

## ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПОХИБКУ БАЗУВАННЯ ЯК СКЛАДОВУ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Важливим етапом проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей машин є визначення величин мінімальних проміжних припусків, на основі яких під час виконання подальших етапів визначаються технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.*

*Ефективним засобом визначення мінімальних проміжних припусків є розрахунково-аналітичний метод, запропонований професором В. М. Кованом. Згідно з цим методом однією зі складових мінімального припуску є похибка установа, важливою складовою якої є похибка базування. Під час визначення мінімальних припусків за умови обробки партії заготовок на настроєному верстаті похибку базування потрібно визначати як відстань між граничними положеннями (поле розсіювання) поверхні, з якої зрізатиметься припуск, відносно настроєного на розмір інструмента. З урахуванням цього розглянуто і проаналізовано деякі поширені варіанти схем базування заготовок деталей у верстатних пристроях стосовно наявності похибки базування як складової мінімального проміжного припуску зокрема для механічної обробки головних отворів у заготовці деталі типу «Важіль», оскільки під час проектування технологічних процесів виготовлення саме такого типу деталей через багатоваріантність можливих схем базування виникають певні складнощі стосовно визначення похибки базування як складової мінімального проміжного припуску. Для розглянутих варіантів схем базування отримано залежності для розрахунку величини похибки базування.*

*Результати роботи можуть бути використані під час проектування технологічних процесів механічної обробки, а також у навчальному процесі підготовки фахівців машинобудівних спеціальностей.*

**Ключові слова:** механічна обробка, мінімальний проміжний припуск, розрахунково-аналітичний метод, схема базування, схема установа, похибка установа, похибка базування.

### Вступ

Згідно з [1], похибка базування — це відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу від потрібного. Найчастіше похибка базування аналізується з погляду її усунення або мінімізації у двох випадках — як складової сумарної похибки механічної обробки і як складової мінімального проміжного припуску на механічну обробку за умови використання розрахунково-аналітичного методу [2]. Важливими є дві обставини, які стосуються обох випадків:

- 1) похибка базування може впливати як на точність розмірів, так і на величину мінімального проміжного припуску тільки за умови механічної обробки партії заготовок на настроєному верстаті;
- 2) в обох випадках вирішальний вплив на наявність чи відсутність похибки базування і на величину цієї похибки має схема базування на відповідній технологічній операції.

Відомо [3], [4], що за умови обробки поверхонь партії заготовок на настроєному верстаті жорстко закріпленим різальним інструментом (точінням, розточуванням, зенкеруванням, фрезеруванням кінцевою фрезою по контуру на верстаті з ЧПК тощо), мінімальний проміжний припуск визначається за формулами:

– для переходів обробки площин

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2; \quad (1)$$

– для переходів обробки циліндричних поверхонь

$$2z_{\min} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right); \quad (2)$$

де  $i$  — порядковий номер виконуваного технологічного переходу;  $R_{z_{i-1}}$  та  $h_{i-1}$  — відповідно висота мікронерівностей поверхні та глибина дефектного шару, що утворились під час виготовлення вихідної заготовки, або на технологічному переході механічної обробки, який передує виконуваному;  $\rho_{i-1}$  — просторові відхилення оброблюваної поверхні відносно технологічних баз;  $\varepsilon_{yi}$  — похибка установлення заготовки у верстатний пристрій, що виникає на виконуваному технологічному переході.

Складові  $Rz$  і  $h$  мінімального припуску досить просто визначаються за допомогою нормативних таблиць [4] та ін. Що ж стосується величин  $\rho_{i-1}$  та  $\varepsilon_{yi}$  і особливо похибки базування як складової похибки установлення, то рекомендації з їх визначення не завжди є однозначними і достатньо зрозумілими.

Отже, метою роботи є отримання співвідношень для визначення похибки базування як однієї зі складових мінімального проміжного пропуску для механічної обробки, у випадках використання декількох поширених варіантів схем встановлення заготовок у верстатних пристроях.

