

УДК 621.52

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СХВАТА РОБОТА ПРИ СОПРЯЖЕНИИ ДЕТАЛЕЙ В РОБОТОТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ

Перепада М.Б., Хащин Ю.А., Копп В.Я.

С позиций технологии и автоматизации сборочного производства выработаны основные условия повышения надёжности использования роботов на операциях сборки. При этом особое значение имеет точность позиционирования захватного органа робота.

Рассматривая возможность использования промышленных роботов (ПР) при автоматизации сборочных процессов, следует учитывать тот факт, что эффективность их применения сохраняется при условии обеспечения его органами выполнения основных операций - автоматической подачи сопрягаемых деталей, их относительного ориентирования (точности позиционирования), сопряжения и съема сборочной единицы (узла).

В реальном производстве собираемые детали на позиции сборки могут иметь отклонения от расчетного (идеального) взаимного положения из-за неточности изготовления звеньев, механизмов, участвующих в сборке, жесткости технологической системы и погрешности установки деталей. Суммарное отклонение двух сопрягаемых поверхностей собираемых деталей от расчетного положения составляет взаимное отклонение - δ_{Σ} (рисунок 1,б).

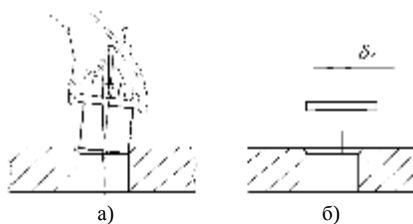


Рисунок 1 - Процесс соединения деталей в узел (сборочную единицу)

Начало сопряжения деталей возможно в том случае, когда это взаимное отклонение δ_{Σ} меньше допустимой величины взаимного отклонения деталей - $\delta_{пк}$ (т.е. величины допуска на сопряжение), при котором еще возможен контакт кромками сопрягаемых поверхностей, сопровождающийся началом и завершением сопряжения.

При ручной сборке (рисунок 1, а) относительные линейные и угловые смещения устраняются сборщиком благодаря визуальному наблюдению за процессом и чувствительности пальцев сборщика, реагирующих на смещение деталей в процессе их соединения, под действием усилий F_1 и F_2 .

Процесс сборки предъявляет к промышленным роботам требования, которые в значительной степени вызваны формой соединяемых деталей и наличием (отсутствием) зазора в сопряжении.

В связи с этим, с позиций технологий и автоматизации сборочного производства [1], можно сформулировать следующие основные условия применения ПР на сборочных операциях:

- выбор (разработка) оптимальной кинематической структуры ПР в зависимости от характера выполняемых технологических операций;
- преимущественное использование деталей симметричной формы и простой конфигурации;
- безусловное выполнение требования взаимозаменяемости деталей, подлежащих сборке, и их унификация;
- соблюдение максимальных зазоров в сопряжении деталей;
- соблюдение единства сборочных, конструкторских технологических и измерительных баз;
- сохранение (по возможности) первичной ориентации собираемых деталей в процессе транспортировки, загрузки и позиционирования;
- обеспечение входных зазоров при сборке, перекрывающих погрешности позиционирования;
- обеспечение заданной точности позиционирования захватного органа (схвата) ПР.

На основе этого технологическая схема сборки должна выполнять следующие функции.

1 Обеспечивать необходимую точность взаимной ориентации деталей в сборочном положении, т.е.

$$\delta_{\text{ПК}} > \delta_{\Sigma}, \quad (1)$$

что достигается точностью звеньев ПР, схемой базирования деталей и жесткостью всей системы.

2 Обеспечивать перемещение деталей относительно друг друга в процессе фиксации (нахождения) сопрягаемых поверхностей и их последующем соединении. Это условие достигается податливостью технологической системы или пониженной жесткостью сборочной позиции (элементов базирования).

3 Обеспечивать поджим деталей с определенным усилием в процессе осуществления сборки.

