

УДК 621.914.4

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПОНОВКИ СТАНКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОНКОСТЕННЫХ ЛИСТОВЫХ ОБШИВОК ПЛАНЕРА САМОЛЁТА**

Шерстобитов Михаил Александрович

*Аспирант 2-го года, заочное обучение*

*кафедра «Резание материалов, металлорежущие станки и инструменты  
имени С. С. Силина»*

*Рыбинский государственный авиационный технический университет имени  
П. А. Соловьева*

*руководитель направления комплексных проектов, ЗАО «Авиационный  
консалтинг – ТЕХНО»*

*Научный руководитель: В. В. Михрютин,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Резание материалов,  
металлорежущие станки и инструменты имени С. С. Силина»*

*Рыбинский государственный авиационный технический университет имени  
П. А. Соловьева*

Тонкостенные листовые обшивки, образующие оболочковую конструкцию, создают аэродинамическую поверхность самолета. Обводообразующие детали составляют до 60% деталей, формирующих наружный контур обшивки планера современного самолета и их технологичность во многом определяет себестоимость изготовления всего самолета.

Одним из важных факторов определяющих технологичность деталей типа обшивок является наличие в обшивках значительной длины участков переменной толщины для снижения массы. Для изготовления деталей данной геометрии рекомендуется производить съём металла методом химического фрезерования [1].

До настоящего времени в процессе изготовления тонкостенных листовых обшивок в практике отечественного и зарубежного авиастроения в качестве одного из основных технологических процессов обработки широко применяется размерное химическое травление (РХТ) деталей из алюминиевых сплавов в щелочных растворах.

Современный уровень развития металлообрабатывающего оборудования позволяет пересмотреть подходы к обработке обводообразующих деталей самолётов. В настоящее время широко применяются специальные многокоординатные обрабатывающие комплексы, отличающиеся использованием различных способов закрепления тонкостенных листовых заготовок обшивок планера [2].

В значительной степени это также относится и к новым возможностям для технологии изготовления монолитных панелей для самолётов и вафельных панелей для изделий космической техники.

Наиболее распространенными являются пятикоординатные порталные

станки с горизонтальным закреплением заготовки обшивки, в которых базирование и закрепление производится по ее нижней необрабатываемой поверхности с использованием вакуумных захватов.

Обрабатывающий центр портальной конструкции (рис. 1) состоит из симметрично расположенных на основании станин 1 с направляющими оси X, по которым передвигается портал, состоящий из колонн 2, соединенных траверсой 3. На траверсе 3 выполнены направляющие оси Y, в которых установлены салазки 4 с направляющими оси Z ползуна 5. На ползуне 5 в круговых направляющих оси C установлен вилочный корпус 6. В круговых направляющих B корпуса 6 установлен корпус 7 шпиндельной головки 8.

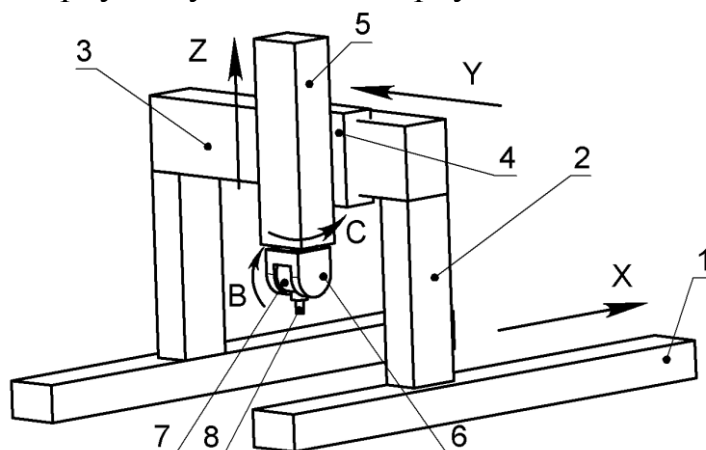


Рис. 1. Схема станка портальной конструкции

Данный тип оборудования позволяет производить обработку широкой номенклатуры тонкостенных листовых деталей с относительно небольшими затратами на их оснащение специализированной оснасткой.

