

М188568
Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

В. А. ОРЛОВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ
КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПОЗИЦИОННЫХ
ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Диссертация написана на русском языке
(05.164 — Технология машиностроения)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Косилова А. Г.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Васильев Д. Т.,
кандидат технических наук, доцент Шулешкин А. В.

Ведущее предприятие — Государственный проектно-техно-
логический и экспериментальный институт «ОРГСТАНКИН-
ПРОМ».

Автореферат разослан « . . . » 1972 г.

Защита диссертации состоится « . . . » 1972 г.

на заседании Совета факультета «Автоматизация и механиз-
зация производств» и ордена
Трудового Красного Знамени
имени Н. Э. Баумана
ул., до

Ваши от
просим выс

С диссер
ща.

Ученый
канд. т

М188568

. Степанов

Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов в машиностроении является основным средством технического прогресса. Поэтому одним из направлений развития современной технологии машиностроения является расширение области применения автоматических станочных линий. Экономически наиболее эффективны автоматические линии для обработки корпусных деталей. Требование высокой производительности обработки на автоматических линиях должно быть неразрывно связано с качеством изготовления корпусных деталей, которые служат базовыми деталями многих узлов и механизмов.

Обработка систем точно координированных поверхностей является сложной технологической задачей, особенно — в автоматизированном производстве. Это обусловлено рядом причин, одной из которых является относительно низкая точность установки обрабатываемых заготовок в стационарных приспособлениях автоматических линий. Уменьшение погрешности установки, которая при обработке на поточных и автоматических линиях составляет более 60% от общей погрешности обработки, можно рассматривать как мероприятие повышения точности обработки корпусных деталей.

ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Погрешность установки при механической обработке деталей определяется погрешностью базирования, погрешностью закрепления и погрешностью положений заготовки, вызываемой неточностью приспособления. Обзор литературных источников и научно-исследовательских работ показывает, что вопросу повышения точности установки обрабатываемых деталей уделялось большое внимание, но изучался он для условий неавтоматизированной обработки деталей.

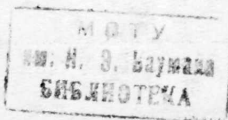
Условия образования погрешности установки на автоматических линиях имеют специфические особенности, определяющие величины слагаемых и их соотношения. При обработке на автоматических линиях деталей, конфигурация и размеры которых допускают установку в позиционных приспособлениях (без спутников) чаще всего базируются по плоскости и двум отверстиям на выдвижные установочные пальцы. В процессе многократной фиксации заготовок выдвижными установочными пальцами расчетные условия базирования нарушаются из-за износа базовых поверхностей обрабатываемых деталей и деталей механизма фиксации и величина погрешности базирования значительно возрастает с увеличением числа фиксаций.

НИИ МЛ У ИМ. Н. З. Баумана



1188568

Орловский В. А. Исследования



Производственные исследования, проведенные на действующих автоматических линиях для обработки корпусных деталей показывают, что фактическая точность установки заготовок в рабочих позициях значительно ниже расчетных. Базовые отверстия у обрабатываемых деталей и их межосевые расстояния часто не находятся в поле допуска или имеют размеры близкие к верхнему предельному значению сразу после их обработки. Так, например, у детали из чугуна, при заданном диаметре отверстий $16\phi_{2a} (\phi 16^{+0,027}_{+0,010})$ они после обработки (в начале линии) имели размер $16^{+0,046}_{+0,010}$, что соответствует посадке X в системе вала. После прохождения деталей по линии базовые отверстия уже имели размеры $16^{+0,027}_{+0,010}$, что соответствует посадке L в системе вала. Износ и разбивка базовых отверстий у заготовок из алюминиевого сплава имеют еще большее значение. Кроме того базовые отверстия приобретают конусность с разницей в размерах на глубине 2-3 мм и 8-10 мм от базовой плоскости для чугунных деталей в 0,01-0,02 мм, а для деталей из алюминиевых сплавов - 0,02-0,04 мм; базовые отверстия имеют также эллипсность. Отверстия под цилиндрический установочный палец изменяются на большую величину в плоскости совпадающей с направлением перемещения детали, а отверстия под ромбический палец - в плоскости расположения ленточки. Характерно, что величина разбивки базового отверстия связана с размером, который отверстие имело в начале линии; наибольшую разбивку получают отверстия с наименьшими начальными размерами, а отверстия с наибольшими начальными размерами почти не изменяют своей величины до конца обработки.

