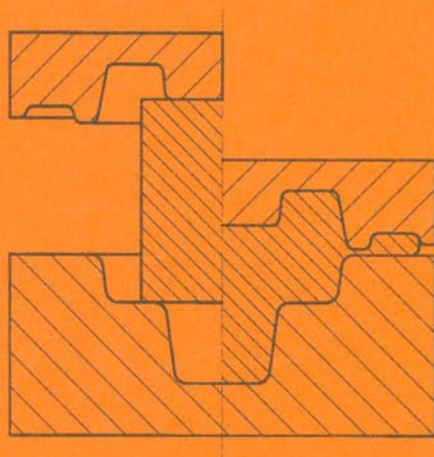


621.73/075

Г 14

О. Л. Гайдамак

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ
ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ШТАМПУВАННЯ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. Л. Гайдамак

***ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК
МЕТОДАМИ ШТАМПУВАННЯ***

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальності – “Технологія й устаткування для відновлення та підвищення зносостійкості машин та конструкцій”. Протокол №11 від 02.07.2007р.

Вінниця ВНТУ 2009

Рецензенти:

В.А.Огородніков, доктор технічних наук, професор

І.О.Сивак, доктор технічних наук, професор

О.В.Нахайчук, кандидат технічних наук, доцент.

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

- Г14 **Гайдамак О. Л.,**
ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК
МЕТОДАМИ ШТАМПУВАННЯ. Навчальний посібник. –
Вінниця: ВНТУ, 2009. – 80 с.

Навчальний посібник забезпечує виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності – “Технологія й устаткування для відновлення та підвищення зносостійкості машин та конструкцій”, Посібник розроблено відповідно до плану кафедри та програми дисципліни “Заготівельні процеси в машинобудуванні”.

УДК 65.011.56; 621.79(07)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕРМІНИ І ПОЯСНЕННЯ	6
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ.....	12
3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПОВАНОЇ ЗАГОТОВКИ	14
4 ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕННЯ ШТАМПОВАНОЇ ЗАГОТОВКИ	22
5 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО РОЗРАХУНКІВ ПОКОВКИ.....	24
6 ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНОГО ІНДЕКСУ.....	25
7 ПРИПУСКИ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ.....	25
8 ДОПУСКИ.....	27
9 КОВАЛЬСЬКІ НАПУСКИ.....	30
ДОДАТОК А	32
Таблиця А.1 – Конструктивна характеристика поковки.....	32
Таблиця А.2 – Визначення вихідного індексу	33
Таблиця А.3 - Основні припуски на механічну обробку (на один бік) мм.....	34
Таблиця А.4 - Зсув по поверхні рознімання штампа.....	37
Таблиця А.6 – Відхилення міжосьової відстані	38
Таблиця А.7 – Мінімальна величина радіусів заокруглень зовнішніх кутів поковок в залежності від глибини порожнини робочої поверхні штампа	38
Таблиця А.8 – Допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів поковок	39

Таблиця А.9– Допустимі величини зміщення по поверхні рознімання шпампа	44
Таблиця А.10 – Допустима величина залишкового облою	45
Таблиця А.11 – Допустима величина облою	46
Таблиця А.12 – Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого в поковці отвору	46
Таблиця А.13 – Допустиме відхилення за прогином, від площинності та прямолінійності для плоских поверхонь	47
Таблиця А.14 – Допустиме відхилення міжосьової відстані A_1 в поковках	47
Таблиця А.15 – Допустиме відхилення торця стержня поковки після відрізання заготовки з прутка	47
Таблиця А.16 – Допустимі відхилення кутових розмірів поковки	48
Таблиця А.17 – Допуск радіусів заокруглень внутрішніх та зовнішніх кутів поковок	48
Таблиця А.18 – Штампувальні нахили	49
Таблиця А.19 – Вибір класу точності поковок	49
Таблиця А.20 – Коефіцієнт (K_p) для визначення орієнтовної розрахункової маси поковки	50
ДОДАТОК Б	51
СТУПЕНІ СКЛАДНОСТІ ПОКОВОК	51
ДОДАТОК В	53
ДОПУСКИ І ПРИПУСКИ НА ТОВЩИНУ ПОКОВОК, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ ХОЛОДНОМУ І ГАРЯЧОМУ КАЛІБРУВАННЮ	53
Таблиця В.1 - Припуски на механічну обробку поковок і допуски на товщину між каліброваними площинами при холодному калібруванні (K - відношення товщини до ширини поковки, яка піддається калібруванню)	53

ДОДАТОК Г	54
Таблиця Г.1- Порівняльна характеристика різних способів штампування і кування.....	54
(одержання заготовок пластичним деформуванням).....	54
ДОДАТОК Д.....	58
ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ (ПРИЗНАЧЕННЯ) ДОПУСКІВ, ДОПУСТИМИХ ВІДХИЛЕНЬ, ТА ПРИПУСКІВ НА ПОКОВКИ	58
Приклад 1– Шестерня приводу (рис. Д.1).	58
Приклад 2 — Шестерня (рис. Д.3).....	60
Приклад 3 – Хрестовина карданного вала (рис. Д.5).....	63
Приклад 4 - Втулка (рис. Д.7)	66
Приклад 5 - Важіль (рис. Д.9).	68
Приклад 6 - Зірочка приводу (рис. Д.11).	72
Приклад 7 - Піввісь (рис. Д.13).	74
Приклад 8 - Первинний вал (рис. Д.15)	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	79

Вступ

Дійсні методичні рекомендації поширюється на сталеві штамповані поковки масою не більш 250 кг і (або) з лінійним габаритним розміром не більш 2500 мм, виготовлені гарячим об'ємним штампуванням.

Рекомендації встановлюють найбільші величини допуску розмірів, відхилень форми, припусків, ковальських напусків і найменші радіуси заокруглення зовнішніх кутів.

На поковки з масою більше 250 кг або з лінійними розмірами більше 2500 мм; на поковки з жароміцних, жаростійких і корозійно-стійких сталей і сплавів, а також на додаткові спеціальні елементи поковок (проби для механічних випробовувань, утримувачі для підвішування поковок при термічній обробці і для інших технологічних цілей) вказані величини встановлюються за узгодженням між виробником і споживачем.

1 Терміни і пояснення

1.1 *Поківка сталева штампована* (надалі – поківка) – виріб, виготовлений гарячим об'ємним штампуванням відповідно до технічних вимог ГОСТ 8479.

1.2 *Форма поковки* – просторова фігура, визначена номінальними лінійними і кутовими розмірами.

1.3 *Маса поковки* – ваговий параметр поковки, обумовлений її формою і густиною сталі.

1.4 *Номінальний лінійний розмір поковки* – геометричний параметр, вимірюваний в одиницях довжини, які визначаються виходячи з номінального лінійного розміру деталі, встановленого припуску (рис. 1.1) і ковальського напуску.

1.5 *Номінальний кутовий розмір поковки* – геометричний параметр, вимірюваний у кутових одиницях і обумовлений, виходячи з номінального кутового розміру деталі.

1.6 *Дійсний розмір поковки* – фактичний розмір, отриманий вимірюванням із припустимою похибкою.

1.7 *Граничні розміри поковки* – два гранично допустимих розміри, між якими повинен знаходитися або бути одним з них дійсний чи номінальний розміри.

1.8 *Допустиме відхилення розміру поковки*, – алгебраїчна величина між граничним і відповідним номінальним розмірами.

1.9 *Допуск (поле допуску) розміру поковки* – абсолютна величина різниці між найбільшим і найменшим граничними розмірами.

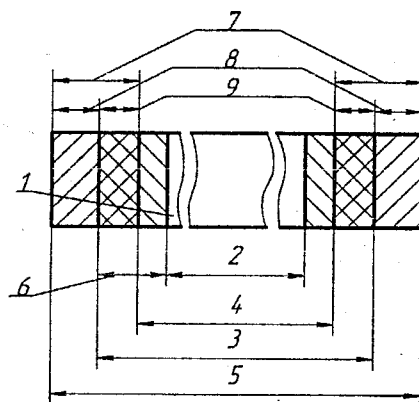


Рисунок 1.1

1 – деталь; 2 – розмір деталі; 3 – мінімальний розмір поковки; 4 – пайменший граничний розмір поковки; 5 – найбільший граничний розмір поковки; 6 – розмір припуску; 7 – допуск (поле допуску); 8 – позитивний розмір допустимого відхилення; 9 – від'ємний розмір допустимого відхилення.

1.10 Геометричні параметри поковки (рис. 1.2, рис. 1.3).

1.10.1 Довжина (L, l), ширина (B, b), діаметр (D, d), висота і глибина (H, h) – розміри елементів поковки, які отримано в одній частині штамп.

Р.10.2 Товщина (T, t) – висотний розмір геометричного елемента поковки, які отримано в обох частинах штамп.

1.10.3 Міжосьова відстань:

A_1 – розмір відрізка прямої, що з'єднує два центри і не перетинає зовнішній контур поковки (рис. 1.2);

A_2 – розмір, що перетинає зовнішній контур поковки (рис. 1.3).

1.10.4 Радіус заокруглення внутрішнього кута (Rb) – радіус заокруглення в перерізі вгнутої ділянки поверхні поковки (рис. 1.2).

1.10.5 Радіус заокруглення зовнішнього кута (RH) – радіус заокруглення в перерізі опуклої ділянки поверхні поковки (рис. 1.2).

1.11 Допуск форми поковки – допустима величина відхилення форми поковки.

