

ФОРМИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОПРАВКИ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЕ ИНСТРУМЕНТА

А.Ф. Денисенко, О.Ю. Казакова

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ask@samgtu.ru

Рассмотрены вопросы формирования погрешности инструментальной оправки при автоматической смене инструмента, влияющей на точность обработки.

Ключевые слова: *инструмент, станок, точность обработки, погрешность, смена инструмента, базирование, закрепление.*

На точность механической обработки наряду с погрешностями станка, установки заготовок, упругими силовыми и температурными деформациями технологической системы влияют погрешности установки инструмента. Особое значение эта составляющая приобретает при использовании системы автоматической смены инструмента, предусматривающей многократное использование инструмента. В этом случае погрешности установки будут определяться условиями сопряжения конических поверхностей шпинделя и оправки, которые во многом связаны с отклонениями указанных конических поверхностей от идеальных. И если погрешности конической поверхности шпинделя, проявляющиеся в одинаковой мере для всех используемых инструментов, могут быть предварительно оценены экспериментально, учтены и компенсированы при обработке с использованием возможностей современных систем ЧПУ, то учесть погрешности конусов оправок применительно к значительному числу инструментов не представляется возможным.

Проблемой является также и то, что погрешности конусов оправок не остаются неизменными, формируемыми при их изготовлении. В процессе их многократного использования вследствие неточностей механизмов смены инструмента и действующих при этом динамических процессов существенно проявляются износные явления, определенным образом влияющие на макрогеометрию конического соединения [1; 2].

Основными погрешностями изготовления конической части оправки и конической внутренней поверхности шпинделя являются отклонения от прямолинейности образующей конуса в виде выпуклости и вогнутости (рис. 1), а в поперечном сечении – отклонение от круглости (рис. 2), отклонения угла конуса (рис. 3).

Указанные погрешности, дополняемые изменениями формы при эксплуатации, могут достигать значительных величин.

Так, например, измерения отклонений от круглости в поперечном сечении в шести точках конической оправки, многократно используемой на координатно-расточном станке, показали, что максимальная величина отклонения реальной поверхности от идеальной в области меньшего диаметра составила 122 мкм, а в области большего диаметра – 78 мкм.

Александр Федорович Денисенко (д.т.н., проф.), заведующий кафедрой «Автомобили и станочные комплексы».

Ольга Юрьевна Казакова, старший преподаватель кафедры «Автомобили и станочные комплексы».

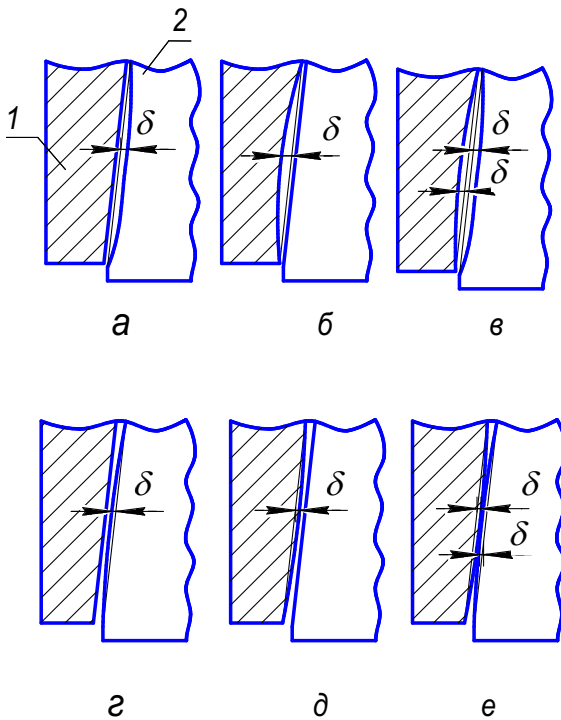


Рис. 1. Схемы отклонений от прямолинейности в продольном сечении вдоль образующей конуса:

a (г) – вогнутость (выпуклость) конической части оправки; *б (д)* – вогнутость (выпуклость) конической части шпинделя; *в (е)* – вогнутость (выпуклость) конической части оправки и шпинделя; δ – отклонение от прямолинейности вдоль образующей конуса оправки и шпинделя; 1 – шпиндель; 2 – оправка

