Краткий конспект лекций по дисциплине

«Технологические основы автоматизированного

производства»

**Тема 1 Автоматизированные технологические процессы и оборудование, основные этапы автоматизации машиностроительного производства**

**Лекция 1 (2 часа )**

**Основные понятия механизации и автоматизации Эволюция автоматизированных производственных систем**

Под *автоматизацией* производства понимают применение энергии неживой природы в производственных процессах или их частях с управлением ими без участия человека для повышения производительности, снижения себестоимости, улучшения условий труда, качества изделий и т.д.

Под *механизацией* производства понимают применение энергии неживой природы в производственных процессах или их частях, управляемых человеком для тех же целей. Таким образом, различие между этими понятиями заключается в субъекте управления производственным процессом.

Качественную оценку механизации и автоматизации производят по виду, степени внедрения и категории.

**По виду** автоматизация бывает:

- частичная и полная;

- единичная и комплексная;

- первичная и вторичная.

*Частичная автоматизация* охватывает замену ручного труда машинным в отдельных циклах работы оборудования или отдельных операциях технологического или производственного процесса. Например, станки-полуавтоматы, обработка деталей по упорам на токарно-револьверных станках.

*Полная автоматизация* охватывает автоматизацию всех циклов работы оборудования как основных, так и вспомогательных или технологических (производственных) процессов в целом, когда все функции контроля и управления выполняются автоматами. Например, станки автоматы, высоко автоматизированные ГПС.

*Единичная автоматизация* **-** автоматизация отдельных первичных частей технологического процесса изготовления изделия. Например, автоматизация механической обработки с ручной сборкой, автоматизация заготовительных операций без автоматизации операций окончательной обработки и сборки. Причем единичная автоматизация может быть как частичная, так и полная.

*Комплексная автоматизация* – автоматизация двух и более составных частей или всего ТП изготовления изделия (или системы технологических процессов). Например, автоматизация получения заготовки, механической обработки и сборки. Комплексная автоматизация также может быть полная или частичная.

*Первичная автоматизация* – автоматизация производственных или технологических процессов, ранее выполнявшихся с применением ручного труда.

*Вторичная автоматизация* **–** автоматизация производственных или технологических процессов, бывших ранее автоматизированными.

**По степени внедрения** можно выделить несколько вариантов автоматизации, различающихся широтой охвата технологических или производственных процессов:

1 – автоматизация единичной технологической (производственной) операции;

2 – автоматизация законченного технологического (производственного) процесса;

3 – автоматизация системы технологических (производственных) процессов, выполняемых на участке;

4 – автоматизация системы процессов в цехе;

5 – автоматизация системы процессов в группе однородных цехов;

6 – автоматизация на предприятии в целом;

7 – автоматизация в объединении предприятий или фирм;

8 – автоматизация в пределах административно-территориальных образований или отраслей производства.

**Категория автоматизации** определяет ее уровень в зависимости от степени замены ручного труда машинным, снижения численности рабочих, коэффициента многостаночного обслуживания и других показателей (табл.1).

Таблица 1

Основные категории автоматизации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень автоматизации | 0 | 0,01-0,25 | 0,25-0,45 | 0,45-0,6 | 0,6-0,75 | 0,75-0,9 | 0,9-0,99 | 1,0 |
| Категории автоматизации | нулевая | низкая | малая | средняя | большая | повышенная | высокая | полная |

Таким образом, при полной автоматизации присутствие человека (оператора) в управлении производственным (технологическим) процессом не требуется. Такое производство считается *автоматическим*.

Если часть производственного процесса выполняется автоматически, другая часть требует присутствия оператора, то такое производство называется *автоматизированным*.

Экономические преимущества автоматизированных систем связаны с реализацией их технических преимуществ, к которым относятся: повышение производительности труда; более рациональное использование материальных, трудовых и энергетических ресурсов; более стабильное качество продукции; сокращение срока технологической подготовки производства.

Повышение производительности труда достигается:

- за счет возможной круглосуточной работы оборудования;

- вследствие увеличения скорости протекания технологических и вспомогательных производственных процессов;

- за счет высвобождения рабочих.

**Развитие автоматизированных производственных систем** берет свое начало от автоматизации отдельных циклов работы оборудования (создание копировальных суппортов, устройств автоматической загрузки-разгрузки и зажима заготовок). На последующих стадиях были созданы станки-автоматы и полуавтоматы, агрегатные станки, автоматические линии, автоматические цеха и заводы в автомобильной, подшипниковой и некоторых других отраслях промышленности (20…30 годы XX века). Преимуществом производственных систем, созданных и функционировавших на данном этапе, являлось их высокая производительность, позволившая снизить затраты ручного труда и себестоимость выпускаемой продукции. Эти системы работали на основе механических, электрических или гидравлических систем управления, отличающихся относительной простотой конструкции. Недостатками первых автоматизированных систем являлись их низкая мобильность, сложность, а иногда и невозможность переналадки и перестройки, в связи с чем данные системы были ориентированы на крупносерийное и массовое производство.

На более позднем этапе (50…60 годы XX века) начинается развитие производственных систем «гибкой» автоматизации, созданных на базе станков с ЧПУ, электронно-вычислительной и микропроцессорной техники. Этот этап за 15…20 лет прошел стадии от создания отдельных станков с числовым программным управлением до создания гибких производственных модулей (ГПМ), включающих в себя не только основное технологическое оборудование, но и вспомогательные устройства (загрузки-разгрузки, накопительные, контрольно-измерительные и т.д.), а также до создания гибких производственных систем (ГПС), состоящих из совокупности гибких производственных модулей, объединенных единой управляющей транспортной, складской и другими автоматизированными вспомогательными подсистемами.

ГПС позволяет не только повысить мобильность производства при переналадке и перестраиваемости, но и существенно увеличить его производительность за счет сокращения всех составляющих штучно-калькуляционного времени изготовления изделий. Вследствие этого ГПС можно использовать во всех типах производства, но наибольший экономический эффект достигается в серийном и мелкосерийном производстве.

На современном этапе большое внимание уделяется созданию интегрированных производственных систем, автоматизирующих весь цикл создания изделия, начиная от научных исследований и проектирования до изготовления изделия и утилизации отходов. Принцип построения интегрированной системы машиностроительного предприятия включает:

- АСНИ - автоматизированную систему научных исследований;

- АСУП - автоматизированную систему управления предприятием;

- САПРк - систему автоматизированного проектирования конструкторской документации;

- АСТПП - автоматизированную систему проектирования технологической документации;

- САК – систему автоматизированного контроля качества изделий и функционирования ГПС;

- АСОТУ – автоматизированную систему оперативно-техноло-гического управления технологическими объектами гибкого автоматизированного производства (ГАП), состоящими из гибких производственных модулей (ГПМ), снабженных локальными системами управления и составляющих основу гибкого автоматизированного производства (ГАП).

Полностью интегрированное производство будущего (CIM – computer integrate manufacture) может охватывать не только производственный процесс предприятия, но и целые отрасли промышленности.

**Тема 2 Системы автоматического управления технологическим оборудованием**

**Лекция 2 ( 2 часа )**

**Классификация систем автоматического управления**

Автоматические системы управления можно классифицировать по следующим признакам:

I – по степени централизации команд управления;

II – по характеру распределения команд управления во времени;

III – по способности реагировать на изменение внешних условий;

IV – по виду программоносителя и алгоритму функционирования.

I. По степени централизации и месту выработки сигнала управления системы делятся на централизованные, децентрализованные и смешанные.

*Централизованные системы -* это системы, в которых сигналы управления вырабатываются и передаются с единого (центрального) устройства (командоаппарата). Например, в системах числового программного управления (ЧПУ) таким устройством является фотосчитывающее устройство или процессор, в системах с кулачковыми распределенными валами – вращающийся с постоянной скоростью кулачковый вал.

Достоинством централизованных систем являются надежность работы, простота переналадки (смена программы) и обслуживания.

Недостаток централизованных систем связан с возможностью нарушения хода технологического процесса или последовательного действия рабочих органов управляемого объекта в результате сбоев (нарушений) на передающих и преобразующих элементах системы.

*Децентрализованные путевые системы управления* - это системы, в которых команды управления вырабатываются и передаются последовательно с различных независимых командных устройств. Например, система управления с упорами, в которой управляющие команды считываются при контакте упоров с различными датчиками в процессе движения рабочих органов. При этом каждое последующее действие рабочего органа невозможно без окончания предыдущего.

Достоинством децентрализованных систем является отсутствие аварийных ситуаций при возникновении сбоев на отдельных участках программы. В этом случае происходит остановка рабочих органов управляемого объекта. К недостаткам относится сложность настройки (переналадки).

*Смешанные системы управления* - системы, в которых часть команд управления вырабатывается централизованно, и, соответственно, управление отдельными циклами работы оборудования осуществляется централизованно, а часть децентрализованно. Например, при управлении агрегатными станками силовые головки управляются по децентрализованному принципу; поворотный стол по централизованному (от распределительного вала).

II. По характеру распределения команд управления во времени системы делятся на непрерывные и дискретные.

В *непрерывных системах управления* команды на исполнительные органы представляют собой непрерывную функцию от времени и сигнала управления. Обычно непрерывно во времени протекают процессы и в реальных технических объектах. Примером непрерывных систем являются системы управления с копирами, кулачковыми распределительными валами.

*Дискретные системы,* в которых команды управления прерываются во времени и передаются исполнительным механизма импульсами через определенные промежутки времени. Примерами дискретных систем являются системы управления с упорами, системы числового программного управления.

III. По способности реагировать на изменение внешних условий системы можно разделить на разомкнутые, замкнутые (с обратной связью) и адаптивные.

Структурная схема *разомкнутой системы управления* представлена на рис.3.

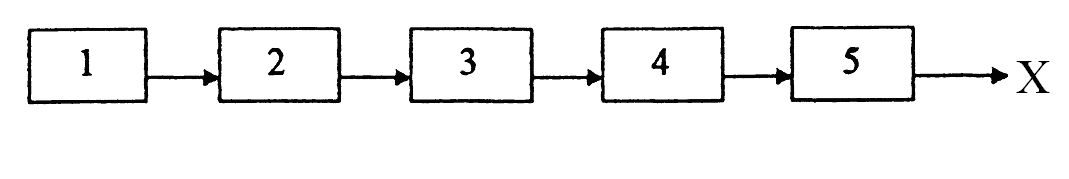


Рис.3. Структура системы управления разомкнутого типа

*1-й блок -* программоноситель, содержащий запись команд управления. В качестве программоносителя могут выступать: магнитные носители; кулачки распределительного вала; перфолента и др.

*2-й блок -* считывающее устройство, предназначено для считывания команд с программоносителя. Оно может выполняться в виде щупа копировального устройства, толкателя, фотосчитывающего устройства, электронных блоков и интегральных микросхем в зависимости от типа системы управления.

*3-й блок -* передаточно - преобразующее устройство, в функции которого входит усиление и преобразование сигнала считывающего устройства в форму, воспринимаемую исполнительными механизмами оборудования. Такими устройствами могут являться: операционные системы, цифроаналоговые преобразователи (для систем ЧПУ); шарнирно-рычажные и реечные механизмы; гидропреобразователи и усилители и т.д.

*4-й блок -* исполнительные механизмы – гидравлические и электрические приводы.

*5-й блок -* рабочие органы оборудования.

В системах, использующих принцип разомкнутого управления,требуемый закон изменения регулируемой величины обеспечивается непосредственно преобразованием сигнала от программоносителя, а алгоритм управления не учитывает возмущающих воздействий на объект или изменения параметров самого объекта управления.

Так как всегда есть вероятность неожиданного изменения характеристик объекта или элементов системы, точность разомкнутых систем определяется стабильностью составляющих элементов.

При управлении такой системой технологического оборудования не контролируется истинное положение рабочих органов оборудования, что упрощает систему, но снижает точность обработки. Схема имеет вид разомкнутой цепочки, что и определило название принципа управления. Эти системы обладают предельным быстродействием, просты в изготовлении и эксплуатации, дешевы и надежны, поэтому широко распространены.

Разомкнутое управление типично для систем дискретного действия типа переключателей и их комбинаций (реле, логические элементы И, ИЛИ, НЕ). Такой сложнейший аппарат, как современная ЭВМ, работает по этому принципу: по командам программы данные из памяти поступают в процессор и обрабатываются в нем, результат передается обратно в память. Конечно, предусмотрен контроль правильности работы ЭВМ, но в случае сбоя выдается только сигнал остановки работы, как и в простейших устройствах автоматики.

Структурная схема *замкнутой системы управления* представлена на рис.4.

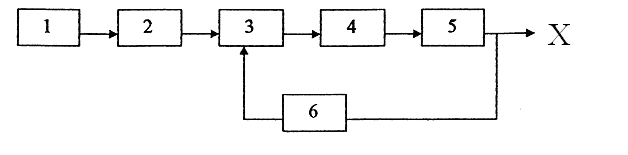


Рис.4. Структура системы управления с обратной связью

Включенный в систему *6-й блок* представляет собой систему датчиков, контролирующих возмущения или истинное перемещение рабочих органов. К этой группе относятся системы, способные настраиваться на условия функционирования системы.

- *Системы, основанные на принципе компенсации* (или управление по возмущению), контролируют возмущающие факторы и вносят коррективы в алгоритм управления. Следует подчеркнуть, что компенсировать можно только измеряемые возмущения. Сигнал от датчика, замеряющего возмущающий фактор, поступает на регулятор и корректирует управляющее воздействие таким образом, что влияние возмущения на объект управления компенсируется изменением управления.

Управление по возмущению нашло широкое применение, например, при автоматической коррекции настройки станка на размер по результатам замера износа инструмента.

Системы, работающие по принципу компенсации, просты, обладают высоким быстродействием, реагируют на некоторые возмущения. Однако их гибкость также невелика: они реагируют только на те возмущения, учет которых предусмотрен конструкцией системы.

Системы автоматического регулированияконтролируют состояние регулируемого объекта и формируют управляющее воздействие по результатам сравнения требуемого *Х3* и реального *X* значений регулируемого параметра (см. рис.4).

Заданное блоком 3 положение рабочего органа сопоставляется в блоке сравнения с реальным положением, известным из показаний датчика обратной связи 6 (см. рис.4). Рассогласование усиливается усилителем и передается на исполнительный механизм. Обычно чем больше рассогласование, тем больше крутящий момент, скорость вращения двигателя и подача. При приближении рабочего органа к заданному положению подача, пропорциональная рассогласованию, автоматически уменьшается, что обеспечивает точность позиционирования рабочего органа. Схема имеет вид замкнутой цепи и часто называется схемой *управления по замкнутому контуру*.

Значение выходного параметра передается обратно в начало схемы по так называемой цепи *обратной связи.* Так как при вычислении рассогласования Δ*Х* значение выходного параметра *X* вычитается из заданного значения *Х3,* такая обратная связь называется отрицательной (ООС).

Схемы управления с ООС одинаково эффективны как для программного управления, так и для компенсации возмущений со стороны окружающей среды. Недостатками систем с обратной связью являются низкое быстродействие, опасность резонансных явлений и потери системой устойчивости (лавинообразного нарастания амплитуды внутренних колебаний в системе, например, вибраций), что ведет к разрушению регулируемого объекта.

В сложных системах типа современного станка с ЧПУ применяется комбинированное управление, сочетающее принципы разомкнутого и замкнутого управления и обеспечивающее быструю реакцию на основные возмущения и точное автоматическое регулирование независимо от причин, вызвавших отклонение.

*Адаптивные системы управления* обеспечивают автоматическое приспособление своих параметров к изменяющимся условиям функционирования объекта управления. В процессе работы они могут менять свои параметры, структуру, алгоритм работы, что расширяет область устойчивости таких систем. Например, при обработке деталей на металлорежущих станках припуск, твердость материала, жесткость технологической системы и другие изменяются. Рабата с постоянными режимами резания при разбросе исходных параметров вызывает значительные колебания сил резания, что наряду с изменением жесткости технологической системы вызывает существенные колебаний ее упругих перемещений и способствует возникновению погрешностей обработки деталей. Случайный характер изменения припуска способствует быстрому изнашиванию режущего инструмента, а в критической ситуации – его поломке.

На рис.5 показана структурная схема адаптивной системы управления, содержащей дополнительный блок датчиков 7, регистрирующих и преобразующих случайные возмущения хода технологического процесса. Данные отклонения регистрируются, как правило, по косвенным параметрам – увеличению силы резания, крутящего момента на шпинделе, отбираемой мощности приводом и т.д.

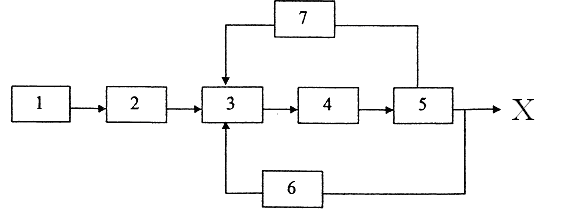


Рис.5. Структура системы адаптивного управления

Можно выделить три разновидности адаптивных систем управления с автоматическим регулированием.

1. Система *предельного управления* автоматически поддерживает постоянное значение регулируемого параметра (например, крутящего момента на шпинделе, силы или мощности резания) при изменении условий процесса, получая от датчика 7 сигнал, соответствующий действительному значению этого параметра. Процесс стабилизации осуществляется увеличением или уменьшением подачи *S* (на величину Δ*S),* скорости резания *V* (на величину Δ*V*) или глубины резания *t* (на величину Δ*t*). Наиболее широко распространены простые системы управления, в которых регулируемой величиной принимают только подачу *S*.

2. Система автоматического управления *по программе* изменяет регулируемый параметр согласно определенному заданному закону. Например, зная закон изменения жесткости по длине детали, можно задать автоматическое изменение нагрузки на резец по этому закону.

3. Адаптивная система *оптимального управления* обеспечивает оптимальное выполнение технологического процесса при различных условиях его протекания. Примером может служить автоматический поиск и поддержание таких сочетаний скорости резания и подачи, при которых обеспечивается необходимое значение целевой функции обработки (точность, производительность или себестоимость) при наличии технических ограничений и возмущающих воздействий (колебаний припуска, твердости материала деталей, режущих свойств инструмента и др.). К техническим ограничениям можно отнести максимальные и минимальные значения подач, частот вращения шпинделя, скоростей резания, допустимые значения глубины резания, уровень вибрации и пр.

Адаптивные системы применяются на фрезерных станках при обработке сложных деталей концевыми фрезами небольшого диаметра, на токарных станках при обработке фасонных, ступенчатых валов, на электроэрозионных станках и др.

IV. По виду программоносителя и алгоритму функционирования системы управления разделяются на системы управления с упорами, с кулачковыми распределительными валами, с копирами; системы программного управления на системы циклового программного управления (ЦПУ) и системы числового программного управления (ЧПУ).

**Лекция 3 (2 часа)**

**Аналоговые системы управления**

В системах управления с упорами программа задается расположением упоров в пазах сменных линеек и дисках, находящихся на движущихся рабочих органах оборудования или на вращающихся валах. Программа считывается путем контакта упоров с датчиками, расположенными на неподвижных элементах или узлах оборудования (рис.6).

При воздействии упоров на путевые переключатели последние механическими, электрическими, гидравлическими и реже пневматическими сигналами передают команды на соответствующий привод исполнительного механизма (переключение подачи, частоты вращения, остановки станка, закрепление и раскрепление обрабатываемой детали или собираемого изделия и т.д.).

*S*

*1*

*2*

*3*

*4*

а)ΔХ = Х3 - Х

*4*

*5*

*3*

*ω*

б)

Рис.6. Системы управления с упорами: а - с линейным движением упоров; б - с круговым движением упоров; 1 – рабочий орган; 2 – сменная линейка; 3 – упор; 4 – контактный датчик; 5 – вращающийся диск

Перемещая упоры 3 (см. рис.6,а) по продольному пазу линейки, задают длину перемещения и исходное положение рабочего органа. Путевые 4 датчики электрического или другого типа располагают обычно на станине станка.

На рис.6,б показана схема управления циклом работы станка от вращающихся упоров. Деталь обрабатывается за один оборот диска 5, в пазах которого закреплено нужное число упоров 3. Каждый упор нажимает на рычаг 4 определенного конечного выключателя 4, передающего соответствующую команду (на переключение подачи с ускоренной на рабочую, на остановку стола и шпинделя, раскрепление готовой детали и т. д.).

Точность останова рабочих органов зависит от массы подвижных частей, их скорости, жесткости системы и быстроты срабатывания механизмов отключения движений, надежности устройств передачи сигналов останова. Упоры со стальными закаленными поверхностями в зависимости от требуемой точности остановки и назначения (путевое переключение или останов на жесткий упор) вы-полняют различными по конструкции и оснащают регулировочными устройствами. Например, микрометрический винт позволяет проводить регулировку с точностью до ±0,005 мм.

Важным звеном системы управления с упорами является чувствительный элемент (датчик), фиксирующий момент выполнения заданного перемещения. В качестве таких датчиков для управления электрическими цепями применяют конечные или путевые контактные и бесконтактные выключатели (переключатели). Датчики подают команды в электрические цепи системы управления станками, согласно которым включаются и выключаются электродвигатели, электромагниты, гидро- и пневмораспределители, другие исполнительные механизмы рабочих органов.

В гидравлических и пневматических приводах рабочих органов и защитных устройств для изменения потоков рабочей жидкости (масла) или воздуха часто применяют датчики гидравлического или пневматического типа.

Устройства, предназначенные для преобразования сигналов в системе, называют передаточно-преобразующими звеньями.

Так, для усиления электрических сигналов или их разветвления в системах широко применяют электромагнитные реле, работающие на постоянном или переменном токе. Их катушки обычно питаются током малого напряжения, а через контакты могут проходить токи высокого напряжения и большой силы. С целью разветвления сигналов применяют много контактные реле. Реле, применяющиеся для переключения мощных цепей тока, называют поляризованными.

Полупроводниковые усилители (тиристоры) отличаются большим коэффициентом усиления и малыми потерями мощности.

В приводах гидравлического типа для увеличения давления или расхода рабочей жидкости применяют гидравлические усилители. К ним относятся управляемые сигналами малой мощности гидрораспределители электрического, гидравлического, электронного, пневматического и комбинированного типа. Расходом жидкости или воздуха управляют дроссели с ручным, механическим или электрическим (электронным) приводом.

Системы управления с копирами широко применяют главным образом для управления процессом обработки детали с плоским и объемным криволинейным профилем по одной или двум (трем) координатам. Это системы, в которых программа обработки представлена в виде физического аналога (копира, шаблона, модели). В простейшем случае копиром можно считать инструмент (фасонный резец, модульную дисковую фрезу, протяжку).

Копировальные системы обычно делят на две основные группы – механические (силовые) и следящие.

В механических (силовых) копировальных системах копир выполняет две функции: управления рабочим перемещением инструмента и механизма подачи инструмента. В таких конструктивно простых системах копир и инструмент жестко соединены. Непосредственное восприятие рабочей нагрузки копиром приводит к его интенсивному изнашиванию и снижению точности обработки. В связи с этим копир следует изготовлять из высокопрочного материала с последующей термообработкой.

В следящих системах копир выполняет только функции управления. Между копиром и инструментом устанавливают гидравлический или электрический усилитель. Копир воспринимает очень незначительные нагрузки, а в некоторых случаях (в фотоэлектрических системах) они вообще на него не действуют. Поэтому для изготовления этого элемента можно использовать менее прочные материалы (например, дерево, гипс, бумагу).

Следящая копировальная система позволяет управлять мощными исполнительными органами станка с помощью маломощных элементов управления (контактных и бесконтактных датчиков). При перемещении контактных датчиков вдоль копира щупы непосредственно контактируют с копиром. Изменение формы копира приводит к перемещениям щупа, который воздействует на преобразователи сигналов электрического, гидравлического, индуктивного и других типов.

Для усиления полученных сигналов применяют усилители, тип которых соответствует приводу. Сигналы воздействуют на приводы, вызывая перемещение исполнительных органов по закону, определенному формой копира.

Наибольшее распространение получили следящие гидрокопировальные системы, применяемые в токарно-копировальных автоматах и полуавтоматах (рис.7).

*n*

*7*

*9*

*6*

*Sпоп*

*Sпр*

*1*

*2*

*3*

*Sсл*

*4*

*5*

*8*

Рис.7. Схема следящей гидрокопировальной системы: 1 – копир; 2 – щуп золотникового устройства; 3 – золотниковое устройство; 4 – силовой гидроцилиндр; 5 – поршень силового гидроцилиндра; 6 – резцедержатель поперечного суппорта; 7 – деталь; 8 – продольный суппорт станка; 9 – инструмент (резец)

При движении продольного суппорта токарного станка с продольной подачей *Sпр* влево, щуп золотника 2 движется по копиру влево вверх со следяющей подачей *Sсл*. При этом в золотнике 3 открывается перепускной канал, подающий масло из гидросистемы в нижнюю полость силового цилиндра 4, и поршень силового цилиндра перемещает каретку поперечного суппорта с резцедержателем 6 с поперечной подачей *Sпоп*. При этом на обрабатываемой детали 7 копируется форма копира.

В системах управления с кулачковыми распределительными валами программа задается формой кулачка или сменными кулачками,

располагаемыми на вращающемся распределительном валу. Вал вращается с постоянной скоростью, и за один оборот вала осуществляется полный цикл работы оборудования, например, обработки детали на металлорежущем станке.

Кулачковые системы сраспределительным валом (РВ) - это надежные механические системы со сложным формообразованием. В этих системах программоносителями служат модели-аналоги обработки в виде кулачков 1 (рис.8) с запрограммированными профилями.

*S*

*2*

*3*

*1*

*ω*

Рис.8. Схема управления с кулачковым распределительным валом: 1 - кулачек барабанного типа (цилиндрический); 2 – пружинно-рычажный механизм; 3 - рабочий орган

Суммирование или синхронизация движений происходит за счет установки необходимого числа кулачков и их закрепления на общем распределительном валу. При его вращении движение от рабочих профилей кулачков дискового или барабанного (цилиндрического) типа через передающие механизмы передается исполнительным органам (см. рис.8). Изменяя профиль кулачков, можно получить любой закон изменения траектории рабочих органов. Кулачок обеспечивает строго дозированное прямое и возвратное перемещение, являясь одновременно программоносителем и тяговым устройством (частью привода). Он не только управляет перемещением, но и подает отдельные цикловые команды (на изменение направления движения, характера подачи и т.д.). Кулачки профилируют (программируют) по ранее разработанной программе (циклограмме) обработки деталей, для чего общее время обработки (один оборот РВ) распределяют между отдельными элементами цикла, а кулачок делят на определенное число частей. В зависимости от времени цикла обработки и сложности деталей системы управления кулачковых автоматов выполняют по трем основным структурам.

1. С постоянной скоростью вращения РВ. Доля времени вспомогательных ходов в цикле обработки постоянная. Эту структуру используют для изготовления мелких и несложных деталей со временем цикла обработки не более 30 с. Такая продолжительность достигается при частоте вращения РВ не менее 1,5...2 мин–1.

