## Роботизированные комплексы (РТК), предназначенные для технологического процесса сборки

## Характеристики и структура РТК сборки

Промышленные роботы применяют для автоматизации операций при выполнении всех видов сборочных работ. На операциях *сборки под дальнейшую механическую обработку* ПР используют: для подачи, ориентации и соединения деталей в один комплект, их взаимного закрепления, установки и снятия комплекта при обслуживании обрабатывающего оборудования.

*При* *узловой сборке* ПР применяют: для поиска и распознавания деталей, их транспортирования, ориентации и подачи на сборочную позицию, для контроля размеров, правильности и качества взаимного соединения и закрепления деталей, для транспортирования и укладки (а если потребуется - и упаковки) собранного узла.

*Сборка под сварку* может рассматриваться как операция узловой сборки и как операция, предваряющая механическую обработку.

*При общей, окончательной сборке* изделия ПР используют: для транспортирования, взаимной ориентации и установки узлов, иногда для их соединения, а также для транспортирования готовых изделий.

ПР могут применяться и на *операциях разборки изделий*.

*К основным сборочным операциям*, которые могут быть выполнены с помощью ПР, оснащенных соответствующими инструментами и приспособлениями, относятся следующие:

надеть - вставить;

наложить - вложить;

раздвинуть - развернуть;

установить - снять;

запрессовать;

свинтить - развинтить;

склеить;

склепать; - сжать - разжать.

Для выполнения основных операций требуется реализация ряда вспомогательных операций, к которым относятся транспортирование, ориентирование, измерение и т.п.

При автоматизации сборки с помощью ПР выдвигается *ряд общих требований*: детали по качеству изготовления должны соответствовать техническим условиям чертежа, быть чистыми, не иметь забоин, вмятин; конструкция деталей должна исключать возможность их сцепления друг с другом при выходе из подающего устройства (магазина); в соединяемых деталях должны быть предусмотрены фаски, конусы, проточки. Не рекомендуется также сборка деталей из легкодеформируемых, хрупких и не обеспечивающих сохранения определенной геометрической формы материалов; перед поступлением на сборочную позицию необходимо предусмотреть контроль деталей на их соответствие техническим условиям.

*К изделиям* (сборочным единицам), собираемым с помощью ПР, *предъявляются следующие требования*: расчлененность на законченные, взаимозаменяемые сборочные единицы; минимальное число соединяемых поверхностей и видов соединений, доступность мест соединений сборочных единиц для контроля качества соединения; отсутствие необходимости в дополнительной обработке, пригонке и регулировке в процессе сборки; возможность осуществления последовательной сборки, характеризуемой наличием базовой детали, с которой последовательно сопрягаются присоединяемые детали. Тип и конфигурация базовой детали определяют конструкцию базирующего приспособления и схему базирования. Условия собираемости, выбор базовых поверхностей при захвате и монтаже присоединяемой детали, а также последовательность сборки зависят от пространственного расположения поверхностей сопряжения. Основным признаком классификации типовых сборочных единиц и комплектов является деление их на комплекты типов "вал" (с охватываемой базовой деталью) и "корпус" (с охватывающей базовой деталью).

В комплекте типа "вал" базовой деталью является вал или другая подобная деталь, на которую устанавливаются подшипники, зубчатые колеса, втулки, пружинные стопорные кольца, уплотнительные манжеты. В комплекте типа "корпус" базовыми деталями являются корпус, фланец, стакан и другие элементы конструкции, в которые вкладываются присоединяемые детали.

Промышленные роботы, обслуживающие сборочные РТК. должны обеспечивать всю совокупность перемещений, необходимых для нормального протекания сборки. Характер и вид этих перемещений зависят от требований, предъявляемых к процессу сборки, номенклатуры и программы выпуска, частоты сменяемости собираемых изделий и габаритов технологического оборудования.

Специфика сборки, в процессе которой необходимо компенсировать погрешности позиционирования, захвата и установки деталей, обусловливает *определенные требования к сборочным ПР*.

Взаимные *основные движения сопрягаемых деталей* (как правило, это прямолинейные перемещения) должны осуществляться ПР в цилиндрической системе координат.

*Размеры рабочей зоны* ПР должны быть достаточными для размещения: вспомогательных устройств, приспособлений и оснастки, необходимых для реализации технологического процесса сборки; магазинов с инструментами и захватными устройствами; подающих устройств; накопителей собираемых деталей; средств контроля качества сборки.

ПР должен иметь *не менее трех степеней подвижности*, а также возможность увеличить их число до 8 в результате дополнительных движений исполнительного органа ПР или сборочного инструмента.

*Система управления* ПР должна обеспечивать возможность его работы со значительным числом вспомогательных механизмов (тактовые столы, транспортеры, устройства поштучной выдачи заготовок и т.д.).

