



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«РОЗРАХУНОК І ПРОЄКТУВАННЯ ШТАМПОВАНОЇ ПОКОВКИ
ГЛАДКОГО СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА»

з курсу
«Технологічні основи машинобудування»

Харків
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
**«РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПОВАНОЇ ПОКОВКИ
ГЛАДКОГО СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА»**

з курсу
«Технологічні основи машинобудування»
для студентів спеціальності «Прикладна механіка»
денної, заочної та дистанційної форм навчання

Затверджено редакційно-
видавничою радою університету,
протокол № 3 від «06» листопада 2019 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2020

Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Розрахунок і проектування штампованої поковки гладкого ступінчастого вала» по курсу «Технологічні основи машинобудування» для студентів спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізації «Інтегровані технології машинобудування» та «Інструментальне виробництво») денної, заочної та дистанційної форм навчання / уклад.: І.М. Пижов. - Харків: НТУ «ХП», 2020. – 19 с.

Укладач І.М. Пижов

Рецензент В.М. Доля

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка

Зміст	
1. Поковки сталеві штамповані. загальні відомості.....	4
2. Особливості проектування штампувань.....	6
3. Приклад проектування штампування.....	8
Контрольні запитання.....	16
Список літератури.....	17

Мета роботи. Метою цієї практичної роботи є засвоєння методики проектування заготовки – штампованої поковки при розробці технології виготовлення гладкого ступінчастого вала на базі використання стандартних припусків на механічну обробку.

1. Поковки сталеві штамповані. Загальні відомості

Для виробництва деталей необхідно мати початкові заготовки. Вибір виду заготовки багато в чому залежить від конструкції деталі і типу виробництва. Процес вибору заготовки багатоваріантний і має бути економічно обґрунтований. Одним з основних видів заготовок в машино- і приладобудуванні, призначених для виготовлення деталей типу валів (гладкі, ступінчасті вали, вали-шестерні, вали черв'яки і так далі), є поковки, що отримуються вільним куванням і гарячим об'ємним штампуванням (ГОШ).

Основний матеріал для вільного кування і ГОШ – це сталь. Вільним куванням виготовляють заготовки для виконання невеликих замовлень. Як технологічне устаткування використовують ковальські молоти і гідравлічні преса. У серійному і масовому виробництвах застосування вільного кування нерациональне, оскільки продуктивність цього способу невелика, а припуски на обробку значні [1].

ГОШ – це вид обробки металів тиском, при якому формоутворення поковки з нагрітої заготовки здійснюють за допомогою спеціального інструменту – штампа. Течія металу обмежується поверхнями порожнин, виготовлених в окремих частинах штампа, так що в кінцевий момент штампування вони утворюють єдину замкнуту порожнину (струмок) за конфігурацією поковки. Може здійснюватися у відкритих і закритих штампах (облойне і безоблойне штампування відповідно, рис. 1) 2].

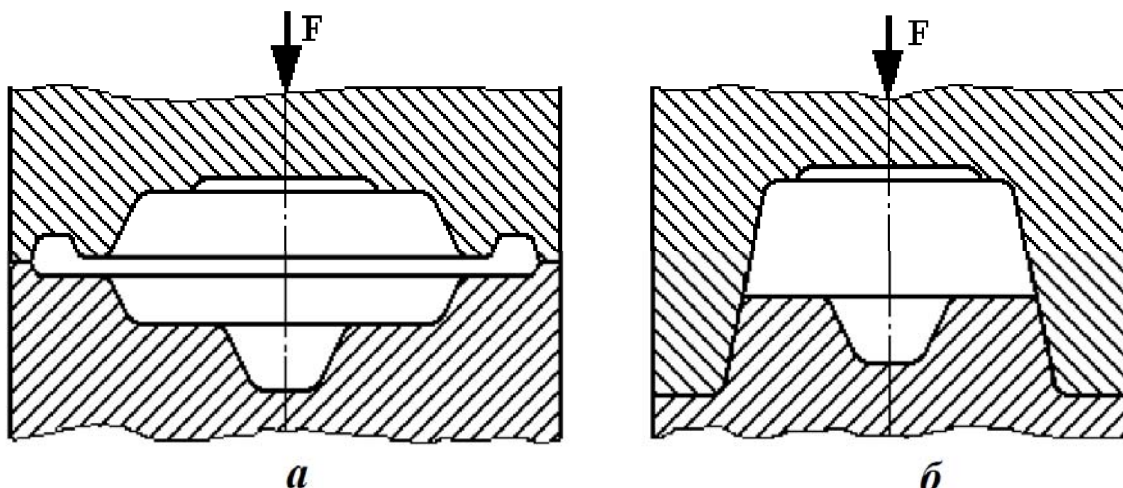


Рисунок 1 - Схеми об'ємного штампування [2]:

a- у відкритих штампах; *б*- в закритих штампах

При облойному штампуванні об'єм початкової заготовки беруть більшим, ніж об'єм отримуваної поковки. Метал, що деформується, тече не

лише в робочу порожнину (струмок) штампа, яка відповідає формі поковки, але і в проміжок між його рухомою і нерухомою частинами. В результаті цього утворюється облой (задирка який згодом віддаляється на вирубному штампі. У зв'язку з існуванням у процесі облойного штампування змінного проміжку між рухомою і нерухомою частинами штампа, через який тече метал, що деформується, цей вид об'ємного штампування також називають штампуванням у відкритих штампах. Це дозволяє не ставити високих вимог до точності розкрою (відрізки) початкових заготовок.