На снижение точности установки заготовок в позициях автоматических линий оказывает влияние нарастающий износ установочных элементов позиционных приспособлений (фиксирующих частей установочных пальцев и опорных планок), а также износ деталей механизма фиксации (направляющих втулок и нижних частей установочных пальцев или толкателей). Аналогично базовым отверстиям, фиксирующие части установочных пальцев имеют конусность. Износ в верхнем сечении у заходного конуса на 0,02-0,05 мм больше, чем у основания фиксирующей части. Таким образом, если проектные посадки в сопряжении базовые отверстия - фиксирующие части установочных пальцев согласно нормалей МООСКБАИ и АС должны быть $\frac{A}{\Phi}$, $\frac{A}{X}$, $\frac{A_{2a}}{X}$, то в действительности при фиксации заготовок в рабочих позициях автоматических линий на финишных операциях обработки с учетом износа

возможно сопряжение фиксирующих частей установочных пальцев с базовыми отверстиями по посадкам $\frac{A}{X_3}$, $\frac{A}{C}$, $\frac{A}{C_3}$. При таком характере сопряжений указанных поверхностей возможны большие максимальные зазоры и значительное увеличение погрешности базирования.

Было установлено, что при длительной эксплуатации позиционных приспособлений в сопряженной паре механизма фиксации направляющая втулка — нижняя часть установочного пальца возникает люфт соответствующий посадке $\frac{A}{X_{2a}}$, вместо проектных посадок $\frac{A_1}{C_1}$, $\frac{A}{C_1}$ или $\frac{A}{C}$. Таким образом в условиях эксплуатации сопряжения направляющая втулка-толкатель во всех случаях потеряли первоначальный характер в результате износа сопряженных деталей и люфт в рассматриваемом сопряжении на некоторых позициях был в 2-4 раза больше теоретически возможного.

На основании изложенного с учетом результатов производственных исследований на действующих автоматических линиях были поставлены следующие цели исследования:

1. Произвести теоретические и экспериментальные исследования факторов, вызывающих увеличение погрешности базирования корпусных деталей в позиционных приспособлениях автоматических линий с целью разработки рекомендаций по повышению точности расположения обрабатываемых поверхностей.
2. Разработать рекомендации по выбору вариантов расположения базовых отверстий у детали и проектированию установочных элементов позиционных приспособлений.
3. Разработать методику проектного расчета погрешности установки и ее составляющих, позволяющую назначать начальную точность установочных элементов и допустимый износ, исходя из заданной точности расположения поверхностей.
4. Разработать методику определения фактической погрешности установки в условиях эксплуатации автоматических линий для стабильного обеспечения точности обработки.

ГЛАВА II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПОЗИЦИЯХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

На автоматических линиях для обработки корпусных деталей применяется способ установки заготовок на плоскость и два базовых отверстия, который дает возможность относительно просто осуществлять транспортирование и фиксацию заготовок и обеспечивает сво-

бодный подвод режущего инструмента к обрабатываемой заготовке с разных сторон. Указанный способ установки заготовок в позиционных приспособлениях автоматических линий дает возможность применять разные схемы базирования. Возможно нижнее, боковое и верхнее расположение установочных пальцев, при этом пальцы могут быть выдвижными и неподвижными (жесткими).

Применением выдвижных установочных пальцев достигается удобство транспортировки и фиксации заготовок на автоматической линии, но за счет люфта установочных пальцев в направляющих втулках увеличивается погрешность установки.

