

Дисциплина «Методология конструирования» для направления 150900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», 261001 «Технология художественной обработки материалов»

9. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

Приведены схемы и элементы конструкции оригинальных автоматизированных устройств, выполненных с широким применением информационных систем и электронно-вычислительной техники.

Ниже приведены автоматизированные и автоматические устройства, многие из которых защищены авторскими свидетельствами¹. Примеры поучительны тем, что позволяют проследить путь решения задач, начиная от их постановки, а также тем, что во всех случаях используется компьютерная техника и информационные технологии, которые, и это будет проиллюстрировано, открывают новые широкие возможности для конструкторов. Приведенные устройства не являются типичными металлорежущими станками и промышленными роботами, однако в них просматриваются элементы конструкций, изложенные в предыдущих разделах. Автор надеется, что читатель в порядке упражнения попытается найти свою версию решения этих интересных задач.

9.1. Полуавтомат для дорожения коллекторов

Требуется разработать специализированный полуавтомат для дорожения коллекторов электрических машин² диаметром от 30 до 100 мм.

Коллектор состоит из скрепленных между собой медных пластин трапецеидального сечения (ламель), изолированных друг от друга специальными прокладками. Операция дорожения осуществляется дисковой фрезой путем обработки в ламелях определенных размеров паза, предназначенного для укладки в него и запайки выводов.

После обработки паза в первой ламели дискретным поворотом коллектора вокруг оси добиваются установки следующей в зону фрезерования и т. д.

Главная проблема состоит в необходимости обеспечения точного расположения обработанного паза относительно оси ламели: смещение не должно превышать $\pm 0,2$ мм при толщине ламели 3...5 мм. Так как допуски на толщину медной и изолирующей пластин составляют около 0,2 мм, нетрудно видеть, что даже весьма точный делительный поворот коллектора на угол, равный $\alpha = \frac{360}{n}$, где n – число ламелей, неприемлем вследствие возможной накопленной погрешности шага, выходящей за пределы допуска на несимметричность паза.

¹ Разработки выполнены автором с сотрудниками.

² В разработке принимал участие А.В. Панов.

Анализ различных вариантов структурных схем полуавтомата показал, что приемлемой может быть следующая (рис. 9.1).