2. С двумя частотами вращения РВ (для рабочих подач и вспомогательных ходов). При увеличении времени цикла обработки продолжительность ходов возрастает. Уменьшить ее изменением угла наклона профиля кулачка нельзя из-за возможного заклинивания толкателя. В связи с этим участку профиля вспомогательных ходов должно соответствовать ускоренное (от 6 до 30 мин–1) вращение РВ.

3. С двумя РВ (основным и вспомогательным). Если в течение цикла обработки необходимо неоднократно выключать какое-либо исполнительное устройство (например, шестипозиционную револьверную головку), используют вспомогательный РВ, включаемый от кулачка основного РВ требуемое число раз. При этом выполнить кулачок необходимого профиля для его установки на основном валу невозможно или нецелесообразно.

Переналадку кулачковых систем на новую программу осуществляют изменением профиля кулачков или соотношения длин рычагов, передающих движение от кулачка постоянного профиля исполнительному органу, заменой накладных кулачков или самого РВ.

В качестве промежуточных механизмов, кроме рычажных, плунжерных и других механизмов, используют золотники, электроконтактные выключатели и др.

**Лекция 4 ( 4 часа )**

**Системы программного управления**

Системы программного управления разделяются на:

- системы циклового программного управления (ЦПУ) (рис.10);

- системы числового программного управления (ЧПУ).

Отличительной особенностью системы ЦПУ является то, что программно в буквенно-цифровом коде задается только технологическая информация (направление перемещений, включение/выключе-ние приводов). Геометрическая информация (величина перемещений, координаты позиционирования рабочих органов) задается расположением упоров, как в системах управления с упорами.

*2*

*3*

*4*

*1*

*6*

*5*

Рис.10. Структура системы циклового программного управления: 1 - устройство ввода программы; 2 - запоминающее устройство (память циклов); 3 - электроавтоматика оборудования; 4 - исполнительные механизмы; 5 - рабочий орган; 6 - система датчиков

Программа в виде последовательности движений в цикле вводится в блок 2 непосредственно на рабочем месте и хранится там же. Последовательное считывание кадров программы происходит при контакте соответствующего датчика с упором и поступлении сигнала в блок 1. Обработка каждого последующего кадра программы осуществляется после окончания предыдущего. Блок 3 преобразует сигнал в форму и величину, воспринимаемую исполнительными механизмами рабочего органа.

Единый буквенно-цифровой код отсутствует, и каждое устройство ЦПУ имеет свой язык составления программы. Можно считать, что система ЦПУ занимает промежуточное положение между системой ЧПУ и системой управления с упорами.

В системах ЧПУ как технологическая, так и геометрическая информация задается программно. Эти системы являются в настоящее время основными для целей автоматизации как технологического оборудования, так и производственных процессов в целом.

Системы ЧПУ по своему *уровню и технологическим возможностям* разделяются на системы первого, второго, третьего и четвертого поколения.

*Системы первого поколения*, работающие на магнитной ленте с аналоговой записью информации, в настоящее время не применяются.

*Системы второго поколения* – типа NC (Numerical control - числовое управление) характеризуются заданием программы на перфоленте и аппаратной реализацией функции управления

*Системы третьего поколения* CNC (Computer numerical control – компьютерное числовое управление) в настоящее время являются наиболее современными системами для управления всеми типами производственного оборудования. В данных системах задачи числового программного управления решаются процессором ЭВМ.

Фактически система ЧПУ типа CNC – это приспособление, управляющее ЭВМ для решения задач числового программного управления.

Компьютерные системы разделяются на системы типа:

- НNC (Handle NC) -ручное числовое управление, характеризуется вводом управляющей программы непосредственно на рабочем месте с пульта оператора. В нашей стране системы НNCназываются оперативными системами управления;

- VNC (Voice NC) -голосовые системы, характеризуются заданием управляющей программы голосом оператора;

- TNC (Total NC) характеризуются расширенной памятью, наличием периферийных устройств.

Данные системы позволяют подключать внешние устройства, производить (при наличии соответствующего программного обеспечения) виртуальную обработку деталей, упростить отладку управляющих программ, расширить возможность общения оператора с системой.

Преимуществом систем ЧПУ типа CNC является их широкая универсальная возможность управления практически любыми объектами, мобильность в переналадке. Данные системы постоянно совершенствуются.

*Системы четвертого поколения* типа DNC (Direct NC) - прямое числовое управление, предназначены для управления комплексами технологического и производственного оборудования. В частности, системы управления данного типа используются в качестве информационно-управляющих систем ГПС.

ЭВМ

CNC

CNC

CNC

TO

TO

TO

…

…

двухуровневая система

Рис.11. Структура двухуровневой системы ЧПУ типа DNC

Эти системы строятся по многоуровневому принципу, т. е. ЭВМ высшего порядка управляет ЭВМ низшего порядка. Наибольшее распространение получили двухуровневые системы (рис.11), в которых центральный компьютер осуществляет управление (ввод управляющих программ) системами ЧПУ типа CNC технологических объектов (ТО).

Системы ЧПУ по *характеру управления перемещением рабочих органов* делятся на позиционные, контурные и комбинированные.

К *позиционным системам* программного управления относятся такие системы, в которых траектория и скорость движения не программируются, а задаются только начальное и конечное положения управляемого органа станка. Эти системы служат только для совершения установочных движений. В этих системах траектория перемещения рабочего органа может быть произвольной. Требования по точности предъявляются только к конечному положению рабочего органа (координатно-расточные станки, сверлильные, толкатели в транспортных системах и т. д.).

К *контурным системам* относятся системы, в которых производится непрерывное управление движением исполнительных органов станка по двум или более координатам, благодаря чему обеспечивается возможность обработки криволинейных контуров или поверхностей. В этих системах требования по точности предъявляются к траектории перемещения рабочего органа и к текущему положению его в каждый момент времени. Контурными системами управления снабжаются токарные, фрезерные, шлифовальные и другие станки.

*Комбинированные системы* управления сочетают оба принципа (позиционного и контурного) управления. Ими обеспечиваются многоцелевые станки (типа обрабатывающих центр).

Обычно числовое программное управление указывается буквой Ф в обозначении модели станка:

Ф2 – позиционные системы ЧПУ;

Ф3 – контурные системы ЧПУ;

Ф4 – комбинированные системы ЧПУ.

Любая система ЧПУ должна решать сложный *состав задач числового программного управления,* основными из которых являются:

1. Ввод и хранение системного программного обеспечения, определяющего алгоритм функционирования системы ЧПУ. Задача актуальна для многоцелевых, компьютерных систем. Настройка системы для решения определенного круга задач осуществляется однократно путем ввода информационного массива с перфоленты, магнитного диска или по каналам связи с ЭВМ верхнего уровня. Алгоритм функционирования систем NC(2-го поколения) задан жестко при конструировании соответствующего устройства ЧПУ.

2. Ввод и хранение управляющих программ. Управляющая программа - совокупность команд в буквенно-цифровом коде (на языке УЧПУ), обычно в коде ИСО вводится с перфоленты, магнитного носителя, с клавиатуры или по каналу связи с ЭВМ верхнего уровня.

3. Реализация циклов. Выделение повторяющихся (стандартных) участков программы, называемых циклами, является эффективным методом сокращения управляющей программы. Они характерны для определенных технологических операций (точения цилиндрических поверхностей, с образованием фасок и галтелей, сверление, нарезание резьбы и т.д.).

4. Интерпретация кадра. Управляющая программа состоит из составных частей – кадров. Кадр состоит из совокупности команд отрабатываемых УЧПУ одновременно. Отработка очередного кадра требует определенных предварительных процедур, причем при реализации контурного управления интерпретация по i+1 кадру.

5. Интерполяция. Под интерполяцией понимают получение с требуемой точностью координат промежуточных точек траектории движения по координатам крайних точек и заданной функции интерполяции (закона движения). В системах NC эту задачу решает интерполятор - специализированная ЭВМ, в системах CNC-процессор.

6. Управление приводами подач. Сложность управления зависит от типа привода. В общем случае задача сводится к организации цифровых, позиционных следящих систем для каждой координаты перемещения. На вход системы подаются коды, соответствующие результатом интерполяции. Этим кодом отвечает линейное или угловое перемещение.

7. Коррекция на размеры инструмента. Коррекция сводится к параллельному переходу координат, т.е. смещению траектории движения инструмента. Учет фактического радиуса инструмента сводится к формированию траектории эквидистантой, заданной в программе.

8. Логическое управление. Это управление технологическими узлами дискретного действия, входные сигналы которых производят операции типа «включить», «выключить», и выходные фиксируют состояние «включено», «выключено».

9. Управление приводом главного движения. Управление предусматривает включение-выключение и стабилизацию скорости.

10. Cмена инструмента. Задача характерна для станков типа обрабатывающий центр и связана с поиском инструмента в инструментальном магазине и замене обработанного инструмента.

Этот перечень задач для современных систем ЧПУ может быть дополнен коррекцией погрешностей механических и измерительных устройств, адаптивным управлением, автоматическим встроенным контролем, информационным обменом с ЭВМ верхнего уровня, диагностикой состояния оборудования и самой системы, информационной связью с оператором, накоплением статистической информации (фиксация текущего времени, учет выпущенной продукции и т.д.).

На рис.12 показана структурная схема системы ЧПУ типа CNC. Ее структура повторяет структуру управляющей ЭВМ с устройствами сопряжения с управляемым объектом.

ВУ

КО1

ОУ

Р

ПЗУ

ОЗУ

Т

ЭВМ

КО2

ЦАП

АЦП

ОУ

П

ШИ

ЗУ

УСО

УСО

Рис.12. Структурная схема системы ЧПУ типа CNC: ВУ - внешние устройства; К01, К02 - контроллеры обмена; ОУ - операционное устройство; Р - регистры и внутренняя память; П - процессор компьютера; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; Т – таймер; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ОУ – объект управления; УСО – блоки устройства сопряжения с объектом; ШИ – шинный интерфейс

Системное программное обеспечение (СПО), определяющее алгоритм работы системы, вводится и хранится в ПЗУ на стадии изготовления системы или ее отладке (многоцелевые системы). Различают перепрограммируемые (многоцелевые) и неперепрограммируемые системы. В неперепрограммируемых системах СПО определяет определенный (заранее заданный) круг объектов, для которых данная система предназначена. Перепрограммируемые системы широко универсальны и предназначены для управления любыми объектами.

В ОЗУ вводятся и хранятся управляющие программы по изготовлению конкретных деталей, ввод которых может осуществляться как с пульта оператора непосредственно на технологическом оборудовании, так и с магнитного диска или по каналам связи из «архива».

Таймер предназначен для осуществления функции управления в масштабе реального времени.

Аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи составляют основу устройств сопряжения с объектом и предназначены для преобразования цифровых сигналов (двоичных кодов) в аналоговые (токи и напряжения), воспринимаемые исполнительным механизмом управляемого объекта и обратно.

ЭВМ общего назначения должна быть оснащена дополнительным внешним устройством связи с объектом (УСО), предназначенным для сбора сигналов от датчиков и преобразования их в цифровую форму, а также для преобразования управляющих воздействий в аналоговую форму. Дополнительно в функции УСО может входить коррекция нелинейности характеристик датчиков, устранение систематических погрешностей и первичная обработка данных. В этом случае главной функцией ЭВМ является запись данных от УСО на магнитный диск и обслуживание дисплея.

По сигналам от таймера, приходящим на микросхему АЦП через заданный промежуток времени, он считывает входное аналоговое напряжение от датчиков обратной связи и координирует его совокупностью двоичных разрядов или битов – двоичных кодов, т.е. происходит дискретизация сигнала по времени. Причем один АЦП может обслуживать несколько датчиков, ЦАП наоборот, преобразует сигнал в непрерывный по времени и уровню.

**Тема 3**

**Автоматизированные производственные системы сборки изделий**

**Лекция 5 ( 3 часа )**

**Анализ структуры размерных связей и методов достижения точности при автоматической сборке**

Размерные связи при автоматической сборке

Автоматическую сборку можно разделить на ряд этапов:

- подача ориентированных предварительно деталей в рабочую зону сборочного автомата;

- ориентирование приспособлений относительно базовой детали;

- присоединение детали;

- закрепление детали;

- освобождение рабочей зоны сборочного автомата от присоединяемой детали.

Методику размерного анализа автоматического сборочного процесса рассмотрим на примере сборки валика и втулки промышленным роботом. Требуемый зазор в соединении достигается по методу полной взаимности. Пусть сборку валика 1 со втулкой 2 осуществляет робот 3 (рис. 75, а). Валик 1 захватывается роботом, позиционируется соосно с отверстием втулки 2 и далее робот опускает вал в отверстие втулки, осуществляется сборка. Эскизы валика и втулки оказаны на рис. 75, б. Для того чтобы вал попал во втулку, необходимо обеспечить соосность валика и отверстия во втулке. Максимально допустимое отклонение от соосности определяется по формуле

,

где Dmin - минимальный диаметр отверстия втулки;

dmax - максимальный диаметр валика;

Св, Со - ширина фаски соответственно вала и отверстия.

Подставив в формулу указанные на рис.75 размеры соединяемых деталей, получим

мм.

|  |
| --- |
| Рис.75 Размерные связи при автоматической установке валика  во втулку промышленным роботом |

Как видно, большую часть максимально допустимого отклонения обеспечивают фаски на деталях. Без фасок допустимое смещение составляло бы 0,01 мм.

Допустимое отклонение ВΔ от соосности валика и отверстия в размерной цепи сборочной системы может быть представлено в следующем виде: ВΔ = 0 ± 2,01 мм.

На рис. 75,а показана размерная цепь: В1 — размер позиционирования захвата робота; В2 — соосность отверстия с наружной поверхностью втулки, являющейся основной базой втулки; В3 — размер, связывающий положение базирующего втулку приспособления с роботом. При наладке робота в режиме обучения добиваются соосного положения валика в захвате и отверстия во втулке, регулируя размер B1. Затем окончательный размер В1 заносится в память УЧПУ робота.

На этапе настройки робота размер ВΔ достигается, таким образом, методом регулирования вручную. Затем в каждую втулку 2, попадающую на сборочную позицию устройства 3, автоматически устанавливается валик 1, переносимый из кассеты роботом 3.

Каждый раз должна обеспечиваться автоматическая установка валика роботом во втулку. Для этого точность размера ВΔ при автоматической сборке должна обеспечиваться методом полной взаимозаменяемости. В этом случае номинальные значения составляющих звеньев размерной цепи нас могут не интересовать, так как была произведена начальная настройка. Следовательно, уравнение размерной цепи превращается в тождество. Уравнение допусков запишется в следующем виде:

TΔ = Т1 + Т2 + Т3 ,

где TΔ -допуск замыкающего звена ВΔ; Т1, Т2, Т3 —допуски звеньев соответственно B1 В2, В3. В соответствии с чертежом (рис. 75, б), если не использовать фаски деталей, то ТΔ = 0,02 мм; Т2 = 0,2 (допуск соосности ±0,1); Т3 = 0,01 — допуск на тепловые деформации. В этом случае получим: 0,02 = Т1 + 0,2 + 0,01, где Т1 — допуск позиционирования робота. Из полученного уравнения ясно, что ни при каком значении Т1 (всегда Т1 > 0) нельзя обеспечить автоматическую сборку данного изделия. Анализ уравнения допусков показывает, что автоматическая сборка не осуществима при Т2 = 0,2 мм — допуске отклонения от соосности отверстия и наружной поверхности втулки.

Одной из возможностей реализации автоматической сборки является ужесточение требования к соосности отверстия и наружной поверхности втулки. Это удорожает изготовление втулки, но позволяет автоматизировать сборку.

Есть и другая возможность реализации автоматической сборки. Можно изменить базирование втулки в приспособлении. Втулку следует ориентировать не по наружному, а по внутреннему диаметру, например, с помощью подпружиненного конуса (рис. 75, в). В этом случае из размерной цепи *В* исключается размер *В2* - соосность втулки и тогда уравнение допусков примет вид 0,02 = Т1 + 0,01, откуда Т1 = 0,01 мм. Следовательно, если использовать робот с погрешностью позиционирования не более ±0,005 мм, то автоматическую сборку можно осуществить. Правда, робот с такой погрешностью позиционирования весьма дорого стоит.

Расчет был сделан исходя из предположения, что фаски деталей не используются. При использовании фасок ТΔ = 2Δmax = 4,02 мм. Уравнение допусков примет следующий вид: 4,02 = Т1 + 0,2 + 0,01, откуда T1 = 3,81 мм. При использовании фасок, значительно увеличивающих допустимое отклонение от соосности деталей (с 0,02 до 4,02 мм), можно использовать робот с погрешностью позиционирования ±1,9 мм. Практически даже у загрузочных роботов эта погрешность составляет ±1,0 мм. Такой загрузочный робот, следовательно, вполне можно использовать для автоматической сборки рассматриваемого комплекта деталей: валика со втулкой.

Однако необходимо помнить, что из-за использования фасок при сборке по крайней мере одна собираемая деталь из двух должна иметь возможность свободно перемещаться в горизонтальной плоскости на расстояние, равное ширине фасок, т.е. в данном случае на 2 мм. С этой целью втулку не следует жестко зажимать по наружной поверхности, как это было возможно, когда фаски не использовались для самоцентрирования. Втулку необходимо поставить в приспособление с радиальным зазором 2 мм. В процессе установки валика во втулку роботом втулка может смещаться в зазоре под действием боковых сил, действующих по фаскам. Фаски должны быть сделаны под такими углами, чтобы не было самоторможения и, как следствие, — заклинивания деталей при сборке. Вместе с тем ориентация втулки по боковой цилиндрической поверхности с зазором в гнезде кассеты является источником дополнительной погрешности установки — отклонения от соосности, — которая должна учитываться в размерной цепи *В* отдельным звеном.

Лучшие условия для автоматической сборки можно создать, если втулка будет центрироваться в отверстии кассеты или в специальном приспособлении для сборки и в то же время будет иметь необходимую свободу относительных боковых перемещений. Это можно обеспечить, подпружинив втулку симметрично с боковой стороны установкой, например, трех пружин под углом 120° в плане. Поскольку в этом случае пришлось бы оснащать все гнезда кассеты такими пружинами для центрирования втулок или использовать дополнительное загрузочно-разгрузочное устройство для установки втулок в специальное «плавающее» приспособление, то целесообразно обеспечить подпружиненный в боковых направлениях захват валика, устанавливаемого во втулку.

Особенности методов достижения точности при автоматической сборке

|  |
| --- |
| Рис.76 Структурная схема автоматической сборки методом ПВ |

Структурная схема автоматической сборки методом **полной взаимозаменяемости (ПВ)** показана на рис. 76. Сборочный автомат (СА), осуществляющий сборку двух деталей Д1 и Д2, которые поступают на его вход, обеспечивает получение сборочной единицы СЕ. Гарантированное обеспечение требуемого размера замыкающего звена при полной взаимозаменяемости позволяет отказаться от контроля замыкающего звена, получающегося в результате сборки. Это особенно важно в тех случаях, когда трудно автоматизировать контроль получающегося при сборке размера в сборочной единице. При ПВ достаточно контролировать размеры деталей, подаваемых на сборку. В процессе сборки методом ПВ для достижения требуемого размера замыкающего звена не требуется никакой дополнительной информации и связанных с этим дополнительных сложностей по ее получению и автоматическому использованию.

При использовании метода **неполной взаимозаменяемости - НВ** не у всех собранных сборочных единиц гарантируется получение замыкающего звена в требуемых допусках Структурная схема сборочного автомата, реализующего сборку методом НВ, показана на рис. 77. Детали Д1 и Д2 собираются в сборочном автомате СА. Все СЕ должны пройти контрольный автомат КА и часть СЕ, попавших в процент риска, будет отбракована. Эти СЕ должны быть разобраны разбирающим автоматом РА, а составляющие детали возвращены для повторной сборки в другом сочетании.

|  |
| --- |
| Рис.77 Структурная схема автоматической сборки методом ПВ |

В ряде случаев, например при сборке валика и втулки по переходной посадке, может оказаться, что некоторые детали вовсе нельзя установить при сборке. Эти случаи тоже включены в процент риска. Они могут привести к заклиниванию или поломке сборочного автомата. Для предотвращения заклинивания и поломок необходимо предусмотреть контрольно-блокировочное устройство КБУ, которое прерывает сборочный процесс, выводит из зоны сборки несобранные детали, возвращает автомат в исходное состояние для продолжения сборки других деталей. КБУ срабатывает при получении текущей информации о сборочном процессе. Для этого бывает достаточным контролировать силы в процессе соединения деталей на рабочей позиции сборочного автомата, например осевую силу при постановке валика во втулку. Использование метода НВ, таким образом, требует дополнительного оснащения сборочного автомата контрольной позицией и блокирующим устройством, требует разборки изделий, не соответствующих требованиям точности (их количество соответствует проценту риска) и средств возврата деталей на сборку.

|  |
| --- |
| Рис.78 Структурная схема автоматической сборки двух деталей методом ГВ |

Схематично сборка двух деталей методом **групповой взаимозаменяемости (ГВ)** показана на рис. 78. При автоматической сборке методом ГВ детали должны быть предварительно рассортированы по размерам на группы сортировочными автоматами С. Далее детали Д1 и Д2 первой размерной группы собираются сборочным автоматом СА. Аналогично собираются детали других размерных групп. В пределах одной размерной группы достижение точности изготовления изделий осуществляется методом ПВ. Поэтому в собранных изделиях гарантируется достижение требуемого размера замыкающего звена и дополнительный контроль не требуется.

Достижение требуемой точности замыкающего звена методом **регулирования** размера в автоматической сборке может осуществляться с использованием **подвижного или неподвижного компенсатора**. В первом случае для этого следует использовать соответствующие возможности конструкции самого изделия, где размер может регулироваться с помощью винтового, клинового или другого механизма. Во втором случае при неподвижном компенсаторе требуется заранее изготовить детали-компенсаторы нескольких разных размеров и в процессе сборки установить компенсатор необходимого в данном случае размера.

|  |
| --- |
| Рис.79 Схема автоматической сборки шарикоподшипников |

Примером использования метода регулирования в автоматической сборке может быть автоматическая сборка подшипников. Размеры шариков Ш (рис. 79), поступающих на сборку, измеряются в контрольно-сортировочном автомате КСА, и шарики сортируются по размерам на 50 размерных групп через 2 мкм. Рассортированные по группам шарики попадают в накопители Н. На позицию автомата поступают два кольца шарикоподшипника: наружное 1 и внутреннее 2. Радиальный зазор между двумя пришедшими на сборку кольцами 1 и 2 автоматически измеряется датчиком Д. Сигнал от датчика поступает в решающее устройство РУ и далее в устройство выбора УВ размеров шариков. УВ включает и переключает подвижный лоток на кассету накопителя с требуемыми размерами шариков. Необходимое число шариков нужного размера по трубчатому лотку 3 подается на сборочную позицию.

**Пригонка** так же, как и регулировка, позволяет обеспечить высокую точность размера замыкающего звена даже при большом числе составляющих звеньев. Однако для пригонки необходимо осуществлять дополнительную обработку компенсатора непосредственно при сборке, что в рядe случаев нежелательно.

|  |
| --- |
|  |

Рис.80 Схема автоматической пригонки плунжеров под размер плунжерной втулки

На рис. 80 показана схема автоматической пригонки плунжеров под размер плунжерной втулки. Окончательно обработанная плунжерная втулка 1 подается на бесцентрово-шлифовальный станок, на котором под диаметр d0 отверстия втулки 1 дошлифовывается плунжер 2 по наружному диаметру dB. Диаметр d0 отверстия втулки измеряется датчиком Д2, а диаметр dB плунжера измеряется в процессе обработки датчиком Д1. Сигналы с датчиков, пропорциональные диаметрам d0 и dB, подаются в сравнивающее устройство 3, где вычисляется разность Δ = d0 — dB и сравнивается с сигналом от задающего устройства 4, которое задает требуемое значение ширины зазора в соединении втулки и плунжера (замыкающее звено). Пока заданное значение зазора больше текущего значения, сигнал с выхода сумматора 3, усиленный усилителем 5, оказывается положительным и шлифование плунжера продолжается. По мере шлифования размер dВ постепенно уменьшается и разность Δ = dB — d0 постепенно увеличивается. При достижении заданного значения разности диаметров, т.е. Δ = ΔЗ, сигнал на выходе сумматора становится равным нулю и затем становится отрицательным. Регулятор Р мгновенно срабатывает и подает команду на отвод шлифовального круга. Размер dB плунжера соответствует размеру d0 втулки и их разность равняется требуемому зазору ΔЗ. Таким образом, каждый плунжер индивидуально подгоняется по диаметру к диаметру каждой втулки. Так осуществляется автоматическая пригонка плунжеров.

Обратная связь в данном случае осуществляется благодаря использованию датчика Д1, измеряющего диаметр плунжера, и датчика Д2, измеряющего диаметр отверстия втулки. Вычисление разности двух аналоговых сигналов здесь очень просто реализуется операционным усилителем; задатчик представляет собой переключатель или потенциометр со шкалой. В более сложных случаях необходимо использовать вычислительную технику. При сборке методом ПВ в этом нет необходимости. Метод пригонки имеет те же отличия от метода ПВ, что и метод регулирования. В отличие от метода регулирования метод пригонки требует обработки компенсатора.

**Лекция 6 ( 1 час )**

**Требования,предъявляемые к конструкции сборочных единиц и деталей при автоматической сборке**

Технологичность конструкции изделия особенно важна для автоматической сборки. Опыт автоматизации показывает, что возможна автоматическая сборка только тех изделий, которые были сконструированы с ее учетом.

Конструкция изделия, предназначенного для автоматической сборки, должна быть такой, чтобы автоматическую сборку можно было реализовать и чтобы эта сборка была экономически целесообразной. Требования к технологичности изделий для автоматической сборки можно разделить на требования, предъявляемые к конструкции сборочных единиц, и требования, предъявляемые к конструкции деталей. Кроме того, можно выделить общие требования и специальные, относящиеся к отдельным видам соединений или к отдельным видам деталей.

*Требования к изделиям*

1. Конструкция сложного изделия должна быть построена по блочно-модульному принципу. Суть его заключается в четком делении машины на отдельные сборочные единицы, что позволяет: осуществлять независимую и параллельную сборку, регулировку и испытание сборочных единиц; проводить унификацию, стандартизацию сборочных единиц; использовать кооперацию и специализацию заводов и производств; обеспечивать удовлетворение требований потребителя различным сочетанием узлов и блоков при ограниченной номенклатуре с минимальными затратами, быстрее вносить изменения в конструкцию изделия; использовать во вновь разрабатываемых машинах апробированные узлы и блоки.