Безоблойне штампування характеризується тим, що порожнина штампа в процесі деформації металу залишається закритою. Проміжок між рухомою і нерухомою частинами штампа при цьому постійний і невеликий, і він потрібний головним чином для створення рухливості однієї частини штампу відносно іншої (щоб виключити їх заклинювання). Об'єм початкової заготовки дорівнює об'єму отримуваної поковки, утворення облою тут не передбачається, завдяки чому метал, що деформується, витрачається економніше.

У той же час відрізка початкових заготовок тут повинна виконуватися з високою точністю розмірів. При недостатньому об'ємі заготовки поковки будуть з неформленими кутами, а при завищеному об'ємі заготовок товщина поковок буде більше заданою кресленням. Термін служби закритих штампів менший, ніж відкритих, оскільки в них розвиваються більш високі тиски.

Як заготовка для гарячого штампування застосовується прокат круглого, квадратного, прямокутного профілів, а також періодичний. При цьому прутки розрізають на окремі (мірні) заготовки, хоча іноді штампують з прутка з подальшим відділенням поковки безпосередньо на штампувальній машині.

У порівнянні з куванням штампування має ряд переваг. Гарячим об'ємним штампуванням можна отримувати поковки складної конфігурації без напуску, що при куванні неможливо. Допуски на штамповану поковку в 3-4 рази менші, ніж на отриману вільним куванням. Внаслідок цього значно скорочується об'єм подальшої обробки різанням.

Продуктивність штампування значно вища – десятки та сотні поковок у годину.

У той же час штамп – дорогий інструмент і придатний тільки для виготовлення якийсь одній, конкретної поковки. У зв'язку з цим штампування економічно доцільне лише при виготовленні досить великих партій однакових поковок.

Таким чином, за допомогою ГОШ можна отримати заготовки з високими механічними властивостями і з мінімальними припусками на обробку різанням [1], [2], [7]. В якості технологічного устаткування для отримання штампованих поковок часто використовують універсальні пароповітряні штампувальні молоти, кривошипні гарячештампувальні преса (КГШП), горизонтально-кувальні машини (ГКМ) і гідравлічні преса зусиллям до 750 МН. Устаткування для штампування може бути об'єднане в

гнучкі виробничі модулі, оснащені роботами-маніпуляторами з комп'ютерним керуванням.

У нашому випадку використовуватимемо заготовки, отримані ГОШ.

2. Особливості проектування штампувань

Якщо до креслення готової деталі приєднати загальні припуски на усі поверхні, то отримують початкову заготовку (до обробки різанням). Таким чином, припуском називається шар металу, що передбачений на заготовці і підлягає видаленню при обробці різанням для отримання готової деталі.

Метал, залишений у виїмках, пазах і отворах відливань і поковок (рис. 2), утворює напуск, що також видаляється при обробці. Напуск – це параметри, які належать безпосередньо до кування. Це можуть бути штампувальні уклони, радіальні внутрішні закруглення, перемички, доповнюючі припуски отворів, та ін.

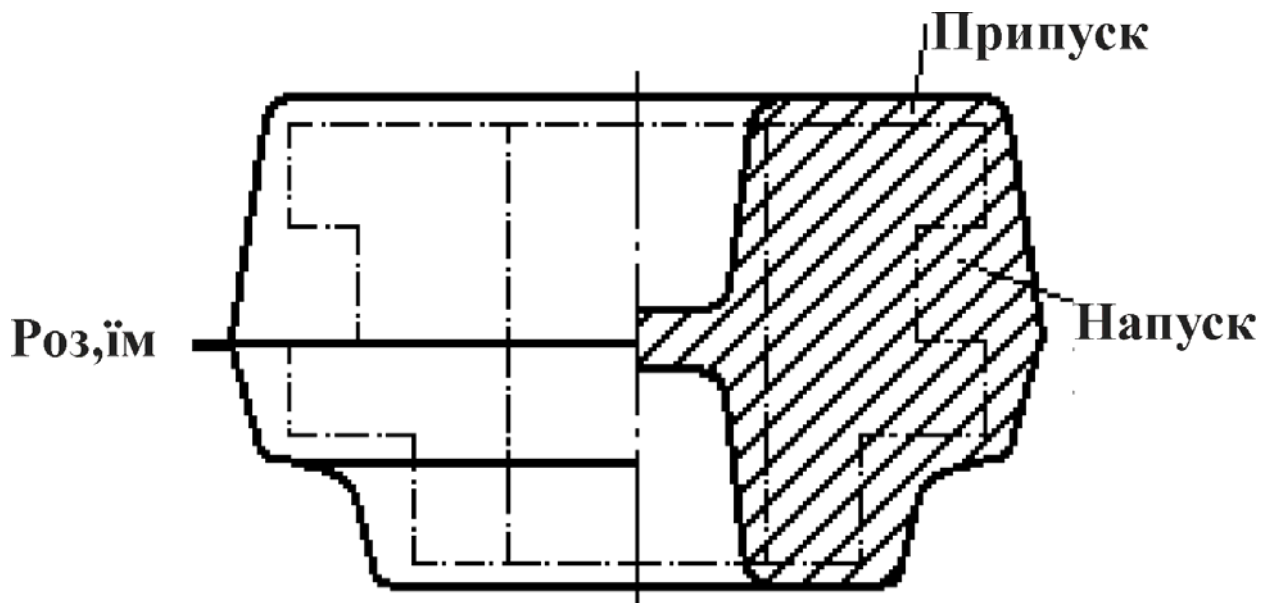


Рисунок 2 - Припуски і напуски в штампованій поковці [2]

Величина припуску залежить від розмірів деталі, виду заготовки, матеріалу і вимог до деталі. Припуск має бути мінімальним, але достатнім для отримання деталі заданих розмірів і якості.