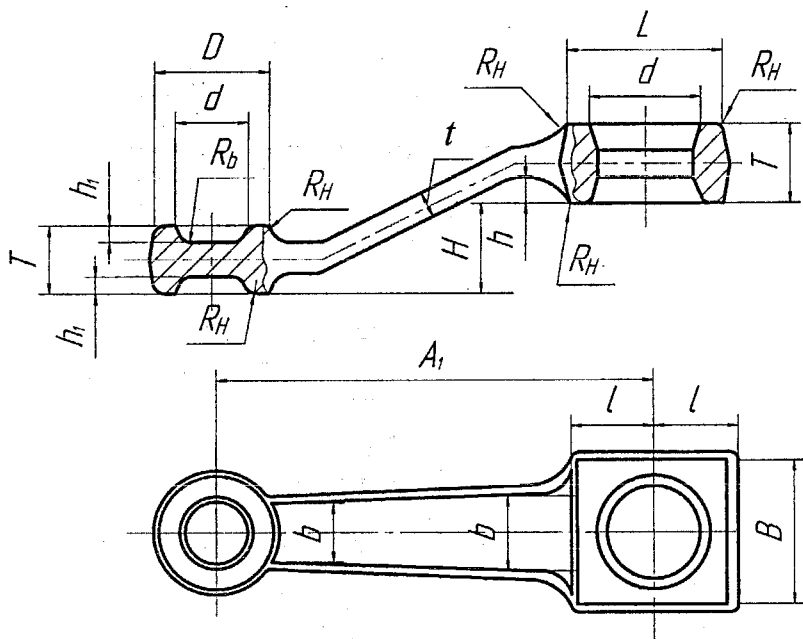


Рисунок 1.2

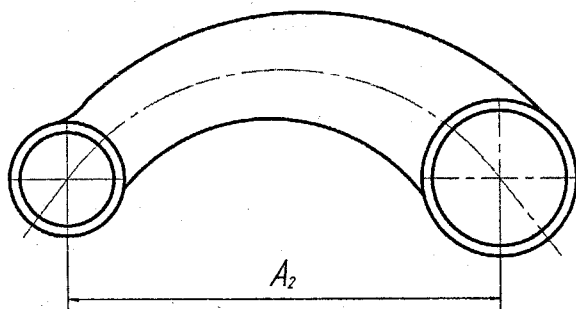


Рисунок 1.3

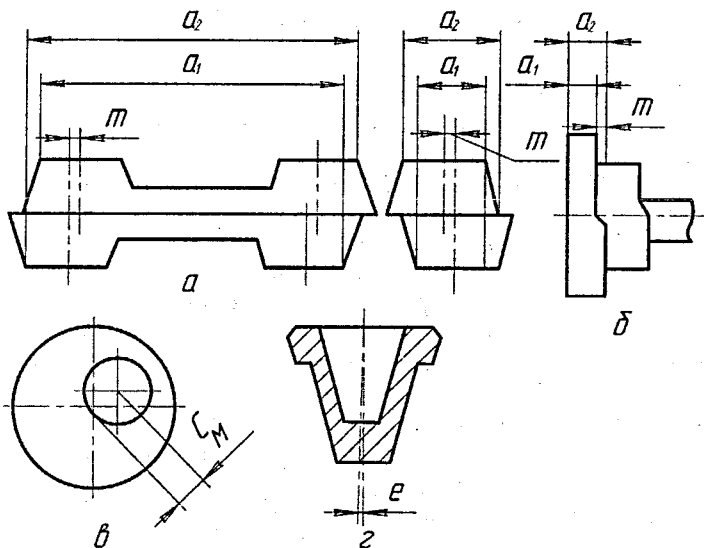


Рисунок 1.4

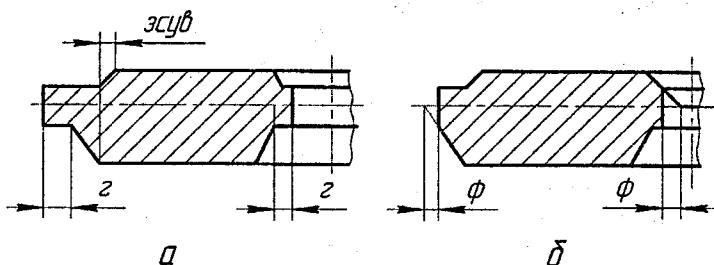


Рисунок 1.5

1.12 Відхилення форми поковки;

1.12.1 *Зсув по поверхні рознімання штампа (m)* – відхилення форми поковки у вигляді найбільшого лінійного переносу по площині однієї частини поковки щодо іншої, який обчислюється за формулами:

для штампів з однією поверхнею рознімання (рис. 1.4, а)

$$m = \frac{a_2 - a_1}{2};$$

для штампів із двома і більше поверхнями рознімання (рис. 1.4, б)

$$m = a_2 - a_1,$$

де m – величина зсуву;

a_1 – найменший розмір поковки в напрямку лінійного переносу; a_2 – найбільший розмір поковки в напрямку лінійного переносу.

1.12.2 *Відхилення від концентричності (C_M)* – відстань від центра глухого чи пробитого отвору до заданих координат центра цього отвору за кресленням поковки (рис. 1.4, б).

1.12.3 *Відхилення від співвісності (e)* – кутове відхилення осі отвору від осі поковки (рис. 1.4, г), вимірюване в одиницях довжини.

1.12.4 *Залишковий облой (g)* – виступ, що залишився на поковці після обрізки облою чи пробивання отвору (рис. 1.5, а).

1.12.5 *Зрізана кромка (ϕ)* – кромка поковки, що утворилась при обрізанні облою чи пробиванні отвору (рис. 1.5, б).

1.12.6 *Задирка (κ)* – виступ, що утворився на поверхні поковки в непередбачених для розміщення облоя в місцях з'єднання частин штампа (зазорах), а також при обрізанні облоя і пробиванні отвору та вимірюваний по висоті (рис. 1.6, а) – при безоблойному штампуванні, б) – при штампуванні в штампах з роз'ємними матрицями, в) – при обрізанні облоя і пробиванні отвору).

1.12.7 *Слід від виштовхувача штампа* – місцеве відхилення положення поверхні поковки під дією виштовхувача штампа.

1.12.8 *Зігнутість* – відхилення осьової лінії поковки від номінального положення в напрямку найбільшої довжини або ширини поковки.

1.12.9 *Відхилення від площинності* – відхилення від площини, оцінюване найбільшою відстанню від точок дійсної поверхні до прилеглої площини (див. рис. 1.7, а).

1.12.10 *Допуск площинності (P_a)* – найбільш допустиме значення відхилення від площинності (рис. 1.7, а).

1.12.11 *Відхилення від прямолінійності* – відхилення від прямолінійності в площині, оцінюване величиною найбільшої відстані від точок дійсного профілю до прилеглої прямої.

1.12.12 *Допуск прямолінійності (P_b)* – найбільше значення допустимого відхилення від прямолінійності (рис. 1.7),

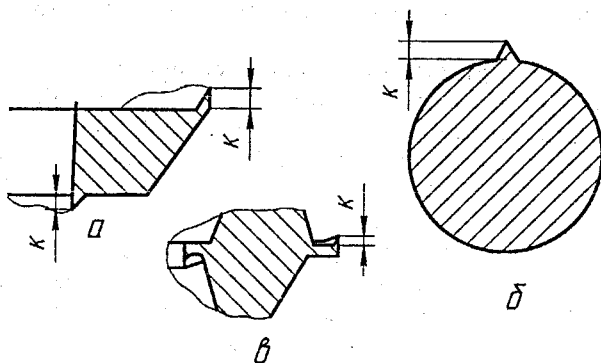


Рисунок 1.6

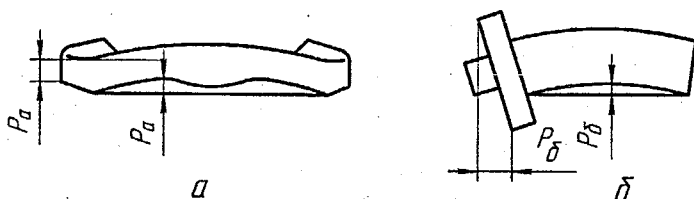


Рисунок 1.7

1.12.13 *Радіальне биття* – різниця найбільшої і найменшої відстаней від профілю перерізу поковки до його осі.

1.12.14 *Допуск радіального биття* – найбільше допустиме значення радіального биття.

1.13 *Припуск* – шар металу на оброблюваних частинах поверхні поковки, який видаляється при її механічній обробці.

1.14 *Ковальський напуск* – додатковий об'єм металу (шар) на оброблюваних чи необроблюваних частинах поверхні поковки, необхідний для здійснення формоутворювальних операцій.

1.15 *Маса поковки розрахункова* – установлена величина, яка використовується при призначенні припусків і допусків.

1.16 *Вихідний індекс* – умовний показник, що враховує в узагальненому вигляді суму конструктивних характеристик (клас точності, групу сталі, ступінь складності, конфігурацію поверхні рознімання) і масу поковки.

2 Загальна характеристика об'ємного штампування

При об'ємному штампуванні формоутворення заготовки відбувається в робочій порожнині (джерелі) спеціального інструмента (штампа). Штампування може здійснюватись в гарячому і холодному стані. Об'ємним штампуванням одержують поковки різної форми, масою від декількох грамів до 1 т і більше.