Основным недостатком такого оборудования является невозможность реализации двусторонней обработки заготовок за одну установку. Также следует отметить влияние на точность обработки целого ряда факторов. Во-первых, закрепление заготовки производится в отдельных точках, в промежутках между которыми оболочка не поддерживается захватами, поэтому имеет меньшую жесткость. При обработке на участках пониженной жесткости наблюдается прогиб заготовки, что приводит к снижению глубины обработки и возникновению погрешности по толщине заготовки. Во-вторых, при обработке на неподкреплённых участках с меньшей жесткостью возникают вибрации. Третьим фактором является сравнительно низкая точность позиционирования актуатора, которая составляет порядка 0,3 мм.

Наиболее эффективным оборудованием для обработки листовых обшивок является обрабатывающий комплекс с подвижным упором, перемещаемым синхронно с инструментом [3]. Упор располагают с противоположной стороны от обрабатываемой поверхности детали. Упор предотвращает упругие деформации обшивки под действием сил резания.

Станок данной конструкции (рис. 2) состоит из основания 1 с рамой для закрепления панели, обеспечивающей одновременный доступ к ее обрабатываемой и поддерживаемой поверхностям, станин 2 и 3 с

установленными на них направляющими осями  $X_0$  и  $X_A$ , по которым перемещаются колонны 4 и 5, имеющие также опору на дополнительные направляющие 6 и 7, с установленными на них направляющими осями  $Y_0$  и  $Y_A$ , по которым перемещаются каретки с ползунами 8 и 9 осями  $Z_0$  и  $Z_A$  с установленными на них двуповоротными шпиндельными головками.

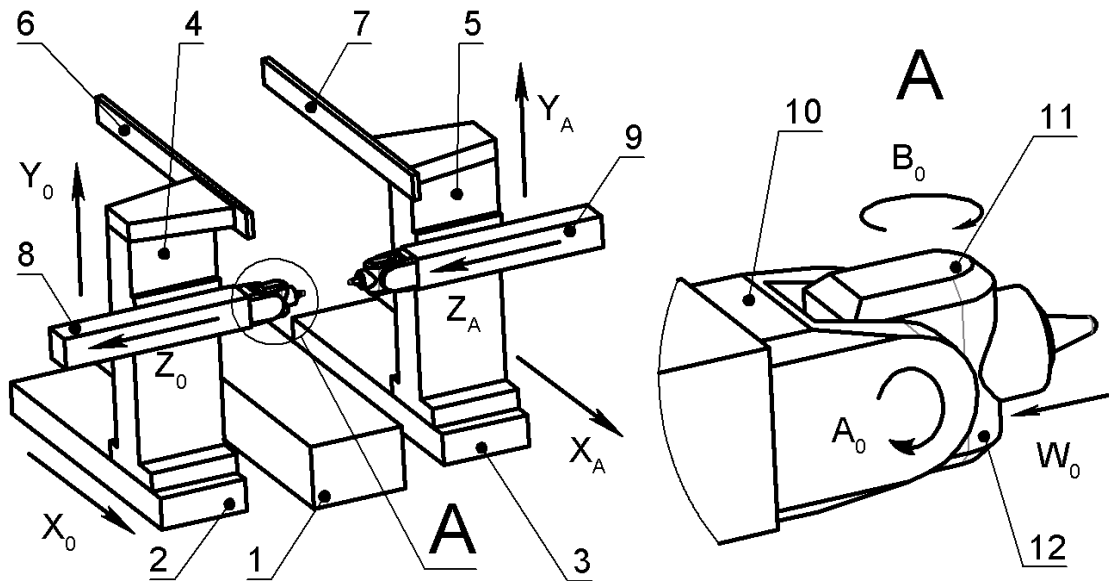


Рис. 2. Схема станка для «зеркального фрезерования»

Каждое устройство осуществления подачи обеспечивает шесть управляемых движений, причем из них четыре поступательных:  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ,  $W_0$  и  $X_A$ ,  $Y_A$ ,  $Z_A$ ,  $W_A$  параллельных осям правой ортогональной стандартной системы координат станка, и два вращательных  $A_0$ ,  $B_0$  и  $A_a$ ,  $B_a$ , оси вращения которых параллельны соответственно направлениям движений  $Y_0$ ,  $Y_a$ , и плоскостям  $X_0Z_0$ ,  $X_AZ_A$ .

Данное устройство считается одной из наиболее перспективных конструкций в данной области. Однако, у него существует также ряд недостатков, наиболее существенными из которых являются следующие:

дополнительные направляющие устройства изготавливается в виде железобетонной конструкции мостовой или коробчатой формы, что значительно усложняет и удорожает его изготовление и монтаж. Одновременно существует возможность возникновения значительной погрешности взаимного расположения режущего инструмента относительно опорного элемента при неточном изготовлении или короблении железобетонной конструкции и, соответственно, рост погрешности обработки изготавливаемой панели.

На основе разработки и анализа возможных технических решений авторами была предложена альтернативная компоновка обрабатывающего центра (рис. 3, 4). На данное устройство была подана заявка на полезную модель [4], получено решение на выдачу патента.

Предложенное устройство содержит основание 1, на котором установлены станины 2, 3 и 4. Обрабатываемая заготовка листовой панели обшивки планера самолета 5 закреплена в палете 6, установленной на

станине 4. Палета 6 выполнена в форме рамы, обеспечивающей одновременный доступ к обрабатываемой поверхности 7 и поддерживаемой поверхности 8 обрабатываемой заготовки листовой панели обшивки планера самолета 5. Движения рабочих органов устройства задаются в правой прямоугольной стандартной системе координат  $xuz$ . В станинах 2 и 3 выполнены направляющие 9 и 10 оси  $X$ , в которых, соответственно, установлены колонны 11 и 12. Колонны 11 и 12 имеют линейные направляющие 13 и 14 осей  $Z$  и  $Z_1$ , в которых установлены каретки 15, 16. Каретки 15, 16 имеют линейные направляющие 17, 18 осей  $Y$  и  $Y_1$ , с ползунами 19, и 20. Колонны 11 и 12 жестко соединены между собой траверсой 21.

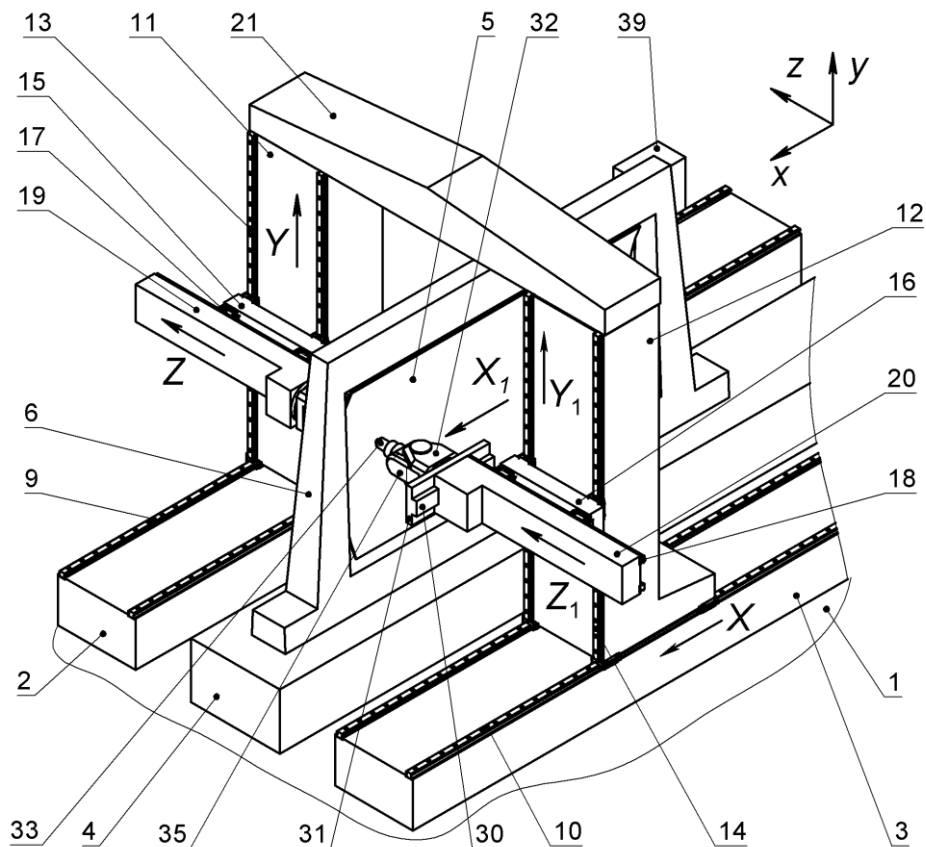


Рис. 3. Схема станка предложенной компоновки

С правого торца ползуна 19 установлен корпус двухповоротной шпиндельной головки 22, обеспечивающей вращательные движения  $A$  и  $B$  вокруг осей вращения 23 и 24, параллельных осям  $X$ ,  $Y$ . В корпусе двухповоротной шпиндельной головки 22 с обеспечением вращательного движения  $B$  вокруг оси 24 размещен промежуточный корпус 25. В промежуточном корпусе 25 с обеспечением вращательного движения  $A$  вокруг оси 23, параллельной оси  $Y$ , установлен корпус 26, имеющий выдвижную пиноль 27 со шпинделем 28 для закрепления режущего инструмента – фрезы 29.

