

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ УСТАНОВЛЕННЯ ЯК СКЛАДОВОЇ ПРИПУСКУ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

¹Вінницький національний технічний університет

Однією з важливих задач проектування технологічних процесів виготовлення деталей є визначення оптимальних припусків для механічної обробки, оскільки невиправдане збільшення припусків призводить до значних втрат металу, збільшує трудомісткість механічної обробки, а призначення занадто малих припусків може не забезпечити видалення дефектних шарів металу і досягнення необхідних показників якості деталі. Ефективним засобом визначення оптимальних припусків є розрахунково-аналітичний метод, запропонований В. М. Кованом. Відповідно до цього методу складовими мінімального припуску є висота мікронерівностей поверхні та глибина дефектного шару, що утворились під час виготовлення вихідної заготовки або на технологічному переході механічної обробки, який передує виконуваному, просторові відхилення оброблюваної поверхні, а також похибка установлення заготовки у верстатному пристрої, що виникає на виконуваному технологічному переході. Знаходження перших двох складових мінімального пропуску досить просто здійснюється за допомогою нормативних таблиць. Визначення величини просторових відхилень оброблюваної поверхні детально розглянуто в науково-технічній літературі. Разом з тим, рекомендації щодо визначення похибки установлення потребують деякого уточнення. Таким чином, метою роботи є уточнення підходів і рекомендацій щодо визначення похибки установлення, як складової мінімального пропуску.

Показано, що існує суттєва відмінність у знаходженні похибки установлення, як складової сумарної похибки обробки і похибки установлення, як складової мінімального припуску. В першому випадку ця похибка визначається як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента і вимірювальною базою цього розміру, а в другому — знаходиться як поле розсіювання положень оброблюваних поверхонь заготовок партії. Із застосуванням такого підходу розглянуто визначення похибок базування і установлення, як складових мінімального припуску на прикладі розточування отворів в заготовці деталі типу «Важіль».

Ключові слова: мінімальний припуск, розрахунково-аналітичний метод, схема базування, схема установлення, похибка установлення, похибка базування, похибка закріплення, заготовка деталі типу «Важіль».

Вступ

Визначення оптимальних припусків для механічної обробки і проміжних технологічних розмірів є важливим етапом проектування технологічних процесів у машинобудуванні. В серійному і масовому виробництві, коли завищені припуски можуть невиправдано збільшити собівартість продукції, для точнішого визначення припусків бажано використовувати розрахунково-аналітичний метод, запропонований професором В. М. Кованом [1]. Із застосуванням цього методу мінімальний проміжний припуск на механічну обробку заготовок партії визначають за формулами, наведеними в [2], [3]. Зокрема, мінімальний проміжний припуск для обробки площини визначається за формулою

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y_i}, \quad (1)$$

а для обробки циліндричних поверхонь — за формулою

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

де i — порядковий номер виконуваного технологічного переходу; Rz_{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; ρ_{i-1} — просторові відхилення оброблюваної поверхні; ε_{yi} — похибка установаження заготовки у верстатному пристрої, що виникає на виконуваному технологічному переході.

Знаходження складових пропуску Rz , h досить просто здійснюється за допомогою нормативних таблиць [2] та ін.

Рекомендації щодо визначення величини ρ розглянуті в [2]—[4]. Що ж стосується похибки установаження, як складової мінімального припуску, то огляд літератури показує, що рекомендації з її визначення потребують деякого уточнення.

Метою роботи є уточнення методики визначення похибки установаження, як складової мінімального пропуску.

Результати дослідження

Згідно з [5], похибка установаження характеризує відхилення розташування конкретної поверхні предмета виробництва. Так, похибка установаження під час розрахунків очікуваної точності обробки визначається як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента і вимірювальною базою цього розміру. Під час знаходження мінімального припуску величину похибки установаження потрібно визначати з урахуванням того, що ця похибка є полем розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента та поверхнею заготовки, з якої зрізатиметься припуск [6]. Наприклад, якщо оброблюваною поверхнею є отвір перед розточуванням, то похибка установаження є полем розсіювання розміру між віссю обертання розточувальної оправки і віссю отвору у заготовці, зі стінок якого буде зрізатися припуск.

