

**Секция 10 «МАШИНОСТРОЕНИЕ,
СТАНКОСТРОЕНИЕ И БЕЗОТХОДНАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ»**

**ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С
НАЛОЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

А.М. Миронов

Научный руководитель – Л.Е. Сергеев
**Белорусский государственный аграрный
технический университет**

Финишная обработка зубчатых колес представляет в машиностроении достаточно трудную задачу. Наиболее известными методами такой обработки являются зубошлифование, притирка, зубохонингование [1]. Обладая несомненным рядом достоинств, указанные выше методы имеют и нерешенный комплекс проблем. Например, зубохонингование может быть применено только для обработки колес, имеющих модуль $m \geq 2,5$ мм. Шлифование характеризуется, во – первых, прижогами поверхностного слоя обрабатываемой поверхности, во – вторых, образованием острых кромок и заусенцами, которые необходимо удалять. Притирка, имея инструмент со свободным закреплением абразивного зерна, не обеспечивает развитие требуемого давления в зоне обработки.

В связи с возрастающими требованиями к повышению качества и производительности процесса все больше ощущается необходимость применения новых способов финишных операций. Такой операцией является магнитно-абразивная обработка [2].

Для прерывистой поверхности распределение магнитного потока во многом носит характер неопределенности. Это связано со строением магнитного потока осуществить свое прохождение по энергетически выгодному участку магнитной цепи. Поскольку магнитная индукция является плотностью магнитного потока и его основной силовой характеристикой, то знание ее распределения в рабочей зоне при МАО позволит спрогнозировать процесс финишной обработки зубчатых колес. В общем случае главную проблему финишной обработки зубчатых колес, а МАО в частности, представляет сложность достижения требуемого качества мелкозубчатых колес ($m \leq 2$ мм).

Наиболее предпочтительным является математический путь решения задачи. Это дает общие формулы для расчета магнитного поля в зоне обработки и возможности получения картины этого поля, что приводит к оценке потенциала процесса МАО.

Данное исследование производится в области между поверхностями полуса электромагнитной системы (ЭМС) и зубчатой поверхностью колеса плоскости Z. Ее можно представить в виде четырехугольника ABCD (рис. 1). Отображение этого четырехугольника на полуплоскость Q при использовании интеграла Кристоффеля – Шварца в общем виде выглядит следующим образом

$$Q = c \int_{z_0}^z (Q-a)^{\alpha_1-1} (Q-b)^{\alpha_2-1} (Q-c)^{\alpha_3-1} (Q-d)^{\alpha_4-1} + C_1 \quad (1)$$

где d, b, c, a – координаты вершин четырехугольника ABCD;

C, C₁; Q₀ – произвольные постоянные;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – углы при вершинах четырехугольника ABCD (в долях π).

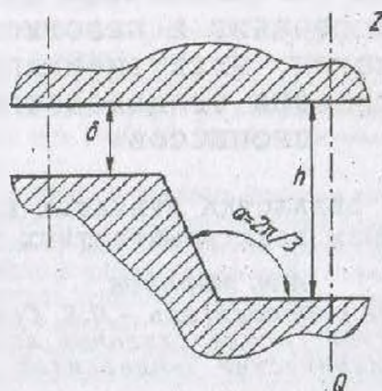


Рис. 1 - Рабочая зона зубчатого контура колеса при МАО с условием $\alpha = 2\pi/3$.

Решение для данного случая после ряда преобразований имеет вид: [3]:

$$\frac{x}{\delta} = \frac{1}{\delta} \left[\begin{aligned} & \ln(1-\beta) - \alpha \ln(\alpha\beta - 1) + \frac{1}{2} \left[\frac{\alpha \ln(1 + \alpha\beta + \alpha^2 \beta^2)}{\ln(1 + \beta + \beta^2)} - \right] + \sqrt{3} * \\ & * \left(\alpha \operatorname{arctg} \frac{2 + \alpha\beta}{\sqrt{3}\alpha\beta} - \operatorname{arctg} \frac{2 + \alpha\beta}{\sqrt{3}\beta} \right) \end{aligned} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} (1 - \alpha) \quad (2)$$

где P – шаг зубчатого колеса, мм;