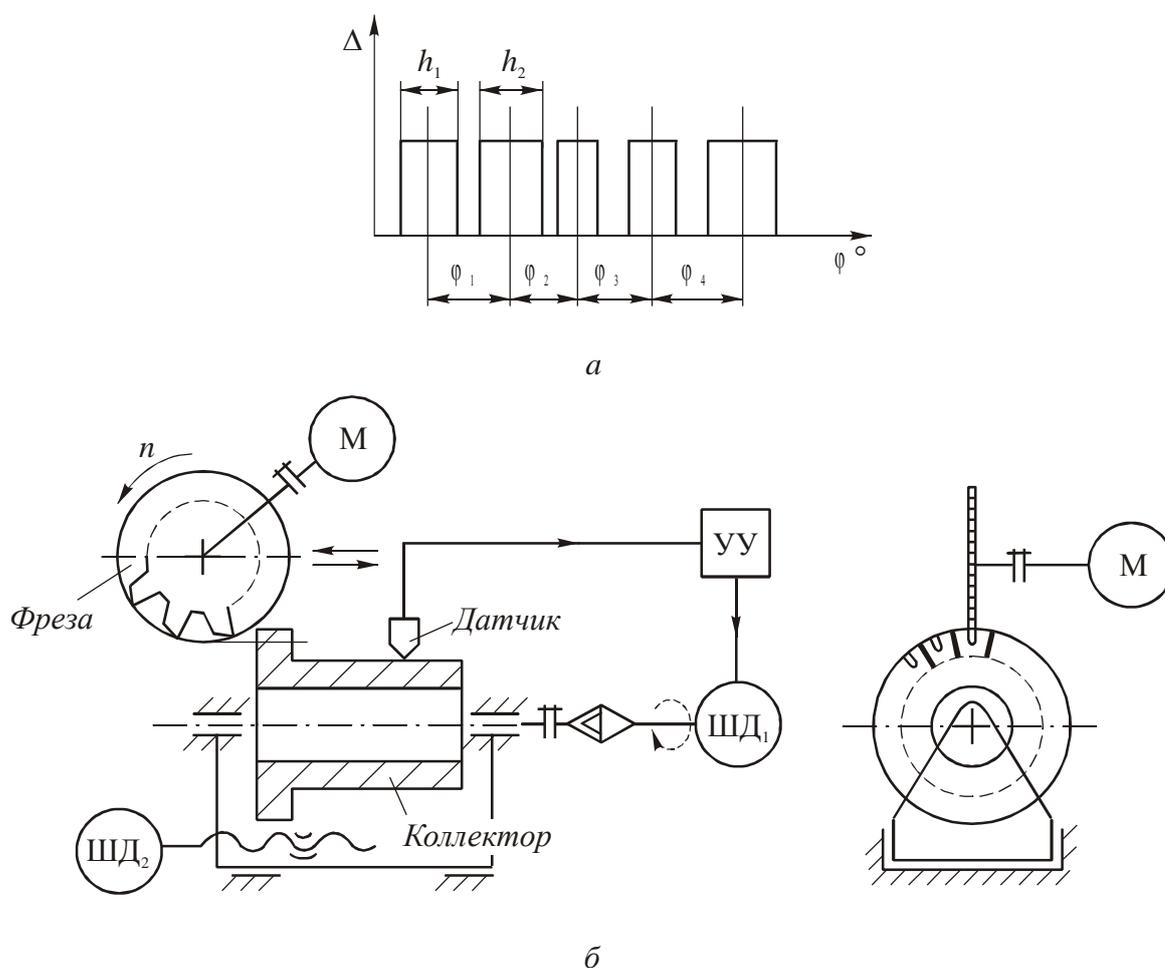


Рис. 9.1. Схема измерения толщины ламелей коллектора и их взаимного положения (а) и компоновочно-кинематическая схема полуавтомата для дорожения коллекторов (б)

Обработка пазов осуществляется в два этапа. На первом с помощью подпружиненного датчика в процессе поворота коллектора относительно оси его вращения фиксируются действительное значение толщины (h_1 , h_2 и т. д.) и углового положения (φ_1 ; φ_2 ; φ_3 и т. д.) ламелей (рис. 9.1, а). Эта информация фиксируется и передается устройству управления (УУ); в последующем, на этапе фрезерования пазов, она используется для расчета и выдачи сигнала о требуемом угле поворота коллектора, учитывающем реальные размеры (толщины) ламелей и изоляторов. В приводе дискретного поворота коллектора целесообразно установить редуктор с тем, чтобы нивелировать возможную погрешность дискретности угла поворота шагового двигателя.

9.2. Автомат для деформирующей обработки деталей типа колец

Обработка отверстий пластическим деформированием (дорнованием) состоит в проталкивании через обрабатываемое отверстие инструмента, оснащенного выглаживающими зубьями, диаметр которых больше исходного диаметра отверстия в заготовке. При этом происходит смятие микронеровностей в отверстии, увеличение и уточнение его диаметра. Подбирая геометрию выглаживающих зубьев, материал инструмента и его диаметр (обеспечивая соответствующий натяг), возможно, существенно повысит геометрическую точность обрабатываемого отверстия, что особенно актуально для обработки мелких, диаметром 2...8 мм, отверстий.

Дорнование отверстий широко применяется при производстве подшипников, где имеет место массовое изготовление точных колец.

До последнего времени на предприятиях этой отрасли использовались простые автоматы, обеспечивающие проталкивание предварительно установленных на заготовки-кольца металлических шаров с диаметром, обеспечивающим требуемый натяг.

Недостатки такой схемы очевидны. Кроме низких технологических возможностей шара как деформирующего элемента – невозможности создания большого натяга из-за возможной адгезии инструмента и обрабатываемой детали, проблематичности изготовления твердосплавных шаров-инструментов и т. п., анализируемая схема обработки не отвечает требованиям безопасности.

Широкие возможности деформирующей обработки появились с применением схемы челночного дорнования, суть которого состоит в следующем. Процесс осуществляется перемещающимся подобно челноку специальным инструментом, в средней части которого (рис. 9.2) расположены калибрующие зубья, а с обеих сторон – увеличивающиеся по диаметру (от торцов к средней части) деформирующие зубья. Инструмент, перемещаясь из одной направляющей головки в другую, совершает обработку отверстия в кольцах, причем каждый из его ходов является рабочим.

Схема автомата для дорнования колец подшипников представлена на рис. 9.2³.

³ А.с. №426763. Соавторами изобретения являются также О. И.Васенков, А. А. Дынин и В. Ф. Скворцов