Расположением установочных пальцев в позиционных приспособлениях можно увеличить или уменьшить влияние погрешности базирования при обработке конкретных точно координированных поверхностей детали. Поэтому проектированию технологического процесса обработки деталей должен предшествовать выбор схемы базирования с тем, чтобы при обработке возникала наименьшая погрешность базирования. Для определения величины смещения осей обрабатываемых отверстий при различном расположении относительно баз, рассмотрены три случая.

С л у ч а й 1. Когда ось обрабатываемого отверстия перпендикулярна межцентровому расстоянию базовых отверстий и параллельна базовой плоскости и одной из координатных плоскостей XOZ .

С л у ч а й 2. Когда ось обрабатываемого отверстия параллельна межцентровому расстоянию базовых отверстий, параллельна базовой плоскости и плоскости XOZ .

С л у ч а й 3. Когда ось обрабатываемого отверстия параллельна осям базовых отверстий и плоскостям XOZ и YOZ .

При рассмотрении всех этих случаев моделью заготовки являлось тело в виде куба с началом координат, совпадающим с осью цилиндрического пальца. Базовая плоскость совпадала с координатной плоскостью XOY . Рассматривалось смещение указанных осей в направлении осей координат и поворот на зазорах посадок в сопряжениях базовые отверстия - фиксирующие части установочных пальцев и направляющие втулки - нижние части установочных пальцев (толкатели). Анализ возможных смещений осей обрабатываемых отверстий для всех трех рассмотренных случаев показал, что величина погрешности базирования в горизонтальной (XOY) плоскости δ_{Σ} от указанных смещений значительно больше, чем погрешность базирования в

вертикальных (Y0Z и X0Z) плоскостях ε_{Σ_B} ($\varepsilon_{\Sigma_F} \gg \varepsilon_{\Sigma_B}$).

На величину погрешности базирования в горизонтальной плоскости влияют зазоры в сопряжениях базовые отверстия-фиксирующие части установочных пальцев и направляющие втулки - нижние части установочных пальцев (толкатели) с учетом изношенных факторов указанных сопряжений и жесткость установочных пальцев. Погрешность базирования в вертикальной плоскости зависит от неплоскостности базовой плоскости заготовок и опорных планок, сглаживания и смятия микронеровностей базовой поверхности обрабатываемых деталей при перемещении их из одной рабочей позиции в другую, износа опорных планок стационарных позиционных приспособлений и от контактных деформаций под действием сил зажима при закреплении заготовок. Хотя на погрешность базирования в вертикальной плоскости влияет больше факторов, но величина смещений осей рассматриваемых отверстий от действия этих факторов значительно меньше и они с наименьшими трудностями могут быть устранены и учтены при настройке станков, чем факторы, влияющие на погрешность базирования в горизонтальной плоскости.

Рассмотрим влияние места расположения установочных пальцев на погрешность базирования, приняв следующие условные обозначения:

$\varepsilon_{\Sigma_{X,Y,Z}}$ - погрешность базирования в направлении координатных осей; α - угол поворота заготовок относительно фиксирующих частей установочных пальцев; $S_{\max}$ - максимальный зазор в сопряжениях установочные пальцы - базовые отверстия; $U_{\text{цп}}$ и $U_{\text{рп}}$ - величина износа цилиндрического и ромбического пальцев; $U_{\text{оц}}$ и $U_{\text{ор}}$ - величина износа базовых отверстий под цилиндрический и ромбический установочные пальцы; $\Delta_{\text{цпmax}}$ и $\Delta_{\text{рпmax}}$ - максимальные люфты цилиндрического и ромбического пальцев в направляющих втулках с учетом износа деталей данного сопряжения; $U_{\text{оп}}$ - величина износа опорных планок; $U_{\text{д}}$ - величина износа базовой плоскости детали (смятие неровностей); y - контактная деформация заготовки и опорных планок при закреплении обрабатываемых деталей в позиционных приспособлениях.