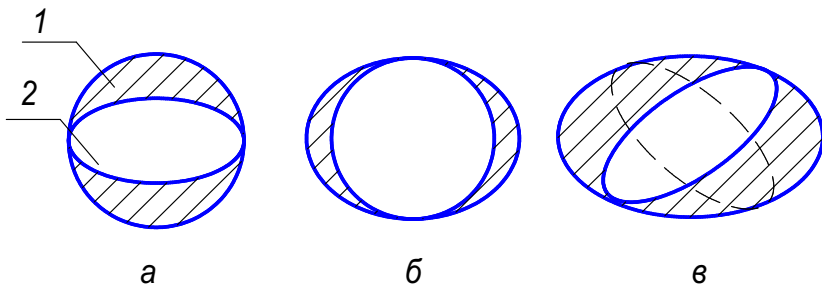


Рис. 2. Схемы отклонений в поперечном сечении:

a – овальность оправки; *б* – овальность конуса шпинделя; *в* – комбинация овальностей конусов; 1 – шпиндель; 2 – оправка

Данные отклонения могут возникнуть по ряду причин: биение при изготовлении оправки, закрепленной в патроне станка (при изготовлении на токарном станке), износ салазок станка, погрешности закрепления инструмента при изготовлении конической части шпинделя и т. д.

Кроме указанных погрешностей при образовании конической поверхности оправки и шпинделя в процессе изготовления возможны отклонения от номинальных значений угла конуса и соответственно диаметров D или d (рис. 3, где D и d – соответственно больший и меньший диаметры конуса).

Отклонением угла конуса $\Delta\alpha$ в плоскости, проходящей через ось, называют разность между значениями действительного и номинального углов конуса. В зависимости от базового диаметра (D или d) отклонение $\Delta\alpha$ может занимать положения, показанные на рис. 3, *a* и *б*. При появлении отклонений с разными знаками («+» или «-») действительный угол конуса может быть меньше номинального или больше его на величину $2\Delta\alpha$.

Отклонения угла, диаметров и формы конуса в совокупности называют отклонением боковой поверхности конуса. Чем меньше значения отклонений от геометрической формы конуса, тем выше качество изготовленных конусов конического соединения.

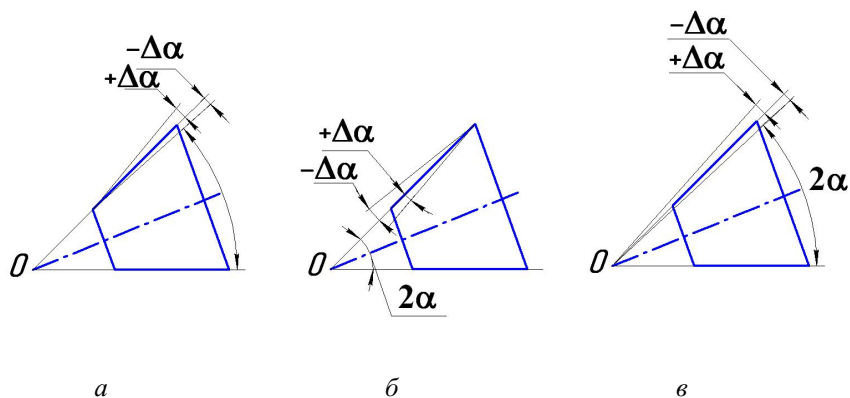


Рис. 3. Отклонения угла конуса:

a – учитываемые от малого диаметра d ; *б* – учитываемые от большого диаметра D ;
в – учитываемые от вершины конуса O

Погрешности эксплуатации на конусах оправок, обусловленные износом при неточном угловом первоначальном базировании, могут проявиться в скруглении верхней части образующей конуса (рис. 4, *a*) или нарушении прямолинейности в виде вогнутости (рис. 4, *б*). Эксцентриситет при первоначальном базировании (рис. 4, *в*) приводит к появлению отклонений от круглости в поперечных сечениях.

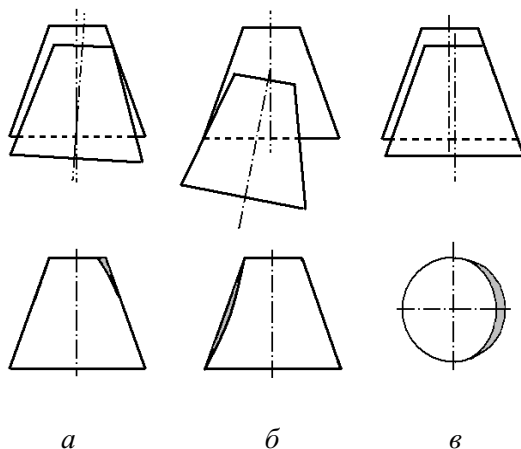


Рис. 4. Образование погрешностей эксплуатации

Влияние погрешности формы инструментальной оправки на точность обработки осуществляется по двум направлениям. Во-первых, имеют место погрешности базирования и закрепления; во-вторых, снижается жесткость инструментальной системы.

