

УДК 621.658.012:531

А.Д. Костюк, Е.В. Пашков, А.И. Бохонский

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

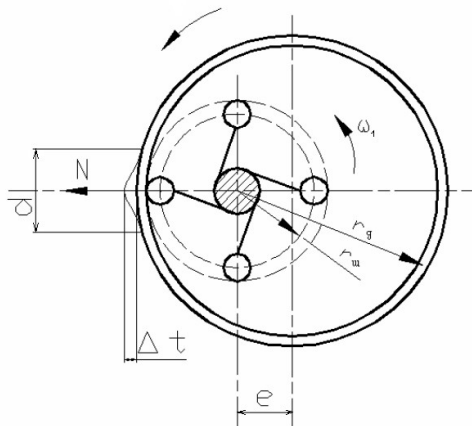
root@stvgtu.sebastopol.ua

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОЧЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ВИБРОУПОРА

Решена задача установления параметров точения тонкостенных гильз путём изменения направления импульсного воздействия, создаваемого шариковым виброупором, по отношению к направлению действия радиальной составляющей силы резания, что способствует повышению точности обработки и износостойкости режущего инструмента.

Компенсация радиальных перемещений обрабатываемой детали, вызываемых радиальной составляющей силы резания P_y , может осуществляться как с помощью постоянной по модулю силы, так и в результате динамического воздействия на неё [1] в виде периодически повторяющихся импульсов одного знака (импульсная стабилизация).

Создание импульсного противодействия (эквивалентного усилию N) может быть реализовано с помощью, например, деформатора, имеющего несколько вращающихся с частотой ω_1 шарообразных масс m , закрепленных на стальных связях, помещённых внутрь обрабатываемой тонкостенной цилиндрической детали (ТЦД) радиусом r_d (рисунок 1). Траектория вращения масс радиусом r_m смещена на величину e относительно центра вращения детали [2].



Частота импульсного воздействия на деталь ω_2 зависит от числа n вращающихся масс и их частоты вращения ω_1 , т.е.

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot n$$

Реализация способа точения с созданием противодействующего усилия N возможна при следующих условиях [2].

1. Радиальная составляющая силы резания P_y и

Рисунок 1 – Схема импульсного нагружения обрабатываемой ТЦД

компенсирующее усилие N_1 действуют в диаметральной плоскости обрабатываемой ТЦД (рисунок 2).

2. Усилие N_3 направлено под углом $+\xi$ к этой плоскости, что аналогично точению с установкой резца ниже центра вращения детали, при котором задний угол α_1 увеличивается, а передний угол γ_1 уменьшается.
3. Сила P_y действует в диаметральной плоскости: компенсирующее усилие N_2 направлено под углом $-\xi$ к ней, что аналогично точению с установкой резца выше центра вращения детали, при котором задний угол α_1 уменьшается, принимая значение α_2 , а передний угол γ_1 возрастает до значения γ_2 .

Величина радиальной составляющей силы резания P_y зависит от переднего угла γ , что видно из выражения [3]

$$P_y = (N_1 + F_1 \cos \gamma) \cos \varphi,$$

где F_1 – сила трения, возникающая вследствие движения стружки по передней поверхности резца; N_1 – нормальная сила; φ – главный угол в плане.

Поскольку износостойкость режущей части резца во многом определяется величиной угла заострения β [4], то целесообразно обеспечить его максимальное значение. Это достигается при $\gamma_1 = 0$ и значениях заднего угла α_2 , способствующих уменьшению затирания задней

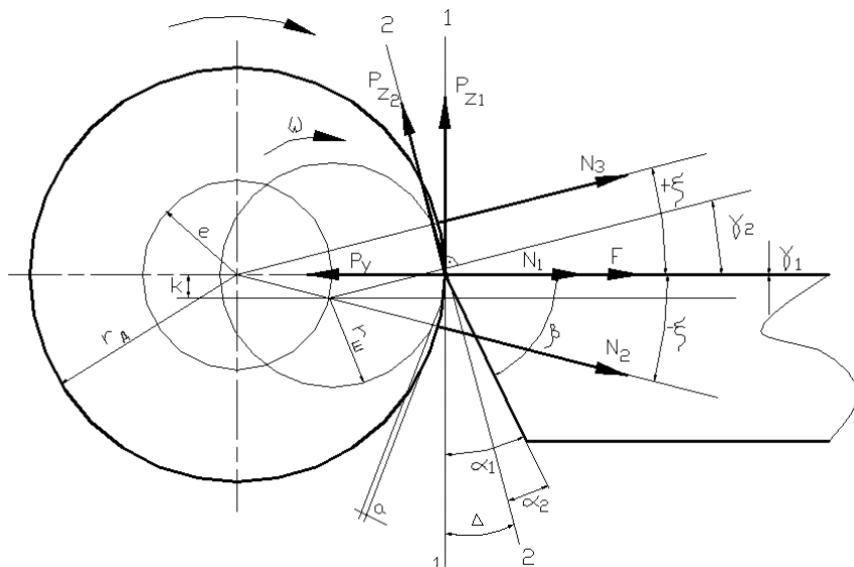


Рисунок 2 – Силы взаимодействия резца и детали

поверхности и снижающих интенсивность её износа, приводящего к увеличению P_y .

