

# ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОБРАЗОВАНИИ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА ОПЕРАЦИЯХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*П. Ю. Евграшин, М. А. Белов*

УлГТУ, г. Ульяновск

Доклад посвящен рассмотрению процесса образования погрешности установки на операциях механической обработки. Приведены выводы анализа предыдущих работ на эту тему. На примерах наиболее часто встречающихся схем установки рассмотрены предлагаемые подходы к оценке ее погрешности. В формулах отражены составляющие погрешности установки, особый акцент в докладе сделан на образовании погрешности базирования.

Несмотря на преобладание деталей и машин обычной точности, для современного машиностроения характерен постоянный рост доли высокоточных (прецизионных) деталей, а также постоянный рост требований к точности. В связи с этим требуются более адекватные реальным телам модели, которые позволят сократить погрешности обработки и увеличить точность производимых изделий, а также методики, которые могут применяться при проектировании технологических процессов. Все это, конечно, экономически целесообразно использовать именно для деталей высокой точности.

Вообще, чем выше точность детали, тем более точной должна быть модель, используемая при проектировании технологического процесса ее изготовления.

Установка заготовки на операции механической обработки – это придание ей требуемого положения относительно системы координат технологической системы с помощью приспособления и последующее ее закрепление.

Погрешность установки  $\omega_y$  составляет существенную часть общей производственной погрешности выдерживаемого размера (до 60 % погрешности обработки заготовок на металлорежущих станках в ряде случаев приходится на погрешность установки). Поэтому, понимание сущности механизма образования погрешности установки и разработка методики расчета этой погрешности представляет существенный интерес для теории и практики современной технологии машиностроения, когда доля высокоточных (прецизионных) деталей машин и приборов с микронными и долемикронными допусками на изготовление постоянно возрастает.

Вопросы установки деталей, как на операциях механической обработки, так и в сборочных единицах рассматривались многими российскими учены-

ми: Колесовым И. М., Косовым М. Г., Микитянским В. В., Махариским Ю. Е., а также Абрамовым Ф. Н., Сыроевым Ю. С. и многими другими. Тема является актуальной и перспективной. Достаточно глубоко она развивалась еще в 1960-е годы Колесовым И. М. и его учениками. Но недостатком того времени являлось отсутствие достаточных вычислительных мощностей, что привело к созданию формул и использованию методов расчета, имеющих некоторые условности, приводящие к неточностям при расчете. В настоящее время различными коллективами ведутся исследования по данному направлению, но целостной теории и методики еще не выработано.

Погрешность установки складывается из погрешности базирования, закрепления заготовки, погрешностей, обусловленных ее весом (особенно в случае обработки массивных заготовок), погрешности приспособления (а также ряда других):

$$\omega_y = \omega_б + \omega_з + \omega_в + \omega_{пр}, \quad (1)$$

где  $\omega_y$  – погрешность установки;  $\omega_б$  – погрешность базирования;  $\omega_з$  – погрешность закрепления;  $\omega_в$  – погрешность, связанная с весом заготовки;  $\omega_{пр}$  – погрешность приспособления.

Погрешность базирования  $\omega_б$  представляет собой сумму трех составляющих [1]:

$$\omega_б = +\omega_{б,ф} + \omega_{б,р} + \omega_{б,у}, \quad (2)$$

где  $\omega_{б,ф}$  – погрешность формы поверхностей заготовки;  $\omega_{б,р}$  – погрешность расположения поверхностей;  $\omega_{б,у}$  – погрешность, обусловленная схемой установки.

Основной в погрешности базирования является погрешность, связанная со схемой установки  $\omega_y$ , но на операциях высокоточной обработки важную роль будут играть как погрешность формы поверхностей, так и погрешность расположения поверхностей. Тем более, что  $\omega_y$  может, в силу своей природы, в отличие от них быть равной нулю, к чему и стремятся, особенно при высокоточной обработке.

Величина первой составляющей погрешности базирования  $\omega_{б,у}$  определяется выбором схемы установки заготовки на выполняемой технологической

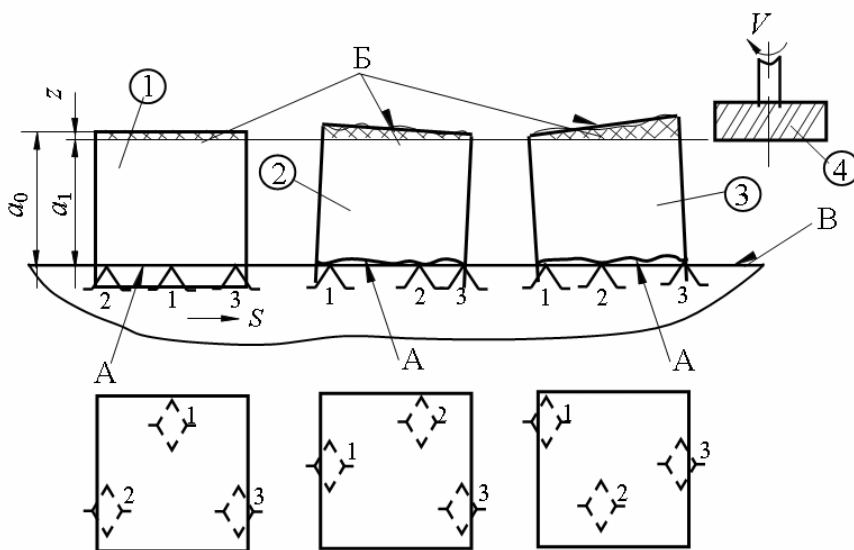


Рис. 1. Влияние макро рельефа базовой поверхности А заготовки на неравномерность снимаемого припуска  $z$ : ① – заготовка в виде идеального прямоугольного параллелепипеда; ②, ③ – заготовки с реальным макро рельефом установочной ТБ; ④ – фреза; Б – поверхность заготовки до начала обработки; В – установочная поверхность приспособления;  $a_0$  и  $a_1$  – размеры заготовки соответственно до начала и после обработки

операции (и соответствующим принятой схеме установки расположением технологических баз). Погрешность  $\omega_{б,y}$  не зависит от точности технологической системы, на которой выполняется данная операция. Погрешность  $\omega_{б,y}$  – это разность предельных положений исходной базы выдерживаемого линейного размера относительно режущих кромок настроенного на размер инструмента. Эта погрешность является следствием погрешностей, возникающих на операциях технологического процесса, предшествующих рассматриваемой.

При выборе схемы установки или схемы базирования необходимо стремиться базировать заготовку таким образом, чтобы погрешности  $\omega_{б,y}$  по выдерживаемым размерам были равны нулю. Погрешность  $\omega_{б,y}$  по выдерживаемому линейному размеру равна нулю в том случае, когда исходная база этого размера совмещена с технологической базой, лишаящей заготовку степени свободы в направлении выдерживаемого размера.

Вторая составляющая погрешности базирования  $\omega_{б,ф}$  отражает влияние на точность базирования микро- и макрогеометрических погрешностей формы контактирующих при базировании поверхностей заготовки и приспособления. Погрешность  $\omega_{б,ф}$  по сравнению с другими составляющими  $\omega_{б}$  относительно невелика. Расчет  $\omega_{б,ф}$  можно выполнить по методике, предложенной И. М. Колесовым. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что даже при совмещении исходной базы выдерживаемого размера с координатной плоскостью (или осью) системы координат

погрешность  $\omega_{б,ф}$  может оказывать существенное влияние на величины фактических припусков и точность выдерживаемых размеров. Особенно ярко это влияние проявляется в процессах высокоточной обработки заготовок. Влияние погрешности  $\omega_{б,ф}$  показан на рис. 1.

Величина третьей составляющей погрешности базирования  $\omega_{б,p}$  зависит от точности взаимного расположения базовых поверхностей заготовки. Погрешность  $\omega_{б,p}$  может составлять значительную часть погрешности базирования по выдерживаемым размерам. Например, в некоторых случаях  $\omega_{б,p}$  может быть сопоставима с допусками на выдерживаемые линейные размеры.

Погрешность  $\omega_{б,p}$  следует учитывать при расчете  $\omega_{б}$  по выдерживаемым линейным и угловым размерам. Например, при сверлении отверстия в заготовке корпусной детали (рис. 2.2) на точность размеров  $b$  и  $d$  влияют погрешности  $\omega_{б,p}$ , обусловленные погрешностями углового расположения технологических баз А, Б и В. Вследствие рассеивания значений угла  $\alpha$  в партии заготовок возникает погрешность по размеру  $b$ , связанная с разностью предельных положений ИБ этого размера:

$$\omega_{б,p}^b = 2 \cdot c \cdot \text{tg}(T_\alpha / 2),$$

где  $T_\alpha$  – допуск на угол  $\alpha$  заготовки (в град.);  $c$  – расстояние от верхней плоскости заготовки до опорных точек 4, 5 (установочных элементов приспособления).

Вследствие колебаний углов  $\beta$  и  $\gamma$  заготовки возникают погрешности  $\omega_{б,p}$  по размеру  $d$ , которые

