

УДК 621.01(75)

О. В. Дерібо¹
С. В. Репінський¹
К. С. Коваленко¹

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ЗА НОРМАТИВАМИ ТА ЗА РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗМІРНОГО АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Виконано порівняльний аналіз результатів визначення загального припуску за нормативами і припуску, визначеного за допомогою розрахунково-аналітичного методу на прикладі обробки розточуванням головного отвору в заготовці корпусної деталі. Дослідження виконувались на прикладі технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус». Розглянуто визначення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, а також проміжних припусків і загального припуску на усі переходи обробки (розточуванням) одного з головних отворів. Вважалося, що вихідною заготовкою є виліток в оболонковій формі. Для визначення однієї із складових мінімального припуску, а саме просторових відхилень поверхні отвору відносно технологічних баз, використано апарат розмірного аналізу технологічного процесу, який враховує конкретні умови виконання цього процесу, зокрема особливості схеми базування на першій операції.

Порівняння величини загального мінімального припуску, визначеного з використанням розрахунково-аналітичного методу, з величиною загального припуску, визначеного за нормативними таблицями, показав, що розрахований припуск майже на 30 % перевищує нормативний, причому найсуттєвіший вплив на величину розрахованого загального припуску чинить величина просторового відхилення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз. Отже, якщо на першій операції технологічного процесу розв'язується задача забезпечення розмірного зв'язку між оброблюваними та необроблюваними поверхнями, то припуску, визначеного за нормативами, під час обробки партії заготовок на настроєному верстаті може не вистачити для забезпечення необхідної якості поверхні деталі. Тому у цьому випадку для визначення, як проміжних припусків, так і загального припуску потрібно використати розрахунково-аналітичний метод.

Ключові слова: механічна обробка, визначення припусків, нормативний метод, розрахунково-аналітичний метод, розмірний аналіз технологічних процесів.

Вступ і постановка задачі

Визначення раціональних значень мінімальних припусків є важливою частиною проектування технологічних процесів механічної обробки. Особливого значення ця задача набуває за умов обробки заготовок деталей на настроєних верстатах (у серійному і масовому виробництві), коли завищені припуски можуть спричинити перевитрату матеріалів, підвищити трудомісткість і невіправдано збільшити собівартість продукції. Разом з тим, недостатній припуск може не забезпечити необхідної якості поверхонь деталей.

Припуски для механічної обробки можуть визначатися за нормативними таблицями або розрахунково-аналітичним методом. Визначення припусків за нормативами досить просте і не потребує значних затрат часу. Разом з тим, розрахунково-аналітичний метод [1] точніший, оскільки враховує конкретні технологічні умови, зокрема схеми установів на усіх операціях. Застосування розрахунково-аналітичного методу передбачає визначення мінімальних проміжних і загальних припусків, причому спочатку знаходяться проміжні припуски, а потім — загальні.

Згідно з [2] величини мінімальних проміжних припусків враховують:

– висоту мікронерівностей (Rz) і товщину дефектного шару металу (h), що утворились в процесі виготовлення вихідної заготовки або на технологічному переході механічної обробки, який пере-дує виконуваному;

– похибку встановлення заготовки у верстатний пристрій (ε_b), яка виникає на виконуваному технологічному переході;

– сумарні просторові відхилення поверхні отвору, з якої зрізується припуск, і осі отвору відно-сно її номінального розташування (ρ);

Перші три складових мінімального припуску досить просто визначаються за таблицями і реко-мендаціями які є в [3], [4].

У розрахунку мінімальних припусків для обробки отворів складова ρ враховує можливі відхи-лення поверхні отвору в заготовці, зумовлені її жолобленням ($\rho_{\text{жол}}$) і зміщенням осі цього отвору ($\rho_{\text{зм}}$) перед відповідною механічною обробкою. Величину $\rho_{\text{жол}}$ нескладно визначити за рекомен-даціями [5]. Що ж стосується величини $\rho_{\text{зм}}$, то її можна знайти, розв'язуючи рівняння технологіч-них розмірних ланцюгів, зокрема із застосуванням підходу, запропонованого у роботі [6].

