

Таблица 6

Вид исходной базы и ее взаимосвязь с технологической базой, лишающей заготовку степени свободы в направлении выдерживаемого размера

Исходная база	Технологическая база	Код
Плоскость	Совпадает с ИБ	1
То же	Плоскость, соединенная базисным размером с ИБ	2
То же	Ось или образующая отверстия, соединенная базисным размером с ИБ	3
Ось отверстия	Совпадает с ИБ	4
То же	Плоскость, соединенная базисным размером с ИБ	5
То же	Ось или образующая отверстия, соединенная базисным размером с ИБ	6

Разработанный метод позволил автоматизировать расчет ПНБ применительно к операциям механической обработки заготовок корпусных деталей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Худобин Л.В., Белов М.А., Унянин А.Н. Базирование заготовок и расчеты точности механической обработки: Учебное пособие. Ульяновск: УлПИ, 1994. 188 с.
- Белов М.А., Ермолаева И.Е., Корунков А.Е. О классификации технологических баз // Перспективные методы и средства обеспечения качества летательных аппаратов: Сборник научных трудов. Ульяновск: УлГТУ, 2000. 187 с.

Ульяновский государственный технический университет

УДК 621.767(075.8)

Л.В. ХУДОБИН, М.А. БЕЛОВ, И.Н. ЕРМОЛАЕВА

#### О ФОРМИРОВАНИИ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА ОПЕРАЦИЯХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Рассмотрен механизм формирования погрешности установки заготовок на операциях механической обработки.

Как известно, погрешность установки заготовок  $\omega_y$  составляет существенную долю в общей производственной погрешности выдерживаемых на операциях механической обработки линейных и угловых размеров. При обработке заготовок высокоточных деталей на финишных операциях технологического процесса (ТП) величина  $\omega_y$  может быть даже сопоставима с допусками на выдерживаемые размеры [1]. Отсюда понятна необходимость тщательного анализа механизма формирования погрешности установки заготовок и выявления при этом доминирующих факторов, наиболее существенно влияющих на точность установки заготовок.

К настоящему времени накоплен достаточно большой теоретический и экспериментальный материал по изучению влияния отдельных факторов на точность установки. Различные авторы трактуют механизм образования погрешности установки по-разному, но наиболее полно ее определяют как отклонение фактически достигнутого положения заготовки при установке от требуемого вследствие пространственных смещений и поворотов системы координат заготовки относительно выбранной системы координат (приспособления или станка) или вследствие неточности совмещения технологических баз (ТБ) заготовки с установочными элементами (УЭ) приспособления [2, 3, 4].

Нами с целью создания единой методики автоматизированного расчета погрешности установки заготовок на операциях механической обработки, предлагается следующая схема формирования  $\omega_y$ .

Погрешность установки  $\omega_y$  представляет собой векторную сумму трех частных погрешностей

$$\bar{\omega}_y = \bar{\omega}_b + \bar{\omega}_d + \bar{\omega}_n, \quad (1)$$

где  $\omega_b$  – погрешность базирования; является следствием погрешностей, возникающих при обработке заготовки на предшествующих операциях ТП (по линейным и угловым размерам, макро- и микрогеометрии поверхностей);  $\omega_d$  – погрешность, вызываемая контактными деформациями в стыке между ТБ заготовки и УЭ приспособления; является следствием взаимодействия заготовки, поступающей на операцию, с данной технологической системой (следствием взаимодействия предшествующего ТП и данной технологической операции);  $\omega_n$  – погрешность положения заготовки в приспособлении; является следствием погрешностей, присущих данной технологической системе, и определяется по известным методикам [5, 6].

Погрешность базирования  $\omega_b$  представили как сумму погрешности, обусловленной несовмещением исходной и технологической баз  $\omega_{nb}$ , и погрешности, обусловленной отличием действительных значений макро- и микрогеометрических параметров ТБ заготовки и поверхностей УЭ приспособления от их идеальных геометрических прототипов  $\omega_{bg}$  [3]. Эта последняя составляющая оказывает большое влияние на величину  $\omega_b$  (и  $\omega_y$ ) при обработке на финишных операциях ТП заготовок прецизионных деталей, доля которых в машиностроении постоянно возрастает [7].