В залежності від типу штампа розрізняють штампування у відкритих, закритих штампах і в штампах для видавлювання.

Штампування у відкритих штампах характеризуються тим, що зазор між верхньою і нижньою частинами штампа є змінним і зменшується в процесі деформування металу (рис. 2.1, а). В зазор витискується надлишок металу, що утворить облою 5. Останній є небажаним відходом, однак він необхідний для забезпечення повного заповнення робочої порожнини штампа.

Штампування в закритих штампах відрізняються тим, що заготовка деформується у переважно закритому просторі, не утворюючи облою (рис. 2.1, б). Відсутність облою у закритих штампах скорочує витрати металу, виключає необхідність в обрізанні облою. Однак цей тип штампів застосовується для порівняно простих деталей, в основному тіл обертання, і вимагає використання точних заготовок з каліброваного прокату чи попередньо оброблених.

При штампуванні в штампах для видавлювання (рис. 2.1, в, г) витрати металу на виготовлення поволок знижуються (до 30%), поковки отримуються точними, що максимально наближаються за формою і розмірами до готових деталей, продуктивність праці при механічній обробці збільшується в 1,5...2,0 рази. Поковки мають високу якість поверхні, щільну мікроструктуру. Точність розмірів сягає 12-го квалітету. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штампування, висока точність виготовлення і налагодження штампів, використання спеціальних технологічних мастил. Цим способом одержують заготовки з вуглецевих і легированих сталей, алюмінієвих, мідних і титанових сплавів. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

При штампуванні видавлюванням у роз'ємних матрицях остання має одну чи кілька площин рознімання, по яких її частини прилягають одна до одної (рис. 2.1, д, е). Загальною особливістю штампованих заготовок є те, що вони складаються з двох частин: центральної - у вигляді суцільного чи порожнього циліндра, призми та периферійної - у вигляді фланців, відростків, виступів, ребер і ін.

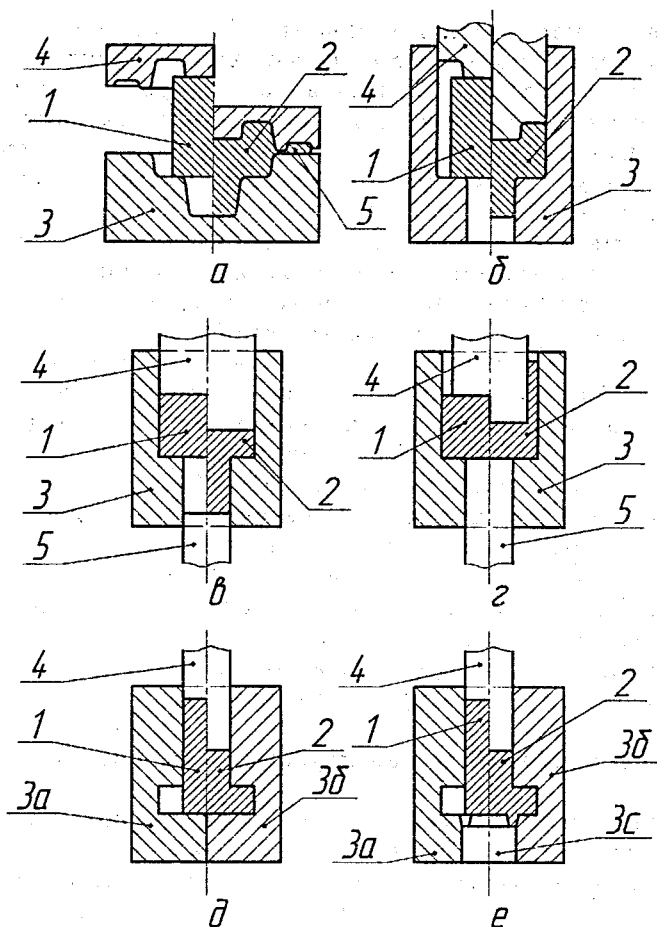


Рисунок 2.1 Схеми штампування у а) – у відкритому штампувальному рівняку; б) – у закритому штампувальному рівняку; в) – прямим видавлюванням; г) – зворотнім видавлюванням; д), е) – комбінованим видавлюванням з використанням роз'ємних матриць. 1 – заготовка до деформування; 2 – заготовки після деформування; 3 – суцільна матриця; 3а, 3б, 3с – роз'ємні частини матриці; 4 – пуансон; 5 – облой

До переваг штампування в роз'ємних матрицях у порівнянні з відкритими штампами відносяться: відсутність облою; можливість одержання поковки без штампувальних нахилів або з незначними нахилами (до $1...3^\circ$); максимальне наближення форми поковки до форми готової деталі за рахунок формування

внутрішніх порожнин; можливість одержання поковок з більш високою точністю розмірів. Однак штампування в роз'ємних матрицях потребують більш складного і дорогого устаткування і технологічного оснащення, декількох штампувальних переходів із проміжними нагріваннями у зв'язку з більш інтенсивним охолодженням заготовки в штампі, підвищеного зусилля деформування.

У порівнянні з куванням гаряче об'ємне штампування має такі переваги: можливість виготовлення поковок більш складної форми з високою якістю поверхні (параметр шорсткості $R_z=80\ldots 20$ мкм, після холодного калібрування $R_z=10\ldots 1,6$ мкм); менші допуски на розміри (при точному штампуванні такі ж, як і при обробці різанням); зниження припусків у 2...3 рази, одержання поверхонь, які не потребують обробки різанням; підвищення продуктивності праці (десятки і сотні поковок за годину). До недоліків гарячого об'ємного штампування відносяться: обмеження за масою одержуваних поковок; додаткові втрати металу на облой, що досягає 10...30 % від маси поковки; більш високі зусилля деформування; інструмент (штамп) значно складніший і дорожчий, ніж універсальний інструмент для кування.

Порівняльна характеристика різних способів штампування і кування наведені у таблиці Г 1.1 (додаток Г).

3 Рекомендації до проектування штампованої заготовки

Вихідною інформацією для проектування поковки є: креслення деталі із зазначеними на ньому розмірами, граничними відхиленнями розмірів, шорсткістю поверхонь і маркою матеріалу; програма випуску деталей і серійність виробництва; умови експлуатації деталі; основні дані про технологію обробки поковки після штампування.

На початку проектування визначають спосіб штампування, що може істотно вплинути на конструкцію, розміри і точність поковки, особливо якщо вона штампується на горизонтально-кувальних машинах чи гідравлічних пресах. Спосіб штампування вибирається, виходячи з конструктивних розмірів і форми готової деталі, технічних умов на її виготовлення, характеру деформування металу в штампі, типу виробництва, а також з можливостей різних способів штампування (на молотах, кривошипних гарячештампувальних чи гідравлічних пресах, на горизонтальнокувальних машинах і ін.). Докладніше особливості різних способів штампування розглядаються в [2].

Потім обирають положення поверхні рознімання штампа. При цьому насамперед передбачають можливість вільного

виходу поковки з порожнини штампа. Для цього площа будь-якого перерізу поковки вище і нижче поверхні рознімання штампа повинна зменшуватися із віддаленням від цієї поверхні за рахунок відповідних природних нахилів чи штампувальних нахилів. Наприклад, для кулі поверхня рознімання може проходити через діаметральний переріз фігури (рис. 3.1, а). Зсув поверхні рознімання в положенні 2-2 (рис. 3.1, б) призведе до напусків і втрати металу, перекручування форми поковки. Для куба можливі три положення поверхні рознімання штампів (рис. 3.1, в): площа 1 вимагає напусків від штампувальних нахилів по чотирьох бічних гранях; теж і площа 2, хоча втрати металу в напуски тут менші; площа 3 створює в кожній частині штампа природні нахили по двох площинах. Для довгих циліндрів доцільніше застосовувати рознімання по площині 3 (поперечне штампування, рис. 3.1, д), тому що напуски від штампувальних нахилів тут будуть тільки в торцях. Для коротких циліндрів застосовують площину 2 (повздовжне штампування, рис. 3.1, г). Для урізаного конуса використовують варіант 1, якщо кут конуса достатній для витягування поковки із робочої порожнини штампа без значних зусиль (рис. 3.1, е). Поковки великої довжини зазвичай штампують за варіантом 2 з напусками від штампувальних нахилів на торцях.

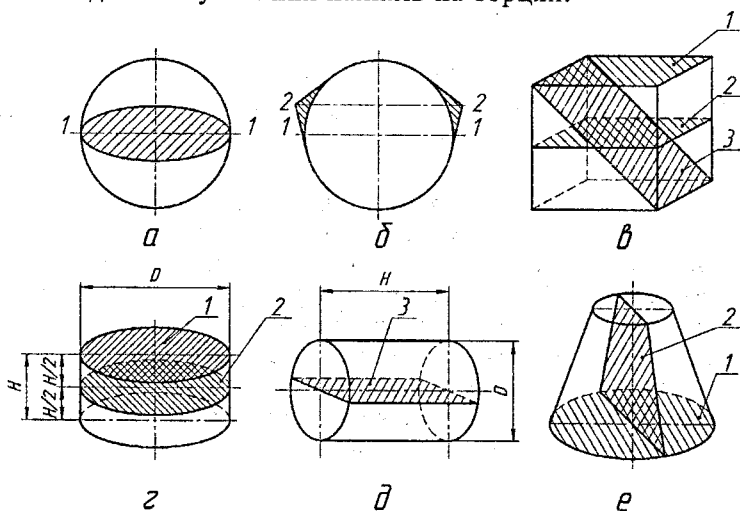


Рисунок 3.1

У більшості випадків лінію рознімання встановлюють у площині найбільших габаритних розмірів поковки. У цьому випадку джерела штампів отримують неглибокими, полегшується їхнє заповнення, зменшуються напуски, але збільшується периметр і об'єм облою (рис. 3.2, б, г).