На погляд авторів статті певний науковий і практичний інтерес становить порівняння величини припуску, визначеного наближено за нормативами, з припуском, встановленим за допомогою точ-нішого розрахунково-аналітичного методу.

Отже, метою дослідження є порівняльний аналіз результатів визначення мінімального припус-ку, отриманого за нормативами і за допомогою розрахунково-аналітичного методу з використан-ням розмірно-точнісного аналізу технологічного процесу для точного визначення величини $\rho_{\text{зм}}$ як складової мінімального припуску.

Результати дослідження

Дослідження виконувались на прикладі технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус». Розглянуто визначення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготов-ки, а також проміжних припусків на усі переходи обробки (розточуванням) головного отвору $\text{Ø}130H9$ мм і загального припуску. Вважалося, що вихідною заготовкою є виливок в оболонковій формі (клас точності 11т) [7]. Ескіз обробки отвору $\text{Ø}130H9$ мм показано на рис. 1.

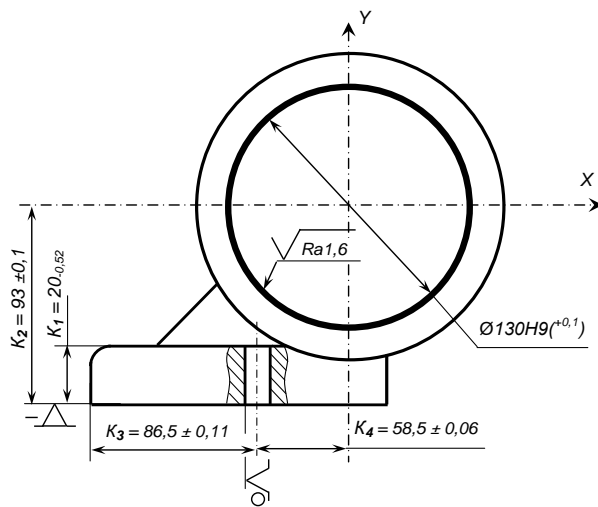


Рис. 1. Ескіз обробки

Вважалося, що на першій операції розв'язується задача забезпечення розмірів між оброблюваними і необроблюваними поверхнями деталі, а саме розмірів K_1 ($80,5 \pm 0,11$ мм) і K_3 ($20_{-0,52}$ мм).

Згідно з маршрутом обробки побудовані розмірні схеми технологічного процесу (РСТП) у напрямках осей X та Y (рис. 2). РСТП розроблено за методикою, викладеною у [3], [7]. На основі РСТП для обох осей (X та Y), побудовано похідні графи-дерева, вихідні графи-дерева і графи тех-нологічних розмірних ланцюгів (суміщені графи).

Графи технологічних розмірних ланцюгів показані на рис. 3. Ребрами цих графів є: конструкторські розміри (K), технологічні розміри (B), розміри вихідної заготовки (Z), проміжні припуски (Z), відстані між осями отворів у вихідній заготовці, після чорнового, чистового і тонкого розточування (Δ).

З використанням графів технологічних розмірних ланцюгів сформовані рівняння цих ланцю-гів, розв'язання яких визначають усі технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Важливими параметрами для визначення припусків для обробки отвору є розміри L_{3-5} і L_{2-3} . Ці розміри є ланками замикання відповідних розмірних ланцюгів і визначають розташування осі отвору у вихідній заготовці відносно чистових технологічних баз на операції попередньої і остаточної обробки (розточуванням) отвору $\text{Ø}130H9$ мм у напрямках осей відповідно X та Y (див. рис. 1).

