

29.12.07.

6. Патент РФ № 2015873 Инструмент с электрогидравлическим приводом. Опубл. 15.07.94.
7. Соковиков В.К., Строков П.И. и др. Беспрецизионный электрогидравлический ТНВД // Автомобильная промышленность. – 2005, № 3, с. 21-24.

### **Роботизация операций завинчивания крепежно-резьбообразующих деталей**

д.т.н. проф. Березин С.Я., Охрименко М.И.  
*Читинский государственный университет*

*Ключевые слова:* роботизация сборочных операций, стандартизация крепежных деталей, точность позиционирования, ориентация и базирование детали, управление режимом сборки.

Сборка традиционно считается наиболее сложной областью применения манипуляционных систем. Она предъявляет высокие требования к точности работы манипулятора, сложности управления и эффективности работы комплекса в целом. Вместе с тем, сборка является одной из самых перспективных областей применения роботов, так как доля сборочных работ на производстве достаточно велика и в некоторых отраслях достигает до 70% трудозатрат в общем объеме технологических операций. Высока, в частности, перспектива использования роботов в завинчивающих операциях при сборке резьбовых соединений, где необходимо решать проблемы автоматизации накопления собираемых деталей и их подачи на позицию сборки, ориентации осей, предварительной установки крепежа в отверстиях, наживления, завинчивания, затяжки и послесборочных переходов.

Немало проблем возникает с управлением режимами работы приводов завинчивающих модулей (головок), их оснащением информационными устройствами, созданием управляющего программного обеспечения и т.д.

Сложности, связанные с обеспечением совмещения осей, пространственной ориентацией для выхода в точку сопряжения, удерживания деталей с необходимыми показателями жесткости, с выдерживанием требуемых рабочих усилий, успешно решаются применением адаптивных промышленных роботов.

В настоящее время значительно усложнились требования к реализации завинчивающих операций, расширилась номенклатура соединений и усложнились условия сопряжения.

Широкое внедрение самонарезающего крепежа остро нуждается в автоматизации операций по его монтажу [1]. Разнотипность конструкций крепёжных элементов вызывает проблему унификации их исполнения для обеспечения роботов завинчивающими головками. Только у винтов стандартных видов известны более 50-ти различных исполнений головок и элементов для передачи крутящих моментов. Фирмы-лидеры в производстве завинчивающих блоков для технологического оборудования испытывают значительные трудности в разработке универсальных конструкций для сборочных операций.

Показатели точности позиционирования, которые могут быть достигнуты в манипуляторах, а также точность базирования деталей на сборочном столе будут в значительном числе случаев ниже требуемой точности сопряжения собираемых деталей. В таких условиях сборка становится возможной за счет взаимодействия сопрягаемых поверхностей деталей и использования их в качестве направляющих при сочленении деталей. Для того чтобы избежать заклинивания, вызванного недостаточной точностью движения схвата, можно ввести силовую обратную связь, позволяющую идентифицировать момент заклинивания и вносить коррекцию в движение схвата или же использовать активную или пассивную податливость схвата. Могут быть также применены поисковые движения, типа малых колебаний схвата, в ходе которых периодически возникают благоприятные условия для продвижения сопрягаемых деталей [2].

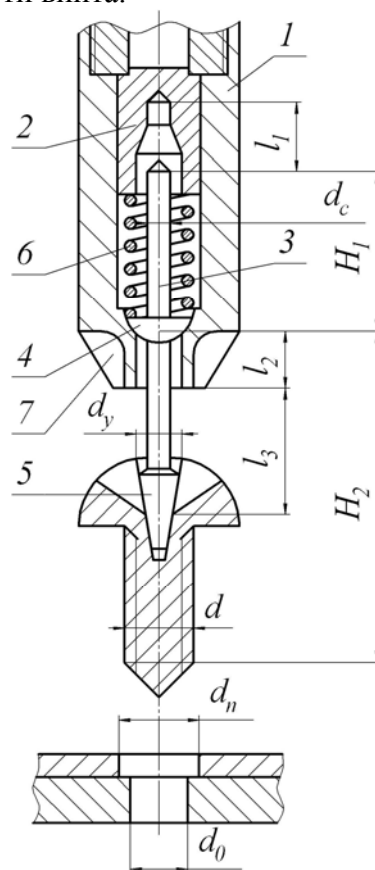
Таким образом, имеется немало перспектив в разработке систем базирования и фикса-

