

УДК 621.7.

О. В. Дерібо, к. т. н., доц.;

Ж. П. Дусанюк, к. т. н., доц.;

Т. М. Горук, студ.

## ЗАСТОСУВАННЯ РОЗМІРНОГО АНАЛІЗУ У ВИЗНАЧЕННІ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ ОТВОРІВ У КОРПУСНИХ ДЕТАЛЯХ

Запропоновано методику використання розмірного аналізу технологічних процесів для знаходження величини можливого зміщення осі отвору в заготовці корпусної деталі відносно чистових технологічних баз. Методика дозволяє значною мірою формалізувати урахування як неточностей виготовлення вихідної заготовки, так і похибок механічної обробки на попередніх операціях. Це зменшує ризик появи помилок під час проектування технологічних процесів механічної обробки корпусних деталей складної форми.

Методика може бути використана під час аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів механічної обробки на машинобудівних підприємствах та у навчальному процесі.

### Вступ і постановка задачі

Визначення оптимальних значень мінімальних припусків є важливою частиною проектування операцій механічної обробки. Особливого значення ця задача набуває в серійному і масовому виробництві, коли завищені припуски можуть невиправдано збільшити собівартість продукції.

Відомо [1 та ін.], що із застосуванням розрахунково-аналітичного методу мінімальний проміжний припуск на механічну обробку циліндричних поверхонь визначається за формулою

$$2z_{\min_i} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right),$$

де  $i$  — порядковий виконуваний технологічний перехід;  $Rz_{i-1}$ ,  $h_{i-1}$ ,  $\rho_{i-1}$  — відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення поверхні (відносно технологічних баз), які утворились на технологічному переході, що передує виконуваному;  $\varepsilon_{y_i}$  — похибка установлення заготовки у верстатній пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Величини  $Rz$  і  $h$  визначаються за таблицями [1 та ін.]. Величину похибки установлення можна знайти за відомими методиками [2 та ін.] з урахуванням того, що ця похибка визначається як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного інструмента та поверхнею заготовки, з якої зрізається припуск.

Величину  $\rho$  для випадку обробки отворів в корпусних деталях можна знайти за формулою [1 та ін].

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2},$$

де  $\rho_{\text{жол}}$ ,  $\rho_{\text{зм}}$  — просторові відхилення, спричинені відповідно жолобленням і зміщенням отвору.

Величина  $\rho_{\text{жол}}$  досить просто знаходиться за рекомендаціями [1 та ін]. Що стосується величини  $\rho_{\text{зм}}$ , то під час її розрахунку мають бути враховані неточності виготовлення вихідної заготовки, схема базування на першій операції, а також ті похибки механічної обробки, які впливають на величину  $\rho_{\text{зм}}$ . Узагальненої методики такого розрахунку щодо механічної обробки отворів у корпусних деталях у відомій авторам літературі не описано. Тому в цій статті зроблена спроба розроблення такої методики на основі застосування розмірного аналізу технологічних процесів [3, 4].

### Розв'язання задачі

Розглянемо розв'язання задачі на прикладі технологічного процесу механічної обробки деталі, яка має форму корпусу підшипника (рис. 1). Літерами К з відповідними індексами позначені конструкторські розміри.

На рис. 2 показано ескіз вихідної заготовки. Припустимо, що вибраний спосіб виготовлення вихідної заготовки забезпечує наявність у ній центрального отвору. Літерами З із відповідними індексами позначені розміри вихідної заготовки.

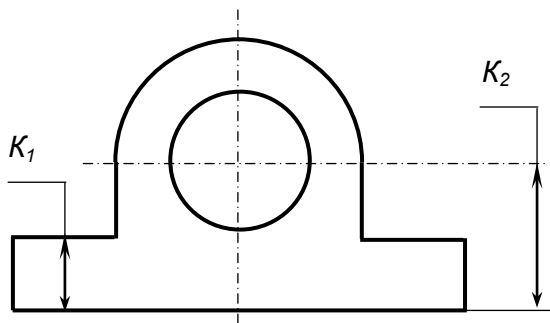


Рис. 1. Схема розташування конструкторських розмірів

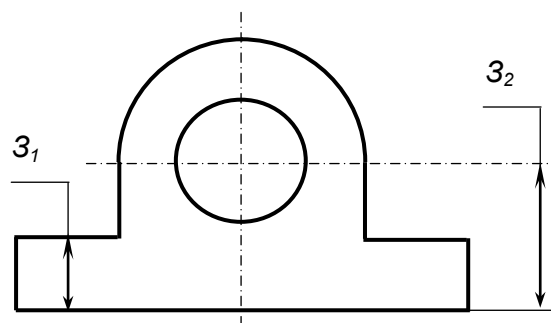
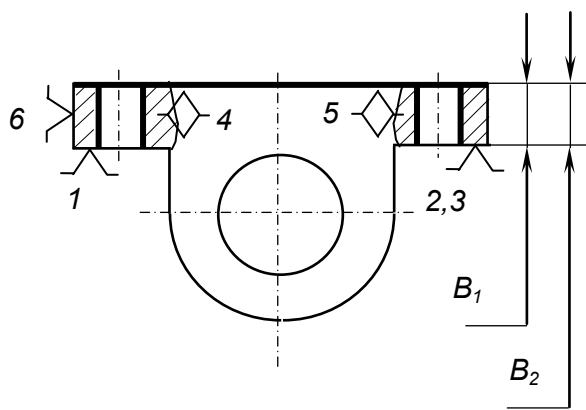