Допускається розташовувати роз'єм у площині менших габаритних розмірів, якщо це дає істотне зменшення маси поковки за рахунок рівчака отвору (рис. 3.2, а) чи відходів за рахунок зменшення периметра поковки (рис. 3.2, в). При цьому бажано використовувати природні нахили.

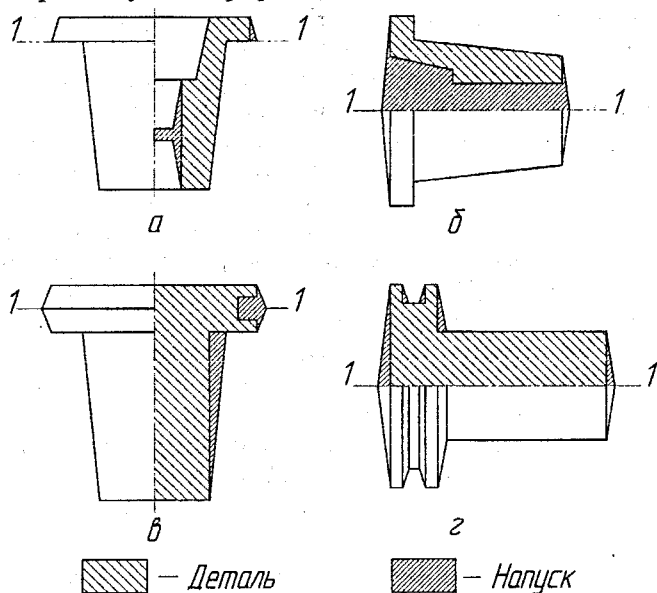
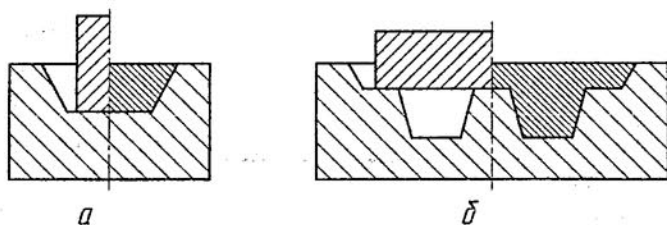


Рисунок 3.2 – Вплив розташування поверхні рознімання штампу (1–1) на форму поковок

По можливості поверхня рознімання повинна проходити по осі симетрії деталі, для того щоб в обох половинах штампа розташовувався приблизно однаковий об'єм металу. Важко-заповнювані елементи штампа, що формують тонкі високі ребра, бобишки і т.п. повинні розташовуватися в його верхній половині. На бічних поверхнях поковки не повинно бути піднутрень.

Заповнення робочої порожнини штампа осаджуванням (рис. 3.3, а) відбувається легше, ніж вдавлюванням (рис.3.3,б).



До деформування
 Після деформування

Рисунок 3.3 – Штампування осаджуванням (а) і вдавлюванням (б)

Лінія перетину поверхні рознімання з поковкою повинна проходити по тілу поковки (рис. 3.4, а). У цьому випадку вже невеликий зсув m однієї з половин штампа легко знайти. Якщо лінія рознімання проходить по торцевій поверхні, зсув помітити важко (рис. 3.4, б).

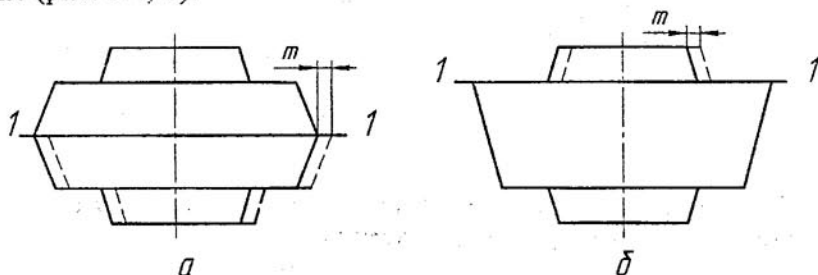


Рисунок 3.4 – Розташування поверхні рознімання (1-1)
а – правильне, б – неправильне, m – зсув половини штампа

Бажано, щоб поверхня рознімання штампа була плоскою, що забезпечує відносно просте виготовлення штампів і хороші умови обрізки облою. Ламана лінія рознімання знижує витрату металу за рахунок зменшення висоти нахилів, але ускладнює виготовлення штампів.

Для поковки з бобишками, що знаходяться по один бік щодо площини рознімання, пряма лінія рознімання (рис. 3.5, а) призводить до підвищених витрат металу і поганого заповнення кутів глибоких порожнин штампа. При ламаній поверхні рознімання штампа (рис. 3.5, в) кути розташовані в менш глибоких порожнинах штамів, що поліпшує умови їхнього заповнення.

У деяких випадках ламана поверхня рознімання дозволяє уникнути напусків і дає можливість зменшити обсяг обробки різанням і втрати металу.

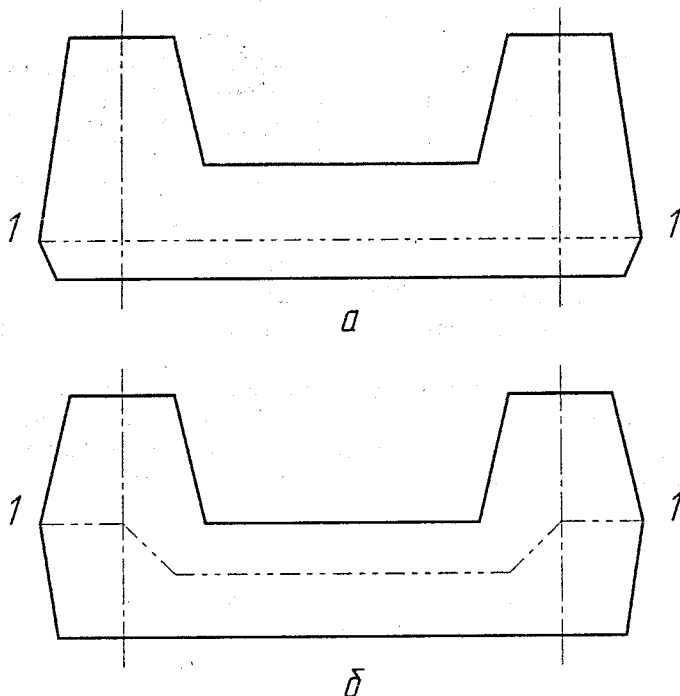


Рисунок 3.5 – Лінії рознімання штампів (1–1) для довгих поковок а – прямий, б – ступінчастий

Іноді положення поверхні рознімання штампів і відповідно форма поковки визначаються заданою макроструктурою. Наприклад, якщо деталь працює на зріз, то волокна повинні бути перпендикулярні до лінії зрізу.

Для поковок шестерень при будь-яких співвідношеннях розмірів доцільніше повздовжнє штампування, тому що макроструктура поковки отримується однаковою для всіх зубів шестерні, що забезпечує їх високу і рівну міцність. При поперечному штампуванні частина зубів шестерні ослаблена через невідгідне розташування в них волокон.

Кращі експлуатаційні властивості має поковка, яка штампується без облоя, тому що відсутнє перерізання волокон при видаленні облоя.

Напуски призначають на порожнини, западини, виїмки, що неможливо одержати штампуванням через несприятливе положення їх поверхонь відносно лінії рознімання штампа, малих розмірів і т.п.. До напусків також відносяться штампувальні нахили, внутрішні радіуси заокруглень, перемички отворів, що доповнюють припуски.

Штампувальні нахили поділяються на зовнішні, що відносяться до поверхонь, по яких між поковкою і стінкою штампа утворюються зазори внаслідок теплової усадки при остиганні поковки, і внутрішні, що відносяться до поверхонь, які при остиганні поковки виявляються щільно посадженими на виступи штампа. При складній конфігурації поковки один і той же нахил може неодноразово переходити з зовнішнього у внутрішній і навпаки.

Штампувальні нахили залежать від форми і розмірів порожнини штампа в плані, її глибини, матеріалу поковки, способу штампування, наявності виштовхувачів і т.п. Менші значення приймають при малому відношенні глибини до ширини порожнини штампа. Після призначення штампувальні нахили коректують таким чином, щоб лінія рознімання у верхньому і нижньому штампах була однаковою. Після цього на всі перетини поверхонь поковок призначають радіуси заокруглень, що зменшують концентрацію напруги в кутах канавок штампа, поліпшують заповнення порожнини штампа і зменшують знос гострих кутів і крайок штампів.

Розрізняють два види радіусів заокруглення штампів: внутрішні і зовнішні. Радіуси заокруглень повинні мати достатню величину. Зовнішній радіус у поковках важко виконати невеликим тому, що метал затікає в кут штампа з малим радіусом в останню чергу. Чим більша глибина порожнини штампа, яка заповнюється видавлюванням, тим складніше отримати малий радіус заокруглення в поковках.