Конструювання поковки повинне робитися після розробки технологічного маршруту обробки заготовки різанням (плану обробки). Використовуються креслення готової деталі і вимоги ДСТ 7505–89. Контур готової деталі на кресленні викреслюється штрихпунктирними або тонкими суцільними лініями, а контур поковки має бути викреслений навколо контура готової деталі суцільними лініями збільшеної товщини.

Конструювання поковки виконується в такому порядку [1], [2], [7]: вибір класу точності поковки; визначення групи сталі; визначення міри складності поковки; вибір конфігурації поверхні рознімання штампа; визначення початкового індексу поковки; встановлення припусків на механічну обробку і вибір ковальського напуску (рис. 2); визначення

допусків на розміри поковки; оцінка технологічності конструкції заготовки і у разі потреби внесення відповідних коректив.

Припуск на обробку може бути визначений розрахунково-аналітичним методом [1] (розраховуються мінімальні операційні припуски відповідно до технологічного маршруту обробки) чи призначений за таблицями (ДСТ 7505-89). Допуски на штампування призначають також за цим стандартом. Вони враховують можливі відхилення від номінальних розмірів внаслідок недоштамповки по висоті, зрушення штампів, їх зносу і т.п.

Для полегшення заповнення порожнини штампа і витягання з неї поковки бічні поверхні останньої повинні мати штампувальні уклони (див. рис. 2). Штампувальні уклони призначають понад припуску. Вони підвищують відхід металу при механічній обробці і обважнюють поковку. Уклон залежить від глибини і складності порожнини, вживаного для штампування устаткування і коливається для сталевих поковок у межах 3 – 10°. Для зовнішніх поверхонь поковки (внаслідок температурної усадки) штампувальні уклони приймають меншими, ніж для внутрішніх.

Клас точності поковки встановлюється залежно від технологічного процесу обробки тиском і устаткування, використовуваного для її виготовлення (табл. 1), а також виходячи з вимог, що ставляться до точності розмірів поковки (ДСТ 7505-89).

Таблиця 1– До вибору класу точності поковок

Основне деформувальне устаткування, технологічні процеси	Клас точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипні гарячештампувальні преси:					
- відкрите (облойне) штампування				+	+
- закрите штампування		+	+		
- витискування			+	+	
Горизонтально-кувальні машини				+	+
Преси гвинтові, гідравлічні				+	+
Гарячештампувальні автомати		+	+		
Штампувальні молоти				+	+
Калібрування об'ємне (гаряче і холодне)	+	+			
Прецизійне штампування	+				

Стосовно валів призначення діаметральних розмірів заготовок не викликає особливих складнощів. Що стосується лінійних розмірів, то необхідно пам'ятати, що вони мають бути проставлені від указаних початкових технологічних установчих баз (ТУБ), використовуваних при механічній обробці. Завдання ускладнюється ще і тим, що технолог часто вимушений вводити в техпроцес (ТП) технологічні розміри [3], які не збігаються з конструкторськими розмірами, але є зручнішими для виготовлення деталі. Заготовка повинна проектуватися з урахуванням саме технологічних розмірів. Виявлення і визначення технологічних розмірів

робиться шляхом побудови і розрахунку технологічних розмірних ланцюгів [3], [4].

Вибір ТУБ багато в чому залежить від використовуваного в техпроцесі устаткування. Розглянемо два можливі варіанти обробки ступінчастих валів: на багаторізцевих (попередня обробка) і гідрокопіювальних (чистова обробка) токарних напівавтоматах і верстатах з ЧПУ. У першому випадку зручно використати систему настроювальних технологічних баз (НТБ) [3], а в другому – розміри до торців східців, як правило, проставляються координатним методом [6] від однієї ТУБ (наприклад, торця деталі).

НТБ – поверхня заготовки, по відношенню до якої орієнтуються оброблювальні поверхні, пов'язана з ними безпосередніми розмірами і утворювана при одному установі з даними поверхнями заготовки [3]. НТБ, як правило, пов'язана безпосередніми розмірами з опорною ТУБ (в даному випадку торцем вала). Заготовка може мати декілька настроювальних баз одного напрямку розмірів, що утрудняє налаштування верстата, проте створює можливість безпосередньої простановки розмірів між поверхнями, взаєморозташування яких важливе для виробу. Це розширює можливості простановки розмірів на кресленнях, оскільки їх можна встановлювати не лише від опорних, але і від вимірювальних баз, які можна використати як НТБ.

Крім того, використання НТБ сприяє спрощенню конструкції пристосування концентрації операції ТП і скороченню загального числа операцій, дають можливість проміру заготовок безпосередньо на верстаті. Це компенсує у великосерійному виробництві ускладнення налагодження верстата [3].

Особливо яскраво переваги НТБ проявляються при використанні багаторізцевих верстатів і верстатів автоматів, верстатів з копіювальними пристроями, верстатів з ЧПУ і ОЦ, які вимагають створення складних концентрованих операцій, а також при багатопозиційній обробці.

Крім того, відомо, що при установці заготовки на опорну поверхню завжди виникають похибки закріплення, що збільшує загальну похибку обробки розмірів, проставлених від цієї бази. При використанні НТБ – ці похибки виключаються.

