y''_\partial = y''_\partial(t). \end{aligned} \quad (8)$$

В приведенных зависимостях значения  $x'_u$  и  $y'_u$  вычисляются согласно (5), а для вычисления  $x'_\partial$  и  $y'_\partial$  используются зависимости, приведенные ниже.

$$\begin{aligned} x'_a &= \left( \frac{B_1 - y_u y_a}{x_u} \right)' = \frac{(B_1' - y'_u y'_a - y_u y'_a) x_u - B_1 x'_u + y_u y'_a x'_u}{x_u^2}; \\ y'_a &= \left( \frac{B_1 y_u \pm \sqrt{B_1^2 y_u^2 + B_2 B_3}}{B_3} \right)' = \frac{1}{B_3^2} \left[ \left( B_1' y_u + B_1 y'_u + \frac{2B_1 B_1' y_u^2 + 2B_1^2 y_u y'_u + B_3 B_2 + B_3 B_3'}{2\sqrt{B_1^2 y_u^2 + B_2 B_3}} \right) \times \right. \\ &\quad \left. \times B_3 - B_1 B_3' y_u \mp B_3' \sqrt{B_1^2 y_u^2 + B_2 B_3} \right], \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$B_1' = x_u x'_u + y_u y'_u; \quad B_2' = 2R_k^2 x_u x'_u - 2B_1 B_1'; \quad B_3' = 2B_1'. \quad (10)$$

Эквидистантный профиль полюсных наконечников определяется в конечном итоге как огибающая окружности радиуса  $R_3 = R_u - R_n$ , центр которой  $(x_\partial, y_\partial)$  движется по профилю детали. Графическое построение профиля полюсного наконечника представлено на рисунке 2.

В результате произведенного расчета на основе задания обрабатываемой поверхности явных и неявных функций разработаны и созданы полюсные наконечники для ЭМС станка

МАРС-15 для МАО пуансонов глубокой вытяжки, при использовании которых произведена обработка вышеуказанных пуансонов, в результате чего достигаемая шероховатость составила диапазон  $Ra=0,1-0,2$  мкм.

Литература

1. Владимиров, В.М. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений. / В.М. Владимиров. - М.: Высшая школа, 1974. - 432 с
2. Ящерицын, П.И. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын, Л.М. Кожуро, А.П. Ракомсин и др. - Минск: Физико-технический институт, 1997. - 416 с.
3. Акулович, Л.М. Основы магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей / Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Лебедев В.Я. - Минск: БГАТУ, 2012. - 312 с
4. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н.С. Хомич. – Минск: БНТУ, 2006. – 218 с.

УДК 631.3

**ПРОБЛЕМА КЛАССИФИКАЦИИ МЕТОДОВ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН**

**Шапиро Е.А.**, к.т.н., доцент

Кубанский государственный аграрный университет

Проблема дефинирования (определения) и классификации методов технического обслуживания и ремонта машин является весьма актуальной для многих современных наук, изучающих технический сервис в АПК, и в первую очередь для надежности и ремонта машин. Однако до сих пор она остается мало разработанной, а потому в значительной степени дискуссионной как в части общих принципов, так и особенно в части конкретных классификационных схем и определения места отдельных методов и даже их групп в общей системе классификации.

В учебниках по надежности и ремонту машин вообще отсутствует определение метода ТО и ремонта машин.

Исчерпывающее определение метода ТО и ремонта машин требует, чтобы были указаны следующие аспекты: организационный, конструктивный, технический и технологический.

На наш взгляд, под методом ТО и ремонта машин понимается совокупность организационных форм, конструктивных способов, технических приемов и технологических операций выполнения ТО и ремонта машин.

Метод ТО и ремонта машин образует самостоятельный компонент общей теории технического сервиса машин в АПК. По своему непосредственному содержанию он представляет собой определенную совокупность форм, способов, приемов и операций выполнения процесса ТО и ремонта машин.

В научной, учебной, справочной литературе и обиходной ремонтной практике используют такие названия методов ТО и ремонта, как плано-предупредительный, индивидуальный, узловый, тупиковый, поточно-узловой, поточно-постовой, бригадный, агрегатный, полнокомплектный, обезличенный, необезличенный, фирменный, кооперированный, разнесенный, поэтапно-блочный, единовременный и т.п. [1, с. 45].

Поэтому классификация методов ТО и ремонта машин основывалась тогда лишь на принципе их координации, сводилась к тому, чтобы приложить внешним образом один метод к другому. В итоге получался ряд лишь внешне сопоставленных между собой методов организации ремонтно-обслуживающего производства [2, с. 4].:

A | B | C | D | и т.д.

(Здесь буквы А, В, С, D и т.д. обозначают отдельные методы, а вертикальными линия-