З вищевикладеного випливає, що похибка установаження, як складова мінімального припуску, виникає, якщо схема встановлення зумовлює наявність розсіювання положень оброблюваних поверхонь заготовок партії. Якщо обробляються циліндричні поверхні, то розглядається розсіювання положень осей оброблюваних поверхонь. Таким чином, існує суттєва відмінність у знаходженні похибки установаження, як складової сумарної похибки обробки і похибки установаження, як складової мінімального припуску. Наприклад, якщо обробляється отвір або зовнішня циліндрична поверхня, то похибка установаження зовсім не впливає на сумарну похибку отримуваних діаметральних розмірів. Водночас ця похибка, в залежності від вибраної схеми установаження, може суттєво впливати на величину мінімального припуску для обробки як отворів, так і зовнішніх циліндричних поверхонь.

Відомо [7], що похибка установаження залежить від похибки базування (ε_6), похибки закріплення (ε_3) та похибки пристрою і визначається за формулою

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}. \quad (3)$$

Важливо відзначити, що як під час визначення сумарної похибки обробки, так і під час визначення мінімального припуску усі три складові похибки установаження вважаються випадковими величинами, але під час визначення мінімального припуску потрібно розглядати їх вплив на розташування оброблюваної (тобто ще необробленої) на певній операції, переході чи установі поверхні. З цього твердження випливає зокрема, що коли певна поверхня утворюється за рахунок видалення напуску, то похибка установаження зовсім не буде впливати на величину мінімального припуску для жодного з переходів обробки цієї поверхні за умови, що усі ці переходи виконуватимуться на одному установі заготовки.

Похибка базування може бути знайдена за допомогою побудови і розв'язання відповідного технологічного розмірного ланцюга. Ланкою замикання такого ланцюга є розмір між поверхнею, що обробляється, або її віссю (якщо поверхня циліндрична) і будь-якою нерухомою точкою, віссю або площиною верстатного пристрою або настроєного на розмір обробки різального інструмента. Похибка базування шукається як поле розсіювання ланки замикання. У цьому контексті варто зауважити, що формули для визначення похибки базування, які містяться в [5, табл. 18], призначені

тільки для визначення похибки базування як складової сумарної похибки обробки, і тому використовувати цю таблицю для визначення похибки базування як складової мінімального припуску, як це зроблено в [2] і [3], можна лише вибірково. Ця засторога пояснюється тим, що похибка базування, як складова сумарної похибки обробки, визначається на конкретний технологічний розмір або вимогу відносного розташування (допустимі відхилення від співвісності, паралельності, перпендикулярності, перетину осей тощо). Разом з тим, похибка базування, як складова мінімального припуску для механічної обробки партії заготовок на настроєному верстаті, є полем розсіювання розташування саме тієї поверхні заготовки, для обробки якої й визначається мінімальний припуск. Причому наявність чи відсутність цього розсіювання зумовлюється тільки особливостями використовуваної на цій операції схеми базування заготовки.

Розглянемо приклад визначення похибки установлення, як складової мінімального припуску на прикладі першої операції механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль». Частково ця задача розглянута у [8]. Вважатимемо, що для установлення у верстатний пристрій використана одна з поширених схем базування заготовок такого типу деталей (рис. 1). Припустимо, що вихідною заготовкою є виливок. Вважатимемо, що цей метод виготовлення заготовки забезпечує наявність у ній отворів *A* та *B*. Вважатимемо також, що на операції з одного установка фрезеруються площини, що прилягають до отворів *A* і *B*, і розточуються попередньо й остаточно ці отвори.

Спрощена конструктивна схема верстатного пристрою разом із закріпленою у ньому заготовкою, що відповідає вибраній схемі базування, показана на рис. 2.