3. Приклад проектування штампування

На рис. 3 приведений ескіз ступінчастого вала (спрощено) з вказівкою виконуваних розмірів і вимог по шорсткості. Конструкторські і технологічні діаметральні розміри збігаються. Проте цього не можна сказати про лінійні розміри. На рисунку 3 конструкторські лінійні розміри наведені згори, технологічні знизу ескізу. Виявлення і розрахунок технологічних розмірів для даного випадку виконане в [5]. Вимагається сконструювати початкову заготовку із сталі 40Х, що виготовляється гарячим об'ємним штампуванням. Використовуючи рекомендації ДСТ 7505-89, а також іншу технічну літературу [1], [2], [7], [8], [9] визначаємо необхідні дані для проектування заготовки.

Враховуючи властивості матеріалу деталі, її масу, форму, розміри і тип виробництва, поковку доцільно виконувати в закритому штампі на молоті. Нагрівання заготовки робиться полум'яним способом у печі.

Керуючись правилом, що в площині рознімання штампа повинні розташовуватися два невеликі габаритні розміри поковки, приймаємо, що вісь поковки знаходиться в площині рознімання штампа і розташована горизонтально [7].

На етапі розробки маршрутної технології були виявлені технологічні лінійні розміри, і на базі розв'язку пов'язаних розмірних ланцюгів [5] встановлені їх номінальні розміри і поля допусків.

Вал при обробці на токарних і круглошліфувальних верстатах встановлюється в центрах. При цьому передбачається, що на токарних верстатах положення базового лівого торця визначається використанням самоповідкового патрона з лівим плаваючим центром, а у разі виконання шліфувальних операцій на верстатах з ЧПУ – за допомогою щупа. Для налагодження верстатів використовується система НТБ. Так, при обробці правої частини вала, лівий крайній торець є наполегливою базою для налаштування лінійного розміру 330 мм, а торець, що об'єднує розміри 330 і 23, є настроювальною базою відповідно для розміру 23 (НТБ₂₃). При обробці лівої частини вала – це відповідно настроювальна технологічна база НТБ₄₂ (торець, що об'єднує розміри 435 і 42). Вона безпосередньо пов'язана з наполегливою базою (правим крайнім торцем деталі, який після переустановлення деталі займає місце лівого торця). Основним завданням проектування заготовки є призначення загальних припусків на механічну обробку, допусків і граничних відхилень (у нашому випадку на базі рекомендацій ДСТ 7505-89), що допускаються, і розрахунок на їх основі діаметральних і лінійних розмірів.

Для вирішення поставленої задачі попередньо необхідно визначити клас поковки, групу сталі, ступінь складності і вихідний індекс поковки [7], [8]. З метою зменшення припусків на механічну обробку приймаємо поковку І класу точності (підвищена точність). За ДСТ 7505 – 89 визначаємо, що група сталі М2 (сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,35 до 0,65 % включно або сумарною масовою часткою легуючих елементів понад 2,0 до 5,0 % включно).

Ступінь складності поковки розраховується за формулою:

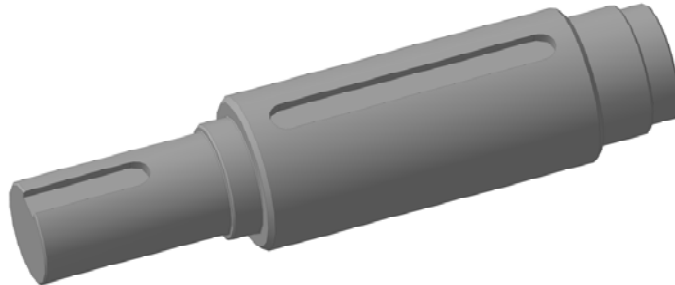
$$C = \frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{о.ц.п.}}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{о.ц.д.}}},$$

де $m_{\text{п}}$, $m_{\text{д}}$, $m_{\text{о.ц.п.}}$, $m_{\text{о.ц.д.}}$ – маси поковки, деталі і циліндрів описаних навколо поковки і деталі відповідно.

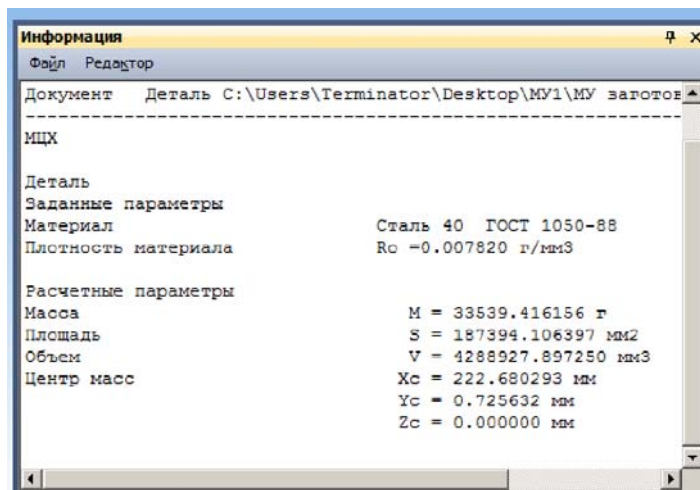
Оскільки дані про поковку ще невідомі, розрахунки ведемо, використовуючи дані про деталь. Зазвичай це роблять шляхом поелементного розрахунку з подальшим підсумовуванням їх результатів.