Представляет теоретический и практический интерес определение влияния деформированного состояния заготовки в поперечном направлении (локальная деформация стенки) на изменение углов γ, α .

Для описания деформируемого состояния тонкой цилиндрической оболочки в зависимости от P_y и компенсирующего воздействия N , прикладываемого под углом $\pm \xi$, используется выражение для радиального перемещения, приведённое в [5]. Прогиб оболочки в радиальном направлении от силы P_y состоит из перемещения оболочки как балки и локального перемещения, обусловленного местными деформациями её стенки в зоне резания, т.е.

$$W(\psi, \phi) = \frac{P_y}{12\pi E h} \cdot (2\lambda^2 - 3\lambda \psi^2 + |\psi|^3) \cos \phi + \\ + \frac{P_y \lambda^3}{\pi E h} \cdot \sum_{n=2}^N \frac{n}{(n^2 - 1)^{3/2}} \left(\cos \frac{n\sqrt{n^2 - 1}}{2\chi} \psi + \sin \frac{n\sqrt{n^2 - 1}}{2\chi} |\psi| \right) \cdot e^{\frac{-n\sqrt{n^2 - 1}}{2\chi} |\psi|} \cdot \cos \phi, \quad (1)$$

где E – модуль упругости первого рода материала оболочки; h – толщина оболочки; $\psi = \frac{x}{r_0}$ – безразмерная координата; r_0 – срединный радиус оболочки; $\lambda = l/r_0$; l – длина оболочки; ϕ – угловая координата (в поперечном сечении). Параметр χ вычисляется по формуле $\chi = \sqrt[4]{3(1 - \nu^2)} \cdot \sqrt{r_0/h}$, где ν – коэффициент Пуассона; n – число, ближайшее к $\chi/2$. Зависимость наиболее строго соответствует действительности при $l \geq r_0 \chi$ и $r_0/h \geq 100$.

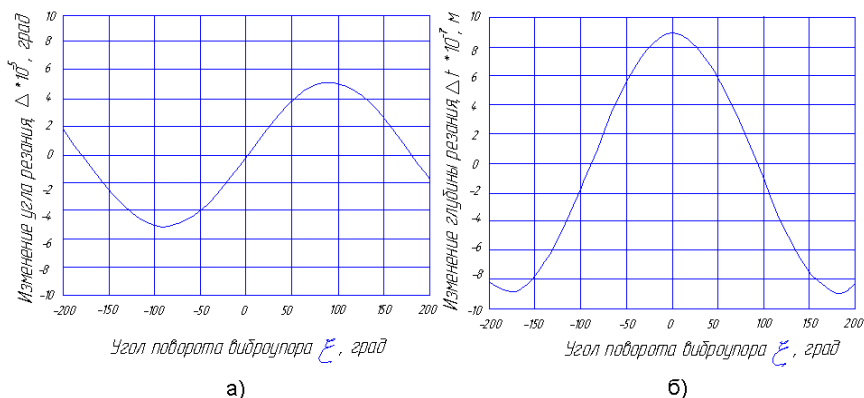


Рисунок 3 –Графики функций: а) $\Delta = \Delta(\xi)$; б) $\Delta t = \Delta t(\xi)$

Выражение (1) упрощается при $\psi = 0$, т.е. рассматриваются прогибы в поперечном сечении, где прикладываются P_y и компенсирующее воздействие

$$W(0, \phi) = \frac{P_y \lambda^3}{6\pi E h} \cdot \cos \phi + \frac{P_y \chi^3}{\pi E h} \cdot \sum_{n=2}^N \frac{n}{(n^2 - 1)^{3,2}} \cdot e \cdot \cos \phi = A \cos \phi, \quad (2)$$

где $A = \frac{P_y}{\pi E h} \cdot \left(\frac{\lambda^3}{6} + \chi^3 \sum_{n=2}^N \frac{n \cdot e}{(n^2 - 1)^{3,2}} \right).$