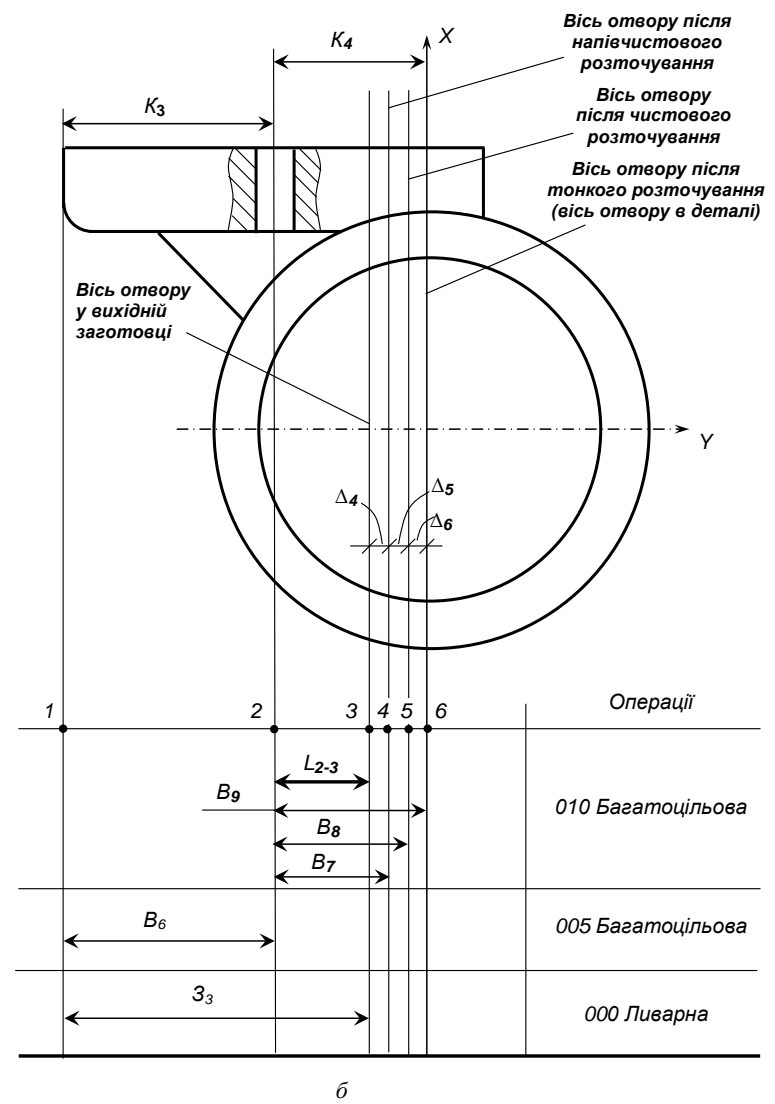
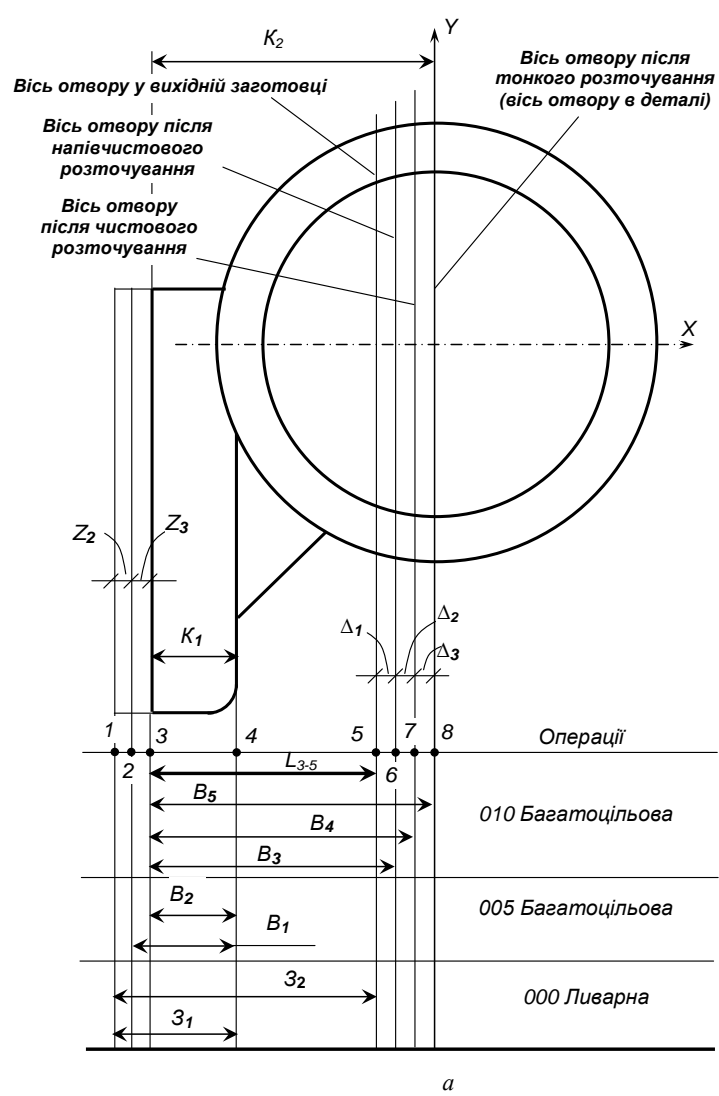