Ми можемо скористатися можливостями графічного редактора КОМПАС. Для цього після побудови 3D моделі вала необхідно вибрати

«Сервіс» → « МЦХ моделі» (рис. 4). У нашому випадку маса деталі (без урахування пазів і фасок) становить $m_d \approx 33,5$ кг. Визначимо масу циліндра, описаного навколо вала, діаметр якого дорівнює максимальному діаметру розглянутого вала ($d_{д.макс} = 120$ мм) и довжиною $l_d = 500$ мм.



a



б

Рисунок 4 – 3D-модель вала (*a*) і результати розрахунку його маси (*б*)

Це можна зробити різними способами, наприклад, з використанням ДСТ 2590 – 88. Маса одного погонного метра круглої сталі цього діаметра згідно з ДСТ 2590 – 88 становить $m_{п.м.} = 88,78$ кг. Тоді маса шуканого циліндра в кілограмах становитиме:

$$m_{о.ц.д.} = 0,001 m_{п.м.} l_d = 0,001 \cdot 88,78 \cdot 500 = 44,39 \text{ кг.}$$

Звідси маємо, що

$$C = \frac{33,5}{44,39} = 0,755.$$

Згідно з ДСТ 7505-89 це відповідає мірі складності С1.

Для подальшої роботи з проектування поковки необхідно знайти її масу. На цій стадії роботи можна обмежитися її орієнтовним значенням. Для цього користуються формулою коефіцієнта використання металу:

$$K_{и.м} = m_d / m_p.$$

Середнє значення цього коефіцієнта для штампованих поковок стосовно деталей підкласу валів знаходиться в межах 0,75 ... 0,8. Тоді маємо, що орієнтовна маса поковки буде дорівнювати:

$$m_{\text{п}} = \frac{33,5}{0,75} = 44,67 \text{ кг.}$$

Припуски визначаються залежно від величини розміру параметрів шорсткості і вихідного індексу. Вихідний індекс визначається залежно від маси, марки сталі, її ступеня і складності та класу точності поковки. Згідно з ДСТ 7505-89 кування масою 44,67 кг (М2, С1, Т1) має вихідний індекс 9.

При розрахунку розмірів поковки з відхиленнями, що допускаються користуються таблицями ДСТ 7505 - 89. Для цього необхідно знати, що загальний припуск (на сторону, $Z_{\text{общ}}$) включає в себе основний припуск на механічну обробку ($Z_{\text{о}}$, ДСТ 7505 – 89 табл. 3) і додаткові припуски – зміщення поковки ($Z_{\text{см}}$, ДСТ 7505 – 89 табл. 4) і зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності ($Z_{\text{из}}$, ДСТ 7505 – 89 табл. 5). Якщо припуски двосторонні (симетричні), то береться подвоєне табличне значення.

У разі полум'яного нагріву поковки загальний припуск на сторону рекомендується збільшувати на $Z_{\text{ув}}=1$ мм у зв'язку з чадом і знеуглецюванням поверхневого шару металу [7]. Результати розрахунку для діаметрів і довжин ступенів поковки зводимо в таблицю 2 (тут d, l – номінальні діаметри і довжини ступенів деталі; $Z_{\text{общ}}$ – загальний припуск на діаметр або ступінь; $d_{\text{п}}, l_{\text{п}}$ – діаметри і довжини ступенів поковки; ES, EI – граничні відхилення на діаметр або довжину ступені поковки).

Виконуємо креслення заготовки - штампування (рис. 5). Як свідчать розрахунки, наведені в таблиці 2, якщо для розміру, що належить до довжини ступеня вала, припуски зліва і справа будуть однаковими, то сам розмір за номіналом буде дорівнювати номінальному розміру деталі. Це пояснюється тим, що зняття припуску зліва веде до зростання значення розміру, а справа – до його зменшення. Якщо відмічені припуски не рівні один одному, то номінальний розмір заготовки може бути як меншим, так і більшим відповідного розміру на кресленні деталі. Креслення поковки повинно містити усі дані, необхідні для виготовлення, контролю і приймання поковки, і виконується відповідно до вимог стандартів ЄСКД. В основному написі креслення під найменуванням деталі пишуть «Поковка штампована». Слід також урахувувати рекомендації ДСТ 3.1126-88 «Правила виконання графічних документів на поковки».

Для виконання креслення поковки використовують креслення деталі або його копію [7]. Положення заготовки на кресленні має відповідати її положенням у процесі штампування. При зображенні деталі на цьому кресленні різьблення, отвори, канавки, западини, виточки, що не виконуються в поковки, виключаються або спрощуються.