Так, например, при установке заготовок на выдвижные установочные пальцы с нижним расположением погрешность базирования в горизонтальной плоскости для отверстия с координатами X и Y будет равна:

$$\varepsilon_{\Sigma_X} = S_{\max} + U_{\text{оц}_X} + U_{\text{цп}_X} + \Delta_{\text{цпmax}} \quad (I)$$

$$\varepsilon_{\delta_y} = S_{\max} + U_{\alpha y} + U_{\alpha n y} + \Delta u_{y \max} \quad (2)$$

Погрешность базирования в горизонтальной плоскости для оси отверстия с координатой Z будет зависеть от угла поворота и определяться по выражению:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{y \max} + S_{z \max} + U_{\alpha p} + U_{\alpha n} + \Delta p_{\max}}{2L} \quad (3)$$

Погрешность базирования для этого же отверстия в вертикальной плоскости будет равна:

$$\varepsilon_{\delta_z} = U_{\alpha n z} + U_{\delta z} + y_z \quad (4)$$

При установке на выдвижные установочные пальцы с боковым расположением величины погрешностей базирования для тех же отверстий изменятся. Для отверстия с координатами X и Y погрешность базирования в направлении координатных осей X и Z составит:

$$\varepsilon_{\delta_x} = 0, \quad \alpha$$

$$\varepsilon_{\delta_z} = \frac{1}{2} S_{\max} + U_{\alpha y z} + U_{\alpha n z} + \Delta u_{z \max} \quad (5)$$

Для отверстия с координатой Z погрешность базирования будет образовываться уже в направлении оси Y .

$$\varepsilon_{\delta_y} = U_{\alpha n y} + y_y \quad (6)$$

Погрешность базирования от поворота заготовки на зазорах для обоих отверстий отсутствует, так как заготовка под действием собственного веса всегда опирается на оба установочные пальцы и не может повернуться. Из приведенного примера видно, что погрешность базирования (установки) для определенных обрабатываемых поверхностей зависит от схемы базирования. Анализ выражений 5-6 показывает, что при установке заготовок на пальцы с боковым расположением погрешность базирования уменьшается в направлении всех трех координатных осей. Схема базирования с верхним расположением установочных пальцев и поджимом заготовок к верхним опорным планкам характеризуется уменьшенной погрешностью базирования в вертикальной плоскости.

Теоретический анализ схемы базирования заготовок на плоскость и три перпендикулярных к ней отверстий, нашедший применение на отдельных автоматических линиях, показал, что при установке детали на плоскость и три ромбических пальца нельзя применить более

жесткие посадки в сопряженных отверстиях — пальцы, чем при установке на плоскость и два пальца; при этом оказалось, что чем точнее выполнены межосевые расстояния базовых отверстий, тем меньше разница в значениях минимально допустимых зазоров, и тем меньше разница между погрешностями базирования по схемам на два и на три пальца. Установка заготовок на три ромбических пальца позволяет применять в сопряжении базовые отверстия — установочные пальцы посадки с несколько меньшим максимальным зазором (посадка $\frac{g}{8}$ вместо применяемых $\frac{g}{4}$ или $\frac{g_{24}}{4}$).

В этой же главе приведен анализ схем расположения установочных пальцев в позиционных приспособлениях. Как известно установочные пальцы могут быть расположены относительно базовой плоскости заготовки в линию или по диагонали. Расположением по диагонали, в связи с увеличением межосевого расстояния установочных пальцев, достигается уменьшение угла поворота заготовки на зазорах посадок базовые отверстия — фиксирующие части установочных пальцев. С другой стороны при обработке отверстий в корпусе механизма фиксации размер между осями расточек может иметь большую погрешность, так как координаты расточек задаются в прямоугольной системе. Поэтому уменьшение угла поворота за счет увеличения межосевого расстояния может дать меньшую выгоду с точки зрения точности установки, чем повышение точности расстояния между осями расточек в корпусе позиционного приспособления. Кроме того расположение установочных пальцев по диагонали усложняет механизм фиксации позиционного приспособления.

Точность межосевого расстояния установочных пальцев в собранных позиционных приспособлениях техническими условиями не оговаривается и фактически оказывается значительно ниже точности координат расточек в корпусе позиционного приспособления ($\pm 0,01$ мм); погрешность межосевого расстояния пальцев в собранном позиционном приспособлении образуется под влиянием разностенности направляющих втулок (0,005–0,01 мм), биения фиксирующей части установочных пальцев относительно их нижней части при цельной конструкции последних (0,01 мм), а также от зазора в сопряжении направляющие втулки — нижние части установочных пальцев (толкатели) и других факторов.

Проведенный для нескольких автоматических линий размерный анализ точности расположения установочных пальцев в собранных пози-

ционных приспособлений показывает, что возможные значения межосевых расстояний установочных пальцев могут находиться в довольно широком диапазоне. При расчете размерных цепей методом "максимум-минимум" для четырех автоматических линий получены возможные отклонения межосевых расстояний установочных пальцев в пределах от $\pm 0,062$ мм до $\pm 0,108$ мм; наиболее вероятное значение отклонений, рассчитанное теоретико-вероятностным методом, может находиться в пределах от $\pm 0,021$ мм до $\pm 0,04$ мм.

В работе дано обоснование и приводится методика выбора конструктивных параметров установочных пальцев. Диаметр фиксирующей части установочных пальцев должен определяться с учетом веса устанавливаемых заготовок:

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{6l_p^2}{0,4E[f_y]}}, \quad (7)$$

где d_n - диаметр фиксирующей части установочных пальцев в см; G - вес устанавливаемых заготовок в кг; l_p - высота фиксирующей части установочных пальцев в см; E - модуль упругости в кг/см²; f_y - максимально допустимая величина деформации (изгиба) цилиндрического пальца.

Установлено, что надежность фиксации заготовок в позициях автоматической линии зависит от несовпадения осей базовых отверстий с осями установочных пальцев при остановке транспорта, перемещающего заготовки из одной позиции в другую. Для обеспечения фиксации должна рассчитываться величина угла α , заключенного между образующей заходного конуса установочных пальцев и продолжением образующей фиксирующих частей установочных пальцев. Приводятся зависимости для определения этого параметра и дается методика расчета.

ГЛАВА III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории МВТУ им. Баумана на специально спроектированной и изготовленной установке, которая имитирует позиционное приспособление автоматической линии с базовыми элементами и механизмом фиксации. Экспериментальные образцы коробчатой формы изготавливались из серого чугуна и алюминиевого сплава. Вес образцов был близок к весу корпусных деталей обрабатываемых на автоматических линиях и для чугунных образцов составлял 40 кг, 90 кг и 140 кг, а для алюминиевых - 12 кг, 24 кг, 36 кг. Те образцы, которые не соответствовали

указанным весом, погружались дополнительными грузами.

На экспериментальной установке исследовался износ базовых отверстий в зависимости от: 1) числа фиксаций (n) устанавливаемых образцов $U_{до} = f(n)$; 2) точности выполнения межосевых расстояний базовых отверстий $U_{до} = f(\Delta L_{до})$; 3) точности выполнения межосевых расстояний установочных пальцев $U_{до} = f(\Delta L_{у.п.})$; 4) веса устанавливаемых образцов $U_{до} = f(G)$.

Исследовалось также влияние жесткости элементов механизма фиксации на точность установки заготовок.

Исследование влияния числа фиксаций заготовок на изменение диаметральных размеров базовых отверстий показало, что в процессе многократной фиксации образцов базовые отверстия наиболее интенсивно изнашиваются и разбиваются при первых 5-15 фиксациях. При точном выполнении межосевых расстояний базовых отверстий и установочных пальцев (в пределах допуска $\pm 0,01$ мм) после 25 фиксаций износ базовых отверстий сопрягаемых с цилиндрическим установочным пальцем для образцов из алюминиевого сплава составил 6 мкм, а для образцов из серого чугуна 3 мкм; отверстия под ромбический установочный палец изнашивались соответственно на 7 мкм и 4 мкм. При увеличении межосевых расстояний установочных пальцев и базовых отверстий износ последних увеличивается. Так, например, при увеличении межосевого расстояния базовых отверстий на 150 мкм износ отверстий под цилиндрический установочный палец у образцов из алюминиевого сплава после 25 фиксаций был равен 11 мкм, а у образцов из серого чугуна - 7 мкм. Износ базовых отверстий под ромбический установочный палец составил соответственно 36 мкм и 31 мкм. С увеличением погрешности межосевых расстояний особенно увеличивается износ базовых отверстий под ромбический установочный палец. Если износ отверстий под цилиндрический установочный палец после 25 фиксаций для обоих видов материала не превышает 8-15 мкм, то для отверстий под ромбический установочный палец он составляет 30-52 мкм. С увеличением веса заготовок износ базовых отверстий также увеличивается. Анализ экспериментальных данных показывает, что износ базовых отверстий у образцов из алюминиевого сплава в 1,7-2,5 раза больше, чем у образцов из серого чугуна.