Каждая сборочная единица какой-либо машины как самостоятельное изделие может выпускаться независимо одно от другого в различных цехах одного завода или на разных заводах, которые могут быть созданы специально для выпуска этого оборудования. При этом процессы изготовления отдельных сборочных единиц одной машины могут выполняться одновременно. Время сборки всей машины значительно меньше, чем при последовательной сборке.

Типизация, унификация и стандартизация сборочных единиц и деталей позволяют ограничить рост числа типоразмеров комплектующих изделий и повысить число выпускаемых одинаковых изделий, а следовательно, снизить себестоимость продукции.

Стандартизация может осуществляться в пределах предприятия, объединения, отрасли, страны, группы стран.

При ограниченной номенклатуре унифицированных узлов, блоков, деталей, выпускаемых специализированными заводами, можно собирать изделия различной модификации для удовлетворения индивидуальным требованиям конкретного потребителя.

Таким образом, блочно-модульный принцип конструирования позволяет значительно улучшить условия производства изделий, ограничить номенклатуру, специализировать производство, сократить время и себестоимость изготовления продукции. Разделение машины на сборочные единицы позволяет автоматизировать сборку некоторых сборочных единиц.

2. Современные изделия целесообразно разрабатывать целыми гаммами, группами (например, гамма многоцелевых станков для изготовления деталей различных габаритных размеров или гамма роботов, гамма сервоприводов разной мощности и т.п.). При едином конструктивном подходе создаются благоприятные условия для унификации и стандартизации элементов конструкции, а, следовательно, и условия для их автоматической сборки.

3. Конструкция машины или сборочной единицы должна быть такой, чтобы была возможна сборка без частичной разборки. Конструкция машины или сборочной единицы должна быть такой, чтобы была возможна сборка без частичной разборки.

|  |
| --- |
|  |

Рис.55 Пример изменения конструкции изделия, которое обеспечивает подход торцовых гаечных ключей для автоматического завинчивания гаек: а, б – подвод торцовых ключей соответственно необеспечен и обеспечен

4. Установка деталей при сборке должна осуществляться при минимальном числе движений по различным осям координат.

5. При сборке должен быть обеспечен свободный доступ сборочных инструментов: торцовых гаечных ключей, пуансонов, оправок и т.п. (рис. 55).

6. Следует по возможности сокращать число деталей в сборочной единице, например, путем изготовления ряда деталей как единого целого. Например, вал со шпонкой и шестерней (рис. 56, а) можно в ряде случаев заменить одной деталью — валом-шестерней (рис. 56, б), что может привести к увеличению стоимости изготовления более сложных деталей, но при автоматизации сборки это может быть оправдано.

|  |
| --- |
|  |

Рис.56 Пример сокращения числа деталей в сборочной единице

**Лекция 6 ( 6 часов )**

**Основное и вспомогательное оборудование автоматизированного сборочного производства**

Оборудования для автоматической сборки конкретного изделия зависит от следующих факторов:

– длительность и программа изготовления;

– размеры;

– масса и геометрические параметры;

– производительность оборудования;

–число, сложность и последовательность выполнения операций сборки;

– возможность автоматической загрузки собираемых деталей;

– требуемая точность их относительной ориентации.

Классификация сборочных автоматов приведена на рис.58.



Рис.58. Классификация сборочных станков

**Однопозиционные сборочные станки.** Однопозиционные сборочные автоматы и полуавтоматы используют для сборки простых по конструкции изделий, состоящих из небольшого числа деталей. В полуавтоматах базовую деталь и те детали, подачу которых трудно автоматизировать, устанавливают на сборочную позицию вручную. Подача остальных деталей автоматизирована. Готовое изделие снимается вручную или автоматически. В автоматах загрузка всех деталей, сборка и съем готового изделия автоматизированы.

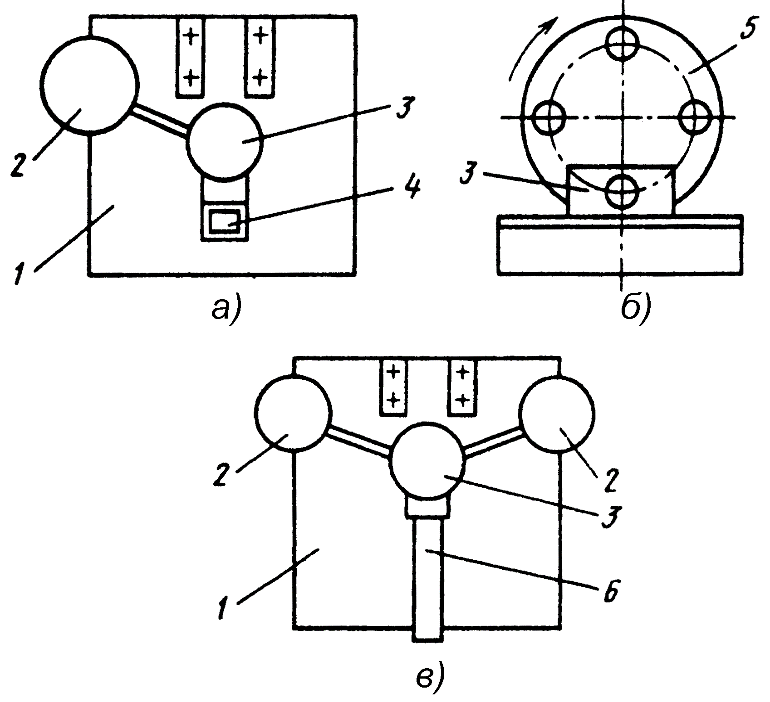


Рис.59. Схема однопозиционных сборочных полуавтоматов (а, б) и автоматов (в): 1 – стол; 2 – вибробункер; 3 – сборочная головка; 4 – базирующее устройство; 5 – поворотный стол; 6 – лоток

В полуавтомате (рис.59,а) базовую деталь устанавливают в сборочную позицию вручную, присоединяемая деталь подается из вибробункера автоматически. В автомате (рис.59,в) базовая и присоединяемая детали подаются автоматически в зону сборки каждая из соответствующего вибробункера. Собранные изделия поступают по лотку.

Однопозиционные автоматы и полуавтоматы можно применять для одновременного завертывания нескольких резьбовых деталей многошпиндельным инструментом, одновременной сборки нескольких изделий в многоместных приспособлениях и т.д. Для повышения производительности эти станки оснащают транспортными и поворотными устройствами, позволяющими выполнять загрузку деталей и снятие готовых изделий во время работы исполнительных механизмов (рис.59,б). Сборочные автоматы можно компоновать в автоматизированные и автоматические сборочные линии.

**Многопозиционные сборочные станки.** На станках линейной компоновки (рис.60) выполняют сборку изделий, перемещаемых по прямой линии. Подача деталей на сборочную позицию осуществляется автоматически из бункерных загрузочных устройств (см. рис.60,а), манипуляторами (см. рис.60,б) или роботами [7].

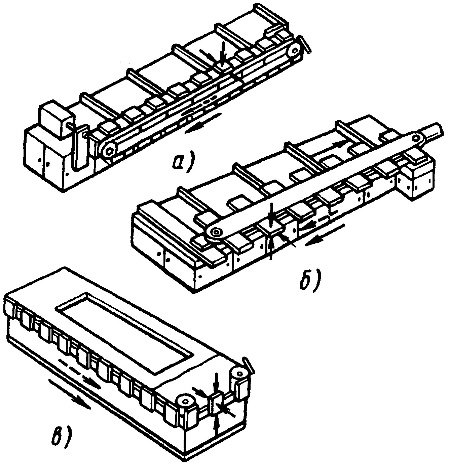


Рис.60. Схема сборочных автоматов линейной компоновки с загрузкой деталей

Эти станки эффективны для сборки длинных изделий, особенно, когда операции выполняют с двух сторон (см. рис.60,в). Если время выполнения сборочных операций различно, то используют несинхронные транспортные устройства. Станки часто управляются кулачковыми валами. Собираемый объект перемещается с позиции на позицию приспособлениями-спутниками, которые соединены с цепью конвейера. Базирующие приспособления могут перемещать собираемое изделие и по замкнутому транспортному пути. На таких станках можно выполнять сборку изделий больших по размерам и массе, чем на станках с поворотными столами.

В автоматах и полуавтоматах часто предусматривают резервные позиции, которые используют для установки в случае надобности контрольных и других устройств.

Сборочные роботы являются эффективным средство автоматизации. Они обладают гибкостью и универсальностью выполнения разнообразных операций сборки. Сборочные роботы используют в мелко- и среднесерийном производстве. Они могут быть быстро встроены в многопозиционные автоматы или автоматизированные сборочные линии и обладают простотой перенастройки на сборку новых по конструкции изделий. Выбор ПР для выполнения конкретной операции сборки основан на сопоставлении технических характеристик роботов и результатов анализа процесса сборки. Основные требования, которые предъявляются к ПР при сборке:

* высокая точность позиционирования – 0,01-1 мм. Её устанавливают с учетом параметров выполняемых соединений, особенностей используемых методов автоматической сборки;
* быстродействие, достигаемое при скоростях манипуляционных перемещений ПР, не менее 0,6-0,8 м/с. В этом случае ПР перемещают объекты сборки между двумя точками рабочей зоны не более чем на 1 с. Таким образом, производительность при автоматической сборке не ниже ручной. Скорость перемещений ПР может достигать 10 м/с;
* грузоподъемность до 60 кг;
* универсальность и низкая стоимость захватов. Частые смены захватов снижают производительность процесса сборки;
* система управления ПР должна допускать частую и быструю переналадку;
* соответствие размеров рабочей зоны, обслуживаемой ПР, размерам собираемых изделий. Перемещение ПР должно минимум в 1,5 раза превышать габаритные размеры собираемого изделия.

Последние сопрягаются с базовой деталью посредством сборочных головок 6, 8. На позиции IV сборочные единицы поступают по лотку 1 в тару или на конвейер 11, перемещающий их на линию общей сборки изделия (см. рис.61).

**Сборочные центры.** Сборочные центры являются станками широкоуниверсального назначения. Их оснащают манипуляторами или промышленными роботами для смены сборочного инструмента и подачи собираемых деталей. Они позволяют выполнить сборку разнотипных многоэлементных изделий. Сборочные центры бывают с разной компоновкой: с круглым поворотным столом; с двухкоординатным столом; с однокоординатным столом портального типа.

В сборочном центре (рис.62) на станине 1 смонтирована стойка 8, на которой расположена шпиндельная инструментальная головка 7, в последней размещены сменные сборочные инструменты 12. Головку обслуживает манипулятор 2, который переносит инструменты из магазина 11. Головка находится под поворотным круглым многопозиционным столом 9 с базирующими устройствами 10 и выполняет сборку деталей, подаваемых в зону сборки манипулятором 6 из магазина 5. Последний управляет приводом 3 с программным управлением. Собираемые детали подаются в гнезда магазина из вибробункеров 4 посредством питателей.

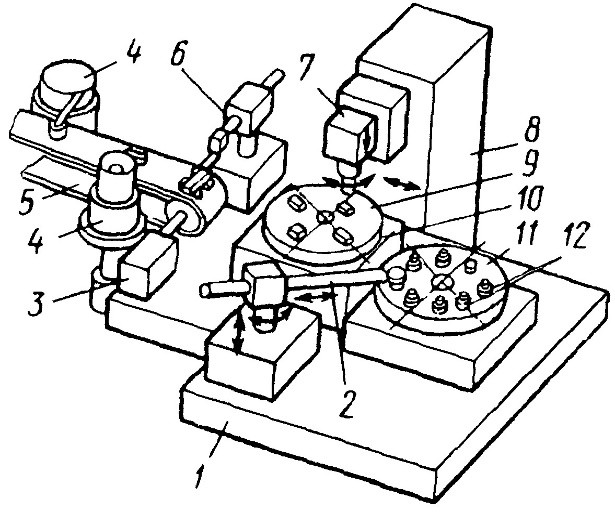


Рис.62. Сборочный центр с круглым поворотным столом

**Комбинированные станки.** На комбинированных станках одновременно выполняют изготовление и сборку деталей. Это часто упрощает ориентацию и подачу деталей, так как ориентированное положение деталей при изготовлении сохраняется и при их сборке. Цикл изготовления собираемых деталей должен быть непродолжительным, чтобы не снижалась производительность автоматического сборочного оборудования. Операции сборки выполняют на многооперационных штамповочных прессах-автоматах, токарно-револьверных автоматах, агрегатных станках и автоматических линиях. На штампосборочных автоматах собирают детали, которые штампуют из ленты с деталями, изготовляемыми на другом оборудовании. Для примера рассмотрим штамповку стрелки прибора и ее сборку со втулкой (рис.67). На позиции I в ленте вырубаются отверстия для втулок и крючков подачи ленты, на позиции II в отверстия устанавливаются втулки, на позиции III они запрессовываются в ленту, а на позиции IV вырубаются стрелки с запрессованными втулками.

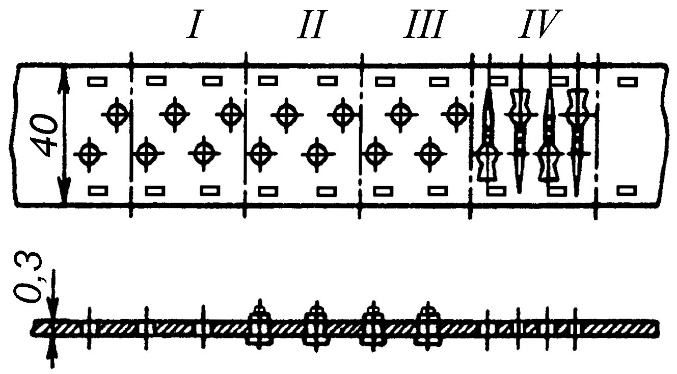


Рис.67. Последовательность технологического процесса

изготовления стрелки и ее сборки со втулкой

**Гибкие производственные системы сборки**

Составной частью гибкого сборочного производства (как и механообрабатывающего) является ГПМ. Последний служит для сборки изделий различной номенклатуры, может встраиваться в ГПС и функционировать в автоматическом режиме. В качестве основного технологического оборудования ГПС сборки используют программируемые сборочные станки или ПР. Помимо основного оборудования ГПМ имеет периферийные устройства-накопители, устройства загрузки-выгрузки, бункерно-магазинные устройства, устройства ориентации деталей и сборочных единиц, а также технологическую оснастку и САК.

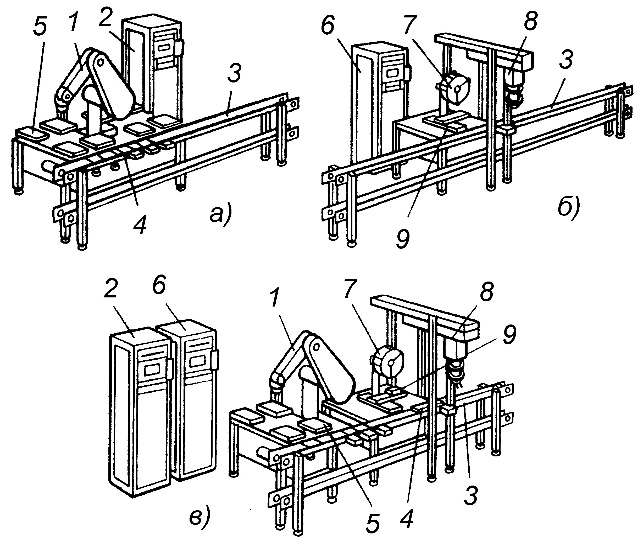


Рис.70. ГПМ сборки на основе: а – ПР; б – гибкой сборочной машины;

в – ПР и гибкой сборочной машины

На рис.70 показаны ГПМ сборки изделий массой до 1 кг с габаритными размерами не более 120х120х120 мм и числом элементов в изделии не более десяти. Основной компонент ГПМ (см. рис.70,а) – манипулятор 1, управляемый центральным процессором, выполненным на основе ЭВМ «Электроника-60», расположенной в стойке 2. Манипулятор обладает шестью степенями свободы и оснащён сменными захватами, сборочными инструментами и магазином для них; его грузоподъёмность 2,5 кг, точность позиционирования ±0,1 мм. Манипулятор обслуживает входящие в состав ГПМ двухъярусный двухленточный конвейер 3, перемещающий спутники 4 с деталями, а также кассеты 5 с компонентами, расположенными на пневматических поворотных платформах.

На рис.70,б показан ГПМ на основе программируемой сборочной машины, которая размещена в стойке 6. Сборочная машина оснащена многоинструментной сборочной головкой 7 с электроприводом, манипулятором 8 (грузоподъёмность 10 кг), двухкоординатным столом 9, имеющим дискретно или непрерывно перемещающуюся платформу. Манипулятор обслуживает рабочую зону машины и конвейер 3.

В состав ГПМ (см. рис.70,в) входят: манипулятор 1, выполняющий часть сборочных операций, и сборочная машина, объединённые транспортным конвейером 3 с несинхронным ритмом. Этот ГПМ имеет наибольшие технологические возможности и может выполнить следующие операции: приём, позиционирование и фиксацию спутников, поступающих на конвейер; базирование ориентированных базовых компонентов на спутниках; установку присоединяемых элементов на базовые; сопряжение деталей; закрепление сопряжений деформированием материала или склеиванием; нанесение смазочных материалов на компоненты; контроль сил и моментов при сопряжении и закреплении, результатов сборки; расфиксацию и съём со спутников бракованных и годных изделий и раздельную их укладку.

ГПМ могут быть с линейным, параллельным, круговым и объёмным расположением ПР. Управление ГПМ может быть жёстким и адаптивным.

При встраивании рассматриваемых ГПМ в ГПС их соединяют параллельно, последовательно или параллельно-последовательно посредством межмодульного конвейера.

РТК сборки строится по модульному принципу. В качестве модулей, из которых компонуют РТК, используют: ПР; модули их крепления; загрузочные устройства (шиберные, кассетные, вибробункера, координатные столы и т.д.); накопители; блоки синхронизации системы управления, контроля, блокировки; захваты (вакуумные, механические, магнитные, комбинированные, специальные и т.д.); инструмент для оснащения руки ПР с целью выполнения определённых технологических операций (затачивания, сварки, пайки и т.д.); устройства технологического оснащения (зажимные устройства, устройства для развальцовки, смазывания клеем, термованны и т.д.). Путём целесообразного комбинирования указанных унифицированных модулей можно построить различные по назначению РТК сборки.

В общем случае при компоновке из данных модулей можно получить четыре типа базовых структур (компоновок) РТК.

1. В РТК первого типа (рис.71,а) один ПР 4 обслуживает одну единицу технологического оборудования 3 или одно рабочее место. Для подачи деталей в зону захвата ПР используется загрузочное устройство 5, а для разгрузки готового изделия – склиз 2 и разгрузочное устройство 1.

Возможна компоновка РТК данного типа с двумя ПР (рис.71,б) 2 и 4. В данном случае эффективность РТК повышается вдвое. Такие РТК используются в мелко- и среднесерийном производстве для реализации сборки по групповой технологии.

2. РТК второго типа (рис.71,в) имеет один ПР 4, обслуживающий несколько единиц технологического оборудования 2 и 7 или несколько рабочих мест. ПР перемещается по монорельсу 5. В качестве загрузочных устройств используются вибробункера 3 и 6. Готовые изделия разгружаются устройствами 1 и 8 с лотками. РТК управляется групповой системой управления 9.

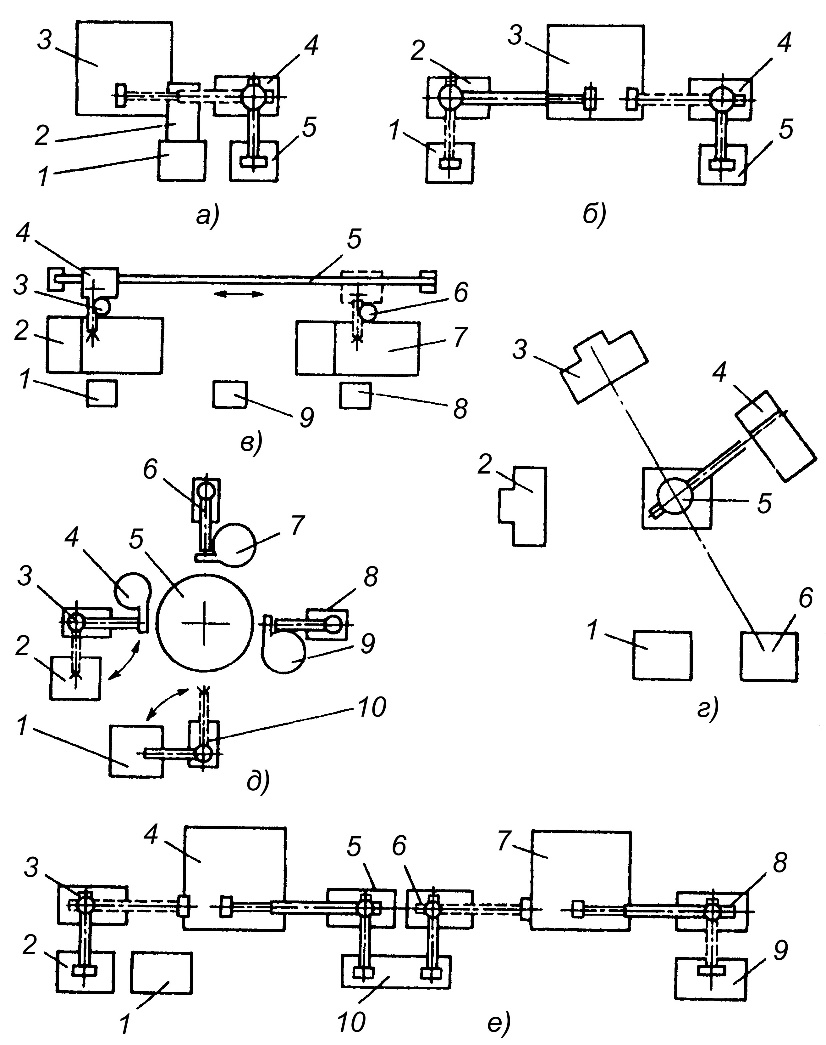


Рис.71. Компоновка РТК

Используют РТК данного типа с круговой компоновкой (см. рис.71,г). ПР 5 установлен в центре обслуживания технологического оборудования 2-4, загрузка и разгрузка выполняются в одной позиции устройством

1. РТК управляется системой 6 группового управления.

РТК такого типа целесообразно использовать на длительных (несколько минут) операциях сборки для обслуживания двух и более рабочих мест. По составу РТК близки к технологическим линиям, так как в них входят несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемого одним ПР. Их использование в групповых поточных линиях с широкой номенклатурой выпускаемых изделий в условиях среднего и крупносерийного производства нерационально вследствие жёсткой связи оборудования. Кроме этого РТК не имеют системы переориентации деталей (крестовые, промежуточные столы и т.д.) при переходе от одной операции сборки к другой. Эффективность таких РТК по сравнению с РТК первой группы выше благодаря большему числу единиц обслуживаемого оборудования.

3. В РТК третьего типа несколько ПР (рис.71,д) 3, 6 и 8 одновременно обслуживают одну единицу 5 технологического оборудования или одно рабочее место. Базовую деталь подаёт ПР 10 и загрузочное устройство 1. Сборочные единицы для выполнения очередной операции сборки подают загрузочные устройства 4, 7 и 9. Разгрузку выполняет ПР 3 и устройство 2.

4. В РТК четвёртого типа ПР (рис.71,е) 3, 5 и 8 одновременно обслуживают несколько единиц технологического оборудования 4 и 7. Этот вариант компоновки выгоден тем, что ориентация деталей происходит только в исходном положении загрузочного устройства 2, а дальнейшая передача осуществляется посредством основания ПР 6 и передающих устройств 10. Разгрузочное устройство 9 выгружает готовые изделия. РТК управляется системой 1 группового управления.

В ГАЛ сборки технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций сборки ГАЛ, используется для сборки изделий ограниченной номенклатуры по жёсткому заранее установленному маршруту.

Наиболее распространённым видом ГПС, в которой возможно изменение последовательности использования оборудования, является ГАУ. На рис.72 приведена компоновка ГАУ сборки шпиндельного узла и коробки скоростей, состоящих соответственно из 32 и 37 деталей. Главным компонентом ГАУ является сборочная машина, содержащая два ПР 1 и 3, вертикально установленных над поворотным столом 11. Один из ПР выполняет запрессовку подшипников, другой – завинчивание гаек, а ПР 4 устанавливает детали в горизонтальное положение. Каждый из ПР имеет пять программируемых степеней подвижности и оснащён сменными захватами, в ПР 1 и 3 их 20 и 10 штук, а в ПР 4 – 6 штук. Инструмент расположен в магазине 5. Кроме сборки прессованием и выполнения болтового соединения, могут осуществляться сверление, лазерная сварка.

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) содержит транспортную тележку 10, которая подаёт покупные изделия со склада 7 и кассеты 12 со склада 9 на сборочную машину 2.

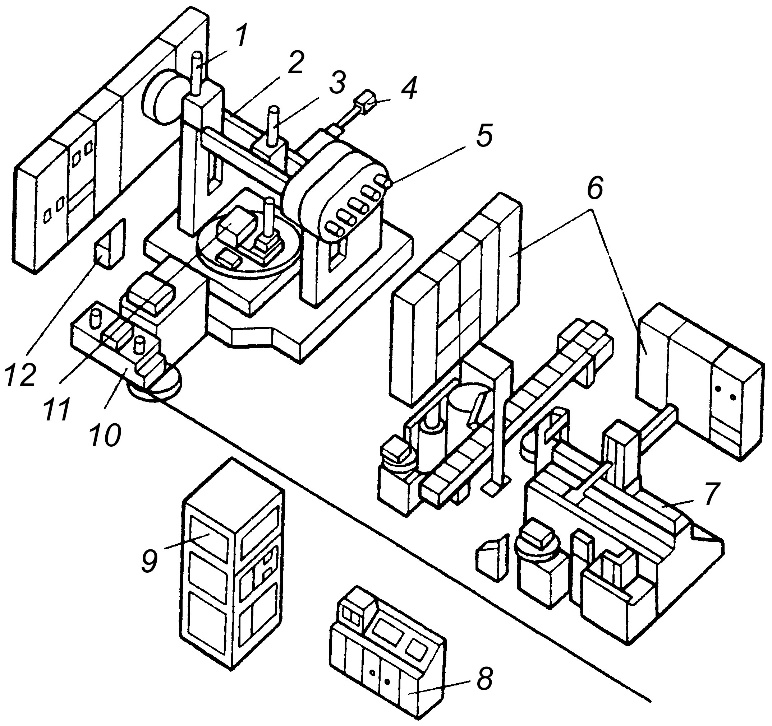


Рис.72. Компоновка ГАУ сборки

Система автоматического управления ГАУ размещена в стойке 6 и соединена линиями передачи информации с основным и вспомогательным оборудованием и главным пультом 8 управления ГАУ.

Структурными единицами интегрированного сборочного производства являются ГАУ и ГАЗ.