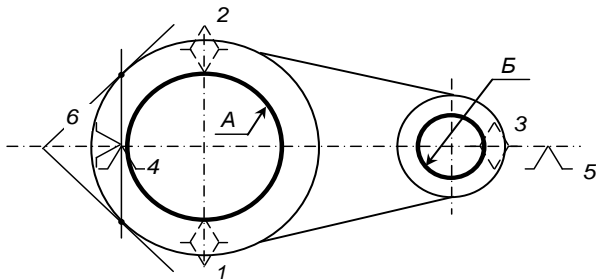


Рис. 1. Схема базування заготовки деталі типу «Важіль»

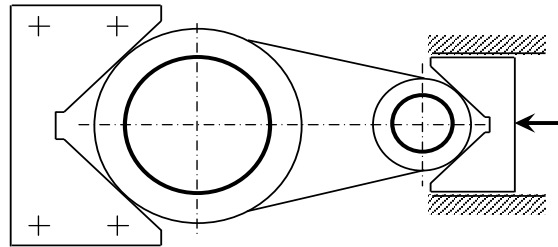


Рис. 2. Спрощена конструктивна схема верстатного пристрою

Розглянемо визначення спочатку похибки базування, а потім і похибки установлення як складових мінімального припуску для обробки отвору *A*. Схема, що пояснює механізм виникнення похибки базування, показана на рис. 3.

Граничні положення осей необроблених отворів під час базування партії заготовок

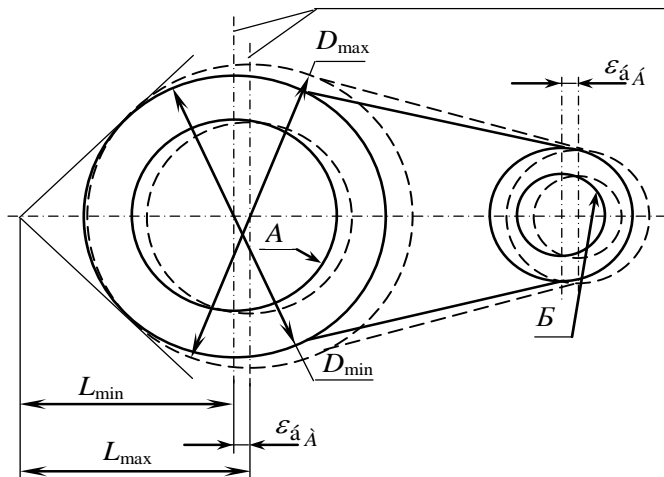


Рис. 3. Схема, що пояснює механізм виникнення похибки базування

Як випливає з рис. 3, похибка базування може розглядатись як поле розсіювання розміру L , який з'єднує лінію перетину граней нерухомої призми з віссю необробленого отвору у вихідній заготовці. Таким чином, вважатимемо, що похибка базування, як складова мінімального припуску для першого переходу механічної обробки отвору *A*, становить

$$\varepsilon_{\delta_A} = L_{\max} - L_{\min}. \quad (4)$$

Розрахункова схема для визначення похибки базування показана на рис. 4. Під час визначення як похибки базування, так і похибки установлення вважатимемо, що отвір у вихідній заготовці та зовнішня циліндрична поверхня співвісні, оскільки можливе відхилення цих поверхонь від співвісності враховується іншою складовою мінімального припуску — величиною просторових відхилень ρ .

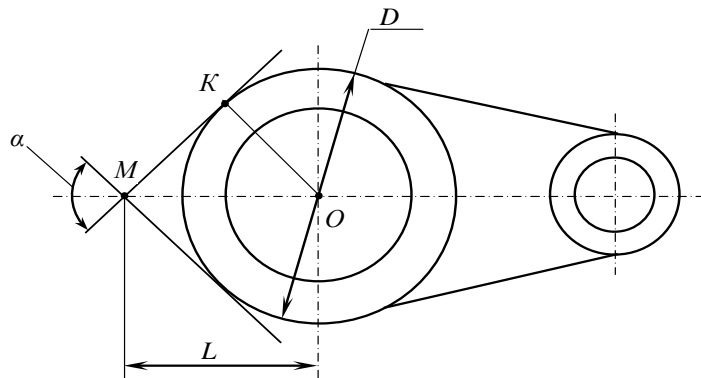


Рис. 4. Розрахункова схема для визначення похибки базування

Зі схем, показаних на рис. 3 і рис. 4, випливає, що

$$L = D / 2 \sin \frac{\alpha}{2},$$

де α — кут призми.

