

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Методическое пособие

Факультет производственного менеджмента и инновационных технологий

Специальности:

151001 - «Технология машиностроения»;

210301- «Автоматизация технологических процессов и производств»

Направления:

151900 - «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

220700 - «Автоматизация технологических процессов и производств»

Вологда

2011

УДК 621.757:681.5 (075)

ББК 34.68

Автоматизация сборочных процессов в машиностроении: метод. пособие / В.А. Глазков, А.Д. Шаратинов. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 56 с.

В пособии описаны современные технологические процессы сборки и виды применяемого сборочного оборудования. Рассмотрены вопросы технологичности машиностроительных изделий с точки зрения их собираемости при автоматизации сборки, методы совершенствования конструкции соединяемых деталей, последовательность сборки изделий и методы автоматизации. Приведены примеры применения промышленных роботов и гибких автоматизированных систем, используемых в автоматических сборочных линиях.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составители: В.А. Глазков, канд. техн. наук, доцент
А.Д. Шаратинов, канд. техн. наук

Рецензенты: Н.В. Телин, доктор техн. наук, профессор
Н.В. Дорогов, канд. техн. наук, заместитель директора по производству ЗАО «Вологодский подшипниковый завод»

Подписано в печать 31.08.2011. Усл. печ. л. 3,5. Тираж .
Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № _____

Отпечатано: РИО ВоГТУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15

ВВЕДЕНИЕ

Себестоимость продукции современного машиностроения в значительной мере определяется трудоемкостью сборочных работ, составляющей в настоящее время 25 – 30 % общей трудоемкости изготовления изделий и имеющей тенденцию к дальнейшему росту. В РФ автоматизировано не более 6 – 7 % общего объема сборочных работ, главным образом в условиях массового производства. Значительная часть продукции, изготавливаемой в РФ и за рубежом серийно, собирается в основном вручную. Одна из причин такого положения – несоответствие конструкции изделий требованиям автоматической сборки и нестабильность качества соединяемых деталей. Другая причина заключается в том, что коэффициент использования современных сборочных автоматических устройств (отечественные и зарубежные) примерно в 2 раза ниже, чем автоматических линий (АЛ) для механической обработки, имеющих такое же число позиций. Это объясняется недостаточно высоким качеством поступающих на сборку деталей, а также тем, что не выработаны четкие требования к конструкции сборочного оборудования и не определена рациональная последовательность выполнения сборочных операций.

Изучение и обобщение опыта в области автоматизации сборочных работ в условиях массового и серийного производства является актуальной проблемой машиностроения, разрешение которой позволит в значительной мере повысить эффективность машиностроительного производства.

1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

В последние годы в различных промышленно развитых странах ведутся интенсивные работы по автоматизации сборочных работ. Так, уровень автоматизации сборки автомобилей в Японии составил в 1990 г. – 10%, в 1995 г. – 20%, в 2000 г. – 50 % и в 2005 г. – 75 %.

В США из 18 млн. человек, занятых в промышленности, 8 млн. заняты сборкой. Оптимизация работы только 75 % сборочных производств позволила бы сэкономить до 22 % всего национального продукта США [1, 2].

В Германии трудоемкость сборочных работ составляет 36,7% общей трудоемкости изделий, причем 87% этого вида работ в промышленности осуществляется вручную, 11% механизировано и только 2% автоматизировано [3].

В последние годы ведутся интенсивные работы в области автоматизации автомобильной, электротехнической отраслей промышленности и станкостроения. Причем электротехническая и станкостроительная отрасли промышлен-

ности нуждаются в гибкой автоматизации сборки, переход к которой возможен тремя различными путями [3]:

1) автоматизация отдельных операций, включающая соединение отдельных позиций сборки транспортной системой и автоматизацию загрузки и разгрузки отдельных машин, причем возможны замена устаревших машин новыми и внедрение промышленных роботов (ПР);

2) оснащение механизированных установок средствами автоматизации;

3) автоматическая сборка.

Необходимость автоматизации сборочных работ обусловлена требованиями повышения стабильности качества изделий и снижения утомляемости человека при выполнении монотонных ручных работ за счет высвобождения человека от участия в сборочном процессе, а также снижением трудоемкости ввиду дефицита трудовых ресурсов, особенно в крупных городах.

С целью создания необходимых технологических, технических и организационных предпосылок автоматизации сборочных процессов в ряде стран разработаны национальные и международные комплексные программы. В этих программах поставлены задачи разработки технологических основ автоматизации сборки, а именно:

- обеспечение технологичности конструкций изделий с учетом возможности автоматизации их сборки;
- разработка новых методов и технологических процессов сборки;
- создание технологического сборочного оборудования по агрегатно-модульному принципу, что позволит уменьшить продолжительность проектирования и изготовления сборочных систем, повысить их надежность и уменьшить капиталовложения;
- создание модулей для выполнения отдельных технологических операций с автономными приводами и блоками управления.

Для современного станкостроения характерен блочно-модульный принцип построения сборочных систем. Например, фирма Palimatic (Франция) использовала этот принцип при создании транспортной системы для автоматических линий (АЛ) сборки двигателей.

В зарубежном машиностроении применяются сборочные манипуляторы типов ММ1200П и ММ2500П, предназначенные для автоматического зажима, транспортирования и установки в требуемое положение присоединяемых деталей малых или средних размеров, а также для завинчивания деталей, склеивания и клепки.

В основу разработки гаммы универсальных сборочных ПР положены следующие концепции: короткие перемещения рабочих органов, оптимальное число степеней подвижности, точность позиционирования $\pm 0,01$ мм, усилие

сборки не более 1000 Н, модульный принцип построения ПР, гибкость в отношении транспортирования и взаимодействия с различными системами управления.

В настоящее время создано значительное число сборочных ячеек, комплексов и АЛ, оснащенных ПР и манипуляторами. Так, фирма Polimatic, специализирующаяся на выпуске сборочных АЛ, создала и внедрила роботизированную линию сборки головок блоков цилиндров с 8, 12 или 16 клапанами. Затяжка десяти болтов в позиции сборки головки блока цилиндров с картером программируется, при этом контролируются крутящий момент и угол поворота каждого из 10 гайковертов с выдачей информации о состоянии качества затяжки болта. Кроме того, имеется позиция установки трубки для проверки уровня масла в картере. Далее двигатель передается на позиции сборки коллекторов, ввертывания водяного насоса, навертывания маховика, сборки механизма сцепления. Производительность линии – 100 двигателей в час. После завершения сборки двигатели направляются на испытательные стенды.

На заводе Skoda (Чехия) английской фирмой John Brown Automation установлены две АЛ для сборки четырехцилиндровых двигателей 50 типоразмеров стоимостью 850 млн. дол. Производительность линии – 250 000 двигателей в год. Наиболее полно (15 позиций из 17) автоматизирована линия по сборке головок блоков цилиндров. Обе линии сборки блока цилиндров (80 позиций) и головки блока управляются программируемыми контроллерами «Siemens 150 V», объединенными одной общей сетью. При поступлении головки блока цилиндров на сборочную линию она идентифицируется и устанавливается на приспособление-спутник, при этом ее код заносится на спутник. Клапаны устанавливаются вручную. Далее первый ПР мод. «Bosch SR800» надевает наружную пружину, второй ПР – внутреннюю, третий ПР – шайбы пружин на соответствующие клапаны, четвертый ПР захватывает и устанавливает стопорные сухари. Три последних ПР устанавливают фиксирующие штифты с помощью устройств, ориентирующих их в пространстве (под углом 5° к оси X). Все резьбовые соединения завертываются автоматически гайковертами.

Возможно использование ПР и в составе ячеек и комплексов для сборки мелких деталей на предприятиях точной механики, в приборостроении и электротехнической промышленности.

Концепция гибкости сборочных автоматов с поворотным тактовым столом принята известной швейцарской фирмой Micron AG. Гибкость достигается посредством ручной или автоматической смены исполнительных органов и наладок за несколько часов или недель. Число позиций составляет 6 – 36, причем около 10 % из них холостые, которые можно использовать для установки

дополнительных исполнительных устройств. Сборочный автомат должен окупаться в течение двух – пяти лет.

Для обеспечения эффективности сборочных устройств необходимо еще на стадии их проектирования выполнить ряд мероприятий по обеспечению работоспособности и повышению коэффициента использования автоматических сборочных устройств.

2. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ И СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Эффективность выполнения сборочных процессов во многом зависит от конструкции изделий. Каждое изделие должно отвечать определенным требованиям. Выполнение изделия из отдельных самостоятельных сборочных единиц позволит собрать и отрегулировать каждую сборочную единицу независимо от другой. Общую продолжительность сборки изделия можно значительно сократить, если изготавливать одновременно все или даже некоторые сборочные единицы [1, 2].

Примером сборочной единицы может служить гайка с вмонтированным в ней уплотнением (рис. 2.1, а). Это новое технико-экономическое решение задачи надежного уплотнения соединения болт – гайка позволяет объединить отдельные детали в одну самостоятельную сборочную единицу. Прежде для решения этой задачи требовались установки нескольких деталей, с уплотнениями, покрытие мест их контакта герметиком с предварительной механической обработкой поверхности базовой детали и др. Гайка 1 с вмонтированным уплотнением 2 обеспечивает не только необходимую герметичность, но одновременно служит средством против самоотвинчивания при вибрациях. Для этого в специальные каналы металлической гайки запрессовываются полиамидные уплотнительные элементы, благодаря упругим свойствам которых компенсируются монтажные ошибки и обеспечивается стабильная работа даже при колебании температур от 50 до 130°С.

Если необходима установка уплотнения в месте контакта с корпусной деталью изделия (рис. 2.1, б), то желательно размещать уплотнение в канавке вала, поскольку проще установка уплотнения на вал, чем в корпус.

В процессе сборки нежелательны кантование изделия, проведение регулировочных, пригоночных и разборочных работ. Если регулировочные работы неизбежны, например, при установке подшипников качения в стаканы редукторов, то конструкция изделия должна гарантировать их выполнение без его разборки (рис. 2.2) [6]. Такую возможность обеспечивает использование тарельчатых пружин и упругих втулок 5 вместо распорных колец в подшипниках качения. Необходимый зазор в подшипниках качения 3, установленных в

стаканы 4, создают путем перемещения в осевом направлении втулки 5 при затяжке гайки 1 вала-шестерни 6. По достижении заданного значения зазора гайка 1 стопорится шайбой 2. Такое конструктивное выполнение подшипниковых узлов обеспечивает поддержание заданного зазора и в процессе эксплуатации изделия.

Количество операции по разборке в процессе сборки изделия можно в значительной мере сократить, если наибольшие диаметральные размеры устанавливаемых сборочных единиц не будут превышать наименьших диаметральные размеров отверстий корпусных или смонтированных в них деталей. На рис.2.3 приведена технологичная конструкция изделия, в корпусе которого установлена сборочная единица в собранном виде [8].

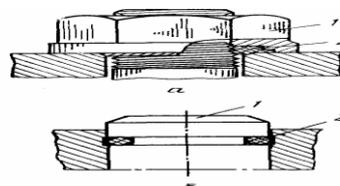
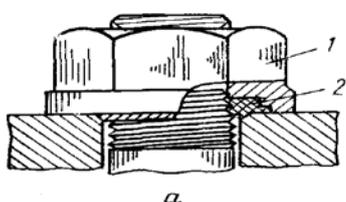


Рис. 1. Схемы установки уплотнения в специальных каналах гайки (а) и в канавке вала (б)

Рис. 2.1. Схемы установки уплотнения в специальных каналах гайки (а), и в канавке вала (б)

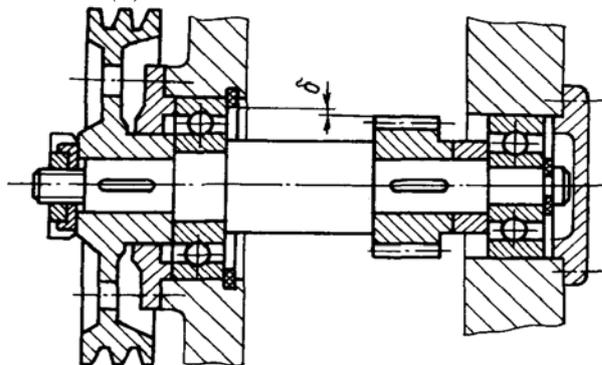
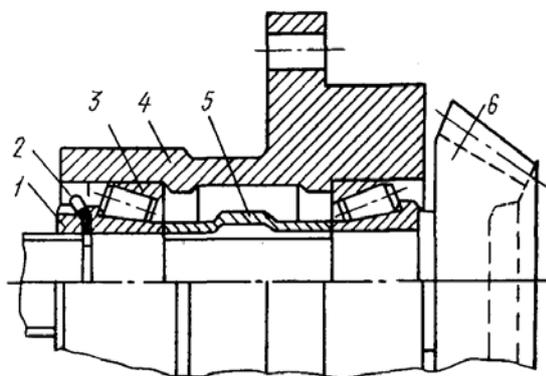


Рис. 2.2. Технологичная конструкция подшипниковых узлов в изделиях

Рис. 2.3. Изделие с установленной сборочной единицей в его корпусе

Повысить производительность и облегчить условия сборки изделий можно также за счет упрощения конструктивного исполнения сборочных единиц и сокращения количества деталей. Такой эффект, например, достигается при применении корпусных деталей из пластмасс с заливкой металлических элементов в форме или с запрессовкой их посредством ультразвука и т. п.

Сокращение числа крепежных деталей (винтов, штифтов и шпонок), а следовательно, и уменьшение трудоемкости изготовления изделий возможно за счет применения упругих крышек, втулок и пальцев.

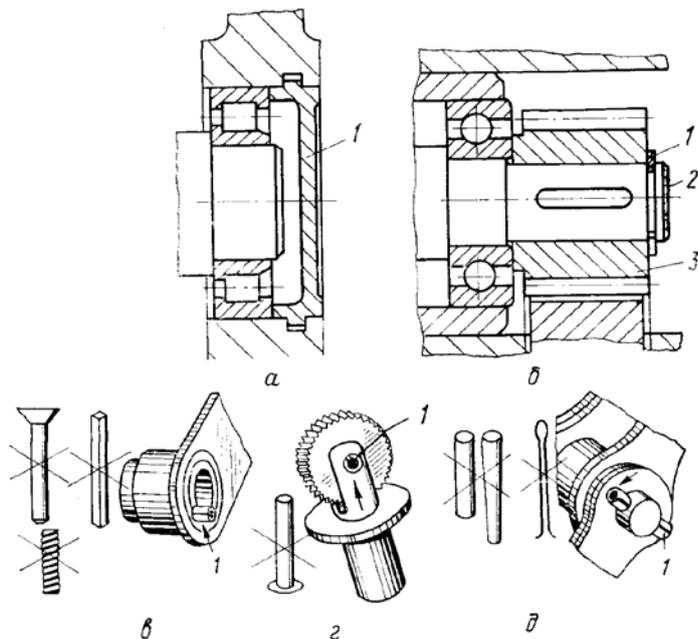


Рис. 2.4. Конструкция изделия с использованием упругих деталей:
а – упругой втулки; *б* – упорного кольца;
г, д – упругого пальца

В обычной конструкции прижимная крышка крепится к корпусу посредством винтов. При такой конструкции сборочной единицы необходимо просверлить отверстия и нарезать резьбу под винты в корпусе и тщательно обработать его торцовую поверхность под крышку. Кроме того, необходимо осуществить завинчивание и затяжку винтов. В усовершенствованной конструкции (рис. 2.4, а) для сборки достаточно установить только упругую крышку. При этом

значительно сокращаются затраты времени на изготовление деталей и сборку изделия, а отсутствие отверстий в корпусе под винты позволяет уменьшить толщину его стенок, что значительно экономит материальные средства.

Широко распространена схема закрепления деталей на валу посредством конического штифта и замкового кольца, фиксирующего штифт [6]. Для фиксации шестерни 3 и определенном положении обрабатывают по месту отверстие под штифт. В более технологичной конструкции соединения (рис. 2.4, б) шестерня 3 закреплена пружинным упорным кольцом 1, установленным в канавке цапфы вала 2. Такая конструкция соединения обеспечивает сокращение числа крепежных и других деталей в изделии и уменьшение трудоемкости его изготовления.

Аналогичный эффект достигается при замене пружинным упорным кольцом винта, гайки или шплинта с шайбой, а также при замене этих деталей упругими пальцами и втулками (рис. 2.4, в – д). Кроме того, для установки упругих пальцев и втулок не требуются отверстия высокой точности – достаточно обработка отверстия обычным сверлом.

Подобный эффект обеспечивают гофрированные кольца из нержавеющей пружинной стали [6]. Рифленая форма значительно повышает гибкость (рис. 2.5). Благодаря упругому сжатию рифлений и определенной форме кольца обеспечивается необходимое усилие закрепления детали в сборочной единице.

Рифления изготовляют методом накатки таким образом, чтобы по периферии образовывался кольцеобразный участок, служащий для регулирования направления усилия сжатия и обеспечения заданной жесткости кольца.

Кольца целесообразно устанавливать между подшипником и отверстием в корпусной детали, между посадочной ступенью вала 5 и отверстием в шкиве 6 или шестерни (см. рис. 2.5). Кольцо 1 используют при определенных диаметрах посадочной ступени вала, а кольцо 2 при определенном диаметре отверстия в корпусе. Кольца 3 и 4 применяют с роликоподшипниками, причем кольцо 4 используют преимущественно для установки крупных роликоподшипников

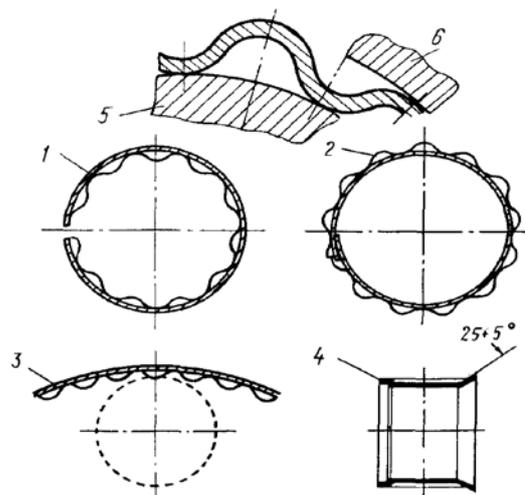


Рис. 2.5. Основные виды гофрированных колец

диаметром до 225 мм, монтируемых в корпусе, изготовленном из легких сплавов. Обычно гофрированное кольцо устанавливают между посадочными цилиндрическими поверхностями соединяемых деталей. Если во время работы оборудования предвидится значительная ударная нагрузка, то кольцо устанавливают в канавку на валу или в отверстии корпуса.

Пример применения гофрированного кольца при установке рычага и шарика приведен на рис. 2.6. Преимущества применения гофрированных колец: отпадает необходимость в нарезании резьбы, использовании штифта или контргайки, облегчается сборка, т. к. детали устанавливают простым нажатием; устраняется необходимость в механической обработке отверстия в шарике.

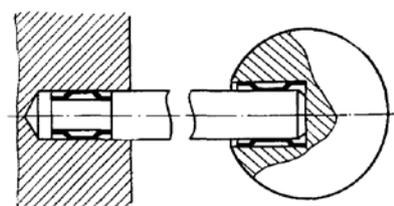


Рис. 2.6. Установка деталей с применением гофрированных колец

Гофрированные кольца могут применяться в предохранительной муфте с регулируемым предельным крутящим моментом, а также на валах электродвигателей в качестве муфт предельных моментов. Гофрированные кольца гасят возникающие при вращении вала вибрации и тем самым обеспечивают увеличение срока службы изделий.

Во всех рассмотренных случаях при использовании гофрированных колец допускаются довольно значительные колебания диаметральных размеров соединяемых изделий, обеспечиваются соединение и закрепление деталей по цилиндрическим поверхностям несмотря на то, что допуски на диаметры по-

садочной ступени вала и отверстия корпуса достаточно широки. Гофрированные кольца могут передавать значительные крутящие моменты при применении для установки на валах маховиков, шкивов, вентиляторов и других деталей, где в иных случаях потребовалось бы изготавливать шлицы или шпоночные канавки.