Внутрішні радіуси приблизно в 3 рази більше відповідних зовнішніх. Достатньо, щоб значення цих радіусів були на 0,5...1 мм більше припуску на механічну обробку поковки. Якщо для оброблюваних кромek рекомендований радіус виявиться меншим суми значень зовнішнього радіуса заокруглення (чи фаски) на обробленій деталі і призначеного припуску, то рекомендується радіус збільшити до зазначеної суми.

Зовнішні радіуси заокруглень у необроблюваних поверхнях зазвичай збільшують. Для полегшення заповнення важковиконуваних ребер і бобишек рекомендується виконувати максимальні радіуси на їх вершині, щоб на останній залишалася невелика плоска ділянки або виходило повне заокруглення вершини одним радіусом.

Для спрощення виготовлення робочих порожнин штампів значення прийнятих радіусів заокруглень рекомендується уніфікувати в кожній поковці. Рекомендується призначати неоднакові радіуси тільки в тих випадках, коли це спрощує виготовлення штампа.

У випадках, коли одержати наскрізний отвір при штампуванні неможливо, застосовують позначку отвору з перемичкою малої товщини.

При штампуванні таких поковок у найбільш важких умовах працюють виступи штампів, названі знаками. Унаслідок їхньої малої стійкості позначки діаметром менш 30 мм при гарячому штампуванні не виконують. При штампуванні поковок великої висоти обмежуються одержанням лише глухих позначок (рис. 3.6, а) без наступного пробивання отворів. Позначки можна отримати з двох сторін поковки. Виконання наскрізних отворів у поковках обов'язкове, якщо діаметр отворів більший чи дорівнює висоті поковок. Можливі різні варіанти розташування поверхні рознімання штампа і перемички, (рис. 3.а, б). Остання легко видаляється в пробивному штампі одночасно з обрізуванням облою.

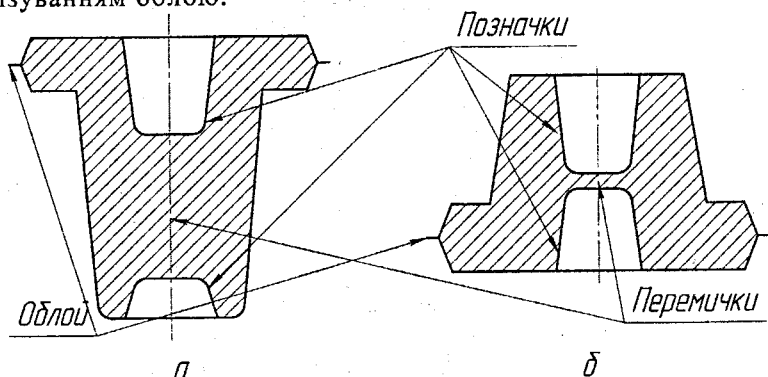


Рисунок 3.6

В залежності від форми і розмірів штампованого отвору розрізняють позначки з плоскою перемичкою, з розкосом, з магазином, з кишенею і глухі (рис. 3.7).

Плоску перемичку (рис. 3.7, а) одержують у невеликих отворах з діаметром основи

$$D_{\text{осн. min}} = 24 + 0,0625D_{\text{п}},$$

де $D_{\text{п}}$ – найбільший діаметр поковки, мм.

Позначка верхнім знаком робиться глибиною $h \leq d_{\text{осн}}$, а нижнім – глибиною $h < 0,8d_{\text{осн}}$. Щоб зберігти стійкість інструмента і не допустити зайвої витрати металу, позначка повинна мати певну товщину.

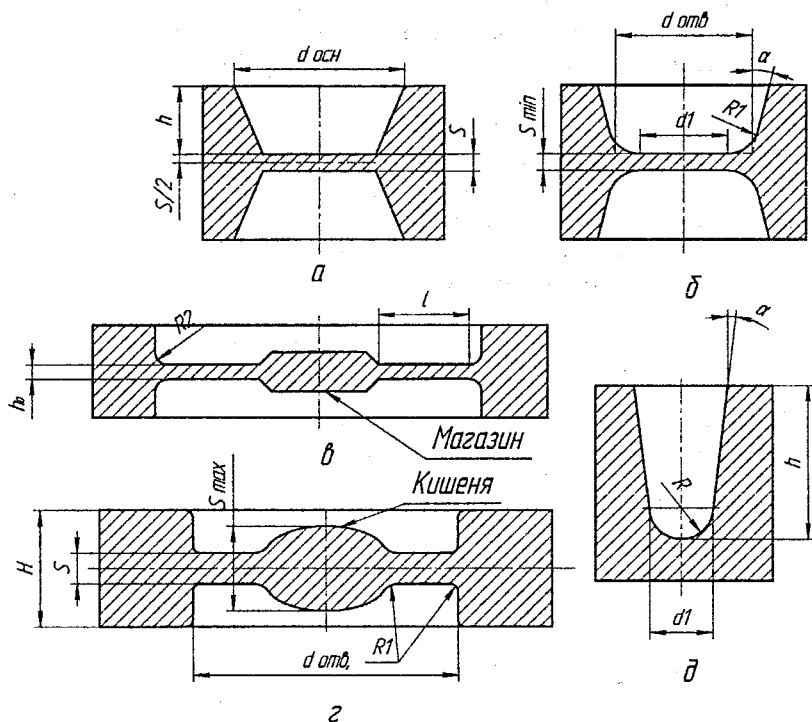


Рисунок 3.7 – Перемички в позначках отворів:

а – плоска, б – з розкосом, в – з магазином, г – з карманом, д – глуха

При $h/d_{оч} < 0,4$ рекомендується застосовувати позначки з розкосом (рис. 3.7, б), при цьому товщина перемички $s_{min} = 0,65s$, а $s_{max} = 1,35s$, де s визначають за формулою

$$S = 0,45 \sqrt{d_{оч} - 0,25h} - 5 + 0,6.$$

Позначка з магазином (рис. 3.7, в) застосовується для отворів з $d_{отв} > 55$ мм. У цьому випадку можна отримати меншу товщину перемички в місці зрізу h_0 .

Для низьких поковок $h/d_{отв} < 0,07$ для зниження зусилля і підвищення стійкості знаків остаточного переходу рекомендуються позначки з карманом (рис. 3.7, г). При цьому товщина перемички

$$s = 0,4 \sqrt{d_{отв}}$$

Якщо глибина намічуваного отвору $H > 1,7d_{\text{осн}}$ або після призначення радіуса заокруглення не залишається плоскої ділянки, то обмежуються глухою наміткою (рис. 3.7, д). Радіус заокруглення глухої намітки

$$r = d_{\text{осн}} / 2 \operatorname{tg} (45^\circ - \alpha / 2),$$

де α – внутрішній кут, град.

Для двосторонньої намітки рекомендується зміщати поверхні внутрішнього рознімання, а з нею і перемичку відносно до поверхні зовнішнього рознімання (рис. 3.8), що значно полегшує центрування поковки в остаточному рівчаку.

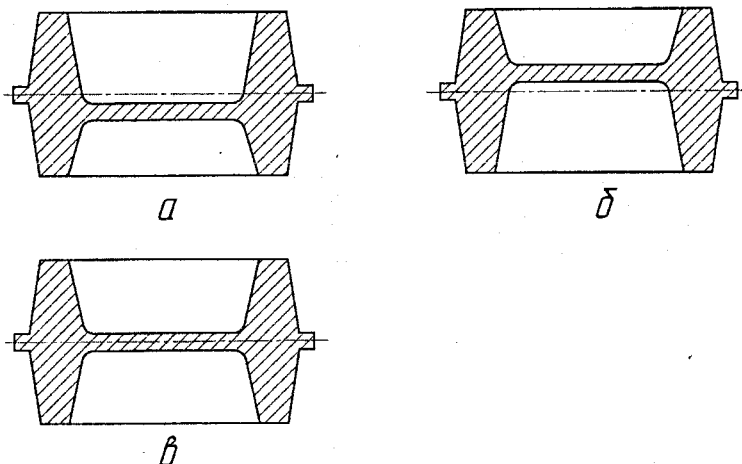


Рисунок 3.8 – Рекомендований (а), можливий (б) та небажаний (в) варіанти розміщення перемички у намітках

4 Оформлення креслення штампованої заготовки

Креслення поковки за ГОСТ 3.1126–88 і відповідно до рекомендацій ГОСТ 7505–89 виконується, як правило, у масштабі зображення креслення деталі, переважно в масштабі 1:1. Поковки простої форми або з розмірами, більшими 750 мм, можна виконувати в іншому масштабі, але і для них складні перерізи рекомендується виконувати в натуральну величину. Поковки складної форми з розмірами меншими 50 мм, бажано показувати в масштабі 2:1.

Контур деталі на кресленні поковки наносять тонкою штрихпунктирною лінією з двома крапками, при цьому зображення деталі можна трохи спростити. Допускається виконувати креслення поковки на копії креслення деталі. Бажане

зображення поковки показується в розрізах і перерізах на мінімальній кількості проєкцій. На кресленні поковки поверхню рознімання штампа зображують тонкою штрихпунктирною лінією, яка позначається на кінцях знаком X---X а місце відбору зразків для випробовувань (проб) вказують тонкою суцільною лінією.

На кресленні поковки на підставі технологічної карти вказують вихідні бази (рис. 5.1) для механічної обробки. Для вихідних баз рекомендується вибирати ділянки поковки з найбільшим діаметром або інші поверхні, зручні для захоплення і фіксації. Іноді для цієї мети на поковці робляться спеціальні виступи.