Рис. 2. Розмірні схеми технологічного процесу: *a* — у напрямі осі *X*; *b* — у напрямі осі *Y*

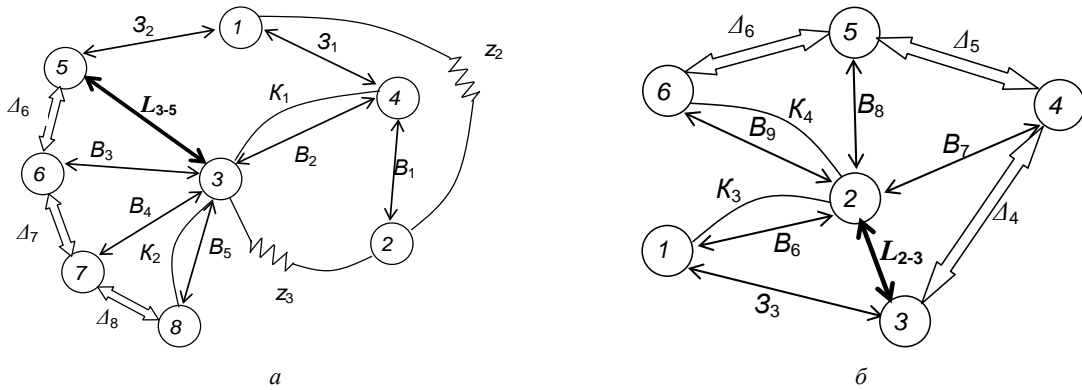


Рис. 3. Графи технологічних розмірних ланцюгів: а — у напрямі осі X; б — у напрямі осі Y

З урахуванням викладеного вище вважатимемо, що $\rho_{зм\ x} = \delta(L_{3-5})$, а $\rho_{зм\ y} = \delta(L_{2-3})$.