Відповідно,

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

$$L_{\min} = D_{\min} / 2 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (6)$$

Підставивши (5) і (6) в (4), отримаємо:

$$\varepsilon_{\delta_A} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad \text{або} \quad \varepsilon_{\delta_A} = \frac{T(D)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$$

де $T(D)$ — допуск діаметрального розміру D .

Похибки ε_3 та $\varepsilon_{\text{пр}}$ під час визначення мінімальних припусків зазвичай не розраховують, а користуються таблицями [2], [3] та ін., у яких наведені середньостатистичні кількісні значення суми цих похибок (в таблицях [2], [3] ця сума означена як «похибка закріплення»). З урахуванням цього формулу (3) можна записати у вигляді

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (7)$$

Оскільки вихідна заготовка є твердим тілом, то зміщення осі отвору B через особливості вибраної схеми установлення будуть такими ж, як і зміщення осі отвору A , тобто у прикладі, що розглядається, $\varepsilon_{\delta_A} = \varepsilon_{\delta_B}$ і $\varepsilon_{y_B} = \varepsilon_{y_A}$.

Визначення похибки установлення для подальших переходів механічної обробки отворів A і B може бути виконане за рекомендаціями [2], [3].

В подальшому дослідженні автори планують розглянути інші поширені способи установлення заготовок і отримати формули для знаходження похибки установлення як складової мінімального припуску.

Висновки

1. Показано, що існує суттєва відмінність у знаходженні похибки установлення, як складової сумарної похибки обробки і похибки установлення, як складової мінімального припуску. В пер-

шому випадку ця похибка визначається як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента і вимірювальною базою цього розміру, а в другому — знаходиться як поле розсіювання положень оброблюваних поверхонь заготовок партії.

2. Із застосуванням запропонованого підходу розглянуто визначення похибки базування і похибки установлення, як складових мінімального припуску на прикладі розточування отворів в заготовці деталі типу «Важіль».

3. Результати роботи можуть бути використані для проектування технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві, а також у навчальному процесі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. М. Кован, *Расчет припусков на обработку в машиностроении*. Москва: Машгиз, 1953, 208 с.
- [2] В. В. Бабук, и др., В. В. Бабук, Ред. *Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении*. Минск: Вышэйшая школа, 1987, 255 с.
- [3] А. Ф. Горбачевич, и В. А. Шкред, *Курсовое проектирование по технологии машиностроения*, учеб. пос. Москва, РФ: ООО ИД «Альянс», 2007, 256 с.
- [4] 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.
- [5] В. Б. Борисов, и др., А. Г. Косилова, и Р. К. Мещеряков, Ред. *Справочник технолога-машиностроителя*, в 2 т, т. 1. Москва: Машиностроение, 1985, 656 с.
- [6] О. В. Дерібо, *Основи технології машинобудування*, ч. 2, навч. посіб. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2015, 112 с.
- [7] В. М. Кован, и др., В. С. Корсаков, Ред., *Основы технологии машиностроения*, Москва: Машиностроение, 1977, 416 с.
- [8] О. В. Дерібо, і Ж. П. Дусанюк, «Особенности визначення складових мінімального припуску для розточування отворів в заготовках деталей типу "Важіль",» на *XLIX Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету «НТКП ВНТУ-2020»* (Вінниця, 11-20 березня 2020 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 13.04.2020

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

Дусанюк Жанна Павлівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Deribo¹
Zh. P. Dusaniuk¹

Features of Determination of an Error of Installation as a Component of Machining Allowance