Розміри на кресленні відповідають поковці при кімнатній температурі і вказуються від базових поверхонь поковки. При цьому необхідно враховувати зручність перевірки величин припусків і розмірів на поковці, а також простоту розмітки поковки при контролі.

Варто уникати простановки розмірів від лінії рознімання, якщо вона не збігається з віссю деталі. Розмірні лінії для проставлення розмірів поверхонь з нахилами проводять від вершин нахилів.

Під розмірами поковки допускається наносити розміри готової деталі в круглих дужках. При проставленні розмірів, радіусів нахилів і допусків доцільно вказувати їхню мінімальну кількість, а по інших розмірах і допусках зробити запис у технічних вимогах.

У технічних вимогах креслення варто також вказувати: необумовлені штампувальні нахили, радіуси заокруглень, допуски на вертикальні і горизонтальні розміри; допустимі залишки облою, види і величини зовнішніх дефектів, дефектів форми; забруднення поверхні і спосіб її очищення; вид термообробки, твердість і місце її заміру; місце і спосіб таврування поковки; розміри зразків для випробовувань.

В технічних вимогах поковки також повинні бути зазначені клас точності, група сталі та ступінь складності.

Допустимі відхилення форми і розташування поверхонь повинні бути проставлені на кресленні поковки відповідно до вимог ГОСТ 2.308. Допустимі відхилення радіуса заокруглення і штампувального нахилу можуть бути зазначені в кресленні поковки за вимогою замовника.

Правила виконання креслення поковки – за ГОСТ 3.1126. Технічні вимоги до поковки встановлюються за ГОСТ 8479.

5 Загальні вимоги до розрахунків поковки

5.1 Лінійні розміри на кресленні поковки повинні бути проставлені від зазначених вихідних баз механічної обробки, погоджених між виробником і споживачем (рис. 5.1).

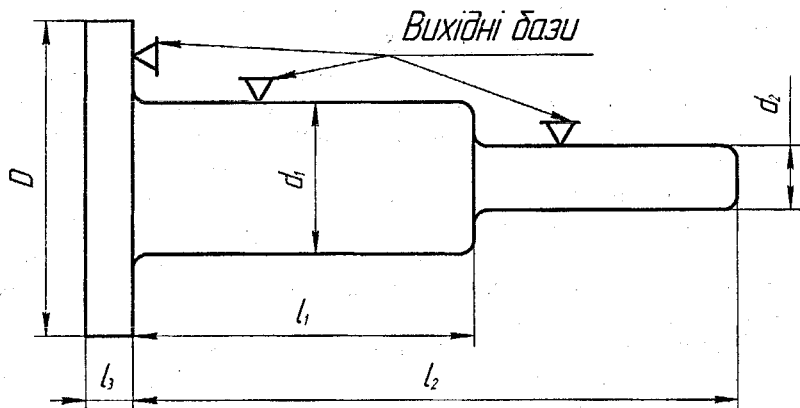


Рисунок 5.1

5.2 Допуски, припуски і ковальські напуски встановлюються в залежності від конструктивних характеристик поковки, наведених у табл. 1 (додаток А), і визначаються виходячи із шорсткості обробленої поверхні деталі, виготовленої з поковки, а також у залежності від величини розмірів і маси поковки. Для 1-го класу точності Т1 допуски встановлюються на ті функціональні поверхні, що не підлягають остаточній обробці.

5.3 Розрахункова маса поковки визначається як маса поковки (поковок), що деформується (деформуються). У масу поковки не входять маса облою і перемички пробитого отвору. При висаджуванні поковок на горизонтально-кувальних машинах чи місцевому штампуванні на молотах і пресах маса поковки включає масу частини стрижня, затиснутого штампами.

5.4 Розрахункова маса поковки визначається, виходячи з її номінальних розмірів.

Орієнтовну величину розрахункової маси поковки ($M_{н.р}$) допускається обчислювати за формулою

$$M_{н.р} = M_0 \cdot K_p$$

де $M_{н.р}$ – розрахункова маса поковки, кг;

M_d – маса деталі, кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, що встановлюється відповідно до таблиці А.20 (додаток А).

5.5 Клас точності поковки встановлюється в залежності від технологічного процесу й устаткування для її виготовлення (додаток А, табл. А.19), а також виходячи з пропонованих вимог до точності розмірів поковки.

Допускаються різні класи точності для різних розмірів однієї і тої ж поковки. При цьому клас точності визначається за переважною кількістю розмірів одного класу точності, передбаченому кресленням поковки, і узгоджується між виробником і споживачем.

5.6 Клас точності, група сталі, ступінь складності повинні бути зазначені на кресленні поковки.

5.7 Правила виконання креслення поковки – за ГОСТ 3.1126.

5.8 Допустимі відхилення форми і розташування поверхонь повинні бути проставлені на кресленні поковки відповідно до вимог ГОСТ 2.308. Допустимі відхилення радіуса заокруглення і штампувального нахилу можуть бути зазначені в кресленні поковки за вимогою замовника.

5.9 Технічні вимоги до поковки встановлюються за ГОСТ 8479.

6 Визначення вихідного індексу

6.1 Вихідний індекс для наступного призначення основних припусків, допусків і допустимих відхилень, визначається в залежності від маси, марки сталі, ступеня складності і класу точності поковки (табл. А.2, додаток А).

6.2 Для визначення вихідного індексу за табл. А.2 у графі "Маса поковки" знаходять відповідний даній масі рядок і, зміщуючись по горизонталі вправо чи по похилих лініях вправо вниз до перетину з вертикальними лініями, що відповідають заданим значенням групи сталі М, ступеня складності С, класу точності Т, встановлюють вихідний індекс (від 1 до 23).

6.3 Вихідний індекс повинен бути зазначений на кресленні поковки.

7 Припуски на механічну обробку

7.1 Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поковки. Величини припусків варто призначати на одну сторону номінального розміру поковки.

7.2 Основні припуски на механічну обробку поковок у залежності від вихідного індексу, обумовленого згідно з п. 6.2, лінійних розмірів і шорсткості поверхні деталі за ГОСТ 2789 встановлюються з таблиці А.3 (додаток А).

Припуски на товщину поковки, що піддається холодному або гарячому калібруванню, встановлюються відповідно до додатка В.

7.3 Додаткові припуски, що враховують: зсув поковки, зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності, між-центрову і міжосьову відстані, кутові розміри, визначаються, виходячи з форми поковки і технології її виготовлення.

В залежності від класу точності Т встановлюються додаткові припуски на механічну обробку.

7.3.1 Зсув по поверхні рознімання штампів визначається за таблицею А.4 (додаток А).

7.3.2 Зігнутість і відхилення від прямолінійності визначається з таблиці А.5. (додаток А)

7.3.3 Відхилення міжосьової відстані визначається за таблиці 6. (додаток А)

7.3.4 Величина додаткового припуску, що враховує відхилення кутових розмірів, встановлюється за узгодженням між виробником і споживачем.

7.4 Дозволяється округляти лінійні розміри поковки з точністю до 0,5 мм.

7.5 При призначенні величини припуску на поверхню, положення якої визначається двома і більше розмірами поковки, встановлюється найбільше значення припуску для даної поверхні.

7.6 При виготовленні стрижневих поковок із двостороннім висаджуванням, або поковок, у яких стрижні не піддаються деформації, припуски на обробку повинні встановлюватися з урахуванням наведених у п. 8.6 допусків на довжини стрижнів.

7.7 Мінімальна величина радіусів заокруглень зовнішніх кутів поковок у залежності від глибини позначки рівчача штампа встановлюється за таблицею А.7 (додаток А).

7.8 При виготовленні поковок за класом точності Т5 із застосуванням полум'яного нагрівання заготовок допускається збільшення припуску для поковок з масою:

до 3,2 кг — до 0,5 мм;
3,2 — 10,0 — до 0,8 мм;
більше. 10,0 — до 1,0 мм.

8 Допуски

8.1 Допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів поковок призначаються в залежності від вихідного індексу і розмірів поковки за табл. А.8 (додаток А)

8.2 Допустимі відхилення внутрішніх розмірів поковок повинні встановлюватися зі зворотними знаками.

Допуски і допустимі відхилення розмірів, що відображають однобічний знос штампів, дорівнюють 0,5 величин, наведених у таблиці А.8 (додаток А).

8.3 Допуски і допустимі відхилення розмірів, товщини, що враховують недоштампування встановлюються за найбільшою товщиною поковки і поширюються на всі розміри її товщини.

8.4 Допуски товщини поковки, що піддається холодному або гарячому калібруванню, встановлюються за додатком В.

8.5 Допуск розмірів, не зазначений на кресленні поковки, приймається рівним 1,5 допуску відповідного розміру поковки з рівними допустимими відхиленнями.

8.6 Для поковок, у яких стрижень виходить за межі штампа і не піддається деформації, допуск довжини стрижня приймають:

- до 2 мм — для поковок 1-го класу точності
- до 3 мм — для поковок 2-го класу точності
- до 4 мм — для поковок 3-го класу точності
- до 5 мм — для поковок 4-го класу точності
- до 6 мм — для поковок 5-го класу точності

Величина допуску довжини недеформованого стрижня у поковок, отриманих двостороннім висаджуванням, подвоюється. Для поковок, отриманих висаджуванням з наступним штампуванням і висаджуванням прокату мірної довжини, допуск довжини стрижня встановлюється за узгодженням між виробником і споживачем.

В величину допуску не входять відхилення змицання і неперпендикулярності торців стрижня.