Рис. 2. Схема розташування розмірів вихідної заготовки

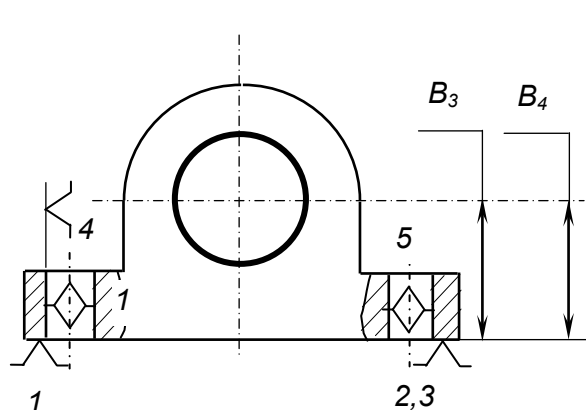
Припустимо, що на першій операції механічної обробки здійснюється підготовка чистових технологічних баз, тобто два рази фрезерується площина і свердлиться два кріпильні отвори, а на другій операції з одного установа виконується розточування (попереднє і остаточне) головного отвору.

Схема базування на першій операції вибрана таким чином, щоб розв'язувалась задача забезпечення розмірної прив'язки оброблених і необроблених поверхонь деталі.

Маршрут механічної обробки зі схемами базування і розташуванням технологічних розмірів (В) показано на рис. 3.



Перша операція — фрезерна



Друга операція — розточувальна

Рис. 3. Маршрут механічної обробки

Розмірну схему технологічного процесу, побудовану у відповідності з рекомендаціями [3, 4], показано на рис. 4.

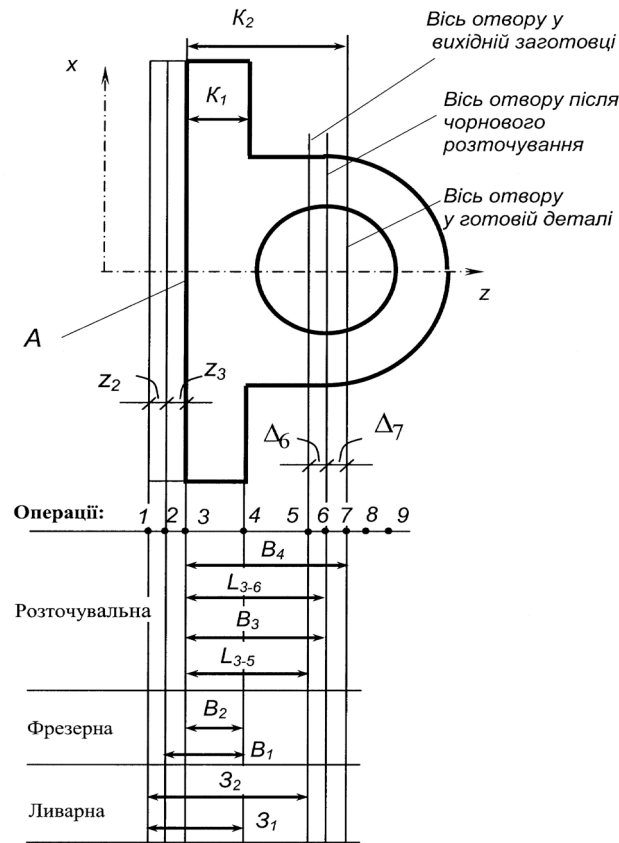


Рис. 4. Розмірна схема технологічного процесу

На розмірній схемі технологічного процесу для кожної з операцій показано розташування розмірів вихідної заготовки, конструкторських розмірів, технологічних розмірів, припусків на попереднє і остаточне фрезерування (відповідно  $z_2$  і  $z_3$ ), розмір  $\Delta_6$  між осями отвору у вихідній заготовці попередньо розточеного отвору і розмір  $\Delta_7$  між осями попередньо розточеного отвору і отвору у готовій деталі.

Очевидно, що вісь отвору у вихідній заготовці може мати зміщення відносно технологічних баз у напрямі осей  $x$  і  $z$  (див. рис. 4) і тому її повне зміщення складе

$$\rho_{\text{змвз}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}x}^2 + \rho_{\text{зм}z}^2} \quad (1)$$

Очевидно також, що  $\rho_{\text{змвз}}$  можна розглядати як поле розсіювання розміру  $L_{3-5}$  між чистою технологічною базою (площиною  $A$ ) і віссю отвору у вихідній заготовці (див. рис. 4). Розмір  $L_{3-5}$  можна легко знайти, побудувавши у відповідності з розмірною схемою технологічного процесу граф технологічних розмірних ланцюгів (рис. 5).

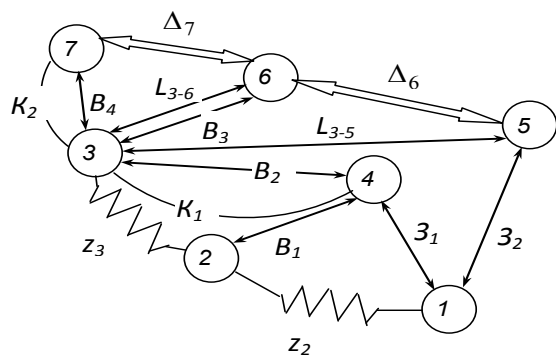


Рис. 5. Граф технологічних розмірних ланцюгів

З графа випливає, що

$$-L_{3-5} + B_2 - z_1 + z_2 = 0.$$

Вважаючи розмір  $L_{3-5}$  ланкою замикання, запишемо це рівняння у вигляді

$$L_{3-5} = B_2 - z_1 + z_2.$$

Оскільки цей розмірний ланцюг має три складових ланки, то для визначення поля розсіювання ланки замикання  $\delta(L_{3-5})$  скористаємось імовірнісним методом. У цьому випадку можна записати

$$\rho_{\text{зм}_{\text{вз}_z}} = \delta(L_{3-5}) = t\sqrt{[\lambda(B_2)T(B_2)]^2 + [\lambda(Z_1)T(Z_1)]^2 + [\lambda(Z_2)T(Z_2)]^2},$$

де  $t$  — коефіцієнт, який залежить від бажаної імовірності роботи без браку;  $\lambda(B_2)$ ,  $\lambda(Z_1)$ ,  $\lambda(Z_2)$  — коефіцієнти відносного розсіювання, які залежать від виду законів розподілу дійсних значень відповідних розмірів;  $T(B_2)$ ,  $T(Z_1)$ ,  $T(Z_2)$  — допуски технологічного розміру  $B_2$  і розмірів вихідної заготовки  $Z_1$  і  $Z_2$ .

На основі розмірного аналізу можна легко знайти і зміщення  $\rho_{\text{зм}_1}$  осі отвору, що утворився після першого технологічного переходу його механічної обробки (попереднього розточування). З графа технологічних розмірних ланцюгів випливає, що

$$\rho_{\text{зм}_1z} = \delta(L_{3-5}) = T(B_3).$$

Для визначення величин  $\rho_{\text{зм}_{\text{вз}_x}}$  і  $\rho_{\text{зм}_1x}$  слід виконати розмірний аналіз у напрямку осі  $x$ . Після цього за формулою (1) визначаються сумарні зміщення  $\rho_{\text{зм}_{\text{вз}}}$  і  $\rho_{\text{зм}_1}$ .

Розглянутий приклад показує, що застосування розмірного аналізу дозволяє суттєво спростити і формалізувати знаходження величини можливого зміщення осі отвору вихідної заготовки відносно технологічної бази з урахуванням як неточностей виготовлення заготовки, так і похибок механічної обробки.

### Висновки

1. Запропонована методика визначення величини можливого зміщення осі отвору в заготовці корпусної деталі відносно чистових технологічних баз з використанням розмірного аналізу технологічних процесів.
2. Методика дозволяє значною мірою формалізувати урахування як неточностей виготовлення вихідної заготовки, так і похибок механічної обробки на попередніх операціях. Це зменшує ризик появи помилок під час проектування технологічних процесів механічної обробки корпусних деталей складної форми.
3. Методика може бути використана для аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів механічної обробки на машинобудівних підприємствах, а також у навчальному процесі.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, А. И. Медведев ; под ред. В. В. Бабука. — Мн. : Выш. Шк., 1987. — 255 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — 656 с.
3. Солонин И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. — М. : Машиностроение, 1980. — 110 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. — К. : Вища шк., 1993. — 414 с.

Рекомендована кафедрою технології та автоматизації машинобудування

Надійшла до редакції 14.04.09  
Рекомендована до друку 16.05.09

*Дерібо Олександр Володимирович* — доцент, *Дусанюк Жана Павлівна* — доцент.

Кафедра технології та автоматизації машинобудування;

*Горук Тетяна Миколаївна* — студентка Інституту машинобудування та транспорту.

Вінницький національний технічний університет