В зависимости от расположения входящих в ГПС сборки подсистем, технологического оборудования каждой подсистемы, характера движения материальных потоков (как внутри подсистем, так и между ними) различают следующие компоновки (рис.73) ГПС: последовательную (линейную, круговую, зигзагообразную); сходящуюся (расходящуюся); ветвящуюся; с обратными связями.

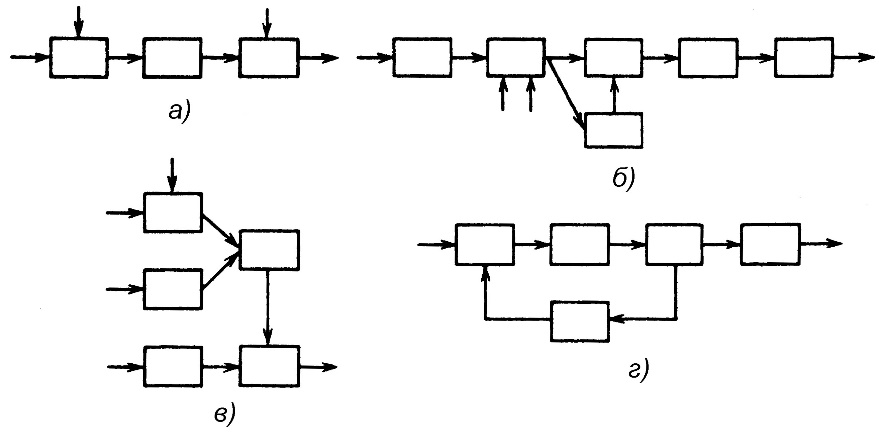


Рис.73. Структуры ГПС сборки: а – последовательная; б – ветвящаяся; в - сходящаяся; г – с обратной связью

В ГПС с линейной структурой (см. рис.73,а) оборудование (сборочные машины, ПР) имеет двустороннее расположение. Это даёт возможность быстро осуществлять переналадку путём изменения числа рабочих позиций, смены технологической оснастки. Достигается также удобство визуального наблюдения за работой оборудования, безопасность работы обслуживающего персонала. Длительность выполнения операций сборки отдельными модулями должна быть примерно одинакова. Одновременное выполнение на позициях ГПС сборочных операций разного характера обеспечивает высокую производительность.

ГПС с последовательной круговой структурой используется в основном при сборке простых изделий, состоящих из небольшого числа деталей, так как увеличение числа позиций требует дополнительных производственных площадей из-за наличия неиспользуемого пространства затрудняются обслуживание оборудования и его ремонт.

Для передачи базовой детали с одной позиции на другую чаще всего применяют поворотные столы и вспомогательные ПР.

ГПС с последовательной зигзагообразной структурой обладают преимуществами линейных ГПС и легко встраиваются в границы высвобождаемых для ГПС площадей. В таких ГПС применяют либо горизонтально-замкнутые транспортные системы, либо ПР.

Многопозиционные ГПС со сходящейся (см. рис.73,б) и ветвящейся (см. рис.73,в) структурами используют при сборке изделий, имеющей различную длительность выполнения отдельных операций. Эти структуры наиболее распространены, так как операции сборки могут выполняться параллельно-последовательно, чем обеспечивается наибольшая эффективность сборки сложных изделий.

В различных компоновках ГПС бывает произвольное, функциональное или групповое расположение основного оборудования. В первом случае оборудование располагают в соответствии с технологическим маршрутом сборки основной группы изделий, однако, в этом случае усложняются и удлиняются транспортные маршруты. При функциональном построении ГПС похожие сборочные процессы выполняют одинаковые модули, что даёт возможность осуществлять резервирование, хотя и несколько ограничивает производительность ГПС. В ряде случаев, например, при выполнении сборочных заказов, данная структура выгоднее, чем произвольная. При групповой структуре ГПС каждую группу изделий собирает соответствующее оборудование. Возможно постепенное наращивание мощности ГПС, так как каждая единица оборудования может работать автономно.

**Тема 4**

**Автоматизированные производственные системы механической обработки деталей**

**Лекция 7 ( 4 часа )**

**Анализ размерных связей при автоматической установке и механической обработке деталей на металлорежущих станках**

При автоматическом процессе изготовления деталей существуют различные размерные связи, которые можно подразделить на три группы: установочные, операционные, межоперационные.

**Обеспечение требуемой точности установки заготовок**

Установочные размерные связи необходимо всегда рассчитывать при автоматической установке заготовок или изделий на станки, в приспособления, на спутники, в накопитель, ячейку склада и т.д. Методика выявления и расчета установочных размерных связей та же, что и при сборке изделий. Установочные размерные связи могут быть отнесены к сборочным. Разница состоит лишь в том, что допуски размеров при установке заготовок или изделий в различные приспособления могут быть, как правило, значительно больше, чем при сборке изделий, и поэтому их легче обеспечить. Вместе с тем сборка каждого изделия осуществляется обычно один раз, если не требуется разборки и повторной сборки. Установка же одних и тех же заготовок или спутников может осуществляться многократно, что также необходимо учитывать.

Цель выявления и расчета размерных связей при автоматической установке изделий, загрузки и выгрузки оборудования следующая: 1) обеспечить работоспособность автоматической системы в течение требуемого времени эксплуатации в условиях действия различных факторов, влияющих на стабильность составляющих размеров и размерных связей; 2) выбрать методы и средства автоматизации, обеспечивающие требуемые размерные связи, сформулировать требования к размерной точности автоматических устройств, реализующих автоматическую установку; 3) выбрать методы и способы размерной наладки системы. Кроме того, опираясь на расчет размерных связей, можно установить регламент обслуживания и профилактики, сформулировать допустимые ограничения внешних воздействий при работе системы.

Рассмотрим размерные связи, возникающие при автоматической установке заготовки короткого вала в самоцентрирующий патрон токарного станка. Установку заготовки в патрон и съем детали осуществляет робот (рис. 49, а). Робот берет заготовку захватом из ячейки кассеты, вносит заготовку в рабочую зону станка так, чтобы ось заготовки совпадала с осью раскрытых кулачков патрона, и затем задвигает заготовку в патрон, после чего подается команда на зажим кулачков патрона.

Из рис. 49, б видно, что ввод заготовки в раскрытые кулачки патрона возможен, если отклонение ГΔ от соосности позиционируемой заготовки относительно оси кулачков патрона не превышает следующего значения: ГΔmax = ½(*D - d*), где D — диаметр раскрытых кулачков патрона; d — диаметр устанавливаемой в патрон заготовки.

|  |
| --- |
| Рис.49 Схема размерных связей при автоматической загрузке станка |

Если в момент установки размер ГΔ окажется больше этого предельно, допустимого значения, то при движении захвата робота вдоль оси шпинделя заготовка торцом упрется в патрон (рис. 49, в) и автоматическая установка заготовки будет невозможна.

Следовательно, обеспечение требуемого значения ГΔ является условием возможности автоматической установки заготовки в патрон. Допустимое значение ГΔ рассчитывается исходя из размеров ГΔ, D и d по приведенной формуле. Из этой формулы вытекает предельно допустимое отклонение ГΔmax от соосности, которое позволяет роботу ввести заготовку в раскрытый патрон. Поскольку для большинства патронов с механическим приводом закрепления заготовки диапазон раскрытия кулачков может быть достаточно большим, то, как правило, не возникает трудности в обеспечении раскрытия кулачков по диаметру, например, на 20 мм больше диаметра заготовки, тогда предельно допустимое отклонение от соосности будет равно ГΔmax = ±10 мм. Значение исходного звена при желании обеспечить соосность в этом случае можно записать в виде ГΔ = 0 ± 10 мм. Это означает, что желательно, чтобы ГΔ = 0, но допустимое отклонение ±10 мм. Допуск на размер ГΔ в данном случае TΔ = 20 мм.

Однако проведенного расчета для выявления допустимых отклонений от соосности не достаточно. Рассчитанное значение ГΔ позволяет лишь обеспечить ввод заготовки внутрь кулачков и является необходимым, но недостаточным условием.

Представим себе, как пойдет закрепление заготовки при рассчитанном отклонении от соосности. Кулачки, сдвигающиеся к оси патрона, при наличии отклонения от соосности будут стремиться переместить заготовку в новое положение. Заготовка же пока еще закреплена в захватах робота. Следовательно, возникнут силы при передаче заготовки от робота в патрон. Сила может быть определена по формуле

,

где *j* — жесткость системы робот — заготовка — патрон.

При жесткости робота *j* = 500 Н/мм в случае отклонения от соосности ГΔ = ГΔmax = 10 мм сила, действующая в момент закрепления на робот, заготовку и кулачки патрона, составляет Р = 5000 Н. Если бы такую силу могли создать кулачки патрона, что-нибудь обязательно бы сломалось: патрон, робот или заготовка. Поэтому, очевидно, вторым не менее важным условием определения предельно допустимого отклонения от соосности является ограничение силы Р до допустимого значения, определяемого конкретными условиями установки: моделью станка, размерами и прочностью заготовки, параметрами робота. Допустим, что в конкретном примере для установки валика диаметром 100 мм и длиной 400 мм необходимо, чтобы Р ≤ 100 Н, тогда допустимое отклонение от соосности

 мм,

В данном случае второе условие значительно жестче первого, так как .

Далее необходимо построить размерную цепь, показанную на рис.49,а. Размерная цепь *Г* описывается уравнением ГΔ = Г1 + Г2 + Г3 – Г4 – Г5 – Г6 – Г7, где Г1 — отклонение от соосности технологической базы заготовки, устанавливаемой в патрон, и базы, определяющей положение заготовки в захвате робота; Г2 — отклонение от соосности поверхности заготовки в схвате, вызванное погрешностью установки заготовки в схвате Г2у и погрешностью центрирования схвата Г2ц; Г2 = Г2у + Г2ц; Г3 – расстояние от оси захвата робота до базы отсчета размеров при автоматическом перемещении захвата робота по программе УЧПУ (запрограммированное значение размера позиционирования захвата); Г4 — расстояние от базы отсчета размеров до основной базы робота, определяющее его положение относительно станка; Г5 — расстояние между станком и роботом; Г6 — расстояние от оси шпинделя станка до основной базы станка; Г7 — отклонение от соосности кулачков патрона по отношению к оси шпшделя, вызванное погрешностью центрирования кулачков патрона Г7ц и погрешностью установки патрона на шпиндель Г7у; Г7 = Г7у + Г7ц.

Размерная цепь *Г* характеризует связь размеров станка, робота и отклонения от соосности. Эта связь может быть отображена математически тремя уравнениями: уравнением размерной цепи в номиналах; уравнением допусков этих размеров, которое соответствует методу достижения точности; уравнением средних отклонений размеров.

При наладке РТК (см. рис. 49) размер Г3 при программировании робота подбирают так, чтобы ГΔ было в пределах допустимых значений, т.е. при наладке используют метод регулирования. Однако при автоматической загрузке-выгрузке деталей необходимо применение метода полной взаимозаменяемости.

При работе РТК действительное значение размера ГΔ будет меняться в основном вследствие погрешностей позиционирования робота, тепловых деформаций, погрешностей установки заготовки в захвате. Так, например, погрешность позиционирования загрузочных роботов может составлять ≤0,5 мм и больше; шпиндель токарного станка, например, 16К20РФЗ при нагреве передней бабки на 20°С при работе РТК смещается в вертикальной плоскости на 0,04 мм, а в горизонтальной на 0,02 мм. Какие требования к точности робота нужно в данном случае предъявить? Какой робот следует использовать: с точностью позиционирования ±1; ±0,1 или ±0,01 мм, если учесть, что с увеличением точности позиционирования увеличивается и стоимость робота? Ответы на эти вопросы можно получить, проведя размерный анализ.

При автоматической работе РТК необходимо обеспечить, чтобы каждую заготовку робот устанавливал в патрон станка без поднастройки и регулировки, поэтому соосность ГΔ нужно обеспечивать по методу полной взаимозаменяемости. При полной взаимозаменяемости допуск замыкающего звена должен быть равен сумме полей допусков звеньев составляющих:

ТΔ = Т1 + Т2 + Т3 + Т4 + Т5 + Т6 + Т7,

где T1 - Т7 — допуски размеров *Г* соответствующего номера. Допуск соосности ГΔ = ±0,2 мм составляет ТΔ = 0,4 мм.

Рассмотрим допуски составляющих размеров. Допуск соосности Т1, указан на чертеже заготовки, которую предлагается обрабатывать на РТК. Для необработанной поковки допуск может превысить допуск исходного звена. Допуск Т2 определяется погрешностью установки заготовки в захвате робота и погрешностью центрирования захвата. Для необработанной поковки погрешность установки может быть существенна. В результате сумма допусков значительно превысит допуск ГΔ замыкающего звена.

Следовательно, при принятых допусках обеспечить необходимые условия для автоматической установки заготовки нельзя.

Возможно несколько путей решения поставленной задачи. Во-первых, можно сократить допуски размеров составляющих звеньев, для этого, например, применить более точный захват с меньшей погрешностью центрирования; использовать предварительно обработанные заготовки для уменьшения погрешности установки; робот следует располагать не на отдельном основании, а непосредственно на станине станка; нужно ограничить диапазон рабочих температур при эксплуатации РТК и таким образом уменьшить составляющие допусков Т2 - Т6.

Во-вторых, можно расширить допуск замыкающего звена ГΔ. Расширение допуска при той же допустимой силе может быть обеспечено снижением жесткости закрепления заготовки в захвате робота. Этот путь наиболее удобен и поэтому захваты роботов делают подпружиненными. Однако чрезмерно уменьшать жесткость тоже вредно, так как при установке изделий различной массы будет большая погрешность позиционирования оси заготовки в захвате по высоте. Выбрав наиболее дешевый робот с точностью позиционирования ±l мм, можно определить ожидаемое поле рассеяния ωΔ размера ГΔ по формуле , где  - поля рассеяния составляющих звеньев, пусть  = 2,4 мм. Следовательно, в захвате требуется обеспечить максимальное смещение заготовки  = ±1,2 мм. Для этого жесткость крепления должна быть не больше:  Н/мм.

Примем *j* = 80 Н/мм. При заданных жесткости и необходимом значении смещения можно сконструировать пружинный упругий вес захвата робота. В-третьих, можно использовать робот с автоматической поисковой системой управления. При этом могут измениться структура и параметры размерной связи, изменится МДТ замыкающего звена: вместо полной взаимозаменяемости будет использоваться автоматическое регулирование размера. Компенсатором в размерной цепи может быть размер позиционирования захвата робота, который управляется от УЧПУ.

Робот необходимо оснастить техническим зрением и техническим интеллектом с использованием ЭВМ для анализа полученного изображения и управления положением захвата с деталью, т.е. нужна система адаптивного управления роботом.

Однако такой робот будет стоить намного дороже, чем обычно применяемый загрузочный робот, и при современном уровне развития техники вряд ли будет конкурентоспособным для автоматической загрузки рассматриваемого токарного станка.

Для этого достаточно подсчитать срок окупаемости дополнительного оснащения робота техническим зрением и учесть таким образом разницу в стоимости интеллектуального и обычного загрузочного робота. Но если все же понадобится использовать интеллектуальный робот для автоматизации установки заготовок, то, чтобы определить необходимые требования к датчикам информации такого робота, к системе управления, точности позиционирования, необходимо выявить и рассчитать размерные связи. Иначе невозможно ни разработать, ни выбрать подходящий робот из числа имеющихся, ни запрограммировать его работу.

Таким образом, при автоматизации процессов необходим анализ возникающих в автоматизируемом процессе размерных связей.

**Обеспечение требуемой точности при механической обработке деталей**

В автоматизированном процессе изготовления детали все размеры детали, достигаемые в результате обработки, должны получаться автоматически. Получаемый в результате операции размер детали называют *операционным*. Операционный размер образуется как замыкающее звено технологической размерной цепи в технологической системе, настроенной на получение этого размера. Все операционные размеры детали, получаемые на операциях технологического процесса, можно разделить на несколько видов, которые различаются структурами операционных размерных цепей, а следовательно, и составляющими звеньями.

Рассмотрим отдельные виды операционных размерных связей и соответствующие им виды операционных размеров детали, получае­мых в автоматизированном производстве. Во всех случаях операционные размеры при автоматической обработке должны обеспечиваться либо методом полной взаимозаменяемости на настроенном оборудовании, либо методом регулирования.

1. *Размеры, получаемые мерным инструментом*. Эти размеры получают в основном методом копирования как размеры замкнутых поверхностей. Примером является получение диаметров отверстий при сверлении (рис. 50,а), зенкеровании, развертывании, хонинговании. Получаемый диаметр отверстия детали в основном зависит от диаметра соответствующего инструмента, которым осуществлялась обработка, если не принимать во внимание динамические погрешности, вызываемые биением шпинделя, а также упругую деформацию заготовки. В ряде случаев при развертывании инструмент закрепляют в плавающем патроне в шпинделе, что позволяет не передавать на инструмент динамические нагрузки, вызванные радиальным биением шпинделя, а также отклонением оси вращения шпинделя относительно оси обрабатываемого отверстия. С этой же целью при хонинговании хон закрепляют в шпинделе через карданный или шаровой шарнир. Станок, таким образом, служит лишь приводом движения инструмента.

Настройка инструмента на получение требуемого размера может осуществляться методом полной взаимозаменяемости, когда для получения требуемого диаметра отверстия выбирается соответствующий стандартный инструмент, например сверло или зенкер требуемого диаметра. В сложных инструментах настройка требуемого размера в узком диапазоне может осуществляться методом регулирования, например раздвиганием брусков в хонинговальной головке.

Автоматическое получение размера также может осуществляться методом полной взаимозаменяемости заранее настроенным инструментом, например, при сверлении или методом автоматического регулирования размера инструмента при измерении получаемого размера детали, например, при хонинговании.

|  |
| --- |
| Рис.50 Схема получения диаметра отверстия сверлением (а) и растачиванием  (б, в, г) |

2. *Размеры детали, получаемые формообразующим движением.* Размеры получают с использованием формообразующего движения инструмента или заготовки. Примером является получение диаметра при растачивании отверстия в заготовке 1 (рис. 50, б,в,г) расточной борштангой 2. Расточная борштанга 2 закреплена в стандартном инструментальном переходнике 3, имеющем конусный хвостовик для установки в шпиндель 4 многоцелевого станка. На переходнике предусмотрена кольцевая проточка для захвата манипулятором, осуществляющего переустановку инструмента из инструментального магазина в шпиндель 4 и обратно по команде УЧПУ. Диаметр отверстия в результате растачивания образуется как удвоенный радиус БΔ траектории режущей кромки резца 5, закрепленного в борштанге. Радиус БΔ может быть представлен как замыкающее звено размерной цепи: БΔ = Б1 + Б2 + Б3, где Б1 — расстояние от режущей кромки резца 5 до оси базирующего конуса оправки 3; Б2 — отклонение от соосности конуса оправки 3 и конусного отверстия в шпинделе 4 станка; Б3 — отклонение от соосности конуса шпинделя и оси вращения, т.е. половина радиального биения конуса шпинделя.

Размер Б1 получается перемещением резца 5 в борштанге 2 микрометрическим винтом при настройке борштанги вне станка на специальном приборе для настройки режущих инструментов. Размер Б2 является установочным размером борштанги в конус шпинделя и определяется погрешностью установки. Размер Б3 характеризует точность станка.

Требуемый радиус БΔ при растачивании на станке должен достигаться автоматически, т.е. методом полной взаимозаменяемости, при установке налаженного вне станка инструмента в шпиндель и осуществлении растачивания. По сравнению с размером, полученным мерным инструментом (операционным размером первого вида, см. рис. 50,а, размер БΔ зависит не только от размера самого инструмента Б1, но и от установочного размера инструмента Б2 и точности формообразующего движения станка Б3. Уравнение допусков для размерной цепи Б следующее: ТΔ = Т1 + Т2 + Т3, где Т1, Т2, Т3 — допуски соответственно размеров Б1, Б2, Б3.

Для уменьшения поля рассеяния диаметра расточенного отверстия в детали необходимо уменьшить допуски всех составляющих разме­ров. Необходимо повысить точность настройки инструментов вне станка, для чего используются высокоточные измерительные приборы, оснащенные проекционными микроскопами и устройствами цифрового отсчета перемещений с разрешающей способностью до 1 мкм.

Точность установки режущего инструмента в шпиндель станка повышают следующим образом: повышают точность изготовления и износостойкость контактирующих базовых поверхностей (конуса оправки, шпинделя станка и прибора); предотвращают попадание грязи в зону контакта базовых поверхностей; стабилизируют силу затяжки конуса в шпиндель.

Для очистки конусных поверхностей при установке инструмента в шпиндель прокачивают сжатый воздух через полый шпиндель или тщательно отфильтрованную микронным фильтром СОЖ, с помощью которой эффективность очистки выше. Однако прокачка СОЖ возможна только, если рабочее пространство станка находится внутри герметичного бокса. Стабильности силы затяжки инструментов на многоцелевых станках добиваются использованием для затяжки пакета тарельчатых пружин. Все эти мероприятия позволяют снизить погрешность расточенного отверстия.

|  |
| --- |
| Рис.51 Размерная цепь образования радиуса детали при обтачивании |

3. *Размеры детали, получаемые от обработанных поверхностей до технологических баз.* При обработке на станках получаются размеры детали, которые определяются расстоянием от режущих кромок инструментов или их осей до технологических баз заготовки. Пример такого размера показан на рис. 51. Рассмотрим, например, как обеспечивается заданный диаметр при обработке заготовки на токарном станке с ЧПУ. Схема обработки и размерная цепь, определяющая получение радиуса, показаны на рис. 51.

В процессе токарной обработки образуется радиус ДΔ заготовки, равный (без учета упругих деформаций материала заготовки) расстоянию от вершины резца до оси вращения заготовки. Для станка с ЧПУ режущий инструмент (РИ) настраивается на определенную заданную длину Д2 вне станка на специальном приборе для настройки инструментов с помощью винта, размер Д1 — расстояние от оси револьверной головки до оси заготовки, обеспечивается с помощью системы ЧПУ в соответствии с данными заложенной в систему ЧПУ программы обработки. Образуется замкнутый контур размеров ДΔ, Д1, Д2, Д3, т.е. размерная цепь, в которой замыкающим звеном является получаемый размер детали. Уравнение размерной цепи в данном случае следующее: ДΔ = Д1—Д2 — Д3

В процессе обработки партии заготовок размер ДΔ каждой из них будет меняться вследствие прогрессирующего размерного изнашивания РИ, приводящего к постоянному уменьшению размера Д2. Кроме того, на размер ДΔ будет влиять размер Д1, меняющийся вследствие неизбежной погрешности позиционирования станка, а также теплового деформирования. Действуют и другие факторы, вызывающие случайные изменения указанных составляющих размеров и, как следствие, изменение замыкающего звена — радиуса детали.

Если мы хотим получить размер детали с заданным допуском, то необходимо с соответствующей точностью настроить станок и режущий инструмент, внести соответствующую коррекцию в систему ЧПУ, чтобы согласовать эти размеры с тем размером, который был запрограммирован ранее на перфоленте в программе управления станком.

Если размер ДΔ будет обеспечиваться методом полной взаимозаменяемости, то должно соблюдаться условие ТΔ = Т1+ Т2 + Т3, где ТΔ, Т1, Т2, Т3 — допуски соответственно размеров ДΔ, Д1, Д2, Д3.

Для обеспечения размера детали с требуемым по чертежу допуском необходимо ограничить допуск настроечного размера режущих инструментов вне станка, допуск установочного размера и режущего инструмента на станок, допуск на износ режущего инструмента, допуск позиционирования станка, допуск тепловой деформации. А для этого необходимо выбрать соответствующие средства — станок с требуемой точностью позиционирования, прибор для настройки инструмента, а также следует осуществлять своевременно компенсацию износа режущего инструмента. Для компенсации погрешности настройки и установки режущего инструмента можно использовать контактные головки и другие средства.

4. *Размеры детали, получаемые между поверхностями, обработанными за один установ*. Размер ГΔ, получаемый между двумя поверхностями, обработанными на многоцелевом станке за один установ заготовки (рис. 52), зависит от двух размеров Г1 и Г2. Каждый из них получен от обработанной поверхности до одной и той же технологической базы заготовки как размер ЕΔ третьего вида: 

|  |
| --- |
| Рис.52 Схема получения размера между поверхностями, обработанными за один установ заготовки и режущего инструмента |

В соответствии с последним выражением размер ГΔ получается менее точным, так как его поле рассеяния больше, чем каждого размера Г1 и Г2. На самом деле в данной ситуации размер ГΔ получится более точным, чем размеры Г1 и Г2. Это объясняется тем, что погрешность установки заготовки Δ3 и в данном случае погрешность настройки и установки режущего инструмента Δи при обработке обоих поверхностей заготовки одинаковы по величине и направлению. Размеры Г1 и Г2 получают одинаковые приращения, равные Δ3 + Δи. Однако на размер ГΔ эти приращения влияния не оказывают, так как одинаковые погрешности взаимно компенсируются. Это следует из следующих уравнений. Пусть =Г1+Δ3+ΔИ; =Г2+Δ3+ΔИ, тогда  = Г1 – Г2 = Г1 + Δ3 + ΔИ – Г2 – Δ3 – ΔИ = Г1 – Г2 = ГΔ.

Увеличение или уменьшение размеров  и  на одно и то же значение не изменяет размера между поверхностями, обработанными за один установ. Погрешности обоих размеров взаимно компенсируются.

5. *Размеры детали получаемые от измерительных баз.* Автоматизировать получение размера от измерительных баз можно двумя путями: а) фиксированием момента касания инструментом заготовки с последующим автоматическим перемещением инструмента на требуемое расстояние; б) предварительным определением положения измерительной базы в координатах станка и перемещением инструмента на требуемое расстояние. В обоих случаях используется метод регулирования, требующий дополнительной информации для его реализации.

Автоматическое фиксирование момента касания инструментом заготовки в процессе резания на станках может осуществляться различными способами: по электрическому контакту сверла с заготовкой, увеличению крутящего момента на шпинделе или увеличению составляющей силы резания, возникновению искры при шлифовании, увеличению механических колебаний на заготовке и др. Момент касания сверлом заготовки может быть зафиксирован автоматически по увеличению силы тока в цепи якоря электродвигателя привода подачи. При увеличении силы тока в УЧПУ поступает сигнал начала отсчета запрограммированного перемещения шпинделя со сверлом.

Предварительное определение положения измерительной базы заготовки на Многоцелевых станках может осуществляться с использованием контактной головки, автоматически устанавливаемой в шпиндель станка из инструментального магазина. Щуп головки автоматически подводится до контакта с заготовкой. При контакте с заготовкой щуп отклоняется от нейтрального положения. Отклонение щупа на 1 мкм вызывает срабатывание контактов в измерительной головке. Движение подачи прекращается, а в УЧПУ фиксируется значение координаты положения рабочих органов станка, при котором произошел контакт. Это значение координаты принимается за начало отсчета размеров при дальнейшей обработке заготовки.

