

УДК 621.757–52

М. Ф. Керимжанова, к.т.н., доц., Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, **В. Ю. Новиков**, к.т.н., проф., МГТУ «Станкин»

e-mail: k_tm@stankin.ru

Применение промышленных роботов при автоматической сборке узлов и машин

В статье рассматриваются вопросы применения промышленных роботов для автоматической сборки узлов и машин, а также вопросы структура сборочной операции, выполняемых с использованием промышленных роботов.

Ключевые слова: промышленный робот, автоматическая сборка, узел, структура, сборочная операция.

M. F. Kerimzhanova, V. Yu. Novikov

Usage of Industrial Robot for Automated Assembly of Units and Machines

The article discusses aspects of usage of industrial robots for automated assembly of units and machines, as well as aspects of structure of assembly operations performed using industrial robots.

Keywords: industrial robot, automated assembly, unit, structure, assembly operation.

Исследование возможностей промышленных роботов с цикловым, позиционным и адаптивным управлением показывает, что пока они способны выполнять операции захвата, переноса, установки детали или узла, съем узла и т.п. Развитие электронной техники способствует созданию и применению уникальных интеллектуальных роботов [1].

Исследование процесса сборки роботом позволило выделить основные факторы, влияющие на производительность работы комплекса. Одним из таких факторов является структура построения технологических операций роботизированной сборки. Здесь важно и количество сборочных переходов, осуществляемых роботом, и их концентрация, а также последовательность выполнения этих переходов. Так, последовательное выполнение сборочных переходов наиболее трудоемко, однако, применение многоместных сборочных базовых приспособлений и многоместных захватных устройств робота позволяет значительно сократить штучное время сборки. Специфика роботизированной сборки заключается в осуществлении сборочных переходов самим роботом. Отсюда ясно, что повышение производительности самого робота прямо влияет на производительность труда, качество собираемых изделий и

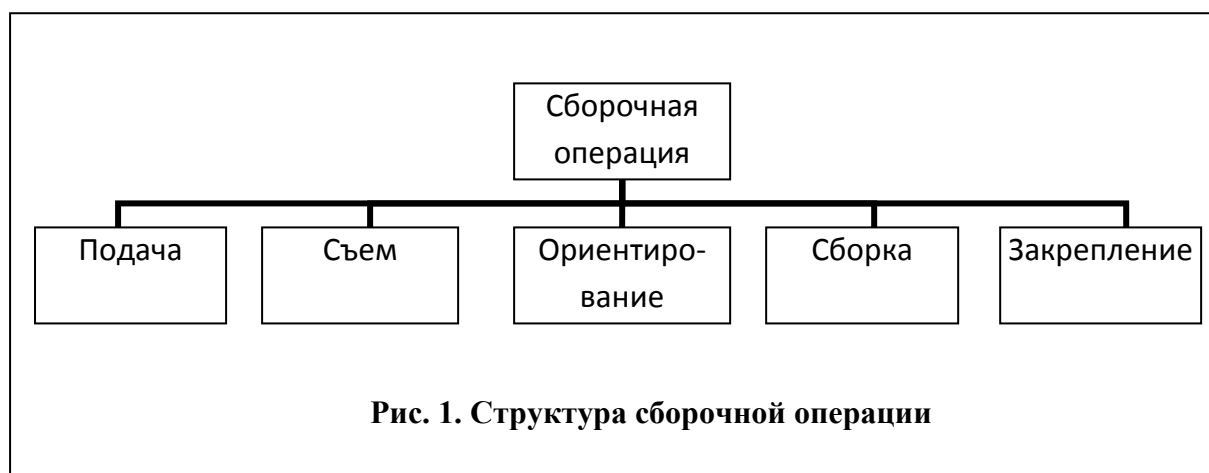
узлов, ведет к сокращению численности рабочих. Используемые в данное время на сборке роботы еще не обладают высокой производительностью.

Важным признаком роботизированных технологических комплексов (РТК) является его структура, т.е. взаимодействие робота и другого технологического оборудования внутри комплекса. Структура роботизированного комплекса определяется построением сборочной операции.

Трудоемкость основных этапов сборки состоит:

- установка и закрепление детали в сборочном приспособлении – до 11 %;
- соединение и фиксация присоединенных деталей – 37 %;
- контроль соединений – 26 %;
- пригоночные операции при сборке в условиях мелкосерийного производства – 15 %;
- разборка и повторная сборка – 11 %.

Структуру сборочной операции, выполняемой в условиях автоматизированной сборки, можно представить следующим образом (рис.1) :



При построении роботизированных технологических комплексов необходимо рационально распределить функции между подающими механизмами (питателями, вибрационно-ориентирующими устройствами, магазинами, кассетами и т.п.); рабочими органами – захватными устройствами робота, либо основными инструментами сборки (всевозможные сборочные головки для различных типов соединений); транспортирующими механизмами (в поточном производстве, при создании гибких сборочных линий на базе РТК). Учитывая указанные в ранее опубликованных работах требования к сборочным роботам можно сформулировать основные требования к роботизированным технологическим комплексам сборки:

- 1) возможность взаимодействия с другими РТК, как одного, так и разного целевого назначения (например, РТК механообработки, штамповки и т.п.);
- 2) быстрота и простота переналадки при частой смене объектов сборки всех основных элементов роботизированной технологической системы РТК;
- 3) надежность основных элементов РТК, минимальные эксплуатационные расходы;
- 4) обеспечение быстрой окупаемости;
- 5) точность позиционирования (ориентации) деталей в сборочной позиции;
- 6) точность установки самого сборочного базового приспособления;
- 7) точность взаимного положения присоединяемых деталей после закрепления их в приспособлении;
- 8) точность взаимной ориентации осей собираемых деталей;
- 9) точностные параметры сопряжения.

Сборочная операция, как и любая другая технологическая операция, может выполняться по принципу концентрации, дифференциации переходов или смешанным (комбинированным) способом.

Все одноместные захватные устройства роботов, применяемых на РТК, могут выполнять только сборочные операции по последовательной схеме, причем при обеспечении автоматической смены захватного устройства один и тот же робот может последовательно перемещать базовую и присоединяемую деталь на позиции сборки. Использование параллельного выполнения основных переходов сборки позволяет с наибольшей эффективностью использовать многоместные (групповые) захватные устройства.

Под групповой сборкой понимаем осуществление роботом (в случае необходимости с использованием дополнительного технологического оборудования) сборочной операции, в результате которой получается несколько сборочных единиц, объединенных в группу на основе конструктивных и технологических признаков.

Последовательным методом групповой сборки достигается получение партии одинаковых изделий или сборочных единиц, составляющих группу, по одному объекту сборки после осуществления каждой операции с использованием универсальной либо быстросменной оснастки робота. После проведения необходимой переналадки оборудования и перепрограммирования робота производится сборка следующей партии объектов, входящих в эту же группу, с повторением указанных действий до тех пор, пока не будут собраны все сборочные единицы группы.

Параллельным методом групповой сборки осуществляется одновременное получение всей группы сборочных единиц без

промежуточной переналадки роботизированного оборудования, которое переналаживается лишь при смене группы собираемых объектов.

Этот метод, в свою очередь, можно разделить на два принципиально отличные способа:

- однономенклатурный, при котором выполняется сборка определенного количества одинаковых объектов;
- многономенклатурный, который характеризуется одновременной сборкой нескольких различных сборочных единиц.

Использование этих способов ограничивается годовым объемом выпускаемой продукции. Первый способ можно использовать для условий массового производства, а второй для серийного производства. Выбор способа осуществления роботизированной операции должен учитывать выпуск изделий, сроки сменяемости выпуска, технические возможности промышленных роботов, стоимость, сроки проектирования оснастки для робота и другие показатели. Приведем структуру затрат времени при выполнении роботизированной сборки рассмотренными методами.

При осуществлении последовательного метода:

$$T_{zp} = \sum_{i=1}^n t_{on} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{nn} + \sum_{i=1}^m t_{om}; \quad (1)$$

где T_{zp} - общее время, затрачиваемое на сборку группы сборочных единиц /изделий/,

n - количество объектов сборки в группе;

$\sum t_{on}$ - время выполнения сборочных операций;

$\sum t_{nn}$ - время на переналадку технологической оснастки;

$\sum t_{om}$ - время, затрачиваемое на устранение отказов, возникающих при сборке группы объектов.

При одновременной сборке группы (подгруппы):

$$T_{zp} = \sum_{k=1}^k t_{oП} + \sum_{i=1}^m t_{oT}; \quad (2)$$

где k - количество подгрупп сборочных единиц в группе, m - количество сборочных единиц в i -й подгруппе.

При одновременной сборке группы параллельным методом:

$$t_{um} = \frac{t_{on}}{n}; \quad (3)$$

При последовательном методе:

$$t_{um} = t_{on}; \quad (4)$$

При сборке параллельно-последовательным методом:

$$t_{um} = \frac{t_{on}}{m}; \quad (5)$$

где m - количество деталей в захватном устройстве робота;

n - количество соединений в группе.

Таким образом, из сопоставления формул видно, что наибольшие возможности для сокращения штучного времени заключаются в использовании способов одновременной сборки нескольких сборочных единиц, что позволяет повысить производительность в 5-10 раз, при $m = 2$ ч 6 . Однако, при увеличении этого количества возникают трудности, связанные с обеспечением точности ориентации собираемых деталей и надежности самого процесса сборки.

Важным элементом при изучении производительности роботизированных технологических комплексов является обеспечение необходимой точности сборки. К способам обеспечения точности при сборке промышленными роботами можно отнести: позиционирование, применение адаптивных роботов, позиционирование с применением различных технических приемов, таких как установка ловителей, фиксаторов, упругих элементов и др.

Если рассматривать точность в сборочной системе представленной как роботизированный комплекс, то следует отметить, что точностные параметры сборочного процесса оказывают решающее воздействие на его выполнение, как на промежуточных этапах (подача деталей в загрузочной позиции), так и на заключительной (осуществление сопряжения).

Можно выделить следующие составляющие точности процесса сборки по основным его этапам:

- точность ориентации детали или группы деталей в одной загрузочной позиции каким-либо питающим устройством;
- точность взаимного расположения подаваемых деталей и захватных устройств робота;
- точность базирования и закрепления деталей в захватном устройстве;
- сохранение достигнутой точности при переносе деталей;
- точность позиционирования деталей на сборочной позиции;
- точность установки базового приспособления на позиции сборки;
- точность взаиморасположения присоединяемых деталей после закрепления их в приспособлении;
- точность взаимной ориентации присоединяемых деталей;
- точностные параметры сопряжения.

Во всех этих случаях под точностью понимается значение определенных погрешностей линейного и углового положения осей собираемых деталей [2].

Если анализировать точность в рассматриваемой сборочной системе, то можно сделать вывод, что точностные параметры сборочного процесса оказывают решающее воздействие на всех этапах выполнения сборки. Точностные параметры находятся в неразрывной связи с технологической надежностью элементов системы. Невозможно выделить наиболее или наименее важные этапы процесса с точки зрения точности, так как при

невыполнении определенных точностных условий на каждом из них имеют место отказы, снижающие производительность процесса. Спецификой процесса сборки, как известно, является высокая требуемая точность этапа взаимной ориентации осей собираемых деталей, поэтому в качестве критерия точности на всех остальных этапах выбрана эта характеристика.

Требования, предъявляемые к точности ориентации деталей на разных этапах различны. Точность ориентации деталей питателями и захватами в загрузочной позиции может быть снижена, если используются захватные механизмы со значительно раздвигающимися захватными элементами, при условии определенной податливости звеньев технологической системы. В этом случае возможны линейные смещения порядка 1-2 мм, а угловые - 2-3 ° и более в зависимости от длины деталей.

Имеет место наследственность погрешностей при выполнении основных этапов роботизированной сборки. Точность взаимной ориентации осей собираемых деталей на последнем этапе:

$$\Delta_C = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_z^2 + \Delta_u^2};$$

где Δ_C - погрешность положения детали в захвате робота, обусловленная неточностями его изготовления и монтажа, а также погрешностями самих деталей;

Δ_b - погрешность базирования деталей в захвате;

Δ_z - погрешность закрепления, Δ_u - погрешность изготовления элементов захвата.

Для других этапов точностные требования более жесткие - это точность позиционирования захватов в сборочной позиции, закрепление базовых деталей в приспособлении и выходной параметр - точность взаимной ориентации деталей.

Список литературы

1. **Бернадский В.Н.** Промышленные роботы в современном производстве // Сварочное производство. - 2001. - № 10. - С.16-22.
2. Основы автоматизированного машиностроительного производства / Под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Высшая школа. - 1999. - 312 с.