Для ділянки стрижня, затиснутого в штампі або в лещатах, при штампуванні від заднього упора допускається збільшення діаметра стрижня на величину подвоєного позитивного допустимого відхилення, за таблицею А.8 (додаток А) на відстані до двох діаметрів від головки поковки і півтора діаметра від торця стрижня.

Допустимі відхилення розмірів перетину стрижня на недеформованих ділянках поковки визначаються відповідними стандартами на сортамент прокату зі збільшенням від'ємного допустимого відхилення, не більше ніж на 0,6 мм.

8.7 Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штампа визначається в залежності від маси поковки, конфігурації поверхні рознімання штампа і класу точності і не повинна перевищувати значень, наведених у табл. А.9 (додаток А).

8.8 Допустима величина залишкового облою визначається в залежності від маси поковки, конфігурації поверхні рознімання штампа і класу точності і призначається за табл. А.10 (додаток А).

У місцях переходу для радіусів до 10 мм допускається призначати подвоєну величину залишкового облою.

8.9 Величина зрізаної кромки не повинна зменшувати встановлений припуск.

8.10 Допустима величина висоти облою на поковці по контуру обрізки облою не повинна перевищувати:

2 мм – для поковок масою до 1,0 кг включ.;

3 мм – для поковок масою 1,0 кг – 5,6 кг включ.;

5 мм – для поковок масою 5,6 кг – 50,0 кг;

6 мм – для поковок масою більше 50,0 кг,

при пробиванні отвору ця величина може бути збільшена в 1,3 раза.

8.11 Допустима величина облою пуансона, що утворився по контуру, при штампуванні в закритих штампах (безоблойне штампування), визначається за табл. 11 (додаток А).

8.12 У поковок, виготовлених на горизонтально-кувальних машинах допустима висота облою в площині рознімання матриць не повинна перевищувати подвоєної величини залишкового облою за табл. А.10 (додаток А).

8.13 Облой на необроблюваних поверхнях поковок повинен бути видалений, якщо форма поковки дозволяє в технічно обґрунтованих випадках робити зачищення поверхні на зачисних верстатах.

8.14 Допустимі відхилення від співвісності непробитих отворів (рівчаків) у поковок (рис. 3.8) приймається не більш 1,0% глибини отвору (рівчака).

8.15 Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого в поковці отвору встановлюється за таблицею А.12 (додаток А).

Наведені допустимі відхилення від концентричності отворів відповідають початку пробивання (з боку входу

пуансона в поковку). Наприкінці пробивання (з боку виходу пуансона) ці відхилення можуть бути збільшені на 25%.

8.16 Допустимі відхилення за зігнутістю від площинності і від прямолінійності для плоских поверхонь (рис.1.7) встановлюються за табл. А.13 (додаток А). У даних величинах не враховуються перепади по висоті, товщині чи ширині поковок.

Довгі поковки з розмірами понад 1000 мм піддають правці перед механічною обробкою.

8.17 Допуск радіального биття циліндричних поверхонь не повинен перевищувати подвоєної величини, зазначеної в табл. А.13 (додаток А).

8.18 Допустиме відхилення міжосьової відстані (A_1) у поковках (рис. 1.2) не повинне перевищувати величин, зазначених у табл. А.14 (додаток А).

8.19 Допустиме відхилення міжосьової відстані (A_2) у поковках (рис. 1.3) встановлюється за узгодженням споживача з виробником.

8.20 Допустиме відхилення торця стрижня поковки після відрізання заготовки з прутка, що не підлягає деформуванню при штампуванні (рис. 8.1), визначається за табл. А.15 (додаток А) в залежності від діаметра прутка. Допускається неперпендикулярність поверхні зрізу до осі заготовки до 7° .

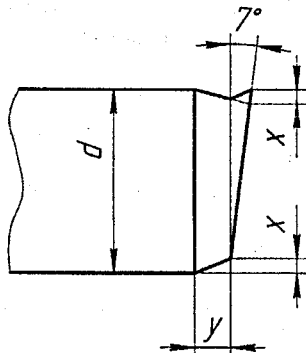


Рисунок 8.1

8.21 Допустимі відхилення кутових(α) розмірів елементів поковки (рис. 8.2) встановлюються за таблицею А.16 (додаток А).

Допустимі відхилення кутових розмірів для поковки, скручення або згинання елементів якої виконується на окремому устаткуванні, збільшуються на 50%.

8.22 На поковці допускається слід у вигляді западини або виступу, що утворюється від виштовхувача чи від затисних елементів штампа.

Глибина западини повинна бути не більше 0,5 величини фактичного припуску. Висота виступу допускається до 3,0 мм на оброблюваній поверхні, а на необроблюваній поверхні повинна бути погоджена між виробником і споживачем.

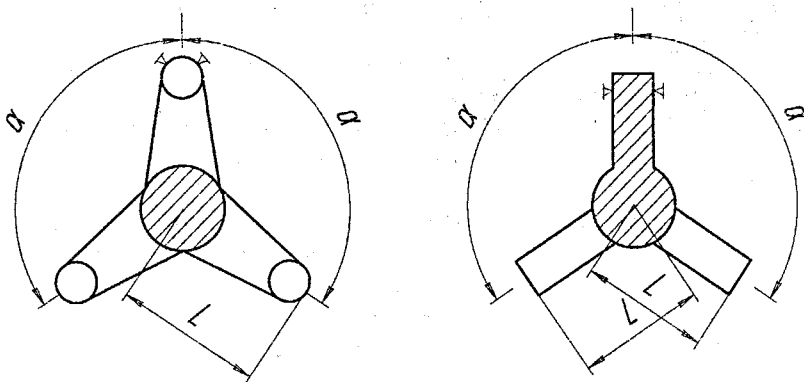


Рисунок 8.2

8.23 Допуск радіусів заокруглень внутрішніх і зовнішніх кутів поковок встановлюється за таблицею А.17 (додаток А).

8.24 Допустимі відхилення штампувальних нахилів на поковках встановлюються в межах $\pm 0,25$ їхньої номінальної величини.

8.25 Допуск висоти (довжини) стрижня, втулки і відростка поковки, виготовлених видавлюванням, встановлюється за узгодженням між виробником і споживачем.

8.26 Допустимі відхилення форми і розташування поверхонь є самостійні і не залежать від допусків і допустимих відхилень розмірів поковки.

9 Ковальські напуски

9.1 Ковальські напуски можуть бути утворені на заготовці штампувальними нахилами, радіусами заокруглення внутрішніх кутів, непробиваною перемичкою в отворах і нездійсненими в штампувальних операціях канавками і порожнинами.

9.2 Штампувальні нахили не повинні перевищувати величин, встановлених у таблиці А.18 (додаток А).

На поверхнях отворів поковок, виготовлених на горизонтально-кувальних машинах, штампувальний нахил не повинен перевищувати 5° .

У виготовлених на штампувальних молотах і пресах без виштовхувачів поковок, що мають елементи у вигляді ребра, виступу, реборди з відношенням їхньої висоти до ширини, більшим 2,5, допускається штампувальний нахил до 10° на зовнішній поверхні і до 12° на внутрішній поверхні.

9.3 Величина радіуса заокруглення внутрішніх кутів встановлюється за узгодженням між виробником і споживачем.

9.4 Западини і поглиблення в поковці, коли їх осі паралельні напрямку руху однієї з рухомих частин штампа, а діаметр чи найменший поперечний розмір не менше 30 мм, виконують глибиною до 0,8 їхнього діаметра чи найменшого поперечного розміру – при виготовленні на молотах і пресах та до трьох діаметрів – при виготовленні на горизонтально-кувальних машинах.

9.5 У поковці виконують наскрізні отвори при двобічному заглибленні, якщо при її виготовленні їх осі паралельні напрямку руху однієї з рухомих частин штампа, діаметр наскрізного отвору не менший 30 мм, а товщина поковки в місці пробивання – не більша діаметра отвору, який пробивається.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Конструктивна характеристика поковки

Конструктивна характеристика поковки	Позначення і визначення конструктивних характеристик	Примітка
1. Клас точності	Т1 — 1-й клас Т2 — 2-й > Т3 — 3-й > Т4 — 4-й > Т5 — 5-й >	Визначається за додатком А (табл. А.19)
2. Група сталі	М1 – сталь з масовою часткою вуглецю до 0,35% включ. і сумарною масовою часткою легуючих елементів до 2,0 % включ.; М2 – сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,35 до 0,65 % включ. або сумарною масовою часткою легуючих елементів понад 2,0 до 5,0 % включ. М3 – сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,65 % або сумарною масовою часткою легуючих елементів понад 5,0%	При призначенні групи сталі визначальним є середній масовий зміст вуглецю і легуючих елементів (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V)
3. Ступінь складності	С1 — 1-ий ступінь С2 — 2-ий ступінь С3 — 3-ий ступінь С4 — 4-ий ступінь	Встановлюється за додатком Б
4. Конфігурація поверхні рознімання штамп	П – плоска; Ис – симетрично зігнута; Ин – несиметрично зігнута	

Таблиця А.2 – Визначення вихідного індексу

Маса поковки кг.	Групи сталі			Ступінь складності поковки				Клас точності поковки					Вихідний індекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.													1
Від 0,5 до 1,0													2
1,0 - 1,8													3
1,8 - 3,2													4
3,2 - 5,6													5
5,6 - 10,0													6
10,0 - 20,0													7
20,0 - 50,0													8
50,0 - 125,0													9
125,0 - 250,0													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

Приклади:

1. Поковки масою 0,5 кг, група сталі M1, ступінь складності C1, клас точності T2

Вихідний індекс – 3 (в таблиці лінія 1).