6. *Прочие неоперационные размеры детали, получаемые в результате обработки.* К прочим размерам, образующимся в результате обработки заготовки, можно отнести размеры от обработанных поверхностей или их осей до поверхностей заготовки, не обрабатываемых за один установ и не являющихся ни технологическими, ни измерительными базами. Такими поверхностями могут быть: поверхности, которые обрабатывались на других операциях технологического процесса; поверхности заготовки, не подлежащие обработке.

|  |
| --- |
| Рис.53 Схема получения размера детали от измерительных баз: а – вручную отсчетом перемещения от ИБ; б – автоматически по увеличению силы тока якоря серводвигателя подачи при врезании; в – измерением положения ИБ контактной головкой перед обработкой, ДВ – серводвигатель, ДОК – датчики обработанной связи, ИΔ – информация о величине перемещения. |

В первом случае размер образуется как замыкающее звено и рассматривается как образующийся в межоперационных размерных связях. Во втором случае к точности размера, как правило, высоких требований не предъявляют, он тоже образуется как замыкающее звено межоперационной размерной связи.

Типы операционных размеров характеризуются методом их образования и различаются структурой, т.е. составом размерной связи, замыкающим звеном которой этот размер является. Следовательно, типы операционных размеров различаются качественным составом составляющих звеньев и, соответственно составом погрешностей, которые суммируются на замыкающем звене.

|  |
| --- |
| Рис.54 Связь размеров заготовки И1, изделия И2 и припуска Z |

Так как современное оборудование (многоцелевые станки, ГПМ, РТК) позволяют строить технологические процессы изготовления деталей с максимальной концентрацией операций (на ГПМ приходит заготовка – уходит готовая деталь), то анализ операционных размерных связей бывает достаточен для прогнозирования точности обработки. В более сложных случаях необходимо анализировать межоперационные размерные связи.

Межоперационными размерными связями называют технологические размерные связи, проявляющиеся во взаимодействии операционных размеров детали и размеров заготовки на различных стадиях изготовления детали. Простейшей межоперационной размерной связью является связь размеров заготовки И1, операционного размера детали И2 и припуска на обработку, показанная на рис. 54. В результате обработки заготовки, имевшей размер И1, удаляется припуск Z, который в данном случае является функцией двух размеров И1 и И2. Связь определяется уравнением:

Z = ИΔ = И1 – И2.

При получении размера детали за несколько установов или операций возникают более сложные межоперационные связи. Учитывая, что в современном автоматизированном производстве используется принцип максимальной концентрации операций подробно межоперационные связи не рассматриваются.

**Лекция 8 ( 1 час )**

**Требования предъявляемые к конструкции деталей при их автоматизированной механической обработке**

Требования к деталям

1. Детали и их конструктивные элементы должны быть стандартизованы. Следует конструировать группы деталей одного служебного назначения в соответствии с размерным рядом. Детали одной группы различаются только размерами, но имеют одинаковые форму и назначение, будучи составными частями изделий одной гаммы. Унификация и стандартизация изделий на базе размерных рядов позволяют произвести унификацию сборочного оборудования и оснастки, существенно сократить расходы на их проектирование и изготовление.

2. Детали не должны сцепляться друг с другом в процессе хранения, перемещения и подачи на позицию. Сцепление деталей в бункерах, лотках, магазинах может быть вызвано следующими причинами: наличием заусенцев и облоя; формой и размерами деталей; статическим зарядом пластмассовых и других неметаллических деталей; намагниченностью ферромагнитных деталей; наличием масляной пленки, СОЖ и других веществ.

Для предотвращения сцепления деталей предусматривают: снятие фасок и заусенцев, чистку и мойку деталей перед сборкой, антистатическую обработку, размагничивание. Если сцепление может быть вызвано формой и размерами деталей (например, разрезные пружинные шайбы, спиральные пружины, у которых шаг навивки больше удвоенного диаметра проволоки), то такие детали нельзя хранить беспорядочно, подавать с помощью вибробункеров. Их нужно подавать поштучно к рабочим органам автомата, осуществляющим установку этих деталей.

3. Детали для удобства ориентации должны быть симметричными или существенно асимметричными. Если деталь симметрична относительно какой-либо оси, то отпадает необходимость ее ориентации относительно этой оси перед установкой в изделие. У некоторых деталей можно предусмотреть дополнительные конструктивные элементы, которые делают их симметричными и не мешают выполнению их назначения. Примером является стопорный винт (рис. 57). Винт трудно ориентировать по шлицевому торцу автоматически. Трудностей можно избежать, если шлицы сделать на обоих концах винтов.

|  |
| --- |
| Рис.57 Примеры изменений конструкции деталей, облегчающие их автоматическую ориентацию: а, в, д – исходные конструкции; б, г, е – измененные конструкции. |

Резьбовые шпильки с разной длиной ℓ*1*, ℓ*2* резьбы по концам тоже трудно ориентировать автоматически определенным концом для установки в изделие. В этом случае целесообразно сделать одинаковую длину ℓ резьбы обоих концов шпильки. Если этого сделать нельзя, то на одном конце шпильки необходимо предусмотреть уступ, по которому будет происходить автоматическая ориентация. У несимметричной детали центр тяжести должен быть по возможности смещен относительно середины детали. Это необходимо для облегчения ориентирования деталей подающими устройствами.

4. Детали с ассиметричным внутренним контуром должны иметь ассиметричные наружные поверхности. Это связано с тем, что детали легче ориентировать по наружному контуру, чем по внутреннему, если центр тяжести мало смещен от плоскости симметрии (см. рис. 57). Наружная проточка детали помогает ориентировать ее необходимой стороной при автоматической установке в приспособление.

5. Детали должны иметь заходные фаски. Фаски, как было показано, значительно расширяют допуск отклонения расположения поверхностей или осей устанавливаемой детали. Наличие фасок значительно облегчает попадание в резьбу при свинчивании деталей. Значительно проще обеспечивать заходные фаски при изготовлении деталей.

6. Детали должны иметь поверхности, удобные для захвата рабочими органами загрузочно- разгрузочного автомата. Эти поверхности должны иметь достаточно малые отклонения расположения относительно технологических баз

**Лекция 9 ( 3 часа )**

**Автоматические линии и средства их технологического оснащения**

**Автоматическая линия** – совокупность основного и вспомогательного оборудования, расположенного в последовательности выполнения технологических операций, предназначенная для автоматического изготовления изделий через заданный промежуток времени, называемый тактом выпуска.

Автоматические линии для изготовления деталей с выполнением разнообразных операций механической обработки, сборки, контроля, упаковки и других операций классифицируют по различным признакам.

По **технологическому назначению** различают линии для выполнения одного вида операций (например, обработка деталей резанием, сборка изделий, термообработка и т.д.) и комбинированные линии для выполнения нескольких видов операций (например, механическая обработка сочетается со сборочными операциями, контролем, упаковкой и т.д.). Несмотря на то, что в последние годы появились линии, сочетающие различные виды операций, в машиностроительной промышленности большинство линий предназначено для одного вида операций обработки деталей.

По **типу применяемого** **оборудования** автоматические линии подразделяют на линии из универсальных, агрегатных, специализированных и специальных станков (рис.13).

Линии из специальных станков и устройств применяют в массовом производстве в том случае, когда деталь по тем или иным причинам не может быть обработана на станках, выпускаемых серийно.

Линии из непрерывно вращающихся роторов также применяют только в массовом производстве, так как они обеспечивают высокую производительность и не окупаются при недостаточной загрузке. Эти линии используют при обработке простых по конструкции деталей, требующих для полной обработки небольшого количества переходов.

По **характеру транспортной связи агрегатов** автоматические линии можно разделить на две группы – жесткие (синхронные) и гибкие (несинхронные).

*Жесткие* линии характеризуются тем, что на всех рабочих позициях детали обрабатываются одновременно, а по окончании операции перемещаются транспортером на соседние позиции - на последней снимается готовая деталь, а на первой устанавливается новая заготовка. Отказ хотя бы одного элемента линии приводит к ее остановке. Это значительно снижает ее производительность. Чтобы увеличить коэффициент готовности жестких линий в нее соединяют относительно немного станков. Жесткие линии на 70…90% можно компоновать из унифицированных узлов и агрегатов. Это обеспечивает относительно низкую их мощность, короткие сроки проектирования.

Автоматические линии

Стационарные

Роторные

Из универсальных станков

Из агрегатных станков

Из специализированных станков

Из специальных станков

Однопоточные

С зависимыми

потоками

Однопредметные

Переналаживаемые

С программным

управлением

С регламентированными потоками

Многопоточные

С независимыми

потоками

Многопредметные

Непереналаживаемые

Без программного

управлением

С нерегламентированными потоками

Рис.13. Варианты автоматических линий [6]

*Гибкие* линии характеризуются тем, что позволяют разорвать жесткую связь между агрегатами автоматической линии и тем самым допустить возможность одним из них работать, а другим в это время простаивать в наладке. Таким образом, применение гибких линий позволяет значительно сократить простои.

По **способу перемещения обрабатываемых деталей с позиции на позицию** линии можно разделить на спутниковые и бесспутниковые.

На *спутниковых* линиях детали базируются, обрабатываются и транспортируются в период всего технологического процесса на приспособлениях, называемых спутниками. Приспособление-спутник применяется при обработке детали сложной формы, не имеющей хороших поверхностей для базирования во время транспортирования и закрепления в стационарных приспособлениях на рабочих позициях. Такая деталь (или несколько деталей) устанавливается и закрепляется в приспособлении-спутнике. Спутник транспортируется через все позиции линии. На рабочих позициях спутники базируются относительно станков и закрепляются. После выполнения операций они освобождаются и перемещаются далее. В конце линии детали снимаются со спутников, и они свободные возвращаются к началу линии. Иногда спутники возвращаются вместе с обработанными деталями.

На *бесспутниковых* линиях обрабатываемые детали с позиции на позицию транспортируются без спутников свободно с помощью штанг, грейферов и других механизмов. На каждой позиции они базируются и закрепляются в приспособлении.

По **способу транспортирования обрабатываемых деталей** линии можно разделить на сквозные и несквозные.

*Сквозное* транспортирование отличается тем, что транспортное устройство проходит через рабочие зоны всех станков.

*Несквозное* транспортирование состоит из двух этапов: на первом – обрабатываемая деталь переносится транспортером между станками вне их рабочих зон, на втором – в зону обработки.

По **числу потоков** линии делятся на однопоточные и многопоточные.

**По признаку совмещения** обработки с транспортным движение - на стационарные, роторные и цепные.

**По планировке** – линейные, прямоугольные, кольцевые, зигзагообразные.

**По расположению оборудования** относительно направления потока – на линии с поперечным, продольным и угловым расположением станков.

В зависимости от количества деталей, одновременно обрабатываемых на каждой позиции, линии можно разделить на одноместные и многоместные; в зависимости от количества одновременно обрабатываемых предметов – на однопредметные и многопредметные, в зависимости от возможности переналадки – на непереналаживаемые и переналаживаемые.

**Транспортная система автоматических линий**

**Поворотные и делительные устройства.** Для перемещения деталей с позиции на позицию или для поворота ее на определенный угол (деления) используют разнообразные устройства. Это разнообразие определяется различным назначением механизмов.

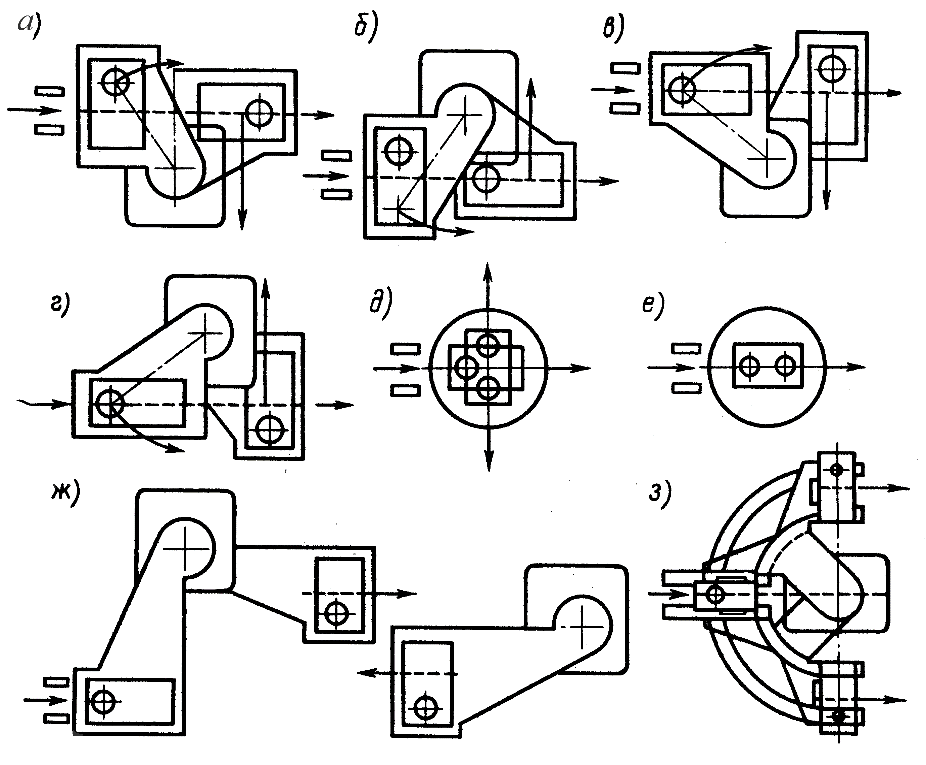


Рис.14. Схема работы устройств для поворота и распределения обрабатываемых деталей между участками линии с гибкой и жесткогибкой связью

Ha рис.14 даны различные схемы перемещения деталей на поворотных столах, размещенных между участками линии; повороты обрабатываемых деталей на 90°, установленных на плите поворотного стола и различные варианты расположения деталей до и после поворота (см. рис.14,а–г); поворот деталей, установленных на планшайбе поворотного стола (см. рис.14,д,е); поворот детали на 180° (см. рис.14,е); два отдельных поворотных стола, работающих последовательно; они распределяют детали на два потока и располагают их передним торцом наружу (см. рис.14,ж); распределение деталей на два потока и расположение их передним торцом внутрь (см. рис.14,з).

**Устройства транспортирования деталей**.

Транспортные устройства автоматической линии являются комплексом различных устройств, предназначенных для перемещения обрабатываемых деталей между позициями агрегатов линии и с основного транспортера в рабочую зону станков и из рабочей зоны на транспортер. Транспортные устройства по виду работы подразделяют на две группы: прерывного (циклического) и непрерывного действия (рис.15).

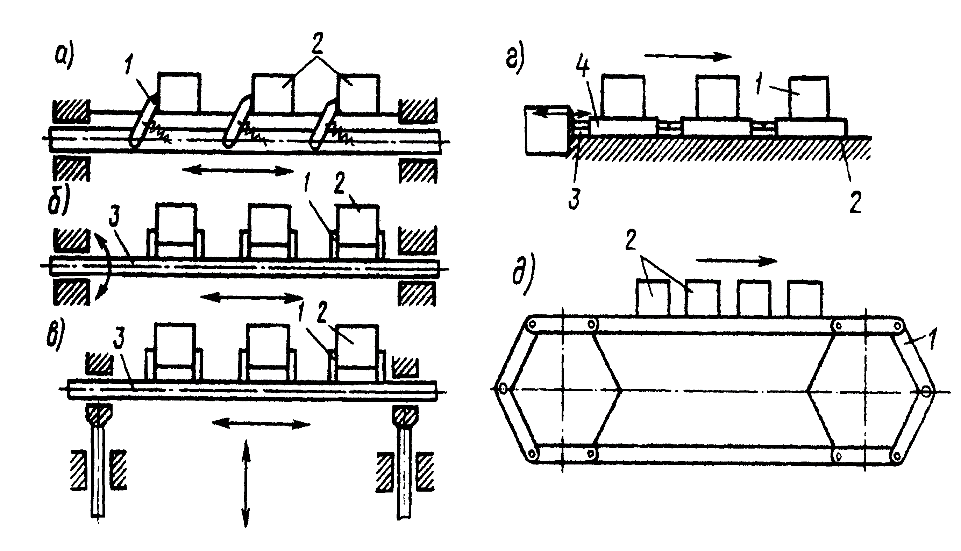


Рис.15. Схемы транспортеров автоматических линий с жесткой связью:

1 – штыри; 2 – детали; 3 - транспортер; 4 - платформа

На автоматических линиях для изготовления неподвижных в процессе обработки деталей в основном используют сквозной транспортер при перемещении обрабатываемых деталей между всеми позициями агрегатов автоматической линии. Наибольшее применение на автоматических линиях получили шаговые транспортеры с собачками (см. рис.15,а). Также используются транспортеры с поворотными штангами и жесткими штырями (см. рис.15,б), которые обеспечивают большую точность перемещения и установки деталей на рабочих позициях станков, чем шаговый транспортер с собачками. Эти транспортеры применяют для перемещения деталей с большими плоскими опорными поверхностями.

Грейферные шаговые транспортеры со штырями (см. рис.15,в) применяют только в тех случаях, когда обрабатываемые детали могут захватываться только с одной стороны. Грейферные шаговые транспортеры применяют также для перемещения между позициями линии неустойчивых деталей, которые при транспортировании по линии приходится закреплять.

Толкающий шаговый транспортер (см. рис.15,г) применяется для перемещения большой группы тяжелых деталей. Достоинством толкающих шаговых транспортеров является простота конструкции. Недостаток этих транспортеров заключается в том, что на фиксации всех обрабатываемых деталей на рабочих позициях сказывается увеличение накопленной ошибки положения каждой последующей детали.

Цепные транспортеры (см. рис.15,д) применяют на линиях, где требуется непрерывное транспортирование деталей в процессе их обработки на агрегатах линии.

**Накопители для приема, хранения и выдачи деталей**

Производительность автоматических линий можно увеличить путем повышения коэффициента технического использования при разделении линии на участки и установки между участками накопителей для хранения заделов деталей.

**По назначению** автоматические накопители для приема, хранения и выдачи деталей, устанавливаемые между участками автоматических линий, разделяют на автоматические, бункерные и автоматические магазинные накопители заделов.

В бункерных накопителях детали находятся в беспорядочном состоянии (навалом), но выдаются на автоматическую линию в ориентированном положении. В магазинных накопителях детали хранятся и выдаются на линию в ориентированном положении.

**По виду работы** бункерные и магазинные автоматические накопители, установленные между участками автоматической линии, разделяют на транзитные и складские. В *транзитных* для выдачи из накопителя одной детали необходимо перемещать весь запас деталей, находящийся в нем. В *складских* автоматических устройствах при бесперебойной работе двух смежных участков линии поток деталей поступает с предыдущего на последующий участок автоматической линии, минуя накопитель. Накопитель включается в работу только в случае остановки предыдущего участка линии.

Автоматические бункерные и магазинные накопители для хранения запаса деталей состоят из емкости для хранения деталей, механизмов, приема и выдачи деталей в ориентированном положении, транспортных устройств, приводов и соединяющих деталей.

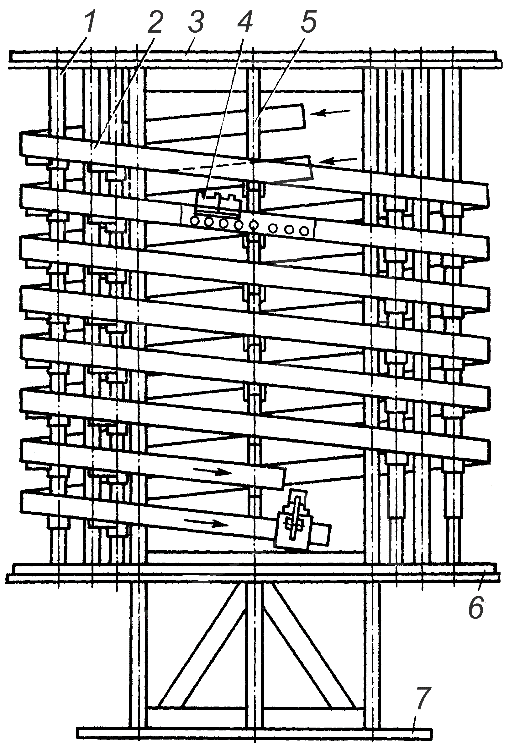


Рис.18. Автоматический магазин со спиральным роликовым лотком

Автоматический двусторонний магазинный накопитель (рис.18) состоит из швеллеров 5, сваренных с дисками 3 и 6, закрепленных на основании 7, стержня 1 и накопительных спиральных потоков 2. По лоткам перемещаются изделия 4.

Транспортеры-накопители в основном применяют в автоматических линиях с жесткой связью и принудительной транспортировкой деталей. Они работают в тесном взаимодействии с шаговыми транспортерами, поворотными столами и т.д.

Конструктивная схема типового вибрационного бункера с центральным электромагнитным вибратором показана на рис.19. Бункер состоит из чаши 6, на внутренней поверхности которой расположен лоток в виде винтовой спирали. Чаша с конусом и днищем 5 укреплена на трех наклонных пружинах круглого сечения 3. Пружины жестко закреплены в верхних 4 и нижних 1 башмаках.

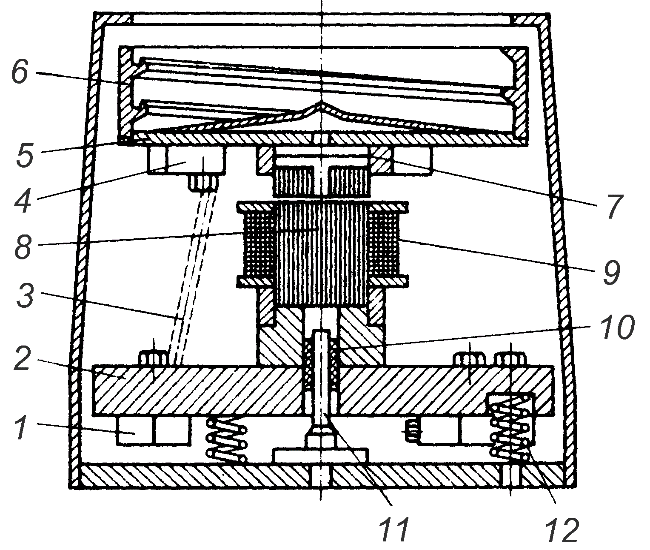


Рис.19. Схема типового вибрационного бункера с центральным

электромагнитным вибратором

Электромагнитный вибратор 9 установлен в центре плиты 2. Якорь вибратора прикреплен к днищу бункера через промежуточную алюминиевую прокладку 7, которая изолирует бункер с заготовками от намагничивания. Вертикальные колебания якоря вибратора с помощью наклонных пружин преобразуются в колебания чаши по спирали. В процессе колебания на заготовки действует центробежная сила, которая сдвигает их от центра к внутренней стенке чаши на спиральный лоток.

На спиральном лотке за счет силы инерции заготовка скользит или совершает микрополеты в направлении подъема лотка. Система настраивается на резонансный режим изменением рабочей длины пружин 3. Скорость движения заготовки по спиральному лотку регулируется изменением возмущающего усилия вибратора, которое зависит от зазора между якорем и сердечником электромагнита 8. Для виброизоляции бункер установлен на трех витых цилиндрических пружинах 12 малой жесткости. Вместо пружин могут быть использованы резиновые амортизаторы. Для устранения подвижности бункера в горизонтальной плоскости в отверстие плиты установлена ось 11 с

**Устройства для уборки стружки**

Уборка стружки с агрегатов автоматической линии является трудной задачей. Стружка убирается следующим образом: отвод из рабочей зоны станков, транспортирование стружки в сборники цехового транспортера, очистка стружки от смазочно-охлаждающей жидкости и шлама и ее переработка.

Применяют следующие способы удаления стружки из рабочей зоны станков линии: механический с помощью транспортеров, скребков, щеток; гравитационный, при котором стружка падает на наклонные поверхности приспособлений и станков и затем сваливается на транспортер, под станками; смывание стружки струей эмульсии; отсасывание стружки сжатым воздухом; удаление стружки электромагнитом. Иногда эти способы применяются в сочетании друг с другом.

Для бесперебойной работы станков линии стружку необходимо непрерывно удалять из зоны резания и с механизмов линии. Для лучшего попадания стружки на транспортер, размещенный под станками линии, необходимо в станинах станков и в основаниях станочных приспособлений устраивать специальные проемы или люки с наклонными или вертикальными стенками, через которые основная масса стружки попадает на транспортер. Для уменьшения скапливания стружки на станочных приспособлениях следует изготовлять их не с горизонтальными, а с наклонными поверхностями.

Основная часть стружки, попадающей на транспортные и базовые планки автоматической линии, удаляется обрабатываемыми деталями или приспособлениями-спутниками при их перемещении по транспортеру между станками линии.

На автоматических линиях с приспособлениями-спутниками необходимо базовые поверхности спутников промывать в моечных машинах или продувать сжатым воздухом для удаления с них стружки и грязи.

На рис.21 дано устройство для выдувания стружки из несквозных отверстий. Для очистки отверстий от стружки необходимо, чтобы диаметр сопл был меньше диаметра отверстий.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рис.21. Устройство для выдувания стружки из глухих отверстий блока цилиндров автомобиля: 1 – сопло; 2 – штуцер для подвода сжатого воздуха; 3 – канал для отвода стружки из отверстия

Очистка обрабатываемых деталей и приспособлений-спутников от стружки и грязи производится на автоматических моечных машинах, встраиваемых в автоматическую линию. Моечную машину размещают на линии в зависимости от вида технологических операций.

Для удаления стружки со станков автоматической линии в сборники общецехового транспортера отвода стружки и для транспортирования стружки с автоматических линий применяют два вида транспортера – винтовой и скребковый. Скребковый транспортер встроен в нижнюю часть станин станков, а винтовой размещен в траншее, проходящей под станками линии. Конструкция транспортера для перемещения стружки зависит от конструкции станков, материала обрабатываемой детали, вида образующейся стружки, работы с охлаждением или без охлаждения, компоновки линии.

Для уборки стальной стружки применяется винтовой транспортер, обладающий требуемой производительностью и жесткостью. При перемещении стружки он дробит ее и улучшает транспортирование. Параметры винтовых транспортеров выбирают в зависимости от количества убираемой стружки, длины линии и т. д.

На автоматических линиях при обработке чугунных деталей элементная стружка транспортируется скребковым транспортером. Они бывают штанговые и цепные.

Вибрационные транспортеры могут перемещать стальную и чугунную стружку на небольшое расстояние. Вибротранспортеры требуют небольшую мощность, но применяют их редко, так как они создают шум и вибрации, которые передаются оборудованию линии и ухудшают качество обрабатываемых изделий.

**Системы автоматического контроля**

Автоматические системы контроля в зависимости от выполняемой функции разделяют на системы пассивного и активного контроля. Эти системы являются сложными устройствами, состоящими из механических, гидравлических, электрических и других звеньев системы.