Если принять симметричность конструкции оправки, конуса шпинделя и механизма закрепления относительно оси шпинделя, то наиболее возможной погрешностью при смене инструмента является осевая погрешность оправки в гнезде шпинделя. Указанные погрешности значительно превосходят угловые и радиальные в связи с тем, что при смене инструмента практически отсутствуют значительные боковые силы, что достигается «плавающим» (свободным) размещением оправки в гнезде транспортирующего манипулятора и малостью упругих реакций с его стороны.

Осевые погрешности оправки при смене инструмента ξ формируются при базировании ($\xi_Г$) и затяжке (ξ_3):

$$\xi = \xi_Г - \xi_3,$$

где $\xi > 0$ и $\xi_Г > 0$, если оправка не доходит до требуемого положения.

Значительным резервом повышения точности обработки является формулирование требований к конусам инструментальных оправок, которые позволят минимизировать осевую погрешность оправки, имеющей погрешности формы базирующего конуса, при смене инструмента.

В связи с этим рассмотрим задачу определения точности осевого расположения инструментальной оправки, имеющей погрешности формы базирующего конуса, в идеальный конус шпинделя.

Погрешности формы базирующего конуса инструментальной оправки учтем путем представления его в виде усеченного конуса высотой L , основания которого представляют собой эллипсы с осями A и B для большего основания и a и b – для меньшего основания. В общем случае $A \neq B \neq D$ и $a \neq b \neq d$, где D и d – соответственно больший и меньший диаметры гнезда шпинделя. Будем считать в дальнейших выкладках, что $A > B$ и $a > b$. Извернутостью конуса оправки в продольном направлении пренебрегаем, то есть считаем, что оси A и a лежат в одной плоскости. Угол конуса оправки в плоскости, проходящей через большие оси, обозначим через 2β . Причем $\beta \neq \alpha$, где 2α – угол конуса гнезда шпинделя, определяемый стандартом.

Указанные отклонения приведут к тому, что базирование оправки в гнездо шпинделя будет происходить не по множеству точек, лежащих на конической поверхности, а в точках, расположенных на окружности, расположенной в плоскости, перпендикулярной оси конуса. При этом в зависимости от соотношения размеров $A;D$ и $a;d$ и углов α и β возможны следующие случаи (рис. 5).

1. $\alpha < \beta$. В этом случае осевое положение оправки будет определяться соотношением размеров больших торцов конусов:

– $A > D$ (рис. 5, а). В этом случае базирование происходит по точкам, расположенным на диаметре D гнезда шпинделя, и на образующей конуса оправки. В связи с этим оправка не дойдет до нулевого положения (соединения идеального конуса оправки с идеальным конусом гнезда) на величину $\xi_Г = 0,5(A - D)ctg\beta$ (рис. 6, а);

– $A < D$ (рис. 5, б). В этом случае базирование происходит по точкам, расположенным на оси A оправки и на образующей конуса гнезда шпинделя. Величина $\xi_Г$ будет отрицательной и составит $\xi_Г = 0,5(A - D)ctg\alpha$ (рис. 5, б).

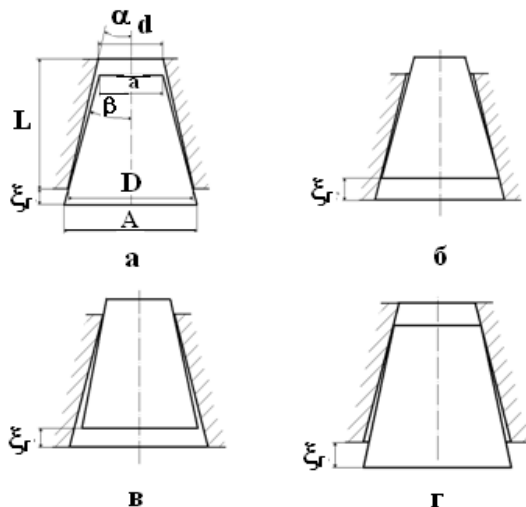


Рис. 5. Формирование осевой погрешности оправки при базировании:
а – $\alpha < \beta$; $A > D$; *б* – $\alpha < \beta$; $A < D$; *в* – $\alpha > \beta$; $a < d$; *г* – $\alpha > \beta$; $a > d$

2. $\alpha > \beta$. В этом случае осевое положение оправки будет определяться соотношением размеров малых торцов конусов:

– $a < d$ или $\frac{A-D}{2L} < \text{tg}\beta - \text{tg}\alpha$ (рис. 5, в). В этом случае базирование происходит

по точкам, расположенным на диаметре d гнезда шпинделя, и на образующей конуса оправки. Значение $\xi_{\Gamma} < 0$ и определяется выражением (рис. 5, в):

$$\xi_{\Gamma} = 0,5(A - D)\text{ctg}\beta + L(\text{tg}\alpha \cdot \text{ctg}\beta - 1);$$