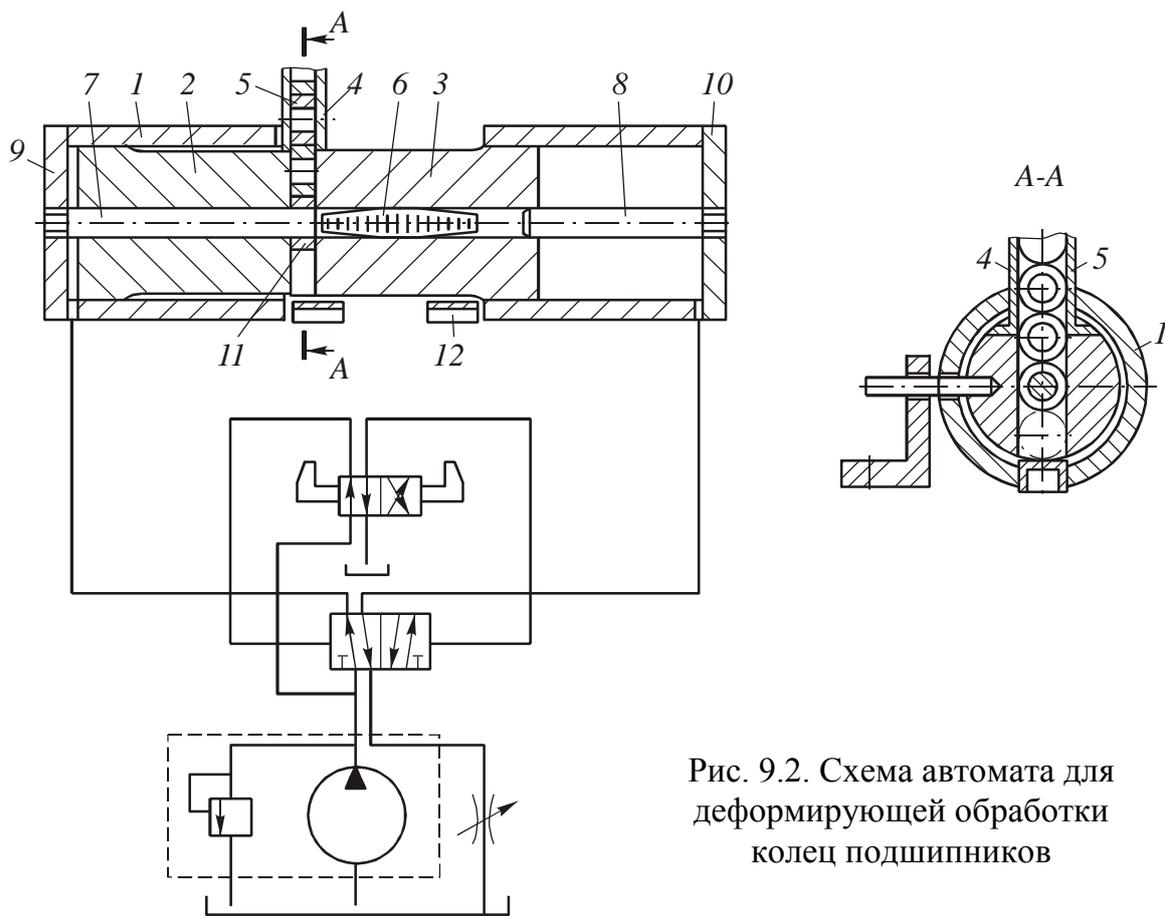


Рис. 9.2. Схема автомата для деформирующей обработки колец подшипников

В корпусе *1* гидроцилиндра подачи размещен плунжер, составленный из двух частей *2* и *3*, жестко соединенных между собой и с лотком *4* загрузки заготовок *5*.

В калиброванном центральном отверстии плунжеров *2* и *3* размещены инструмент *6* и упорные скалки *7* и *8*, закрепленные в крышках *9* и *10* цилиндра.

При подаче давления масла в левую (по чертежу) полость гидроцилиндра *1* плунжеры *2* и *3* вместе с лотком *4* и инструментом *6* перемещаются вправо. Когда обработанная заготовка *11* сойдет со скалки *7*, столб заготовок *5* в лотке *4* под действием собственного веса опустится вниз до ограничителя – планки *12* и против инструмента установится следующая, подлежащая обработке деталь. После упора инструмента *6* в торец скалки *8*, при продолжающемся движении плунжера вправо, происходит обработка отверстия в заготовке, а обработанная заготовка сбрасывается в тару (не показана).

После перемещения плунжеров *2* и *3* в крайнее правое положение обработанная заготовка надевается на скалку *8*, и обработка следующей заготовки производится при перемещении плунжеров *2* и *3* в обратном направлении.

Для смены инструмента части *2* и *3* плунжера разъединяются и отводятся в крайние положения, при этом прошивка *6* освобождается.

Применение гидропривода в устройстве позволяет не устанавливать специальные предохранительные устройства: в случае если подлежащее дорнованию кольцо будет подано в зону обработки (на ось инструмента) с погрешностью, превышающей допустимую, и прошивка упрется в торец кольца, перемещение плунжеров прекратится и жидкость через предохранительный клапан будет сливаться в бак гидростанции.

9.3. Устройство для выдавливания фасок

Обработка монтажных фасок на внутренних кольцах подшипников (рис. 9.3, а) представляет определенные сложности, особенно для мелкогабаритных подшипников с диаметром внутреннего отверстия 2...8 мм. Лезвийная или абразивная обработка проблематичны вследствие малых размеров колец.

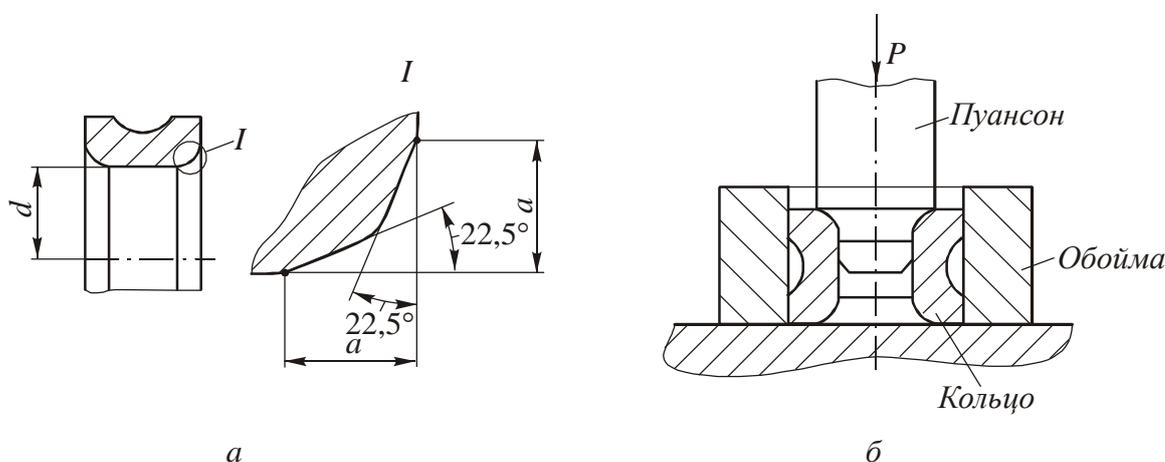


Рис.9.3. Схемы монтажной фаски (а) и процесса деформирования (б)

Исследованиями было показано, что фаски возможно обработать пластическим деформированием по схеме, представленной на рис. 9.3,б. При этом величина деформирующего усилия P должна быть строго дозирована, а на месте будущей фасонной поверхности следует снять фаску и ликвидировать заусенцы. Последнее необходимо, чтобы предотвратить возможность «заштамповки» заусенцев и последующего (после закалки) их отделения от кольца.

Заготовка (кольцо) должна быть установлена в обойме, чтобы предотвратить искажение наружной поверхности кольца. После выдавливания фаски кольцо в пределах посадочного зазора раздается по наружному диаметру, и для выбивки его из обоймы следует приложить определенное усилие.

Теперь, когда сформулированы все обстоятельства процесса обработки фасок, проведены исследования, возможно синтезировать схему автомата для выдавливания фасок на кольцах подшипников (рис. 9.4)⁴.

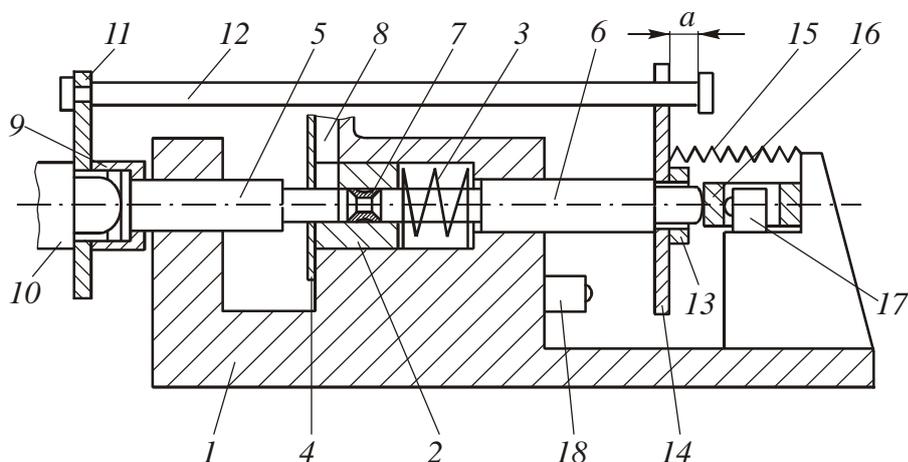


Рис. 9.4. Схема автомата для обработки монтажных фасок на кольцах подшипников

В корпусе 1, имеющем центральное сквозное отверстие, соосно расположены втулка 2, поджатая пружиной 3 к пластине 4, подвижный 5 и опорный 6 деформирующие пуансоны, между которыми помещается подлежащее обработке кольцо 7. В корпусе 1 и во втулке 2 выполнен соответствующий наружным размерам обрабатываемого кольца паз 8, предназначенный для подачи колец в зону обработки. Пуансон 5 связан гайкой 9 со штоком 10 гидроцилиндра и через планку 11, штангу 12 и поджатую гайкой 13 планку 14 с пуансоном 6. Пружина растяжения 15 прижимает последний к выполненному в виде упругого кольца динамометру 16, внутри которого расположен срабатывающий при определенной деформации кольца конечный выключатель 17; другой конечный выключатель 18 закреплен на корпусе и взаимодействует с планкой 14.

Устройство работает следующим образом.

На рисунке показано устройство в момент, когда завершается обработка фасок на кольце 7. Усилие от перемещающегося вправо штока 10 гидроцилиндра передается через подвижный пуансон 5 на кольцо 7, опирающееся на пуансон 6. Сила трения между кольцом и обоймой 2 вызовет некоторое перемещение последней вправо и сжатие пружины 3. Таким образом обеспечивается необходимое равенство усилий, действующих на кольцо со стороны пуансонов 5 и 6. Пуансон 6 при этом упруго деформирует кольцо-динамометр 16 и, когда усилие (деформация) достигнет заданной величины, срабатывает конечный выключатель 17, который переключает электрозолотник (на чертеже не показан) и реверсирует шток 10 гидроцилиндра. Вместе со штоком теперь влево перемещаются

⁴ А.с.835573. Соавторами изобретения являются также А. А. Дынин и Ш. Х.Сиразетдинов.