Особое значение при этом в

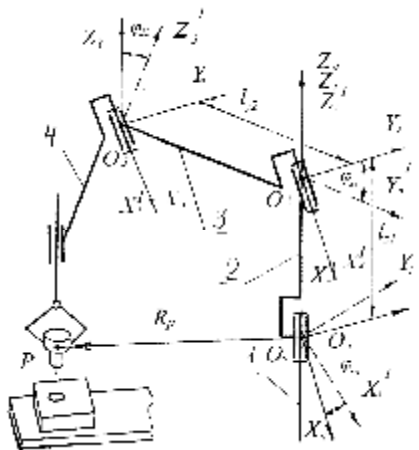


Рисунок 2. Кинематическая схема сборочного

процессе роботизированной сборки имеет точность позиционирования схвата ПР, которая определяется кинематической структурой и динамическими параметрами ПР.

Проведем анализ точности позиционирования (погрешности позиционирования) схвата ПР на примере простого сборочного робота, кинематическая схема которого изображена на рисунке 2.

Для определения абсолютных координат точки Р захватного устройства ПР при известных относительных координатах этой точки $X_P Y_P Z_P$ системе $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ радиус-вектор $\overline{R_P} = \overline{O_1 P}$ представим в виде:

$$\overline{R_P} = \overline{O_1 O_2} + \overline{O_2 O_3} + \overline{O_3 P}, \quad (2)$$

$$\overline{O_2 O_3} = M_{01} \cdot \overline{O_1 O_2}' = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} & 0 \\ \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ L_{z1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ L_{z1} \end{vmatrix};$$

$$\overline{O_2 O_3} = M_{02} \cdot \overline{O_2 O_3}' = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} \cos \varphi_{21} & \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{10} \\ \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} & -\cos \varphi_{10} \\ 0 & \sin \varphi_{21} & \cos \varphi_{21} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 \\ L_{y2} \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sin \varphi_{10} \cos \varphi_{21} L_{y2} \\ \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} L_{y2} \\ \sin \varphi_{21} \end{vmatrix};$$

$$\overline{O_3 P} = M_{03} \cdot \overline{O_3 P}' = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{10} X_P + (\sin \varphi_{10} \cos \varphi_{21} \cos \varphi_{32} + \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{10} \sin \varphi_{32}) Y_P + \\ + (\sin \varphi_{10} \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{32} + \cos \varphi_{32} \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{10}) Z_P; \\ \sin \varphi_{10} X_P + (\cos \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} - \sin \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{21}) Y_P + \\ + (-\sin \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} - \cos \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{21}) Z_P; \\ (\cos \varphi_{32} \sin \varphi_{21} + \sin \varphi_{32} \cos \varphi_{21}) Y_P + (-\sin \varphi_{32} \sin \varphi_{21} + \\ + \cos \varphi_{32} \cos \varphi_{21}) Z_P \end{vmatrix};$$