$a > d$ или $\frac{A-D}{2L} > \text{tg}\beta - \text{tg}\alpha$ (рис.5, г). В этом случае базирование происходит по точкам, расположенным на оси a оправки и на образующей конуса гнезда. Значение $\xi_{\Gamma} > 0$ и равно (рис. 5, г):

$$\xi_{\Gamma} = 0,5(A - D)\text{ctg}\alpha\beta + L(1 - \text{tg}\alpha \cdot \text{ctg}\beta).$$

Величины погрешностей инструментальной оправки при базировании изменяются при приложении силы затяжки, результат действия которой зависит от положения оправки в шпинделе станка. Для станков, использующих оправки по ГОСТ 25827-93, есть возможность закрепления инструмента с оправкой в двух положениях, определяемых наличием шпонки и позволяющих устанавливать оправку с поворотом на 180° (рис. 6, а).

Указанные обстоятельства приводят к существенному влиянию случайных составляющих, требующих при смене инструмента статистической обработки полученных данных.

Так, например, обработка результатов 60 замеров радиального смещения оправки при смене инструмента на координатно-расточном станке показала, что погрешности установки оправок по среднему значению составляют 2,5 мкм и 4 мкм. Таким образом, существует возможность значительного повышения точности за счет выбора положения оправки относительно шпонки (см. рис. 6).

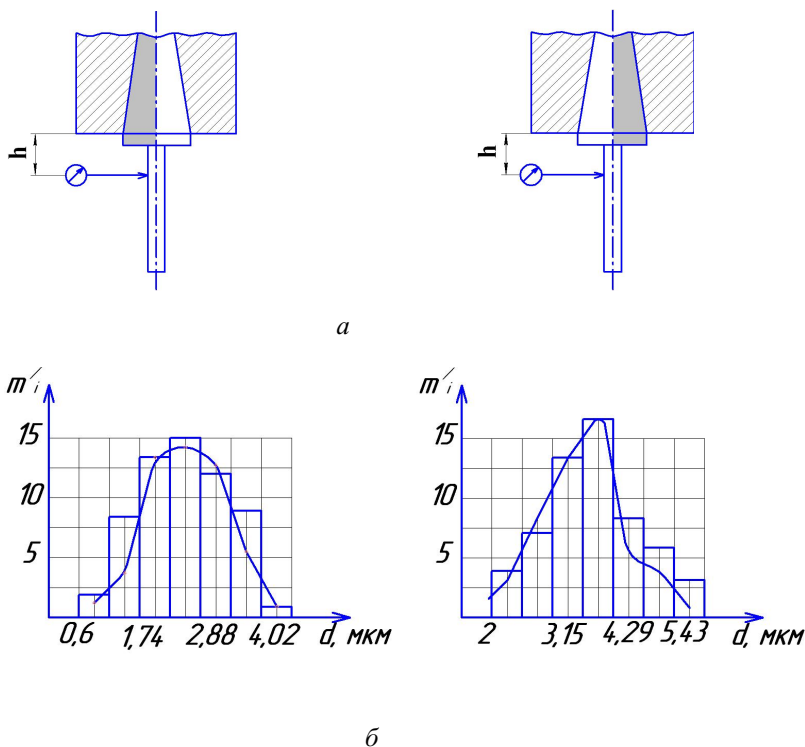


Рис. 6. Результаты замеров радиального смещения оправки:

a – положение оправки при $h = 33$ мм; *б* – гистограмма и кривая распределения погрешности

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисенко А.Ф., Казакова О.Ю. Определение зоны интенсивного износа базировочных поверхностей инструментальной системы металлорежущих станков // Высокие технологии в машиностроении: Материалы Всерос. научно-техн. интернет-конференции. – Самара, 2010. – С. 84-86.
2. Денисенко А.Ф., Казакова О.Ю. Прогнозирование изменения формы базировочных поверхностей инструментальной системы металлорежущих станков при эксплуатации // Вестник машиностроения. – 2011. – № 5. – С. 54-57.

Статья поступила в редакцию 25 февраля 2012 г.

FORMATION OF TOOL HOLDER ERROR IN AUTOMATIC TOOL CHANGE

A.F. Denisenko, O.Yu. Kazakova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The article deals with the issues of formation of tool holder errors in automatic tool change, affecting the working accuracy.

Keywords: *tools, machine tool, working accuracy, error, automatic tool change, base, workholding.*

*Alexander F. Denisenko (Dr. Sci. (Techn.)), Professor:
Olga Yu. Kazakova, Senior Lecture.*