

**В.Н.Кропивный, проф., канд. техн. наук, В.В. Черкун, инж., В.Б. Юдовинский доц., канд. техн. наук, И.В.Шепеленко, доц., канд. техн. наук**  
*Кировоградский национальный технический университет*

## Оптимизация технологических параметров процесса ФАБВО

Работа посвящена вопросам оптимизации технологических параметров процесса финишной антифрикционной безабразивной вибрационной обработки (ФАБВО) с определением пути скольжения инструмента по детали, времени латунирования, выраженными через коэффициент осцилляции.

**ФАБВО, коэффициент осцилляции, период осцилляции, путь скольжения, амплитуда осцилляции, двойные хода**

Сокращение периода приработки деталей сопряжений применением новой технологии финишной безабразивной вибрационной обработки требует оптимизации технологических параметров процесса. Однако существующие методы латунирования поверхностей деталей, как процесс финишной обработки, не предусматривали осцилляцию инструмента в процессе латунирования. Предлагаемый метод ФАБВО изменяет, за счет осцилляции, всю картину процесса латунирования поверхностей деталей [1].

В работе решалась задача установления оптимальных технологических параметров процесса ФАБВО.

Основной характеристикой процесса латунирования является отношение числа двойных ходов осцилляции инструмента к числу оборотов обрабатываемого вала:

$$\frac{n_{\text{д.х.}}}{n_{\text{д}}} = i. \quad (1)$$

Целая часть численного значения  $i$  показывает, сколько раз длина волны  $\lambda$  укладывается на длине окружности обрабатываемого вала, а дробная  $\{i\}$  – величину смещения зоны натирания относительно друг друга при каждом последующем обороте детали (рис.1).

$$\lambda = V_{\text{д}} \cdot T, \quad (2)$$

где  $V_{\text{д}}$  – скорость вращения детали, м/с;

$T$  – период осцилляции инструмента.

$$V_{\text{д}} = \pi D_{\text{д}} n_{\text{д}}, \quad (3)$$

$$T = \frac{1}{n_{\text{д.х.}}}. \quad (4)$$

Тогда, длина волны равна:

$$\lambda = \pi D_{\text{д}} \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{д.х.}}}, \quad (5)$$

где  $D_{\text{д}}$  – диаметр обрабатываемого вала, мм.

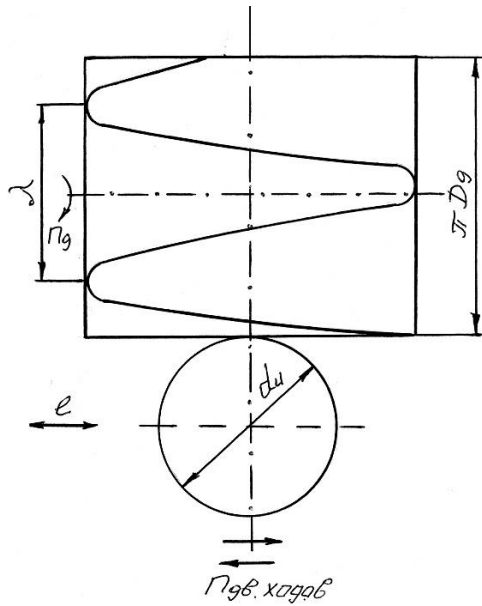


Рисунок 1 – Параметры режима натирания при осцилляции.

Траектория движения центра инструмента на поверхности обрабатываемой детали задается следующим уравнением:

$$\begin{cases} x = V_d t \\ y = V_s t + l \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t \end{cases} \quad (5)$$

где  $V = \frac{\pi D_d n_d}{60}$  - окружная скорость детали, мм/с;

$V = \frac{S \cdot n_d}{60}$  - скорость движения центра инструмента вдоль образующей детали, мм/с;

$T = \frac{60}{n_{d.x}}$  - период осцилляции, с;

$i = \frac{n_{d.x}}{n_d}$  - число циклов осцилляции за один оборот детали;

$T$  – время, с.

Уравнение длины дуги в общем виде будет:

$$L = \int_a^b \sqrt{[\varphi'(t)]^2 + [\psi'(t)]^2} \cdot dt, \quad (6)$$

где  $\varphi(t) = x = V_d t$  или  $\psi(t) = y = V_s t + l \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$ .

Производная этих уравнений имеет вид:

$$\psi'(t) = V_s + \frac{l \cdot 2\pi}{T} \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t, \quad (7)$$

Подставив в уравнение (6) значения производных (7) в интервале  $0 \dots T/4$ , получим:

$$L = \int_0^{T/4} \sqrt{V_d^2 + \left( V_s + \frac{l \cdot 2\pi}{T} \cos \frac{2\pi}{T} t \right)^2} \cdot dt =$$

$$= V_{\delta} \int_0^{T/4} \sqrt{1 + \left( \frac{V_s}{V_{\delta}} + \frac{2\pi l}{V_{\delta} T} \cos \frac{2\pi}{T} t \right)^2} \cdot dt, \quad (8)$$

Подставив значения  $V_d$ ,  $V_s$ ,  $T$  в уравнение (8), получим:

$$L = \frac{\pi D_{\delta} n_{\delta}}{60} \int_0^{T/4} \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi \cdot l \cdot i}{D_{\delta}} \cos \frac{2\pi}{T} t \right)^2} \cdot dt. \quad (9)$$