Автоматические средства пассивного контроля подразделяют на контрольные автоматы, производящие автоматический контроль и сортировку деталей на годные и брак, и контрольно-сортировочные автоматы, которые сортируют обрабатываемые детали на годные и брак, а также производят сортировку годных деталей по размерам на несколько групп.

На рис.22 показана функциональная структурные схемы контрольного и контрольно-сортировочного автомата без обратной связи. Элемент *В* цепи принимает измерительный сигнал от объекта контроля *ОК* и реагирует на изменение измеряемой величины.

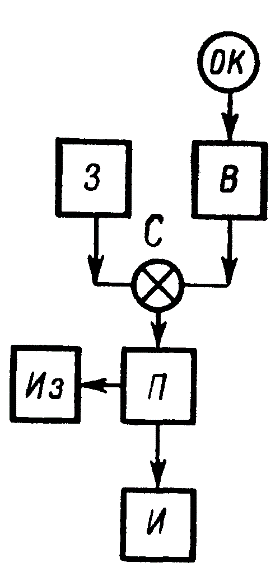


Рис.22. Функциональные структурные схемы автоматических систем контрольного и контрольно-сортировочного автомата

Воспринимающими элементами измерительных систем, контролирующих размеры деталей, являются измерительные стержни, измерительные губки, рычаги и т д. Задающий элемент *3* служит для установки значения величины, характеризующей управляемый процесс и ее воздействие на него. Задающими элементами автоматических измерительных систем являются регулировочные винты неподвижных контактов преобразователей, определяющие продольные размеры контролируемых деталей.

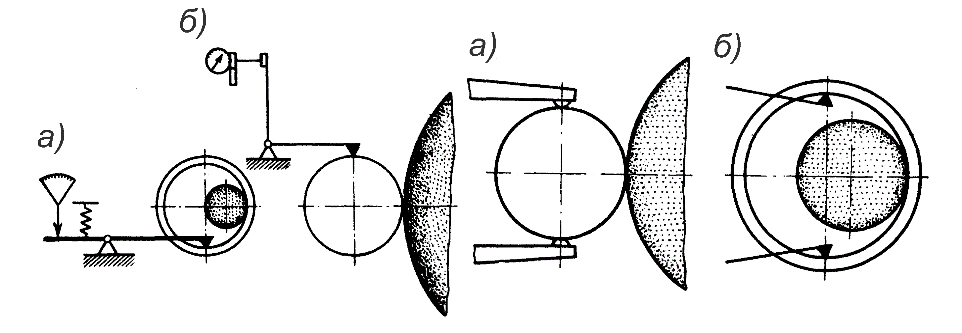
Элемент сравнения *С* сравнивает величины воздействия, полученные от воспринимающего и задающего элементов, и передает сигнал на преобразующий элемент. Преобразующий элемент *П* осуществляет преобразование воздействия (сигнала), полученного от элемента сравнения, из одного вида энергии в другой и передает его на измерительный *Из* и исполнительный *И* элементы. Преобразующим элементом системы является электрическая цепь датчика, подающая сигнал о достижении обрабатываемой деталью заданного размера. Измерительный элемент воспринимает преобразованные воздействия контролируемого объекта и фиксирует числовые значения изменений контролируемой величины на регистрирующем или цифровом отсчетном устройстве. Исполнительный элемент воздействует на рабочие органы управляемого объекта, осуществляя конечное преобразование энергии, получаемой от преобразующего элемента.

Системы активного автоматического контроля в процессе обработки детали управляют технологическим процессом. Они контролируют размер обрабатываемой детали и в зависимости от его величины путем передачи воздействий от исполнительного элемента на рабочий орган станка переключают режимы резания или прекращают обработку детали.

**Классификация средств активного контроля.** Все типы средств активного контроля, применяемые для контроля размеров деталей в процессе обработки, основываются на прямом или косвенном методе измерения.

*Прямой* метод измерений характеризуется непосредственной оценкой значений заданной величины или отклонений от нее по показателю прибора. *Косвенный* метод измерений характеризуется оценкой значений заданной величины или отклонений от нее по результатам измерений другой величины, связанной с заданной определенной зависимостью. Прямой метод измерения является более точным по сравнению с косвенным. Косвенный метод измерения применяют тогда, когда прямой метод трудно осуществить.

Контроль размеров деталей можно осуществлять контактным и бесконтактным способами. Контролироваться может как сама деталь, так и положение грани режущего инструмента или рабочих механизмов станка.



|  |  |
| --- | --- |
| Рис.23. Схема активного контроля размеров деталей одноконтактными измерительными приборами | Рис.24. Схема активного контроля размеров деталей двухноконтактными измерительными приборами |

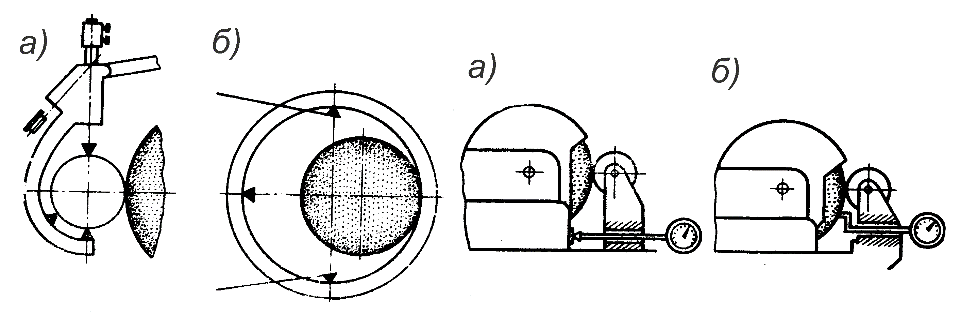
Измерительные приборы для прямых методов измерений деталей разделяются на приборы:

а) одноконтактные – контактирующие с измеряемой поверхностью детали в одной точке при измерении внутреннего (рис.23,а) и наружного (рис.23,б) диаметров. Одноконтактные измерительные приборы применяют для активного контроля при плоском и бесцентровом шлифовании деталей, реже – при наружном и внутреннем шлифовании;

б) двухконтактные – контактирующие с измеряемой поверхностью детали в двух точках. Их применяют для активного контроля деталей на круглошлифовальных (рис.24,а), внутришлифовальных (рис.24,б) и хонинговальных станках;

в) трехконтактные – контактирующие с измеряемой поверхностью детали в трех точках. Трехконтактные приборы применяют для активного контроля деталей на круглошлифовальных (рис.25,а) и внутришлифовальных (рис.25,б) станках;

г) контактирующие по цилиндрической измеряемой поверхности обрабатываемой детали. Такие измерительные приборы применяют для активного контроля отверстий на внутришлифовальных и хонинговальных станках.



|  |  |
| --- | --- |
| Рис.25. Схема активного контроля размеров деталей трехконтактными измерительными приборами | Рис.26. Измерительные приборы |

Измерительные приборы для косвенных измерений разделяются на приборы:

а) контролирующие перемещение узлов станка с режущим инструментом (рис.26,а);

б) контролирующие положение граней режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности детали (рис.26,б).

Средства контроля заданных размеров деталей на металлорежущих станках автоматической линии можно разделить на средства контроля до обработки, средства активного автоматического контроля непосредственно в процессе обработки и средства контроля после обработки.

Автоматические средства контроля размеров заготовок деталей до их поступления на станок называют защитно-блокировочными устройствами.

Средства автоматического активного контроля наиболее часто применяют на отделочных операциях: при круглом наружном и внутреннем шлифовании, бесцентровом и плоском шлифовании, хонинговании. Реже их применяют при точении, зубонарезании.

**Самонастраивающиеся системы активного контроля.** Средства активного контроля в процессе контроля деталей работают в тяжелых условиях – подвергаются вибрации, воздействию охлаждающей жидкости и т. д. Поэтому измерительные наконечники средств активного контроля изнашиваются, и изменяется первоначальная настройка станка. Системы, следящие за правильной настройкой приборов и автоматически их подналаживающие, называют двухступенчатыми.

Применение двухступенчатой системы активного контроля превратило круглошлифовальный станок в автомат, самонастраивающийся по двум параметрам – по диаметру и углу конуса.

Станок при автоматическом цикле работы обеспечивает высокую точность и шероховатость поверхности конических деталей без участия в подналадке наладчика или рабочего-шлифовщика.

**Лекция 10 ( 6 часов )**

**Гибкие производственные системы их состав и уровни автоматизации**

**4.1. Понятие гибкости производственной системы и способы её обеспечения**

**Гибкая производственная система (ГПС)** – это совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик. В технической литературе термин «гибкая производственная система» применяют как обобщающий для обозначений ГПС различного уровня организации и автоматизации. Таким образом, под гибкостью производства понимают его способность перестраиваться и переналаживаться.

*Переналаживаемость* – это способность переходить на выпуск новых изделий в короткие сроки при широкой номенклатуре изделий с заранее установленными пределами их характеристик. Переналаживаемость выходит на первый план при организации мелкосерийного и серийного производства.

*Перестраиваемость* – это способность производственной системы переходить на выпуск новых изделий в относительно более длительные сроки, но при заранее неизвестной номенклатуре их выпуска. Перестраиваемость необходима для всех типов производства, но особую роль она приобретает в крупносерийном и массовом производстве, так как при её отсутствии резко увеличивается срок освоения новой продукции взамен морально устаревшей.

**По организационному признаку** ГПС подразделяют на гибкую автоматизированную линию (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ) и гибкий автоматизированный цех (ГАЦ). Таким образом, верхним уровнем ГПС является ГАЦ.

В состав ГАЦ в общем случае могут входить ГАЛ, ГАУ, роботизированные технологические линии и участки, а также отдельное технологическое оборудование – гибкие производственные модули (ГПМ), отдельные станки с ЧПУ и др.

ГАЛ состоит из гибких производственных модулей с ЧПУ или из оборудования, управляемого программируемыми контроллерами, объединенных единой автоматизированной системой управления. Особенностью компоновки ГАЛ является расположение технологического оборудования в принятой последовательности технологических операций. Отличие от традиционных автоматических линий заключается в том, что на ГАЛ можно обрабатывать широкую номенклатуру деталей, близких по массогабаритным характеристикам. В ГАЛ транспортная система перемещает обрабатываемые изделия только по заранее определенным маршрутам. При этом гибкость производства осуществляется путем применения станков с ЧПУ, смены на станках отдельных агрегатов, узлов и многошпиндельных головок, поворота обрабатываемой детали на необходимый угол и др.

ГАУ состоит из гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления, в которой в отличие от ГАЛ может изменяться последовательность технологических операций. В результате этого достигается максимальная загрузка встроенного оборудования, а его гибкость позволяет изготовлять детали в виде сборочных комплектов (в номенклатуре деталей, изготовляемых на участке).

**При классификации ГПС по назначению ГАУ** подразделяются на операционные, предметные и узловые, что характеризует комплексность изготовления изделий.

*Операционные ГАУ* служат для выполнения однородных технологических операций, являющихся частью комплексного технологического процесса обработки определенной группы изделий. Участки комплектуются высокопроизводительным специализированным оборудованием.

*Предметные ГАУ* – системы машин, на которых полностью (комплексно) обрабатывается (от заготовки до готового изделия) определенная группа изделий, например, валов, втулок, корпусов, планок и т.п., или две и более групп изделий (тела вращения и планки).

В состав предметных участков включаются, например, для обработки тел вращения многоцелевые станки токарной и сверлильно-фрезерно-расточной групп, контрольно-измерительные машины и другое технологическое оборудование.

*Узловые ГАУ* – системы машин, продуктом производства которых являются комплекты деталей и узлы определенных типоразмеров. Комплекты деталей дополняются со склада недостающими покупными деталями, а затем они ритмично поступают на автоматизированный сборочный участок, где выполняются операции сборки и при необходимости упаковки.

**Структура и уровни автоматизации ГПС**

Основными подсистемами ГПС являются:

1. Система автоматизированного технологического оборудования (основная система).
2. Автоматизированная складская система (АСС).
3. Автоматизированная транспортная система (АТС).

В большинстве случаев складская и транспортная системы объединяются в единую автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС) или автоматизированную транспортно-накопительно-складскую систему (АТНСС).

4. Автоматизированная система инструментообеспечения (АСИО).

5. Автоматизированная система контроля качества (САК).

6. Автоматизированная система организационно-техническо-го обслуживания (АСОТО).

7. Автоматизированная система управления и технологической подготовки производства (АСУ).

Последние шесть подсистем составляют систему обеспечения функционирования ГПС (СОФ).

В зависимости от степени автоматизации своих подсистем и технологических возможностей ГПС делятся на три уровня автоматизации. На каждом уровне автоматизации выполняются в автоматическом режиме определенные функции (табл.2). Уровень автоматизации ГПС в значительной степени зависит от уровня автоматизации основного технологического оборудования – гибких производственных модулей, из которых комплектуется ГПС. При выборе уровня автоматизации ГПС необходимо руководствоваться технико-экономическими соображениями, поскольку, чем выше уровень автоматизации ГПС и входящего в нее оборудования, тем выше ее стоимость.

Таблица 2

Уровени автоматизации различных функций в ГПС [4]

| Выполняемые функции | Уровни  автоматизации | | |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| Накопление материалов, заготовок, изделий | + | + | + |
| Накопление оснастки, инструмента | + | + | + |
| Транспортировка материалов, заготовок и изделий по маршруту: склад - рабочая позиция - склад | + | + | + |
| Транспортировка оснастки и инструмента по маршруту: склад - рабочая позиция - склад | + | + | + |
| Управление технологическими процессами | + | + | + |
| Управление производственными процессами (планирование, диспетчирование и т.п.) | (+) | (+) | + |
| Защита от аварийных ситуаций | + | + | + |
| Смена управляющих программ | (+) | + | + |
| Загрузка – разгрузка материалов, заготовок и изделий | – | + | + |
| Подача вспомогательных материалов к рабочим позициям | – | + | + |
| Удаление отходов производства от рабочих позиций | – | + | + |
| Установка и закрепление заготовок в приспособлениях-спутниках | – | – | (+) |
| Контроль качества изготовления изделий | – | – | + |
| Технологическая подготовка производства | – | – | (+) |
| Проектирование изделий | – | – | (+) |

*Примечание*. Знак «+» означает автоматическое выполнение функции;

знак «–» - неавтоматическое; знак «(+)» - автоматизированное.

Типовой ГАУ (рис.32) предназначен для комплексной обработки корпусных деталей (с максимальными размерами 500x500x500 мм) в условиях мелкосерийного производства. Он состоит из четырех ГПМ 5, автоматизированных транспортной системы 6, склада 3, отделений для подготовки приспособлений-спутников (ПС) 2 и инструментальных комплектов 4 центра автоматизированной технологической подготовки 1 и управляющего вычислительного комплекса (УВК).

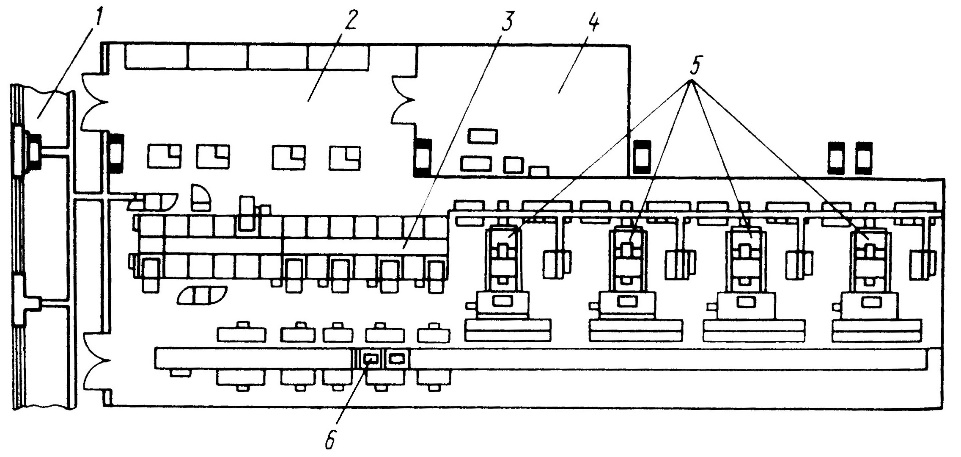


Рис.32. Структурно-компоновочная схема типового ГАУ

для обработки корпусных деталей

Модуль на участке сконструирован на базе многоцелевого станка мод. ИР500МФ4, оснащен восьмиместным линейным накопителем деталей, установленных на приспособлениях-спутниках и устройством их автоматической смены.

Модуль выполняет сверление, зенкерование, развертывание и растачивание отверстий, фрезерование плоскостей и сложных контуров с линейной и круговой интерполяцией, нарезание резьб метчиком и резцом. Накопитель деталей дает возможность модулю работать в условиях "безлюдной технологии" минимум в течение одной смены.

**Транспортная система** состоит из тележки-манипулятора и станций загрузки-разгрузки приспособлений-спутников и комплектов инструментов. Тележка-манипулятор перемещается по рельсовому пути со скоростью 40 м/мин. Она перевозит заготовки (установленные на двух ПС) от станции загрузки до многоместного накопителя агрегата, комплекты инструментов от станции загрузки до агрегата накопителя, а также готовые детали от многоместного накопителя до станции разгрузки, использованные комплекты инструментов на станцию разгрузки и пустые ПС со станции разгрузки на станцию загрузки. Транспортная система управляется программируемым командоаппаратом.

*Автоматизированный склад* имеет ячейки, которые обслуживает кран-штабелёр.

*Отделение подготовки приспособлений-спутников* служит для наладки и сборки. Эти работы проводит рабочий по заданию УВК к определенному времени. Разработанная комплексная система позволяет налаживать приспособления-спутники с помощью универсально-сборочных приспособлений. Собранные приспособления-спутники направляют в автоматизированный склад.

*Отделение подготовки инструментальных комплектов* является структурным подразделением, в котором собираются готовые комплекты инструментов для обработки практически любой поверхности детали. Эти работы выполняются также по заданию УВК рабочим к определенному сроку.

*Центр автоматизированной технологической подготовки* управляющих программ имеет компьютер с пакетом программным обеспечением, с помощью которого подготовляются управляющие программы для всего оборудования с ЧПУ на предприятии.

*Управляющий вычислительный комплекс*, созданный на базе компьютера с необходимыми периферийными устройствами, предназначен для эффективной организации и управления в реальном масштабе времени технологическими процессами обработки деталей и для выдачи информации о текущем состоянии технологических процессов и о работе ГПС.

Верхний уровень УВК осуществляет оперативно-календарное планирование производства, учет и диспетчирование хода производства и его управление, а нижний уровень – управление модулями, транспортной системой и автоматизированным складом.

**ГАУ для обработки деталей типа тел вращения** предназначены для эксплуатации в условиях среднесерийного производства, характеризующегося суммарным среднегодовым выпуском относительно трудоемких деталей типа тел вращения (валов и фланцев) в объеме 50…60 тыс. шт. в год.

В состав ГАУ входят токарные полуавтоматы и автоматы с ЧПУ и многоцелевые станки сверлильно-фрезерно-расточной группы. При необходимости в ГАУ включаются шлифовальные, зубообрабатывающие и другие металлорежущие станки, что позволяет изготовлять на них до 90 % всей номенклатуры машиностроительных деталей типа тел вращения.

ГПС для обработки тел вращения часто строятся по технологическому принципу из станков одинакового технологического назначения и одной модели. В результате этого достигается технологическая взаимозаменяемость станков, применяются общая крепежная и инструментальная оснастка и управляющие программы, упрощается обслуживание и ремонт оборудования, обеспечивается более полная его загрузка.

На ГАУ выполняются предварительные и окончательные токарные операции (обработка ступенчатых и криволинейных наружных, внутренних, торцовых поверхностей), резьбонарезание, сверление, зенкерование, развертывание отверстий, фрезерование лысок, пазов, контуров, шлифование наружных, внутренних и торцовых поверхностей.

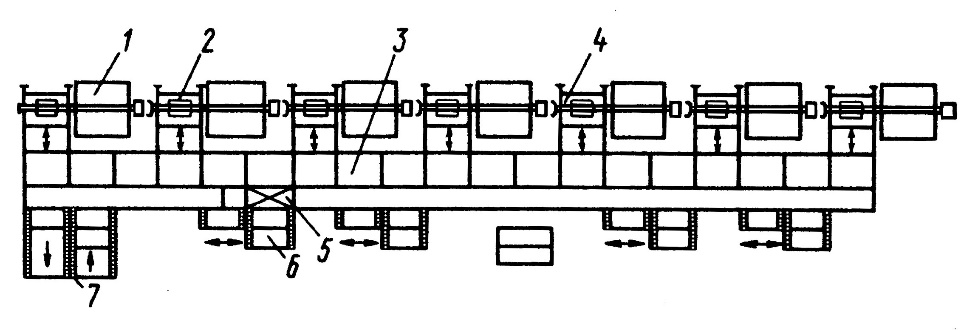


Рис.33. Структурно-компоновочная схема типового ГАУ

для обработки тел вращения

На рис.33 показана компоновка ГАУ для получистовой и чистовой обработки в автоматическом режиме фланцев, дисков, колец, ступиц.

ГАУ предназначен для токарных и сверлильных операций, а также нарезания резьбы. Он состоит из семи модулей, созданных на базе станков модели 1П756ДФЗ (1), промышленных роботов модели СМ80Ц2502 (2), АТСС (3), выкатных тактовых столов для кассет с заготовками (4), крана-штабелера (5), станции обслуживания (6), устройства входа-выхода АТСС (7).

Система управления участком включает: обмен информацией с автоматической системой управления цехом; планирование производства участка на срок один месяц; расчет суточных и сменных заданий; оперативное управление основным производством; диспетчирование; учет хода производства; выдачу справочной информации о ходе производства; ведение автоматизированного банка данных; хранение управляющих программ; управление транспортно-накопительной системой и станочными модулями.

**Система автоматизированного технологического оборудования ГПС**

Основной подсистемой ГПС являются гибкие производственные модули (ГПМ), создаваемые на базе многоцелевых станков, на которых производятся операции механической отработки деталей.

Гибким производственным модулем называется единица технологического оборудования, функционирующая автономно, в течение определенного промежутка времени, ориентированная на выпуск изделий производственной номенклатуры в заданных пределах их характеристик, и обладающая способностью встраиваться в ГПС.

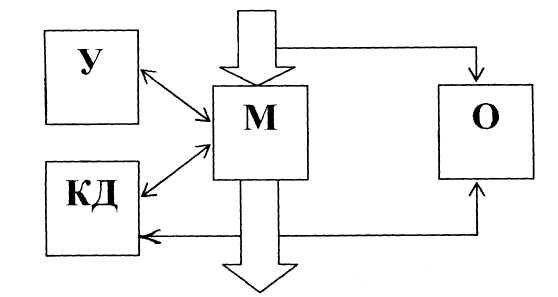


Рис.34. Структурная схема ГПМ механической обработки:

- материальные потоки (движение материалов, заготовок, деталей);

- информационные потоки

На рис.34 показана структурная схема ГПМ механической обработки.

*У* - подсистема управления ГПМ. Это подсистема реализована в виде компьютерной системы ЧПУ типа CNC.

*М* – подсистема манипулирования (устройство загрузки – выгрузки деталей и заготовок). Данная подсистема реализована в виде:

– промышленного робота (для ГПМ токарной группы) напольного, подвесного типа или устанавливаемого на технологическом оборудовании;

– специального загрузочно-разгрузочного устройства, приспособлений-спутников, устройства смены палет (для ГПМ сверлильно-фрезерно-расточной группы).

*О* – подсистема обработки. Данная подсистема реализована в виде многоцелевого станка типа «обрабатывающий центр». Данные станки обладают:

– широкими технологическими возможностями осуществления операции механической обработки (токарной, фрезерной, сверлильной и т. д.); за счет автоматического управления рабочими органами по различным координатам;

– широким набором средств инструментообеспечения; максимально увеличивающим концентрацию операций;

– автоматизированной сменой инструмента;

– автоматизированной системой уборки стружки.

*КД* – подсистема контроля и диагностики. Реализуется эта система датчиками контроля основных размеров деталей, износа инструмента, состояния узлов оборудования и систем управления.

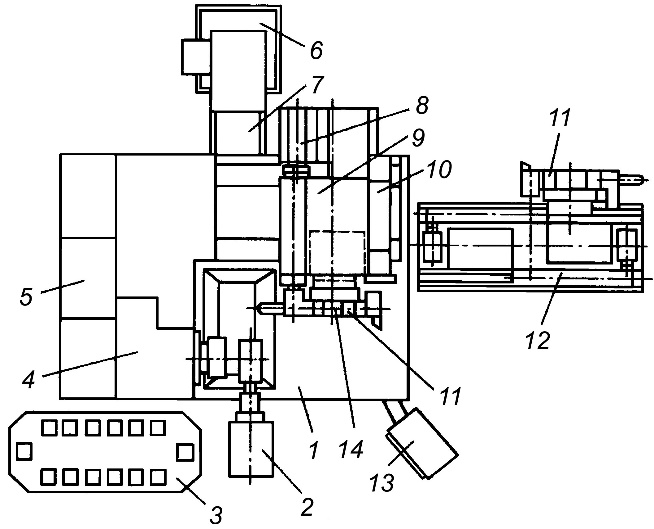


Рис.35. ГПМ модели ИРТ180ПМФ4

На рис.35 показан ГПМ токарной обработки модели ИРТ 180ПМФ4, который помимо точения, за счет наличия привода вращения на инструментальные блоки и следящего привода шпинделя, может осуществлять фрезерование плоскостей и пазов сложной формы, сверление отверстий несоосных оси шпинделя, нарезание резьб резцами и метчиками в особо сложных деталях и др.

Входящий в состав ГПМ станок имеет общую прямоугольную станину 7, на которой жестко закреплена шпиндельная бабка 4. По стальным закаленным направляющим станины перемещаются параллельно оси шпинделя сани 10, на которых расположен поперечно-подвижный ползун 9 со встроенной револьверной головкой 14 и приводом 8 вращения сверлильно-фрезерных инструментальных блоков. С противоположного от шпинделя торца саней 10 располагается двухместный накопитель 12 сменных инструментальных барабанов 11, автоматически устанавливаемых на револьверную головку 14. При работе модуля один инструментальный барабан находится на револьверной головке, а второй – в накопителе. По заказу накопитель инструментальных барабанов может выполняться многоместным.

Со стороны шпиндельной бабки на торце основания 1 монтируется промышленный манипулятор 2, с помощью которого происходит автоматическая смена заготовок из накопителя 3.

Стружка отводится с помощью транспортера 7 в тару 6. Модуль снабжен ограждением (на рисунке не показано), полностью изолирующим рабочее пространство от окружающей среды. На рис.35 показаны также пульт 13 устройства ЧПУ и шкафы 5 электрооборудования.

