

*А. В. Солдатов\**

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА**

В современном мире, где развитие прогресса идет семимильными шагами, актуальным становится вопрос о проблеме обеспечения точности выпускаемых изделий. С развитием техники и технологий все больше требуется совершенствование технологических процессов под современное оборудование. Это требует от человечества все больше новых идей и задумок. Но без современного оборудования все усилия могут оказаться тщетны. Поэтому разрабатываются новейшие станки для металлообработки в целях повышения точности продукции и

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. Х. Фидарова.

автоматизации производства, так как оборудование, разработанное в советское время, уже изношено и не соответствует необходимым современным стандартам качества выпускаемой продукции. Качество продукции является одним из важнейших средств конкурентной борьбы, завоевания и удержания позиций на рынке. Поэтому фирмы уделяют особое внимание обеспечению высокого качества продукции, устанавливая контроль на всех стадиях производственного процесса, начиная с контроля качества используемых сырья и материалов и заканчивая определением соответствия выпущенного продукта техническим характеристикам и параметрам не только в ходе его испытаний, но и в эксплуатации. Качество изготавливаемых деталей на станках также во многом зависит и от жесткости технологической системы станок–приспособление–инструмент–заготовка. В связи с этим в данной статье приводятся основные понятия о жесткости технологической системы, о том, как она влияет на точность обработки и методах ее повышения.

Механическая обработка заготовок на токарно-винторезных станках выполняется с использованием приспособлений и инструментов. Все узлы и устройства, участвующие в процессе обработки, и обрабатываемая деталь образуют технологическую упругую систему (СПИЗ): станок–приспособление–инструмент–заготовка. Эта технологическая система является замкнутой динамической системой, способной к возбуждению и поддержанию вибраций, порождающих погрешности формы обрабатываемых поверхностей (некруглость, волнистость) и увеличивающих их шероховатость.

С рассматриваемой точки зрения важной характеристикой этой системы является ее жесткость. Жесткостью технологической системы называется способность этой системы оказывать сопротивление действию деформирующих ее сил.

При проведении эксперимента мы убедились, что жесткость системы СПИЗ зависит от жесткости составляющих ее элементов. К примеру, при обточке на токарно-винторезном станке длинного и тонкого вала жесткость элементов станка очень велика, а жесткость обрабатываемой заготовки мала, соответственно отжатия передней и задней бабок от инструмента малы, а отжатие заготовки от инструмента значительно. В результате этого форма заготовки становится бочкообразной. Наоборот, при обработке массивной заготовки, дающей минимальный прогиб, на станке малой жесткости форма заготовки получается корсетообразной с наименьшим диаметром в середине заготовки.

Перейдем теперь непосредственно к определению погрешностей, связанных с упругими деформациями системы под воздействием сил резания. В результате этих деформаций изменяется расстояние между режущей кромкой инструмента и базовой поверхностью (линией, осью) заготовки.

Для вычисления погрешностей обработки, связанных с упругими отжатыми технологической системы, необходимо знать ее жесткость. Жесткость  $j$ , кН/м, технологической системы принято оценивать как отношение нормальной составляющей  $P_y$ , кН, силы резания к суммарному смещению  $y$ , мм, лезвия режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки, измеренному в направлении нормали к этой поверхности:

$$j = \frac{P_y}{y}. \quad (1)$$

Как следует из предыдущего:

$$\Delta_{\text{обр}} = y_{\text{п.б}} + y_{\text{з.б}} + y_{\text{присп}} + y_{\text{заг}} + y_{\text{инстр}}, \quad (2)$$

где  $y_{\text{п.б}}$  и  $y_{\text{з.б}}$  – отжатие передней и задней бабок станка от инструмента;  $y_{\text{присп}}$ ,  $y_{\text{заг}}$ ,  $y_{\text{инстр}}$  – отжатие приспособления, заготовки и инструмента соответственно.

Рассматривая рис. 1, видно, что при нахождении резца в максимальной близости от передней бабки сила отжатия резца относительно передней бабки максимальна, а относительно задней бабки равна нулю. И наоборот, в максимальной близости задней бабки сила отжатия задней бабки максимальна, а передней равна нулю. Максимальный прогиб заготовки в результате ее отжатия от резца возникает, когда силы отжатия передней и задней бабок равны, тем самым возникает погрешность обработки [1, 2].