Гофрированные кольца могут также компенсировать тепловые деформации, например, в случае применения валов, работающих с переменной нагрузкой и различными скоростями, или подшипников и корпусов, изготовленных из разных материалов. Другое важное преимущество этих колец заключается в их способности амортизировать динамические нагрузки (толчки) и нейтрализовать воздействие вибраций. Их можно использовать также для скрепления деталей, не имеющих нагрузок на опору, как быстрое и эффективное средство для сборки.

Таким образом, собираемые изделия и все сборочные единицы должны содержать по возможности меньшее число деталей низкой точности, обеспечивающих сборку методом пригонки (рис.2.4 – 2.6).

Объединение деталей в ряде случаев позволяет полностью исключить необходимость выполнения некоторых сборочных операций, например соединение винта с шайбой (рис. 2.7, а) [8]. Например, если сделать на торце бурта винта специальные зубчики (рис. 2.7, б), то при затяжке винта они подожмутся к торцевой поверхности базовой детали и вызовут увеличение сил сопротивления отвинчиванию деталей. Величина этих сил примерно на 30 % больше сил трения, возникающих при затяжке резьбового соединения, имеющего шайбу. Таким образом исключается возможность их самопроизвольного отвинчивания под действием вибраций и случайных нагрузок. В других примерах исключить сборочные операции можно применением различных методов литья – заливки деталей эпоксидной смолой, расплавленным свинцом или сплавом цинка. После остывания и отрезки литниковой системы получают готовое изделие.

Если соединить винт или болт с шайбой по ряду причин не представляется возможным, то накатку резьбы на винте целесообразно осуществлять после установки шайбы на винт (рис. 2.7, а) [14].

Уменьшение числа крепежных деталей позволяет снизить затраты на изготовление изделий и увеличить производительность сборочной машины, т. к. установка таких деталей, как винты, болты, гайки, связана с необходимостью применения загрузочно-транспортных и сборочных устройств. Упростить сборочный процесс, повысить его производительность можно, используя методы, позволяющие пробивать отверстия и расклепывать гайку в сопряженной детали непосредственно при сборке (рис. 2.8, а, б). Применение винтов, осуществ-

ляющих сверление и нарезание резьбы (рис. 2.9, а), самонарезающих винтов, особенно с самотормозящими головками, дает существенные преимущества по сравнению со сборкой с помощью обычных резьбовых деталей. Для самонарезающих винтов не нужна предварительная нарезка резьбы, а иногда и подготовка отверстий.

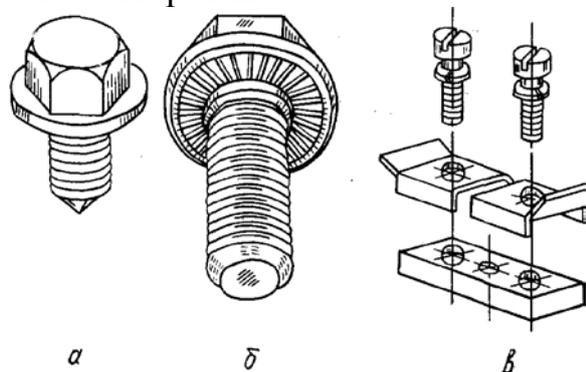


Рис. 2.7. Технологичная конструкция резьбовых деталей:
 а – винт с буртом; б – винт с зубчиками на торце бурта;
 в – винт с шайбой после накатки резьбы

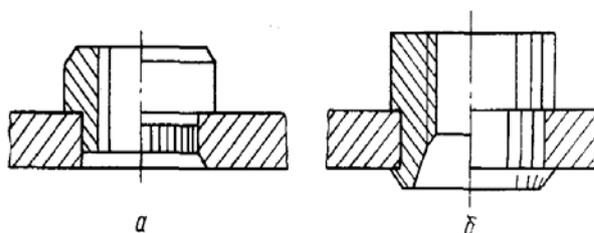


Рис. 2.8. Конструкция втулок:
 а – технологичная; б – нетехнологичная

Существуют два метода образования резьбы в отверстиях при ввинчивании самонарезающих винтов – резанием со снятием стружки и с пластическим деформированием резьбы в отверстия базовой детали. Для этой цели применяют винты с короткой заходной частью, имеющие резьбу с мелким шагом (рис. 2.9, б). Такие винты используют для ввинчивания в отверстия деталей из листовой стали с образованием в них резьбы. Недостатки этих винтов – нестабильность момента затяжки резьбового соединения и выжимание витков нарезанной резьбы.

Винты с усовершенствованной резьбой (малый шаг) имеют укороченную заходную часть (рис. 2.9, в) [6]. При образовании резьбы из-за большой поверхности контакта значительно увеличиваются силы и момент трения, вследствие чего воз-

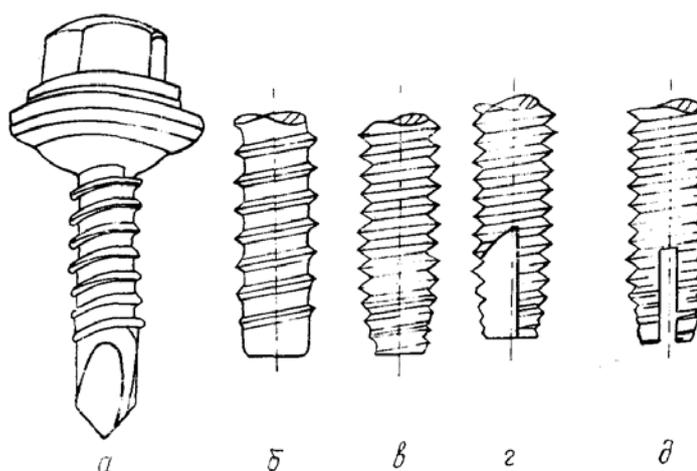


Рис. 2.9. Винт многофункционального назначения, осуществляющий сверление и накатку резьбы при сборке и уплотнение в процессе эксплуатации изделия (а) и накатку и нарезание резьбы (б–д)

можны поломки или возникновение трещин.

Винты с резьбой с продольными канавками (рис. 2.9, г, д) предназначены для образования резьб при ввинчивании в детали из хрупких материалов, например чугуна или терморезистивной пластмассы.

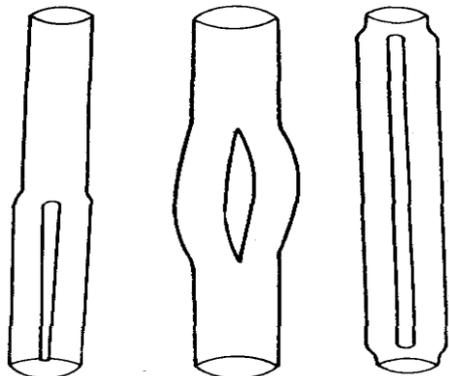


Рис. 10. Варианты исполнения штифтов с резьбой

Рис. 2.10. Варианты исполнения штифтов с прорезью

Если изделия в процессе эксплуатации не подвергаются разборке, то целесообразно применять специальные штифты с прорезями (рис. 2.10) [8]. Такие штифты вводятся в отверстия деталей с значительными зазорами, а в завершающий период сборочного процесса деформируются, создавая необходимый натяг соединений.

При конструировании изделий желательно, чтобы деталь наибольших размеров была базовой и выполняла функции сборочного приспособления. Каждая последующая деталь должна устанавливаться на

базовую сверху под действием силы тяжести либо с помощью рабочего инструмента, для чего в корпусной детали нужно предусмотреть достаточное пространство для осуществления запрессовки, установки деталей и выполнения других технологических операций.

Проектирование изделий с учетом требований к технологичности позволит в значительной степени снизить их себестоимость за счет уменьшения затрат на создание и эксплуатацию технологической оснастки и оборудования, а также повышения производительности. Дальнейшее снижение себестоимости изготовления изделий можно обеспечить улучшением технологичности деталей.

3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Конфигурация деталей собираемого изделия должна способствовать облегчению их базирования, транспортирования и соединения. Сопрягаемые поверхности должны иметь большие по размерам заходные фаски с малым углом. Фаски нужно предусматривать на базовых деталях, поскольку они используются для установки многих деталей изделия. Так, угол заходной фаски вала, предназначенного для запрессовки в металлическую деталь, должен быть $10 - 15^\circ$, а в пластмассовую деталь – 8° [6, 8].

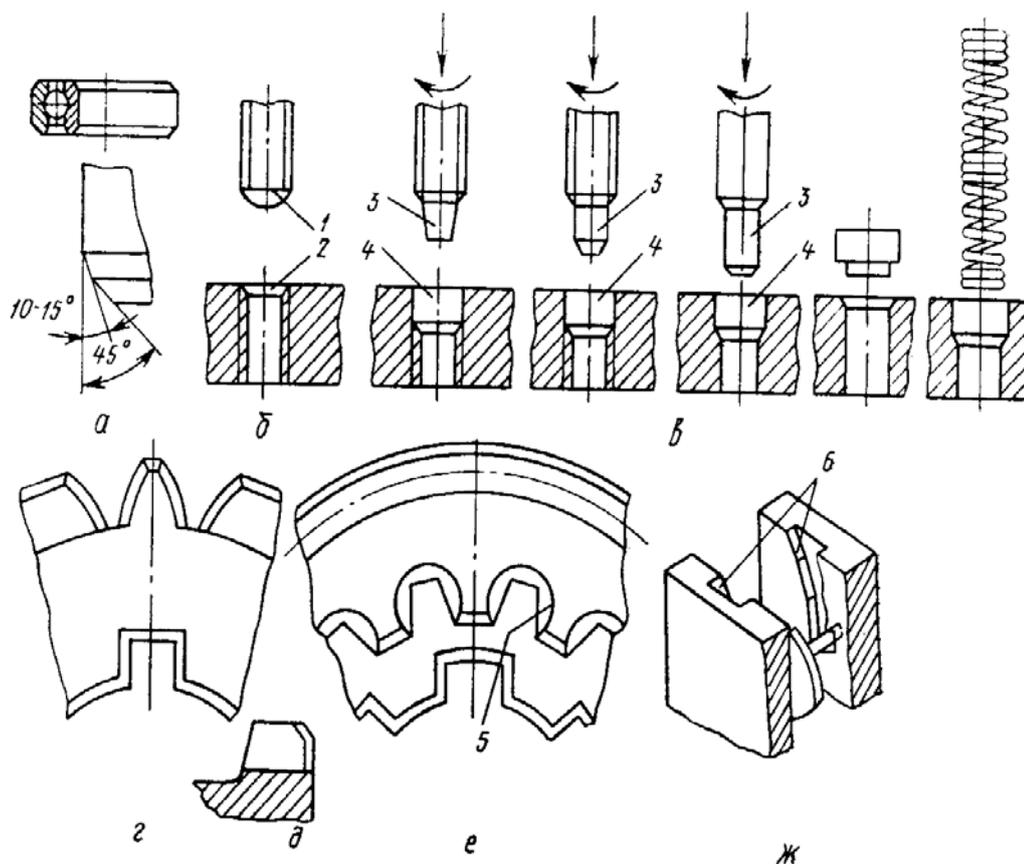


Рис. 3.1. Технологические конструкции соединяемых поверхностей деталей:
 а – со ступенчатыми заходными фасками на подшипниках;
 б – конструктивное выполнение направляющих элементов резьбовых деталей;
 в – конструктивное выполнение направляющих элементов присоединяемой
 и базовых деталей; г–е – заходные фаски на зубьях и шлицах;
 ж – направляющие пазы в корпусных деталях, на плоских деталях

На толстостенных втулках и кольцах либо сопрягаемых с ними с гарантированным натягом цилиндрических деталях заходные фаски желательно выполнять ступенчатыми (рис. 3.1, а): сначала с большим углом ($30 - 45^\circ$) для облегчения установки в отверстие корпуса или посадки их на вал, а затем с углом $10 - 15^\circ$ для уменьшения силы запрессовки и деформаций кольца или втулки.

Сложность соединения резьбовых деталей связана с необходимостью обеспечения винтового движения ввинчиваемой детали. Кроме того, некоторые резьбовые детали не могут быть полностью завинчены из-за завальцовки захода резьбы (особенно при завинчивании гаек). Количество брака можно снизить, если торцы винтов выполнять в виде участка сферы 1, а в сопряженных деталях предусмотреть заходные фаски 2 (рис. 3.1, б). Такая конструкция обеспечивает снижение времени сборки в среднем на 30 % и позволяет повысить производительность оборудования на 40 – 50 %.

Повысить производительность при установке пружин, соединении деталей с резьбовыми и цилиндрическими поверхностями сопряжения можно, если предусмотреть на валу направляющие (конические или цилиндрические) цапфы 3 и аналогичные по форме выточки 4 в корпусе, которые дают возможность базировать устанавливаемую деталь непосредственно по базовой детали и тем самым исключить влияние неточности технологической оснастки и оборудования на процесс их соединения (рис. 3.1, в).

Значительные трудности вызывает соединение шлицевых и шпоночных деталей, поэтому целесообразна их замена деталями с коническими посадочными поверхностями. При соединении деталей по коническим поверхностям в первоначальный момент они сопрягаются со значительным зазором, который облегчает процесс сборки, и только по мере их перемещения зазор выбирается и создается необходимый натяг. Вследствие этого при замене одного вида соединения на другое будет обеспечено его функциональное назначение – передача требуемого крутящего момента при работе изделия.

Если же изменение формы посадочной ступени невозможно, то по контуру шпоночного или шлицевого паза втулки должны быть предусмотрены заходные фаски достаточной большой ширины (1,5 – 2,0 мм), а на шпонке – скругления на торцах (рис. 3.1, г, е). Заходные фаски облегчают соединение деталей и сокращают затраты на его выполнение, т. к. сборка становится возможной даже при разности относительного углового положения деталей в несколько градусов.

Аналогичное явление имеет место при сборке шлицевых соединений. При отсутствии фасок по периметру шлицев или закруглений на торцах шлицевого вала разность относительного углового положения соединяемых деталей не должна быть больше нескольких минут. Обеспечить такую точность чрезвычайно трудно, а порой невозможно. С подобными трудностями приходится встречаться и при сборке зубчатых соединений.

Для облегчения сборки зубчатой передачи необходимо предусматривать скругления на торцах зубьев колеса с меньшим числом зубьев (рис. 3.1, г – е). При этом снижаются затраты на закругление зубьев. В ряде случаев на торцах зубьев колеса скругления выполняют для облегчения их сцепления при работе машины, аналогичные функции они будут выполнять при сборке. Такой же результат может быть достигнут, если воспользоваться полученными при зенковании углублениями 5 на колесах перед прошивкой зубьев (см. рис. 3.1, е).

Для установки присоединяемых деталей удобны разъемные корпусные и другие базовые детали, отверстия и пазы 6 в которых имеют значительную ширину в начальный период сборки соединения (рис. 3.1, ж) и требуемую по служебному назначению изделия в конечном положении. Для облегчения мон-

тажа всех присоединяемых деталей технологические базы корпуса должны обеспечивать удобство и высокую точность его установки (базирования и закрепления). Кроме того, эта деталь должна иметь низко расположенный центр тяжести для обеспечения устойчивости.

Путем лишь незначительных изменений деталей можно достигнуть существенных положительных результатов (рис. 3.2). При этом экономически оправданным будет облегчение выполнения одной или нескольких функций, или их устранение. Еще при конструировании изделия следует учитывать весь комплекс движений, который придется ему выполнять при сборке.

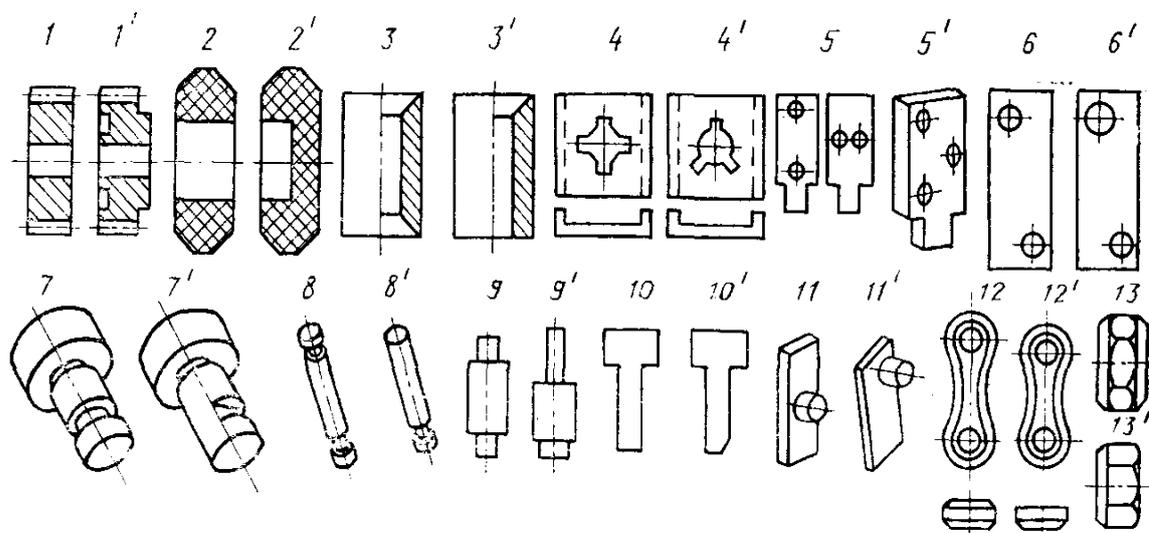


Рис. 3.2. Варианты изменения конструкции деталей для облегчения их ориентирования:

1-13 – технологичные конструкции; 1'-13' – нетехнологичные конструкции

Особенно важно осуществить усовершенствования конструкций соединяемых деталей, имеющих внутреннюю асимметричность. Основные направления их совершенствования для облегчения ориентации: обеспечение симметричности в плоскости, перпендикулярной к оси посадочной поверхности (2 – 5) детали, за счет исключения поднутрений, выступов, изготовления сквозных отверстий и снятия фасок с двух сторон. Для достижения симметричности деталей сложных форм в плоскости, перпендикулярной к их установочной базе, целесообразно изготовление дополнительных пазов, канавок и отверстий, изменения их размещения или размеров (4 – 6, 4' – 6'). Важно обеспечение симметричности детали и по наружному контуру, которая достигается вдоль оси вала путем замены лыски на канавку под винт крепления (7, 7'). Если на детали, имеющей ось симметрии, с одного конца будет выполнена канавка (шейка), то следует такую же канавку (шейку) изготовить и с другого конца детали (8, 9 – 8', 9'). Это обеспечит симметричность детали относительно плоскости, перпендикулярной к оси ее симметрии.

Не меньшее значение имеет симметричность для плоских деталей и деталей со сложным наружным контуром. Для деталей этой группы так же, как и для деталей с внутренней асимметричностью, необходимый эффект обеспечивается за счет снятия фасок с обеих сторон, изменения расположения выступов или устранения второстепенных, не имеющих функционального значения элементов (11 – 13, 11' – 13').

Поскольку детали на сборку поступают из загрузочно-транспортных устройств в строго ориентированном положении, они должны иметь как можно больше плоскостей симметрии, чтобы облегчить их ориентацию и транспортирование.

Детали, которые не могут быть выполнены симметричными, должны иметь резко выраженную асимметричность с тем, чтобы их можно было легко выбрать из общей массы, ориентировать (используя относительное смещение центра тяжести) и подавать из загрузочно-транспортных устройств. Кроме того,

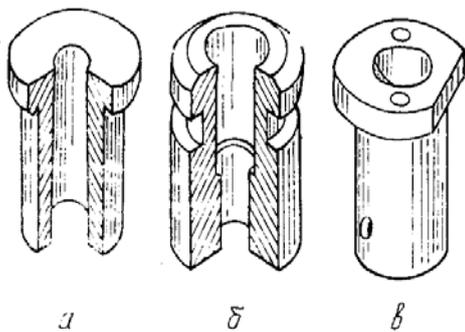


Рис. 3.3. Технологические конструкции деталей, способствующие их ориентации в загрузочно-транспортных устройствах

поддержание в заданном ориентированном положении деталей также облегчается, если они обладают значительной асимметричностью. Если же асимметричность по наружному контуру выражена недостаточно, то нужно усилить уже имеющиеся признаки асимметричности, в т. ч. путем изменения размеров, так, чтобы длина

деталей была значительно больше (или меньше) ее диаметра, а также за счет изготовления буртика (рис. 3.3, а), канавки (рис. 3.3, б) или снятия лыски (рис. 3.3, в). Соответствующие выступы и вырезы были предусмотрены для облегчения ориентации деталей с внутренней асимметричностью по их наружному контуру.