Рассмотрим образование погрешности  $\omega_{bg}$  на примере заготовок типа тела вращения.

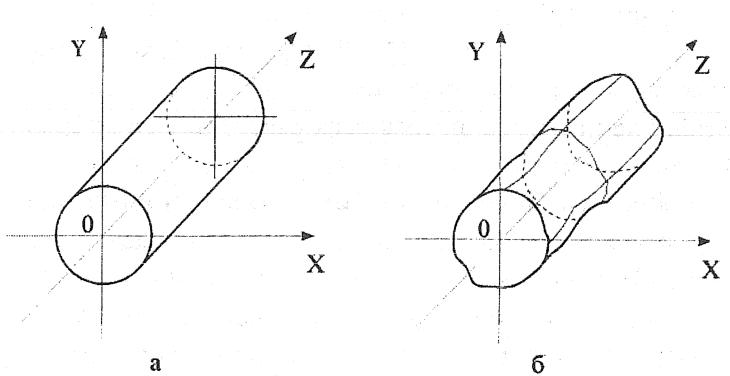


Рис. 1. Идеализированное (а) и реальное (б) представление детали типа тела вращения

Заготовку устанавливают в приспособление путем приведения в соприкосновение ее поверхностей с поверхностями приспособления или совмещения ее оси с осью приспособления (или и того и другого одновременно). Иначе говоря, установку заготовки в приспособление можно рассматривать как совмещение системы координат заготовки с системой координат приспособления. Разумеется, проще всего представить деталь (заготовку) как совокупность правильных

тел, ограниченных идеально правильными поверхностями и имеющих правильное относительное положение, т.е. предположить, что поверхности детали (заготовки) соответствуют своим идеальным геометрическим прототипам, а по отношению к другим поверхностям они строго параллельны или перпендикулярны, как это показано на рис. 1,а. Однако, на самом деле у деталей (заготовок) нет и не может быть идеально правильных поверхностей. Детали, даже самые точные, ограничены неправильными криволинейными поверхностями, как это схематично показано, например, на рис. 1,б. Отклонения поверхностей от правильной геометрической формы на макроуровне (овальность, огранка, волнистость и т.п.) и на микроуровне (шероховатость) возникают в результате действия при обработке заготовок многочисленных технологических факторов. Точно также отличаются от идеальных геометрических прототипов и поверхности УЭ приспособления.

В процессе базирования, когда УЭ приспособления, имеющие определенный макро- и микрорельеф, вступают в контакт с реальными поверхностями ТБ заготовки, возможны отклонения положения координатных систем различных заготовок относительно требуемого положения (и относительно друг друга). Предположим, что контактирующие заготовка и приспособление – абсолютно твердые тела. В этом случае при контакте двух шероховатых поверхностей первыми вступят в контакт противостоящие выступы, сумма высот которых окажется наибольшей [8, 9]. Кроме того, принимая во внимание наличие волнистости, расположение точек контакта будет более вероятно в области вершин выпуклостей. В зависимости от того, какой рельеф имеют сопрягаемые заготовки и приспособления, расположение координатных осей будет различным (рис.2), но определенным, так как положение одной системы координат ( $O'X'Y'Z'$ ) относительно другой ( $OXYZ$ ) характеризуется координатами ее начала и тремя углами Эйлера [3].

Таким образом, погрешность базирования представляет собой векторную сумму двух составляющих

$$\bar{\omega}_b = \bar{\omega}_{nb} + \bar{\omega}_{bg}. \quad (2)$$

Изложенный подход не противоречит принципам расчета погрешности базирования по методике [10], когда  $\omega_b$  совершенно не зависит от точности технологической системы, используемой на данной операции, и при выбранной схеме установки заготовки определяется точностью предшествующих операций ТП изготовления детали.