Сани установлены на направляющих с опорами качения прямолинейного движения (танкетках). Сани перемещаются по оси координат *Z*; они приводятся в действие от высокомоментного электродвигателя через передачу винт – гайка качения. В качестве измерительного преобразователя отсчетной системы, как и по другим управляемым линейным осям координат, используются линейные фотоимпульсные датчики.

Шпиндельное устройство монтируется в отдельной гильзе, которая устанавливается в корпус шпиндельной бабки и крепится к нему фланцем. На переднем торце шпинделя, смонтированного на прецизионных шариковых радиально-упорных подшипниках, крепится патрон для зажима обрабатываемой заготовки, снабженный сменными зажимами кулачка. Механизм зажима заготовки в патроне смонтирован на заднем торце шпинделя и связан с патроном проходящей внутри шпинделя тягой, осевое перемещение которой вызывает зажим или разжим кулачков патрона. Шпиндель может вращаться как в регулируемом режиме при токарной обработке (главное движение), так и в следящем режиме при фрезеровании (движение подачи).

Револьверная головка служит для закрепления сменных инструментальных барабанов и состоит из ползуна, с помощью которого подается инструмент по оси координат *X*, и встроенных в корпус ползуна механизмов поворота и фиксации инструментального барабана. Смена инструментальных барабанов происходит в нулевой (исходной) позиции револьверной головки.

Модуль снабжен блоками измерения обрабатываемых деталей и инструментов. С помощью блока измерения деталей определяются положение заготовки в патроне, размеры детали непосредственно в патроне станка и вводится коррекция в программу обработки через систему ЧПУ. Блок измерения детали состоит из набора чувствительных головок, состав которого определяется номенклатурой обрабатываемых деталей. В зависимости от конкретного задания на обработку та или иная чувствительная головка мантируется на измерительном блоке, установленном в инструментальном барабане.

С помощью блока измерения инструмента автоматически можно производить размерную настройку инструмента путем определения необходимой коррекции как по длине, так и по радиусу, измерение и коррекцию износа инструмента, а также погрешностей от температурных деформаций станка.

Блок измерения инструмента расположен на переднем торце шпиндельной бабки в горизонтальной плоскости рядом с патроном. В рабочую позицию чувствительная головка блока выдвигается из защитной втулки, которая предохраняет ее от загрязнения при обработке.

При необходимости особо точной коррекции инструмента положение чувствительной головки может быть скорректировано системой ЧПУ относительно базовых поверхностей станка с помощью чувствительной головки блока измерения деталей, установленной в инструментальный барабан револьверной головки.

Робот пристаночного типа жестко связан с кронштейном, который посредством цилиндрических направляющих крепится к станку. Кронштейн может перемещаться по направляющим в продольном направлении. При обслуживании станка кронштейн с роботом смещается в сторону, тем самым улучшая доступ к рабочей зоне.

Кроме рассмотренных типов, имеются также шлифовальные модули (шлифование деталей типа валов, например мод. 3К152 ВФ20РМ-01) и другие.

Так же, как и ГПС модули делятся на три уровня по степени автоматизации своих функций (табл.3).

Таблица 3

Уровни автоматизации ГПМ [5]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Функция ГПМ | Уровни  автоматизации | | |
| 1 | 2 | 3 |
| Различные виды обработки поверхностей детали | + | + | + |
| Установка заготовки, снятие детали | + | + | + |
| Смена инструментов по переходам | + | + | + |
| Удаление стружки, подача и отвод СОЖ | + | + | + |
| Управление ходом технологического процесса и смена управляющих программ | (+) | + | + |
| Контроль основных размеров деталей на технологическом оборудовании | + | + | + |
| Контроль состояния режущего инструмента | – | + | + |
| Смена комплектов инструмента или инструментальных магазинов | – | – | + |
| Переналадка средств технологического оснащения (приспособлений) контрольных устройств | – | – | + |
| Адаптивная система управления | – | – | + |

*Примечание*. Знак «+» - функция выполняется автоматически; знак «–» - функция выполняется не автоматически, знак «(+)» - функция выполняется автоматизировано.

При использовании в качестве подсистемы манипулирования ГПМ промышленных роботов (ПР) их чаще всего применяют для автоматизации загрузки – выгрузки изделий на технологическое оборудование, хотя они могут выполнять также смену инструмента и контроль изделий на оборудовании. Применение ПР выравнивает и стабилизирует работу оборудования, увеличивает загрузку оборудования, обеспечивает гибкость (быструю переналадку) при смене изделия, улучшает условия труда в автоматизированном производстве. При этом ПР должны иметь:

– достаточный технический уровень для обслуживания сложного технологического оборудования; соответствующие технические характеристики (грузоподъемность, скорость срабатывания, точность позиционирования, тип программного устройства);

– стыкуемость с обслуживаемым оборудованием по всем параметрам;

– высокую надежность, достаточную универсальность, малое время переналадки;

– возможность повышения технико-экономических показателей обработки (низкий уровень брака, высокая производительность).

При выборе ПР необходимо учитывать:

– соответствие массы манипулируемого объекта грузоподъемности ПР;

– соответствие зоны, в которой должно проводиться манипулирование, рабочей зоне робота;

– соответствие траектории, скорости и точности движений кинематическим и точностным возможностям ПР;

– возможность захватывания детали захватным устройством;

– возможность построения траектории перемещения схвата робота между заданными точками в рабочей зоне.

Выбранное оборудование и ПР можно скомпоновать в различных вариантах. При небольшом цикле обработки детали можно использовать робот для обслуживания одного станка. В случае большой длительности цикла обработки детали можно расположить группу станков вокруг одного робота или перемещать робот на транспортной тележке вдоль станков. Для сокращения времени обслуживания станка роботы оснащают двумя схватами или одним двухзахватным схватом.

Приближенно количество станков, обслуживаемых одним роботом, можно определить по табл.8 в зависимости от оперативного времени обработки детали (*Топер*).

Таблица 8

Нормы обслуживания металлорежущих станков одним ПР

|  |  |
| --- | --- |
| *Топер.* | Норма обслуживания кол-ва станков  одним ПР |
| < 3 мин. | 1 |
| 3…5 мин. | 2 |
| 5…8 мин. | 3 |
| > 8 мин. | 4 |

Более четырех станков одним промышленным роботом не обслуживается из-за сложной организации управления ГПМ.

**Автоматизированная складская система ГПС**

Автоматизированная складская система ГПС включает в себя [3]:

– автоматизированный склад в цехе и на участке;

– приемо-сдаточные секции склада;

– отделение сборки-разборки и консервации технологической оснастки;

– накопители у технологического оборудования.

Основным элементом системы является автоматизированный склад.

Классификация автоматизированных складов ГПС предоставлена на рис.37.

Автоматизированный

склад

Клеточные

стеллажные

Подвесные

Неподвижные

Подвижные

С напольным кра-ном-штабелером

С мостовым краном-штабелером

С передвижными стеллажами

Гравитационные

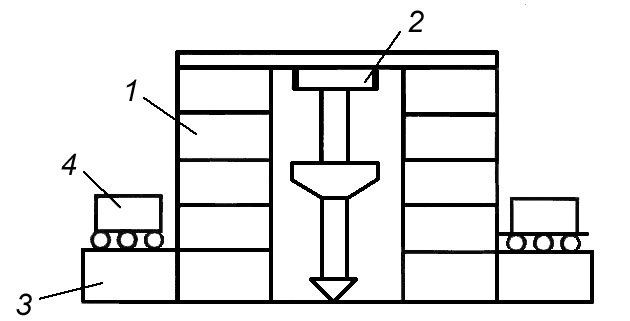
Элеваторные

Толкающий конвейер-склад

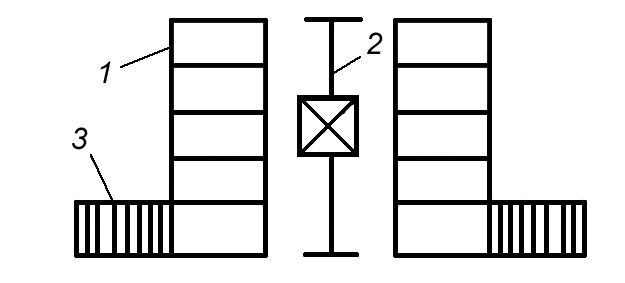
Рис.37. Автоматизированные склады ГПС

Наибольшее распространение в серийном производстве получили клеточные склады стеллажного типа, обслуживаемые напольным или мостовым краном-штабелёром. В тех случаях, когда транспортной системой ГПС является подвесной толкающий конвейер целесообразно с целью экономии площади цеха в качестве склада использовать отдельные ветви конвейера с автоматическим адресованием груза.

Схема стеллажного склада тупикового типа с напольным краном-штабелёром показан на рис.38. Количество стеллажей обычно один или два.



а)



б)

Рис.38. Схема стеллажного склада с напольным краном-штабелёром: а - поперечное сечение склада; б - вид в плане с условным обозначением крана-штабелёра; 1 – стеллажи склада; 2 – кран-штабелёр; 3 – приёмо-сдаточная секция склада; 4 – складская партия (складской груз)

Склады с напольным автоматическим краном-штабелёром выпускаются централизованно, однако они отличаются малой грузовместимостью одной секции склада и при больших запасах хранения требуются длинные стеллажи. При единичном и мелкосерийном производстве поэтому целесообразно применять мостовые краны-штабелёры.

Гравитационные стеллажи представляют собой клеточные многоярусные склизы, обслуживаемые каретками-операторами. При этом вход и выход склада разделены. Гравитационные склады применяют при больших запасах материалов, полуфабрикатов, в случае небольшой номенклатуры грузов.

Элеваторные стеллажи применяют при малых грузопотоках, малых запасах хранения и при небольших габаритных размерах грузов.

В качестве приёмо-сдаточных секций склада используется следующее оборудование:

– конвейерные системы;

– поворотные, подъемные и консольные столы;

– промышленные роботы;

– вспомогательные устройства.

Вспомогательным оборудованием являются счетчики количества груза, измерители габаритов груза, контователи, поворотные устройства и т.д.

Задача приёмо-сдаточной секции в передаче груза из зоны действия крана – штабелёра на транспортную систему участка и обратно

Отделение сборки-разборки и консервации технологической оснастки организуется только в ГПС механической обработки корпусных деталей и в складской системе ГАЦ. Они служат для установки деталей на приспособления-спутники с соответствующей сборкой-разборкой, УСО приспособлений-спутников.

*Накопители у технологического оборудования* обеспечивают задел заготовок для бесперебойной работы технологических модулей. В серийном производстве в качестве накопителей используются:

– *магазинные накопители*, характеризующиеся ориентированной поштучной загрузкой заготовок с последующей такой же выдачей их в рабочую зону оборудования.

– *клеточные подвижные и неподвижные накопители*, которые представляют собой:

– неподвижные стеллажи, обслуживаемые промышленными роботами;

– конвейеры пластинчатого, роликового, ленточного типа;

– тактовые многопозиционные поворотные столы и другие устройства.

Территориально накопители устанавливаются у технологического оборудования, но входят организационно в состав складской системы.

Складские системы ГПС предназначены для хранения у станков на участке или в цехе необходимого количества заготовок, режущего и вспомогательного инструмента, технологической оснастки, сменных узлов и агрегатов станков и других компонентов материального потока.

Корпусные детали обычно изготовляют в ГПС с применением спутников. При хранении деталей в участковых складах или в магазинах станков они из спутников не извлекаются. Габаритные и присоединительные размеры спутников нормализованы, поэтому автоматизация их загрузки и выгрузки в накопителях относительно легко выполняется. Более сложны накопители для хранения деталей типа тел вращения – это связано прежде всего с многообразием геометрических форм деталей. Детали типа тел вращения (заготовки) устанавливаются в накопителях на сменные поддоны, которые в зависимости от геометрической формы заготовок оснащены призмами, втулками, патронами. Поддоны в магазинах хранятся стопками (штабелями).

Способы хранения технологической оснастки разнообразны. Обычно малогабаритная крепежная оснастка (например, кулачки токарных патронов) хранится непосредственно на рабочем месте, а крупногабаритная (тиски, патроны и т.д.) - в складах АСС. Инструментальную и мерительную оснастку целесообразно содержать в секции подготовки инструмента и оснастки.

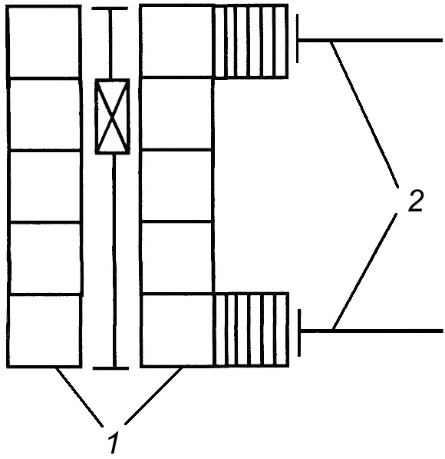
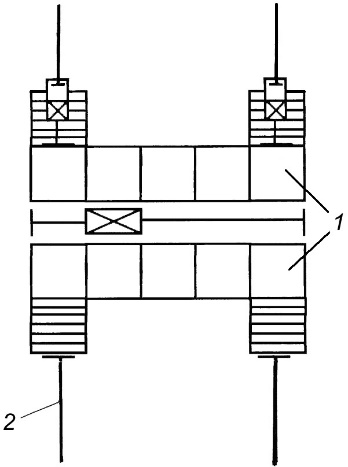
Детали одного наименования обычно размещаются в одной или нескольких тарах. В каждой таре должны находиться детали только одного наименования.

На рис. 40 представлены три основных компоновки складских систем в зависимости от расположения центрального склада относительно транспортной системы цеха или участка:

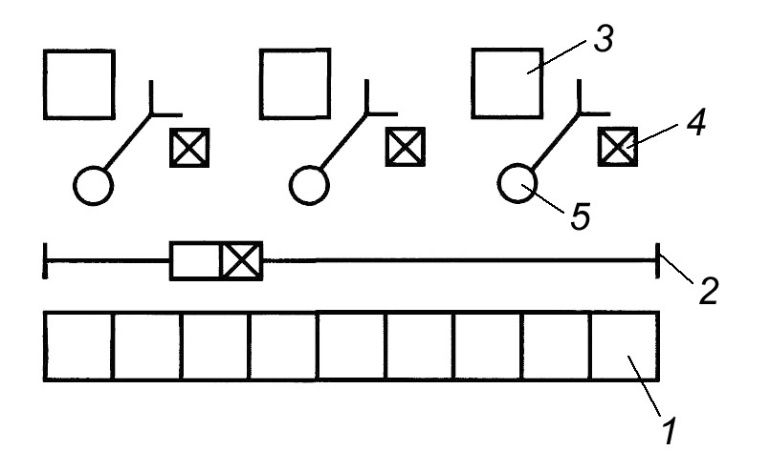
– центральная;

– поперечная или Т-образная;

– продольная.



*а) б)*



в)

Рис.40. Типовые компоновки складских систем: а – центральная; б – поперечная; в – продольная; 1 – склад; 2 – транспортная система; 3 – технологическое оборудование; 4 – накопители деталей и заготовок; 5 – загрузочные устройства ГПМ

Центральная компоновка применяется для крупных ГАУ и ГАЦ.

Поперечная компоновка является основной для ГАУ и применяется для средних и небольших ГПС.

Продольная компоновка более характерна для ГПС в форме ГАЛ.

В последнем случае кран-штабелёр склада является и транспортным средством.

**Автоматизированная транспортная система ГПС**

Транспортная система ГПС (АТС) служит для доставки материалов, заготовок, готовых деталей технологической оснастки со склада на производственные участки к технологическому оборудованию и обратно и распределения грузопотоков.

Классификация АТС включает следующие их типы:

1. **По назначению** транспортные системы делятся на внутрицеховые и межоперационные. При наличии автоматизированной передачи груза (транспортной партии) со склада на транспортную систему участка транспортную и складскую системы объединяют в единую автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС), а при автоматизированной передаче с транспортной системы на накопители у технологического оборудования в транспортно-накопительно-складскую систему (АТНСС).

2. **По способу перемещения груза** (транспортной партии) системы делятся на: тянущие, толкающие и несущие.

3. **По расположению трассы транспортирования в пространстве** системы делятся на напольные, подвесные (монорельсовые, портальные, консольно-крановые и другие), эстакадные.

4. **По характеру транспортирования во времени** системы делятся на непрерывные и периодического действия: непрерывные – конвейерного типа; периодические – колесный транспорт.

5. **По способу маршрутослежения** системы делятся:

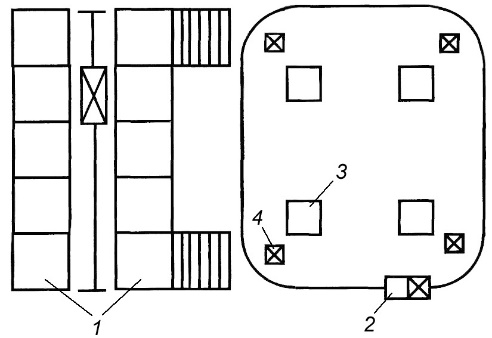
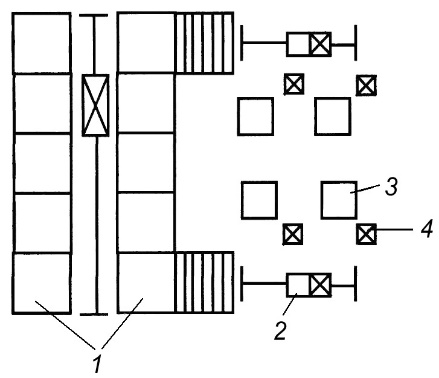
– на механические (маршрут транспортного средства определяется механическими направляющими);

– на радиоуправляемые;

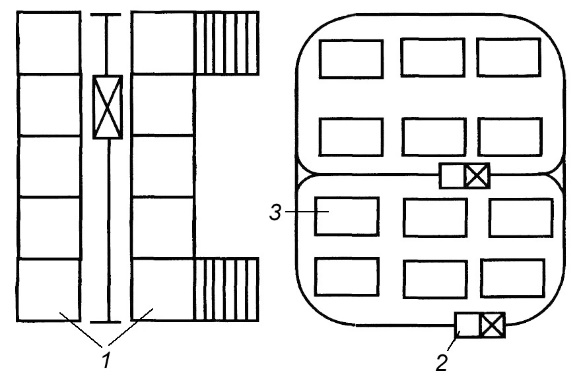
– на индукционные (маршрут движения определяется по высокочастотному кабелю, проложенному под полом цеха или участка);

– на оптоэлектронные (системы, снабженные датчиками контраста цветов, определяющими маршрут движения по белой полосе с черной окантовкой, наносимой на пол цеха);

– на фотоэлектрические (системы, определяющие маршрут по светоотражающей полосе фольги).



а) б)



в)

Рис.41. АТСС с прямой (а), кольцевой (б) и разветвленной (в) трассой транспортирования. 1 – склад; 2 – транспортное средство (робокар); 3 – технологическое оборудование; 4 – накопители

6*.* **По направлению и числу грузопотоков** системы разделяются:

– на системы с прямой трассой транспортирования (рис.41,а);

– на системы с кольцевой трассой транспортирования (рис.41,б);

– на системы с разветвленной трассой транспортирования (рис.41,в).

В состав транспортной системы включаются различные конвейеры, рольганги, лотки, самоходные и несамоходные тележки, в том числе электро-робокары, мостовые краны и другие средства перемещения.

На технологическое оборудование детали и тара подаются роботами, манипуляторами или вручную (оборудование для подачи деталей из тары не входит в состав АТС).

Широкое распространение в автоматизированных транспортных системах получили самоходные транспортные тележки (электроробокары), которые могут иметь различные маршруты, транспортировать различные детали от технологического оборудования к складам заготовок и обратно. Главными преимуществами транспортных тележек являются: небольшие габаритные размеры; возможность легкого переадресования транспортируемых материальных потоков; создание новых транспортных путей и слежение за маршрутами перемещения в широком интервале их действия; возможность оснащения широкой номенклатурой технологических и погрузочно-разгрузочных устройств и некоторые другие.

Более одной трети современных ГПС имеют подобные тележки в составе АТС.

Маршрут самоходных тележек чаще всего задается либо индукционной, либо фотоэлектрической системой наведения на необходимую трассу.

При *индукционной системе* по проводнику, уложенному в канавках (пазах) пола по замкнутому контуру, подается переменный ток низкой частоты, в результате чего вокруг него создается магнитное поле с концентричным расположением силовых линий. Поле пронизывает катушки индуктивности, расположенные на дне тележки. Электронное устройство рулевого управления сравнивает напряженность магнитного поля двух приемных катушек. При рассогласовании вырабатывается командный сигнал, подаваемый на электропривод рулевого управления для изменения направления движения тележки. Тележка связана с общецеховой системой управления либо по радио, либо с помощью фотоэлектрических устройств.

При *фотоэлектрической системе* маршрут тележки прокладывается с помощью хорошо отражающих свет полос фольги, наклеиваемых на поверхность пола. Снизу тележки устанавливается осветитель, создающий поток света. Отраженный поток света направляется на светоприемники и через систему управления на сервомотор рулевого управления, обеспечивающий соблюдение трассы перемещения.

**Автоматизированная система контроля качества**

Автоматизированная система контроля качества (САК) предназначена для контроля качества изделий на всех этапах их изготовления, а также диагностики состояния инструмента, приспособлений, узлов оборудования, систем управления и состояния окружающей среды. В соответствии с этими назначениями САК разделяются на собственно систему автоматического контроля и систему диагностирования (рис.42).

САК

Система

контроля

Система диаг-ностирования

Активный

контроль

Выносной

контроль

Размеры отдельных поверхностей

Погрешность формы

Износ

Затупление

Поломка

Комплексный контроль

Оборудование

Среда

Деталь

Деталь

Инструмент

Система

управления

Температура

Шум

Вибрация и т.д.

Рис.42. Функции САК

Непосредственно система контроля разделяется на контроль на технологическом оборудовании, который является активным, что означает не констатацию, а предупреждение браки, и выносной контроль, который осуществляется на отдельном контрольном модуле.

На технологическом оборудовании контролируются отдельные (наиболее точные) поверхности обрабатываемой детали, а также погрешность их формы. Кроме того, на технологическом оборудовании контролируется износ инструмента по задней поверхности, затупление и поломка режущей кромки.

На станках с ЧПУ, работающих в автономном режиме, первоначальная размерная настройка и текущая подналадка, наблюдение за износом режущих инструментов, своевременная замена износившихся инструментов и введение размерной настройки после такой замены выполняются оператором (наладчиком).

На ГПМ, работающих в составе ГПС, все эти функции выполняются автоматически, так как ГПС оснащены комплексом аппаратных и программных средств, являющихся элементами системы автоматического контроля (САК). При наличии САК уменьшаются простои оборудования и создаются предпосылки для многостаночного обслуживания и работы в третью смену (при ограниченной численности персонала). Однако оснащение системами автоматического контроля станков, работающими автономно (не в составе ГПС), экономически не всегда оправдано.

**Автоматический контроль детали и инструмента.**

Современные многоцелевые станки с высокой точностью координатных перемещений, которая не уступает точности координатно-измерительной машины (КИМ), позволяют измерять размеры заготовок непосредственно на станках, а КИМ использовать только для выборочного комплексного контроля изделий.

Недостатком измерения заготовок непосредственно на станке являются его дополнительные простои и, как следствие, снижение его производительности. Технические средства контроля размеров деталей разнообразны. Для измерения используют специальные стационарные и переносные приспособления с механическими, оптическими, электрическими, пневматическими, индуктивными и другими датчиками. Системы активного контроля предназначены для замера заготовки в процессе обработки. Обычно они имеют обратную связь с системой ЧПУ станка и в случае отклонения положения инструментов подают сигнал на его корректировку. Существуют также пассивные системы контроля, связанные либо с остановкой станка для замера обрабатываемой заготовки универсальными средствами, либо со снятием детали со станка после обработки (для дальнейших измерений).

Измерительные устройства выполняют прямой контроль деталей, когда они определяют их размеры, и косвенный контроль, когда они определяют поломку инструментов и их износ. Различают датчики первого типа, которые периодически "ощупывают" заготовку и инструмент, и датчики второго типа, непрерывно измеряющие составляющие силы резания или крутящий момент на шпинделе станка. По результатам измерения последних можно определить состояние режущего инструмента, так как чем более затуплен инструмент, тем больше силы резания и крутящий момент.

С помощью датчиков первого типа (непосредственного измерения) производятся измерения наиболее точно, но при этом увеличиваются затраты времени и тем самым снижается производительность станка. Кроме того, подналадочные операции могут быть осуществлены лишь при обработке следующей заготовки.

Датчики второго типа не имеют указанных недостатков, но они менее точны, так как в процессе измерения регистрируется суммарный эффект, зависящий от состояния инструмента, фактического припуска, твердости обрабатываемого материала и параметров резания. При этом достаточно трудно выявить влияние каждого из этих параметров в отдельности.

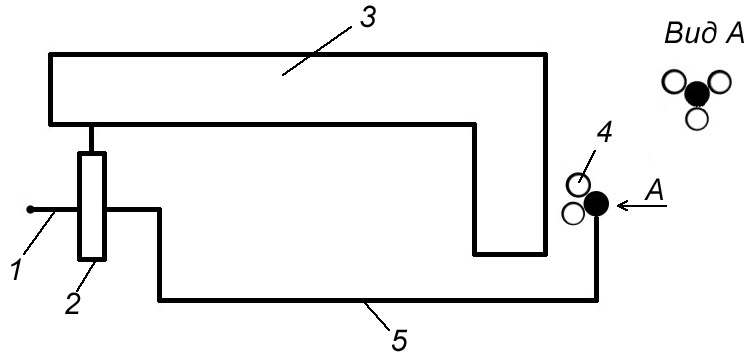


Рис.43. Схема головки одноконтактного датчика касания: 1 – электроконтактный щуп; 2 – мембрана; 3 – корпус датчика; 4 – контакты; 5 – рычаг

Наиболее распространены и перспективны датчики первого типа, которые можно разделить на индикаторы контакта (датчики касания) (рис.43) и головки отклонения. Датчики касания состоят из головки и электронного блока. Оснащенный ими станок, работая в режиме координатно-измерительной машины, проверяет линейные размеры обрабатываемых заготовок по направлениям своих координатных осей.

При контакте щупа с объектом измерения происходит размыкание одной из пар сферических контактов 4 в зависимости от координатного направления.

На станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы при выполнении контрольных операций измерительный щуп устанавливают в одну из позиций инструментального магазина станка. Автооператор смены инструмента при необходимости измерения детали по команде от ЧПУ устанавливает измерительный щуп непосредственно в шпиндель станка, и он подводится в соответствующие точки рабочей зоны. Измерительный щуп по программе может проверять перед обработкой положение заготовки в приспособлении-спутнике и установку спутника на столе станка. Это очень важно, так как при отсутствии человека необходимо определить идентичность поступившей на станок заготовки, программы ЧПУ и подготовленного комплекта режущего инструмента (эта операция называется идентификация

На производстве используются одноконтактные, однокоординатные, двухконтактные, двухкоодинатные и другие измерительные головки, которые без измерительной системы станка или совместно с ней определяют диаметры заготовок и отклонения формы их отверстий, контролируют межцентровые расстояния, расстояния между плоскостями заготовки, отклонений положения приспособления-спутника или заготовки на станке, смещение точки позиционирования шпинделя станка от расчетной точки отклонения формы прямолинейных цилиндрических поверхностей и т.д.

Контрольно-измерительные операции вне станка могут проводиться на координатно-измерительных машинах (КИМ). Они отличаются более высокими производительностью и точностью измерении, чем у металлорежущих станков, на которых выполняется контроль, но гораздо дороже последних.

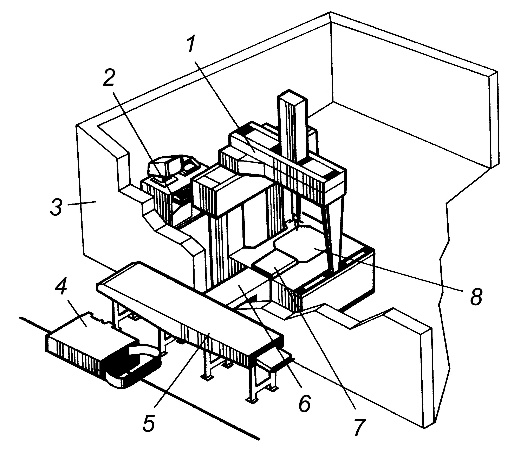


Рис.46. Координатная измерительная машина фирмы «КОМАТ» [10]

На рис.46 показана КИМ итальянской фирмы "КОМАТ" в составе ГПС. Она расположена в отдельном термоконстантном помещении 3, имеющем на входе климатизирующий шлюз, который сохраняет внутри помещения требуемую температуру и предотвращает излишнюю при подаче контролируемых деталей. В помещении вмонтированы комбинированные транспортный и приемный столы, а также устройство смены щупов. Детали, смонтированные на приспособлении-спутнике (паллете) 8, подаются автоматической транспортной тележкой 4 на тактовый стол 5, откуда они через транспортный и приемный 7 столы подаются в рабочую зону измерительной шины 1.

Узел транспортирования деталей управляется программным устройством. Оно имеет диалоговую связь с ЭВМ 2 измерительного агрегата и управляющей ЭВМ ГПС верхнего уровня, чем достигается оптимальная синхронизация функционирования общего рабочего процесса без вмешательства оператора.

Большое влияние на точность обработки оказывает состояние режущего инструмента, которое может контролироваться как прямым, так и косвенным методами.

К прямому методу относятся автоматическое измерение длины резцов, сверл, разверток и других инструментов с помощью датчиков касания.

Косвенный метод основан на использовании датчиков для измерения сил резания и крутящих моментов, характеризующих состояние режущих инструментов. Типовые датчики – измерительное устройство силы резания с тензодатчиками, пьезоэлектрический датчик для измерения деформаций, магнитоупругий датчик для измерения деформаций, магнитоупругий трансформаторный датчик, магнитоупругий датчик для измерения крутящего момента (муфтового типа), тензодатчики для измерения крутящего момента, магнитоупругий датчик для измерения крутящего момента по изменению магнитных свойств скручиваемого участка вала, датчик для определения крутящего момента по силе тока двигателя привода и другие.

Степень изнашивания и целостность инструмента контролируются датчиками-подшипниками, смонтированными в шпинделе обрабатывающего станка. Износ или поломка режущей кромки инструмента влияет на силу резания и силу тока на приводе главного движения. Для регистрации этих параметров систему автоматического контроля состояния инструмента выполняют следующим образом. На шпинделе монтируют подшипники качения, оснащенные тензометрическими датчиками. По мере изменения силы резания меняется нагрузка на подшипники, воспринимаемая датчиками. Информация в виде сигнала поступает по соединительному кабелю на усилитель и устройство обработки результатов измерения.

**Автоматическое диагностирование работы оборудования.**

Системы управления современных станков осуществляют оперативное диагностирование исполнения управляющих команд и тестовый контроль аппаратных и программных средств, состояния окружающей среды. В основу методов технического диагностирования положен принцип прямого или косвенного контроля с помощью специальных датчиков или датчиков системы управления оборудованием. Диагностическая информация обрабатывается во многих случаях ЭВМ, для которых составляются специальные программы.

Для выполнения диагностирования в автоматическом режиме в настоящее время разработаны различные алгоритмы, основной задачей которых является проверка соответствия управляющих команд заданным значениям. В качестве рабочих признаков для таких алгоритмов могут использоваться нормированные силовые нагрузки, нормированные амплитуды автоколебаний, взаимное положение инструмента и заготовки при фиксированных режимах резания, тепловое состояние элементов станка, амплитудно-фазовые частотные характеристики узлов и систем. Например, для диагностики и прогнозирования технического состояния оборудования, встроенного в ГПС, основными алгоритмами являются: контроль за продолжительностью цикла; определение неисправностей в системе управления оборудованием; контроль за состоянием и сменой инструмента; сбор информации для статистического анализа работы оборудования по изменению длительности цикла с выдачей рекомендации на техническое обслуживание. В случае выявления несоответствия по заданным контрольным тестам проводится анализ и выявляются причины, т.е. определяются отказавший узел станка или погрешность в системе СПИД, и принимается соответствующее решение, например, останов станка, выявление отказавшего элемента, устранение отказа путем корректировки положения инструмента и др.

**Автоматизированная система инструментообеспечения**

Автоматизированная система инструментообеспечения (АСИО) предназначена для доставки, установки на технологическое оборудование, поднастройки предварительно настроенного на размер инструмента, и возвращение изношенного или поломанного инструмента.

Современный режущий инструмент, особенно предназначенный для работы в условиях ГПС, имеет модульную конструкцию, что повышает его гибкость в результате быстрой замены отдельных модулей. Применение модульного сборно-разборного инструмента создает возможность увеличения количества его конструкций при наименьшей номенклатуре составляющих элементов, тем самым достигается полное использование технологических возможностей станков с ЧПУ.

Одной из современных тенденций развития системы инструментообеспечения ГПС является увеличение количества используемых инструментов. Поэтому необходимы разработка и применение кодирования инструмента. Коды могут располагаться на инструменте, державке или магазине.

На рис.47 показана конструкция унифицированной переходной оправки с коническим хвостовиком 2 и цилиндрической посадочной частью. В цилиндрическом отверстии выполнены шпоночный паз и два резьбовых отверстия под винты для крепления цилиндрических хвостовиков регулируемых переходных втулок. Цилиндрическая шейка 4 с двумя буртами 3 предназначена для захвата оправки манипулятором. Винтами 5 регулируется осевое положение переходной втулки. Головка 1 предназначена для захватов механизма крепления оправки в шпинделе станка. На шейке между головкой и конусом хвостовика установлены кодирующие кольца 6. Применение таких переходных оправок в комплекте с переходными втулками обеспечивает закрепление любого инструмента.

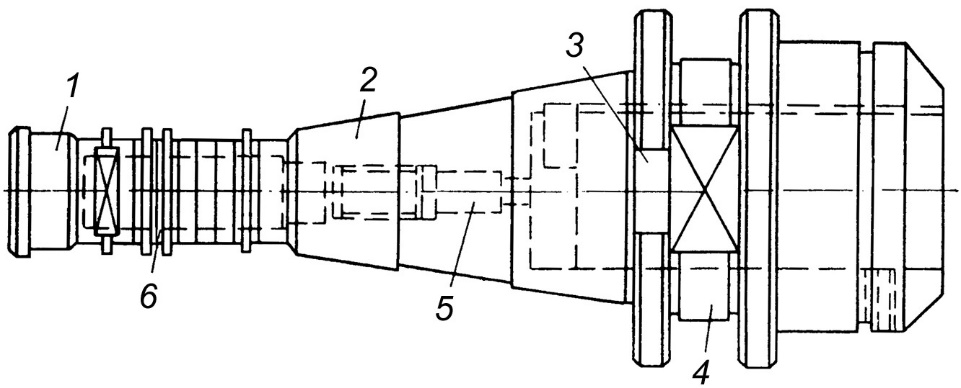


Рис.47. Унифицированная переходная оправка

Инструментальная оснастка состоит не только из режущего и вспомогательного инструмента, но и из приборов настройки инструмента вне станка, систем автоматической смены инструмента и его доставки и подналадки. Доставка инструмента к технологическому оборудованию осуществляется двумя способами.

1. По АТСС цеха или участка наряду с деталями и заготов-ками.

В этом случае доставка инструмента осуществляется не поштучно, а инструментальными магазинами, револьверными головками, блоками в настроенном на размер виде. Установка этих магазинов и блоков на станок может осуществляться как автоматически промышленными роботами, специальными устройствами (в системах высокого уровня автоматизации), так и наладчиками (в системах низкого уровня автоматизации). Причем, как правило, один инструментальный магазин предназначен для обработки определенной группы деталей. Такой способ применяется в среднесерийном производстве.

2. Поштучно из центрального подвесного магазина, обслуживающего гибкий автоматизированный участок из нескольких станков.

Обмен инструментом между инструментальным магазином и инструментальными магазинами станков осуществляют коретки-операторы или другие обменные устройства по мере необходимости замены инструмента по причине его износа, поломки и т.д. Данный способ применяется в мелкосерийном производстве.

Смена инструментов по переходам на ГПМ токарной группы осуществляется поворотом револьверной головки на ГПМ СФР группы автооператором станка путем обмена инструментом между инструментальным магазином и шпинделем станка. Однако ограниченная вместимость этих магазинов приводит к необходимости замены инструмента в процессе обработки группы деталей или даже одной особо сложной детали.

Замена инструмента осуществляется не только для целей расширения номенклатуры обрабатываемых деталей, но и для целей восстановления инструмента (изношенного, поломанного). В последнем случае может иметь место:

– замена инструмента по отказам (для чего автоматическая система диагностики станка и контроля качества инструмента должна обладать соответствующими возможностями), что применяется в ГПМ высокого уровня автоматизации. Это позволяет использовать весь ресурс работы инструмента;

– планово-предупредительная замена инструмента через определенное время работы, что не требует сложных систем контроля состояния инструмента, но не использует весь ресурс работ инструмента (системы более низкого уровня автоматизации).

Для работы ГПС в условиях малолюдной технологии особенно важно автоматизировать контроль за состоянием инструмента. В настоящее время отсутствует один достаточно надежный и эффективный метод контроля фактического состояния инструмента. Поэтому на практике часто используют комбинации различных методов – контроля стойкости по отработанному времени, контроля поломок РИ, а также косвенного контроля состояния по определению усилия подачи, мощности, потребляемой электродвигателем главного привода станка, контактного обмера инструментов и обрабатываемых деталей и др. С помощью ЭВМ учитывается отработанное каждым инструментом время, и определяется остаточный ресурс, по истечении которого автоматически дается команда на замену инструмента.

Инструменты наладки могут заменяться либо одновременно по истечении выбранного периода времени (в этом случае срок службы стремятся установить таким, чтобы их износ был приблизительно одинаков), либо автономно, после изнашивания того или другого инструмента.

Каждый из этих способов имеет свои положительные и отрицательные стороны и требует соответствующей организации работы АСИО. С одной стороны, учет фактического времени обработки каждого инструмента позволяет использовать ресурс его стойкости. Таким образом можно сократить запас инструментов и уменьшить количество их замен. С другой стороны, использование запасных (дублеров) инструментов (при замене целиком наладки) значительно упрощает управление системой АСИО и уменьшает общие простои оборудования при замене инструментов.

Для выбора оптимального варианта инструментального потока в ГПС необходимо знать время работы каждого инструмента, его стойкость, время простоев каждого станка на смену инструмента, материальные затраты на инструмент, технические средства его доставки и хранения, время переналадки инструментального магазина при переходе к обработке другой партии деталей и некоторые другие сведения. Оптимальный вариант инструментального потока выбирает ЭВМ ГПС.

Важным компонентом в системе инструментального обеспечения является размерная настройка инструментов. Обычно она выполняется в отделении подготовки инструмента или непосредственно на участке (вне станка) оператором. В последнее время приборы для настройки инструмента встраивают непосредственно в станок.

В многостаночных ГПС функции контроля за прохождением инструмента возлагаются на АСУ, с помощью которой осуществляется связь подсистем технической подготовки производства самого изделия и инструмента с подсистемами оперативного управления и материально-технического снабжения. При этом большое значение придается наличию связи между устройством подготовки инструмента и УЧПУ станка, где этот инструмент должен работать. Цель такой взаимосвязи – исключить попадание несоответствующего инструмента в данное гнездо инструментального магазина без оповещения УЧПУ станка. В некоторых наиболее совершенных ГПС, оснащенных высокоавтоматизированными станками с ЧПУ, прибор настройки инструмента соединяется непосредственно с системой АСУ ГПС. Данные о длине вылета инструмента, времени использования после переточки или смены пластины передаются в ЭВМ, в памяти которой фиксируются все его перемещения в системе и рассчитывается возможный износ по суммарному времени резания.

**Автоматизированная система организационно-технического обслуживания**

Гибкие механообрабатывающие производственные системы обслуживания оборудования с ЧПУ, работающего автономно, должны проходить:

- обязательный периодический плановый осмотр и проверку их электрооборудования и устройств ЧПУ;

- периодическую промывку и очистку от пыли механизмов станков и устройств ЧПУ;

- регулировку механизмов и устройств, подверженных наиболее быстрому износу;

- систематическое смазывание всех поверхностей трения станков и устройств.

Высокая стоимость ГПС обусловливает организацию двух - и трехсменной эксплуатации оборудования в течение суток, а в ряде случаев и непрерывной эксплуатации, в том числе в выходные дни. Поэтому ремонтные работы проводятся в первую смену, что особо важно для работы оборудования во 2-ю и 3-ю смены в режиме малолюдной технологии. При этом рекомендуется следующая организация эксплуатации: в первую смену в течение 2-3 часов проводят регламентное техническое обслуживание оборудования (смазку, подналадку, смену инструмента и др.) и проверку УП для обработки новых деталей. В первую смену в соответствии со сменно-суточным планом работы вводят заготовки на приспособлениях-спутниках или поддонах в транспортно-накопительные системы, устанавливают режущий и вспомогательный инструмент и оснастку; в память УВК вводят необходимые программы и другую технологическую информацию.

Следует отметить, что некоторое усложнение ремонтных работ в ГПС связано с сокращением количества цехового обслуживающего персонала, в том числе ремонтного. Последнее объясняется использованием в ГПС более надежного оборудования, его модульно-агрегатного исполнения, позволяющего централизовать ремонтные работы, создавать комплексные бригады, в состав которых входит как непосредственно производственный, так и обслуживающий персонал.

*Автоматизация уборки стружки и подачи СОТС***.**

Особенность организации уборки стружки и подачи смазывающе-охлаждающей технологической среды (СОТС) в ГПС заключается в необходимости одновременной работы с различными обрабатываемыми материалами и составами СОТС. В ГПС в одно и то же время могут обрабатываться детали из разнообразных материалов и использоваться разные марки СОТС, которые не должны смешиваться в процессе их сбора и транспортирования. Многообразие сортов СОТС и материалов стружки обусловливает необходимость применения различных емкостей. Транспортировка и слежение за состоянием наполненности емкостей требуют использования управляющей техники. Кроме того, управлению подлежат и механизированные средства обслуживания: машины; механизированные устройства; приспособления и устройства для удаления стружки и пыли, подачи СОТС, масла, сжатого воздуха и т.д.

*Уборка стружки.* Стружку из рабочей зоны станков удаляют смывом (подачей эмульсии), сжатым воздухом или путем передвижения конвейерами с подвижными элементами.

При обработке деталей из чугуна (без охлаждения) стружку и графитовую пыль отсасывают с помощью гидроциклонов. При обработке отверстий стружку из них выдувают сжатым воздухом или вытряхивают специальными поворотными устройствами.

При обработке деталей из стали сливную стружку дробят. Это значительно облегчает ее транспортировку и очистку от нее посадочных и базовых поверхностей обрабатываемых деталей, которые обычно смывают смазочно-охлаждающей жидкостью. Для многих технологических процессов ГПС используются моечные машины, в которых детали и приспособления-спутники полностью очищаются от стружки.

В ГПС для удаления стружки, как правило, применяют конвейеры, которые проходят либо сзади станков, либо монтируются в канале, расположенном под станками. В первом случае стружка от каждого станка подается на конвейер с помощью специального устройства, встроенного в станок, во втором случае – через проем в станке.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки. Так, в первом случае увеличивается производственная площадь, но облегчается доступ к конвейеру для отвода стружки. Во втором случае уменьшается производственная площадь, но усложняется доступ к конвейеру при техническом обслуживании и ремонтах.

Для удаления стружки наибольшее распространение получили скребковые и винтовые конвейеры.

В типовых механообрабатывающих ГПС сооружены секции удаления и сбора стружки. Секции снабжены рольганговым транспортером, располагаемым обычно с задней стороны станков, по которому заполненные емкости для стружки доставляются к главному (основному) конвейеру ГПС, перемещающему их в секцию сбора стружки. В секции сбора стружки имеются специальные стружечные конвейеры, в которые стружка пересыпается из емкостей. Обычно секции сбора стружки находятся в конце ГПС рядом с въездными воротами в цех или цеховыми транспортными магистралями, что облегчает их эвакуацию. Каждая секция удаления и сбора стружки обслуживает несколько станков.

Перегрузка заполненных емкостей стружки со станков на конвейер и установка пустой тары производятся специальными укладчиками, располагающимися у станка.

*Подача СОТС*. Смазывающе-охлаждающая технологическая среда к станкам подается с помощью индивидуальных или централизованных установок, состоящих из бака с устройством для очистки СОТС, насоса и трубопроводов. Централизованные циркуляционные установки повышают качество очистки СОТС и стабилизируют ее характеристики (например, температуру). Они используются в крупных ГПС или производствах, работающих с постоянным составом СОТС. В тех случаях, когда используются различные марки СОТС или когда станки не сгруппированы на одной территории, применяются индивидуальные системы подачи СОТС.

Если применяют СОТС различных марок, то для каждой из них необходима отдельная емкость, установленная в системе очистки и регенерации для СОТС. Если же в ГПС используется СОТС только одной марки, то это может ограничить производительность обработки и в некоторых случаях снизить качество обработанной поверхности. Таким образом, СОТС используемая в ГПС, должна обладать универсальностью свойств и совместимостью с СОТС других марок.

Для полного управления технологическим процессом в ГПС и повышения надежности ее работы создана автоматизированная измерительная система контроля состояния СОТС. Она встраивается в общую систему автоматизированного контроля ГПС (САК ГПС).

**Автоматизированная система управления и технологической подготовки производства**

Основной задачей системы управления и технологической подготовки производства (АСУ) является создание рационального режима работы ГПС. АСУ выполняет: планирование производства по различным интервалам времени (календарное, оперативное); интенсификацию и оптимизацию технологических процессов по техническим и технико-экономическим критериям; совмещение процессов во времени; диагностику отказов и локализацию их действия; освобождение человека от функций контроля и управления; планирование методов ремонта и обслуживания оборудования.

Учитывая большую стоимость АСУ ГПС, для небольших ГПС, состоящих из 2–5 металлорежущих станков с ЧПУ (операционные ГПС), функции АСУ целесообразно ограничить координацией работы обрабатывающих, транспортных, складских и контрольно-измери-тельных модулей ГПС, а также рекомендациями для информационной связи с персоналом. В этом случае техническая подготовка производства, включая проектирование технологических процессов, инструмента, приспособлений и управляющих программ, оперативно-календарное планирование производства возлагаются на цеховые или общезаводские автоматизированные системы. В результате такого распределения функций сокращаются расходы на создание АСУ ГПС.

Оборудование ГПС управляется автоматизированной системой обеспечения функционирования технологического оборудования (рис.48). В состав этой системы могут входить: автоматизированная система научных исследований (АСНИ); система автоматизированного проектирования и расчетов (САПР); автоматизированная система управления АСУ, которая обычно подразделяется на АСУ производством (АСУП) и АСУ технологическим процессом (АСУТП); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП) и организационные системы (ОРГ С). АСНИ и САПР управляют работами на предпроектной стадии подготовки и при разработке проектной документации; системы АСУ (АСУП и АСУТП) служат для управления производством, в состав которого входит данная ГПС и другое оборудование.

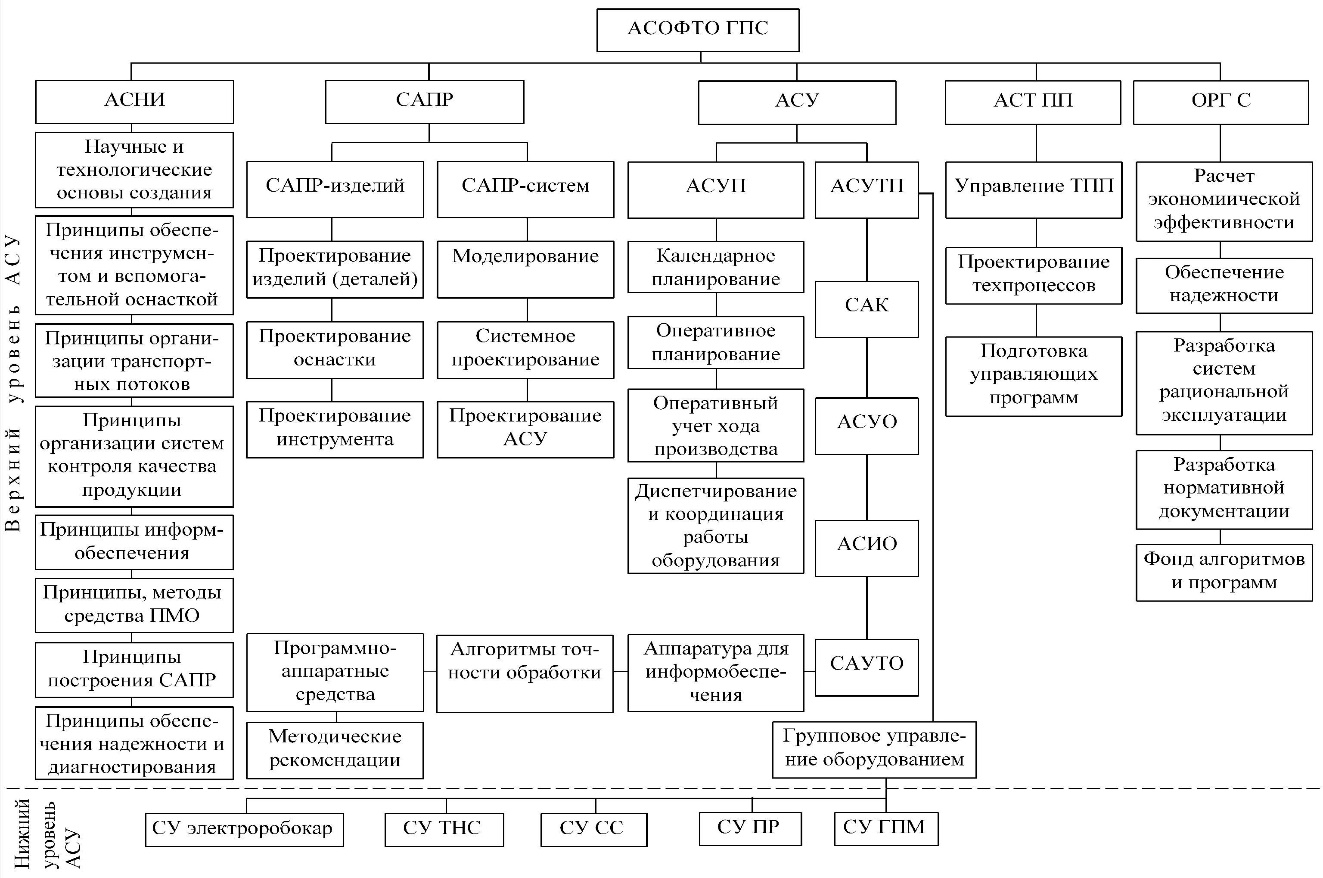


Рис.48. Структурная схема автоматизированной системы обеспечения

функционирования технологического оборудования (АСОФТО) ГПС

Очень большое значение для управления ГПС имеют системы АСУП и АСУТП. АСУП выполняет работы по календарному и оперативному графикам производства и ведет учет этих работ в условиях производства (завода, цеха), где эксплуатируется ГПС. АСУТП осуществляет групповое (системы DNC) управление основным и вспомогательным технологическим оборудованием, в состав которого входят: система автоматического контроля (САК); автоматизированная система удаления отходов (АСУО); автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО), система автоматического управления точностью обработки (САУТО). Обычно для этого используется ЭВМ верхнего уровня, которая управляет промышленными роботами, складскими системами (СУ СС), транспортно-накопительными системами (СУ ТНС), самоходными тележками и другим оборудованием через их индивидуальные системы управления (СУ).

При создании АСУ ГПС большое внимание уделяется разработке САПР. Задачей САПР является проектирование изделий, изготавливаемых в ГПС, а также технологических процессов, технологической оснастки и специального режущего инструмента.

САПР не только разрабатывает конструкторскую документацию изделий, но и обеспечивает их технологичность с учетом возможности обработки на оборудовании данной ГПС. Проектирование технологических процессов изготовления деталей обычно выполняется системой АСТПП, которая увязывает этот этап управления технологической подготовки производства с разработкой управляющих программ. Система АСТПП выбирает типовой для данной ГПС режущий инструмент и технологическую оснастку и при необходимости дает команду системе САПР на проектирование специального инструмента и оснастки по соответствующему заданию.

Рассмотрим типовые задачи, решаемые системой управления ГАУ.

В *функции верхнего уровня* системы управления ГАУ входят: подготовка; контроль; редактирование и хранение управляющих программ; формирование сопроводительных технологических документов, карт наладок, т.е. автоматизация технологической подготовки производства; оперативно-календарное планирование; учет хода производства (состояние оборудования и инструментов, наличие заготовок и пр.).

В *функции нижнего уровня* системы управления ГАУ входит: непосредственное управление станками транспортно-загрузочными устройствами; связь системы функционирования участка с ЭВМ и диспетчером.

Рекомендуемое распределение основных систем АСУ по иерархическим уровням автоматизированного производства приведено в табл.9.

Таблица 9

Распределение систем АСУ по уровням производства [4]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень автоматизированного производства | Системы АСУ | | | |
| САПР | АСТПП | АСУП | АСУТП |
| Автоматизированный завод | + | + | + | – |
| Гибкий  автоматизированный цех | (+) | + | + | – |
| Предметная ГПС | – | (+) | (+) | + |
| Операционная ГПС | – | – | (+) | + |

Условные обозначения: знак «+» - есть; знак «(+)» - может быть; знак «–» - нет