удерживаемые гайкой 9 пуансон 5, планка 11, штанга 12 и после выбора зазора a – планка 14 с пуансоном 6. Обработанное кольцо выводится при этом пуансоном 6 из втулки 2, возвращенной пружиной 3 в первоначальное положение – до упора в пластину 4. Когда планка 14 коснется конечного выключателя 18, вновь происходит переключение электрозолотника, и шток 10 цилиндра начинает перемещаться вправо. Вместе с ним перемещаются пуансон 5, планка 11, штанга 12 и под действием пружины 15 планка 14 с пуансоном 6. Расстояние между торцами пуансонов 5 и 6 при этом больше ширины обрабатываемого кольца на величину a , что дает возможность загрузить очередное, подлежащее обработке, кольцо по пазу 8 в зону обработки. Это происходит, когда торец пуансона 6 уйдет во втулку 2. Далее пуансон 5, перемещаясь вправо, проталкивает кольцо во втулку 2 и, когда пуансон 6 упрется в динамометр 16, происходит формообразование фасок, по окончании которого срабатывает конечный выключатель 17, и цикл повторяется.

Наличие центрирующей пуансоны втулки существенно упрощает конструкцию и обеспечивает повышение точности обработки – лучшую concentricity фаски и отверстия, а штанга, связывающая пуансоны, позволяет за один двойной ход теми же пуансонами осуществить и заведение детали во втулку, и деформирование, и выбивку обработанной детали. Наличие динамометра позволяет с необходимой точностью установить требуемое усилие деформирования и, следовательно, размер обработанной фаски.

9.4. Устройство для вырубki крышек из фольги⁵

Постановка задачи. Требуется разработать автоматический станок для изготовления крышек заданного размера из фольги толщиной 0,25 мм, на поверхность которой предварительно нанесен рисунок. Заготовка поставляется в рулоне шириной 140 мм, диаметром 200 мм. Смещение рисунка относительно контура крышки не должно превышать 0,5 мм (наибольший габаритный размер крышки – 120 мм).

Из возможных способов отделения крышки от ленты – прожигание лазером, вырезка по контуру, вырубка – предпочтение было отдано последнему.

Автоматическое устройство для вырубki крышек должно включать в себя следующие функциональные блоки: узел разматывания ленты, содержащий устройство для установки заготовки (рулона) с приводом вращения (разматывания) ленты, устройство для натяжения ленты, обеспечивающее постоянное усилие натяжения, узел вырубki (штамп) с приводом и узел дискретной протяжки ленты с приводом.

На рис. 9.5 представлена компоновочно-кинематическая схема устройства.

⁵ В работе принимали участие Г. А. Сандыков, В. В. Брюхов, Н. Н. Косенчук.

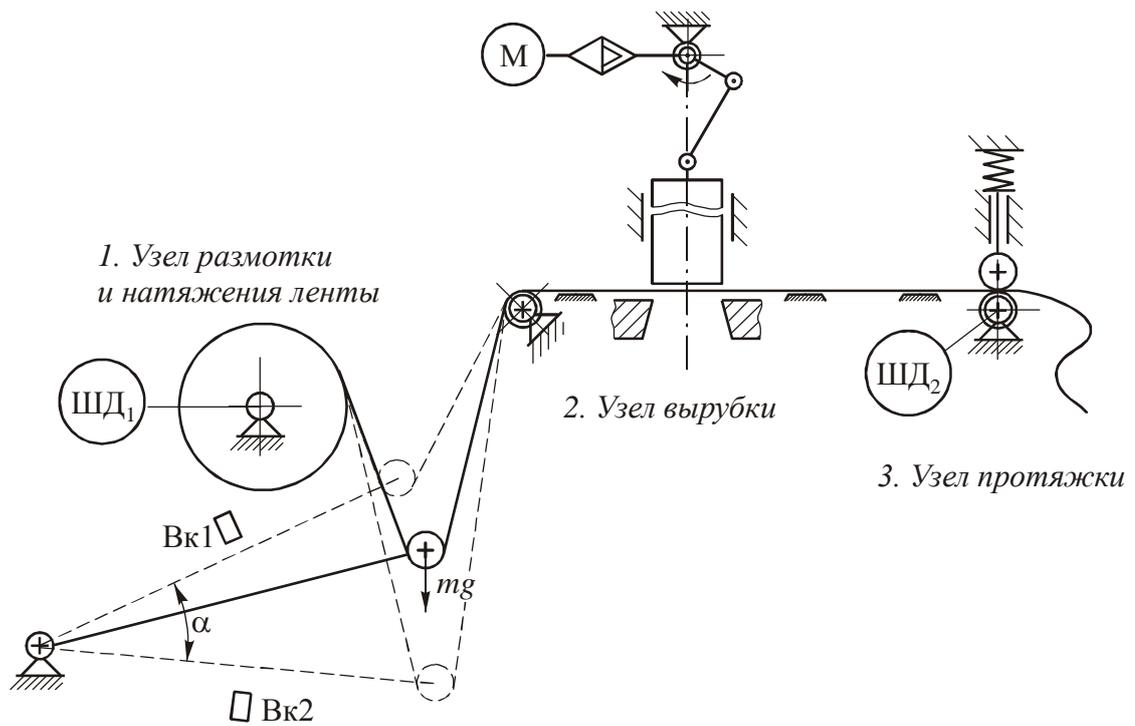


Рис. 9.5. Устройство для вырубki фасонных крышек из фольги

Наиболее существенным признаком устройства является то, что ритм вырубki задается постоянно перемещающимся пуансоном с приводом: двигатель – редуктор (мотор-редуктор) – кривошипно-шатунный механизм. Наибольшая частота двойных ходов пуансона лимитируется возможностью лентопротяжного механизма. Протяжка ленты осуществляется в период времени, начиная с момента, когда пуансон, двигаясь вверх, выходит из плоскости ленты, продолжается при перемещении пуансона вниз и заканчивается, когда специальная риска на ленте совпадет с осью штампа. Все движения настраиваются так, чтобы протяжка ленты прекратилась прежде, чем начнется вырубка крышки.

Дискретное перемещение ленты обеспечивается парой роликов, один из которых (прижимной) подпружинен, другой снабжен приводом от двигателя ШД₂.

Постоянство натяжения ленты обеспечивается установленной на подшипниковой опоре рамкой с грузом (массой m), взаимодействующей с лентой. По мере выработки ленты рамка поворачивается против часовой стрелки и, когда лента на петле израсходована, срабатывает конечный выключатель ВК₁; при этом устройством управления подается сигнал на включение шагового двигателя ШД₁, который разматывает рулон с лентой. При этом рамка поворачивается до срабатывания ВК₂, подающего сигнал на остановку ШД₁ (прекращение разматывания ленты).

9.5. Автоматизированный комплекс для сборки манометров

Рассматриваемый ниже пример весьма поучителен, т. к. иллюстрирует важнейший принцип проведения работ по автоматизации процесса: прежде чем разрабатывать автоматический станок, комплекс и т.п. следует отработать объект на технологичность и адаптировать его к условиям автоматизированного производства. Нередко оказывается целесообразным изменение конструкции, либо способа изготовления, сборки, регулировки устройства.

С целью снижения трудоемкости изготовления приборов давления была поставлена задача автоматизировать сборку и регулировку манометров с трубкой Бурдона⁶.

Манометр представляет собой устройство (рис. 9.6), содержащее впаиваемую в держатель (на чертеже не показан) трубку эллиптического сечения 1, свободный конец (наконечник) которой шарнирно связан с рычажно-зубчатым передаточным механизмом, преобразующим его перемещение под действием давления в поворот указательной стрелки 2.

Механизм содержит зубчатый сектор 3, хвостовик которого тягой 4 шарнирно связан с наконечником упругого элемента 5. Размер R хвостовика сектора и длина тяги L являются регулировочными параметрами. Их используют при настройке манометра с целью компенсации погрешностей изготовления элементов конструкции и неоднородности свойств материала

чувствительных элементов – трубок. Под действием давления трубка 1 деформируется (распрямляется), центр наконечника 5 перемещается на величину H (из точки A в точку B) при максимальном для прибора давлении. Одна из существенных причин регулировки обусловлена тем, что разность хода H перемещения наконечника чувствительного элемента в партии приборов достигает 30 %.

Оператору при настройке прибора приходится неоднократно завинчивать и развинчивать три винта (один в шибере хвостовика сектора и два – при изменении длины тяги), изменяя размеры R и L , устанавливая шкалу, набивать

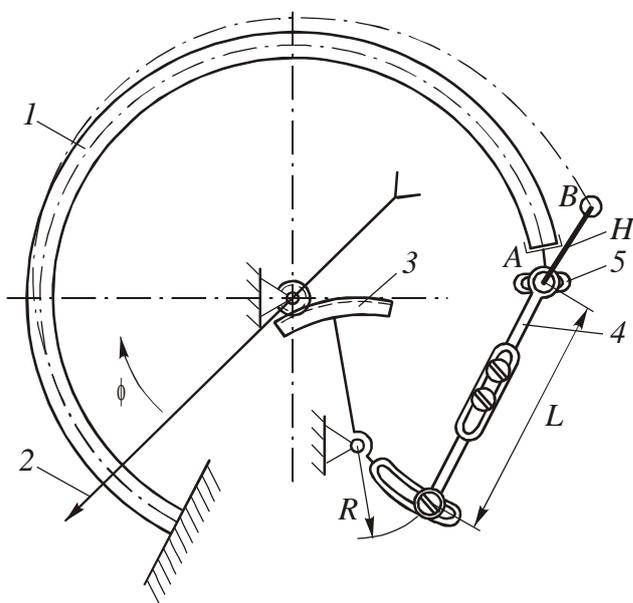


Рис. 9.6. Схема манометра с трубкой Бурдона

⁶ В работе принимали участие А. Г. Бригадин, Б. М. Шлякман, А.В. Панов, Д. П. Крауиньш, Н. Н. Косенчук, Ю. Г. Свинолулов.

стрелку (в последующем он их снимает, чтобы «добраться» до винтов), проводить тестовые нагрузки настраиваемого прибора давлением от задатчика давления и вновь повторять перечисленные операции, пока точность прибора не достигнет требуемого значения. Так, методом проб и ошибок оператору удастся настройка прибора класса точности 1,0.

Понятно, что автоматизировать прделываемые оператором манипуляции практически невозможно.

В рамках НИОКР было установлено, что наибольший «вклад» в погрешность прибора – манометра с трубкой Бурдона вносит непостоянство величины хода H (см. рис. 9.6) наконечника чувствительного элемента. Была предложена конструкция прибора (рис. 9.7), в котором ограничения величины H можно достичь путем введения в конструкцию специального упора, воздействующего на трубку Бурдона и, по сути, ограничивающего длину деформируемого участка чувствительного элемента.

В исходном положении упора, при $\varphi = 0$ «работает» вся трубка Бурдона. Поворачивая упор по часовой стрелке из «работы», отключается часть трубки на участке, определяемом углом φ . В пределе, если гипотетически установить упор на угле φ_{\max} , у наконечника чувствительного элемента (в районе точки A рис. 9.6) перемещение H при любом давлении будет равно нулю. Используя изложенный метод регулировки хода H , а по сути его ограничения до H_0 , оказалось возможным применить нерегулируемые детали механизма и для всей партии приборов установить одинаковые механизмы с постоянными размерами хвостовика сектора R_0 и тяги L_0 , соответствующими минимальному, в пределах партии приборов, значению хода H . Для приборов с чувствительными элементами, показывающими бóльшее значения H , последние ограничиваются установкой упора – поворотом кронштейна по часовой стрелке на тем бóльший угол, чем больше ход H данной трубки отличается от минимального значения.