Асимметричные детали с головками легко поддаются ориентации и транспортированию при условии, что их длина, по крайней мере, на 10 % превышает диаметр стержня. Причем несоосность головки и стержня деталей должна быть незначительной, а заплечики головок не должны иметь галтелей. Кроме того, следует предусмотреть поясок на головке, с тем чтобы исключить заклинивание деталей в лотке.

Следует исключить возможность сцепления и заклинивания деталей друг с другом и в загрузочном устройстве. Для этого пружины должны иметь заправленные и шлифованные торцы. Желательно, чтобы расстояние между

двумя соседними витками пружины было меньше толщины проволоки либо чтобы пружина имела плотную навивку у торцов и в средней части (рис. 3.4, а). В пружинных шайбах, замковых и поршневых кольцах, втулках, получаемых из ленты, ширина замка должна быть меньше их толщины (рис. 3.4, б) либо замок должен выполняться в виде косого паза (рис. 3.4, в – д) или ступенчатым (см. рис. 3.4, в), чтобы одна деталь не могла сцепиться с другой. Необходимо предотвратить возможность западания одной детали в другую и их заклинивания. Поэтому детали в виде конических стаканчиков должны иметь на дне выступы (рис. 3.4, е, ж), которые исключают их случайное заклинивание. Аналогичный эффект можно обеспечить, если выполнить деталь в виде цилиндра с диаметральными размерами наружных поверхностей, превышающими размеры отверстий (рис. 3.4, з). Размеры пазов в деталях, наоборот, должны быть значительно больше размеров выступов (см. рис. 3.4, е).

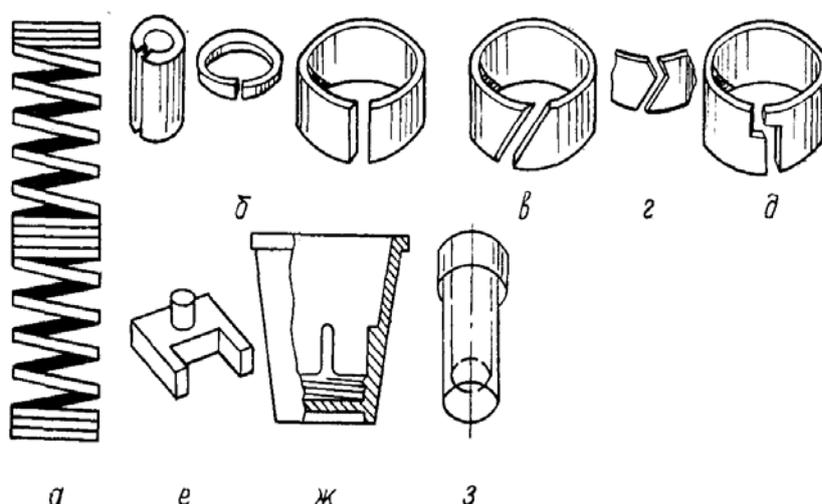


Рис. 3.4. Технологические конструкции деталей, исключающие их сцепление в загрузочно-транспортных устройствах

Радиусы кривизны деталей с внутренними криволинейными поверхностями должны быть больше, чем с наружными.

Для облегчения ориентации и транспортирования желательно, чтобы детали имели значительный по величине торец (установочную базу), лишаящий их трех степеней подвижности, и двойную опорную базу по поверхностям вращения, лишаящую детали двух степеней подвижности. Недостаток таких деталей при их малой толщине (меньше 0,2 мм) – возможность заклинивания и слипания в транспортном лотке.

Необходимость межоперационного транспортирования деталей возникает очень часто. При этом может оказаться, что перемещение деталей будет самостоятельным либо составной частью других переходов (например, ориентации детали) сборочного процесса. В этих случаях важно, чтобы детали облада-

ли определенными свойствами и отвечали определенным требованиям. Так, расстояние между деталями при их транспортировании должно быть вполне определенным. Часто оказывается достаточным небольшое изменение детали, чтобы улучшить качество ее скольжения или качения при движении.

Основные варианты изменения конструкции деталей с целью обеспечения их надежного транспортирования показаны на рис. 3.5.

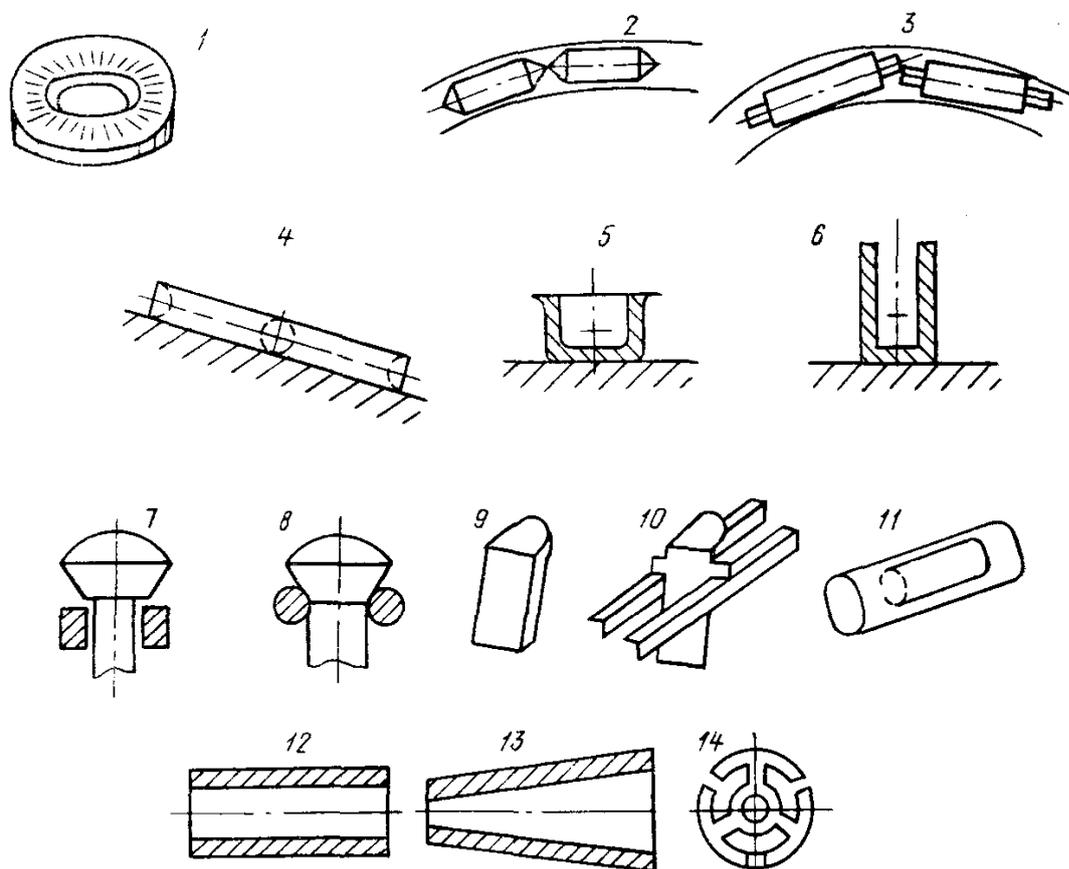


Рис. 3.5. Варианты изменения конструкции деталей для обеспечения их надежного транспортирования

Шайбы с рифленой опорной поверхностью 1 перемещать проще, чем с гладкой поверхностью. Замена цилиндрических цапф у деталей на заостренные 2, 3 резко снижает возможность их заклинивания в процессе транспортирования, однако не исключает возможности потери ими ориентации в лотке, поэтому целесообразно на торцах деталей иметь поднутрения 4. При этом нужно обеспечить за счет изменения конструкции деталей такое положение центра тяжести, при котором будет благоприятно их транспортирование. Нужный эффект достигается за счет изменения соотношения размеров деталей 5, 6 (высоты и диаметра), выполнения опорной поверхности детали 5 больших размеров для повышения устойчивости.

Улучшение скольжения деталей можно обеспечить за счет изготовления опорных поверхностей 7, 8 и выступов 9, 10, а улучшение качения путем нане-

сения знаков на заглабленную поверхность детали 11 и выполнения детали в виде цилиндра 12 вместо конуса 13. Скорость качения детали выше скорости скольжения, поэтому для увеличения скорости транспортирования деталям следует изменить форму 14. Если невозможно изменить или разработать конструкцию деталей, отвечающих перечисленным требованиям (например, плоские пружины, шайбы, прокладки, вырубаемые из рулонного материала, винты), рекомендуется оставлять перемишки между этими деталями и устанавливать их в виде полос или стержней в сборочное устройство, где они будут поштучно отделяться непосредственно перед сборкой (рис. 3.6). Возможно также изготовление деталей на сборочном оборудовании.

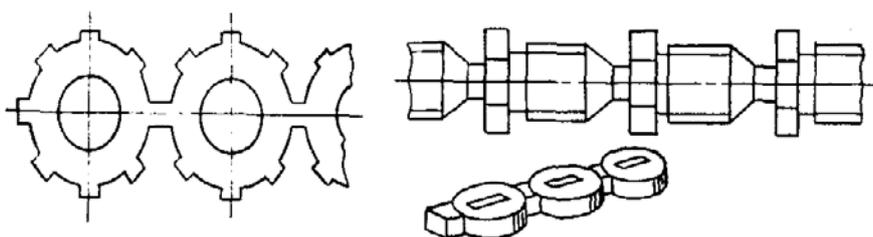


Рис. 3.6. Усовершенствованные конструкции присоединяемых деталей для подачи на сборку

Все детали, поступающие на сборку, должны строго соответствовать установленным допускам на размеры, форму, относительное положение и шероховатость их поверхностей. Детали не должны иметь заусенцев, задиров, забоин даже на неответственных поверхностях, они должны быть чистыми – обезжиренными, промытыми и сухими.

Совершенствование и проектирование изделий и деталей с учетом требований автоматической сборки способствует сокращению затрат на изготовление и эксплуатацию автоматического сборочного оборудования, повышению его производительности, а также снижению себестоимости выполнения работ при сборке изделий и изготовлении деталей.

4. ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ И СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ

Конструктивно изделие может иметь разное исполнение с использованием различных материалов для соединяемых деталей.

В изделии можно применять различные крепежные соединения. Правильный их выбор с учетом стоимости деталей и себестоимости их автоматической установки имеет большое значение. Так, два стальных листа можно соединить четырьмя различными резьбовыми комплектами деталей. При исполь-

зовании пневматических винто- и гайковертов себестоимость изготовления каждого отверстия в двух листах составит 1,13 р., себестоимость выполнения сборочных работ по навинчиванию гайки М4 – 1,28 р. и установки болта М4×10 – 2,48 р., себестоимость всего болтового соединения – 4,9 р.

Себестоимость винтового соединения деталей – 3,64 р., в т. ч. затраты на ввинчивание винта М4×10 – 2,48 р., себестоимость самонарезающего винта М4×10 и затраты по его установке – 2,48 р. Себестоимость резьбового комплекта деталей – 3,05 р.

Возможно закрепление листов четырьмя заклепками, устанавливаемыми пневматической головкой в ранее просверленные отверстия (себестоимость 1,13 р.). Стоимость одной заклепки с головкой и затраты по ее установке – 8,65 – 10 р. Общие расходы на одну такую заклепку – 9,8 – 11,1 р.

При применении потайных заклепок (стоимость каждой из которых с установкой в ранее просверленное отверстие 10,5 – 11,83 р.) общие расходы составляют 11,63 – 12,96 р.

Себестоимость взрывных заклепок – 4,8 р., в т. ч. затраты на заклепку и ее установку – 3,38 р.

Приведенные данные показывают, что наиболее предпочтительным вариантом является использование для крепления листов четырех винтов.

В последние годы велико влияние стоимости материалов деталей на себестоимость изделий машиностроения и приборостроения. Многие материалы стали дефицитными. Это вынуждает особенно тщательно производить выбор материала деталей или осуществлять замену его на более дешевый и менее дефицитный материал. Например, медь заменяется алюминием, увеличивается применение легких сплавов, сталей специальных марок и проката специальных профилей, а также пластмасс.

Обычные малоуглеродистые стали заменяют легкими и более дешевыми материалами – пластмассами, алюминиевыми сплавами. Целесообразно внедрение прочных низколегированных сталей и керамических материалов на основе кремния.

Рассмотренные мероприятия в совокупности с типизацией, унификацией, нормализацией и стандартизацией деталей, сборочных единиц и изделий в целом обеспечат значительную экономию материальных средств при автоматизации сборки изделий. Например, в компании Imbert (Германия) термореключатели сначала изготавливали из штампованных контактных пластин, которые затем подвергали гибке и электропокрытию [1]. При такой конструкции невозможно автоматическое ориентирование пластин.

Изготовление пластин из ленты с покрытием позволило автоматизировать набор комплекта из 1 000 деталей в магазин и их подачу. При этом, одна-

ко, стоимость 1 000 пластин увеличилась с 22 до 26,1 евро. При объеме выпуска 16 000 термореле в день (1 000 изделий в час) и 220 рабочих дней в году дополнительные затраты на изготовление пластин составили 43 296 евро. Однако эти затраты окупаются за счет сокращения шести операторов-сборщиков, ранее занятых укладкой пластин, заработная плата каждого из которых в год составила около 40 тыс. евро. Следовательно, общая годовая экономия составила около 200 тыс. евро.

При автоматизации сборки термостата ось заменена отштампованными заодно с рычагом выступами, что позволило сократить затраты на производство на 20 %.

Аналогично была решена задача улучшения конструкции сборочной единицы, представленной на рис. 4.1, а. В первоначальном варианте конструкции 1 было восемь деталей (два ушка 5, пластинчатый контакт 6, две изоляционные втулки 7, опорная пластина 8, две шайбы 9), а в улучшенной технологической конструкции 2 – две детали (пластинчатый контакт 4 и опорная пластина 10), причем их закрепление осуществляется посредством выступов 3 (рис. 4.1, б).

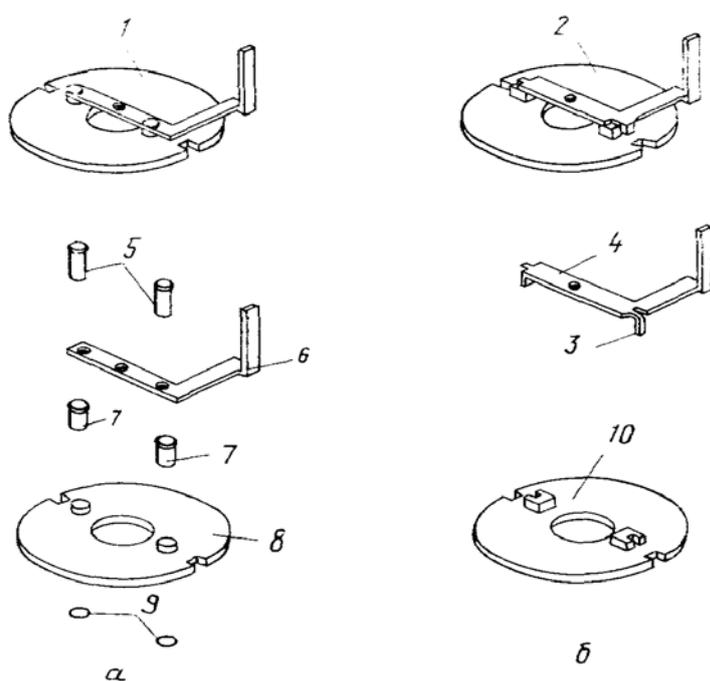


Рис. 4.1. Примеры усовершенствования сборочных единиц:
а – нетехнологичная; б – технологичная

Еще один пример – автоматизация сборки пакетных переключателей. Существующая конструкция позволяла автоматизировать их сборку всего на 15 %. В измененной конструкции пакетного переключателя содержится 17 деталей вместо 35. Стоимость комплекта деталей снижена с 1,21 до 1,07 евро. Следовательно, уменьшение числа деталей более чем в 2 раза позволило уменьшить стоимость всего переключателя на 12 %. Это объясняется тем, что для

автоматической сборки изделий потребовалось повысить качество соединяемых деталей и их материалов. Однако стоимость автоматической сборки пакетного переключателя сократилась с 1,33 до 0,28 евро., т. е. на 80 %. Суммарная станкочасовая стоимость снизилась с 2,6 до 0,17 мин. Экономия, полученная за счет

снижения перечисленных выше затрат, была потрачена на приобретение автоматической сборочной машины. Работая с коэффициентом загрузки 0,84, эта машина при такте 1,73 с обеспечила выпуск 1 750 пакетных переключателей в час.

Унификация, нормализация и стандартизация деталей и других сборочных единиц позволяют уменьшить номенклатуру их типов и типоразмеров, что способствует сокращению сроков подготовки и осуществлению производства.

При проведении унификации следует учитывать не только служебное назначение и эксплуатационные свойства конструкции изделий, но и их технологичность и рентабельность изготовления.

Работа по унификации должна проводиться исходя из основных положений о конструктивной и технологической преемственности. Это является базой для создания нормализованных рядов и унификации деталей и других сборочных единиц, способствует типизации сборочных процессов и технологической оснастки. Повышение серийности благодаря унификации деталей и сборочных единиц служит основой для нормализации, стандартизации и унификации прогрессивных сборочных и транспортных устройств.

Унификация деталей и конструктивных элементов позволяет создать универсальное и легко переналаживаемое сборочное оборудование, пригодное для автоматизации сборки ряда изделий.

Приведенные выше рекомендации позволяют уже на предпроектной стадии, предшествующей разработке технологического процесса сборки изделий и создания автоматической сборочной машины, наметить мероприятия по повышению технологичности и экономичности их производства.

Технологичность и экономичность изделий следует рассматривать комплексно с учетом технологии изготовления соединяемых деталей, их сборки и контроля, т. е. оценивать выбранные варианты изделия по их трудоемкости и себестоимости в целом.

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Эффективность автоматизации сборки изделий может быть обеспечена только при тщательной разработке технологии их производства, которая в значительной степени определяет качество изделий и их себестоимость.

Технология сборки изделий предполагает определенную рациональную последовательность установки деталей в изделие.

Последовательность установки деталей в изделие, заложенная конструктором, на практике зачастую нарушается из-за трудностей технологического характера. Так, на последовательность выполнения сборки значительное влия-

ние оказывают выбранные методы достижения точности замыкающих звеньев размерных цепей изделия. Если качество изделия обеспечивается методами полной или групповой взаимозаменяемости, то последовательность его сборки может быть любой (в соответствии с расположением деталей на валах или других базовых деталях), лишь бы только не потребовалась разборка изделия вследствие неблагоприятного соотношения размеров устанавливаемых деталей, от конструкции которых зависит также направление их перемещения при сборке.

При применении методов неполной взаимозаменяемости, пригонки и регулирования определяющим фактором при выборе варианта последовательности установки деталей в изделие служит минимальный объем разборочно-сборочных, пригоночных и регулировочных работ.

Если в процессе сборки применяют метод пригонки в малозвенных (три-четыре звена) размерных цепях, то стружка не должна попадать в подшипники, манжеты и другие детали собираемого изделия. При использовании методов пригонки и регулирования с применением специальных подвижных и неподвижных компенсаторов для достижения точности замыкающих звеньев изделий вначале необходимо установить все детали, входящие в эти размерные цепи, а потом компенсатор, который может фиксироваться крепежными элементами и крышками.

Для изделий высокой точности, сборка которых должна осуществляться методами неполной взаимозаменяемости, пригонки или регулировки с изменением положения деталей, сначала следует устанавливать детали той размерной цепи, с помощью которой решается наиболее ответственная задача. Такой задачей обычно является обеспечение относительных поворотов исполнительных поверхностей деталей изделия. Далее независимо от назначения изделия следует устанавливать те сборочные единицы и детали, относительные повороты поверхностей и размеры которых являются общими звеньями, принадлежащими наибольшему числу размерных цепей. Для двухступенчатых редукторов – это средний (промежуточный) вал, воспринимающий и передающий крутящий момент наибольшему числу других валов редуктора. Затем следует перейти к установке тех сборочных единиц и деталей, относительные повороты поверхностей и размеры которых являются общими звеньями, принадлежащими к постепенно уменьшающемуся числу размерных цепей. Заканчивается сборка изделия обычно установкой крышек, маслоуказателей, затяжкой винтов крепления и ввинчиванием сливных пробок.