Таблиця 2 – Припуски і допуски на розміри штампованої поковки

$d, l, \text{ мм}$	$R_a, \text{ мкм}$	$Z_{\text{общ}} = Z_o + Z_{\text{см}} + Z_{\text{из}} + Z_{\text{уб}}, \text{ мм}$	$ES, EI, \text{ мм}$	$d_{\text{п}}, l_{\text{п}}, \text{ мм}$
Ø 90	1,25	$2 \cdot (1,5 + 0,3 + 0,4 + 1) = 6,4$	+0,9; -0,5	Ø 96,4 ^{+0.9} _{-0.5}
Ø 100	6,3	$2 \cdot (1,4 + 0,3 + 0,4 + 1) = 6,2$	+0,9; -0,5	Ø 106,2 ^{+0.9} _{-0.5}
Ø 120	0,4	$2 \cdot (1,6 + 0,3 + 0,4 + 1) = 6,6$	+1,1; -0,5	Ø 126,6 ^{+1.1} _{-0.5}
Ø 80	0,4	$2 \cdot (1,5 + 0,3 + 0,4 + 1) = 6,4$	+0,9; -0,5	Ø 86,4 ^{+0.9} _{-0.5}
500	12,5	$2 \cdot (1,5 + 0,3 + 0,4 + 1) = 6,4$	+1,6; -0,9	506,4 ^{+1.6} _{-0.9}
330*	12,5; 2,5	$(1,5 + 0,3 + 0,4 + 1) +$ $+(1,7 + 0,3 + 0,3 + 1) = 6,5$	+1,4; -0,8	336,5 ^{+1.4} _{-0.8}
$d, l, \text{ мм}$	$R_a, \text{ мкм}$	$Z_{\text{общ}} = Z_o + Z_{\text{см}} + Z_{\text{из}} + Z_{\text{уб}}, \text{ мм}$	$ES, EI, \text{ мм}$	$d_{\text{п}}, l_{\text{п}}, \text{ мм}$
23*	2,5; 6,3	$+(1,7 + 0,3 + 0,3 + 1) -$ $-(1,3 + 0,3 + 0,1 + 1) = -0,6$	+0,8; -0,4	22,4 ^{+0.8} _{-0.4}
435*	12,5; 6,3	$(1,5 + 0,3 + 0,4 + 1) +$ $+(1,8 + 0,3 + 0,3 + 1) = 6,6$	+1,6; -0,9	441,6 ^{+1.6} _{-0.9}
42*	6,3; 2,5	$(1,8 + 0,3 + 0,3 + 1)$ $-(1,4 + 0,3 + 0,1 + 1) = -0,6$	+0,9; -0,5	Ø 41,4 ^{+0.9} _{-0.5}

* Примітка. Допуски взяті на сторону. Для розмірів 23 і 42 припуски, суміжні з розмірами 330 і 435 відповідно, взяті з розрахунку для останніх розмірів як великі за величиною.

При кресленні поковки враховують усі припуски на механічну обробку і ковальські напуски [8] (штампувальні уклони, внутрішні радіуси заокруглень тощо) із зазначенням їх розмірів. Проставляння розмірів поковки потрібно робити тільки від баз, прийнятих для механічної обробки.

Усі пересічні поверхні поковок сполучаються за радіусами [2]. Розрізняють зовнішні і внутрішні радіуси округлення відповідно зовнішніх і внутрішніх кутів поковок. Використання зовнішніх радіусів запобігає надмірній концентрації напружень і знижує зусилля, необхідні для заповнення кутів і забезпечення плавної зміни напрямку волокон.

Використання внутрішніх радіусів сприяє запобіганню утворення затискачів або перерізання волокон. Радіуси закруглення внутрішніх кутів поковки впливають на умови течії металу, стійкість штампа і якість поковок. Величина внутрішніх штампувальних радіусів приймається більшою від відповідних зовнішніх радіусів.

Значення радіусів заокруглень рекомендується вибирати з ряду нормальних лінійних розмірів (ДСТ 6636-69) і по можливості їх уніфікувати (в межах одного штампування). Це сприяє зниженню трудомісткості виготовлення штампа і різального інструменту.

Зовнішні радіуси призначають залежно від маси поковки і глибини порожнини струмка штампа за ДСТ 7505 - 89. Так, наприклад, у нашому випадку при масі поковки ≈ 45 кг.