Изменение угла наклона Δ (рисунок 2) плоскости резания 1-1 находим в результате вычисления с использованием выражения (2) производной

$$\frac{dW(0, \phi)}{d\phi} = A \cdot \sin \phi. \quad (3)$$

Тогда в случае приложения компенсирующего воздействия N под углом ξ , которое по модулю равно P_y , из (3) следует:

$$\operatorname{tg} \Delta = A \cdot \sin \xi, \quad \text{или} \quad \Delta = \arctg(A \sin \xi).$$

Таким образом

$$\begin{cases} \alpha = \alpha_0 - \Delta, \\ \gamma = \Delta + \gamma_0. \end{cases}$$

На рисунке 3 изображена зависимость $\Delta = f(\xi)$. При изменении знака ξ меняется знак Δ на противоположный. Диапазон изменения угла ξ принят от +180 до -180 градусов.

На численном примере можно оценить влияние угла ξ приложения компенсирующего воздействия на изменение углов α и γ . Исходные

данные:

$E = 2 \cdot 10^{11}$ Па; $h = 0,0005$ м; $R = 0,05$ м; $\nu = 0,3$; $L = 0,7$ м; $P_y = 0,5$ Н.

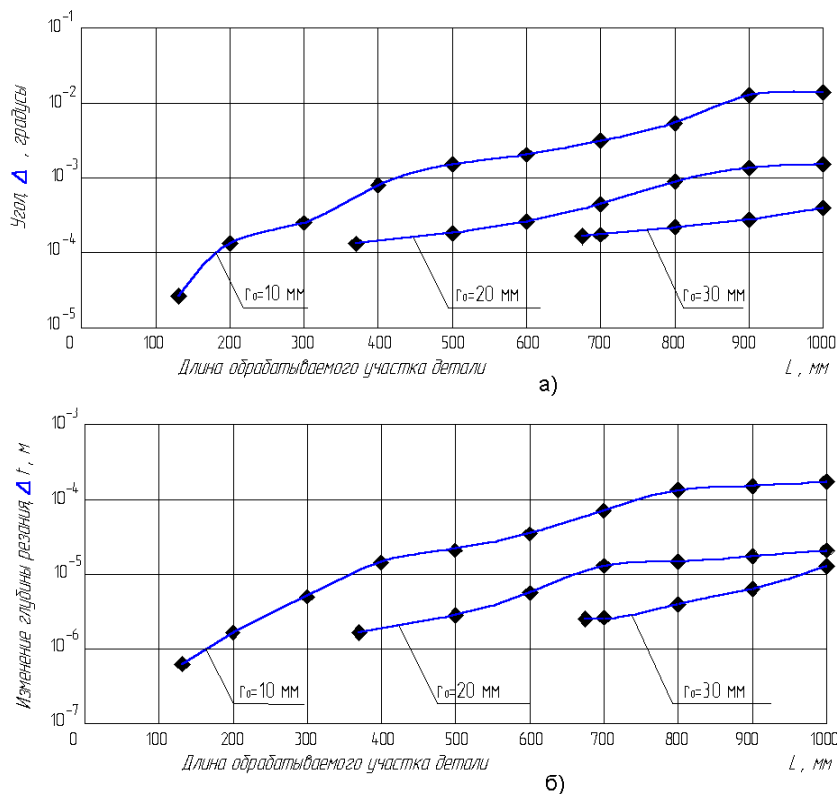


Рисунок 4 – Графики функций: а) $\Delta = \Delta(L)$; б) $\Delta t = \Delta t(L)$ при $h=0,0001$ м, $P_y=1$ Н

Моделирование процесса показывает, что при этих исходных данных величина угла Δ весьма мала, также невелико его влияние на изменение углов α и γ , а следовательно, и на параметры резания.

Значительно больший практический интерес представляет регулирование глубины резания посредством изменения угла ξ , вместо применения традиционного способа, основанного на перемещении суппорта, несущего режущий инструмент. При этом можно оценить влияние на величину Δ изменяемых величин: длины обрабатываемой части оболочки, радиуса, толщины стенки, силы резания. Для приведённых исходных данных построены зависимости угла Δ и глубины резания Δt от угла поворота деформатора ξ (рисунок 3).

Далее приведены номограммы зависимостей Δ и Δt от изменения длины обрабатываемой детали l , радиуса r_0 , толщины стенки h и силы резания P_y (рисунки 4-6).