Обычно вариантов последовательности сборки изделий немного. Предпочтение следует отдать тому варианту, использование которого обеспечивает общую последовательность сборки при серийном производстве изделий всех

типоразмеров и позволяет устанавливать резьбовые, пружинные детали, а также детали с малым зазором в соединении (меньше 0,03 мм). Это снизит простои сборочной системы и повысит коэффициент ее использования.

Целесообразно по возможности в первую очередь устанавливать сборочные единицы, содержащие наименьшее число деталей, а затем единицы с постепенным нарастанием числа деталей, и лишь в крайнем случае, наоборот.

При сборке изделий машиностроения приходится встречаться с большим разнообразием соединений: конических, цилиндрических с зазором и натягом, резьбовых, шпоночных, шлицевых и других со сложной конфигурацией посадочных поверхностей, а также зубчатых и других передач. В ряде соединений необходимы операции закрепления, поэтому следует включать гибочные операции, развальцовку и клепку. Иногда необходимо кантование собираемых изделий и их смазка.

Первой операцией технологического процесса, как правило, является установка базовой детали, которая определяет относительное положение других деталей собираемого изделия.

Установка базовой детали в приспособление (включая её транспортирование от загрузочного устройства к базирующему) возможна с использованием исполнительных органов промышленного робота (ПР) и манипулятора.

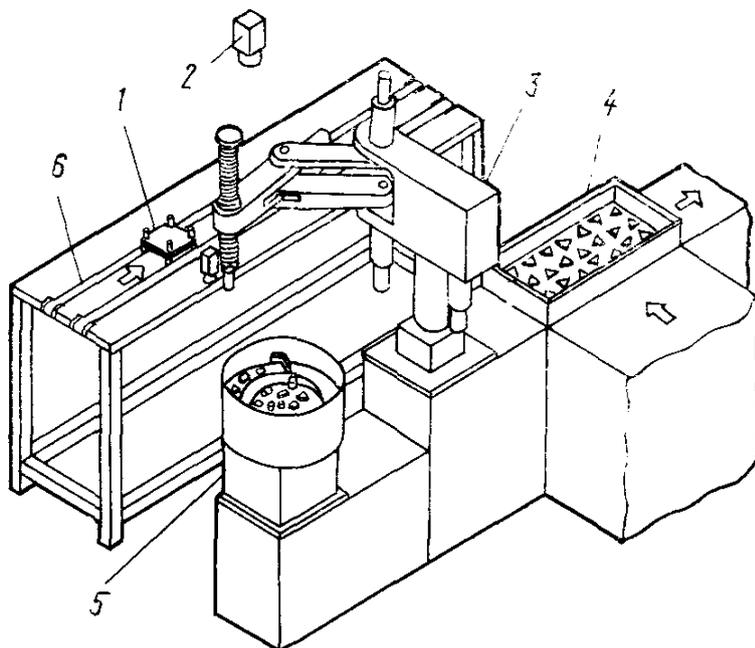


Рис. 5.1. Сборочная позиция:

*1 – приспособление-спутник; 2 – телевизионные камеры; 3 – ПР;
4 – кассета-магазин; 5 – вибробункер; 6 – конвейер*

Роботы применяют при серийном и массовом производстве для установки базовой и присоединяемых деталей, если их монтаж должен осуществляться в разные места собираемых объектов или их подача производится из раз-

личных мест загрузочных устройств (рис. 5.1), и потому требуется сложная переменная траектория движения. В иных случаях целесообразно использовать значительно более простые, надежные (наработка на отказ 10 000 ч), долговечные и дешевые манипуляторы.

Установку базовой детали 1 на базирующие устройства приспособления 2 сборочной машины обычно осуществляют поступательным движением в аксиальном (рис. 5.2, *а*), радиальном (рис. 5.2, *б*) или тангенциальном (рис. 5.2, *в*) направлениях. Крупные базовые детали 1 обычно поступают из кассетных магазинов, а мелкие – из вибробункеров (рис. 5.2, *г*). Их подачу к месту сборки осуществляют гравитационные лотки и вибрлотки 3 либо непосредственно манипуляторы 5 или ПР. Поэтому для переноса детали к месту сборки из лотка или кассетного магазина нужно помимо выполняемого с высокой точностью поступательного сборочного движения совершить еще, по крайней мере, одно поступательное транспортное движение для подъема их из загрузочного устройства 3 и одно поступательное или вращательное движение для переноса к месту установки. Вращательное движение, как правило, совершается в горизонтальной или вертикальной плоскости (рис. 5.2, *д*, *е*). Рука 4 манипулятора подходит к базовой детали 1, размещенной в вибрлотке 3, захватывает ее, поднимает и поворачивает на заданный угол (рис. 5.2, *ж*) до тех пор, пока основные базовые поверхности детали не совпадут с исполнительными поверхностями базирующих устройств приспособления 2, и только затем устанавливается базовая деталь 1 (рис. 5.2, *з*).

Следует отметить, что в зависимости от требуемого положения оси посадочных поверхностей базовые детали могут занимать в приспособлениях различные положения. Однако всегда желательно, чтобы открытая для присоединяемых деталей сторона базовой корпусной детали размещалась сверху. Корпусную деталь чаще всего базируют по отверстиям (направляющая и опорная базы) либо отверстию (опорная база) и плоскости, используемой для базирования этой сборочной единицы в изделии. Эта плоскость корпусов (установочная база) должна занимать в процессе сборки горизонтальное положение, с тем чтобы оси посадочных поверхностей корпуса по возможности занимали вертикальное положение и обеспечивали установку деталей сверху вниз. К такой схеме базирования вынуждены прибегать в том случае, когда выполняется запрессовка деталей и другие операции, сопровождающиеся большими осевыми рабочими нагрузками, действующими перпендикулярно к установочной базе корпусной детали.

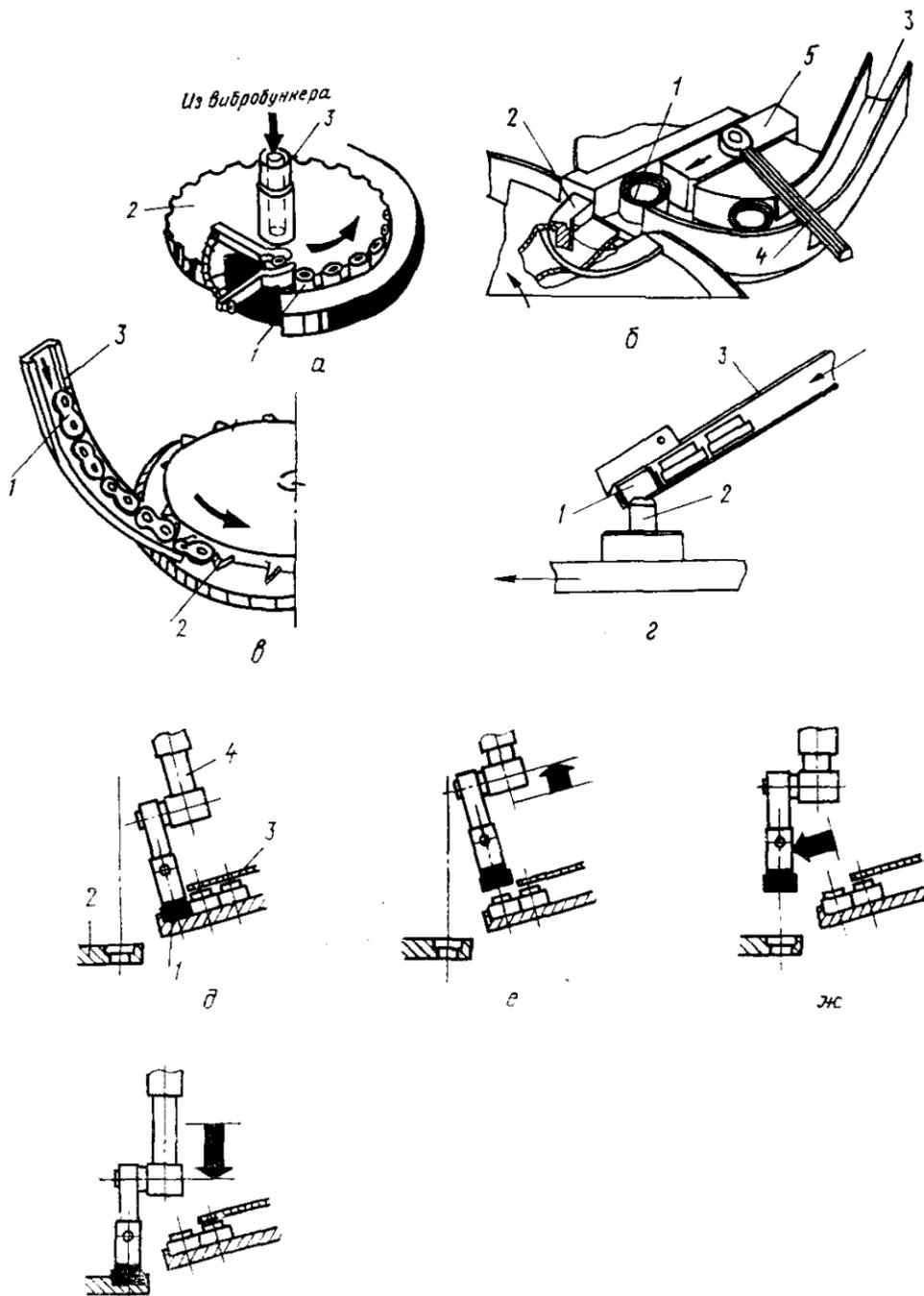


Рис. 5.2. Методы установки деталей

К принципиальной схеме базирования – по установочной базе (торцу) – по той же причине вынуждены прибегать и тогда, когда в качестве базовой детали используется вал, который целесообразно базировать вертикально для установки детали сверху вниз. Это обеспечит совпадение направления силы тяжести устанавливаемой детали с направлением ее движения. Если больших рабочих нагрузок не ожидается, то вал целесообразно базировать в приспособлении по двойной направляющей и опорным базам, т. к. достижение точности совпадения осей посадочных поверхностей в приспособлении и устанавливаем-

мой детали облегчится, поскольку базирование детали будет осуществляться только по одной поверхности вращения.

При установке базовых деталей, соединении всех последующих деталей сборочной единицы необходимо обеспечить совмещение двух координатных систем, принадлежащих устанавливаемой детали и исполнительным поверхностям базирующих устройств приспособления, либо ранее установленным деталям. Для этого прежде всего необходимо выяснить те конкретные задачи, которые придется решать при сборке каждого соединения деталей, входящих в изделие, для чего следует выяснить, исходя из служебного назначения изделия, схемы базирования деталей в соединении. Шесть опорных точек, определяющих относительное положение деталей в соединении, в зависимости от конфигурации и размеров их посадочных поверхностей и действующих рабочих нагрузок могут располагаться различным образом. Однако для соединения деталей нужно совместить координатные оси посадочных поверхностей устанавливаемой детали и опор приспособления или соответственно соединяемых поверхностей вала и втулки собираемого изделия. Кроме того, необходимо обеспечить определенное относительное осевое положение соединяемых деталей, а иногда и их относительное угловое положение в сечении, перпендикулярном к охватывающей поверхности втулки или оси охватываемой поверхности вала.

Большие трудности обычно возникают при установке деталей в собираемые изделия, чем при ее базировании в приспособлении, поскольку в последнем случае можно облегчить ее установку путем изготовления фасок и других направляющих элементов на технологической оснастке. Поэтому большего внимания требует процесс соединения деталей в собираемый объект.

Из общего числа деталей в изделиях примерно 30 – 40 % приходится на соединения с зазором, 10 – 19,3 % – на прессовые соединения и 20 – 32 % – на резьбовые.

Любые автоматические средства могут работать, если в первоначальный момент сборки детали соединяются с зазором, который образуется благодаря наличию заходных фасок и выточек у этих деталей. Далее детали должны занимать положение, требуемое по их служебному назначению. Достигнуть этого можно при использовании различных исполнительных устройств (например, ПР или манипуляторов), которые могут соединять детали с зазором по коническим и цилиндрическим поверхностям. При использовании гайковертов возможно также свинчивание деталей. В остальных случаях ПР выполняют только транспортные функции.

Применение сборочных ПР ограничено из-за невозможности создания значительных осевых сборочных сил – рабочих нагрузок, необходимых для

запрессовки деталей, кроме того, они дороги и малонадежны. Сборочный ПР эффективен и рентабелен в том случае, если обеспечивается высвобождение трех – пяти рабочих, время простоя ПР не превышает 20 %, собираемые изделия средней сложности содержат 4 – 10 деталей, а такт работы ПР составляет 5 – 15 с. Но поскольку сборочные ПР в настоящее время используют, как правило, для сборки изделия одного типа, то ПР уступают сборочному автомату по окупаемости в 1,5 раза, по производительности в 3 раза (из-за сложной траектории движения и низкой скорости), себестоимости в 3 раза, а по занимаемой площади в 2 раза. Поэтому важно определить область использования для автоматической сборки сборочных ПР и манипуляторов, стоимость которых значительно ниже. Манипуляторы традиционно применяют, для массового производства в автоматических сборочных машинах, построенных из типовых нормализованных узлов. ПР нужны там, где совершаются движения по сложной переменной траектории, необходимой для захвата присоединяемой детали из магазина, кассеты или иной емкости и ее перемещения к месту установки в собираемый объект.

Переменная траектория транспортирования требуется тогда, когда готовые изделия укладывают в многорядную тару или присоединяемые детали берут из разных мест при подаче их из кассет-магазинов и с движущегося конвейера. Для упрощения ПР целесообразно его сборочные и транспортные функции разделить: сборочные функции должен выполнять робот с малым числом степеней подвижности, а транспортные – транспортное устройство. При выполнении всех технологических переходов целесообразно использовать более дешевые манипуляторы, работающие по жесткой программе.

Следует отметить, что нередко можно преобразовать сложную переменную траекторию движения в простую с постоянным местом захвата присоединяемой детали.



Рис. 5.3. Схемы подачи деталей из кассет магазинов с помощью ПР (а) и манипулятора (б)

При движущемся конвейере любую деталь можно ориентировать в нужное положение с помощью упоров. Это позволит обеспечить захват детали манипулятором из одного постоянного места.

Аналогичный эффект достигается при подаче деталей из кассеты-магазина с помощью ПР (рис. 5.3, а) или манипулятора (рис. 5.3, б). Для облегчения захвата детали 3 при невысокой точно-

сти манипулятора целесообразно использовать захватные устройства 1 с направляющими ловителями 2 (рис. 5.4) [6].

Детали из однорядных кассет-магазинов можно подавать манипулятором, действующим от кулачка, число выступов которого равно числу деталей в ряду (рис. 5.5). При многорядных кассетах-магазинах с ячейками для деталей целесообразно перемещать последние на очередной ряд (шаг) с помощью координатного стола. Тогда для захвата и транспортирования деталей можно использовать манипулятор. Стоимость координатного стола и манипулятора меньше стоимости ПР, имеющего столько же степеней подвижности и повышенную точность перемещения по всем направлениям. Для транспортирования и установки кассет-магазинов высокая точность не нужна. Обычно для 80 % деталей точность обеспечивается двух- и трехпальными или призматическими захватными устройствами. Если же положение объекта изменяется в пределах 2 – 3 мм, то захватное устройство целесообразно оснастить направляющими – ловителями деталей.

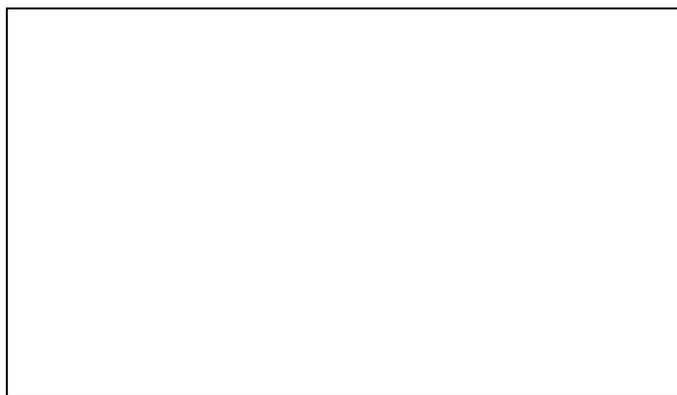


Рис. 5.4. Захватное устройство с ловителем

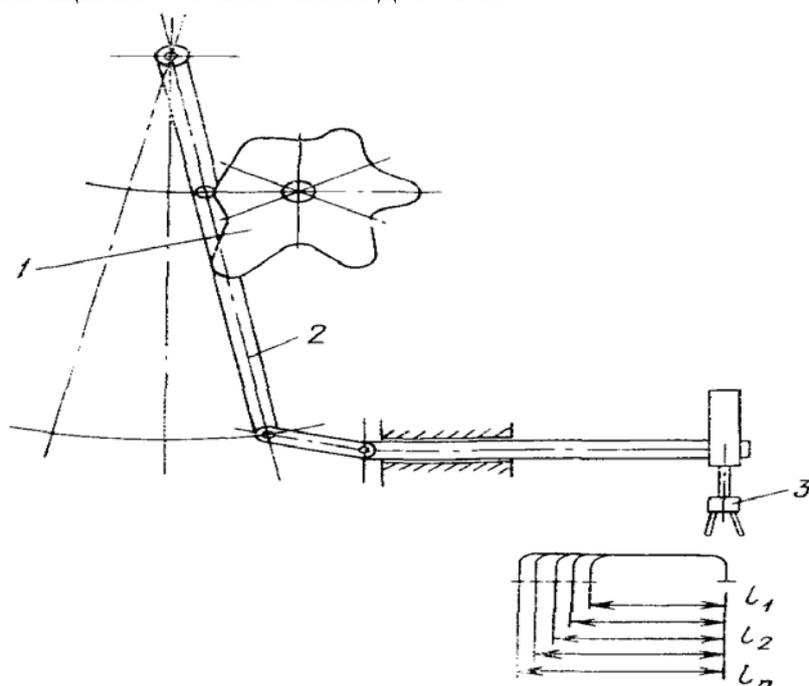


Рис. 5.5. Манипулятор для последовательной установки деталей в ряд:

1 – вращающийся кулачок; 2 – рычаги манипулятора;
3 – захватное устройство; l_1, l_2, \dots, l_n – перемещения

При подаче деталей из лотков универсальность загрузочно-транспортных средств достигается благодаря применению на выходе из лотков упругих отсекателей, образующих призму, обеспечивающую центрирование и размещение по плоскости симметрии лотка присоединяемой детали любой конфигурации. Детали простой конфигурации и малых размеров целесообразно ориентировать в вибробункерах.

При подаче ряда деталей лотковыми загрузочно-транспортными средствами каждую из них выдают из соответствующего гравитационного лотка последовательно в один угол, что позволяет захватывать детали из одного места. Если же изделия или сборочные единицы собираются из разных, соосно расположенных деталей, то возможна их установка в одном и том же месте. При этом следует стремиться к тому, чтобы и траектория движения присоединяемых деталей была одна и та же. Если устанавливаемые детали транспортируются по постоянной траектории, то собирать их можно манипуляторами.

Сборочный робот целесообразно использовать только для установки в изделия одинаковых и конструктивно подобных деталей. Захватные устройства для выполнения сборочных процессов заменять нецелесообразно, т. к. затраты времени на замену велики (около 6 – 12 с и редко ~ 2 с для малых деталей).

Изделия при укладке в тару легко захватывать из одной и той же точки двух-, трехпальными и призматическими захватными устройствами, в т. ч. оснащенными направляющими – ловителями а также вильчатыми захватами, если изделия снимаются вместе с приспособлениями-спутниками.

Если тара не имеет перегородок, то изделия можно устанавливать в одно и то же место транспортным манипулятором; если используется тара с ячейками, то необходим манипулятор, имеющий сложный рабочий цикл (см. рис. 22) или оснащенный захватным устройством, рассчитанным на одновременную установку всех деталей ряда, а при многорядной таре необходимо еще и технологическое устройство для перемещения ее на шаг.

Укладка изделия в тару облегчается при наличии в гнездах тары заходных фасок и направляющих конусов.