На точность установки заготовок в позициях автоматических

линий оказывает влияние жесткость установочных пальцев, особенно при их сборной конструкции. В момент фиксации заготовок, при несовпадении осей установочных пальцев с осями базовых отверстий, происходит их смещение на зазорах посадок, а в случае малых диаметров фиксирующих частей установочных пальцев возможен также их изгиб под действием веса устанавливаемых заготовок.

ГЛАВА IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ФИКСАЦИИ

Характер сопряжения базовые отверстия — установочные пальцы, для предотвращения отказов при фиксации заготовок и снижения интенсивности износа элементов фиксации, необходимо выбирать на основе расчета. Этим условиям удовлетворит комбинирование посадок. Например посадка $\frac{H}{h}$ по сравнению с посадкой $\frac{A}{a}$ дает больший минимальный зазор в сопряжении и меньший максимальный зазор. Разработана методика по выбору посадок в сопряжениях базовые отверстия — фиксирующие части пальцев.

Уменьшение износа базовых отверстий при многократной фиксации может быть достигнуто более точным выполнением межосевых расстояний базовых отверстий (в пределах допуска не более $\pm 0,05$ мм) и межосевых расстояний установочных пальцев (в пределах допуска $\pm 0,02$ мм + $\pm 0,03$ мм). В собранных позиционных приспособлениях обязательно должно контролироваться межосевое расстояние установочных пальцев, а в технической документации указываться допуск на его выполнение. Это должно обеспечиваться ужесточением допусков на координаты расточек в корпусах позиционных приспособлений и более точным изготовлением деталей механизма фиксации. Для повышения точности установки целесообразно отказаться от применения установочных пальцев сборной конструкции. С целью увеличения точности установки заготовок в позициях автоматических линий предлагаются принципиальные конструктивные схемы механизма фиксации, уменьшающие или полностью устраняющие смещения и перекос нижних частей установочных пальцев (толкателей) в направляющих втулках.

В работе приводятся рекомендации по выбору схемы расположения базовых отверстий на опорной (базовой) плоскости заготовок. Для упрощения конструкции механизма фиксации целесообразно базовые отверстия располагать в линию при наибольшем удалении друг от друга. Располагать базовые отверстия по диагонали целесообразно при обработке точно координированных поверхностей при отношении сторон базовой плоскости $\frac{L_2}{L_1}$ не менее 0,375, а при невысоких

требованиях — не менее 0,5, так как в этих случаях погрешность базирования уменьшается только соответственно на 6,3% и 10,9%.

На основании экспериментальных и теоретических исследований выявлена структура образования погрешности установки в условиях автоматизированной обработки корпусных деталей. Фактическая погрешность базирования может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_{\delta_T} (1 + K_g + K_{\text{фикс}}) + \varepsilon_{\delta_T} (1 + K_L), \quad (8)$$

где ε_{ϕ} — фактическая погрешность базирования для любой позиции автоматической линии; ε_{δ_T} — теоретическая погрешность базирования, учитывающая поворот заготовки или смещение ее на зазорах расчетной посадки базовые отверстия — установочные пальцы; ε_{δ_T} — теоретическая погрешность от поворота заготовки или смещение ее на зазорах расчетной посадки установочные пальцы (толкатели) — направляющие втулки (расчетный люфт установочных пальцев); K_g — коэффициент, учитывающий износ (разбивку) базовых отверстий детали; $K_{\text{фикс}}$ — коэффициент, учитывающий влияние износа фиксирующих частей установочных пальцев; K_L — коэффициент, учитывающий износ направляющих втулок и нижних частей установочных пальцев (толкателей). Значения коэффициентов приводятся в работе.