Отже, $\rho_{зм}$ становитиме

$$\rho_{зм} = \sqrt{[\delta(L_{3-5})]^2 + [\delta(L_{2-3})]^2}. \tag{1}$$

Із суміщеного графа (рис. 3а) випливає, що

$$-L_{3-5} + B_2 - 3_1 + 3_2 = 0,$$

або

$$L_{3-5} = B_2 - 3_1 + 3_2. \tag{2}$$

Розмірний ланцюг, який відповідає рівнянню (2), має три складових ланки, тому $\delta(L_{3-5})$ можна визначити за допомогою імовірнісного методу [8]. Тому

$$\rho_{зм\ x} = \delta(L_{3-5}) = t \sqrt{[\lambda(B_2)T(B_2)]^2 + [\lambda(3_1)T(3_1)]^2 + [\lambda(3_2)T(3_2)]^2}, \tag{3}$$

де t — коефіцієнт, величина якого залежить від бажаної імовірності P роботи без браку; $\lambda(B_2)$, $\lambda(3_1)$, $\lambda(3_2)$ — коефіцієнти відносного розсіювання, які залежать від закону розподілу дійсних значень розмірів B_1 , 3_1 і 3_2 . Вважалось, що $t = 3$, при цьому $P = 0,27\%$.

Вважалось також, що розподіл дійсних значень розмірів B_1 , 3_1 і 3_2 підпорядковується закону Гауса і тому згідно з [8] $\lambda(B_2) = \lambda(3_1) = \lambda(3_2) = 0,33$.

Підставивши у (3) значення коефіцієнтів t , λ і допусків розмірів, отримаємо $\rho_{зм\ x} = 4,33$ мм.

Визначимо $\rho_{зм\ y}$. Вважалось, що $\rho_{зм\ y}$ дорівнює величині поля розсіювання розміру L_{2-3} . Із суміщеного графа (рис. 3б) випливає, що

$$-L_{2-3} - B_6 + 3_3 = 0$$

або

$$L_{2-3} = 3_3 - B_6. \tag{4}$$

Розмірний ланцюг, що відповідає рівнянню (4), має дві складові ланки, тому для визначення поля розсіювання ланки замикання $\delta(L_{2-3})$ згідно з [8] використано метод максимуму-мінімуму.

Таким чином,

$$\rho_{зм\ y} = \delta(L_{2-3}) = T(3_3) + T(B_6). \tag{5}$$

Підставивши у (5) прийняті значення допусків розмірів, отримаємо $\rho_{зм\ y} = 4,22$ мм.

За формулою (1) визначено загальну величину $\rho_{зм}$, яка склала 6,04 мм.

З використанням отриманого значення $\rho_{зм}$ за методикою [5] визначені усі проміжні і загальні припуски (мінімальні й максимальні). Порівняння загального мінімального припуску, визначеного з використанням розрахунково-аналітичного методу (6,75 мм на сторону), із загальним припуском, визначеним за нормативними таблицями [9] (4,9 мм на сторону), показує, що розрахований при-

пуск майже на 30 % перевищує нормативний, причому найсуттєвіший вплив на величину розрахованого загального припуску чинить величина просторового відхилення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз. Отже, за прийнятих технологічних умов, припуску, визначеного за нормативами, під час обробки партії заготовок на настроєному верстаті може не вистачити для забезпечення необхідної якості поверхні деталі. Якщо ж під час вибору технологічних баз для першої операції механічної обробки розв'язувалась би задача зняття мінімального рівномірного припуску з певної поверхні, то цілком можливо, що припуск, визначений за нормативами, виявився б занадто великим.

Висновки

1. Виконано порівняльний аналіз результатів визначення загального припуску за нормативами і припуску, знайденого за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу, який враховує конкретні технологічні умови виконання цього процесу. Аналіз отриманих результатів показав, що розрахункове значення загального припуску суттєво (майже на 30 %) перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.

