$[\omega A] = \omega F1 + \omega F2 - 2 \cdot k \cdot \omega F1 = 0{,}15 + 0{,}15 - 2 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}15 = 0{,}12$ мм. що свідчить про суттєву відмінність і підтверджує необхідність та доцільність використання визначених коефіцієнтів взаємокомпенсаціїї при прогнозуванні точності, розмірів, отримуваних при токарному обробленні заготовок.

Список посилань

1. Приходько В.П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с. [Електронний ресурс] режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38826

2. Рудь В. Д. Розмірно - точністний аналіз конструкцій та технологій: навч. посібник. /В.Д. Рудь, О. О.Герасимчук, Т. П. Маркова. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2010 – 344 с.

УДК 621.865.8

Лапковський С.В., канд. техн. наук, доцент
Фролов В.К., канд. техн. наук, доцент
Гладський М.М., канд. техн. наук, доцент
Приходько В.П., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», lapkovsky@ukr.net

РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ПРИ РОБОТИЗАЦІЇ СКЛАДАЛЬНИХ СИСТЕМ

Розмірний аналіз є ефективним сучасним засобом для якісного та кількісного аналізу існуючих і синтезу нових роботизованих складальних систем. Вирішенню питань розмірного аналізу було присвячено публікації [1,2], в яких наведені методологічні основи застосування теорії розмірних ланцюгів і типові задачі, що виникають при проєктуванні технологічних процесів складання. Досліджено та порівняно результати, які отримані різними методами: моделюванням методом Монте-Карло, методом діаграм допусків, уніфікованою моделлю торсора Якобі, аналізом векторної петлі та іншими. Аналіз досліджень дозволяє зробити наступний висновок: завдання визначення та розрахунку розмірних ланцюгів при роботизованому складанні вирішено не в повній мірі.

Метою даної роботи є вирішення задачі визначення та розрахунку розмірних ланцюгів при роботизованому складанні.

Методику розмірного аналізу при роботизації складальних систем розглянемо на прикладі складання вала та втулки (рис. 1). Розміри з'єднуваних деталей показані на рис. 2.

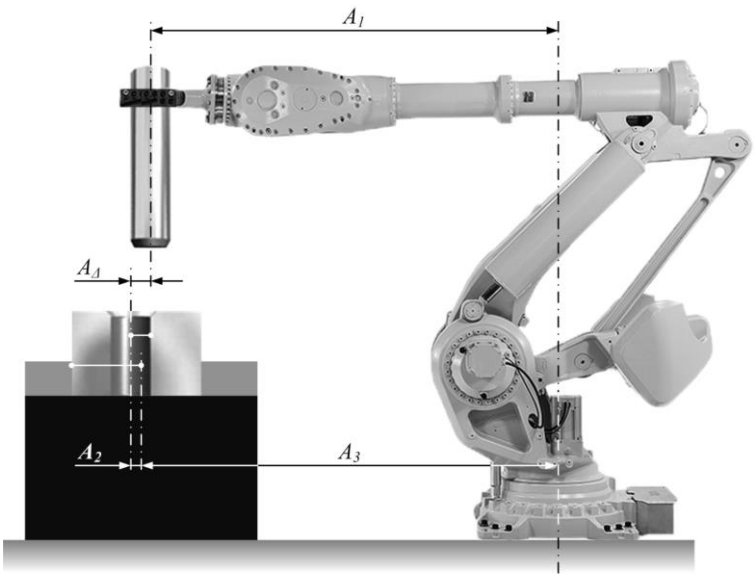

Рис. 1 – Роботизоване складання вала та втулки

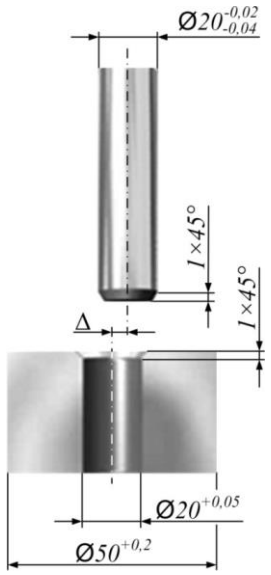

Рис. 2 – Розміри вала та втулки

Розмірний ланцюг, наведений на рис. 1, складається з наступних ланок:

A_1 – розмір для позиціонування захватного пристрою; A_2 – відхилення осі отвору від осі зовнішньої поверхні втулки, яка є основною базою втулки; A_3 – розмір, що пов'язує положення пристрою, який базує втулку, зі складальним роботом.

Для того, щоб з'єднання здійснилось, необхідно забезпечити співвісність вала та отвору втулки. Максимально допустиме відхилення від співвісності визначається за формулою:

$$\Delta_{max} = \frac{D_{max} - d_{min}}{2} + C_{\text{о}} + C_{\text{в}}, \quad (1)$$

де D_{min} – мінімальний діаметр отвору втулки;

d_{max} – максимальний діаметр вала;

C_o – ширина фаски отвору;

$C_в$ – ширина фаски вала.

Підставивши у формулу (1) вказані на рис. 2 розміри деталей, отримаємо:

$$\Delta_{max} = \frac{20 - (20 - 0{,}02)}{2} + 1 + 1 = 2{,}01 \text{ мм}.$$

З отриманого значення Δ_{max} видно, що більшу частину максимально допустимого відхилення забезпечують фаски на деталях. Без використання фасок максимально допустиме відхилення становить 0,01 мм.

Допустиме відхилення A_Δ від співвісності вала та отвору у розмірному ланцюзі складальної системи (рис. 1) становить $A_\Delta = 0 \pm 2{,}01$ мм.

При роботизованому складанні точність розміру A_Δ повинна забезпечуватися методом повної взаємозамінності. У цьому випадку номінальні значення складових ланок розмірного ланцюга до уваги не беруться, оскільки здійснене початкове налагодження. Отже, рівняння розмірного ланцюга перетворюється на тотожність, а рівняння допусків приймає наступний вигляд:

$$T_\Delta = T_1 + T_2 + T_3, \quad (2)$$

де T_Δ – допуск замикаючої ланки A_Δ; T_1 – допуск ланки A_1; T_2 – допуск ланки A_2; T_3 – допуск ланки A_3.

Якщо не використовувати при складанні фаски деталей, то T_Δ = 0,02 мм; T_2 = 0,2 мм (допуск співвісності ± 0,1 мм); T_3 = 0,01 мм – допуск на теплові деформації. Тоді:

$$0{,}02 = T_1 + 0{,}2 + 0{,}01,$$

де T_1 – допуск позиціонування захватного пристрою складального робота.

Вирішивши рівняння, отримаємо T_1 = - 0,19 мм.

Отримане значення T_1 показує, що роботизоване складання здійснити неможливо, адже значення допуску T_1 завжди має бути більше 0.

Реалізація роботизованого складання можлива при підвищенні вимоги до співвісності отвору та зовнішньої поверхні втулки, але це збільшить вартість виготовлення втулки.

Можна також орієнтувати втулку не по зовнішньому, а по внутрішньому діаметру, наприклад, за допомогою підпружиненого конуса. У цьому випадку із розмірного ланцюга A виключається розмір A_2. Тоді рівняння допусків (2) набуде наступного вигляду:

$$0{,}02 = T_1 + 0{,}01$$

звідки T_1 = 0,01 мм.

Отже, якщо використовувати складальний робот із похибкою позиціонування не більше ± 0,005 мм, то роботизоване складання здійснити можливо.

При використанні фасок $T_{\Delta\,max} = 2\Delta_{max}$ = 4,02 мм. У цьому випадку рівняння допусків (2):

$$4{,}02 = T_1 + 0{,}2 + 0{,}01,$$

звідки T_1 = 3,81 мм.

Тобто, при використанні фасок, які значно збільшують допустиме відхилення від співвісності деталей (від 0,02 мм до 4,02 мм), можна застосовувати складальний робот з похибкою позиціонування ± 1,9 мм.

Таким чином, розмірний аналіз при роботизованому складанні дозволяє узгодити розміри елементів складальної системи, обґрунтувати вимоги до точності використовуваного складального робота та деталей, що з'єднуються.

Список посилань

1. Kosec, P., Škec, S., & Miler, D. (2020). A comparison of the tolerance analysis methods in the open-loop assembly. Advances in Production Engineering & Management, 16(1), 44–56. https://doi.org/10.14743/apem2020.1.348

2. Кравець, В., Кравець, О., Адаменко, Ю., Лапковський, С., Кореньков, В., & Фролов, В. (2023). Аналіз розмірних зв'язків роботизованого комплексу. Технічні науки та технології, 3 (33), 40–52. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-3(33)-40-52

УДК 622.621

Медведєв В.В., канд. техн. наук, доцент
Фролов В.К., канд. техн. наук, доцент
Лапковський С.В., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», v.k.frolov@gmail.com
Сапон С.П., канд. техн. наук, доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка», s.sapon@gmail.com

МОДУЛЬНИЙ ТЕЛЕСКОПІЧНИЙ ПІДЙОМНИК

При монтажі великогабаритних виробів машинобудування, складанні ливарних машин, прокатних станів, для підйому людей і матеріалів, в будівництві, телекіноіндустрії, для складської логістики та виконанні рятувальних робіт потрібне зручне вантажопідйомне обладнання, яке відповідає стандартам з охорони праці.

Авторами запропонований підйомник зі збільшеною висотою підйому за рахунок модульного принципу його комплектування і розширеною сферою використання за рахунок підвищення міцності підйомного механізму, компактності у складеному стані та відсутності елементів, які виступають за межі підйомника [1].

В складеному положенні модульний підйомник представлений на рис. 1.

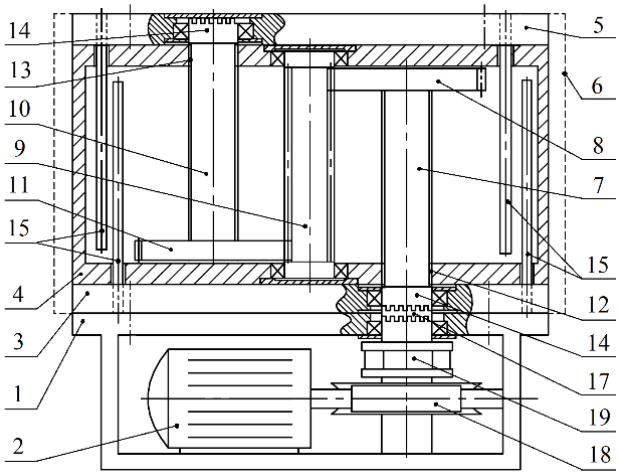

Рис. 1 – Модульний підйомник з одного телескопічного модуля в складеному стані

Для розкладання підйомника обертальний рух від привода 2, розташованого під платформою 1, через двосторонню зубчасту напівмуфту 17 передається до ведучого вала 7 та через шестерню 8, вал-шестерню 9 і шестерню 11 – до веденого вала 10. При обертанні ведучого вала 7 за рахунок гвинтової передачі 12 корпус середньої ланки 4 модуля переміщується в вертикальному напрямку відносно його нерухомої ланки 3, а при обертанні