Изложенная в работе методика проектного расчета погрешности установки и ее составляющих, позволяет назначать начальную точность установочных элементов и предельно допустимое состояние износа, исходя из требуемой точности расположения оси отверстия или определять точность расположения оси отверстия, которая может быть обеспечена при данном состоянии установочных элементов. Допускаемая величина смещения $\Delta_{\text{см}}$ оси обрабатываемого отверстия определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{см}} = \Delta_{\text{см}_0} + K [\varepsilon_{\delta_T} (1 + K_g + K_{\text{фикс}}) + \varepsilon_{\delta_T} (1 + K_L)] \quad (9)$$

В приведенном выражении $\Delta_{\text{см}_0}$ — величина смещения оси отверстия,

не зависящая от погрешности базирования $\Delta_{\text{см}_0} = \Delta_{\text{гм}} + K \sqrt{\Delta_{\text{пр}}^2 + \Delta_{\text{р}}^2}$,

$\Delta_{\text{гм}}$ — величина геометрического смещения обрабатываемого отверстия, зависящая от конструктивно-технологических параметров — зазора между сменной втулкой и инструментом, длины сменной втулки

и длины вылета инструмента за торец втулки; $\Delta_{\text{пр}}$ — погрешность расположения оси отверстия, полученная на предшествующем переходе обработки; $\Delta_{\text{р}}$ — параметр приемственности технологически связанных позиций линии (неспаренность позиций); K — коэффициент характеризующий степень влияния величины смещения оси отверстия под влиянием погрешности установки (ξ), $\Delta_{\text{пр}}$ и $\Delta_{\text{р}}$ на точность расположения оси отверстия после обработки. Значение коэффициента K зависит от обрабатываемого материала: для чугуна $K = 0,18-0,20$; для алюминиевого сплава $K = 0,10-0,12$.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Механическая обработка корпусных деталей на автоматических станочных линиях является высокопроизводительной и экономичной, но эффективное использование автоматических линий затруднено из-за низкой точности расположения осей обрабатываемых отверстий и точно координированных поверхностей. В обычных условиях точность расположения отверстий обеспечивается в пределах $0,1-0,2$ мм, что в ряде случаев не соответствует заданным чертежом требованиям. Одной из причин возникновения погрешностей обработки является погрешность установки заготовок, величина которой для автоматических линий с позиционными приспособлениями типовой конструкции составляет более 60% суммарной погрешности обработки.

2. Величина погрешности установки зависит в основном от погрешности базирования, которая определяется смещением обрабатываемых заготовок на зазорах посадки в сопряжениях базовые отверстия — фиксирующие части установочных пальцев, а также смещением нижних частей установочных пальцев (толкателей) в направляющих втулках механизма фиксации; при этом фактические величины погрешностей под влиянием износа значительно превышают расчетные.

В условиях эксплуатации расчетная погрешность составляет 35-45% от суммарной погрешности базирования; износ и разбивка базовых отверстий заготовок и износ фиксирующих частей установочных пальцев увеличивают расчетную погрешность базирования на 35-40%, а износ направляющих втулок и нижних частей установочных пальцев — на 20-25%.

3. Исследованием установлено, что износ базовых отверстий обрабатываемых деталей и фиксирующих частей установочных пальцев позиционных приспособлений зависит от числа фиксаций, точности выполнения межосевых расстояний базовых отверстий и установочных пальцев,

материала и веса устанавливаемых заготовок. В процессе многократной фиксации больше изнашивается ромбический установочный палец и сопрягаемое с ним отверстие. Разница в износах базовых отверстий под ромбический и цилиндрический установочные пальцы тем больше, чем больше погрешность межосевых расстояний базовых отверстий и установочных пальцев.