С левого торца ползуна 20 в направляющих 30 прямолинейного движения  $X_1$ , параллельного оси  $X$ , расположена каретка 31, с установленным на ней корпусом двухповоротной шпиндельной головки 32, обеспечивающей

вращательные движения  $A$  и  $B$  вокруг осей вращения 33 и 34, параллельных осям  $X$ ,  $Y$ . В корпусе двухповоротной шпиндельной головки 32 с обеспечением вращательного движения  $A$  вокруг оси 34 размещен промежуточный корпус 35. В промежуточном корпусе 35 обеспечением вращательного движения  $B$  вокруг оси 33, параллельной оси  $Y$ , установлен корпус 36, имеющий пиноль 37 с опорным элементом 38, контактирующим с поверхностью 8 обрабатываемой заготовки 5.

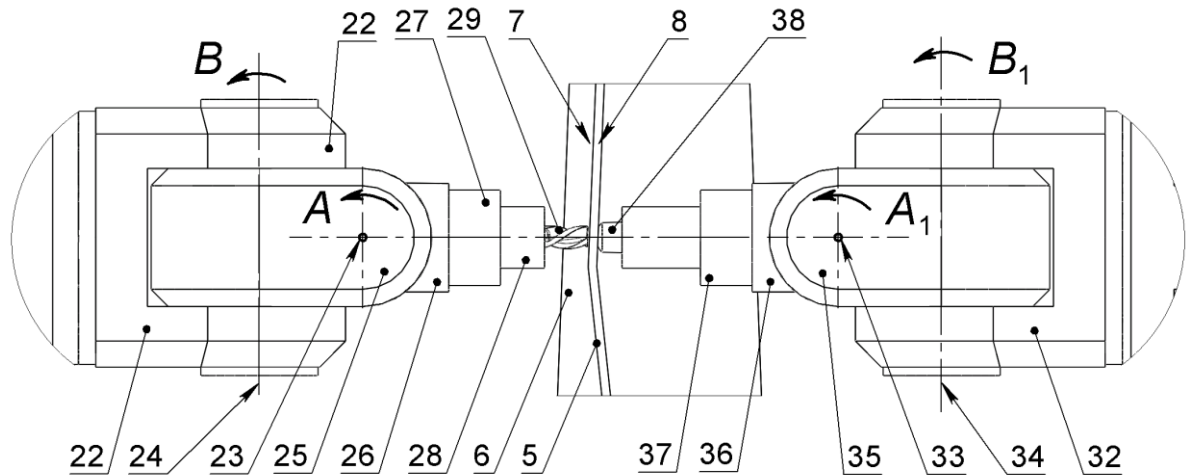


Рис. 4. Схема расположения двухповоротных головок

Режущий инструмент 29 расположен со стороны обрабатываемой поверхности 7 заготовки 5, а опорный элемент 38 — со стороны поддерживаемой поверхности 8.

Погрешность изготовления панели по толщине обусловлена погрешностями изготовления и монтажа. В первом приближении она может быть рассчитана как сумма погрешностей положения инструмента 26 и опорного элемента 34 с заготовкой 17.

$$\Delta = \Delta z + \Delta z_1, \quad (1)$$

где  $\Delta z$  — погрешность положения инструмента;  $\Delta z_1$  — погрешность положения опорного элемента.

Для составляющих данной формулы получим следующие выражения, связывающие погрешности положения инструмента 26, опорного элемента 34 и заготовки 17 с погрешностью направляющих 4, 5 базового станка [2] (рис. 5 а)

$$\begin{aligned} \Delta z &= \Delta z_H + Y(\Delta z_B - \Delta z_H)/H, \\ \Delta z_1 &= \Delta z_{1H} + Y_1(\Delta z_{1B} - \Delta z_{1H})/H, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Delta z_H$ ,  $\Delta z_{1H}$ ,  $\Delta z_B$ ,  $\Delta z_{1B}$ , — погрешности положения нижней и верхней точек направляющих колонн базового станка.

