

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеенко Ф.И., Любецкий С.Н. Особенности боросилицирования порошков на железной основе // Известия вузов. Черная металлургия, 1995. – №2. – С. 16–19.
2. Ворошнин Л.Г., Пантелеенко Ф.И., Константинов В.М. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО. – Мн.: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 1999. – 133 с.
3. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали. – М.: Металлургия, 1967. – 798 с.
4. Ворошнин Л.Г. Антикоррозионные диффузионные покрытия. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 296 с.
5. Зорин А.А., Каспарова О.В., Хохлов Н.И. Исследование коррозионного и электрохимического поведения борированных сталей // Защита металлов. – 1989. – Т. 25, №3. – С. 390–398.
6. Медовар Б.И., Пинчук Н.И., Чекотило Л.В. Аустенитно-боридные стали и сплавы для сварных конструкций. – Киев: Наукова думка, 1970. – 145с.
7. Дергач Т.А., Сухомлин Г.Д. Влияние бора на структуру и стойкость против МКК аустенитной нержавеющей стали // Защита металлов. – 1989. – Т.25, №3. – С. 498–502.

УДК 621.923

**А.П.Ракомсин, И.С.Гаухштейн, Л.Е. Сергеев, М.И.Сидоренко**

### **КОНСТРУИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

*Белорусский государственный аграрный технический университет*

*РУП «Минский автомобильный завод»*

*Минск, Беларусь*

Известно, что финишная обработка сложнопровильных поверхностей деталей машин представляет сложную задачу. В машиностроении существует ряд отделочных операций, среди которых можно отметить магнитно-абразивную обработку (МАО) [1,2], направленных на реализацию равномерности размерного и массового съема материала с такого рода поверхностей. Однако применение метода МАО характеризуется тем, что при превышении перепада диаметральных размеров изделия более 6 мм интенсивность обработки резко падает и практически сводится к нулю. Это связано с особенностями физики магнитного поля. Поэтому решением этой проблемы является создание системы концентрации магнитного потока в рабочей зоне таким образом, чтобы наличие феррообразивного порошка (ФАП) соответствовало изменению конфигурации обрабатываемой поверхности. Известно устройство для МАО фасонных поверхностей с выполненными на рабочих поверхностях полусных окончаний концентраторами магнитного потока (МП), расположенных по взаимно сопря-

женным зеркально отражающим одна другую винтовым линиям [3]. Однако недостатком данного устройства служит низкая производительность и высокая сложность изготовления указанных выше полюсных наконечников.

Поэтому цель расчета заключается в повышении качества изготовления полюсных наконечников, гарантирующего соразмерность и точность взаимного расположения концентратора МП и обрабатываемой поверхности детали. Это выражается в том, что выполнение указанных выше концентраторов, расположенных по зеркально отражающим одна другую линии с учетом движения осцилляции полностью связано с изменением конфигурации детали. Основной задачей является определение подъема кривой, образованной концентраторами МП при условии вращения детали с угловой скоростью  $\omega = \text{const}$  и ее движении по круговому зазору с линейной скоростью  $v = \text{const}$  так, чтобы время обработки элементарных участков поверхности детали по всей ее высоте было одинаковым (рис. 1).

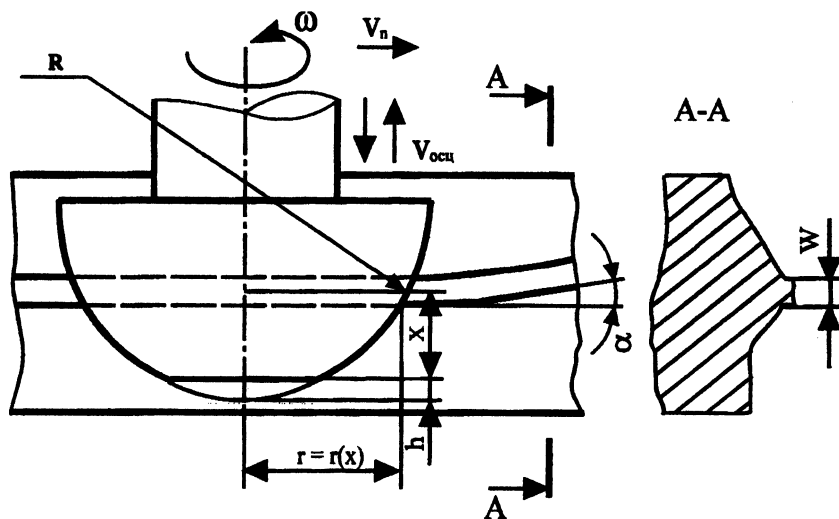


Рис. 1. Схема магнитно – абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей

Одним из условий для реализации такого положения служит то, что образующая поверхности предназначена для обработки и описываемая уравнением  $r = r(x)$  была обработано пропорционально радиусу  $r(x)$  этого участка по высоте данной поверхности. Равномерность съема материала характеризуется следующими параметрами:

$$C = v(x) \cdot t(x) = \text{const}, \quad a$$

$$v(x) = \omega \cdot r(x),$$

где  $v(x)$  - скорость точек окружности радиуса  $r(x)$ ;

$t(x)$  - время контакта точек этой окружности с ФАП.

Фактически данное выражение должно быть представлено для двух сторон рабочего зазора ЭМС

$$C_1 = [v(x) + v] \cdot t(x),$$

$$C_2 = [v(x) - v] \cdot t(x),$$

где  $v$  - линейная скорость движения деталей по рабочему зазору. Однако  $v$  можно пренебречь, поскольку  $v \ll v(x)$ . Поэтому

$$t(x) = v \cdot L(x),$$

где  $L(x)$  - длина горизонтальной линии, по которой осуществляется контакт поврежденности детали с радиусом  $r(x)$  с ФАП на концентраторе полюса.