Наиболее интенсивно изнашиваются базовые отверстия после первых 5-15 фиксаций. У заготовок из алюминиевых сплавов (силуминов) при одинаковом весе и числе фиксаций базовые отверстия изнашиваются в 2-2,2 раза больше, чем у заготовок из серого чугуна.

4. Экспериментальными исследованиями установлено, что уменьшение величины износа базовых отверстий и установочных пальцев может быть достигнуто более точным выполнением межосевых расстояний базовых отверстий и установочных пальцев. С этой целью рекомендуется выполнять межосевые расстояния базовых отверстий в пределах допуска не выше $\pm 0,05$ мм (от $\pm 0,03$ мм до $\pm 0,05$ мм), а межосевые расстояния установочных пальцев в позиционных приспособлениях - в пределах допуска от $\pm 0,02$ мм до $\pm 0,03$ мм.

5. Величина погрешности базирования зависит от характера сопряжения базовые отверстия - фиксирующие части установочных пальцев. Посадка в указанных сопряжениях должна иметь гарантированный минимальный зазор и определяться по предлагаемой в работе методике исходя из допускаемой погрешности расположения координированных поверхностей. Наиболее полно отвечает условиям установки (базирования) комбинированные посадки типа $\frac{S}{X}$, которые получатся в результате расчета по указанной выше методике, вместо обычно применяемых посадок $\frac{A}{S}$, $\frac{A}{X}$, $\frac{A_{2a}}{X}$.

6. При выборе схемы расположения базовых отверстий на опорной плоскости заготовок необходимо учитывать степень влияния на погрешность базирования поворота заготовок относительно установочных пальцев. Если поворот заготовок оказывает значительное влияние на точность расположения координированных поверхностей при обработке деталей, то базовые отверстия на опорной плоскости заготовок необходимо располагать по диагонали при отношении сторон опорной плоскости заготовки $\geq 0,375$ ($\frac{L_2}{L_1} \geq 0,375$); в других случаях, с целью упрощения конструкции позиционных приспособлений, базовые отверстия целесообразно располагать по одной стороне опорной плоскости заготовки, т.е. в линии.

7. На точность установки заготовок корпусных деталей в позиционных приспособлениях автоматических линий влияет жесткость механизма фиксации. Величина деформации фиксирующей части установочных пальцев зависит от ее высоты и веса устанавливаемых заготовок. Предлагаемая методика дает возможность рассчитывать диаметры фиксирующих частей установочных пальцев.

8. Повышение точности обработки координированных поверхностей корпусных деталей на автоматических линиях может быть достигнуто уменьшением погрешности установки при выполнении следующих мероприятий: применением выдвижных установочных пальцев цельной конструкции вместо сборной, а в ряде случаев применением неподвижных (жестких) пальцев с верхним расположением последних; периодическим контролем люфта в сопряжениях направляющие втулки - нижние части установочных пальцев (толкатели) и своевременной заменой изношенных установочных пальцев и направляющих втулок; введением обязательного контроля межосевых расстояний установочных пальцев в собранных позиционных приспособлениях и межосевых расстояний базовых отверстий у заготовок обрабатываемых деталей.

9. Точность установки корпусных деталей можно в значительной степени повысить за счет применения предлагаемых принципиальных конструктивных схем элементов механизма фиксации, позволяющих увеличить жесткость последних за счет уменьшения или полного устранения смещений нижних частей установочных пальцев (толкателей) в направляющих втулках и их перекоса. Последнее достигается увеличением высоты буртика направляющих втулок и специальными коническими поверхностями на внутренних поверхностях направляющих втулок и наружных поверхностях установочных пальцев.

Разработанные в данной работе рекомендации могут быть использованы в руководящих технических материалах (РТМ) по проектированию технологических процессов механической обработки деталей на автоматических линиях и при конструировании позиционных приспособлений.

По материалам диссертации опубликована статья:

Орловский В.А. О состоянии базовых отверстий корпусных деталей при многопереходной обработке. "Известия ВУЗов. Машиностроение", № 7, 1971.