Жесткая связь колонн 6 и 7 между собой траверсой 16 приводит к уменьшению их взаимных перемещений в направлении оси  $u$ , возникающих от неточностей их изготовления. При этом исключается влияние дополнительной направляющей, имеющей большую величину погрешности, чем у основной. Величина погрешности предлагаемого устройства может

быть определена по формуле (1) с учетом зависимостей для расчета положений инструмента 26 и опорного элемента 34

$$\Delta z = \Delta z Y/H, \quad \Delta z_1 = \Delta y_1 Y_1/H, \quad (3)$$

где  $\Delta z$ ,  $\Delta y_1$  - погрешности положения направляющих предложенного станка.

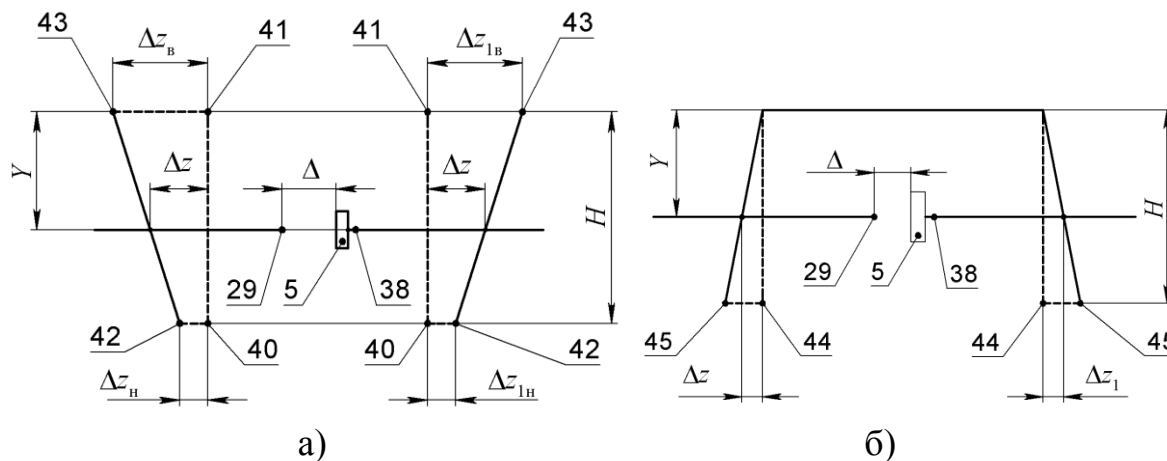


Рис. 5. Схема расчета погрешности

а) – базовый станок; б) – станок, альтернативной компоновки

Сравнение уравнений (2) и (3) показывает, что погрешность взаимного положения инструмента 26 и опорного элемента 34 при наличии перемещений некоторой величины  $Y$  и  $Z'$  может быть несколько снижена.

Погрешность взаимного положения инструмента и опоры вдоль координаты  $x$  в предлагаемом устройстве будет зависеть в основном от одного привода  $X'$ , обеспечивающего относительное перемещение фрезы и опорного элемента. Для базового станка данная погрешность будет определяться суммой погрешностей положений по осям  $X$  и  $X'$ . Следовательно, предлагаемое устройство будет обеспечивать большую точность обработки. Применение предлагаемого устройства позволит также упростить его конструкцию за счет исключения дополнительных направляющих, размещенных на дополнительных несущих элементах.

#### Библиографический список

1. Колганов И. М., Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Часть 1: Учебное пособие / И. М. Колганов, П. В. Дубровский, А. Н. Архипов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 148 с., ил.
2. Михрютин В.В., Шерстобитов М.А. Методы механической обработки листовых обшивок планера самолетов// Вестник РГАТА имени П.А. Соловьева, – Рыбинск: РГАТА 2012 №2 (23) С. 279 – 284.
3. Process and device for the machining of panels: пат. 7682112 US, 2007274797, заявл. 29.11.2007, опубл. 23.03.2007.

4.Михрютин В.В., Шерстобитов М.А. Устройство для обработки листовых панелей обшивок планера самолетов, заявка №2013141863, заявл. 12.09.2013, решение о выдаче патента от 16.01.2014.