2. Якщо на першій операції технологічного процесу механічної обробки, вибрана схема базування, що відповідає розв'язанню задачі забезпечення розмірного зв'язку між оброблюваними та необроблюваними поверхнями, то бажано визначати припуски на обробку головних отворів за допомогою розрахунково-аналітичного методу, оскільки припуску, визначеного за нормативами, може не вистачити для забезпечення необхідної якості поверхні деталі. Якщо ж під час вибору технологічних баз для на першої операції механічної обробки розв'язувалась би задача зняття мінімального рівномірного припуску з певної поверхні, то цілком можливо, що припуск, визначений за нормативами, виявився б занадто великим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. М. Кован, и др., Корсаков В. С., Ред., *Основы технологии машиностроения*, М.: Машиностроение, 1977, 416 с.
- [2] В. Б. Борисов, и др., А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ред., *Справочник технолога-машиностроителя*, в 2 т, т. 1. М.: Машиностроение, 1985, 656 с.
- [3] О. В. Дерібо, *Основы технології машинобудування. Частина 2*, навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2015, 116 с.
- [4] О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, і С. І. Сухоруков, *Основы технології машинобудування. Частина 2*, практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015, 116 с.
- [5] В. В. Бабук, и др., В. В. Бабук, Ред. *Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении*, Минск: Вышэйшая школа, 1987, 255 с.
- [6] О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, і Д. А. Боровський, «Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в корпусних деталях на настроєних верстатах,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 95-103, 2018.
- [7] О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, і Т. М. Горук, «Застосування розмірного аналізу у визначенні мінімального проміжного припуску на механічну обробку отворів у корпусних деталях,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 4, с. 77-80, 2009.
- [8] В. Д. Рудь, О. О. Герасимчук, і Т. П. Маркова, *Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій*. Луцьк: ЛДТУ, 2008, 344 с.
- [9] В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, и В. А. Брагинский, *Допуски и посадки*, справ. в 2-х ч. Л.: Машиностроение, ч. 2, 1983, 448 с.
- [10] «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку,» *ГОСТ 26645-85*. Введ. 1987.07.01. М.: Изд-во стандартов, 1987, 53 с.

Рекомендована кафедрою технологій та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 7.12.2022

Дерібо Олександр Володимирович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: deriboov@ukr.net ;

Репінський Сергій Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування;

Коваленко Ксенія Сергіївна — студентка факультету машинобудування та транспорту.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Deribo¹
S. V. Repinskyi¹
K. S. Kovalenko¹

Comparative Analysis of the Results of the Determination of Allowances According to Standards and the Calculation and Analytical Method Using the Dimensional Analysis of Technological Processes

¹Vinnitsia National Technical University

A comparative analysis of the results of determining the general allowance according to the standards and the allowance determined using the calculation-analytical method on the example of processing by boring the main hole in the workpiece of the body part was performed. The studies were carried out on the example of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Hull" type part. The determination of technological dimensions and dimensions of the initial workpiece, as well as intermediate allowances and general allowance for all transitions of processing (boring) of one of the main holes is considered. It was believed that the initial workpiece is casting in shell molds. To determine one of the components of the minimum pass, namely the spatial deviations of the surface of the hole relative to technological bases, the dimensional analysis apparatus of the technological process was used, which takes into account the specific conditions of this process, in particular, the peculiarities of the scheme of basing on the first operation.

A comparison of the amount of the total minimum allowance determined using the calculation-analytical method with the amount of the total allowance determined according to the normative tables showed that the calculated allowance exceeds the standard by almost 30%, and the most significant influence on the amount of the calculated total allowance is the value of the spatial deviation of the axis of the hole in the initial workpiece relative to the technological bases. Therefore, if the first operation of the technological process solves the problem of ensuring the dimensional relationship between the processed and untreated surfaces, then the allowance determined according to the standards during the processing of a batch of blanks on a set machine may not be enough to ensure the required surface quality details. Therefore, in this case, it is necessary to use the calculation and analytical method to determine both the intermediate allowances and the total allowance.

Keywords: mechanical processing, determination of allowances, normative method, calculation and analytical method, dimensional analysis of technological processes.

Deribo Oleksandr V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Technology and Automation of Mechanical Engineer, e-mail: deriboov@ukr.net ;

Repinskyi Serhii V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Technology and Automation of Mechanical Engineer;

Kovalenko Ksenia S. — Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport