

ЗАДАЧА ВІРТУАЛЬНОГО БАЗУВАННЯ: МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Максимов С.В.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Романова Т.Є.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: maksimovsergey08@gmail.com

The paper studies a virtual localization problem. A mathematical model of the problem using the phi-function technique is proposed in the form of nonlinear programming model. A solution strategy that combines algorithm of generating feasible starting points with nonlinear optimization procedure is developed. Testing of the proposed approach is carried out for two-dimensional case. The computational results are provided and illustrated with graphical illustrations.

Останнім часом все більшого поширення набувають технологічні процеси, в яких готові деталі одержують із заготовок, виготовлених з мінімальними припусками на оброблення [0]. Такі заготовки можуть бути виготовлені за допомогою точного лиття, штампування або використання адитивних процесів [0]. Використання таких заготовок дозволяє суттєво знизити витрату матеріалу та тривалість операцій розмірного оброблення. Однак при цьому виникає проблема базування деталей у випадках, коли вони мають великі габарити та вагу або малу жорсткість. При розмірному обробленні базування проводиться за допомогою спеціальних пристосувань, які не тільки закріплюють заготовку, а й забезпечують певну її орієнтацію в системі координат верстата. Однак у багатьох випадках, особливо при виготовленні великогабаритних деталей складної форми, проектування та виготовлення таких пристосувань потребує більшого часу та коштів, ніж виготовлення самої деталі. При цьому, процес базування вимагає істотних витрат часу, а для деталей великої ваги пов'язаний із суттєвими труднощами.

Альтернативою є застосування адаптивного розмірного оброблення з віртуальним базуванням. У цьому випадку заготовка встановлюється на столі верстата за допомогою спрощених пристосувань, а її орієнтація в системі координат верстата і форма визначається за допомогою вбудованих вимірювальних систем. Після цього вирішується завдання віртуального розташування САД моделі деталі всередині заготовки, зазвичай виходячи з умови забезпечення рівномірного припуску на оброблення, визначається розташування системи координат деталі по відношенню до системи координат верстата і перераховується програма ЧПК оброблення, яка, зазвичай, складається в системі координат деталі. Таким чином, ідея адаптивного оброблення з віртуальним базуванням полягає в тому, що замість закріплення заготовки в теоретично заданому положенні використовується коре-

кція ЧПК програми під її поточне положення. Такий підхід успішно використовується в аерокосмічній промисловості при обробленні великогабаритних тонкостінних деталей, виробництві та відновленні лопаток ГТД, сопел ракетних РРД, а також при виробництві великогабаритних деталей складної форми – гребних гвинтів, лопатей гідравлічних та парових турбін тощо.

Визначення положення моделі CAD деталі всередині заготовки є найважливішим етапом адаптивного оброблення [3]. На практиці для сканування заготовки частіше всього застосовуються контактні або безконтактні (лазерні) системи. В результаті вимірювання поверхні заготовки задається область точок з кроком, що визначається частотою сканування. Метою розв'язання задачі є розміщення всередині заготовки моделі CAD деталі таким чином, щоб: модель CAD ніде не пересікла поверхню, яку натягнуто на хмару точок; відстань від поверхні CAD-моделі, до поверхні, натягнутої на хмару точок, була максимально рівномірною.

У роботі показано, що в таких випадках замість закріплення заготовки в теоретично заданому положенні ефективною є корекція ЧПК програми під її поточне положення. Розглянуто існуючі алгоритми розв'язання задачі віртуального базування, яка зводиться до встановлення параметрів розміщення CAD моделі деталі всередині хмари точок, отриманих скануванням поверхні заготовки. Показано, що їх основним недоліком є використання критеріїв, не чутливих до взаємного положення CAD моделі деталі та сканованих точок. Як альтернативу запропоновано використовувати алгоритм, що базується на використанні методу ϕ -функцій, який повністю усуває вказаний недолік. Описано стратегію розв'язання задачі віртуального базування на базі розробленого алгоритму та наведено приклади розв'язання кількох тестових задач, які підтверджують його ефективність.

Список використаних джерел:

1. Marini, D., Cunningham, D., Corney, J. R. Near net shape manufacturing of metal: a review of approaches and their evolutions // Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2018. Vol. 232(4). P. 650-669. DOI:10.1177/0954405417708220

2. Riveiro, A. et al. Laser Additive Manufacturing Processes for Near Net Shape Components // In: Gupta, K. (eds) Near Net Shape Manufacturing Processes. Materials Forming, Machining and Tribology. Springer, Cham. 2019. P. 105–141. DOI:10.1007/978-3-030-10579-2_5.

3. Plankovskyy S., Tsegelnyk Y., Pankratov O., Romanova T., Maximov S., Kombarov V. Математична модель та метод розв'язання задачі віртуального базування // Cybernetics and Computer Technologies. 2022. №4. С.33-44. DOI:10.34229/2707-451X.22.4.3.