При определении жесткости перемещение всегда измеряется в направлении, перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, и в расчет вводится нормальная составляющая усилия  $P_y$  резания, однако при этом одновременно учитывается влияние на  $y$  и остальных составляющих силы резания ( $P_y$  и  $P_x$ ). Исследования показали, что при нагружении системы одной силой  $P_y$  упругое смещение  $y$  всегда больше, чем с учетом одновременного нагружения силами  $P_x$ ,  $P_z$ .

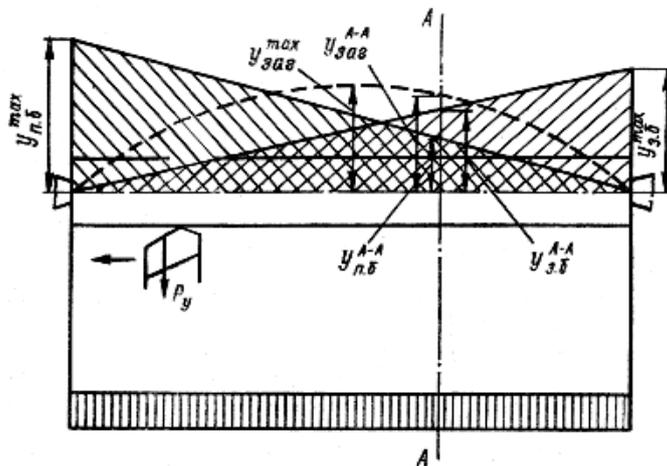


Рис. 1. Упругие отжатия технологической системы

Это значит, что численное значение жесткости меньше. В связи с этим при проведении экспериментов технологическую систему следует нагружать системой сил, максимально приближенной к эксплуатационным нагрузкам.

В случаях расчета жесткости отдельных звеньев технологической системы, а также при расчете погрешностей обработки связанных с упругими отжатыми удобно пользоваться понятием податливости. Податливостью  $\omega$  технологической системы называется способность этой системы упруго деформироваться под действием внешних сил. Отжатие резца, связанное с его прогибом, мало отражается на изменении фактического радиуса обработки, и при диаметре заготовки в несколько десятков миллиметров радиальное отжатие не принимается во внимание, а отжатие заготовки можно посчитать по обычным формулам сопротивления материалов. Так, обрабатываемую заготовку в форме гладкого вала, установленную в центрах, можно уподобить балке, лежащей на двух опорах с нагрузкой посередине пролета.

При различной твердости отдельных заготовок податливость технологической системы порождает рассеяние размеров обрабатываемых заготовок, а при колебании твердости в пределах одной заготовки, вызывает погрешности геометрической формы деталей.

Жесткость технологической системы может быть повышена следующими методами:

1. Созданием жесткой конструкции и изменением размеров элементов технологической системы.

2. Сокращением общего числа звеньев технологической системы.

Податливость технологической системы определяется суммой податливостей входящих в нее звеньев, поэтому уменьшение числа звеньев снижает податливость и повышает жесткость системы.

3. Повышением качества механической обработки деталей (особенно поверхностей стыков).

Для повышения жесткости стыков целесообразно применять методы обработки пластическим деформированием (накатка роликами и шариками), снижающие шероховатость и значительно увеличивающие микротвердость обработанных поверхностей.

4. Повышением качества сборки.

5. Правильным режимом эксплуатации станков.

Жесткость элементов технологической системы является переменной величиной, зависящей от ряда факторов (рабочей температуры, количества и состояния смазки, характера приложения нагрузки и др.), связанных с условиями эксплуатации.

6. Систематическим надзором за оборудованием в процессе его эксплуатации с периодической проверкой жесткости всех элементов технологической системы.

Жесткость технологической системы в процессе эксплуатации уменьшается в результате воздействия различных производственных причин, вызывающих износ и разрегулировку элементов системы [3 – 6].

### Список литературы

1. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения : учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 512 с.
2. **Лабораторный** практикум по технологии машиностроения / под ред. В. В. Бабука. – М. : Высшая школа, 1983. – 220 с.
3. **Основы** технологии машиностроения / под ред. В. С. Корсакова. – М. : Машиностроение, 1977. – 416 с.
4. **Алтунин, К. А.** Структура и адаптация модели представления знаний процесса токарной обработки : монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов, Р. В. Дякин. – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2017. – 104 с.
5. **Алтунин, К. А.** Применение нейронных сетей для моделирования процесса токарной обработки / К. А. Алтунин, М. В. Соколов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 122 – 133.
6. **Altunin, K. A.** Development of Information Support for Intelligent Cad of Cutting Processes / K. A. Altunin, M. V. Sokolov // Advanced Materials and Technologies. – 2017. – N 2. – P. 67 – 77.