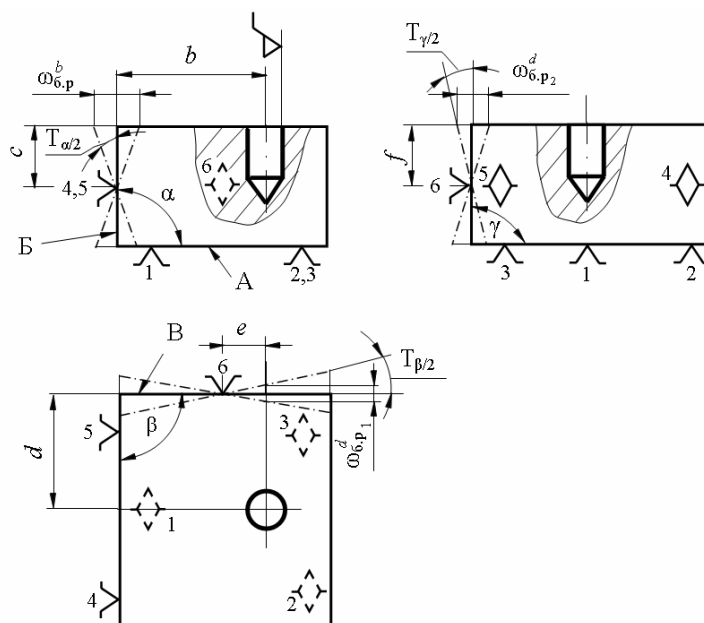


Рис. 2. Схема к определению погрешности  $\omega_{б,р}^d$  по выдерживаемым линейным размерам  $b$  и  $d$  при обработке отверстия в заготовке на вертикально-сверлильной операции: А, Б, В – соответственно установочная, направляющая и опорная базы

в двух взаимно перпендикулярных плоскостях равны соответственно:

$$\omega_{б,р1}^d = 2 \cdot e \cdot \operatorname{tg}(T_{\beta}/2);$$

$$\omega_{б,р2}^d = 2 \cdot f \cdot \operatorname{tg}(T_{\gamma}/2),$$

где  $T_{\beta}$  и  $T_{\gamma}$  – допуски на углы  $\beta$  и  $\gamma$  заготовки (в град.);  $e, f$  – размеры (рис. 2).

Погрешность  $\omega_{б,р}^d$  по размеру  $d$ , обусловленная погрешностью взаимного расположения базовых поверхностей заготовки, равна векторной сумме погрешностей  $\omega_{б,р1}^d$  и  $\omega_{б,р2}^d$  в двух взаимно перпендикулярных плоскостях:

$$\bar{\omega}_{б,р}^d = \bar{\omega}_{б,р1}^d + \bar{\omega}_{б,р2}^d.$$

Заменив векторную сумму квадратической, получим:

$$\omega_{б,р}^d = \sqrt{\left(\omega_{б,р1}^d\right)^2 + \left(\omega_{б,р2}^d\right)^2}.$$

Погрешность  $\omega_{б,р}$  может составлять значительную часть погрешности базирования по выдерживаемым размерам. Ниже (в третьей главе) показано, например, что в некоторых случаях  $\omega_{б,р}$  может быть сопоставима с допусками на выдерживаемые линейные размеры. Там же дана методика расчета указанной погрешности и приведены примеры ее расчета для схемы базирования призматической заготовки в координатный угол.

Вместе с тем следует отметить, что вопрос о влиянии погрешности  $\omega_{б,р}$  на погрешность базирования изучен еще недостаточно и по-прежнему требует

внимания, особенно в связи с развитием прецизионных технологий механической обработки.

Контактные деформации в стыках между базами заготовки и установочными элементами приспособления зависят от действия сил закрепления, веса заготовки, свойств материалов приспособления и заготовки, свойств материала поверхностного слоя его и микрорельефа, а также конструкции элементов приспособления. Сумму погрешностей закрепления и веса можно представить как погрешность от контактных деформаций:

$$\omega_{кд} = \omega_{з} + \omega_{в}, \quad (3)$$

где  $\omega_{кд}$  – погрешность от контактных деформаций.

Погрешность связанная с приспособлением  $\omega_{пр}$  возникает в результате неточности изготовления приспособления  $\omega_{п}$ , его установки и фиксации на станке  $\omega_{ус}$  и износа установочных элементов  $\omega_{изн}$  [2]:

$$\omega_{пр} = \omega_{п} + \omega_{ус} + \omega_{изн}, \quad (4)$$

где  $\omega_{п}$  – погрешность деталей приспособления;  $\omega_{ус}$  – погрешность установки приспособления;  $\omega_{изн}$  – погрешность от износа контактных поверхностей приспособления.

Погрешность  $\omega_{п}$  в основном зависит от точности изготовления деталей приспособления. Погрешность  $\omega_{ус}$  возникает в результате смещений и перекоса корпуса приспособления на столе, планшайбе или шпинделе станка. Составляющая  $\omega_{и}$  характеризует изменение положения контактных поверхностей установочных элементов в результате их изнашивания.

## Выводы

Кроме перечисленных погрешностей, которые авторам представляются наиболее значимыми, существует еще большое количество погрешностей, которые в каждом конкретном случае проявляют себя в большей или меньшей степени. Решение об их учете ложится на плечи технолога и зависит от его опыта. Одной из перспективных задач является автоматизация как вычисления данных погрешностей, так и выбор погрешностей, которые должны учитываться в расчете.

## Литература

1. Худобин Л. В., Белов М. А., Унянин А. Н. Базирование заготовок при механической обработке: учебное пособие / Под общ. ред. Л. В. Худобина. Ульяновск: УлГТУ, 2009.
2. Микитянский В. В. Точность приспособлений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1984.