ции схватов на позициях сборки, устройств точного позиционирования деталей с посадочными гнездами, устройств манипулирования крепежными изделиями с возможностью их удерживания перед касанием сопрягаемых поверхностей [3].

Проблема надежной установки крепежных элементов на позиции завинчивания связана с реализацией нескольких переходов:

- Подача винта или другого элемента на позицию ее захвата удерживающим устройством завинчивающей головки. Это действие должно осуществлять загрузочное устройство.
- Перемещение руки робота к оси крепежной детали, ее захват и удаление из загрузочного устройства.
- Перенос крепежной детали к оси отверстия и ее совмещение с осью детали.
- Создание осевого усилия и завинчивание.
- Разъединение удерживающего устройства с крепежной деталью.

На рисунке 1 показана схема удержания и переноса крепежной детали устройством, защищенным патентом № 2313008. Устройство содержит корпус 1, расположенные внутри корпуса стакан 2 и шток 3, в средней части которого находится полусфера 4, при этом стакан неподвижно закреплен внутри корпуса, а шток имеет возможность продольного перемещения и углового отклонения. Шток и стакан разделены пружиной 6, а сам шток имеет конический хвостовик 5 для удерживания крепежной детали. Форма завинчивающего наконечника 7 соответствует шлицевой полости винта. Форма завинчивающего наконечника 7 соответствует шлицевой полости винта.



**Рисунок 1 – Схема удержания и переноса крепежной детали**

Рассматривая геометрические параметры данного устройства, можно установить условия реализации определенных переходов сборки.

Например, второй переход должен реализоваться при выполнении условия

$$(H_1 + l_2 + l_3) \cdot \operatorname{tg} \varphi \leq \frac{d_y}{2},$$

где:  $H_1$  - высота верхней части штока до сферы;

$l_2$  - расстояние средней точки сферы до торца завинчивающего наконечника;

$l_3$  - вылет конического хвостовика;

$d_y$  - выходной диаметр конической полости винта;

$\varphi$  - угол качания штока

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{d_B - d_C}{2H_1},$$

где:  $d_B$  - диаметр первой внутренней полости стакана;

$d_C$  - диаметр стержня штока.

Третий переход осуществится при выполнении другого условия  $\varphi < \varphi_0$ , где  $\varphi_0$  - наибольший допустимый угол качания штока, равный

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg} \frac{d_0}{2H_2},$$

где:  $H_2$  - высота подвески винта на штоке;

$d_0$  - диаметр отверстия гнезда.

Кроме транспортировки, удерживания, ориентации и предварительной установки, роботизированная сборка должна обеспечить и определение режимов завинчивания, которые включают осевые усилия, законы изменения скорости на разных этапах сопряжения, обеспечение необходимой угловой жесткости схвата, руки и завинчивающей головки на позиции сборки, точность позиционирования и другие параметры. В общем случае условия завинчивания должны обеспечиваться следующим комплексом:

$$\begin{cases} P_0 \geq P_0^{рас}; \\ M_u = \frac{P_0 \cdot d_0}{2}; \\ \omega \geq \omega_n; \\ j_n \geq \frac{P_0 \cdot d_0}{2(H_1 + H_2)^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi}; \end{cases}$$

где:  $P_0$ ,  $P_0^{рас}$  - действующее и расчетное значения осевого усилия наживления;

$M_u$  - значение изгибающего момента;

$\omega$ ,  $\omega_0$  - действующая и расчетная угловая скорость наживления;

$j_n$  - угловая жесткость системы «винт-головка-рука».

