

УДК 621.9  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВИТКА ЧЕРВЯКА  
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОДАТЛИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ

Н. В. ЛОБОВА, А. А. ЖОЛОБОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В процессе механической обработки сила резания  $P$  действует на технологическую систему, вызывая упругие деформации и смещения в ее элементах, которые являются причиной погрешности обработки.

Деформации подвергаются: обрабатываемая заготовка, передняя и задняя бабки, суппорт станка, а также режущий инструмент – резец.

Величина отжатий элементов технологической системы зависит от силы резания и жесткости системы.

Под жесткостью понимается отношение действующей силы резания к величине деформации, вызываемой ею

$$j = \frac{P}{\Delta}.$$

Наиболее существенное влияние на точность обработки имеет составляющая сила резания  $P_y$ , направленная по нормали к обрабатываемой поверхности. В результате формирования получается деталь с переменным диаметром и погрешностями в ее продольном сечении (рис. 1). При неблагоприятных условиях величина этой погрешности может превысить допуск на размер детали.

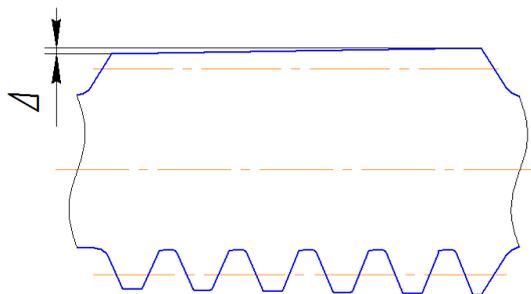


Рис. 1. Погрешность обработки детали

Для оценки погрешности обработки от деформации технологической системы была разработана математическая модель, которая позволила выявить и оценить зависимость деформации заготовки от составляющей силы резания  $P_y$ , задней бабки и шпиндельного узла.

Вывод формулы осуществлен на основе правила Верещагина (перемножение эпюр), а заготовка рассмотрена как балка с переменным сечением, шарнирно закрепленная по обоим концам (рис. 2).

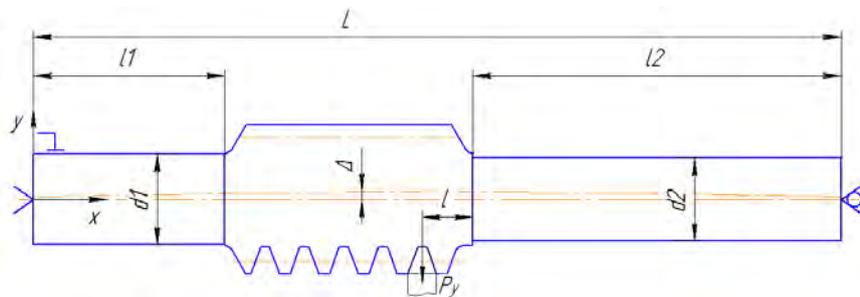


Рис. 2. Расчетная схема процесса

В результате была получена следующая формула для расчета деформации заготовки:

$$\delta(P_y) = \frac{P_y}{3 \cdot E \cdot I_1 \cdot L^2} \cdot l_1^3 \cdot (1 + l_2)^2 - \frac{P_y}{3 \cdot E \cdot I_0 \cdot L^2} \cdot (2 \cdot L^2 \cdot l^3 - 2 \cdot L^3 \cdot l \cdot l_2 - L^3 \cdot l_2^2 - L^3 \cdot l^2 + 6 \cdot L^2 \cdot l^2 \cdot l_2 + 6 \cdot L^2 \cdot l \cdot l_2^2 + 3 \cdot L^2 \cdot l_2^3 - L \cdot l^4 - 4 \cdot L \cdot l^3 \cdot l_2 - 6 \cdot L \cdot l^2 \cdot l_2^2 - 6 \cdot L \cdot l \cdot l_2^3 - 3 \cdot L \cdot l_2^4 + l^2 \cdot l_1^3 + l^2 \cdot l_2^3 + 2 \cdot l \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 2 \cdot l \cdot l_2^4 + l_1^3 \cdot l_2^2 + l_2^5) + \frac{P_y}{3 \cdot E \cdot I_2 \cdot L^2} \cdot l_2^3 \cdot (1 - L + l_2)^2,$$

где  $E$  – модуль упругости материала,  $E=2 \cdot 10^5$  МПа;  $I_0$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  – моменты инерции поперечного сечения червяка и цилиндрических ступеней диаметрами  $d_1$  и  $d_2$  соответственно,  $m^4$ .

Деформация шпиндельного узла  $\Delta_{ш}$ , а также деформация задней бабки  $\Delta_{ЗБ}$  изменяются в соответствии с изменением силы резания по мере продвижения резца к шпинделю станка. Их величину можно определить исходя из величины действительной жесткости шпиндельного узла  $j_{ш}$  и задней бабки  $j_{ЗБ}$  соответственно, а также с учетом расстояния от торца заготовки до рассматриваемой точки.

В результате выполнения работы установлено, что при формировании витков червяка длиной  $l = 139$  мм и диаметром  $d = 70$  мм при общей длине детали 452 мм и среднем диаметре хвостовиков 50 мм оптимальная деформация оси детали достигает 84,84 мкм (рис. 3).

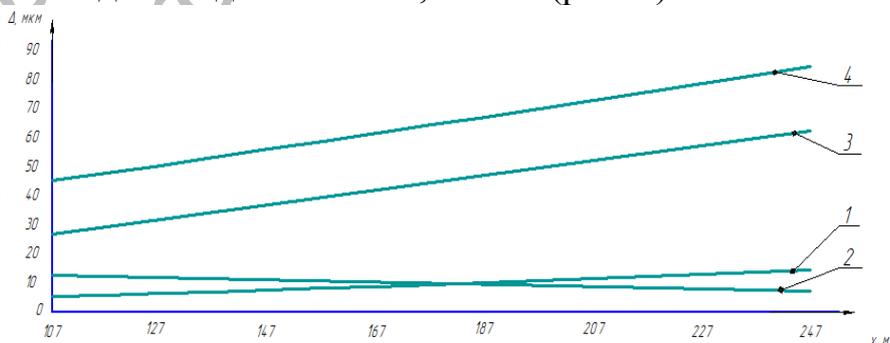


Рис. 3. Графики зависимости упругой деформации от перемещения инструмента на расстояние  $x$ : 1 – расчетная деформация заготовки от действия силы  $P_y$ ; 2 – деформация шпиндельного узла; 3 – деформация задней бабки; 4 – суммарная деформация технологической системы