Установка присоединяемой детали по цилиндрическим посадочным поверхностям (рис. 5.6) производится в вертикальном (рис. 5.6, а, б, в), горизонтальном (рис. 5.6, г, д) и наклонном (рис. 5.6, ж) положениях. Присоединяемую деталь 1 устанавливают в базовую корпусную деталь 4 из вертикального магазина 3 шибером 2, периодически совершающим возвратно-поступательные движения. Одновременно шибер 2 служит отсекателем потока деталей 1 и поштучной их выдачи. Деталь 1 устанавливают в собираемое изделие пуансоном 8 пресса, одновременно выполняют контроль ее наличия и закрепление на пуансоне 8 тремя ограничительными стержнями 10 и тремя ша-

риками 9, которые могут перемещаться в радиальном направлении под действием роликов 7 от толкателя 5. При движении пуансона 8 сверху вниз отжимаются три подпружиненных шарика 6, ограничивающих самопроизвольное выпадение детали 1. После ее установки в базовую корпусную деталь 4 сначала отходит толкатель 5, перемещаются в радиальном направлении к его оси подпружиненные ограничители 10, удерживавшие ее при перемещении пуансона 8 вниз, а далее в радиальном направлении отходят шарики 9 и ролики 7, а затем и пуансон 8 для подачи шибера 2 очередной детали 1.

При горизонтальном расположении присоединяемой детали 1 в магазине 3 их поштучная выдача производится посредством шибера 2 или с помощью различных отсекателей. Доставку к месту сборки деталей 1 часто осуществляют лотковыми устройствами 3 (рис. 5.6, е, ж). Применяют самые разнообразные захватные устройства: электромагнитные (см. рис. 5.6, з), цанговые 13 (рис. 5.6, и), упругие 12 (см. рис. 5.6, ж) и другие.

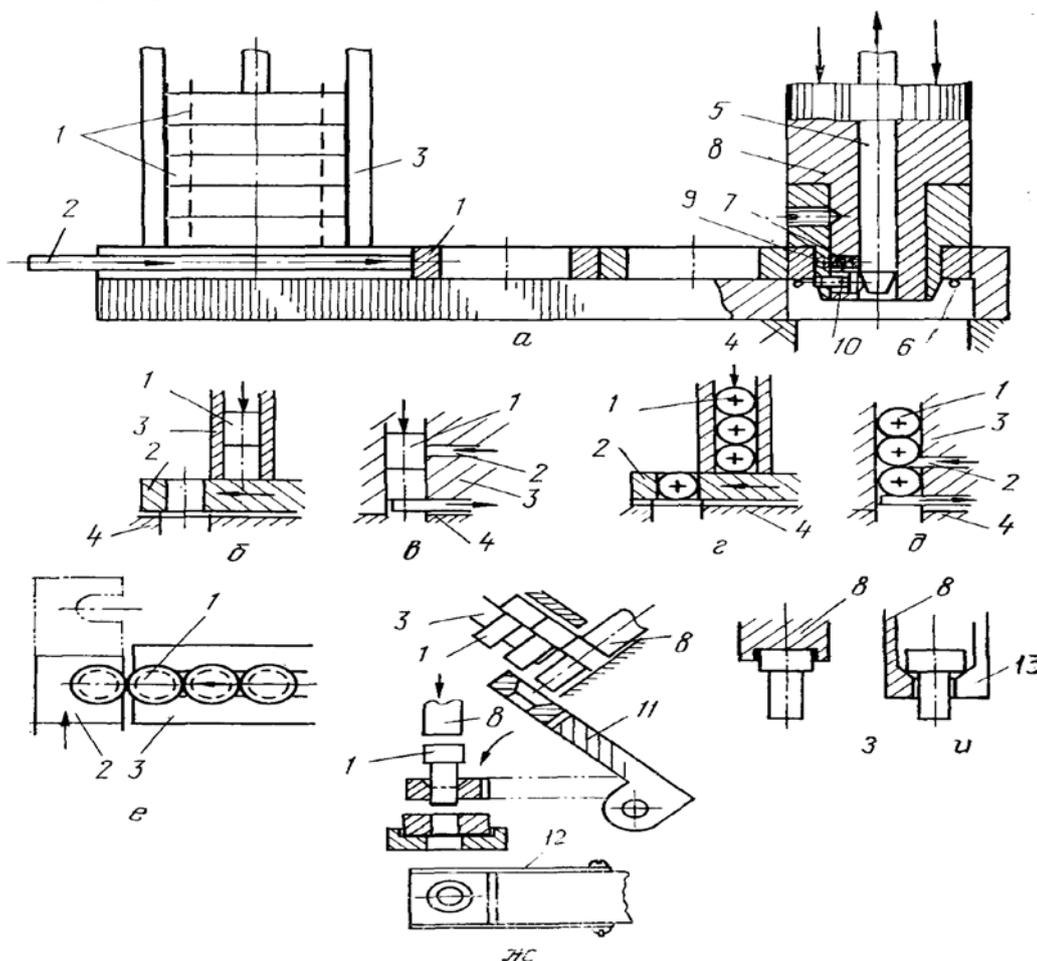


Рис. 5.6. Установка присоединяемых деталей по цилиндрическим поверхностям

Изменение положения присоединяемой детали 1 перед ее установкой в сопряженную с ней деталь 4 и другие сборочные единицы собираемого изделия возможно посредством качающегося рычага 11.

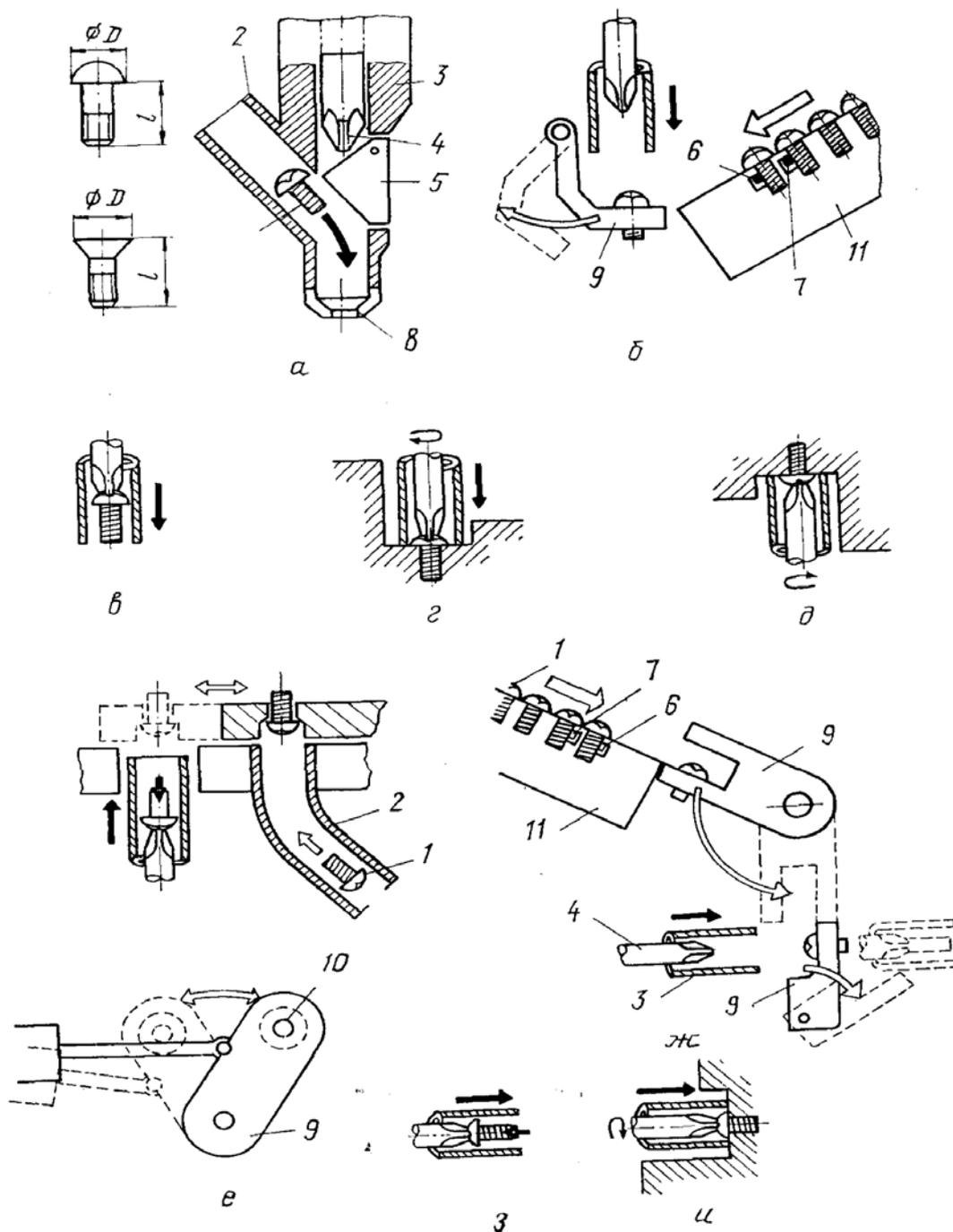


Рис. 5.7. Методы подачи и завинчивания винтов

Завинчивание и затяжка резьбовых соединений деталей. Винты с длиной стержня 1, превышающей диаметр D головки, могут быть завинчены в собираемое изделие сверху (рис. 5.7, а – д) и снизу (рис. 5.7, е). Винты обычно поступают по трубчатому лотку 2 из вибробункера. Прежде чем попасть в гайковерт 3, винт 1 поступает по каналу к отсекателю 7 потока деталей. При отходе этого отсекателя и освобождении канала для движения винтов один из них перемещается дальше до отсекателя 6 поштучной выдачи и далее под давлением сжатого воздуха поступает со скоростью около 96 км/ч к гайковерту 3. При движении отвертки 4 кулачок 5, ранее направлявший винт 1 в вертикальный канал

гайковерта 3, отжимается. При дальнейшем ее движении осуществляется поджим винта 1 и его установка в упругих губках 8 гайковерта 3. Отвертка 4, имеющая на конце форму, соответствующую форме шлица на винте 1, при вращении входит в шлиц и завинчивает винт до упора.

При подаче винта 1 к месту их установки снизу по трубчатому лотку 2 вынуждены использовать качающийся рычаг 9 с гнездом 10 или пазом под винт 1, который совершает периодически качательные движения.

Возможна подача винтов к месту их установки и посредством наклонных загрузочно-транспортных лотков 11 (рис. 5.7, ж), снабженных отсекателями 6 и 7. Винты 1 поступают поштучно на вильчатый качающийся рычаг 9, откуда на второй рычаг 9 и далее гайковертом 3 с отверткой 4 доставляются к месту завинчивания (рис. 5.7, з, и).

Для завинчивания коротких винтов целесообразно подавать их в виде стержней с тем, чтобы использовать двойную направляющую базу и тем самым при необходимости обеспечить их наклон для входа витка резьбы во впадину сопряженной детали. После затяжки резьбового соединения с заданным моментом перемычка ломается и винт отделяется от стержня.

В процессе сборки изделий приходится осуществлять смазку, наносить герметик, контролировать выполнение операций, относительное положение детали изделия и его качество, выполнять выгрузку готовой продукции.

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автоматическую установку деталей в изделия чаще всего осуществляют посредством захватных устройств манипуляторов и ПР.

В качестве захватных устройств, обеспечивающих базирование объекта с требуемой точностью, могут быть использованы специальные (в ряде случаев сменные) либо универсальные устройства, пригодные для деталей различных типоразмеров и конфигураций. При установке деталей по поверхностям вращения невозможно обеспечить определенность базирования объекта при его контакте с двумя плоскими губками захватного устройства, тогда как при контакте с тремя губками (в трех точках) можно определить положение любого твердого тела. Для этого в точках контакта нормальные реакции должны быть направлены к центру объекта и сходиться в одной точке, т. е. захватное устройство должно быть самоцентрирующим. При скругленной форме губок возможно центрирование присоединяемой детали по наружной и внутренней поверхностям (отверстию) примерно за 2 с. При базировании по отверстию детали радиус кривизны губок должен быть меньше или равен радиусу отверстия.

При базировании по наружной поверхности детали губки самоцентрирующего захватного устройства могут обеспечить центрирование детали по поверхности вращения и прямоугольным поверхностям, если одну из губок выполнить качающейся. Однако при этом снижается точность установки присоединяемой детали. Для закрепления группы деталей они должны иметь сходные зоны захвата. Следовательно, выбор формы губок и других элементов захватных устройств нужно выполнять с учетом конфигурации и размеров всей группы деталей, необходимой точности их установки, усилия закрепления и требуемой производительности.

Величина усилия закрепления F_Q должна исключить возможность выскальзывания объекта из захватного устройства во время манипулирования, т.е.

$$F_Q = \frac{1}{\mu} [F_S \cos(F_S N) + F_T \cos(F_T N)]_{\max},$$

где F_S – масса присоединяемой детали;

F_T – сила инерции объекта;

N – вектор равнодействующей, направленной по оси закрепляемой детали;

μ – коэффициент трения между объектом и губками.

Захватное устройство может действовать по принципу геометрического или силового замыкания с взаимодействующей поверхностью закрепляемой детали. При геометрическом принципе замыкания внешние силы действуют как нормальные силы. При силовом принципе замыкания внешние силы действуют как силы трения, расположенные в плоскостях взаимодействия, и их величины зависят только от величин усилия закрепления и коэффициента трения.

Система захвата содержит следующие основные узлы: захватное устройство, передаточный механизм и сенсорные измерительные преобразователи.

Конструкция присоединяемых деталей и их размеры обуславливают конфигурацию губок захватного устройства. Необходимая точность установки присоединяемых деталей, свойства их материалов – кинематику захватного устройства. На их основе, а также с учетом условий производства выбирают принцип воздействия на объект и тип привода (электромеханический, вакуумный, электромагнитный, электростатический, пневматический и др.).

Закрепление деталей можно осуществлять с помощью приводов различных типов (см. табл.). В сборочных ПР наибольшее распространение получили пневматические приводы с механическими захватными устройствами, реже – с электромагнитными, магнитными и вакуумными. В последние годы стали использовать электромеханические приводы.

Сенсорные преобразователи служат для опознания положения или ориентирования объекта захвата (бесконтактные сенсоры), а также для определения и регулирования усилий закрепления.

Одна из самых сложных задач сборки – обеспечение необходимой точности совпадения осей посадочных поверхностей соединяемых деталей. Достижение поставленной цели в значительной мере зависит от точности установки присоединяемой детали в захватном устройстве.

Характеристики приводов захватных устройств

Критерий качества	Тип привода (Условные обозначения: "+" – отличное; "-" – плохое; "x" – среднее)			
	механический	пневматический	электромагнитный	электрический
Усилие закрепления	x	-	x	-
Расход энергии	+	x	+	+
Чувствительность к загрязнению	+	x	-	x
Требования к обслуживанию	+	x	-	x
Долговечность	+	x	-	-
Занимаемое пространство	-	-	x	x
Себестоимость	+	+	x	-

На рис. 6.1 показано запатентованное в США (пат. 4.730.861 от 15.03.88) захватное устройство, предназначенное для использования на автоматических сборочных машинах [16]. Захватное устройство содержит пневмоцилиндр 1 одностороннего действия с поршнем 7, снабженным уплотнительным кольцом 8. При подаче сжатого воздуха в рабочую полость 6 пневмоцилиндра 1 поршень

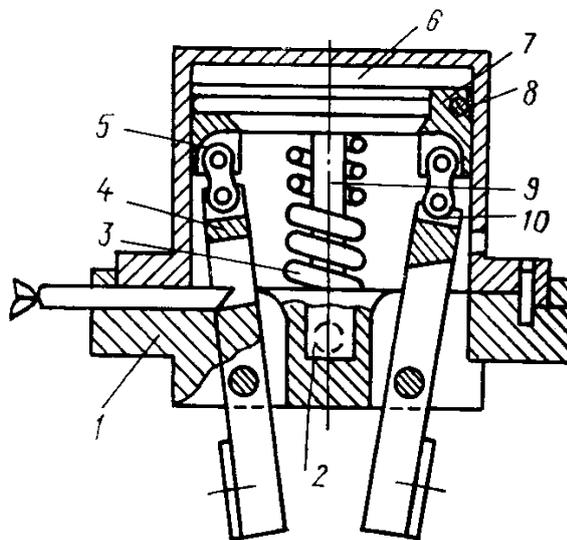


Рис. 6.1. Универсальное захватное устройство

7 опускается, серьги 10 в проушинах 5 поршня воздействуют на рычажные захваты 4, осуществляя базирование по отверстию устанавливаемой детали. Для повышения точности установки и исключения деформации устанавливаемой детали упор 9 при движении поршня воздействует на микропереключатель 2. Возврат поршня в исходное положение осуществляется пружиной 3.

Однако для базирования и закрепления по поверхностям вращения устанавливаемых деталей предпочтительны самоцентрирующие захватные устройства с тремя губками.

На рис. 6.2 показано универсальное устройство и схемы его работы при закреплении различных деталей: с базированием по отверстию 5 (рис. 6.2, а, б), по наружной цилиндрической поверхности (рис. 6.2, в), одной из соединяемых деталей (рис. 6.2, в) и при захвате плоской детали 8 (рис. 6.2, г).

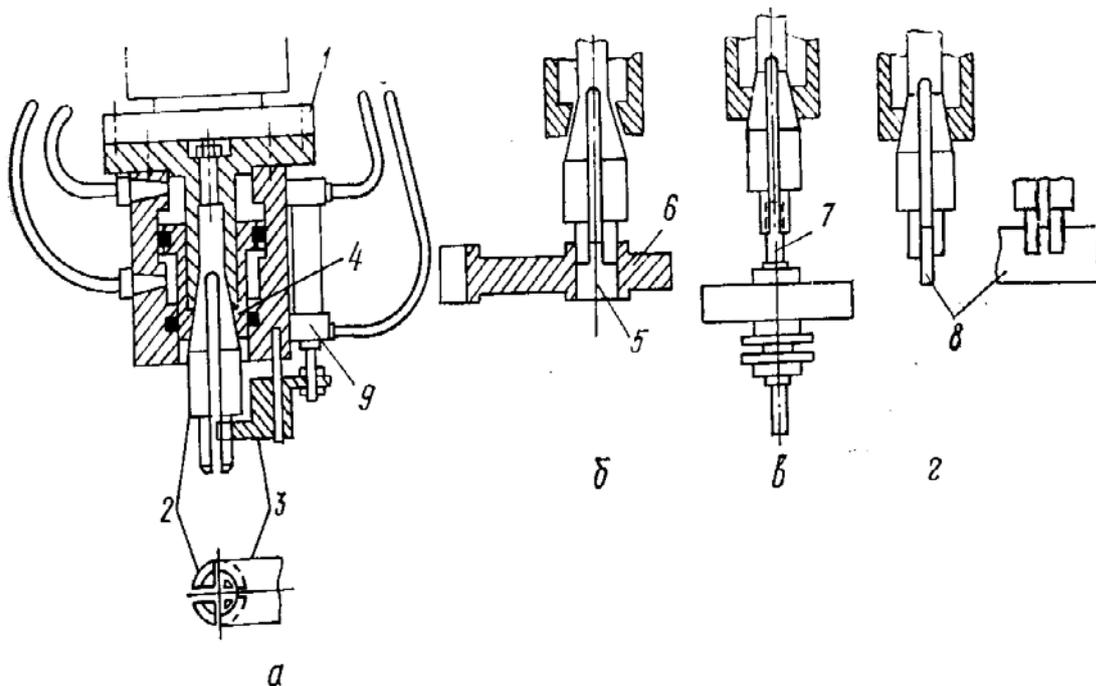


Рис. 6.2. Универсальное захватное устройство с базированием по отверстию детали (а, б), по наружной поверхности (в) и на захвате плоской детали (г)

Детали 6 с отверстиями захватываются разжимом цанги 2 внутри отверстия 5, по наружной поверхности детали 6 – закреплением оси 7 в цанге 2, плоские детали 8 – зажимом в щели цанги 2. Для этого захватное устройство, прикрепленное к запястью 1 ПР (рис. 6.2, г), снабжено поршнем 4 цилиндра двойного действия с полым штоком и коническим отверстием, который, воздействуя на цангу 2, осуществляет ее сжатие либо разжатие. Толкатель 3 перемещается пневмоцилиндром 9.

