4) обрати метод досягнення точності вихідних ланок розмірних ланцюгів з урахуванням його реалізації у роботизованому виробництві;

5) провести розрахунок допусків складових ланок та обрати методи і засоби реалізації роботизованих складальних процесів з урахуванням необхідної точності складових розмірів розмірного ланцюга.

Таким чином, РА складання дозволяє:

– виявити взаємозв'язок розмірів деталей, що з'єднуються, та елементів складальної системи;

– обґрунтувати необхідну точність розмірів, що забезпечують роботизоване складання, та необхідні параметри складальної одиниці.

Список посилань

1. Pan, G., Chen, W., & Wang, H. (2020). Inverse kinematics solution and posture optimization of a new redundant hybrid automatic fastening system for aircraft assembly. Industrial Robot, 47(1), pp. 57-67. https://doi.org/10.1108/IR-06-2019-0129

2. Chen, F., Carbonari, L., Canali, C., D'Imperio, M., & Cannella, F. (2015). Design of a novel dexterous robotic gripper for in-hand twisting and positioning within assembly automation. Assembly Automation. 35(3), pp. 259-268. https://doi.org/10.1108/AA-05-2015-046

УДК. 621.91.01

Приходько В.П. канд. техн. наук, доцент
Данилова Л.М., канд. техн. наук, доцент
Лапковський С.В., канд. техн. наук, доцент
Фролов В.К. канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
privas@bigmir.net

ОЦІНКА ВЗАЄМОКОМПЕНСАЦІЇ ПОХИБОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗМІРІВ

При проєктуванні технологічних процесів (ТП) виробництва деталей, одним із важливих завдань є прогнозування точності конструкторських розмірів (КР), що забезпечуватиметься при реалізації розробленого ТП та обґрунтоване призначення параметрів точності технологічних розмірів (ТР), дотримання яких приведе до досягнення заданої якості деталей при мінімізації витрат.

Задача якісної оцінки точності КР залежить від багатьох факторів, у тому числі від якості оцінки точності технологічних розмірів, що забезпечується при обробленні, а також від повноти та якості оцінки впливу точності ТР на точність КР, і вирішується на етапі розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів (РМА ТП). Якість прогнозування точності КР, що буде забезпечуватись при обробленні, впливатиме на обґрунтованість та ефективність висновків щодо придатності розробленого ТП, а також щодо необхідності та напрямків його коригування.

Відомо [1, 2], що взаємокомпенсація похибок ТР є важливим чинником, який має суттєвий вплив на точність КР, і, який необхідно враховувати при оцінці точності КР. Неврахування або неповне врахування взаємокомпенсації приводить до хибної оцінки точності КР та ТП у цілому, щодо здатності забезпечити задану точність параметрів виробу і, як наслідок – до хибних рекомендацій щодо необхідності коригування ТП. Взаємокомпенсація виникає тоді, коли в операційному розмірному ланцюгу (1) є одна або декілька пар технологічних розмірів-складових ланок, в яких зв'язані складові ланки мають різні знаки, тобто одна є збільшуючою, а друга – зменшуючою, при цьому їх похибки змінюються однаково за напрямом і, в значній мірі, за величиною. Наприклад, якщо в ОРЛ (1) буде мати місце одночасна зміна технологічних розмірів F1 та F2 на одну і ту ж величину (рис.1), то в ідеалі це приведе до повної їх компенсації та відсутності зміни КР А (рівняння 3), не зважаючи на зміну обох складових ланок ОРЛ.

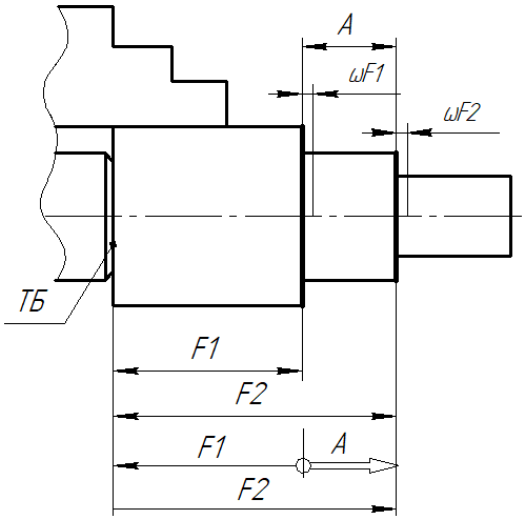

Рис. 1 – Схема оброблення та ОРЛ

$$[A] = -F1 + F2 \quad (1)$$

$$[\omega A] = \omega F1 + \omega F2 \quad (2)$$

$$[\omega A] = \omega F1 + \omega F2 - 2\omega_к \quad (3)$$

Або $2\omega_к = \omega F1 + \omega F2 - [\omega A]$ (4)