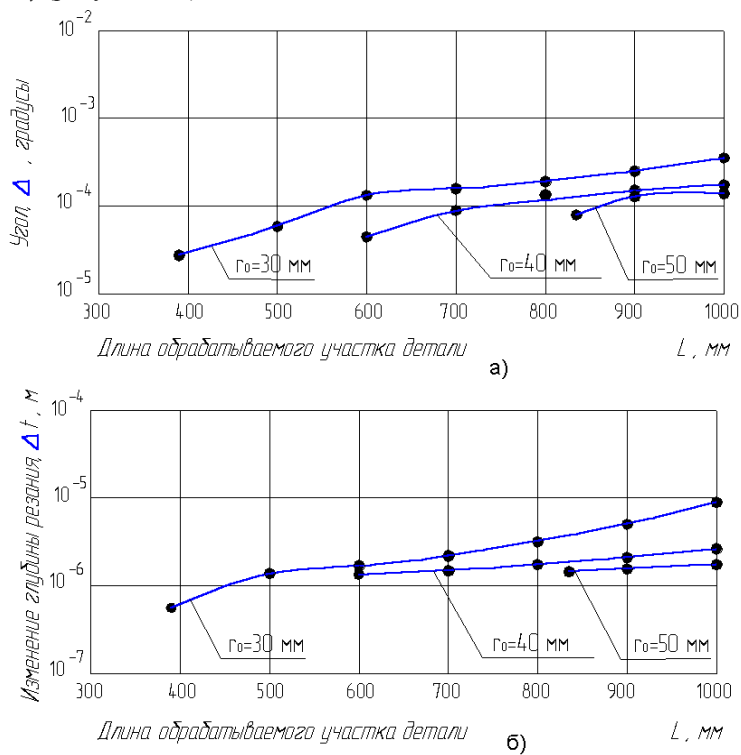


Рисунок 5 – Графики функций: а) $\Delta = \Delta(l)$; б) $\Delta t = \Delta t(l)$ при $h = 0,0003$ м, $P_y = 3$ Н

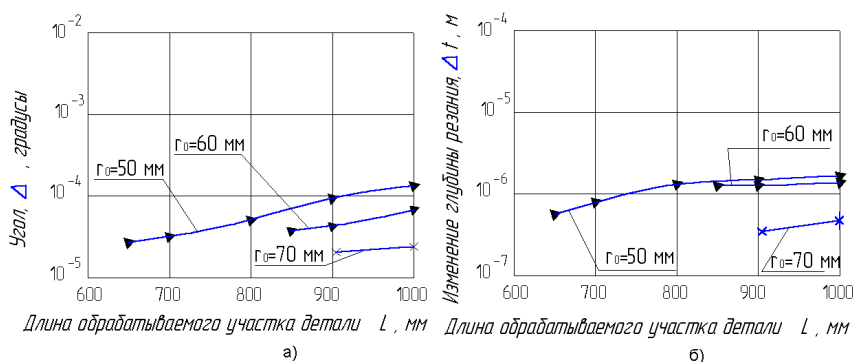


Рисунок 6 – Графики функций: а) $\Delta = \Delta(L)$; б) $\Delta t = \Delta t(L)$ при $h=0,0005$ м, $P_y=5$ Н
(для $v_0 = 70$ мм при $h=0,0007$ м, $P_y=7$ Н)

Управление величинами заднего и переднего углов резания позволяет: изменять направление действия и величину составляющих сил резания; при этом целесообразно иметь максимальное конструктивное увеличение угла заострения резца, что повысит его износостойкость. Практическая реализация управления глубиной резания путём изменения угла приложения компенсирующего усилия характеризуется сравнительной простотой и позволяет повысить по предварительным расчётам точность обработки до долей микрометра на градус регулирования угла поворота деформатора.

Поскольку достижение аналогичной точности с помощью традиционных средств весьма затруднительно, актуальными являются исследования зависимостей величины деформаций детали в направлении действия компенсирующего усилия от параметров, характеризующих механизм резания.

Библиографический список

1. Бохонский А.И. Импульсная стабилизация радиальных перемещений цилиндрических оболочек при токарной обработке / А.И. Бохонский, Е.В. Пашков, А.В. Голубев // Оптимизация производственных процессов. — Севастополь, 2000. — Вып. — С. 41 – 46.
2. Пашков Е.В. Технологические основы обработки точением тонкостенных цилиндрических деталей / Е.В. Пашков. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2000. — 425 с.
3. Филоненко С.Н. Резание металлов / С.Н. Филоненко. — К.: Вища школа, 1969. — 260 с.
4. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент / В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. — М.: Машиностроение, 1967. — 500 с.
5. Даревский В.И. Определение перемещений и напряжений в цилиндрической оболочке при локальных нагрузках / В.И. Даревский // Прочность и динамика авиационных двигателей: Сб. науч. тр. — М., 1964. — Вып. 1. — С. 47 – 54.

Поступила в редакцию 17.01.2003 г.