

УДК 621.865.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА КОНТАКТНЫХ СИТУАЦИЙ В ЗОНЕ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Максим Александрович Зыгмантович ⁽¹⁾, Роман Сергеевич Мищенко ⁽²⁾

*Магистр 2 года ⁽¹⁾, аспирант 3 курса ⁽²⁾,
кафедра “Технология машиностроения”
Московский политехнический университет*

*Научные руководители: М.В. Вартамов,
доктор технических наук, профессор кафедры “Технология машиностроения”
В. К. Петров,
кандидат технических наук, доцент кафедры “Теоретическая механика”*

Введение

Из теории автоматической сборки и промышленной практики известно, что обеспечение условий собираемости является весьма сложной задачей при жестком базировании деталей. Условия сборки усложняются в связи с постоянным ростом точности деталей машин и их соединений. Даже современные промышленные роботы, имеющие точность позиционирования 0,03...0,07 мм, не обеспечивают достаточную технологическую надежность процесса.

Целью работы является повышение технологической надежности роботизированной сборки прецизионных соединений на основе применения активной адаптации.

Для достижения данной цели и реализации способа сборки с активной адаптацией необходимо решить задачу создания обратной связи в системе управления промышленным роботом и разработать адаптивный алгоритм управления.

Метод решения поставленной задачи основан на исследовании условий собираемости как основы для разработки алгоритма позиционно-силового управления сборочным роботом.

Технологическое обоснование операции сборки цилиндрических соединений

Из теории автоматической сборки условия протекания рассматриваются в основе нескольких этапов. Для различных видов соединений число этапов конечно [2]. Основные этапы сопряжения цилиндрических соединений показаны на рисунке 1. Выделяют четыре этапа: контакт по торцу и втулке, контакт по фаскам, трехточечный контакт и двухточечный контакт. Каждый из этапов характеризуется определенным соотношением сил и моментов, возникающих в момент контакта в ортогональной системе координат.

Целью проведения экспериментального исследования являлось подтверждение или опровержение предположения, сделанного в работе [4] о том, что при роботизированной сборке цилиндрических соединений с малыми зазорами до 0,01 мм в зоне сборки возникает двухточечный контакт.

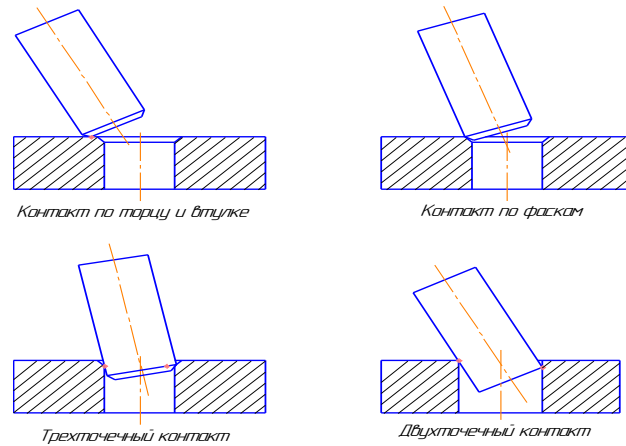


Рис. 1. Контактные ситуации.

Математическая модель двухточечного контакта

На рисунке 2 изображена схема действия сил в рассчитываемой математической модели.

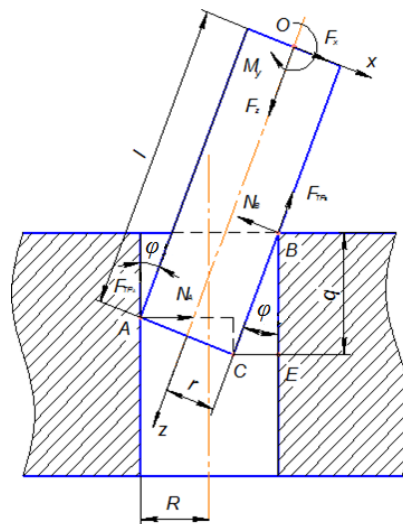


Рис. 2. Схема действия сил при двухточечном контакте.

Уравнения равновесия:

$$\left\{ \begin{aligned} F_x - N_B + N_A \cos \varphi - F_{TPA} \sin \varphi &= 0 \\ F_z - F_{TPB} - F_{TRA} \cos \varphi - N_A \sin \varphi &= 0 \\ F_{TPB} z - N_B \left(l - \frac{q}{\cos \varphi} \right) + N_A \cos \varphi l - N_A \sin \varphi z - F_{TPA} \cos \varphi z - F_{TPA} \sin \varphi l - M &= 0 \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Основное расчетное уравнение:

$$M_y = \left[F_x + \frac{F_z - f F_x}{2f + 2 \frac{R-r}{q} (1-f^2)} \cdot \left(1 - 2f \frac{R-r}{q} \right) \right] \cdot (fr - l + q) + \frac{F_z - f F_x}{2f + 2 \frac{R-r}{q} (1+f^2)} \cdot \left[l - fz - 2 \frac{R-r}{q} (r + fl) \right] \quad (2)$$

Получив значения F_x и F_z силомоментным датчиком, необходимо вычислить M_y по формуле (2) и сравнить с показаниями M_y силомоментного датчика.

Экспериментальная установка

В докладе представлена экспериментальная установка для исследования роботизированной сборки, дооснащенная адаптивным устройством (рис. 3). Приводится описание её структуры и алгоритм функционирования. Установка собрана на базе промышленного робота ABB IRB 140 (1) с контроллером IRC5. Собираемые детали (3) цилиндрические вал и втулка жёстко базируются в монтажном приспособлении (2) и трехкулачковом самоцентрирующемся патроне (4) соответственно. Информация о возникающих в зоне сборки силах и моментах поступает в систему управления промышленным роботом, а также регистрируется персональным компьютером (5).

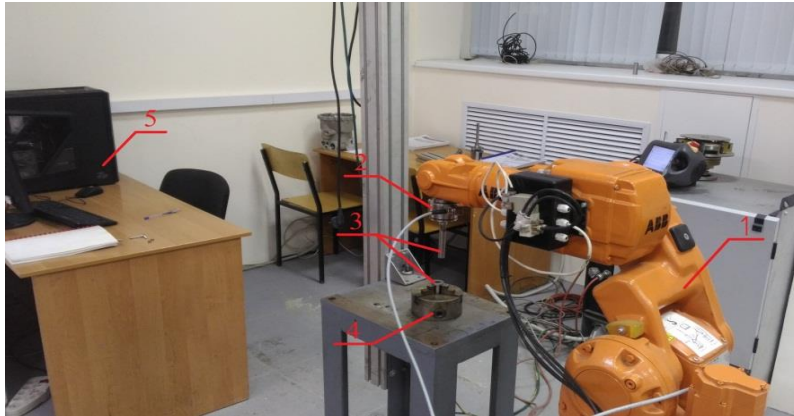


Рис. 3. Экспериментальная установка для исследования роботизированной сборки с адаптацией: 1 – промышленный робот ABB IRB 140; 2 – адаптивное устройство; 3 – экспериментальные образцы; 4 – трехкулачковый самоцентрирующийся патрон; 5 – персональный компьютер.

Описание эксперимента

Как отмечалось выше, целью эксперимента являлось подтверждение ситуации возникновения двухточечного контакта в зоне сборки.

Как видно из рисунка 2 одним из основных параметров математической модели является глубина сопряжения q . Контроль данного параметра производился алгоритмом позиционного управления промышленным роботом. Как видно из таблицы 1 измерения проводились в 13 точках в процессе сопряжения экспериментальных образцов.

Таблица 1. Экспериментальные данные

№ точки	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	q	My(расч)	My(изм)
1	-2,8	-0,8	0	0,1	-0,3	0	0		
2	-3,1	-0,9	0	0,1	-0,4	0	0,25	0,392031	0,4
3	-2,7	-0,7	0	0,1	-0,3	0	0,5	0,343105	0,3
4	-3,3	-0,8	0,1	0,1	-0,4	0	0,75	0,418801	0,4
5	-2,9	-0,7	0,05	0,1	-0,3	0	1	0,367815	0,3
6	-4	-0,9	0,05	0,12	-0,5	0	1,25	0,506914	0,5
7	-3,6	-1,1	-0,5	0,15	-0,45	0	1,5	0,455429	0,45
8	-5,2	-1,5	-6,9	0,2	-0,6	0	1,75	0,64687	0,6
9	-6,2	-1,3	-24,3	0,25	-0,6	0	2	0,724659	0,6
10	-8,8	-1,1	-45,6	0,3	-0,75	0	2,25	0,962137	0,75
11	-12,2	-0,9	-64	0,37	-0,98	0	2,5	1,275974	0,98
12	-15,3	-0,5	-83,6	0,4	-1,2	0	2,75	1,514397	1,2
13	-17,5	-0,02	-109	0,45	-1,3	0	3	1,572421	1,3

Таким образом, глубина сопряжения вала во втулку составила 3 мм, это обусловлено резким ростом составляющей главного вектора сил F_z , что свидетельствует о возникновении заклинивания в зоне сборки (рис. 4). Во избежание повреждения оборудования решено было остановиться на значении в 109 Н. Шаг приращения выбран 0,25 мм и подбирался экспериментально, в процессе исследования.

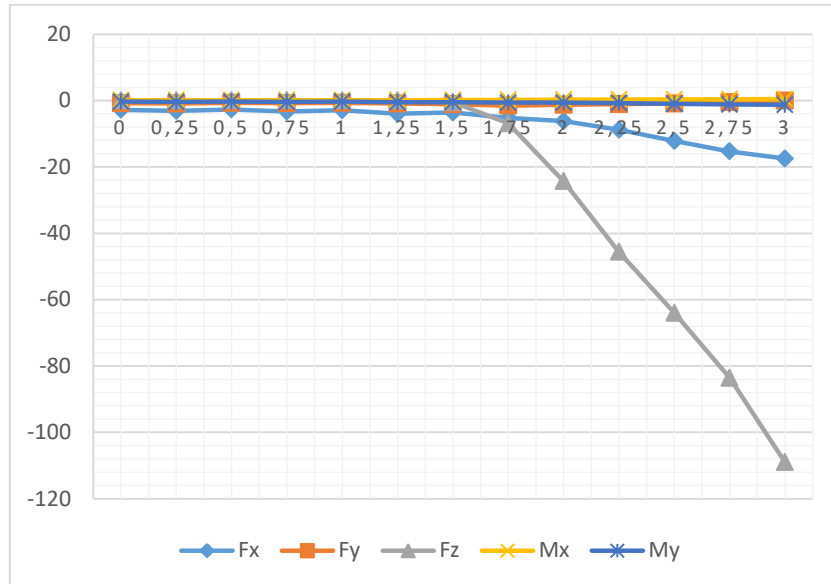


Рис. 4. Зависимость компонент главного вектора сил от глубины сопряжения.

Полученные данные были обработаны в соответствии с методикой, описанной выше. На рисунке 5 показано сравнение графиков: M_y (расч), описываемый основным расчетным уравнением (2) и графика M_y (изм) по данным измеренным в процессе эксперимента в 13 точках.

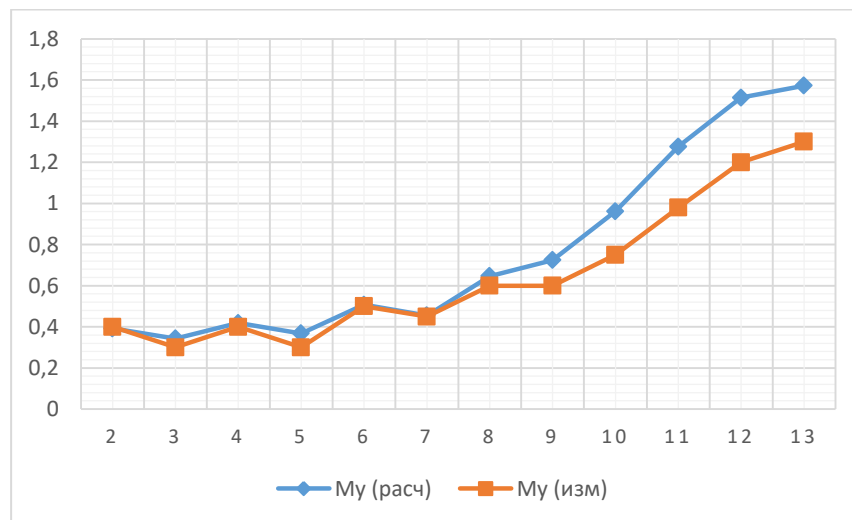


Рис. 5. Сравнение расчетного и экспериментального M_y

Заключение

Таким образом, можно сделать заключение о возникновении двухточечного контакта и подтверждении адекватности созданной математической модели сопряжения цилиндрических соединений при роботизированной сборке.

Данная математическая модель будет полезна при создании адаптивного алгоритма управления промышленным роботом.

Литература:

1. *Божкова Л.В., Вартапов М.В., Шандров Б.В.* Этапы создания алгоритмического обеспечения интеллектуальной роботизированной сборки // Известия Волгоградского государственного технического университета № 21(148) / том 12 / 2014 г., с. 59-64.
2. *Черняховская Л.Б.* Кинематический и динамический анализы автоматической сборки цилиндрических деталей: Монография / Самара: Самар. гос.техн. ун-т, 2011. – 75 с.: 55 ил.
3. *Мищенко Р.С., Вартапов М.В., Архипов М.В.* Задача разработки позиционно-силового управления для повышения технологической надежности роботизированной сборки // Материалы Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / Интеллектуальные системы, управление и мехатроника – 2016, с. 245.
4. *Вартапов М.В., Архипов М.В., Петров В.К., Мищенко Р.С.* Экспериментальные исследования условий собираемости при активной роботизированной сборке // Станки и Инструмент №4 / 2017 г., с. 14-16.