При цьому приймається, що $2\omega_к = 2 \cdot k \cdot \omega F_i$,, а коефіцієнт k ($k = \omega_к / \omega F_i$) відображає частку меншого за величиною поля розсіювання ωF_i, яка буде компенсована і не вплине на точність замикаючої ланки А. При неврахуванні такого ефекту розрахунок (рівняння 2) покаже значну величину розсіювання розміру А, яка може перевищити величину допуску, при реальній меншій або незначній величині такого розсіювання. Проблема в тому, що для більшості схем, способів та методів оброблення значення таких коефіцієнтів визначені тільки для окремих випадків. Тому для її вирішення, та для визначення величини взаємокомпенсації похибок при токарному обробленні, була розроблена спеціальна програма для моделювання впливу пружних деформацій технологічної системи, внаслідок коливання припусків та твердості заготовок, на розсіювання величин технологічних розмірів та взаємокомпенсацію похибок. Метою такого моделювання була оцінка величин та коефіцієнтів взаємокомпесації похибок технологічних розмірів, для різних схем формування конструкторського розміру А1. Дослідження проводилось для 2-х схем формування КР з отриманням 2-х технологічних розмірів: 1) послідовним обробленням поверхонь точінням, з поздовжньою подачею, за програмою ЧПУ; 2) обробленням набором 2-х різців, з поздовжньою подачею. Аналіз механізму взаємокомпенсації свідчить про те, що величина взаємокомпенсації буде визначатись характером зміни похибок певного виду, при отриманні відповідних технологічних розмірів, у межах однієї заготовки. За результатами аналізу було встановлено, що найбільший вплив на величину взаємокомпенсації матимуть похибки, що виникають внаслідок пружних деформацій елементів технологічної системи. Вплив інших похибок буде незначимим через малу їх величину для розмірів в межах однієї заготовки. Зокрема це відноситься до похибок, що виникають внаслідок температурних деформацій та зносу інструменту. Похибки установки заготовок або похибки окремих її складових будуть повністю взаємокоменсовуватись, оскільки технологічні розміри з такими похибками завжди матимуть спільну вимірювальну базу. З дотриманням таких передумов, при моделюванні проводилась імітація зміни припусків і твердості заготовок у межах відповідних допусків, з подальшим розрахунком відповідних похибок, їх полів розсіювання. З урахуванням особливостей формування замикаючих ланок розраховувались величини полів їх розсіювання та, з використанням, приведених вище формул, розраховувались величини та коефіцієнти взаємокомпенсації для різних умов оброблення.

За результатами досліджень було встановлено що:

1) в обох схемах формування конструкторських розмірів має місце взаємокомпенсація похибок ТР;

2) найбільша величина коефіцієнту взаємокомпенсації $k = 0,8\text{-}0,75$ буде при формуванні конструкторського розміру А набором інструментів з поздовжньою подачею;

3) при формуванні конструкторського розміру А, з отриманням технологічних розмірів за програмою ЧПУ, $k = 0,6\text{-}0,55$.

Отже, наприклад, якщо $\omega F1 = \omega F2 = 0,15$мм. прогнозована величина розрахована згідно (2) буде $[\omega A] = \omega F1 + \omega F2 = 0,15+0,15=0,3$мм., тоді як з урахуванням взаємокомпенсації

$[\omega A] = \omega F1 + \omega F2 - 2 \cdot k \cdot \omega F1 = 0{,}15 + 0{,}15 - 2 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}15 = 0{,}12$ 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.

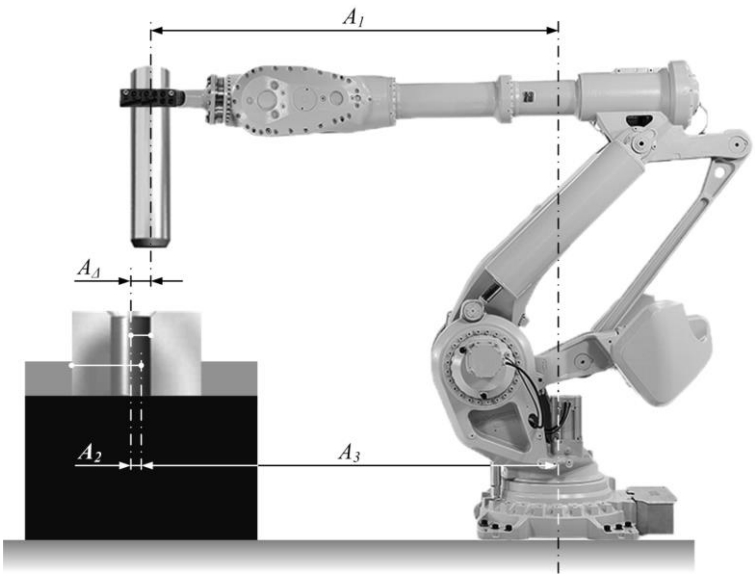

Рис. 1 – Роботизоване складання вала та втулки

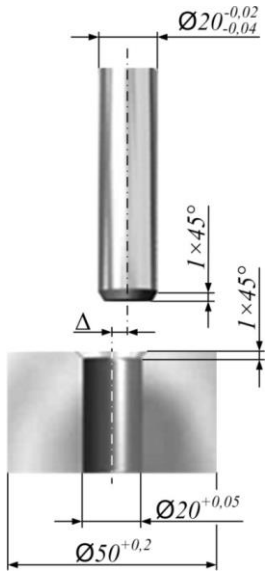

Рис. 2 – Розміри вала та втулки