$$\overline{R_P} = \begin{vmatrix} \sin \varphi_{10} \cos \varphi_{21} L_{y2} + \cos \varphi_{10} X_P + (\sin \varphi_{21} \sin \varphi_{10} \sin \varphi_{32} - \sin \varphi_{10} \cos \varphi_{21} \cos \varphi_{32}) Y_P + \\ + (\sin \varphi_{10} \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{32} + \cos \varphi_{32} \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{10}) Z_P; \\ \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} L_{y2} + \sin \varphi_{10} X_P + (\cos \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} - \sin \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{21}) Y_P - \\ - (\sin \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} + \cos \varphi_{32} \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{21}) Z_P; \\ L_{z1} + \sin \varphi_{21} + (\cos \varphi_{32} \sin \varphi_{21} + \sin \varphi_{32} \cos \varphi_{21}) Y_P + (\cos \varphi_{32} \cos \varphi_{21} - \sin \varphi_{32} \sin \varphi_{21}) Z_P \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Вектор суммарной погрешности в зависимости от погрешностей известных по координатам будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
& -L_{y2} \{ \sin j_{10} \cos j_{21} - \sin(j_{10} + \Delta j_{10}) \cos(j_{21} + \Delta j_{21}) \} + X_p \{ \cos j_{10} - \cos(j_{10} + \Delta j_{10}) \} + \\
& + Y_p \{ (\sin j_{10} \sin j_{21} \sin j_{32} - \sin(j_{10} + \Delta j_{10}) \sin(j_{21} + \Delta j_{21}) \sin(j_{32} + \Delta j_{32})) - \\
& - (\sin j_{10} \cos j_{21} \cos j_{32} - \sin(j_{10} + \Delta j_{10}) \cos(j_{21} + \Delta j_{21}) \cos(j_{32} + \Delta j_{32})) \} + \\
& + Z_p \{ (\sin j_{10} \sin j_{21} \sin j_{32} - \sin(j_{10} + \Delta j_{10}) \sin(j_{21} + \Delta j_{21}) \sin(j_{32} + \Delta j_{32})) + \\
& + (\cos j_{32} \sin j_{10} \sin j_{21} - \cos(j_{32} + \Delta j_{32}) \sin(j_{10} + \Delta j_{10}) \sin(j_{21} + \Delta j_{21})) \}; \\
\Delta R_p = & -L_p \{ \cos j_{10} \cos j_{21} - \cos(j_{10} + \Delta j_{10}) \cos(j_{21} + \Delta j_{21}) \} + X_p \{ \sin j_{10} - \sin(j_{10} + \Delta j_{10}) \} + \\
& + Y_p \{ (\cos j_{10} \cos j_{21} \cos j_{32} - \cos(j_{10} + \Delta j_{10}) \cos(j_{21} + \Delta j_{21}) \cos(j_{32} + \Delta j_{32})) - \\
& - (\sin j_{32} \cos j_{10} \sin j_{21} - \sin(j_{32} + \Delta j_{32}) \cos(j_{10} + \Delta j_{10}) \sin(j_{21} + \Delta j_{21})) \} - \\
& - Z_p \{ (\sin j_{32} \cos j_{10} \cos j_{21} - \sin(j_{32} + \Delta j_{32}) \cos(j_{10} + \Delta j_{10}) \cos(j_{21} + \Delta j_{21})) + \\
& + (\cos j_{10} \cos j_{32} \sin j_{21} - \cos(j_{32} + \Delta j_{32}) \cos(j_{10} + \Delta j_{10}) \sin(j_{21} + \Delta j_{21})) \}; \\
& L_{y2} \{ \sin j_{21} - \sin(j_{21} + \Delta j_{21}) \} + Y_p \{ (\cos j_{32} \sin j_{21} - \cos(j_{32} + \Delta j_{32}) \sin(j_{21} + \Delta j_{21})) + \\
& + (\sin j_{32} \cos j_{21} - \sin(j_{32} + \Delta j_{32}) \cos(j_{21} + \Delta j_{21})) \} + Z_p \{ (\cos j_{21} \cos j_{32} - \\
& - \cos(j_{21} + \Delta j_{21}) \cos(j_{32} + \Delta j_{32})) - (\sin j_{21} \sin j_{32} - \sin(j_{21} + \Delta j_{21}) \sin(j_{32} + \Delta j_{32})) \}
\end{aligned} \tag{4}$$

Выражение (4) характеризует точность позиционирования всего ПР в целом, т.е. показывает погрешность вывода схвата ПР на позицию сборки.

Таким образом, определив условия взаимной ориентации собираемых деталей, погрешность позиционирования схвата ПР и его динамические параметры, можно оценить возможность и эффективность применения ПР в роботизированной сборке.

Библиография

1 Хащин Ю.А. Интенсификация автоматической сборки на основе манипуляторов и подвижных сборочных позиций: Учеб. пособие / Ю.А.Хащин. — К.: УМК ВО, 1991. — 72 с.

Поступила в редакцию 15.06.2000 г.