Отсюда

$$L(x) = w \cdot \operatorname{tg} \alpha(x),$$

где  $w$  - высота концентратора полюса;

$\operatorname{tg} \alpha(x)$  - угол между вектором скорости  $v$  и касательной к кривой концентратора полюса, но

$$\operatorname{tg} \alpha(x) = f'(x),$$

где  $f(x)$  - искомая функция, задающая уровень средней линии концентратора полюса.

Отсюда получается, что

$$v(x) \cdot t(x) = \omega \cdot r(x) \cdot v \cdot L(x) = \omega \cdot r(x) \cdot v \cdot w \cdot f'(x), \quad \text{но}$$

$$\omega \cdot r(x) \cdot v \cdot w \cdot f'(x) = C,$$

Таким образом

$$f'(x) = \frac{C}{\omega \cdot r(x) \cdot v \cdot w}$$

Производя интегрирование, получаем

$$f(x) = \frac{C}{\omega \cdot v \cdot w} \cdot \int \frac{1}{r(x)} dx.$$

Величину  $C$  находим из условия, что при обработке детали по высоте от  $0$  до  $H$  за время  $t$  она сделает  $n$  оборотов.

Искомое уравнение будет иметь вид.

$$f(x) = \frac{2\pi \cdot v}{\omega} \cdot \frac{\int \frac{1}{r(x)} dx}{\left( \int \frac{1}{r(x)} dx \right)_{x=H}} \quad (1)$$

Для проведения исследований применяли станок СМ 1180 производства ФТИ НАН Беларуси [4]. Станок включает станину с концевым магнитопроводом, на котором находятся полусные наконечники, имеющие концентраторы МП. Внутреннюю часть магнитопровода охватывает электромагнитная система (ЭМС). Работа станка производится следующим образом: включается ЭМС, в рабочий зазор между полусными наконечниками помещают деталь, туда же вводится ФАП, заполняющий данную зону. Детали сообщается вращение вокруг собственной оси с угловой скоростью  $\omega$  движение по кольцевому рабочему зазору с линейную скоростью  $v$  и осциллирующее движение со скоростью  $v_{\text{осц}}$ . При вращении детали осуществляется последовательная обработка всех элементарных участков ее сложнопрофильной поверхности. Конструкция полусных наконечников с концентраторами МП высотой  $\omega$ , выполненными в соответствии с формулой 1, обеспечивает постоянный рабочий зазор между поверхностями деталей и полусного наконечника. Эта формула носит универсальный характер и, например, для поверхности в виде усеченной сферы, она принимает вид.

$$f(x) = \frac{2\pi \cdot v}{\omega} \cdot \frac{\arcsin \frac{R-x}{R+n}}{\arcsin \frac{R-H}{R+h}} \quad (2)$$

Примером такой обработки служит обработка деталей, имеющих усеченную форму. Материал – АЛ-3 ГОСТ 2685-75. Для испытания использовались полусные наконечники (материал – сталь 10 ГОСТ 1050 –88), выполненной согласно [3] и в соответствии с формулой 2, рисунок. Высота концентраторов МП составляла  $w = 2$  мм. Параметры и режимы МАО были приняты следующими: магнитная индукция,

$V=1$  Гл; амплитуда осцилляции  $A = 1$  мм; частота осцилляции  $\omega_0 = 20$  дв.ход/ мин; частота вращения,  $\omega_p = 0,6$  мин<sup>-1</sup>; частота вращения шпинделя  $\omega_{ш} = 65$  с<sup>-1</sup>; время обработки  $t = 10$  с. Исходная шероховатость поверхности детали составляла  $Ra_1 = 1,2 - 1,4$  мкм. Шероховатость после обработки равнялась  $Ra_2 = 0,12 - 0,16$  мкм по всей обрабатываемой детали в отличие от первого варианта, при использовании которого не была достигнута равномерность съема. Это выразилось в том, что шероховатость после обработки оставила диапазон  $1 - 0,2$  мкм. В качестве ФАП применялся Ж 15 КТ ТУ6-09-03-483-81, размерность  $\Delta = 160/200$  мкм, смазочно-охлаждающие технологические средства – СинМА-1ТУ 38.5901176 – 91 – 5% водный раствор.

Таким образом, путем аналитического расчета определена оптимальная форма рабочей зоны при процессе МАО сложнопрофильных поверхностей деталей машин, учитывающая концентрацию МП, при использовании которой обеспечиваются требуемые выходные показатели данного процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 328 с.
2. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. – Л.: Машиностроение, 1986. – 172 с.
3. А.с. 1069978 СССР, МКИ В 24В 31/10 Устройство для магнитно-абразивной обработки// Бюлл. изобр., 1984, № 4.
4. Скворчевский Н.Я., Федорович Э.Н., Ящерицын П.И. Эффективность магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука і техника, 1991. – 215 с.

УДК 621.792

А.П.Ракомсин, С.Л.Кожуро, В.Л.Шадуя

## МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКОЙ

*РУП «Минский автомобильный завод»  
Минск, Беларусь*

Известно [1-3], что износостойкость материала покрытий в достаточной мере зависит от их микротвердости, хотя условия использования износостойких покрытий часто требуют сочетания износостойкости с другими эксплуатационными параметрами, такими как упругость, прочность на сжатие и изгиб и т. д. Необходимо отметить, что по характеру распределения микротвердости можно судить об изменении фазового состава и толщины упроченной зоны.

На рис. 1 представлены зависимости изменения величины микротвердости по