

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ОПТИМАТИЗАЦИИ

УДК 621.757

Е.Б. Вериго, Л.В. Курч, И.А. Политов

МЕТОДИКА УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ОШИБКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СХВАТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НА ВЕРОЯТНОСТЬ СБОРКИ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Характерной особенностью технологических процессов сборки является их серийный или массовый характер. Поэтому при моделировании сборочных процессов на первом плане стоит формирование требований к точности позиционирования схвата манипулятора промышленного робота на основе анализа размерных цепей сборочных соединений [1, 2].

Результатом расчетов размерных цепей является поле рассеивания замыкающего звена, обеспечивающее заданный зазор при соединениях с зазором. Значение поля рассеивания замыкающего звена является определяющим при оценке требуемой точности позиционирования схвата манипулятора промышленного робота. Очевидно, что использование промышленного робота с точностью позиционирования схвата значительно превышающей требуемую точность к соединению деталей сборочного комплекта является неэффективным, поэтому встает задача подбора наиболее рационального, с точки зрения точности, сборочного манипулятора на выполнение заданной сборочной операции [3]. На практике по техническому паспорту выбирается модель промышленного робота, обеспечивающая требуемую точность позиционирования схвата для успешного соединения деталей сборочного комплекта. В ряде случаев, когда на предприятии отсутствуют промышленные роботы, обеспечивающие заданную номинальную точность позиционирования схвата и требуется покупка оборудования с более высокими точностными характеристиками, или когда имеющиеся промышленные роботы имеют значительно более высокую номинальную точность позиционирования рабочего органа, чем требуемая для обеспечения заданных сборочных операций, требуется проводить дополнительные исследования точностных характеристик сборочных манипуляторов в соответствии с стандартом ISO 9283 [4]. Целью таких исследований является получение экспериментальных данных точности позиционирования и позиционной повторяемости имеющихся в наличии сборочных манипуляторов для возможности обеспечения требуемой точности сборочных операций. При этом, как показывают экспериментальные данные, значения точности позиционирования

ния и позиционной повторяемости в некоторых точках рабочей зоны робота в несколько раз превышают номинальное значение точности позиционирования схвата робота, указанное в паспортных данных на это оборудование [3]. Таким образом, перед проектированием заданных сборочных операций необходимо построить карты статистических оценок точностных характеристик схвата промышленного робота для имеющихся на предприятии сборочных манипуляторов в рабочих точках и при выборе сборочного манипулятора проводить сравнение с экспериментальными характеристиками, полученными в соответствии со стандартом ISO 9283 [4].

Так как для оценки собираемости сборочных комплектов в массовом и серийном производстве используются статистические оценки, то собираемость сборочных комплектов оценивается вероятностью сборки. На рис. 1 представлена блок-схема методики учета точности позиционирования схвата сборочного манипулятора при моделировании сборочного процесса.

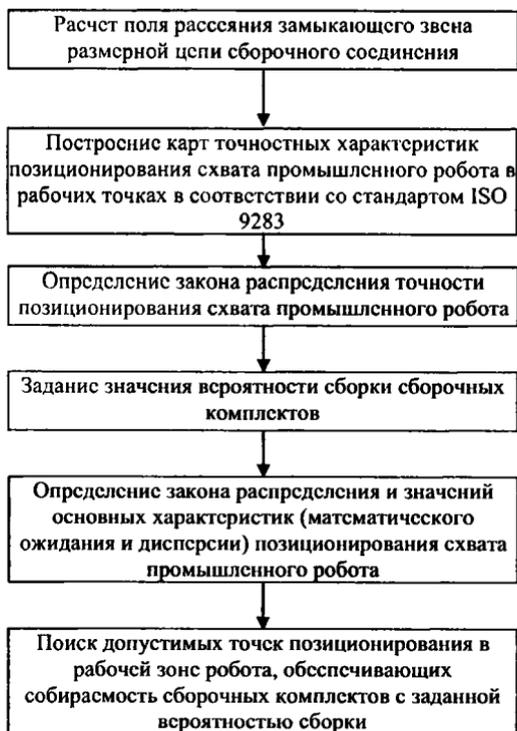


Рис. 1. Блок-схема методики учета точности позиционирования схвата промышленного робота при автоматизированной сборке

При проектировании сборочных процессов по принципу полной взаимозаменяемости производится расчет размерных цепей на максимум и минимум, учитывая только предельные отклонения звеньев и самые неблагоприятные их сочетания.

Рассмотрим автоматическую сборку с зазором сборочного комплекта вал – втулка с наружным диаметром вала x_1 , внутренним диаметром втулки x_2 и ошибкой позиционирования схвата промышленного робота ω . Значения x_1 и x_2 определены по принципу полной взаимозаменяемости и являются постоянными величинами. Величина ошибки позиционирования схвата ω промышленного робота принимается случайной величиной. Анализ законов распределения точности позиционирования рабочего органа манипулятора промышленного робота показал, что наиболее часто имеют место закон Гаусса и закон Рэля [1]. Условие собираемости, т.е. возможности совместить вал и втулку, в общем случае при отсутствии у деталей фасок записывается как:

$$x_2 - x_1 \geq 2 \omega.$$

Пусть $f(\omega)$ и $F(\omega)$ являются соответственно плотностью вероятности и функцией распределения случайной ошибки позиционирования рабочего органа ω . Тогда вероятность сборки p_c сборочных комплектов вал – втулка при заданных условиях определяется выражением:

$$p_c = F\left(\frac{x_2 - x_1}{2}\right).$$

В случае закона распределения Рэля у ошибки позиционирования схвата робота вероятность сборки p_c сборочных комплектов принимает вид:

$$p_c = 1 - e^{-\frac{(x_2 - x_1)^2}{8\sigma_\omega^2}} \quad (1)$$

где σ_ω^2 – дисперсия ошибки позиционирования схвата промышленного робота ω .

На основе формулы (1) определяется дисперсия ошибки позиционирования:

$$\sigma_\omega^2 = -\frac{(x_2 - x_1)^2}{8 \ln(1 - p_c)} \quad (2)$$

При моделировании сборки в формулу (2) необходимо вводить эмпирический коэффициент риска k_p для заданных условий сборки:

$$\sigma_\omega^2 = -\frac{(x_2 - x_1)^2}{8 \ln(1 - p_c)} k_p \quad (3)$$

Формула (3) позволяет определить требование к точности позиционирования схвата манипулятора промышленного робота при законе распределения Рэля ошибки позиционирования схвата робота.

В случае закона распределения Гаусса случайной ошибки позиционирования схвата ω с математическим ожиданием m_ω и среднеквадратическим отклонением σ_ω , вероятность сборки записывается в форме:

$$p_c = \Phi\left(\frac{x_2 - x_1 - m_\omega}{\sigma_\omega}\right),$$

где $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – нормированная функция Лапласа; t – параметр функции Лапласа.

Компьютерное моделирование формулы (4) позволяет сформировать область допустимых значений $D(m_\omega, \sigma_\omega)$, обеспечивающих требуемую вероятность сборки p_c с учетом коэффициента риска k_p .

Использование формул (3) и (4) позволяет сформировать наиболее рациональные требования к точностным характеристикам позиционирования схвата сборочного манипулятора при расчете размерных цепей по принципу полной взаимозаменяемости для сборки соединений типа вал – втулка и на практике позволяет наиболее рационально планировать собираемость сборочных комплектов за счет оптимального использования точностных характеристик имеющегося сборочного оборудования.

Аналогичные вероятностные модели собираемости сборочных комплектов могут быть сформированы и для сборки методом неполной взаимозаменяемости.

В работе представлена методика учета точности позиционирования рабочего органа сборочного манипулятора, позволяющая наиболее точно планировать собираемость сборочных комплектов при наиболее рациональном выборе точностных характеристик автоматизированного сборочного оборудования на основе вероятностной модели сборки с зазором и расчете размерных цепей методами полной и неполной взаимозаменяемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.А. Расчет режимов сборочного процесса для автоматизации сборки деталей по поверхностям вращения// Автоматизация и современные технологии. – 1995. – № 5. – С. 13–23.
2. Катковник В.Я., Савченко А.И. Основы теории селективной сборки. – Л.: Политехника, 1991. – 303 с.
3. Вериго Е.Б., Курч Л.В. Повышение точности проведения сборочных операций с использованием промышленных роботов//Автоматизация и современные технологии. – 2000. – № 7. – С. 8–11.
4. ISO 9283. Manipulating industrial robots – Performance criteria and related test methods. – ISO, 1998. – 60 p.