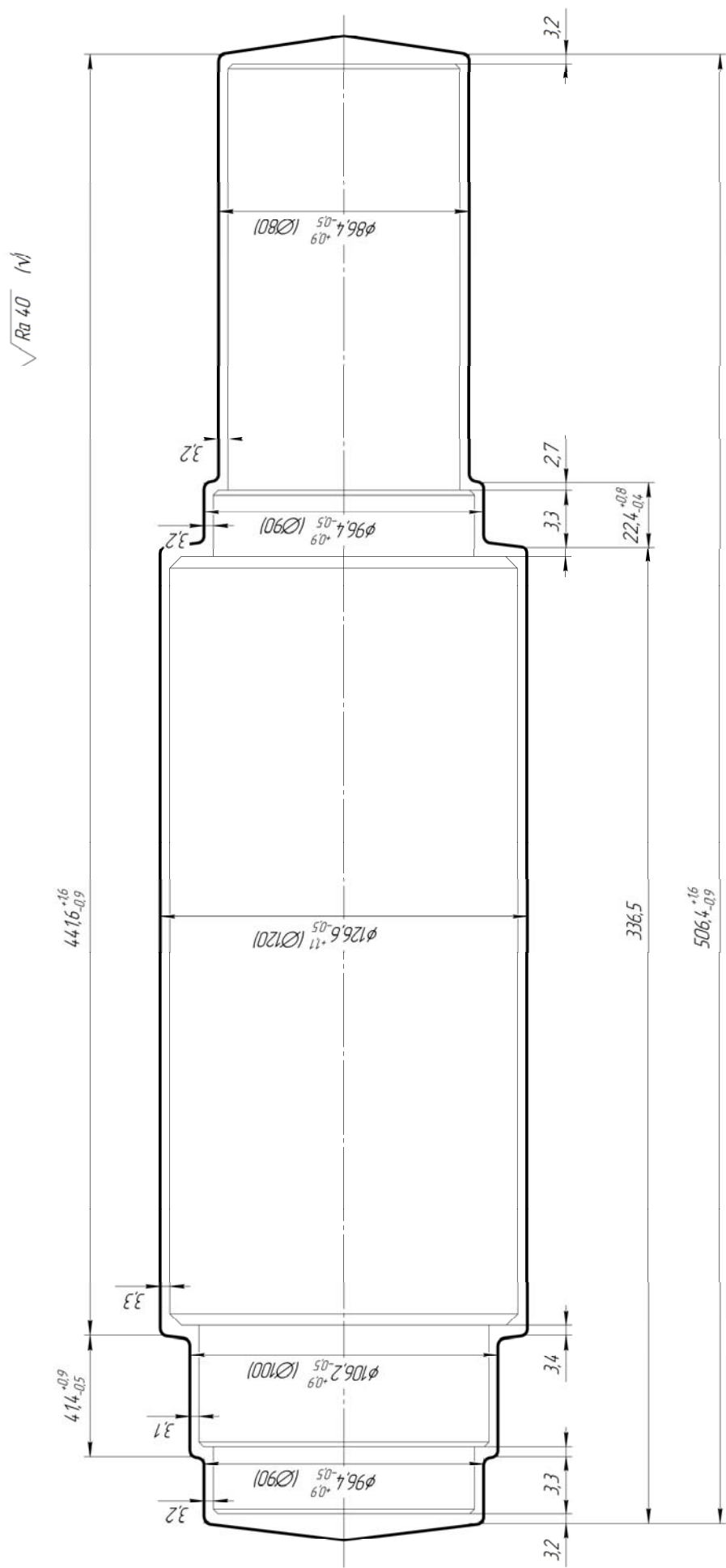


Рисунок 5 – Креслення заготовки – штампування

При висоті поковки ≈ 126 мм глибина порожнини струмка штампа становить близько 63 мм. Тоді величина зовнішнього штампувального радіуса дорівнює 7 мм.

Згідно з ДСТ 7505 - 89 технічні вимоги до заготовки такі:

1. Поковка підвищеної точності (І класу).
2. Допустиме зміщення за розміщенням штампа 0,3 мм.
3. Допустима задирка за периметром зрізу 2,0 мм.
4. Зовнішні штампувальні уклони 5° .
5. Радіус заокруглення зовнішніх кутів = 3 мм.
6. Допуски на радіуси заокруглень поковки +2 мм.
7. Твердість поковки після термообробки HB 260 ... 285.
8. Поковку очистити від окалини.
9. Інші технічні вимоги за ДСТ 8479 - 70.

Розрахунок фактичної маси поковки ($m_{\text{ф.д.}}$) проводять, підсумовуючи маси її елементарних ($m_{\text{п.ф.і.}}$) частин.

$$m_{\text{п.ф.}} = \sum m_{\text{п.ф.і.}} = 0,01 \sum m_{\text{п.м.і.}} l_i,$$

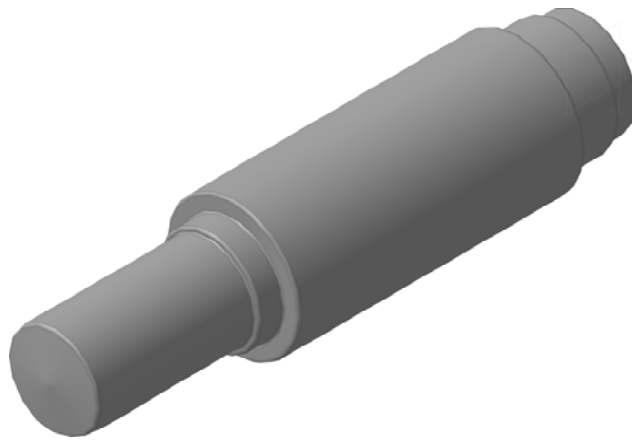
де $m_{\text{п.м.і.}}$ – маса погонного метра поковки (кг) круглого перетину (визначається за діаметром елементарної частини поковки з урахуванням половини позитивного його граничного відхилення); l_i – довжина елементарної частини поковки, мм.

Дані про масу погонного метра наведені в довідковій літературі [9]. Такий метод трудомісткий. Більш раціональним варіантом вирішення завдання є використання функції визначення маси заготовки безпосередньо в графічному редакторі (наприклад, КОМПАС, АВТОКАД і ін.). У нашому випадку (рис. 6) $m_{\text{п.}} = 40$ кг.

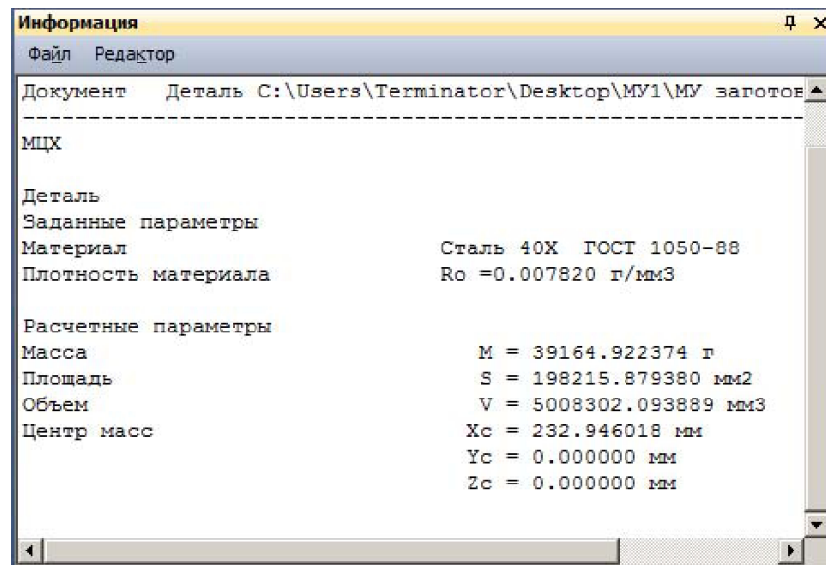
Після цього необхідно зробити уточнений розрахунок коефіцієнта використання металу за наведеною вище формулою.