Проблема совмещения осей решается путем разработки средств активного и пассивного ориентирования. В первом случае разрабатываются адаптивные автопоисковые головки, обеспечивающие соосность координатными приводами. Во втором применяются различные устройства поиска центра отверстия, и принудительного совмещения осей посредством специальных механизмов.

В обоих случаях задача совмещения осей может решаться с помощью позиционных сборочных установок, совмещающих функции станка и промышленного робота. В них подвижный или неподвижный стол установлен внутри каркаса, который имеет продольные направляющие для перемещения двухкоординатной каретки. Последняя несет завинчивающую или другую сборочную головку, обеспечивающую рабочую операцию сопряжения, а также операции транспортировки деталей от устройства подачи к рабочей позиции по примеру сборочных модулей фирм DCI One Kenwood Circle, Anorad Co., Gantry System, Taumel Assembly System, Westingauzen и др.

Важная задача — обеспечение контроля годности поступающих деталей, правильности протекания процесса сборки и годности готового узла или изделия. Простое и эффективное решение этой задачи дает специализированная система технического зрения, реализующая концепцию инспекционного видения.

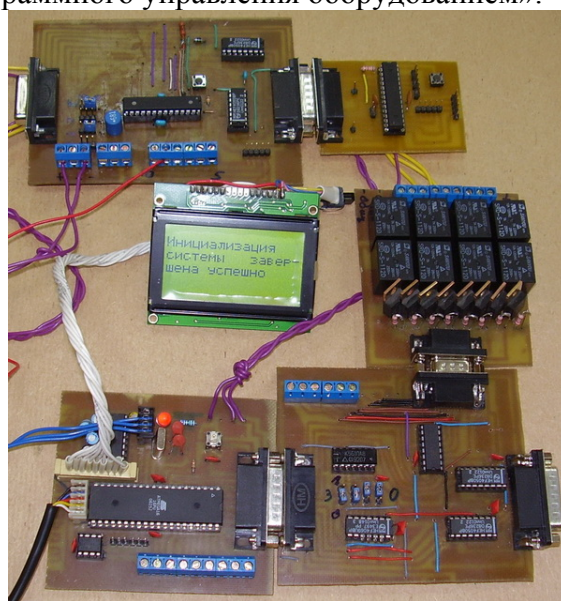
Специфика работы такой системы в том, что наблюдаемая сцена хорошо организована. При правильном выполнении сборочной операции детали занимают определенное место в рабочей зоне робота и на изображении. Сравнивая фрагменты текущего изображения с заранее запомненными фрагментами, соответствующими правильной сборке, система имеет возможность контролировать ход сборочного процесса.

Одна из важных особенностей взаимодействия схвата, детали и оснастки — необходимость компенсации неточностей их взаимного расположения. При выполнении роботом операции захвата в случае идеального расположения схвата и детали последняя испытывает только усилия зажима. В действительности из-за неточности выполнения перемещений схвата и ориентирующих движений возникает погрешность расположения детали относительно губок схвата. В этом случае при срабатывании схвата возникают нежелательные, а иногда и опасные нагрузки, воспринимаемые элементами робота, деталью и оснасткой. Такие ситуации должны надежно отслеживаться информационной системой и компенсироваться либо устраняться.

Таким образом, на основании сказанного, можно отметить, что для роботизации резьбосборочных операций необходимо решение следующих проблем:

- систематизация принципов базирования крепежных деталей перед их установкой (она связана с расширяющейся номенклатурой крепежа и усложнением их конструкций);
- ориентация крепежных деталей и их предварительная установка в отверстие;
- оптимизация маршрутов движения деталей по объектам сборочных позиций (например, движение винта от разгрузочного устройства к захвату робота);
- базирование и фиксация схватов на рабочих позициях для обеспечения необходимой жесткости при сборке;
- управление режимами сборки, в частности, управление скоростью движения, осевой силой и т.д.;
- оптимизация оснащения роботизированной сборочной позиции с точки зрения показателя «производительность – стоимость»;
- адаптация робота к сборочным условиям и оснащение модуля развитой информационной системой, контролирующей показатели и параметры сборки.