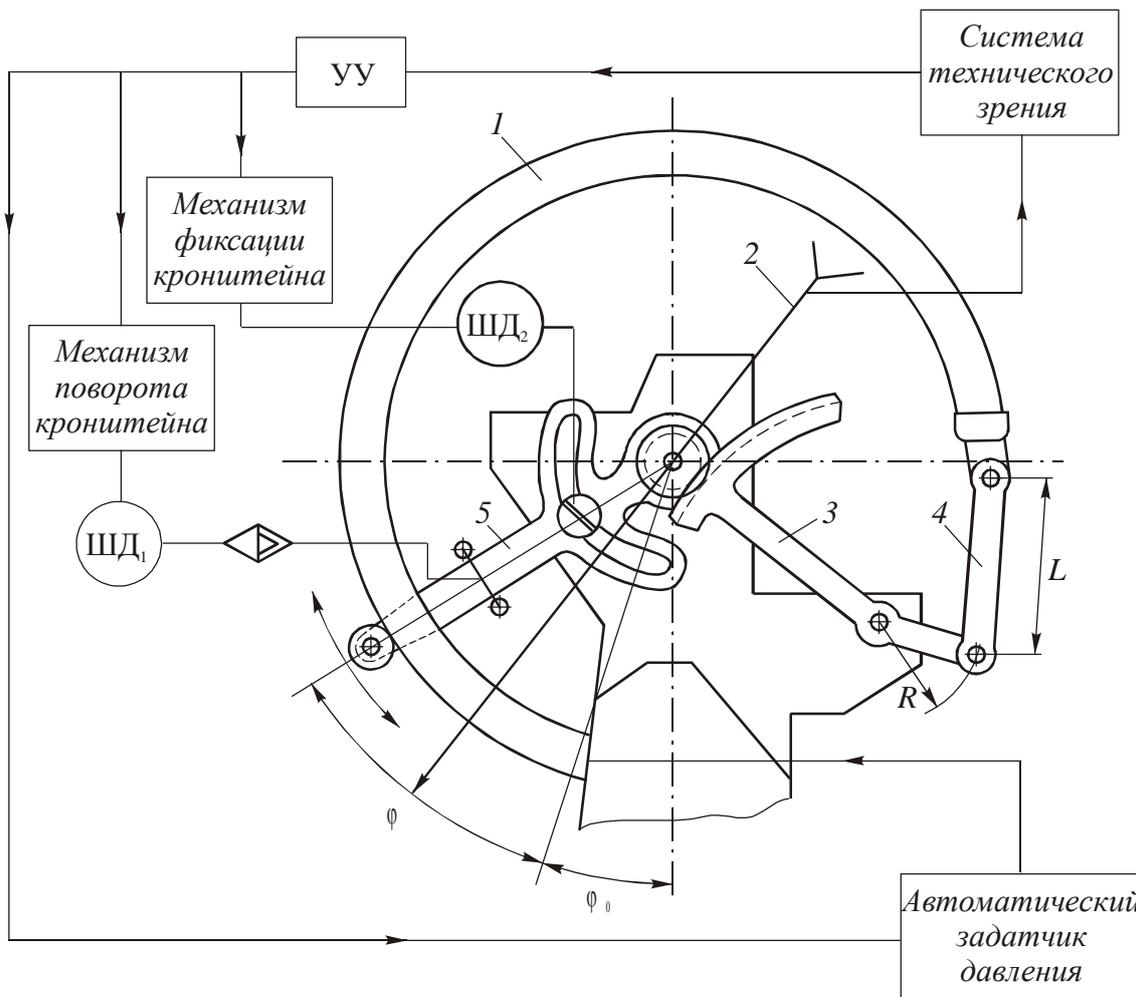


Рис. 9.7. Схема автоматического устройства для регулировки манометра

Процесс регулировки прибора, оснащенного элементами воздействия на величину хода H (а.с. 118697, а.с. 1530951), представляется следующим (рис. 9.8).

Прибор дискретно нагружается определенным давлением и при этом регистрируется значение приращения угла поворота указательной стрелки $\Delta\Phi_i = \Phi_n - \Phi_{n-1}$. Полученные данные $\Delta P_n = P_n - P_{n-1}$ и $\Delta\Phi_n$ анализируются –

определяется текущее значение угла α_n : $\text{tg}\alpha_n = \frac{\Delta\Phi_n}{\Delta P_n}$ и сравнивается с

$\text{tg}\alpha_0 = \frac{\Phi_{\text{max}}}{P_{\text{max}}}$, соответствующим «идеальному» прибору. Если $\alpha_n > \alpha_0$, ход H

необходимо уменьшить поворотом упора (рис. 9.7) по часовой стрелке, что достигается увеличением угла φ . В противном случае угол φ следует уменьшить. После дискретного перемещения упора вновь фиксируют ΔP_i и $\Delta\Phi_i$, результат расчета сравнивают с требуемым значением α_0 и т. д. до тех пор, пока разность $|\alpha_0 - \alpha_n|$ не выйдет за пределы заданного значения.

Изложенный технологический процесс регулировки возможно автоматизировать. Компонувочно-кинематическая схема автоматизированного устройства для регулировки представлена на рис. 9.7.

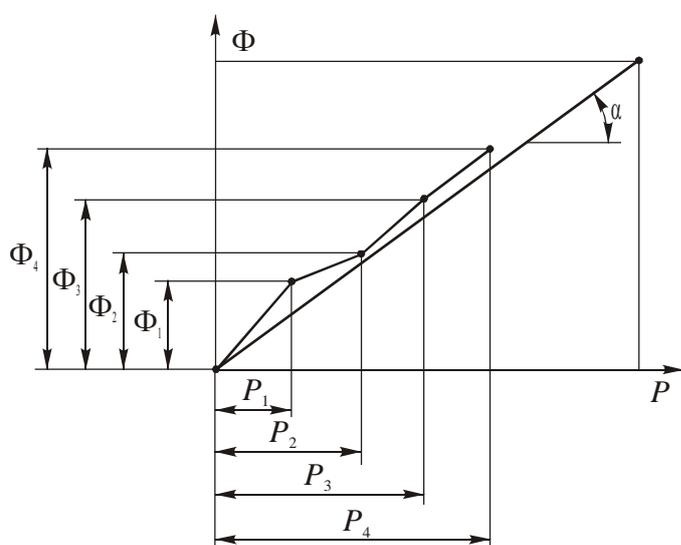


Рис. 9.8. Схема процесса регулировки манометра

Устройство содержит автоматический задатчик (АЗД) и устройство поворота рычага вокруг оси его шарнирного закрепления с приводом от шагового двигателя ШД₁, устройство фиксации рычага с роликом (фиксатор) с приводом ШД₂, средство технического зрения (СТЗ), регулирующее угловое положение указательной стрелки манометра и микропроцессорное устройство управления.

Оператор устанавливает прибор на устройство, соединяет его с магистралью АЗД, дает команду на начало регулировки и по завершении ее снимает прибор.

Регулировка состоит в отыскании требуемого положения упора и его фиксации.

На примере рассматриваемой задачи можно показать, как технические решения могут оптимизировать процесс изготовления приборов давления с трубкой Бурдона и избавить конструкторов от создания сложного регулировочного устройства.

Способ «технологического» решения задачи в упрощенном виде состоит в следующем⁷:

1. Измеряют величину хода наконечника чувствительного элемента.
2. С помощью математической модели рассчитывают значения длины хвостовика сектора механизма R и длины тяги L . Действительно, если оператор при ручной регулировке методом проб и ошибок находит приемлемые значения R и L , – значит, они существуют и назначение математической модели – рассчитать их значения для данного узла чувствительного элемента.
3. Дорабатывают зубчатый сектор и тягу – сверлят отверстия под шарниры, выдерживая рассчитанные параметры R и L .
4. Собирают манометр, который не нуждается в регулировке.

⁷ А.с.№ 1207709. Соавторами изобретения являются также Б. М. Шлякман и Г. А. Якименко.

Таким образом, можно констатировать, что грамотное технологическое решение может существенно снизить трудоемкость конструирования автоматизированных технологических машин и устройств.