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{33,5}{39,2} = 0,85.$$

Таким чином, при проектуванні поковок необхідно мати на увазі. По-перше, один з резервів економії металу полягає в підвищенні класу точності поковки. При масовому і великосерійному виробництві це дало б значне збільшення витрати металу. По-друге, іншим резервом економії металу є використання індукційного нагріву вихідного матеріалу перед штампуванням. У цьому випадку розрахунковий припуск зменшується. Це теж може дати економію металу. По-третє, операційні припуски можна визначити розрахунково-аналітичним методом (метод проф. Кована В.М.) і підсумувати їх для кожної поверхні, отримавши загальний припуск на механічну обробку. У ряді випадків розрахунок за цим методом дає заготовку меншої маси, а отже, в цьому методі закладена можливість економії металу.



a



б

Рисунок 6 – 3D-модель поковки (*a*) і результати розрахунку її маси (*б*)

По-четверте, великі резерви економії металу закладені в технологічних можливостях ковальського виробництва [7]. Слід мати на увазі, що способами отримання заготовки, форми і розміри якої близькі до форми і розмірів деталі, є періодичний прокат, поперечний прокат, ротаційний обтиск та ін. Найкращий результат дає ротаційний обтиск. Все це позитивно позначається на продуктивності і економічності виготовлення деталей.

Контрольні запитання

1. Як називають металеві вироби, одержувані при ГОШ і вільному куванні?
2. Що таке ГОШ? У чому полягає відмінність об'ємного штампування від вільного кування?
3. Що таке струмок штампа?
4. Чим облойне ГОШ відрізняється від безоблойного?
5. Яке співвідношення величин обсягів вихідної заготовки і одержуваної поковки у відкритих і закритих штампах?

6. Що таке штампувальний уклон і для чого він потрібен? На яких поверхнях поковки при ГОШ призначаються великі штампувальні уклони - зовнішніх або внутрішніх і чому?

7. При якому вигляді ГОШ деформуючий метал використовується більш економно?

8. При якому вигляді ГОШ розкрій (нарізка) вихідної заготовки повинен проводитися з більшою точністю?

9. Що таке основний припуск на механічну обробку поковок-штамповок? Залежно від яких параметрів він вибирається?

10. Які параметри входять до складу загального припуску на поверхні штампованої поковки вала?

11. Як призначаються штампувальні уклони поковки: за рахунок припусків на механічну обробку або понад цих припусків?

12. Для чого необхідні радіуси заокруглення між зовнішніми і внутрішніми кутами на поверхнях поковок? Залежно від яких параметрів вони вибираються?

13. Яке співвідношення обсягів вихідної заготовки і одержуваного виробу при проведенні ГОШ у закритому штампі?

14. Розшифруйте поняття «напуск».

15. Від яких поверхонь відкладаються розміри поковок-штамповок?

16. Які розміри деталі (конструкторські або технологічні) бажано використовувати при проектуванні поковки? Від чого залежить вибір технологічних розмірів?

17. Перерахуйте шляхи підвищення коефіцієнта використання металу при проектуванні заготовок-штамповок.

Список літератури:

1. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т. Т. 1; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

2. Объемная облойная штамповка: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов»/ сост.: Б. Г. Колмаков, М. С. Кoryтов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 20 с.

3. Маталин А. А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 496 с.

4. Солонин И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.

5. Пижов І. М. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: навч.-метод. посіб. для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація

«Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І. М. Пижов. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 96 с.

6. Гельфгат Ю. И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / учеб. пособ. для машиностр. спец, техникумов. Ю. И. Гельфгат – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1986. – 271 с.

7. Методические указания к выполнению практических работ и разделов в курсовых и дипломных проектах «Проектирование штампованных поковок» для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» / сост. Суняйкина Н. Н. – Саров: Саровский политехнический техникум, 2009. – 34 с.

8. Данилевский В. В. Справочник молодого машиностроителя / В. В. Данилевский – М.: Высш. школа, 1973. – 648 с.

9. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту бакалавра «Програмування верстата з ЧПУ» для студентів спеціальностей 7.05050201 «Технології машинобудування», 7.05050302 «Інструментальне виробництво» [Електронний ресурс] / уклад. Доля В. М. – Харків. НТУ «ХПІ». 2013. – 65 с.: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/3119>.

Навчальне видання

**Методичні вказівки
до виконання практичної роботи
«Розрахунок і проектування штампованої поковки гладкого
ступінчастого вала»
з курсу «Технологічні основи машинобудування»
для студентів спеціальності «Прикладна механіка»
денної, заочної та дистанційної форм навчання**

Укладач: ПИЖОВ Іван Миколайович

Відповідальний за випуск О.М. Шелковий

Роботу до видання рекомендував О.М. Шелковий

Редактор О.С. Самініна

План 2019 р., поз. 271

Підп. до друку 2019 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Riso-друк.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. Наклад 100 прим. Зам. № . Ціна
договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002
Свідоцтво про державну реєстрацію №5478 від 21.08.2017 р.

Самостійне електронне видання