Захватное устройство (рис. 6.3, а) предназначено для закрепления фасонной пружины, выполненной из проволоки в виде двух навитых цилиндрических частей, расположенных в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 6.3, б – в). Одним из концов пружина 3 устанавливается на штырь 2, закрепленный в основании 1.

Призматические губки 4 перемещаются рычагами 5, на один из концов которых действует шток встроенного в корпус 8 устройства сдвоенного пневмоцилиндра 7 с общей поршневой рабочей полостью. При этом диаметр одного из поршней пневмоцилиндра больше диаметра другого. Благодаря разнице действующих площадей один из рычагов 5 при закреплении всегда доходит до жесткого упора 6, тем самым обеспечивается стабильное положение одного из рычагов 5. Освобождение пружины 3 осуществляется с помощью цилиндрических пружин 10 растяжения при сообщении с атмосферой рабочей полости сдвоенного пневмоцилиндра 7. Регулирование расхода губок 4 захватного устройства производится винтами 9.

Однако установка присоединяемых деталей изделия по рассматриваемым схемам возможна лишь при значительных зазорах между этими деталями. При малых величинах зазоров сборка деталей будет возможна только с применением пассивных средств адаптации для достижения точности совпадения осей сопрягаемых поверхностей. При малых величинах зазоров в соединении деталей в процессе автоматического их сопряжения возможно заклинивание. Для его устранения необходимо предусмотреть компенсаторы относительного смещения соединяемых деталей и их поворотов. Причем желательно обеспечить независимую компенсацию поворотов и смещений соединяемых деталей.

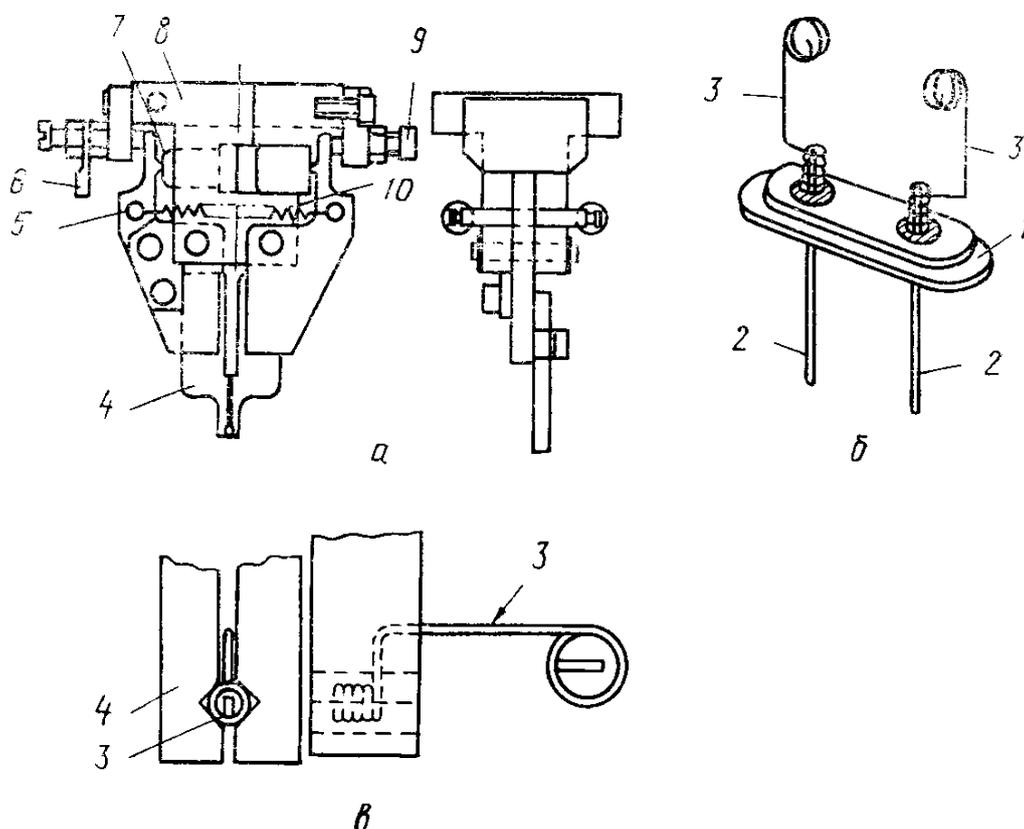


Рис. 6.3. Захватное устройство (а) для установки фасонной пружины (б, в)

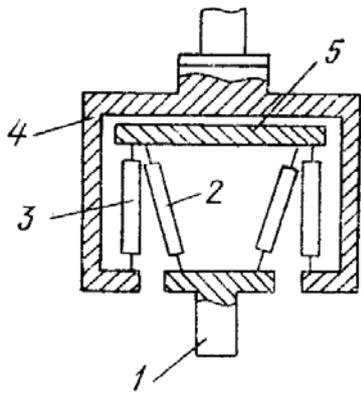


Рис. 6.4. Пассивное адаптивное устройство для установки деталей

На рис. 6.4 показано одно из таких пассивных адаптивных устройств, содержащее держатель 1, подвешенный на наклонных упругих стержнях 2, оси которых пересекаются с осью на заднем торце устанавливаемой детали, что обеспечивает ее скольжение по фаске базовой сопряженной детали без перекоса; вертикальные стержни 3 укреплены, как и стержни 2, одним концом в шайбе 5, а другим – в корпусе 4.

Имеется большое конструктивное разнообразие пассивных адаптивных устройств, однако все они основаны на одном принципе взаимодействия – перемещении под действием реакций сил в местах контакта соединяемых деталей.

Для завинчивания резьбовых деталей японские фирмы используют патроны (рис. 6.5, а) с подпружиненными губками 4, шарнирно закрепленными в корпусе 1. Для повышения точности базирования коротких винтов 8 губки 4 дополнительно снабжают центрирующими упругими лепестками 6, обеспечивающими базирование винта 8 по торцу (рис. 6.5, б) и стеблю. При поступлении винта 8 по подводящей трубке 7 в полость 5, образуемую губками 3, отвертка 2 досылает его в центрирующие лепестки 6 и далее ввинчивает его до полной затяжки.

Для выполнения затяжки винтов возможно также применение пассивных средств адаптации. В этом случае для попадания отвертки 2 в шлиц винта используют устройство, в нижнем корпусе 12 которого укреплен отвертка 2 с прямоугольным выступом, входящим в паз ползушки 13, имеющей возможность перемещаться в пазу верхнего корпуса 9. Таким образом обеспечивается движение нижнего корпуса 12 относительно верхнего в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Компенсация поворота производится пружинами 10, связывающими два корпуса винтами 11, тем самым обеспечивая вхождение отвертки в шлиц винта. Аналогично может быть выполнена и компенсация положения ввинчиваемой детали. В этом случае устройство устанавливают в шпиндель винтозавертывающей головки посредством хвостовика.

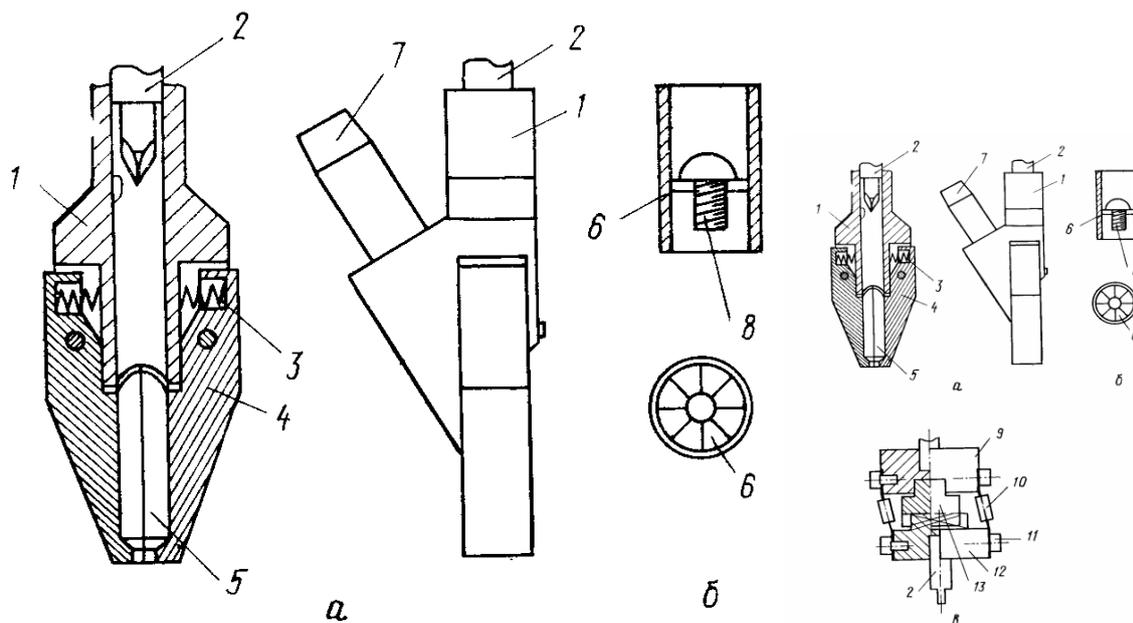


Рис. 6.5. Головки для завинчивания винтов:

а – общий вид; *б* – вставка для головки, обеспечивающей завинчивание коротких винтов; *в* – пассивное адаптивное устройство

Для развальцовки деталей при сборке изделий могут быть использованы различные головки (рис. 6.6). Развальцовка осуществляется за счет возвратно-поступательного движения пуансона 3 с поддержкой развальцовываемой детали 2 в базовой 1 с помощью опоры 4. Целесообразно использование вращающихся вальцовочных головок 5 с инструментом, которые обычно обеспечивают качественную развальцовку предварительно соединенных деталей за счет заданной по величине выдержки времени для достижения требуемой глубины при осевом перемещении рабочего инструмента.

По окончании развальцовки инструмент, закрепленный в шпинделе сборочной машины, автоматически возвращается в исходное положение. Во многом аналогично осуществляется развальцовка с применением шариков, размещенных в вальцовочной головке 5, приводимой во вращение шпинделем 9. При этом для повышения точности относительного положения закрепляемых деталей 1 и 2 используют опору 4 и сменную втулку 8 с пальцем 7, запрессованным в основание 6.

Аналогично завальцовывают седла клапанов в головку блока цилиндров, используя для этого установленную в шпинделе 15 головку 5 с тремя вальцовочными роликами, оси 10 которых располагаются под углом 45° . Головка 5 вращается в игольчатых подшипниках 12 направляющей втулки 11 и может перемещаться вместе с салазками ускоренно либо с рабочей подачей ($0,12 \text{ мм/об}$ при частоте вращения 224 мин^{-1}). При рабочей подаче штифт 13 оправки постепенно сжимает тарельчатые пружины 14 и тем самым увеличивает

Существуют и другие методы развальцовывания деталей, используемые на автоматическом оборудовании. На рис. 6.7, а и б показан вращающийся инструмент 1 для образования буртика у втулки 2 и закрепления ее в корпусе 3 с помощью постоянно поджимающихся с заданной осевой силой F вращающихся роликов 4. Величина осевой силы при развальцовывании лимитируется тарельчатыми пружинами 5. Таким методом развальцовывают детали из стали, бронзы, алюминиевых сплавов со скоростью 20 – 100 м/мин с подачей 0,1 – 1,0 мм/об. Достигаются высокая прочность соединения и хорошее качество обработанной поверхности

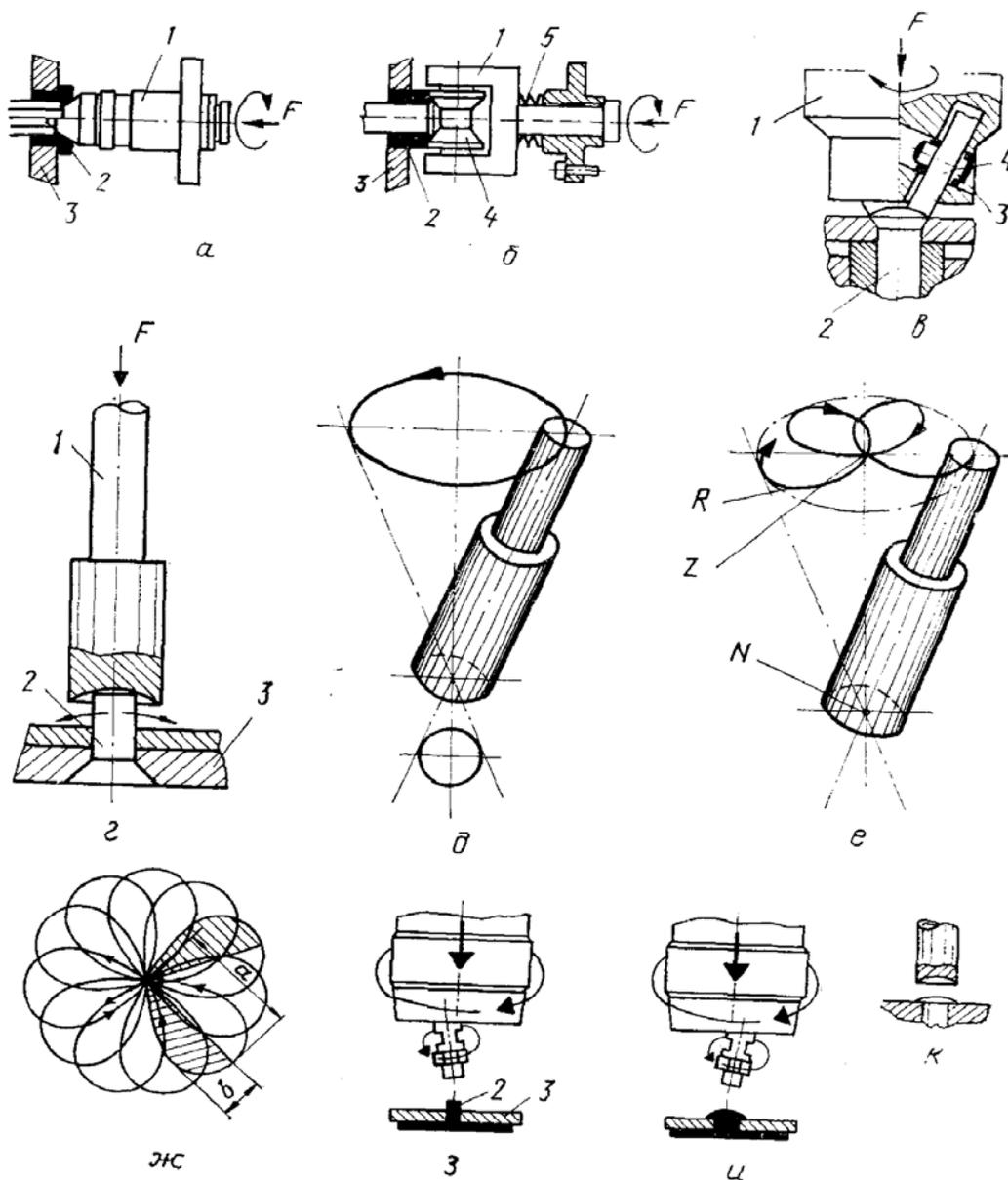


Рис. 6.7. Инструмент для развальцовки и образования головки заклейки посредством роликов (а-в) и орбитальным методом (г-к)

Другой метод раскатки основан на использовании оправок с двумя или тремя роликами, профиль которых соответствует профилю головки раскатанной детали (рис. 6.7, б). Оси 3 вращающихся роликов 4 расположены под углом к оси вращения оправки инструментальной головки 1. Этот метод обладает рядом недостатков: качество поверхности раскатанной головки детали 2 часто оказывается недостаточным, ролики 4 быстро изнашиваются, поэтому приходится применять смазку, что не всегда допустимо. Поэтому все большее распространение получает бесшумный орбитальный метод вальцевания (рис. 6.7, г – к). По данному методу пуансон 1, формирующий головку детали 2, может покачиваться и располагается обычно под углом $3 - 8^\circ$ (иногда до 20°) относительно оси вращения инструментальной головки. Такая кинематика движения пуансона соответствует первой разновидности этого метода, пригодного для формирования головок большинства заклепочных соединений (см. рис. 6.7, г – д), при второй разновидности пуансон имеет вращательное движение вокруг собственной оси в направлении, противоположном направлению вращения инструментальной головки, т. е. пуансон совершает планетарное движение (см. рис. 6.7, е – к). Благодаря небольшому размеру поверхности касания и кратковременности процесса нагрев пуансона незначителен. Величина осевой силы должна находиться в таких пределах, чтобы величины напряжений, возникающих в головке заклепки или других деталях, были больше предела текучести, но не достигали предела прочности. По этому методу деформация материала происходит постепенно без ударной нагрузки и поэтому без риска повреждения соединяемых деталей.

Орбитальный метод клепки позволяет формировать головки на цельных и трубчатых заклепках, при этом деформации стержней практически не происходит. В случае применения первой разновидности орбитального метода развальцовки контакт пуансона с поверхностью детали, подверженной деформации, носит линейный характер, а при использовании второй (планетарной) разновидности – точечный. Первая разновидность рассматриваемого метода проще в реализации, поскольку дешевле в изготовлении технологическая оснастка и оборудование, и позволяет выполнять около 96 % заклепочных работ. В случае использования второй разновидности необходимо обеспечить вращение пуансона, что усложняет конструкцию применяемого оборудования. Однако при этом возможно применение разнообразных деталей из стали, бронзы, алюминиевых сплавов, меди, пластмассы и керамики для цементированных заклепок. Качество головок мелких заклепок и штифтов высокое. Затраты времени при орбитальном формировании головки заклепок диаметром 5 – 10 мм составляют 0,4 – 3,5 с, а диаметром 10 – 16 мм – 6,1 с. Метод пригоден для заклепок диаметром 0,75 – 19,0 мм. По производительности орбиталь-

ный метод уступает методам осаживания головки прессованием и ударами вращающимися пуансонами.

Преимущества орбитального метода клепки – не требуется смазка, меньшая осевая сила, при правильном регулировании которой можно полностью избежать деформации стержня заклепки, поэтому легко обеспечивается сборка подвижных шарнирных соединений деталей при расклепывании их осей.

При сборке неразъемных соединений деталей обычно выступы базовой детали входят в отверстия сопряженной с ней детали. Эти выступы получают отливкой или прессованием из металла или пластмассы. Для образования замыкающей головки неразъемного соединения на выступы последовательно воздействуют вращающимся пуансоном. Несмотря на относительное снижение величины осевой силы при орбитальном методе клепки ее абсолютное значение остается значительным. Для заклепок диаметром 12,7 мм осевая сила достигает иногда 16 кН. Для образования замыкающей головки детали инструментальная головка при вращении имеет ограниченную подачу, в результате обкаточный пуансон контактирует с выступающей частью стержня детали и перемещается до упора. Пуансон совершает комбинированное движение: поступательное – для создания давления – и радиальное – при вращении. Действуя на деталь, пуансон описывает орбитальную траекторию. Из рис. 6.7, ж видно, что пуансон совершает движения в радиальном a и тангенциальном b направлениях. Деформация головки детали при радиальной клепке будет происходить в радиальном (изнутри наружу и снаружи внутрь) и тангенциальном направлениях. Благодаря наклонному положению пуансона и контролю давления на головку детали ее материал после каждого оборота инструментальной головки течет постепенно и в небольшом количестве. При этом металл стекает по самому короткому пути, образуя замыкающую головку без нагрева и трещин, поскольку теплоотдача вращающегося инструмента достаточно велика. Замыкающая головка получается прочной, требуемой формы, однородной структуры и с плотным распределением волокон металла. Заклепка имеет плотную и почти полированную поверхность.

Незначительное уплотнение металла головки и некоторая разница в твердости головки и стержня позволяют в случае необходимости обрабатывать головку на металлорежущем станке. Соединение хорошо выдерживает статические и динамические нагрузки. Благодаря равномерному отеканию металла с головки к стержню образуется соединение, выдерживающее даже знакопеременные нагрузки.