β – зазор между полюсом ЭМС и диаметром вершин зубчатого колеса, мм;

$\alpha = \frac{h}{\delta}$, h – глубина паза, мм;

Из выражения (2) следует, что минимальное значение относительной индукции

$$\beta = \frac{B}{B_{\max}} = \sqrt[3]{\frac{Q+1}{Q+\alpha^3}}$$

$$\beta = \frac{1}{\alpha} \quad (3)$$

При $h = 0$ (гладкая цилиндрическая поверхность), $\beta = 1$, а если $h \neq 0$, то зависимость $\beta_{\min} = f(\alpha)$ имеет вид гиперболы (рис.2). Задаваясь значениями относительной индукции β и подставляя их в уравнение (2), выявляются соответствующие значения $\frac{P}{2\delta}$ при разных β . Приводя дан-

ные показатели применительно к реальному зубчатому колесу (диаметры окружности вершин и впадин, модуль зацепления и т. д.) и магнитному полю (магнитная индукция), можно определить наиболее приемлемые условия обработки и установить возможности процесса МАО для получения необходимых его качества и производительности. На рис. 2 приведена зависимость $\beta = f\left(\frac{P}{2\delta}\right)$ при значении $\alpha = 120^\circ$ (трапецидальный зуб), что наиболее отвечает форме рабочего контура зубчатого колеса.

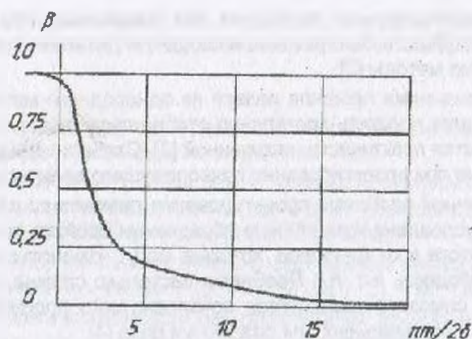


Рис. 2 - Распределение относительной индукции β в пазу зубчатого колеса при $\alpha = 2\pi/3$

Проведенные исследования позволили определить, что максимально возможным значением α , при котором осуществляется процесс МАО, является диапазон 4 – 6. Преобразовав $\frac{P}{2\delta}$ как

$\frac{\pi t}{2\delta}$ и подставляя данный диапазон, можно варьируя показателями t и δ , произвести прогнозирование обработки мелко модульных зубчатых колес методом МАО

Проведенный расчет подтверждает возможность магнитно-абразивной обработки зубчатых колес. На основании этого расчета были обработаны колеса с $t \leq 2,5$ мм с достижением требуемых эксплуатационных характеристик

Литература

1. Производство зубчатых колес, Справочник / С. Н. Калашников, А. С. Кагашников, Г. И. Коган и др. : Под общ. ред. Б. А. Тайца М.. «Машиностроение», 1990. – 464 с.
2. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: «Машиностроение» 1986. – 179 с.
3. Скрузитис К. Э. Расчет магнитного поля зубчатого ротора – Бесконтактные электрические машины, II, Изд. АН Латв. ССР, 1962.. – 320 с.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

А.В. Кривцов

Научный руководитель – В.С. Ивашко
Белорусский государственный аграрный
технический университет

Сложилась негативная ситуация по обеспечению сельхозпроизводителей важнейшими запасными частями: лемехами плугов, сферическими дисками тяжелых борон, лапами культиваторов, полевыми досками плугов и многими другими. И в предыдущие годы эти изделия не удовлетворяли предъявляемым требованиям по функциональным свойствам и ресурсу. Особенно снизился их технический уровень в последние годы.

Детали рабочих органов к сельхозмашинам стали изготавливать предприятия, ранее никогда этим не занимавшиеся (например, автомобилестроения, малые предприятия и др.). Можно сказать, что эту продукцию выпускают все, кому не лень, достаточно свободно назначая удобные для производителя материалы, технологию, зачастую изменяя, нередко существенно, геометрические параметры и физико-механические параметры. Такие рабочие органы совершенно не соответствуют требованиям качества и не обеспечивают необходимый ресурс работы. Испытания плугов общего назначения на Белорусской МИС показывают, что наработка лемехов плугов составляет 3...12 га (против 20 по ТУ) [1].