Промышленные роботы, последовательно выполняющие несколько различных операций и переходов, должны *иметь устройство, автоматически заменяющее захват и инструмент* и подключающее их к силовой и измерительной сетям (пневматическим или электрическим).

При необходимости *выполнения в процессе сборки операций механической обработки* (сверление, развертывание и др.) исполнительный орган ПР должен обеспечить работу режущего инструмента с требуемыми скоростью и усилием подачи; если это невозможно, то в состав РТК следует включить соответствующее металлорежущее оборудование.

Следует отметить, что в промышленной робототехнике четко обозначились *два направления создания переналаживаемых систем робото-технологических сборочных комплексов* (РТСК). *Первое* связано с использованием ПР, работающих в условиях упорядоченной среды. В этом случае основное внимание при создании РТК уделяется выбору методов подготовки среды и разработке средств, реализующих их. Такое решение позволяет резко повысить надежность функционирования, снизить стоимость и упростить управление собственно ПР. На производстве при эксплуатации таких РТК не требуется специальной подготовки персонала, удешевляется организация их сервисного обслуживания. Кроме того, упомянутое направление создания РТК обладает определенными преимуществами еще и потому, что на производстве во многих отраслях накоплен значительный опыт применения типовых переналаживаемых средств упорядочения среды (деталей, соединений, технологической оснастки и т.д.), которые используются при автоматизации процессов загрузки и разгрузки технологического оборудования (например, бункерные загрузочно-ориентирующие устройства).

*Второе* направление связано с использованием ПР, обладающих широкими технологическими и функциональными возможностями, намного превосходящими требуемый для обслуживания конкретного процесса уровень. Такие роботы, используемые при создании переналаживаемых РТК, успешно взаимодействуют с неупорядоченной средой за счет наличия в их составе элементов очувствления и логико-управляющих систем, позволяющих приспосабливаться к изменяющимся условиям работы. Часто необходимо выявить минимально необходимые (целесообразные) структурные связи, объем памяти и уровень адаптации у робота и технически достижимый уровень организации обслуживаемой среды с целью создания эффективных условий для взаимодействия элементов системы "робот - объект - среда". Это, безусловно, требует изменения компоновки и конструктивного исполнения технологического оборудования, режимов технологических процессов, условий и организации производства.

В общем случае состав и структура РТСК могут быть представлены схемой, изображенной на рис.1.

Рис.1 - Структурная схема компоновки РТСК.

В качестве объекта рассматривается корпус электроизмерительного щитового прибора, на токовыводящие элементы которого надеваются комплекты деталей - обыкновенная и пружинная шайбы, а также цилиндрическая гайка со шлицем. В комплект входят: загрузочные (питающие) устройства ЗУ для номенклатуры комплектующих изделие деталей; устройства, выполняющие функции первичного ориентирования УПО; транспортные системы ТС и элементы создания однослойного потока деталей; устройства вторичного ориентирования УВО и фиксирования положении деталей в пространстве, например, кассетирующие устройства КУ, накопители кассет НК с упорядоченными деталями; транспортные органы ТО для подачи упорядоченных в кассетах деталей в зону обслуживания сборочного робота (создание упорядоченной среды УС): сборочный (обслуживающий) ПР; конвейер базовых деталей КБД и сборочная позиция.

## Технологические устройства сборочных РТК

Автоматизированная роботизированная сборка накладывает специфические требования на технологические устройства. Эти требования определяются двумя основными схемами построения РТСК. *В первой схеме* робот выполняет функции захвата деталей, в некоторых случаях - базирование при сборке и удаление собранного узла. В таких комплексах операцию сборки осуществляет стационарное технологическое устройство. *Во второй* схеме промышленный робот непосредственно выполняет операции комплектования и сборки деталей.

Тип технологических устройств для автоматической сборки узлов изделий определяется главным образом видом соединения, для которого они предназначены. Различают технологические устройства для сборки разъемных и неразъемных соединений.

Детали при сборке *соединяют следующими способами*: стапелированием (укладкой) с большими и малыми зазорами; пластической деформацией (с натягом); упругой деформацией (с предварительным упругим деформированием одной из сопрягаемых деталей); склеиванием; свариванием; по резьбе.

Для выполнения указанных соединений с помощью ПР необходимы различные сборочные инструменты, приспособления и оборудование, к которым предъявляются следующие основные требования:

1) обеспечение надежного захватывания детали, ее транспортирования на сборочную позицию, а также установки в приспособление или сопряжения с базовой деталью;

2) унификация хвостовиков, поясков и других элементов, инструмента, служащих для его установки а исполнительном органе ПР;

3) возможность встраивания в инструмент датчиков, контролирующих наличие детали, процесс сборки, размеры собираемых деталей, их относительное расположение, качество сборки и другие параметры;

4) унификация мест подключения к измерительным и силовым пневмо - и электросетям (для сменного инструмента);

5) обеспечение захватными элементами инструмента заданной точности базирования детали;

6) оснащенность инструмента устройством автопоиска или элементами, способствующими самоустановке присоединяемой детали под действием сил, возникающих при сборке;

7) отсутствие деформаций детали в результате действия на нее усилий, возникающих при сборке, захватывании и фиксации (если это не требуется по условиям технологического процесса);

8) возможность легкой переналадки инструмента (в широком диапазоне размеров) при изменении номенклатуры собираемых деталей;

9) оснащенность блокировочными устройствами, предотвращающими поломку инструмента;

10) возможность расширения технологических возможностей инструмента;

11) захватные устройства сборочного инструмента по возможности должны быть автономными (т.е. выполненными отдельно от инструмента) и совмещенными с инструментом.