Этот метод применим для заклепок с различными формами головок (в т. ч. пустотелых) при отбортовке, зачеканивании и др. В связи с тем, что при радиальной клепке в периферийных слоях головки заклепки не возникает недо-

пустимых тангенциальных напряжений на разрыв, этот метод используют и для заклепок, применяемых в соединениях деталей из недостаточно пластичного материала. Большие технические и технологические преимущества радиальной клепки подтверждаются многочисленными примерами ее применения в автомобильной промышленности, приборостроении и других областях машиностроения. При радиальной клепке гарантируются высокие требования к точности (ввиду незначительного изменения структура металла и снижения давления на заклепку и соединение деталей) и прочности соединения. Износ пуансона минимальный, поскольку давление невелико и малы боковые нагрузки, а силы трения близки к силам трения качения, поэтому и расходы на инструмент невелики. Обеспечивается высокая производительность, т. к. на формообразование головки затрачивается всего несколько секунд. Некоторое увеличение затрат времени на расклепывание компенсируется указанными выше преимуществами, главное из которых бесшумность выполнения операции. Однако надо иметь в виду, что автоматическая подача заклепок и других деталей к пуансону из-за непостоянства его положения затруднена.

Для выгрузки готовых изделий, как правило, используют манипуляторы и ПР.

7. ПРОГРЕССИВНОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Манипуляторы – наиболее распространенный вид сборочного оборудования в условиях массового и серийного производства. Их используют для сборки и транспортирования присоединяемых деталей.

В настоящее время в сборочном производстве, значительное распространение получили сборочные головки, оснащенные манипуляторами, работающими от кулачков (рис. 7.1, а). В пазах кулачка 3 барабанного типа размещены ролики на осях 4 и 7, запрессованные в рычаги 1 и 5. Рычаги могут совершать качательные движения вокруг осей 2 и 8, закрепленных в корпусе 9. При вращении от электродвигателя вала 6 с барабаном 3 качение рычага 5 обеспечивает вертикальное перемещение каретки 10 вместе с захватным устройством 11 на 25 – 75 мм, а горизонтальное передвижение, выполняемое от рычага 5, – на 50 – 150 мм [8].

Другая головка этой же фирмы (рис. 7.1, б) также работает от электродвигателя, вращающего вал 6 привода с укрепленным на нем кулачком 3, обеспечивающим покачивание рычага 5, а следовательно, подъем или установку детали в захватном устройстве 11 при перемещении валика 12 посредством муфты, взаимодействующей с рычагом 5. Величина хода в вертикаль-

ном направлении – 25 – 100 мм. Поворот руки с деталью на 60 – 75, 90 или 180° осуществляется посредством реечной передачи 13 – 15 [8].

Сборочные головки могут быть выполнены в вертикальном или горизонтальном исполнении.

Руки манипулятора фирмы Pick Omatic (США) вертикального или горизонтального исполнения также совершают движения по замкнутому циклу: подъем детали, ее транспортирование по прямолинейной траектории или дуге окружности, установка детали в изделие и возвращение в исходное положение по кратчайшей траектории (как при рабочем ходе). При необходимости захватное устройство может быть выполнено поворотным. Подобные головки выпускает ряд фирм разных стран.

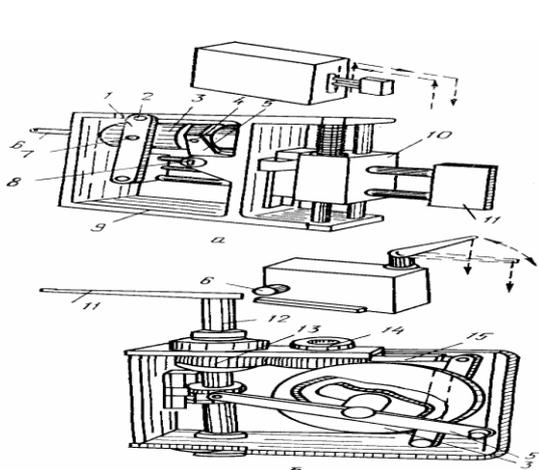


Рис. 32. Сборочные головки фирмы Ferguson: а — с линейными движениями исполнительного устройства; б — с поворотом устанавливаемой детали

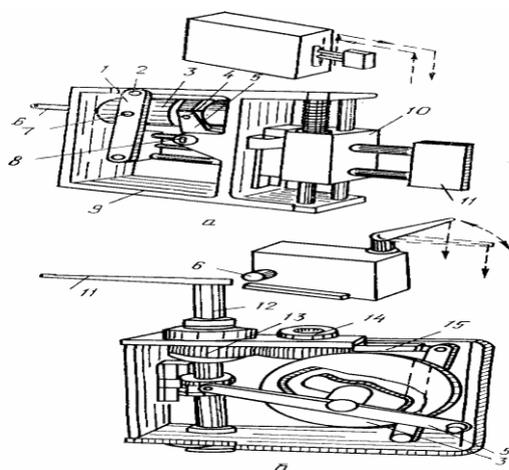


Рис. 32. Сборочные головки фирмы Ferguson: а — с линейными движениями исполнительного устройства; б — с поворотом устанавливаемой детали

Рис. 7.1. Сборочные головки фирмы Ferguson:

а – с линейным движением исполнительного устройства;

б – с поворотом устанавливаемой детали

Универсальный сборочный манипулятор (рис. 7.2) [8, 14] содержит захватное устройство 2, поворотную регулируемую руку 3, колпак (цилиндрический барабанный кулачок) 6 с золотником 5 и канавкой для подъема и поворота руки пневмоцилиндра 1 и основание 9. При подаче сжатого воздуха через штуцер 8 в нижнюю полость пневмоцилиндра 1 поршень вместе со штоком, а следовательно, и рукой 3, снабженной захватным устройством, занимает крайнее верхнее положение. При соединении трубопровода 4 с полостью разрежения вакуумного насоса из питателя лотка или магазина захватным устройством присасывается или притягивается (при применении электромагнитов) деталь. При дальнейшей подаче сжатого воздуха под давлением через штуцер 7 в штоковую полость пневмоцилиндра 1 и соединении нижней полости с атмосферой поршень со штоком опускается, рука 3 также опускается и поворачи-

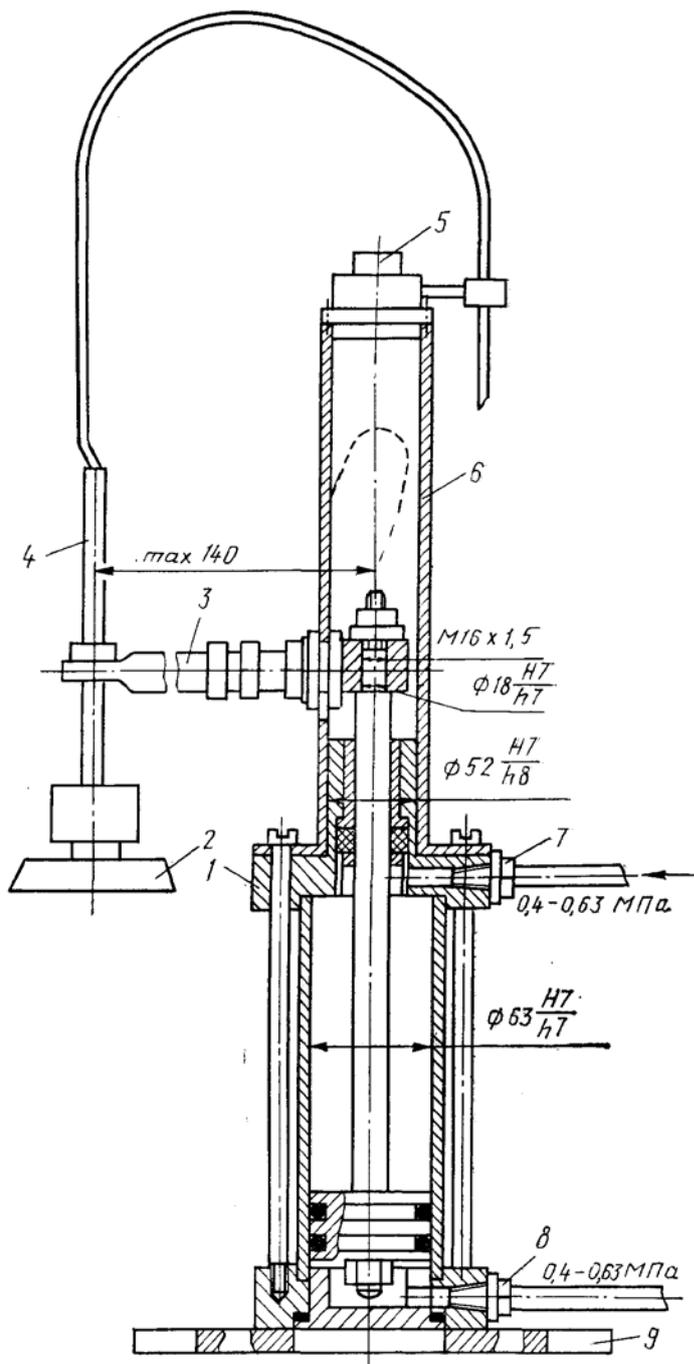


Рис. 7.2. Универсальный манипулятор

чаются простотой конструктивного исполнения и программирования по двум горизонтальным осям (по вертикальной оси используются упоры, обычно их не более трех). Захватное устройство крепится на штоке пневмоцилиндра. На колонне имеются плечи, поворот которых осуществляется от сервоприводов, причем ось поворота каждого из сервоприводов совпадает с осью плеча [6].

вается на 90° , поскольку паз кулачка 6 имеет угол наклона $30-40^\circ$, и движется вниз для установки очередной детали в собираемое изделие. Далее вновь подается давление в штоковую полость пневмоцилиндра 1, и захватное устройство возвращается в исходное положение.

В условиях серийного производства изделий, когда требуется установка одинаковых или подобных деталей в разные собираемые изделия, появляется потребность в использовании одного или нескольких ПР.

В машиностроении для установки или свинчивания одинаковых деталей по поверхностям вращения с зазором не менее 20 мкм наибольшее распространение получили сборочные ПР типа «Scara» и отечественного производства ТУР 2,5 (рис. 7.3, а). Эти ПР отлич-

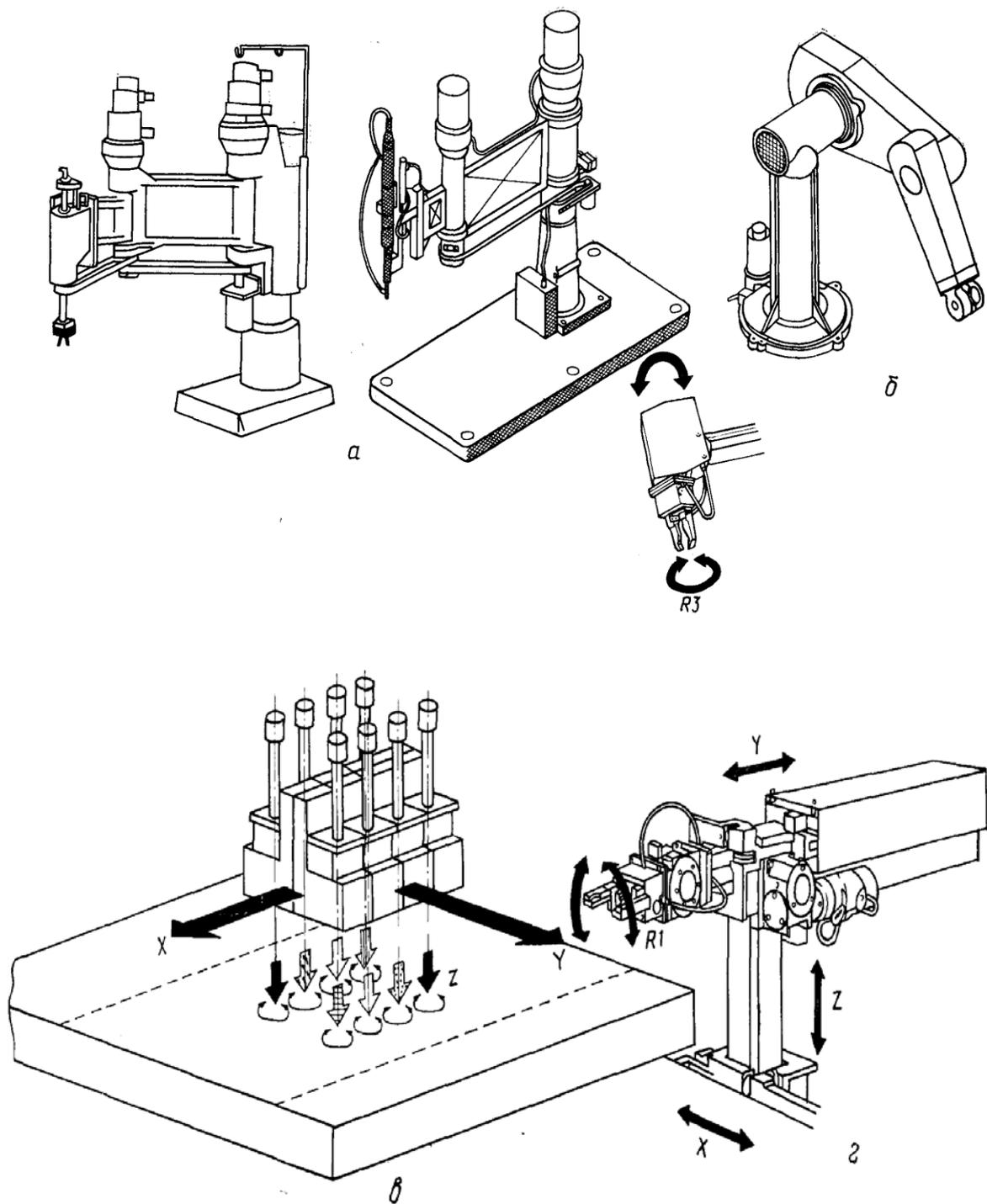


Рис. 7.3. Сборочные ПР различных типов:
 а – Scara; б – Puma; в – Cadratic; г – Pragma A3000

Верхнее расположение подвижных плеч с возможностью перемещения по вертикали обуславливает большие инерционные нагрузки, что позволяет создавать большую рабочую силу для установки деталей (рис. 7.3, б).

Если требуется последовательно устанавливать несколько деталей с помощью автономных захватных устройств, необходимо обеспечить их смену

либо использовать поворотные головки с комплектом захватных устройств и инструментов (рис. 7.3, б). Однако при последовательной установке большого числа деталей масса собираемого изделия возрастает и требуется ПР большой грузоподъемности, универсальности, т.к. нужно захватывать и транспортировать, а иногда ориентировать и устанавливать присоединяемые детали в разные места собираемых изделий. Эти задачи могут выполнять универсальные ПР «Puma» (США) (рис. 7.3, г) и ASEA (Швеция), имеющие 5–6 степеней подвижности. Они обладают невысокой точностью позиционирования ($\pm 0,05 - 0,20$ мм) в зависимости от грузоподъемности ПР. Длины плеч одинаковы и обычно составляют 203 – 660 мм, линейная скорость 0,5 – 1,0 м/с, угловая скорость 100 – 500 об/с, грузоподъемность 0,9 – 10,0 кг, стоимость – около 47000 дол., могут быть использованы в виде отдельного модуля и в составе комплекса.

Универсальные ПР фирмы Кука (Германия) применяют также для последовательной сборки в автомобильной промышленности решеток радиаторов автомобилей, головок блоков цилиндров двигателей и др. Обычно такие ПР имеют 6 степеней подвижности, но при значительной стоимости не могут обеспечить высокую производительность, установка же нескольких ПР для выполнения сборочных работ резко увеличивает себестоимость изготовленных изделий.

Более высокая производительность достигается при последовательно-параллельной сборке деталей. Для этой цели могут быть применены сборочные работы «Cadratic 590» и «Cadratic 745» фирмы Sormel (Франция). Лучшие технические характеристики имеет сборочный центр, созданный в МКТБ, обеспечивающий одновременную или частично параллельную установку ряда деталей.

В сборочной ГПС могут быть использованы ПР, подобные «Pragma A 3000» итальянской фирмы DEA (см. рис. 7.3, г), размещаемые по периферии координатного стола. ПР работают в прямоугольной системе координат и совершают поступательные движения со скоростью до 40 м/мин и ускорением $2,5 - 3,5$ м/с². При этом обеспечивается повторяемость $\pm 0,025$ мм при движении по оси X – 1300 мм, по оси Y – до 310 мм и по оси Z – на 290 мм. Захватное устройство, которое может располагаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях, способно совершать поворот на $\pm 360^\circ$ с максимальным ускорением $\pm 27,2$ рад/с² при повторяемости $\pm 0,025$ мм либо наклоняться на угол $\pm 196^\circ$ и совершать вращательное движение в обоих направлениях. Грузоподъемность ПР в зависимости от числа звеньев 1,5 – 2,5 кг.

Фирма DEA разработала высокоскоростной сборочный ПР с элементами искусственного интеллекта, имеющий от 2 до 4 степеней подвижности и гру-

зоподъемность до 3 кг. Рабочее пространство определяется следующими параметрами: радиус действия 300 – 644 мм, перемещение по оси Z до 120 мм.

Интересен шведский сборочный робот «IRb 1000» с оригинальной кинематической схемой. Две степени подвижности обеспечиваются двумя телескопическими звеньями, размещенными в направлении декартовых осей координат. Вращательное движение звеньев таково, что центр поворота располагается вблизи их центра тяжести, а это значительно снижает величины моментов инерции. Незначительные инерционные нагрузки позволили увеличить допустимое ускорение примерно в 1,5 раза и сократить тем самым продолжительность сборки почти на 40 %. Максимальная скорость перемещения исполнительного органа 5 м/с. При массе устанавливаемой детали до 3 кг достигается точность установки $\pm 0,1$ мм. ПР особенно эффективен при сборке изделий малых и средних размеров. Он может быть оснащен системой технического зрения, позволяющей определять положение деталей на конвейере [6].

Если конфигурация деталей разнообразна и необходима смена захватных устройств, занимающая 2 – 4 с, т. е. столько же времени, сколько затрачивается на установку одной детали вручную, применение комплексов ограничено. Обычно комплексы используют для сборки изделий, содержащих три – пять небольших деталей. Комплекс включает, как правило, поворотный стол, вокруг которого размещают один – два сборочных ПР и технологическое оборудование: прессы, кассеты-магазины и вибробункеры для ориентации и подачи присоединяемых деталей. Такт работы комплекса 3 – 10 с. Для вращения поворотного стола используют пневмоцилиндры. Хотя время и стоимость переналадки таких сборочных систем меньше, чем у систем с кулачковым приводом, которые применяются в условиях массового производства, их используют в основном для сборки средних и мелких изделий. Для повышения надежности такие системы оснащают контрольными электронными блоками. Масса собираемых изделий (например, реле, клапанов) от нескольких граммов до 10 кг.

В гибких сборочных АЛ, работающих параллельно, использование сборочных ПР целесообразно в том случае, если загрузка деталей производится из кассет, а выгрузка – в тару с ячейками. Роботизированные АЛ применяют для сборки изделий с тактом 20 – 60 с, массой свыше 10 кг, например, для сборки электродвигателей малых и средних размеров, трансмиссий, задних мостов, головок блоков цилиндров автомобилей и др. На таких линиях автоматизированы отдельные переходы: завинчивание винтов, шпилек и болтов, установка деталей, подача смазки, нанесение покрытий, контроль величины зазора в зацеплении и др. До сего времени не автоматизирована установка деталей со сложной траекторией движений, соединяемых с малыми величинами зазоров (несколько микрон) и по переходным посадкам.

В массовом производстве при запрессовке деталей по поверхностям вращения с натягом предпочитают использовать пневматические и гидравлические прессы.

На рис. 7.4 показано устройство, используемое для запрессовки втулок в картер сцепления автомобиля [8]. Запрессовываемые втулки подаются к сборочной позиции загрузочным устройством из магазина или загрузочно-транспортного лотка. Базовая деталь – картер сцепления 6 – базируется по плоскости и двум технологическим отверстиям посредством установочных пальцев 7 в приспособлении-спутнике 8. Очередная втулка 1 поступает из змеевидного лотка 3 в отверстие загрузочного устройства 2, надевается на насадку 9 оправки 10 при движении штока 11 гидроцилиндра 4 при пуске масла в его рабочую полость. Втулка 1 преодолевает сопротивление трех подпружиненных отсекателей 5 и переносится к месту сборки.

