

БЕСПРИВОДНОЙ АВТООПЕРАТОР ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ В РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКЕ СТАНКА

Введение. Экономическая целесообразность разработки. Станки с числовым программным управлением являются базовым звеном для построения гибких автоматизированных производственных систем. Универсальные многооперационные станки (обрабатывающие центры) во многих случаях позволяют провести весь цикл механической обработки деталей некоторых типов, заменяя несколько единиц оборудования и в несколько раз сокращая время и стоимость обработки. В частности, токарные обрабатывающие центры с дополнительными приводами и механизированными приспособлениями эффективно решают большинство технологических задач при обработке деталей типа тел вращения. Однако набор технологических задач, решаемых тем или иным станком, зависит от его оснащения, которое в свою очередь влияет на стоимость станка. Чем шире и универсальнее набор дополнительных приспособлений станка, тем разнообразнее его технологические возможности, но одновременно с этим и выше его стоимость, а значит и стоимость времени обработки на нём. Независимо от того, используется ли данное приспособление для обработки некоторой детали, часть его стоимости, вместе со стоимостью всего станка, будет перенесена на стоимость обработанной детали, поэтому в каждом случае было бы оптимальным использование станка с минимальным и достаточным набором средств для обработки именно данной детали, но это не всегда возможно из-за ограниченной номенклатуры станочного парка, особенно в мелкосерийном и единичном производстве.

В данной статье будет показано, что одна из распространённых технологических задач, требующая специального приспособления, может быть решена без применения сложных и дорогостоящих модификаций станка, что позволяет расширить его операционные возможности без изменения стоимости. А именно, мы рассмотрим простое устройство, позволяющее автоматически, без участия человека, устанавливать и переустанавливать небольшие заготовки цилиндрической формы в автоматическом токарном патроне. Такая задача часто встречается при токарной обработке детали типа втулки с двух сторон, и требует либо участия человека в процессе обработки каждой детали, что прерывает ход выполнения операции и значительно увеличивает её время и стоимость, либо решается за счёт использования дополнительных устройств для манипулирования деталью, которые также повышают стоимость оснащения станка, а значит и обработки на нём. Предлагаемое нами устройство автооператора позволяет решать данную задачу, и при этом является максимально простым, поскольку не содержит внутренних источников энергии и средств управления. Вся необходимая информация для управления действием автооператора содержится в управляющей программе станка, а приведение его в движение осуществляется инструментальной револьверной головкой, в которую данное устройство устанавливается обычным способом как один из инструментов.

Основная часть. Постановка задачи. При выполнении одного из курсовых проектов было получено задание автоматизировать процесс механической обработки детали Втулка. Деталь небольшая (масса 40г, длина 33 мм, диаметр 28 мм), представляет собой цилиндрическое тело вращения (рисунок 1), и может быть полностью обработана на универсальном токарном станке нормальной точности. Поскольку деталь является достаточно сложной и содержит более 30 контролируемых размеров, целесообразна её обработка на станке с ЧПУ. Основное технологическое время обработки резанием составляет около 1,5 минут. Установка детали в патрон станка может осуществляться вручную либо автооператором. Кроме того, во время выполнения операции необходим разворот заготовки на 180° и повторная установка в патрон. Выполнение этого действия вручную неэффективно, поскольку требует дополнительного времени и постоянного присутствия человека возле станка. Кроме того, заготовка в процессе обработки может быть нагрета, покрыта технологическими жидкостями и иметь острые кромки, что ухудшает условия безопасности при манипулировании.

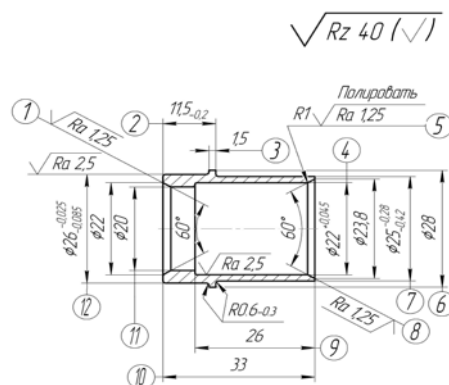


Рисунок 1 — Обрабатываемая деталь

Такие технологические задачи успешно решаются различными роботизированными манипуляторами и автооператорами. Однако недостатком большинства подобных устройств является их высокая стоимость, которая может составлять до 10-20% стоимости станка. При этом наиболее дорогостоящей частью таких устройств являются механические приводы и системы управления. Кроме того, манипуляторы как правило располагают вне зоны обработки, что увеличивает их требуемую длину, габариты, массу и стоимость.

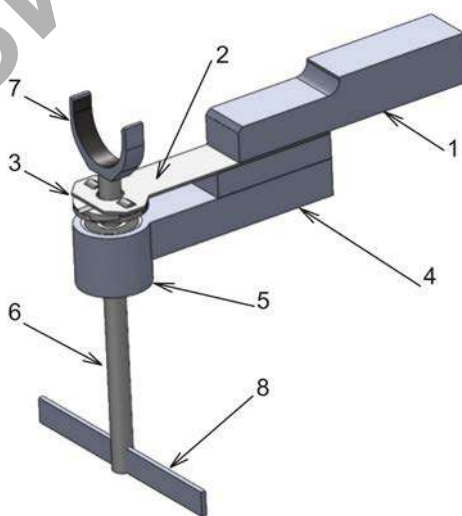
Но в некоторых случаях можно избежать использования дорогостоящих устройств, решая те же технологические задачи более простыми методами. Поскольку станок, на который требуется установить манипулятор, сам является машиной с электронным управлением и механизированными приводами, существует возможность использовать управляемые движения механизмов самого станка для дополнительных манипуляций, не связанных непосредственно с обработкой резанием. В частности, движения револьверной головки обычно используются для автоматической замены инструмента, но их можно использовать и для других целей. Например, трёх степеней подвижности инструментальной револьверной головки, в сочетании с двумя степенями подвижности автоматического токарного патрона, достаточно, чтобы приводить в движение манипулятор (автооператор), имеющий шесть степеней подвижности (три координаты пространственных перемещений, поворот захвата вокруг двух осей и его фиксацию на детали). При этом некоторые степени подвижности манипулятора будут существенно ограничены, поскольку требуют сложного согласованного движения различных органов станка, но для решения поставленной задачи этого достаточно. Сам автооператор в этом случае представляет собой простой механизм из пассивных конструктивных элементов.

В данной статье мы предлагаем конструкцию автооператора для использования в токарно-револьверном обрабатывающем центре для разворота и переустановки детали в патрон во время обработки. Возможно также использование этого устройства и для начальной установки заготовки, но это потребует использования дополнительного питающего магазина для подачи деталей.

Автооператор (рисунок 2) должен осуществить следующие движения: 1) переместиться к поверхности детали в патроне, за счёт радиального и осевого перемещений револьверной головки; 2) захватить деталь, вдвигая эластичные губки захвата поперёк неё, за счёт радиального перемещения и/или вращения револьверной головки; 3) вытащить деталь из патрона и переместить в осевом направлении на 50 мм; 4) развернуть деталь на 180°; 5) переместить деталь обратно в осевом направлении и вставить в патрон; 6) освободить деталь за счёт радиального перемещения револьверной головки.

Эти действия не требуют каких-либо ориентационных или иных сигналов, и могут быть осуществлены простейшим устройством, вставляемым в револьверную головку вместо инструмента, и действующим только за счёт движений револьверной головки, без какого-либо внешнего привода. Автооператор имеет небольшие размеры корпуса (150 × 20 × 20 мм) и массу до 1 кг, что позволит устанавливать его непосредственно в револьверную головку в качестве инструмента.

Единственной сложной манипуляцией здесь является разворот детали на 180°, что в любом случае требует внешнего силового воздействия. Для этой цели необходимо разместить в определённом месте на столе станка эластичный упор, который, при вращении револьверной головки, в определённом положении задевает эластичную планку 8, вращающую вертикальный стержень 6, на котором закреплён захват 7 с деталью. Угол поворота захвата фиксируется упругой защёлкой с шагом 90° либо 180°, благодаря чему деталь поворачивается на требуемый угол и фиксируется с точностью до нескольких десятых миллиметра, что является достаточным для последующего закрепления в токарном трёхкулачковом патроне.



1 — корпус (державка); 2 — упругая пластина; 3 — роликовая защёлка; 4 — корпус подшипникового узла; 5 — подшипниковый узел; 6 — вращающийся стержень; 7 — захват для детали; 8 — эластичная планка

Рисунок 2 — Автооператор

Силовые нагрузки на автооператор во время перемещения детали складываются из пяти составляющих: 1) усилие при захвате детали, направленное вдоль вращающегося стержня; 2) осевое усилие при извлечении детали из патрона, направленное перпендикулярно стержню; 3) инерционные силы при вращении захвата с деталью в револьверной головке, направленные вдоль стержня; 4) инерционные силы при ускоренном движении; 5) внешняя силовая нагрузка на вращающийся стержень, необходимая для поворота захвата с деталью.

Проведённый силовой расчёт показывает, что при массе детали до 100 г достаточна сила зажима эластичных губок захвата до 100 Н, что при $f = 0,5$ даст удерживающую силу трения 100 Н. Такая же сила потребуется и для внедрения детали между губками при захвате. Устройство может комплектоваться набором сменных резиновых губок разной формы и размера, что позволит удерживать любые детали, в том числе сложной конфигурации, массой 20...200 г и диаметром 10...50 мм.

Момент фиксации роликовой защёлки при вращении захвата должен быть достаточным, чтобы надёжно удерживать деталь от поворота при ускорениях револьверной головки. Приняв ускорение 100 м/с^2 , массу детали 100 г, при эксцентricности размещения до 10 мм от оси, получим требуемый момент фиксации защёлки $0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$. В этом случае крутящий момент, создаваемый при контакте эластичной планки с упором, должен быть заведомо достаточным для взведения защёлки и поворота стержня, то есть более $0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Примем с двухкратным запасом, $M_{\text{пов}} = 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Тогда, при длине поперечной планки 100 мм, тангенциальная сила, действующая на неё при контакте с упором, должна составлять $F_{\text{уп}} = 4 \text{ Н}$. Эти усилия намного меньше, чем инерционные нагрузки при перемещениях детали, поэтому их можно не учитывать при расчёте конструкции на прочность.

При расчёте устройства на прочность достаточно провести расчёт нагрузочной способности подшипникового узла, так как остальные детали механизма намного прочнее. Жёсткость подшипникового узла, в котором крепится стержень, на котором закреплены все подвижные части захвата, должна быть достаточной, чтобы воспринять консольный крутящий момент, действующий на стержень.

При вылете стержня $L = 100 \text{ мм}$

$$M_{\text{подш}} = F_{\text{уп}} \cdot L = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При размещении в узле двух подшипников с осевым расстоянием 20 мм, радиальная нагрузка на каждый из них составит 20 Н от консольного момента, и до 10 Н от ускорения детали, в сумме до 30 Н на подшипник. Осевая сила, возникающая при надвигании захвата на деталь и снятии его с детали, может быть существенно больше, и равняться силе зажима захвата, т.е. 100 Н. Такие усилия может выдержать радиальный шарикоподшипник с номинальной статической нагрузкой 500 Н, например, подшипник 696 ($d 6, D 15, B 5 \text{ мм}$).

Для обеспечения запаса прочности подшипникового узла, можно взять подшипники большего размера: например, подшипник 608 ($d 8, D 22, B 7 \text{ мм}$), обеспечит статическую радиальную нагрузку 1,38 кН и осевую до 270 Н, то есть трёхкратный запас по осевой нагрузке при фиксации детали захватом.

Точность фиксации детали захватом без внешних нагрузок определяется жёсткостью губок и точностью размещения фиксирующих роликов, и может достигать 0,1-0,2 мм. Точность фиксации под нагрузкой, например, в момент извлечения из патрона, определяется конструкцией державки и её жёсткостью, а также жёсткостью подшипникового узла и самого захвата.

Стоимость устройства составит около 100 рублей, что обеспечит срок окупаемости в течении 10 часов только за счёт сокращения технологического времени выполнения операций.

Заключение. Предложенная конструкция автооператора позволяет минимальными средствами решить поставленную техническую задачу. При этом расширяются функциональные и технологические возможности станка практически без увеличения его стоимости, что позволяет заметно снизить стоимость продукции.

Список цитируемых источников

1. Якушенкова, Ю. Г. Техническое зрение роботов / Ю. Г. Якушенкова, В. И. Мошкин. — М. : Машиностроение, 1990. — 266 с.
2. Буда, Я. Автоматизация процессов машиностроения : учеб. пособие / Я. Буда, В. Гановски, В. С. Вихман. — М. : Высш. шк., 1991. — 480 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3 т. / В. И. Анурьев; Т.1. — 5-е изд. перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 2001. — 728 с.
4. Выбор подшипников качения [Электронный ресурс] / Выбор подшипников качения по статической нагрузке. — М., 2017. — Режим доступа: <http://pricebearings.ru/600-miniaturmye/> — Дата доступа: 25.12.2018.