В виду сложности решения эллиптического интеграла, вычисляем его приближенно по формуле Симпсона, разделив интеграл (0; T/4) на шесть частей (n=6).

$$\begin{aligned} L = \frac{\pi D_{\delta}}{72i} & \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \right)^2} + 4 \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \cos \frac{\pi}{12} \right)^2} + \right. \\ & + 2 \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \cos \frac{\pi}{4} \right)^2} + 4 \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \cos \frac{\pi}{3} \right)^2} + \\ & + 2 \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \cos \frac{5\pi}{12} \right)^2} + 4 \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \cos \frac{\pi}{2} \right)^2} + \\ & \left. + \sqrt{1 + \left( \frac{S}{\pi D_{\delta}} + \frac{\pi li}{D_{\delta}} \cos \frac{7\pi}{12} \right)^2} \right] \quad (10) \end{aligned}$$

Длина пути движения инструмента при латунировании и скорость перемещения инструмента, обеспечивающая оптимальные условия латунирования, позволяют определить время финишной обработки:

$$t = \frac{L}{V_{onm.}}. \quad (11)$$

Одним из основных факторов качественного латунирования является оптимальная скорость скольжения инструмента по обрабатываемой детали, которая позволяет получить плотное равномерное покрытие по всей обрабатываемой поверхности с толщиной пленки 4-6 мкм, что позволит снизить коэффициенты трения при работе этих деталей с бронзовыми контртелами (втулками) [2].

Однако, отличием предлагаемого метода ФАБВО от существующего, является введение осцилляции инструмента в процессе латунирования.

Поэтому необходим новый показатель процесса латунирования. Таким показателем может быть коэффициент осцилляции, который представляет собой отношение пути скольжения при обработке с осцилляцией инструмента по поверхности обрабатываемой детали к пути скольжения инструмента при обработке без осцилляции в единицу времени.

$$K_{осц} = \frac{L_o}{L}, \quad (12)$$

где  $L_o$ - длина пути скольжения при обработке с осцилляцией в единицу времени;  $L$ -длина пути скольжения при обработке без осцилляции в единицу времени.

Но так как длина пути в единицу времени представляет собой скорость перемещения, то подставив значения скоростей и упростив выражение, получим:

$$K_{осц} = 1 + \frac{l_o n_{ос.х}}{\pi D n_{\delta}}, \quad (13)$$

где  $l_o$  – величина осцилляции, мм;

$n_{дв.х.}$  – частота двойных ходов инструмента, дв.х./с;

$D$  – диаметр обрабатываемой детали, мм;

$n_d$  – частота вращения обрабатываемой детали, об/с.

Следовательно, принятый показатель процесса - коэффициент осцилляции, позволяет представить номограммой оптимизированные параметры величины осцилляции от диаметра обрабатываемой поверхности и отношения частоты двойных ходов инструмента при осцилляции к частоте вращения обрабатываемой детали. Эта номограмма представлена на рис. 2.

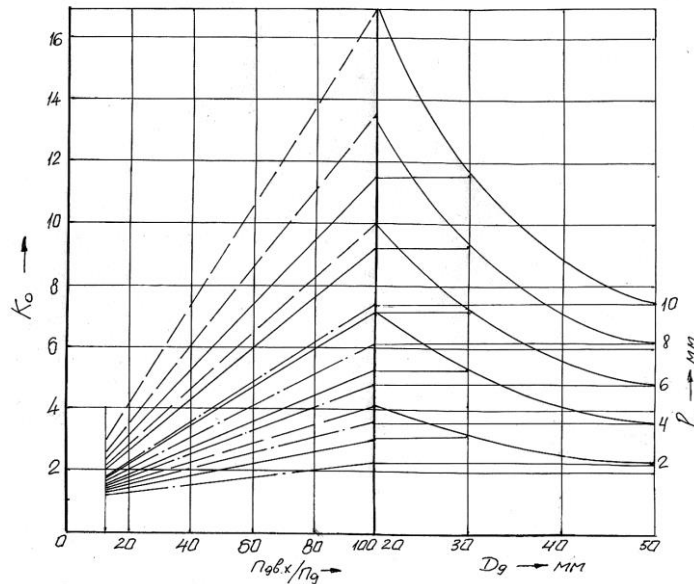


Рисунок 2. Номограмма оптимизации параметров технологического процесса ФАБО

Таким образом, полученная номограмма позволяет оптимизировать параметры технологического процесса ФАБВО в диапазоне обрабатываемых валов от 20 до 50 мм.

## Список літератури

1 Спосіб нанесення антифрикційних покриттів: Пат. 332210 України, МКВ В24В39/00 / М.І.Черновол, В.В.Черкун, В.М.Наливайко, Є.К.Солових, І.В.Шепеленко, А.М.Щербина (Україна). - №99010212; Заявл. 14.01.1999; Опубл. 15.02.2001, Бюл.№1. – 2 с

2 Гаркунов Д.К., Крагельский И.В. О механизме взаимного атомарного переноса меди при трении бронзы по стали. ДАН СССР, т.133, №5. 1060.

Робота присвячена питанням оптимізації технологічних параметрів фінішної безабразивної обробки (ФАБВО) із визначенням шляху ковзання інструменту по деталі, часу латунювання, що відображено через коефіцієнт осциляції.

Activity is dedicated to problems of optimization of the fast-track characteristics of process finishing without abrasive vibrational processing (FAVP).

*Получено 28.09.05*