### Результати дослідження

Як показано в [5], [6], підходи до визначення похибки базування як складової сумарної похибки механічної обробки, і визначення похибки базування як складової мінімального проміжного припуску, відрізняються.

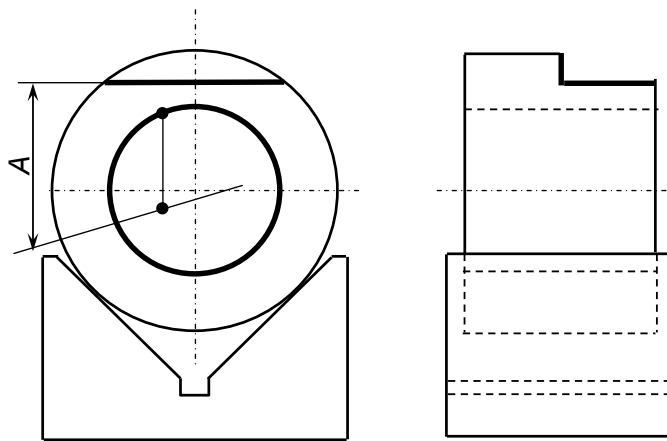


Рис. 1. Операційний ескіз механічної обробки лиски та отвору

Похибка базування під час розрахунків очікуваної точності обробки визначається як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента і вимірювальною базою цього розміру [7]. В той час, як під час знаходження мінімального припуску величина похибки базування визначається як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента та поверхнею заготовки, з якої зрізатиметься припуск [5]. Щоб показати різницю між цими підходами, розглянемо поширений випадок встановлення циліндричної заготовки на призму для фрезерування лиски і розточування отвору з

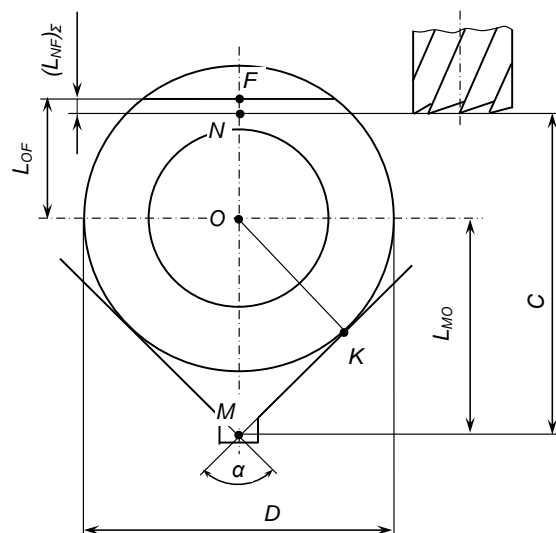


Рис. 2. Розрахункова схема з технологічним розмірним ланцюгом для визначення похибки базування як складової мінімального припуску для фрезерування лиски

одного установа на багатоінструментальному чи багатоцільовому верстаті з ЧПК (рис. 1).

Припустимо, що розташування профрезерованої лиски визначається розміром  $A$ . Розмір  $A$  — це відстань між віссю розточеного отвору і площиною профрезерованої лиски. Очевидно, що за таких технологічних умов похибка базування як складова сумарної похибки обробки не впливатиме на точність розміру  $A$ , оскільки отвір і лиска обробляються на одному установі заготовки.

Розглянемо визначення похибки базування як складової мінімального припуску для фрезерування лиски. Визначатимемо цю похибку як поле розсіювання розміру  $L_{NF}$  між зубцями настроєної фрези і поверхнею вихідної заготовки, з якої буде зрізатися припуск (рис. 2). Для цього побудовано технологічний розмірний ланцюг, ланкою замикання якого є розмір  $L_{NF}$ . Поле розсіювання цього розміру і є шуканою похибкою базування.

Якщо використати метод максимуму–мінімуму для розв'язання рівняння розмірного ланцюга, то

поле розсіювання ланки замикання (розміру  $L_{NF}$ ) складе

$$\delta[(L_{FN})_{\Sigma}] = \varepsilon_{\delta} = T(C) + \delta(L_{OF}) + \delta(L_{OM}), \quad (3)$$

де  $T(C)$  — допуск розміру настроєння;  $\delta(L_{OF})$  та  $\delta(L_{OM})$  — поля розсіювання розмірів (ланок)  $L_{OF}$  та  $L_{OM}$ .

Складова  $T(C)$  у рівнянні (3) є похибкою настроєння різального інструмента (фрези) на розмір обробки. Оскільки похибка настроєння зазвичай є досить малою (складає для фрезерування 0,02...0,06 мм) у порівнянні з величиною припуску на чорнову обробку, то впливом цієї складової на величину мінімального припуску для фрезерування можна знехтувати. Складова  $\delta(L_{OF})$  є полем розсіювання розміру між віссю зовнішньої циліндричної поверхні і лискою у вихідній заготовці. Це поле розсіювання входить до мінімального припуску як величина  $\rho$  (просторові відхилення оброблюваної поверхні відносно технологічних баз). Тому вважатимемо, що  $\delta(L_{OF}) = 0$ .

Поле розсіювання розміру  $L_{OM}$  складе

$$\delta(L_{OM}) = L_{OM_{\max}} - L_{OM_{\min}}. \quad (4)$$

Зі схеми, показаної на рис. 2, випливає, що

$$L_{OM_{\max}} = \frac{D_{\max}}{2} \left( 1 / \sin \frac{\alpha}{2} \right); \quad (5)$$

$$L_{OM_{\min}} = \frac{D_{\min}}{2} \left( 1 / \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (6)$$

де  $\alpha$  — кут призми.

Таким чином, розв'язуючи спільно рівняння (3)—(6) з урахуванням того, що  $T(C) \approx 0$  і  $\delta(L_{OF}) = 0$ , отримаємо формулу для визначення похибки базування як складової мінімального припуску для фрезерування лиски з розглянутої схеми базування.

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{T(D)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (7)$$

де  $T(D)$  — допуск діаметрального розміру зовнішньої циліндричної поверхні заготовки.

Розглянемо визначення похибки базування, як складової мінімального припуску для першого переходу механічної обробки головних отворів на прикладі обробки партії заготовок деталей типу «Важіль». Таку задачу для однієї з поширених схем базування розглянуто у [8]. У цій статті розглянуто ще три варіанти установа заготовки деталі типу «Важіль» у верстатний пристрій.

Перший варіант — установа заготовки в самоцентрувальні лещата з призматичними губками (рис. 3). Такий пристрій забезпечує перпендикулярність осей оброблених отворів відносно площини (установної бази) і симетричність отворів відносно спільної площини симетрії зовнішніх циліндричних поверхонь втулок важеля у напрямках осей  $X$  та  $Y$ .

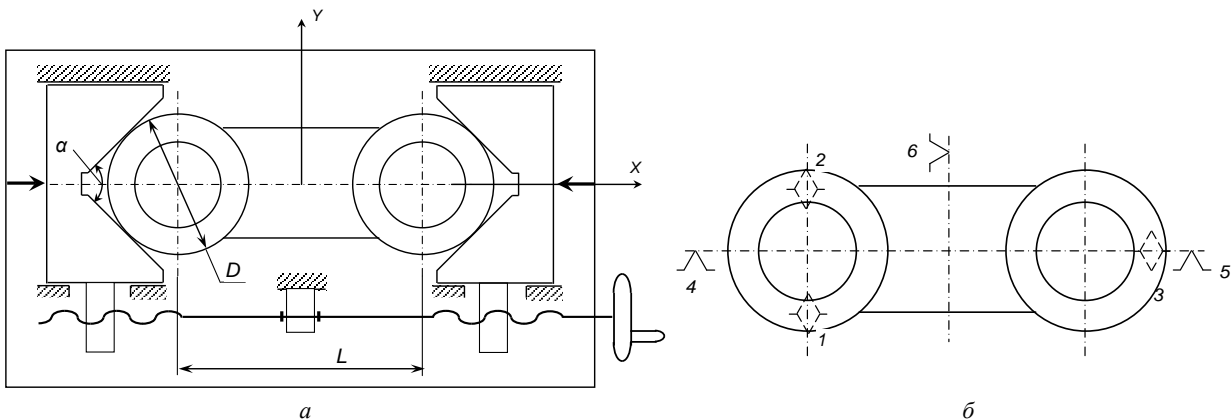


Рис. 3. Конструктивна схема верстатного пристрою, що реалізує установа заготовки деталі типу «Важіль» в самоцентрувальні лещата з призматичними губками:  
а — з установленою вихідною заготовкою; б — схемою її базування

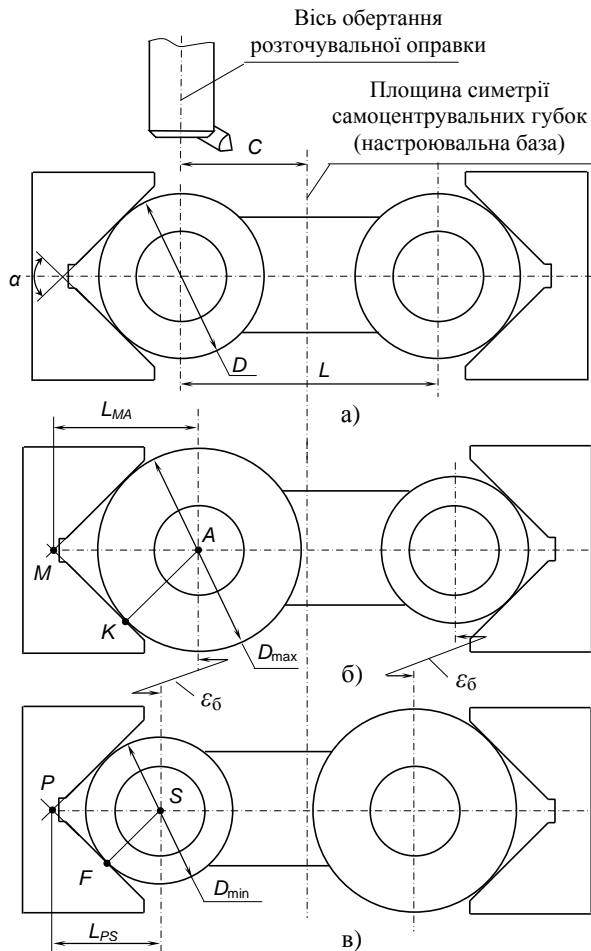


Рис. 4. Розрахункова схема для визначення похибки базування як складової мінімального припуску для розточування отворів

Розглянемо визначення похибки базування, як складової мінімального припуску для розточування отворів. Визначатимемо цю похибку як поле розсіювання осі отвору у вихідній заготовці відносно осі обертання розточувальної оправки (рис. 4). На рис. 4а показано розташування заготовки у верстатному пристрої з номінальними значеннями діаметральних розмірів ( $D$ ) зовнішніх циліндричних поверхонь втулок. Розмір настроювання  $C$  розташований між віссю обертання настроєного на розмір обробки інструмента (розточувальної оправки) і однією з нерухомих точок верстатного пристрою, за яку у цьому випадку вибрана площина симетрії самоцентрувальних губок.

Як і в попередньому випадку вважатимемо, що обидва отвори співвісні з зовнішніми циліндричними поверхнями втулок, оскільки можливе відхилення від співвісності має бути враховане як складова  $\rho$  мінімального припуску.

На рис. 4б і 4в показані випадки розміщення заготовок партії у верстатному пристрої з найістотнішим з точки зору впливу на величину похибки базування варіанта поєднання діаметрів втулок — одна з них має максимальний діаметр ( $D_{\max}$ ), а інша — мінімальний ( $D_{\min}$ ). Окрім того, одна з заготовок може бути встановлена так, як показано на рис. 4б, а інша — так як на рис. 4в.

Зі схеми випливає, що похибка базування як складова мінімального припуску для розточування обох отворів, складатиме

$$\varepsilon_{\delta} = L_{MA} - L_{PS} \quad (8)$$

Оскільки

$$L_{MA} = \frac{D_{\max}}{2} \left( 1 / \sin \frac{\alpha}{2} \right); \quad (9)$$

$$L_{PS} = \frac{D_{\min}}{2} \left( 1 / \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (10)$$

то розв'язуючи спільно рівняння (8)—(10), отримаємо формулу для визначення похибки базування як складової мінімального припуску

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{T(D)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (11)$$

Похибка базування у напрямі осі  $Y$  як складова мінімального припуску для цього варіанта схеми базування дорівнюватиме нулю.

Розглянемо ще один варіант схеми базування (рис. 5). Ця схема також забезпечує перпендикулярність осей оброблених отворів відносно площини (установної бази), симетричність отворів відносно спільної площини симетрії втулок важеля і співвісність обробленого отвору більшого діаметра ( $A$ ) відносно зовнішньої поверхні лівої втулки.

За такої схеми базування похибка базування не впливає на величину мінімального припуску як на обробку отвору  $A$ , так і на обробку отвору  $B$  в напрямках осей як  $X$  так і  $Y$ . Можливе зміщення осі отвору  $B$  у вихідній заготовці має бути враховано у складі величини  $\rho$ . Для варіанта, що розглядається, ця величина дорівнюватиме допуску на розмір  $L1$  (це відстань між віссю зовнішньої поверхні лівої втулки і віссю необробленого отвору в правій втулці).

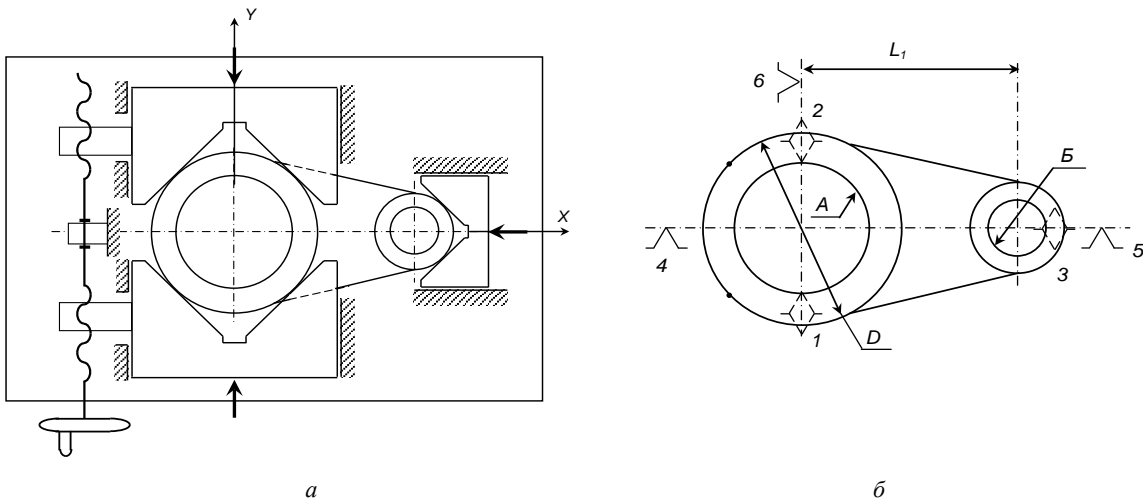


Рис. 5: *a* — конструктивна схема верстатного пристрою за варіантом 3 з установленою вихідною заготовкою;  
*б* — відповідна схема базування

Проаналізовано ще один можливий варіант схеми базування (рис. 6). Ця схема забезпечує перпендикулярність осей оброблених отворів відносно площини (установної бази), симетричність отворів відносно спільної площини симетрії втулок важеля відносно осі *X* і постійну товщину  $\delta$  лівої втулки.

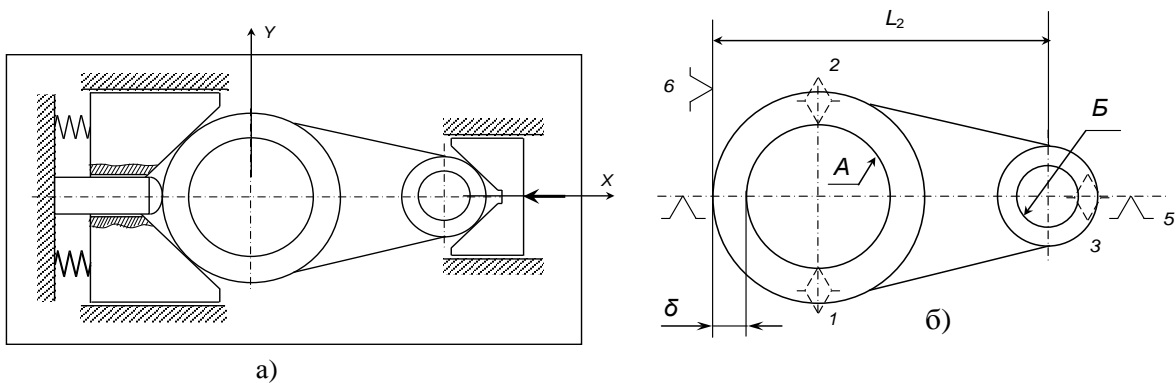


Рис. 6. Конструктивна схема верстатного пристрою за варіантом 3 з установленою вихідною заготовкою (а) і відповідною схемою базування (б)

Похибка базування, як складова мінімального припуску для першого переходу розточування обох отворів, становитиме

$$\varepsilon_{\sigma_A} = \varepsilon_{\sigma_B} = \frac{T(D)}{2}. \quad (12)$$

Похибка базування у напрямі осі *Y* як складова мінімального припуску дорівнюватиме нулю.

Так як і в попередній схемі базування, можливе зміщення осі отвору *B* у вихідній заготовці має бути враховано у складі величини  $\rho$ . Для варіанта, що розглядається, ця величина дорівнюватиме допуску на розмір  $L_2$  (це відстань між віссю необробленого отвору в правій втулці і точкою контакту зовнішньої циліндричної поверхні лівої втулки з нерухомою опорою).

### Висновок

1. Проаналізовано поширені варіанти схем базування заготовок у верстатних пристроях щодо впливу похибки базування на мінімальний проміжний припуск для механічної обробки партії заготовок на настроєному верстаті. Для розглянутих варіантів отримано формули для визначення величини похибки базування як складової такого припуску.

2. Результати роботи можуть бути використані під час проектування технологічних процесів механічної обробки, а також у навчальному процесі підготовки фахівців машинобудівних спеціальностей.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] «Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.» *ГОСТ 21495–76*. [Чинний від 1977-01-01]. – Москва: изд-во стандартов, 1987, 35 с.
- [2] В. М. Кован, *Расчет припусков на обработку в машиностроении*. Москва: Машгиз, 1953, 208 с.
- [3] В. Б. Борисов и др., *Справочник технолога-машиностроителя*, в 2-х т., т. 1, А. Г. Косилова и Р. К. Мещеряков, Ред. Москва: Машиностроение, 1985, 656 с.
- [4] А. Ф. Горбачевич, и В. А. Шкред, *Курсовое проектирование по технологии машиностроения*, учеб. пос. Москва, РФ: ООО ИД «Альянс», 2007, 256 с.
- [5] О. В. Дерібо, *Основи технології машинобудування*, ч. 1. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2013, 125 с.
- [6] О. В. Дерібо, і Ж. П. Дусанюк, «Особенности назначения похибки установления як складової припуску для механічної обробки,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 67-72, 2020.
- [7] В. М. Кован и др., *Основы технологии машиностроения*, В. С. Корсакова, Ред. Москва: Машиностроение, 1977, 416 с.
- [8] О. В. Дерібо, «До питання впливу схеми базування на величину похибки базування як складової мінімального припуску для механічної обробки отворів в заготовках деталей типу “Важіль”,» на *L Наук.-техн. конф. підрозділів Вінницького національного технічного університету «НТКП ВНТУ-2021»* (Вінниця, 10-12 березня 2021 р.), с. 4. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9919/8276>.

Рекомендована кафедрою технологій та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.02.2021

**Дерібо Олександр Володимирович** — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: [deriboov@ukr.net](mailto:deriboov@ukr.net).

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**O. V. Deribo<sup>1</sup>**

## **Influence of the Basing Scheme on the Basing Error as a Component of the Minimum Intermediate Allowance for Machining**

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

*An important stage in the design of technological processes for machining workpieces of machine parts is to determine the values of the minimum intermediate allowances, on the basis of which the technological dimensions and dimensions of the original workpiece are determined during the subsequent stages.*

*An effective means of determining intermediate allowances is the computational and analytical method proposed by Professor V. M. Kovan. According to this method, one of the components of the minimum intermediate allowance is the installation error, an important component of which is the positioning error. For the conditions of processing a batch of blanks on a tuned machine, the positioning error, as a component of the minimum allowance, should be determined as the distance between the limiting positions (scattering field) of the surface from which the allowance will be cut, relative to the tool set for the size. With this in mind, we considered and analyzed some common variants of basing schemes for workpieces in machine tools, regarding the presence of a positioning error, as a component of the minimum intermediate allowance for machining main holes in a workpiece of a “Lever” type part, since during the design of technological processes for the manufacture of just this type of parts due to the multivariance of possible basing schemes, certain difficulties arise in determining the basing error as a component of the minimum intermediate allowance. For the considered variants of basing schemes, dependencies were obtained for calculating the magnitude of the basing error.*

*The results of the work can be used in the design of technological processes of mechanical processing, as well as in the educational process of training specialists in mechanical engineering specialties.*

**Keywords:** machining, minimum intermediate allowance, calculation and analytical method, basing scheme, installation scheme, installation error, basing error.

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

## Влияние схемы базирования на погрешность базирования как составляющую минимального промежуточного припуска для механической обработки

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

*Важным этапом проектирования технологических процессов механической обработки заготовок деталей машин является определение величин минимальных промежуточных припусков, на основе которых при выполнении последующих этапов определяются технологические размеры и размеры исходной заготовки.*

*Эффективным средством определения промежуточных припусков является расчетно-аналитический метод, предложенный профессором В. М. Кованом. Согласно этому методу одной из составляющих минимального промежуточного припуска является погрешность установки, важной составляющей которой является погрешность базирования. Для условий обработки партии заготовок на настроенном станке, погрешность базирования как составляющую минимального припуска, следует определять как расстояние между предельными положениями (поле рассеивания) поверхности, с которой будет срезаться припуск, относительно настроенного на размер инструмента. С учетом этого рассмотрены и проанализированы некоторые распространенные варианты схем базирования заготовок в станочных приспособлениях, относительно наличия погрешности базирования, как составляющей минимального промежуточного припуска для механической обработки главных отверстий в заготовке детали типа «Рычаг», поскольку во время проектирования технологических процессов изготовления именно такого типа деталей из-за многовариантности возможных схем базирования возникают определенные сложности определения погрешности базирования как составляющей минимального промежуточного припуска. Для рассмотренных вариантов схем базирования получены соотношения для расчета величины погрешности базирования.*

*Результаты работы могут быть использованы при проектировании технологических процессов механической обработки, а также в учебном процессе подготовки специалистов машиностроительных специальностей.*

**Ключевые слова:** механическая обработка, минимальный промежуточный припуск, расчетно-аналитический метод, схема базирования, схема установки, погрешность установки, погрешность базирования.

*Дерибо Александр Владимирович* — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологий и автоматизации машиностроения, e-mail: deriboov@ukr.net