¹Vinnitsia National Technical University

One of the important tasks of designing manufacturing processes for manufacturing parts is to designate optimal allowances for machining, since an unjustified increase in allowances leads to significant metal losses, increases the complexity of machining, and the appointment of unjustifiably small allowances may not ensure the removal of defective metal layers and achieve the required performance quality details. An effective means of determining the optimal allowances is the calculation-but-analytical method proposed by V. M. Kovan. In accordance with this method, the components of the minimum allowance are the height of the surface roughness and the depth of the defective layer formed during the manufacture of the initial billet or at the previous technological transition of machining, spatial deviations of the machined surface, and also the error in the installation of the billet in the machine tool adaptation to ongoing technological transition. Finding the first two components of the minimum pass is usually carried out using normative tables. The determination of the spatial deviations of the processed surface is discussed in detail in the scientific and technical literature. At the same time, recommendations for determining the installation error require some clarification. Thus, the aim of the work is to clarify approaches and recommendations for determining the installation error as a component of the minimum pass.

It is shown that finding the installation error as a component of the total processing error and finding the installation error as a component of the minimum allowance are significantly different. In the first case, this error is defined as the size disper-

sion field between the top of the tool adjusted to the size and the measuring base of this size, and in the second, it is found as the dispersion field of the positions of the machined surfaces of the batch blanks. Using this approach, the determination of basing and installation errors as components of the minimum allowance is considered using the example of boring holes in a workpiece of the Lever type.

Keywords: minimum allowance, calculation and analytical method, basing scheme, installation scheme, installation error, baseline error, fixing error, part of the “Lever” type.

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

Dusaniuk Zhanna P. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Technology and Automation of Mechanical Engineer

А. В. Дерибо¹
Ж. П. Дусанюк¹

Особенности определения погрешности установки как составляющей припуска на механическую обработку

¹Винницкий национальный технический университет

Одной из важных задач проектирования технологических процессов изготовления деталей является назначение оптимальных припусков для механической обработки, поскольку неоправданное увеличение припусков приводит к значительным потерям металла, увеличивает трудоемкость механической обработки, а назначение неоправданно малых припусков не может обеспечить удаление дефектных слоев металла и достижения требуемых показателей качества детали. Эффективным средством определения оптимальных припусков является расчетно-аналитический метод, предложенный В. М. Кованом. В соответствии с этим методом составляющими минимального припуска является высота микронеровностей поверхности и глубина дефектного слоя, образовавшихся при изготовлении исходной заготовки или на предыдущем технологическом переходе механической обработки, пространственные отклонения обрабатываемой поверхности, а также погрешность установки заготовки в станочном приспособлении на выполняемом технологическом переходе. Нахождение первых двух составляющих минимального пропуса обычно осуществляется с помощью нормативных таблиц. Определение величины пространственных отклонений обрабатываемой поверхности подробно рассмотрены в научно-технической литературе. Вместе с тем, рекомендации по определению погрешности установки требуют некоторого уточнения. Таким образом, целью работы является уточнение подходов и рекомендаций по определению погрешности установки, как составляющей минимального пропуса.

Показано, что определение погрешности установки, как составляющей суммарной погрешности обработки и определение погрешности установки, как составляющей минимального припуска существенно отличаются. В первом случае эта погрешность определяется как поле рассеяния размера между вершиной настроенного на размер инструмента и измерительной базой этого размера, а во втором — находится как поле рассеяния положений обрабатываемых поверхностей заготовок партии. С применением такого подхода рассмотрено определение погрешностей базирования и установки, как составляющих минимального припуска на примере растачивания отверстий в заготовке детали типа «Рычаг».

Ключевые слова: минимальный припуск, расчетно-аналитический метод, схема базирования, схема установка, погрешность установки, погрешность базирования, погрешность закрепления, деталь типа «Рычаг».

Дерибо Александр Владимирович — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологий и автоматизации машиностроения, deriboov@ukr.net ;

Дусанюк Жанна Павловна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения