

УДК 621.9.08

Е.А.Петрова (6 курс, каф. ТМ),  
Э.Л.Жуков, к.т.н., проф., И.И.Козарь, к.т.н., доц.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА ПРИ ОБРАБОТКЕ В ПАТРОНЕ И В ЦЕНТРАХ

Погрешности формы и размеров деталей, изготавливаемых на токарных станках, в значительной мере определяются деформациями упругой системы станок–инструмент–обрабатываемое изделие под действием сил резания. В процессе обработки деформируется как само изделие, так и резец, а также те детали и узлы станка, которые служат опорами для резца и обрабатываемого изделия. В зависимости от положения резца относительно опор, упругие деформации (прогибы) обрабатываемой детали и деформации узлов станка изменяются. Таким образом, жесткость технологической системы (ТС) является переменной величиной. Жесткость упругой системы ТС можно определить расчетом, если известны жесткость изготавливаемой детали  $K_D$ , станка  $K_C$  и инструмента  $K_I$ .

При наружном точении<sup>1</sup> в центрах и в патроне задача несколько упрощается. В этом случае, жесткость инструмента (резца) при нормальном вылете  $l \leq 1,5h$  (где  $h$  – высота державки резца прямоугольного сечения  $b \times h$ ) значительно выше жесткости станка и обрабатываемой детали. В этих случаях влиянием деформаций резца на точность обработки можно пренебречь и учитывать только деформации обрабатываемой детали и станка

При первом приближении расчетные схемы для случаев обработки в центрах и в патроне соответствуют:

- а) балке, свободно лежащей на двух опорах для вала, закрепленного в центрах;
- б) консольной балке, заделанной одним концом для детали, закрепленной в патроне;
- в) балке, заделанной одним концом и свободно лежащей вторым концом на опоре – для детали, закрепленной в патроне с поджимом задним центром.

Для этих схем получены расчетные формулы для определения жесткости детали при обработке в центрах и в патроне. Из анализа этих формул следует, что при обработке в центрах, деталь обладает наименьшей жесткостью при положении резца посередине ее длины ( $K_{d\min}$  при  $x = 1/2$ ), а при обработке в патроне наименьшая жесткость детали соответствует положению резца у свободного конца ( $K_{d\min}$  при  $x = 1$ ) т. е. в начале обработки.

Рассчитаны численные значения жесткости в зависимости от диаметра и длины детали ( $d$  и  $l$ ), а также вида ее материала.

Чтобы определить жесткость системы ТС в общем случае следует учитывать как деформации обрабатываемой детали и узлов станка, так и режущего инструмента.

В частности, при обработке в патроне жесткость станка следует рассчитывать с учетом жесткости патрона, а также необходимо учитывать смещения, вызываемые деформациями поверхностей контакта патрона со шпинделем станка и кулачков с изготавливаемой деталью.

При обработке в центрах следует учитывать деформации поверхностных слоев центровых отверстий. Эти деформации можно условно объединить с деформациями передней и задней опор (центров), тем самым несколько снижая расчетную жесткость последних. Жесткость упругой системы ТС, для случая растачивания отверстий в

<sup>1</sup> При растачивании отверстий следует учитывать также и жесткость инструмента  $K_I$ , т. к. в этом случае прогибы борштанг оказывают существенное влияние на точность обработки.

толстостенных деталях<sup>2</sup>, при закреплении в патроне, полагая условно деталь “абсолютно жесткой”, может быть определена с учетом жесткости режущего инструмента ( $K_i$ ) и станка ( $K_c$ ).

Следует отметить, что, при учете радиальной составляющей усилия резания  $P_y$ , направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, и деформации того же направления, необходимо учитывать действие всех других сил, например  $P_z$ , так как они могут вызывать смещение по нормали, несмотря на то, сами они могут иметь совершенно другое направление.

Жесткость режущего инструмента (резца) может быть определена из расчета, при условии, если известны сечение державки резца (борштанги) и вылет свободного конца.

Расчеты показали, что прогибы резца в вертикальной плоскости не оказывают заметного влияния на точность размеров обрабатываемого изделия, то же можно сказать и о весьма незначительных деформациях сжатия державки резца под действием радиальной слагающей  $P_y$ . При нормальных вылетах  $l_1 = (1,5 \div 2)h$  резец обладает значительно большей жесткостью, чем обрабатываемая деталь и узлы станка, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Для численной оценки жесткости узлов станка и отдельных соединений в узле, должны быть известны величины суммарных деформаций узла (детали в узле), приведенные в точку контакта резца с обрабатываемой деталью в направлении по нормали к обрабатываемой поверхности (в плоскости действия радиальной слагающей усилия резания  $P_y$ ), непосредственно влияющие на точность обработки. Приведенные деформации определяются на основании измеренных в контрольных точках, путем пересчета их в точку контакта резца с обрабатываемой деталью для суппорта, и к центрам для передней и задней бабок.

Из рассмотрения баланса жесткости основных узлов можно сделать следующие выводы:

1. При обработке деталей в патроне значительное влияние на жесткость узла передней бабки оказывают деформации шпинделя с опорами.

При обработке в центрах наибольшее значение приобретают деформации в стыках центровое гнездо – переходная втулка – центр и смятие центрального отверстия обрабатываемой детали на центре, а также деформации шпинделя с опорами.

2. Понижение жесткости задней бабки является следствием деформаций (прогиба) тала пиноли и деформаций в стыках пиноль – корпус.

3. В зависимости от координаты точки приложения силы  $P_u$  относительно условий оси поворота суппорта, происходит перераспределение величины и знаков деформаций в стыках от каретки до резцедержателя.

4. Жесткость узла передней бабки может быть повышена за счет увеличения диаметра опорных шеек шпинделя и улучшения конструкции передней опоры.

5. В узле задней бабки следует повысить жесткость корпуса, улучшить способ его крепления к станине за счет увеличения расстояния между осями болтов, увеличить диаметр пиноли и повысить качество поверхностей сопрягаемых деталей пиноль– корпус.

---

<sup>2</sup> При растачивании отверстий в тонкостенных втулках деформации детали под действием зажимных усилий оказывают существенное влияние на точность формы обрабатываемого отверстия.