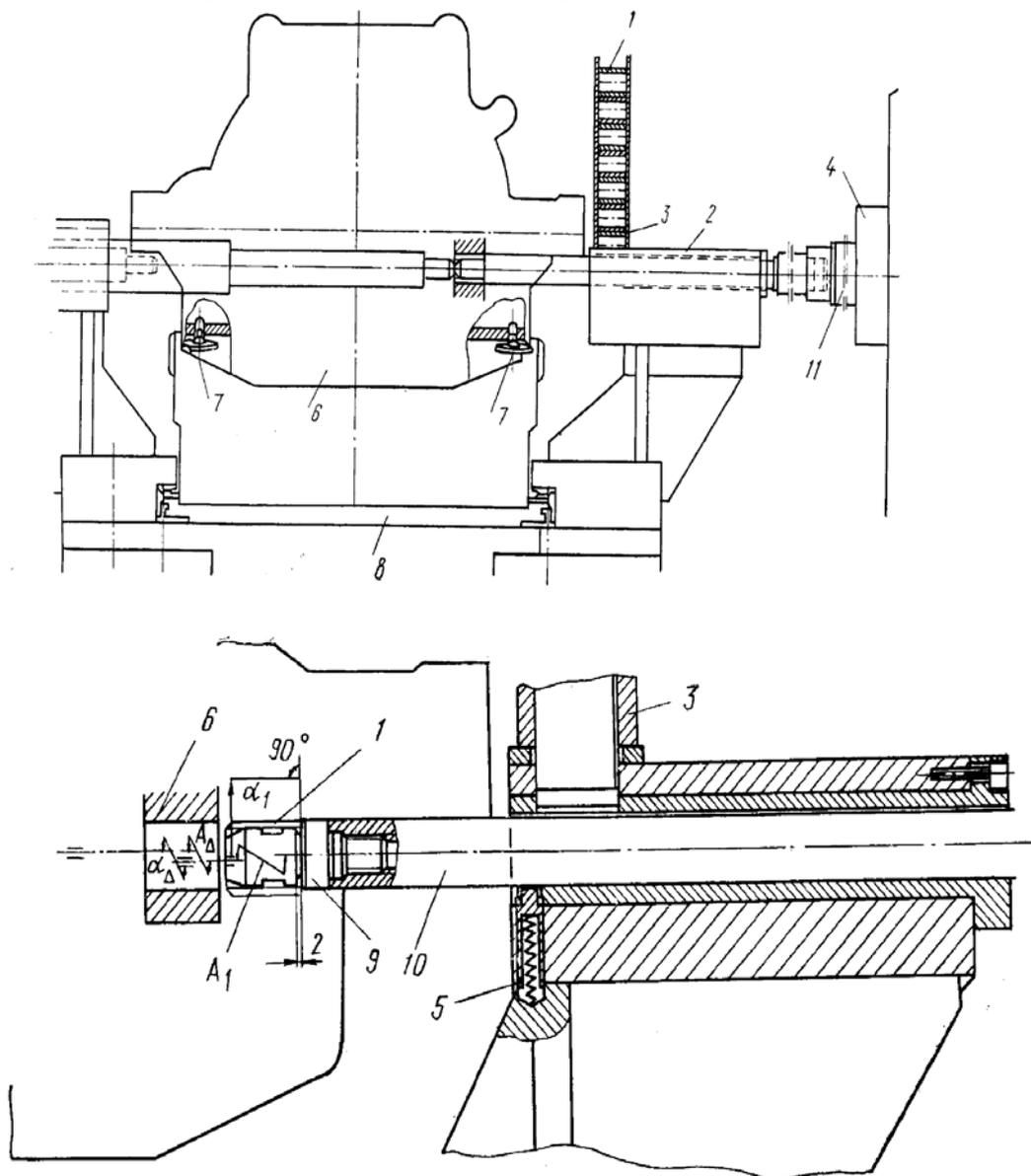


Рис. 7.4. Устройство для автоматической запрессовки втулок

Аналогичное устройство применяется в конструкциях приспособлений-спутников, запатентованных в США. Устройство для закрепления собираемых изделий рычажного типа действует от штока гидроцилиндра, используемого также для выдвижения установочных пальцев.

Автоматизированную сборку соединений деталей по поверхностям вращения с натягом в условиях серийного производства изделий ведут, используя в сборочных комплексах прессы либо универсальные самопереналаживающиеся сборочные машины, переналадка и работа которых осуществляются в зависимости от конструкции соединяемых деталей, их формы и размеров, т. е. исключается необходимость в создании программных средств. Приоритет создания таких устройств принадлежит РФ (пат. № 39006607 США, № 1467279 Великобритании, № 74 30606 Франции и др.).

Сборочный центр (рис. 7.5) представляет собой машину, снабженную поворотным столом и расположенным над ним диском, в гнездах которого сверху и снизу базовой детали (корпуса) 3 размещен набор сменных насадок 1 и 4 с соответствующими кольцами подшипников 2 и 5, втулками или какими-либо другими запрессовываемыми деталями. Детали подаются к насадкам 1 и 4 из магазинов, размещенных по периферии поворотного стола 7 и диска, а базовые корпусные детали 3 захватным устройством манипулятора.

По величине разжима губок при захвате определяется размер отверстия корпусной детали 3 и место ее установки на поворотном столе 7. В соответствии с данными о диаметре отверстия базовой детали дается команда на поворот стола 7 и диска с требуемыми для установки кольцами 2 и 5. Запрессовка производится после соединения штоков 6 и 9 гидроцилиндров 10, вертикально размещенных на колонне сборочной машины. При рабочем ходе штоков гидроцилиндров из гнезд диска подаются насадки 1 и 4 с запрессовываемыми де-

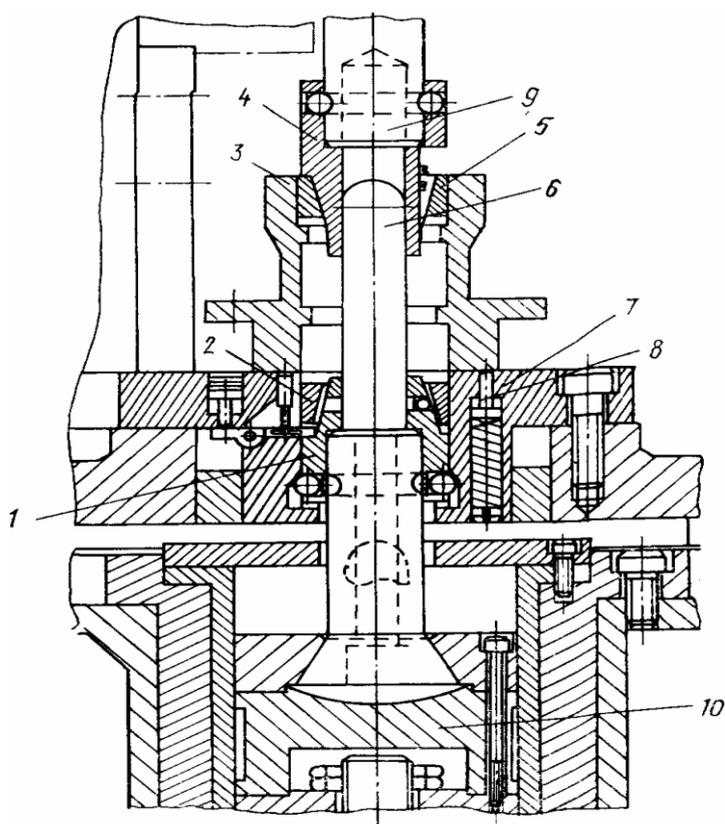


Рис. 7.5. Сборочный центр

талями 2 и 5, затем выверяют положение базовой детали 3 на упругих опорах 8. Такое конструктивное выполнение базирующих устройств гарантирует высокую точность относительного положения соединяемых деталей перед сборкой, поэтому запрессовка колец 2 и 5 в базовую деталь 3 не вызывает трудностей. По окончании процесса манипулятор переносит собранное изделие на отводящий транспортер.

Возможно решение автоматической переналадки сборочного оборудования и иным способом.

Наиболее ответственные узлы – опоры, подшипники со стаканами редукторов и дифференциалов автомобилей и тракторов, катки эскалаторов метро, крышки с втулками шестеренных масляных насосов – можно собирать, используя универсальные самопереналаживающиеся сборочные устройства (рис. 7.6). Сборочная машина пригодна для использования с любым транспортным средством с замкнутой траекторией движения, обеспечивая автоматическую сборку изделий из деталей, соединяемых по поверхностям вращения с гарантированным натягом или зазором. Детали могут иметь различную конфигурацию и размеры сопрягаемых и других поверхностей.

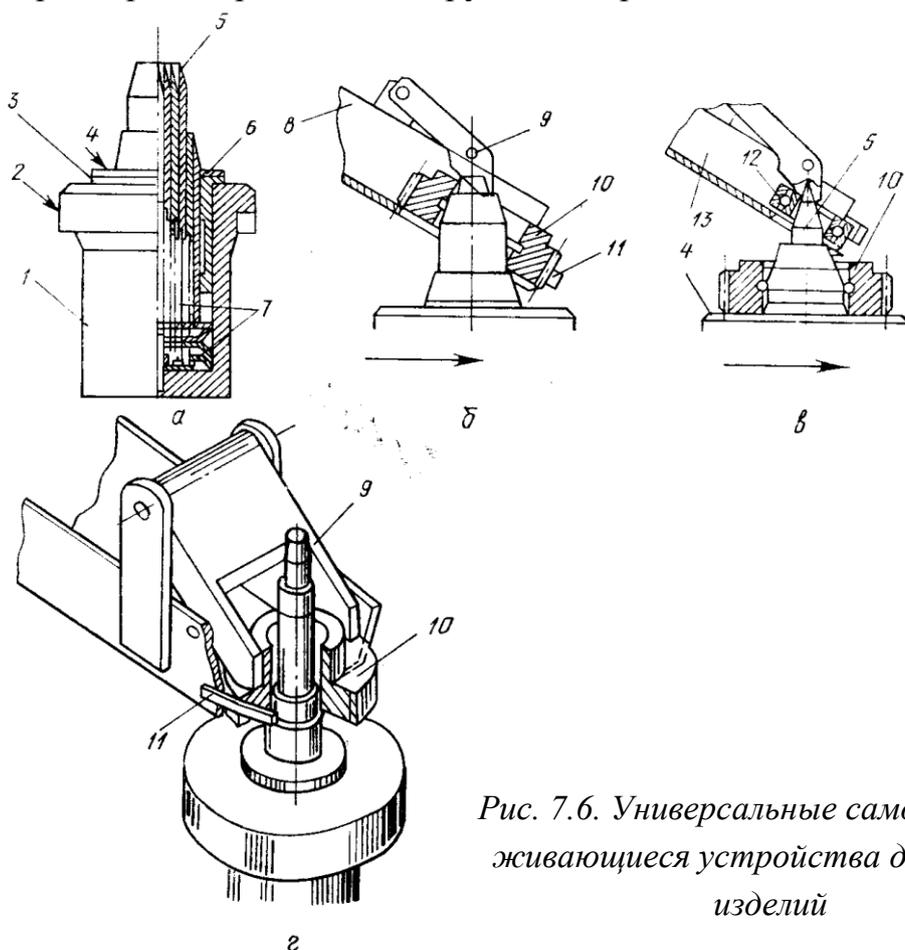


Рис. 7.6. Универсальные самопереналаживающиеся устройства для сборки изделий

Машина содержит приспособление 2 для загрузки и ориентации устанавливаемых в изделие деталей и загрузочно-транспортные лотки 8 и 13. Каж-

дое приспособление 2 выполнено в виде корпуса 1 с размещенным в нем набором подпружиненных цилиндрических оправок (уклон заходного конуса 10 – 15°), имеющих независимое перемещение. Возможно использование в приспособлении сжатого воздуха вместо пружин 7.

При перемещении установленного на транспортном устройстве приспособления 2 (рис. 7.6, а) к лотку 8 (рис. 7.6, б) с деталями 10 набор подпружиненных оправок 5, размещенных в корпусе 1, утапливается нижней частью этого наклонного лотка. При дальнейшем движении транспортера с приспособлениями 2 некоторые из оправок 5 под действием ранее сжатых пружин 7 входят через щель лотка 8 в отверстие детали 10, сцентрированной отсекателями 11 и поджимаемой сверху грузом 9 (рис. 7.6, в, г). Деталь 10 вместе с приспособлением 2, преодолевая сопротивление подпружиненных отсекателей 11 и груза 9, перемещается дальше. Ее базирование по торцу 4 опорной пластины 6 втулки 3 приспособления 2 осуществляется под действием силы тяжести, а для легких деталей – еще и сил магнетизма или разрежения.

Деталь 10 центрируется конусной частью одной из оправок. В таком положении эта деталь поступает к лотку 13 с подшипниками 12 (см. рис. 7.6, б). При их загрузке базирование подшипников 12 осуществляет только та оправка 5, которая ранее попала в отверстие шестерни 10. В остальном последовательность работы приспособления 2 и лотка 13 та же, что и при загрузке и центрировании шестерни 10. Лоток 13 располагают выше лотка 8 для обеспечения свободного продвижения под ним самой высокой из ранее установленных шестерней 10. По окончании установки подшипника 12 одна из оправок 5, которая ранее попала в отверстие шестерни 10, центрирует подшипник 12 и вывевляет его положение относительно оси посадочного отверстия шестерни 10. В таком положении соединяемые детали вместе с приспособлением 2 поступают под пуансон прессы, где подшипник 12 запрессовывается в шестерню 10. Далее, если необходимо, в собираемое изделие устанавливают и другие детали.

Разработанные технологические процессы и универсальное оборудование для серийного производства обеспечивают высокоэффективную автоматическую сборку различных изделий, в т. ч. и на роторных сборочных машинах.

Высокая эффективность процесса обеспечивается за счет исключения затрат времени и средств на переналадку оборудования, применения типовой технологической оснастки и универсальных сборочных машин пониженной точности.

Такие самопереналаживающиеся сборочные устройства применяют не только в РФ, но и за рубежом, в частности, при запрессовке направляющих втулок и седел клапанов в головки блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Автоматизация сборки изделий – одно из важнейших направлений работ в машиностроении, поскольку трудоемкость сборочных работ составляет 25 – 30 % общей трудоемкости изготовления продукции в машиностроении и более 50 % в приборостроении.

Автоматизация сборки обеспечивает значительное снижение трудоемкости и повышение стабильности качества собранных изделий, а также улучшение условий труда.

Решение этой задачи необходимо начинать на этапе проектирования изделия, с тем чтобы обеспечить технологичность его конструкции для условий автоматизированного производства.

При разработке конструкции изделия следует учитывать тенденции к упрощению их сборки путем сокращения числа деталей за счет их объединения и применения упругих элементов. Соединяемые детали должны иметь конфигурацию, облегчающую их автоматическое соединение, ориентацию и транспортирование.

Во всех случаях целесообразно изучить возможность применения манипуляторов с 2 – 4 степенями подвижности. При коротких траекториях движения возможно использование манипуляторов даже при одно- и многорядных магазинах и таре без ячеек. В тех случаях, когда траектория движения носит переменный характер, возникает необходимость в применении сборочных ПР.

Сборочные роботы целесообразно использовать для установки большого числа одинаковых деталей, ввинчивания резьбовых деталей, подачи их из ячеек многорядных кассет-магазинов, а также для укладки изделий в многорядную тару, т. е. во всех случаях, когда необходима сложная пространственная траектория движения рабочего инструмента и устанавливаемой детали, которая не может быть реализована посредством кулачковой системы управления. Сборочные ПР должны обеспечивать простое программирование по двум координатам, а следовательно, сокращение сроков подготовки производства и обеспечение надежности работы.

Для изготовления мелких изделий, содержащих две–четыре детали, можно использовать универсальные автоматические сборочные машины. Они рентабельны, если выполняется 0,5 – 1,0 млн. сборок в год при соединении деталей с зазором, и 0,2 – 0,6 млн., если производится запрессовка, завальцовка или свинчивание деталей. Если требуется высокая производительность, то целесообразно использовать автоматические сборочные машины роторного типа производительностью до 3600 изделий в час.

Для изделий небольших и средних размеров будут применяться специализированные автоматические сборочные машины с поворотными столами периодического вращения с числом позиции до 8, предназначенных для установки 2 – 5 деталей. Точность позиционирования поворотных столов $\pm (0,025 - 0,050)$ мм. Затраты времени на поворот стола от одной позиции к другой 1 – 6 с. Производительность автоматических сборочных машин такого типа до 1800 шт./ч.

Для сборки изделий средних размеров, состоящих из 5 – 10 деталей, нужен транспорт с независимой работой отдельных позиций автоматической сборочной машины (производительность 1100 – 1200 шт./ч).

При соосном расположении деталей в ряде изделий возможна автоматизация их сборки на одной и той же автоматической сборочной машине без значительных затрат времени на их переналадку.

Универсальность загрузочно-транспортных средств достигается применением на выходе из транспортных лотков упругих отсекателей, образующих конус или призму для центрирования и размещения по плоскости симметрии лотка любой устанавливаемой детали.

Ориентацию деталей простой конфигурации и малых размеров целесообразно осуществлять в вибробункерах, в т. ч. и при подаче разных деталей, а деталей сложной конфигурации, крупных и средних размеров – путем подачи их из кассет-магазинов посредством манипуляторов и ПР.

Задача достижения точности относительного положения соединяемых деталей и переналадки оборудования должна решаться на основе получения информации о соединяемых деталях. Это исключает затраты на создание и эксплуатацию дорогостоящих программных устройств и не требует затрат времени на переналадку сборочного оборудования. Наиболее успешно эта проблема решается путем использования приспособлений с набором коническо-цилиндрических оправок.

Захват детали и готового изделия легко обеспечивается при оснащении захватного устройства ловителями в виде направляющих элементов, имеющих расширенную захватную часть, облегчающую поиск объекта.

При организации гибкого автоматизированного производства для многоменклатурной сборки изделий следует стремиться к применению высокопроизводительного универсального оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рабинович, А.Н. Автоматизация механосборочного производства / А. Н. Рабинович. – Киев: Высшая школа, 1969. – 542 с.
2. Корсаков, В.С. Автоматизация производственных процессов / В. С. Корсаков. – М.: Высш. шк., 1978. – 295 с.
3. Кузнецов, М.М. Автоматизация производственных процессов. / М. М. Кузнецов. – М.: Высшая школа, 1978. – 430 с.
4. Малов, А.Н. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов / А. Н. Малов, Ю. В. Иванов. – М.: Машиностроение, 1974. – 368 с.
5. Малов, А.Н. Загрузочные устройства для металлорежущих станков / А. Н. Малов. – М.: Машиностроение, 1972. – 480 с.
6. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы: справочник / Ю. Г. Козырев. – М.: Машиностроение, 1983. – 376 с.
7. Бутройд, П. Проектирование изделий с учетом требований сборки: справочник конструктора / П. Бутройд, П. Дьюхерст. – М.: Машиностроение, 1983. – 512 с.
8. Ванзе, М. Автоматизация сборки путем робототехники / М. Ванзе // Станки и инструмент. – 1988. – № 10. – С. 27–29.
9. Георгиев, Л. Технологии и оборудование для автоматическое сборки / Л. Георгиев // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1988. – № 19. – С. 30–32.
10. Гусев, А. А. Основные принципы построения сборочных гибких производственных систем / А. А. Гусев. – М.: Машиностроение, 1988. – 52 с.
11. Гусев, А. А. Автоматизация сборки / А. А. Гусев. – М.: Знание, 1987. – 64 с.
12. Гусев, А. А. Автоматизация сборочных работ в РФ и за рубежом / А. А. Гусев. – М.: ИНИИТЭИ приборостроения, 1985. – 56 с.
13. Гибкие сборочные системы / под ред. У. Б. Хегинботами. – М.: Машиностроение, 1988. – 400 с.
14. Новые разработки и исследования // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1988. – № 19. – С. 82–86.
15. Соломенцев, Ю. М. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей / Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1986. – 140 с.
16. Гусев, А. А. Технология машиностроения / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
17. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для втузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.
18. Волчкевич, Л.И. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие / Л.И. Волчкевич. – М.: Машиностроение, 2005. – 380 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ.....	3
2. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ И СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ	6
3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ	12
4. ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ И СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ	19
5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	22
6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАТКА СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	33
7. ПРОГРЕССИВНОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	44
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	56