

СЕДЛОВИДНОСТЬ И БОЧКООБРАЗНОСТЬ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

Бохонский А.И., Елькина Е.С. (СГУ, г. Севастополь, Россия)
E-mail: bohon.alex@mail.ru

Abstract: the reasons of forming main poor shape precision while turning are revealed.

Keywords: turning, poor shape precision, the cancellation of drifts.

Введение. Обращается внимание на причину образования погрешностей формы при токарной обработке цилиндрических заготовок как абсолютно твердых и деформируемых тел.

Основное содержание работы.

Седловидность. На рисунке 1 изображена схема обработки цилиндрической заготовки при закреплении в центрах. Если заготовка жесткая ($EI \rightarrow \infty$, где EI – изгибная жесткость) и закреплена в центрах с одинаковыми конечными изгибными жесткостями ($EI \neq \infty$), то при обработке вероятно образование седловидности. Наибольший слой металла снимается посередине заготовки, а наименьший – по концам. Геометрия снятия металла при образовании седловидности изображена на рисунке 2.

График $\delta(x) = h - \Delta - \frac{4\Delta x}{L} + \frac{4\Delta x^2}{L^2}$, отражающий изменение толщины оставшегося не снятого слоя, изображен на рисунке 3. Наибольшая толщина снятого слоя – по середине заготовки.

Компенсирующие внешние воздействия U_1 и U_2 – предотвращают перемещение заготовки как абсолютно твердого тела по направлению силы резания. Для шарнирного опирания концов реакции центров равны:

$$R_A = \frac{\text{Pr}(L-a)}{2}, R_B = \frac{\text{Pr}a}{2}. \quad (1)$$

При этих реакциях необходимо задать такие компенсирующее воздействие U_1 и U_2 , которые обеспечат равенство нулю перемещений точек А и В., т.е.

$$W_A = 0, W_B = 0. \quad (2)$$

Из условий равновесия центров и найденных методом начальных параметров перемещений получена система алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; \quad R_A \cdot b - U_1 \cdot d + M_0 = 0, \\ \sum P_{ky} &= 0; \quad R_E + R_A - U_1 = 0, \\ W_A &= 0; \quad \frac{1}{3} R_E b^3 - M_0 b^2 - \frac{1}{3} U_1 (b-d)^3 = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

из которой следует выражение для компенсирующего воздействия:

$$U_1 = \frac{2b^3 R_A}{d^2 (3b-d)}.$$

По аналогичному алгоритму находится компенсирующее воздействие на правом центре:

$$U_2 = \frac{2b^3 R_b}{d^2(3b-d)}.$$

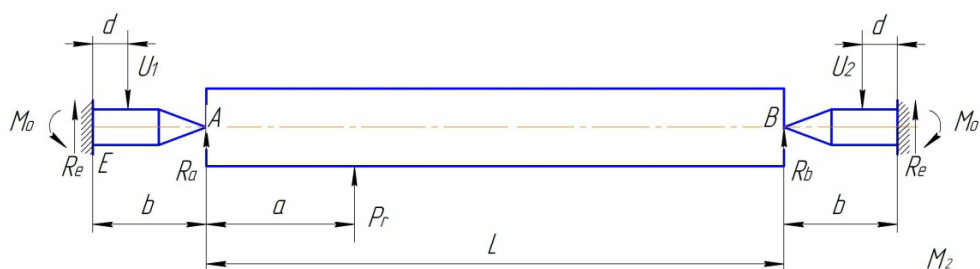


Рис. 1. Схема обработки абсолютно жесткой заготовки в центрах конечной жесткости: L – длина заготовки; P_r – радиальная составляющая силы резания; U_1, U_2 – усилия, компенсирующие перемещения центров в связи с их изгибной жесткостью

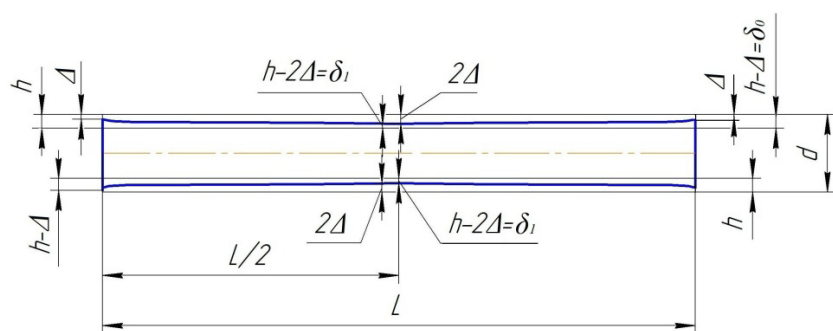


Рис. 2. Схема образования седловидности: Δ – снимаемый слой при точении; h – припуск

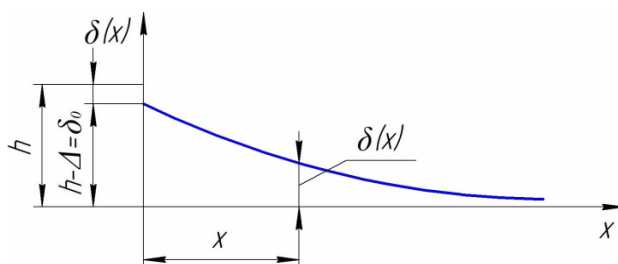


Рис. 3. График изменения образующей заготовки в случае появления седловидности

При найденных U_1, U_2 перемещения жесткой заготовки практически отсутствуют (при $L \geq a \geq 0$). Итак, силовое воздействие на центры обеспечивает устранение седловидности.

Бочкообразность. Если центры абсолютно жесткие, а обрабатываемая деталь нежесткая, то появляется бочкообразность, т.к. по середине детали снимается слой металла меньшей толщины, чем по концам. Для устранения бочкообразности исследованы различные схемы приложения управляющих воздействий (сил и моментов) непосредственно к обрабатываемой детали [1]. В [1-3] решен широкий класс

задач управления деформированием нежестких заготовок при автоматической токарной обработке.

Одним из способов устранения бочкообразности может быть управление деформированием заготовки с использованием сосредоточенной силы, которая непрерывно изменяется, обеспечивая равенство нулю перемещения заготовки по направлению силы резания $W(a) = 0$.

Полная энергия деформации заготовки от силы резания Pr и управляющего воздействия U равна:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} EI \int_0^L [W''(x)]^2 dx + U \cdot W(L/2) - Pr \cdot W(a) = \min.$$

Выражение для прогиба согласно методу Ритца принято в виде: $W(x) = \sum_{i=1}^4 c_i x^i$,

где коэффициенты найдены из условий: $W(L) = 0, \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial c_1} = 0, \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial c_2} = 0, \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial c_3} = 0$.

Управление найдено из уравнения $W(a) = 0$. Метод Ритца и метод начальных параметров дают практически совпадающие результаты (рис. 4).

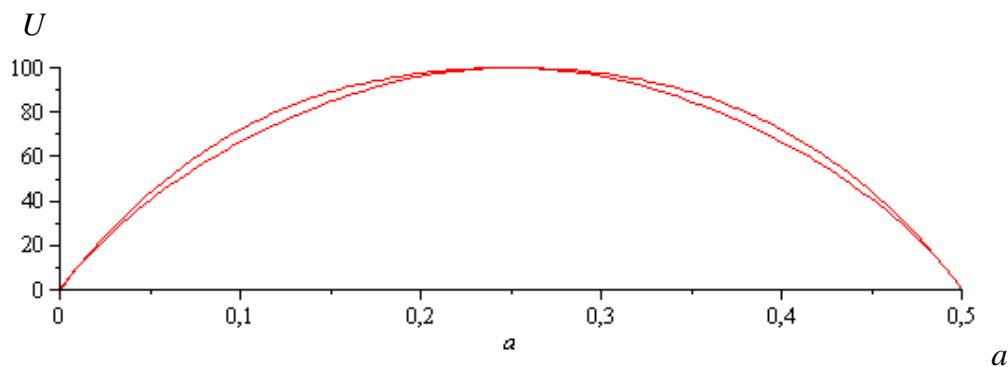


Рис. 4. График $U(a)$

Вывод. Непрерывное управление деформированием заготовок позволяет также учесть влияние деформаций центров. В настоящее время продолжается совершенствование математических моделей снижения погрешности токарной обработки различного типа нежестких заготовок. Снижение шероховатости поверхности обеспечивается за счет активного гашения колебаниями заготовок с использованием теории аналитического конструирования регуляторов.

Список литературы: 1. Бохонский А.И. Управление деформированием нежестких деталей при токарной обработке: монография/ А.И. Бохонский, А.И. Вахмянин. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1999. – 240 с. 2. Бохонский А.И., Шмидт Л.А. Вариационные методы поиска управлений деформированием нежестких заготовок при токарной обработке/ А.И. Бохонский, Л.А. Шмидт //Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. научных трудов. – Донецк. – № 11. – С. 115 – 119. 3. Бохонский А.И. Система автоматического управления медленными и быстрыми перемещениями при токарной обработке нежестких заготовок/ А.И. Бохонский, Л.А. Шмидт// Машиностроение и техносфера XXI века: Междунар. сб. научных трудов. – Донецк, 2007. – С. 130 – 133.