В соответствии с [11] в процессе базирования заготовка рассматривается как абсолютно твердое тело, не подвергающееся деформациям какого-либо рода, вызванным действием различных сил. Придерживаясь данного подхода, рассматривали погрешность  $\omega_b$ , обусловленную массой заготовки, как отдельную составляющую погрешности установки, так как образование  $\omega_b$  связано с деформациями в местах контакта заготовки и приспособления под действием силы веса заготовки. Возникающие под действием силы веса контактные деформации в стыках заготовки с приспособлением подобно действию сил закрепления вызывают из-

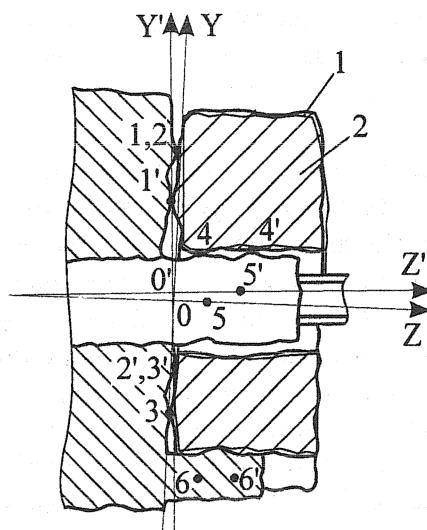


Рис.2. Расположение координатных осей:  
1 – заготовка с одним рельефом базовых  
поверхностей; 2 – заготовка с другим  
рельефом базовых поверхностей

менение положения заготовки в пространстве. В момент достижения системой равновесного состояния ось реальной цилиндрической заготовки, например, будет смещена относительно оси идеальной заготовки на величины  $\Delta x$  и  $\Delta y$  (рис. 3).

Поскольку механизм образования погрешности  $\omega_b$  аналогичен механизму образования погрешности закрепления  $\omega_3$  [8], эти погрешности можно представить как составляющие одной погрешности  $\omega_d$ , вызванной контактными деформациями в стыках ТБ заготовки и УЭ приспособления

$$\bar{\omega}_d = \bar{\omega}_b + \bar{\omega}_3. \quad (3)$$

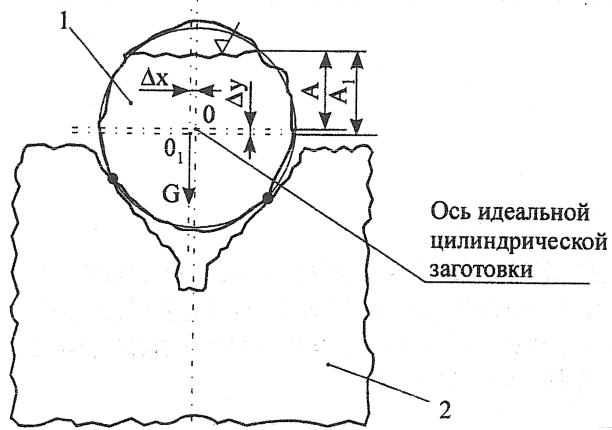


Рис.3. Контакт заготовки с приспособлением под действием силы веса заготовки  $G$ : 1 – заготовка; 2 – приспособление

Следует отметить, что погрешность  $\omega_b$  возникает только при установке заготовок большой массы, т.е. таких заготовок, у которых собственная деформация стыков заготовки с приспособлением соизмерима с допусками на выдерживаемые размеры. В особенности это относится к прецизионным деталям, когда нужно получить высокую точность линейных и угловых размеров. В случаях, когда погрешность, обусловленная массой заготовки, имеет малое значение, т.е. когда масса заготовки невелика и деформации стыков заготовки с приспособлением, вызванные действием силы веса, значительно меньше допуска на выдерживаемый размер, погрешностью  $\omega_b$  можно пренебречь. При установке на станок крупногабаритных заготовок большой массы необходимость в ее закреплении отпадает. Если величины сил трения превышают величины сил резания, стремящихся сдвинуть заготовку в процессе ее обработки, т.е. нарушить контакт элементов технологической системы, естественно,  $\omega_3 = 0$ .