Отдельно можно отметить, что к технологическим устройствам, работающим в составе РТСК, построенным по первой схеме, предъявляются требования: применение единого источника энергии, возможность управления от общей системы, а также эти устройства должны обладать достаточной универсальностью и быстро переналаживаться с одного типоразмера на другой. К технологическим устройствам, работающим в составе РТСК, построенным по второй схеме, предъявляются требования единства источника энергии робота и технологического устройства и возможности работы от единой системы управления. Так как технологическое устройство крепится на конец руки манипулятора, к нему предъявляются требования снижения массы, а следовательно, и размеров для уменьшения инерционных нагрузок в приводах роботов. Технологические сборочные устройства должны иметь высокую производительность, обладать достаточной универсальностью и надежностью в работе.

*Автономные захватные устройства* обеспечивают соединение деталей, изменение их положения, а также перенос деталей и собранного изделия. *Захватные устройства, совмещенные с инструментом*, применяют для выполнения основных сборочных операций. Одной из таких операций, наиболее часто встречающейся в машиностроительном производстве, является соединение деталей по цилиндрическим поверхностям (например, при установке подшипников, валов, вкладышей и манжет в корпус). При этом требуется высокая точность взаимного расположения сопрягаемых поверхностей и траекторий их перемещения или возможность компенсации таких погрешностей. Компенсацию осуществляют *двумя способами*:

1) активным (с применением датчиков, измеряющих, усилия и моменты, возникающие при сопряжении деталей, и выдающих команды на дополнительные перемещения исполнительных узлов ПР и загрузочного устройства);

2) пассивным (с применением кинематических элементов и приспособлений, устанавливаемых обычно непосредственно на сборочном загрузочном устройстве или на инструменте и обеспечивающих автопоиск сопрягаемых поверхностей; при этом для реализации автопоиска на сопрягаемых деталях необходимо иметь соответствующие вспомогательные поверхности - фаски, скосы и т.п.).

*Установка плоских прокладок из листового материала* производится с помощью электромагнитных или вакуумных захватных устройств. Вакуумные захватные устройства обеспечивают большую точность установки и могут работать с прокладками из любого материала.

Широкое распространение получили различные конструкции устройств для автоматической *сборки резьбовых соединений*. Эти устройства имеют ряд преимуществ, которые особенно важны для роботизированной сборки. К ним можно отнести универсальность, многообразие готовых конструкторских решений, небольшие габаритные размеры.

В резьбовом соединении следует различать детали, в которых стержень имеет наружную нарезку резьбы (болт, винт, шпилька), и детали, имеющие резьбовые отверстия (гайка, любая деталь с резьбовым или рядом резьбовых отверстий). Разделение деталей в резьбовом соединении на два вида диктуют различные методы подачи, базирования и фиксации в процессе сборки.

Осуществление сборки резьбовых соединений требует выполнения двух движений: поступательного и вращательного. При проектировании средств автоматизации существенное значение имеет выбор прогрессивного способа сборки, который определяется методами базирования и относительного ориентирования собираемых деталей, методами воздействия на объекты сборки (на резьбовые детали).

Существуют *два основных метода относительного ориентирования собираемых деталей*: в первом используется базирование по неподвижным базам, во втором - одну из собираемых деталей или обе сразу базируют в подвижных базах.

## Список литературы

1. Роботизированные технологические комплексы / Г.И. Костюк, О.О. Баранов, И.Г. Левченко, В.А. Фадеев - Учеб. Пособие. - Харьков. Нац. аэрокосмический университет "ХАИ", 2003. - 214с.
2. Н.П. Меткин, М.С. Лапин, С.А. Клейменов, В.М. Критський. Гибкие производственные системы. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 309с.
3. Гибкие производственные комплексы / под. ред. П.Н. Белянина. - М.: Машиностроение, 1984. - 384с.
4. Гибкое автоматическое производство / под. ред. С.А. Майорова. - М.: Машиностроение, 1985. - 456с.
5. Иванов А.А. ГПС в приборостроении. - М.: Машиностроение, 1988. - 282с.
6. Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами / под. ред. Н.М. Макарова, - М.: Радио и связь, 1981, ч.3 - 156с.
7. Широков А.Г. Склады в ГПС. - М.: Машиностроение, 1988. - 216с.