Частично решить подобные проблемы можно путем использования современных систем управления манипуляторами. Одной из них является разработанная на кафедре АПП «Модульная система программного управления оборудованием».



**Рисунок 2 – Основные модули системы управления**

На рисунке 2 показан общий вид основных модулей системы без корпусов. Среди них:

## Раздел 2. Технология машиностроения и материалы.

микропроцессорный модуль с жидкокристаллическим дисплеем, модуль дискретных выходов, модуль силовой коммутации, модуль аналоговых входов, модуль управления шаговыми двигателями.

Устройство обеспечивает надежную и бесперебойную продолжительную работу робототехнического комплекса как в лабораторных, так и в производственных условиях. Это достигается применением современных высокопроизводительных компонентов и, в частности, микроконтроллера AVR фирмы ATMEL семейства Mega. 8-битные RISC-микроконтроллеры этого семейства имеют наиболее развитую периферию, наибольшие среди всех микроконтроллеров AVR объемы памяти программ и данных. Таким образом, представленная система позволяет достаточно просто и в полной мере задействовать все технические возможности манипулятора для решения широкого круга задач.

Представленная система управления имеет возможности аппаратного и программного расширения и, следовательно, высокие информационно-аналитические способности. Ее стыковка с персональным компьютером позволяет адекватно реагировать на реальные сборочные ситуации, повышая надежность выполнения операций.

### Литература

1. Березин С.Я. Принципы настройки технологической системы роботизированного сборочного модуля для ввинчивания деформирующих шпилек в гладкие отверстия: Сб. науч. тр. «Роботизированные станочные системы и роботизация производства». – Тула: ТулПИ. 1988. с. 57-61.
2. Березин С.Я. Проблемы роботизации резьбосборочных операций. //Технические науки, технологии и экономика: Матер. 2-й межрегион. науч.-практ. конф. Ч. 3. – Чита: ЧитГУ. 2002. с. 118-124.
3. Винт и устройство для его удержания и завинчивания. Патент РФ RU 2313008 С1 F16B/01. /Березин С.Я., Чумаков Р.Е., Курбатова Л.С. и др. БИ № 35 от 20.12.07.

### **Получение заготовок из сплава ЭП742 с мелкозернистой структурой для последующей изотермической раскатки**

к.т.н. с.н.с. Бурлаков И.А.  
«НИИД», ФГУП ММПП «Салют»

*Ключевые слова:* изотермическая раскатка, жаропрочные никелевые сплавы, термомеханическая обработка заготовок.

Локальные методы формообразования в изотермических условиях позволяют не только расширить технические возможности, но и увеличить коммерческую выгоду от произведенной таким образом продукции. Так, по сравнению с объемной штамповкой усилие деформации в этом случае снижается до 1000 раз. Становится доступным получение не только тонкостенных деталей типа дисков, оболочек, но и массивных изделий с комбинированными сложными для штамповки формами.

Для раскатки в условиях сверхпластичности необходимы заготовки с мелкокристаллической структурой. Наличие мелкокристаллической структуры в жаропрочных сплавах позволяет:

- существенно повысить пластические и снизить силу формообразования при обработке металлов давлением;
- обеспечить деталям однородность структуры и требуемых механических свойств;
- существенно улучшить качество ультразвукового контроля (УЗК).

В качестве исходных заготовок для последующей изотермической раскатки могут быть использованы заготовки в виде плоских шайб и профилированные как с крупнозернистой структурой, так и со специально подготовленной мелкозернистой структурой. При изотер-