Таким образом, погрешность установки  $\omega_y$  можно определить как векторную сумму ряда погрешностей

$$\bar{\omega}_y = \bar{\omega}_{nb} + \bar{\omega}_{bg} + \bar{\omega}_b + \bar{\omega}_3 + \bar{\omega}_p. \quad (4)$$

Предлагаемый подход позволяет более точно выполнить расчеты погрешности установки заготовки на операциях механической обработки с помощью ЭВМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косов М.Г., Сычева Н.А. Структурная модель механизма образования погрешностей технологического процесса механической обработки деталей // Вестник машиностроения. 1991. №4. С. 56 – 58.
2. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". Л.: Машиностроение, 1985. 512 с.
3. Колесов И.М. Исследование связей между формой, поворотом и расстоянием плоских поверхностей деталей машин. Дис... д-р техн. наук. Москва, 1967. 340 с.
4. Базров Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ. М.: Машиностроение, 1984. 256 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1973. Т. 1. 694 с.; Т. 2. 543 с.
6. Ильинский В.Б., Микитянский В.В., Сердюк Л.М. Станочные приспособления. Конструкторско-технологическое обеспечение эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1989. 208с.

7. Булавкин В.В. и др. Особенности маркетинга высоких технологий в машиностроении // Вестник машиностроения. 1995. №10. С. 29 – 33.
8. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроительных спец. вузов. М.: Высшая школа, 1999. 591 с.
9. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. М.: Машиностроение, 1979. 176 с.
10. Худобин Л.В., Белов М.А., Уняин А.Н. Базирование заготовок и расчеты точности механической обработки: Учебное пособие. Ульяновск: УлПИ, 1994. 188 с.
11. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. ГОСТ 21495-76. Изд-во стандартов, 1982. 35 с.

Ульяновский государственный технический университет

УДК 621.9.048.4

Д.В.КРАВЧЕНКО, К.Е.ФЕДОСЕЕВ

## НОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКРОЭРОЗИОННОГО ВЫРЕЗАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЬЕВ

Предложены для практической реализации три способа электроэрозионного формообразования боковых поверхностей зубьев цилиндрических эвольвентных зубчатых изделий проволочным электродом-инструментом. Разработана методика расчета суммарного машинного времени обработки зубчатого венца при предлагаемых способах электроэрозионного формообразования боковых поверхностей зубьев. Проведены теоретико-экспериментальные исследования по оценке технико-экономической эффективности предлагаемых способов зутоформообразования.

Электроэрозионное вырезание является одним из альтернативных способов размерной обработки сложнопрофильных цилиндрических эвольвентных мелкомодульных и среднемодульных (с модулем  $m < 4$  мм) зубчатых изделий (ЗИ) (колёс, секторов, литьевых матриц, пuhanсонов) в условиях инструментальных производств на предприятиях автомобилестроения, приборостроения, машиностроения для текстильной промышленности.

Нормирование операций электроэрозионного вырезания венцов ЗИ, как и любых других операций размерной обработки заготовок, является одним из ответственных этапов технологической подготовки производства. При электроэрозионном зубовырезании венец цилиндрического эвольвентного ЗИ формируется за счёт согласованных, подчинённых законам описания эквидистант эвольвентных боковых поверхностей, поверхностей вершин и впадин между зубьями, координатных перемещений проволочного электродо-инструмента (ЭИ) в осях X и Y (контурная обработка) по траектории, задаваемой от управляющей программы (УП). Для электроэрозионного формообразования боковых поверхностей зубьев ЗИ заданной точности, с целью поиска оптимального с точки зрения технико-экономической эффективности решения, от УП в устройстве ЧПУ электроэрозионного вырезного станка, например, при работе линейного интерполятора, может быть задана такая траектория координатных перемещений ЭИ, при которой:

- шаг между формообразующими точками торцевого эвольвентного профиля боковой поверхности зуба будет неизменным ( $n_l = \text{const}$ ), что с одной стороны обеспечивает одинаковые технологические условия протекания процесса формообразования элементарных