

О.А. Тараскин, В.Д. Баскаков

ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРИРОВАНИЯ КОНИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ НА КОНИЧЕСКОЙ ОПРАВКЕ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Проведены численные исследования деформирования конической оболочковой детали на конической оправке при наличии перекоса между их осями симметрии с учетом трения. Получены графические зависимости перекоса от силы закрепления и коэффициента трения между деталью и оправкой. Разработана методика назначения режимов резания с учетом требований к точности изготовления.

E-mail: unlocked4all@yandex.ru

Ключевые слова: коническая деталь, оправка, центрирование, численное моделирование, точность, режимы резания.

Сила закрепления заготовки при токарной обработке должна обеспечивать отсутствие смещения заготовки под действием силы резания. В случае точения наружной поверхности конической тонкостенной оболочковой детали сила закрепления должна также улучшать центрирование и прилегание внутренней поверхности заготовки к оправке [1]. Одно из возможных направлений улучшения центрирования — снижение коэффициента трения между заготовкой и оправкой [2]. При этом, однако, уменьшается максимально допустимое значение силы резания, поскольку облегчается проворот детали относительно оправки. В связи с этим целесообразно проведение исследований процесса центрирования конической детали на конической оправке при закреплении с учетом действия сил трения, что позволит определить рациональные значения режимов и условий проведения операции точения для обеспечения повышенной точности конструктивных параметров детали при изготовлении.

В рамках данной работы закрепление детали численно моделировалось в среде ANSYS 13. Сила закрепления F создавалась специальным механизмом и прикладывалась к основанию детали (рис. 1). Подробно схема и процесс численного моделирования описаны в работе [2].

Рассматривалась деталь из меди М1 со следующими геометрическими параметрами: диаметр основания $d = 60$ мм; угол раствора конуса $\alpha = 60^\circ$; разность углов раствора конусов заготовки и оправки $\beta - \alpha = 5'$; толщина стенки — 3 мм; высота заготовки — 60 мм; радиус вершины — 6 мм.

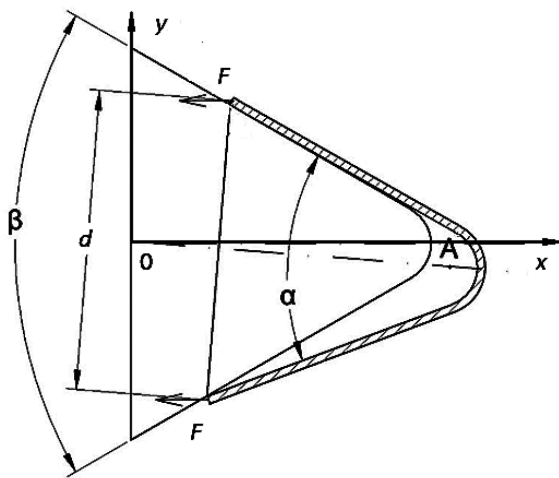


Рис. 1. Расчетная схема закрепления заготовки:

α — угол раствора заготовки; β — угол раствора оправки; d — диаметр основания заготовки

Приведенные значения соответствуют типовой конической детали, используемой в конструкции макета кумулятивного перфоратора нефтяных и газовых скважин.

Модель материала детали — упругопластическая билинейная со следующими параметрами: плотность — 8300 кг/м^3 ; модуль упругости — $1,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; модуль сдвига — $4 \cdot 10^{10} \text{ Па}$; коэффициент Пуассона — $0,375$; модуль объемного сжатия — $1,4667 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; предел текучести — $7 \cdot 10^7 \text{ Па}$; модуль упрочнения — $2,34 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

Центрирование наблюдали по изменению вертикальной координаты точки A (см. рис. 1), расположенной на оси детали, до оси оправки при изменении силы закрепления F от нуля до максимума (10 кН) для различных значений коэффициентов трения k (рис. 2). На основании этих графиков и известной пары трения деталь—оправка назначается сила закрепления F , обеспечивающая требуемое центрирование $|Y_A|$ при известном максимальном угловом рассогласовании (в данном случае $5'$), что является *первым* этапом назначения режимов резания.

Полный момент сил трения M по контактной поверхности определяли по следующей приближенной зависимости:

$$M = \sum_{i=1}^I k p_i r_i \Delta s_i, \quad (1)$$

где p_i — давление в i -м узле поверхности детали; r_i — расстояние от i -го узла до оси оправки; Δs_i — площадка в окружении i -го узла; I — число узлов на поверхности.

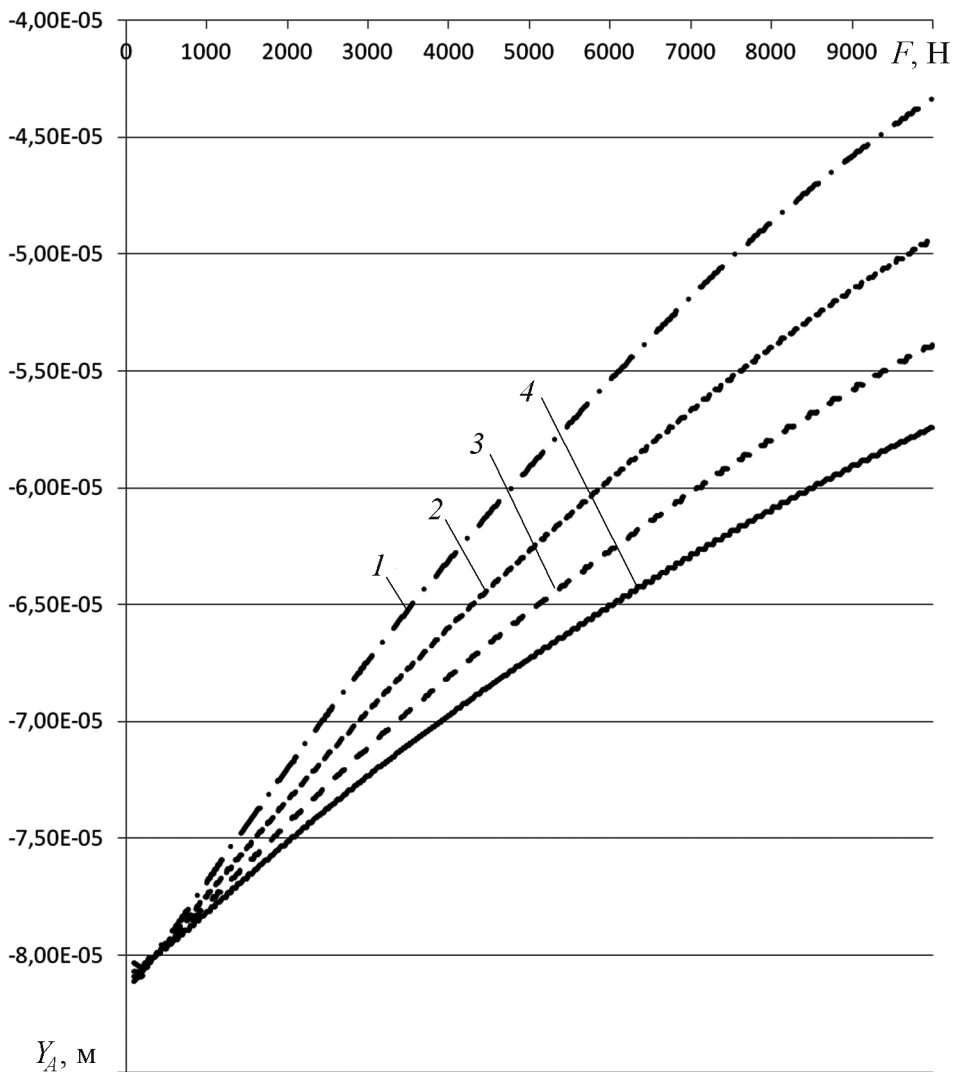


Рис. 2. Зависимость вертикальной координаты Y_A точки A от силы закрепления F при $k = 0,05$ (1), $0,1$ (2), $0,15$ (3) и $0,2$ (4)

Равномерность расчетной сетки внутренней поверхности детали позволяет определить элементарные площадки как отношение площади поверхности к числу узлов на ней. На основании расчетных значений параметров напряженно-деформированного состояния детали по формуле (1) построены зависимости момента сил трения от силы закрепления (рис. 3). По ним выполняется *второй* этап назначения режимов обработки — определение обеспечиваемого момента сил трения M и, как следствие, максимально допустимого момента сил резания M_z с учетом коэффициента запаса k_z из условия непроворота детали: $M_z = M/k_z$, где $k_z > 1$.

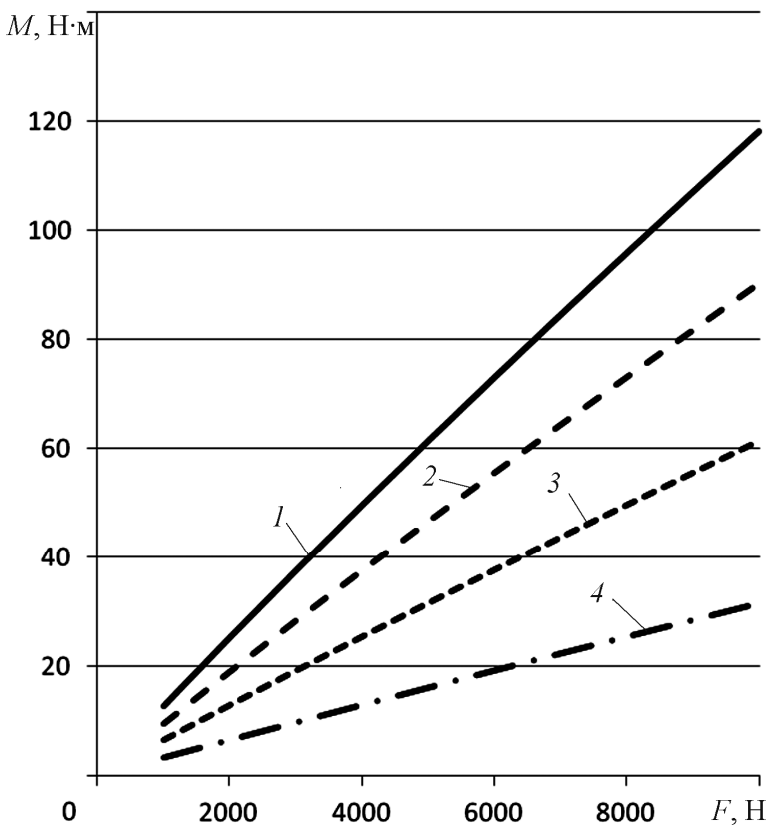


Рис. 3. Зависимость момента сил трения M от силы закрепления F при $k = 0,05$ (1), $0,1$ (2), $0,15$ (3) и $0,2$ (4)

Эмпирическая формула для определения составляющих силы резания [3]:

$$P_{x,y,z} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (2)$$

где C_p , K_p , x , y , n — константы, определяемые условиями резания; t — глубина резания, мм; s — подача, мм/об; v — скорость резания, м/мин.

Значение M_z оценивали по тангенциальной составляющей P_z , так как только она создает момент, проворачивающий деталь. Константы формулы (2) назначались для условий чистовой обработки меди и медных сплавов. В этом случае P_z , Н, является функцией двух переменных:

$$P_z = 10 \cdot 55 t^1 s^{0,66} v^0 \cdot 2,05. \quad (3)$$

Момент сил резания M_z вычисляли на максимальном обрабатываемом диаметре d_{\max} детали:

$$M_z = P_z \frac{d_{\max}}{2}. \quad (4)$$

На *третьем* этапе глубину t и скорость v резания выбирают исходя из требований к шероховатости и толщине снимаемого слоя материала наружной поверхности детали. По графикам на рис. 4, построенным по формулам (3) и (4), для выбранной глубины резания t и по найденному максимально допустимому моменту силы M_z резания назначают подачу s , обеспечивающую требуемую точность.

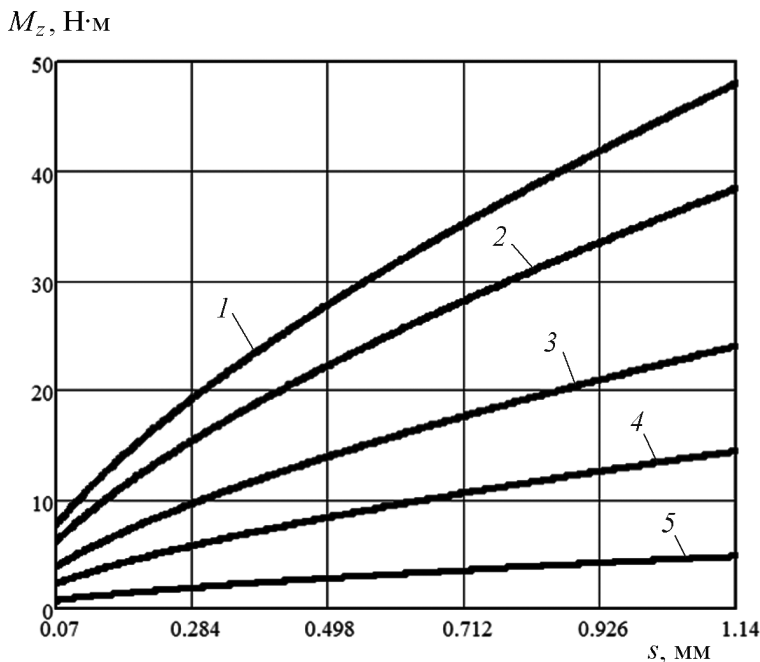


Рис. 4. Зависимость момента силы резания M_z от подачи s при $t = 1$ (1), 0,8 (2), 0,5 (3), 0,3 (4) и 0,1 мм (5)

Предложенная схема назначения режимов и условий обработки позволяет упростить процесс выбора параметров резания и обеспечить точность закрепления заготовки. Однократно проведя численное моделирование и получив данные для распространенных типоразмеров заготовок, можно в дальнейшем варьировать параметры технологического процесса для оптимизации режимов или изменения точностных параметров деталей, не прибегая к сложным расчетам и дорогостоящим натурным экспериментам.

Выводы. С помощью численных расчетов, выполненных в среде ANSYS 13, получены зависимости вертикальной координаты оси детали, характеризующей процесс центрирования, и момента сил трения конической тонкостенной оболочковой детали на оправке от си-

лы закрепления. Графики, построенные по этим зависимостям, позволяют легко определить силу закрепления и обеспечиваемый ей момент сил трения.

На основании полученных зависимостей предложена методика назначения режимов резания и требуемой силы закрепления, обеспечивающих центрирование конической заготовки на конической оправке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В.А., Баскаков В.Д., Круглов П.В. Научные основы проектирования технологии изготовления прецизионных кумулятивных зарядов // Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны: Тр. Междунар. конф. III Харитоновские тематические научные чтения. – Саров, 26 февраля – 2 марта 2001 г. – С. 254–257.
2. Тараскин О.А., Баскаков В.Д. Математическое моделирование процесса закрепления конической оболочковой детали на конической оправке при механической обработке // Изв. вузов. Машиностроение. – 2012. – № 7. – С. 52–55.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 495 с.

Статья поступила в редакцию 19.09.2012