2. Поковки масою 1,5 кг, група сталі M3, ступінь складності C2, клас точності T1.

Вихідний індекс – 6 (в таблиці лінія 2).

Таблиця А.3 - Основні припуски на механічну обробку (на один бік) мм

Вихідний індекс	Товщина деталі								
	до 25			25 – 40			40 – 63		
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота деталі								
	до 40			40 – 100			100 – 160		
	Шорсткість поверхонь Ra								
100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1	0,8	1	1,1
6	0,7	0,9	1	0,8	1	1,1	0,9	1,1	1,2
7	0,8	1	1,1	0,9	1,1	1,2	1	1,3	1,4
8	0,9	1,1	1,2	1	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
9	1	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2	1,7	2	2,2
14	1,5	1,8	2	1,7	2	2,2	1,9	2,3	2,5
15	1,7	2	2,2	1,9	2,3	2,5	2	2,5	2,7
16	1,9	2,3	2,5	2	2,5	2,7	2,2	2,7	3
17	2	2,5	2,7	2,2	2,7	3	2,4	3	3,3
18	2,2	2,7	3	2,4	3	3,3	2,6	3,2	3,5
19	2,4	3	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3	3,8	4,1
21	2,8	3,5	3,8	3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
22	3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6

Продовження таблиці А.3

Вихідний індекс	Товщина деталі								
	63 – 100			100 – 160			160 – 250		
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота деталі								
	160 – 250			250 – 400			400 – 630		
	Шорсткість поверхонь Ra								
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25
1	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	–	–	–
2	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1	0,8	1	1,1
3	0,7	0,9	1	0,8	1	1,1	0,9	1,1	1,2
4	0,8	1	1,1	0,9	1,1	1,2	1	1,3	1,4
5	0,9	1,1	1,2	1	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
6	1	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
7	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
8	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
9	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2
10	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2	1,7	2	2,2
11	1,5	1,8	2	1,7	2	2,2	1,9	2,3	2,5
12	1,7	2	2,2	1,9	2,3	2,5	2	2,5	2,7
13	1,9	2,3	2,5	2	2,5	2,7	2,2	2,7	3
14	2	2,5	2,7	2,2	2,7	3	2,4	3	3,3
15	2,2	2,7	3	2,4	3	3,3	2,6	3,2	3,5
16	2,4	3	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
17	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3	3,8	4,1
18	2,8	3,5	3,8	3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
19	3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
20	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
21	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
22	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
23	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5

Продовження таблиці А.3

Вихідний індекс	Товщина деталі								
	св. 250								
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота деталі								
	630 – 1000			1000 – 1600			1600 – 2500		
	Шорсткість поверхонь Ra								
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1	1,3	1,4	—	—	—	—	—	—
4	1,1	1,4	1,5	—	—	—	—	—	—
5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	—	—	—
6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2
7	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2	1,7	2	2,2
8	1,5	1,8	2	1,7	2	2,2	1,9	2,3	2,5
9	1,7	2	2,2	1,9	2,3	2,5	2	2,5	2,7
10	1,9	2,3	2,5	2	2,5	2,7	2,2	2,7	3
11	2	2,5	2,7	2,2	2,7	3	2,4	3	3,3
12	2,2	2,7	3	2,4	3	3,3	2,6	3,2	3,5
13	2,4	3	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
14	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3	3,8	4,1
15	2,8	3,5	3,8	3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
17	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
18	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
19	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
20	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
21	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
22	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7
23	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10

Таблиця А.4 - Зсув по поверхні рознімання штампа

Маса поковки, кг	Припуски для класів точності												
	Плоска поверхня рознімання (П)												
	T1	T2	T3	T4	T5								
			Симетрично зігнута поверхня рознімання (Ис)										
			T1	T2	T3	T4	T5						
				Несиметрично зігнута поверхня рознімання (Ин)									
				T1	T2	T3	T4	T5					
До 0,5 вкл.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
0,5 – 1,0				0,2									
1,0 – 1,8			0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1,8 – 3,2	0,3	0,3											
3,2 – 5,6	0,3	0,3			0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
5,6 – 10,0			0,4	0,5									
10,0 – 20,0			0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6
20,0 – 50,0	0,5	0,6											
50,0 – 125,0	0,5	0,5			0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6	2	
125,0 – 250,0			0,7	0,8									

Таблиця А.5 – Погнутість та відхилення від площинності і прямолінійності

Найбільший розмір поковки	Припуски для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
100 – 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
160 – 250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
250 – 400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
400 – 630	0,4	0,5	0,6	0,8	1
630 – 1000	0,5	0,6	0,8	1	1,2
1000 – 1600	0,6	0,8	1	1,2	1,6
1600 – 2500	0,8	1	1,2	1,6	2

Таблиця А.6 – Відхилення міжосьової відстані

Відстань між центрами, вісями	Припуски для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60 включ.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
60 – 100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
100 – 160	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
160 – 250	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
250 – 400	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
400 – 630	0,5	0,8	1,2	1,6	2
630 – 1000	0,8	1,2	1,6	2	2,5
1000 – 1600	1,2	1,6	2	2,5	4
1600 – 2500	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Таблиця А.7 – Мінімальна величина радіусів заокруглень зовнішніх кутів поковок в залежності від глибини порожнини робочої поверхні штампа

Маса поковки	Мінімальна величина радіусів заокруглень (мм), при глибині порожнини робочої поверхні штампа, (мм)			
	до 10 включ.	10 – 25	25 – 50	св. 50
До 1,0 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
1,0 – 6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
6,3 – 16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
16,0 – 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
40,0 – 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
100,0 – 250,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Таблиця А.8 – Допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів поковок

Вихідні дані	Найбільша товщина поковки																	
	до 10		10 – 63		63 – 100		100 – 160		160 – 250		більше 250							
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																	
	до 10		10 – 100		100 – 160		160 – 250		250 – 400		400 – 630		630– 1000		1000-1600		1600-2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,2 -0,1	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,2 -0,1	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	0,6	-	-

Продовження таблиці А.8

продовження таблиці А.6																		
	до 10		10 – 63		63 – 100		100–160		160– 250		більше 250							
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																	
	до 10		10 – 100		100–160		160 – 250		250– 400		400– 630		630 – 1000		1000-1600		1600-2500	
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3

Продовження таблиці А.8

	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																	
	до 10		10 – 63		63 – 100		100–160		160 – 250		більше 250							
	до 10		10 – 100		100–160		160 – 250		250–400		400– 630		630– 1000		1000–1600		1600–2500	
11	1,6	+1,1 –0,5	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5
12	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5	5,0	+3,3 –1,7
13	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5	5,0	+3,3 –1,7	5,6	+3,7 –1,9
14	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5	5,0	+3,3 –1,7	5,6	+3,7 –1,9	6,3	+4,2 –2,1
15	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5	5,0	+3,3 –1,7	5,6	+3,7 –1,9	6,3	+4,2 –2,1	7,1	+4,7 –2,4

Продовження таблиці А.8

Продовження таблиці А.8																			
до 10		10 – 63		63 – 100		100–160		160 – 250		більше 250									
Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																			
до 10		10 – 100		100–160		160–250		250 – 400		400– 630		630– 1000		1000– 1600		1600– 2500			
16	3,2	+2,1 -1,1	3, 6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	
17	3,6	+2,4 -1,2	4, 0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	
18	4,0	+2,7 -1,3	4, 5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+ 4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10, 0	+6,7 -3,3	
19	4,5	+3,0 -1,5	5, 0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3	10,0	+6,7 -3,3	11, 0	+7,4 -3,6	
20	5,0	+3,3 -1,7	5, 6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3	10, 0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12, 0	+8,0 -4,0	

Продовження таблиці А.8

Продовження таблиці 1																			
до 10		10 – 63		63 – 100		100–160		160 – 250		більше 250									
Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																			
до 10		10 – 100		100–160		160–250		250 – 400		400– 630		630– 1000		1000– 1600		1600– 2500			
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10, 0	+6, 7 - 3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10, 0	+6,7 -3,3	11, 0	+7, 4 - 3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10, 0	+6,7 -3,3	11, 0	+7,4 -3,6	12, 0	+8, 0 - 4	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	+10, 0 -6,0	

Таблиця А.9– Допустимі величини зміщення по поверхні рознімання штампа

Маса поковки, кг	Допустима величина зміщення по поверхні рознімання штампа, мм						
	Плоска поверхня рознімання (П)						
	T1	T2	T3	T4	T5		
	Симетрично зігнута поверхня рознімання (Іс)						
	T1	T2	T3	T4	T5		
	Несиметрично зігнута поверхня рознімання (Ін)						
	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,5 – 1,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1,0 – 1,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1,8 – 3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1
3,2 – 5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2
5,6 – 10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4
10,0 – 20,0	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,8
20,0 – 50,0	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,8	2,5
50,0 – 125,0	0,8	1	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2
125,0 – 250,0	1	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4

Таблиця А.10 – Допустима величина залишкового облою

Маса поковки, кг	Допустима величина залишкового облою, мм							
	Плоска поверхня рознімання (II)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
			Симетрично зігнута поверхня рознімання (Iс)					
			T1	T2	T3	T4	T5	
			Несиметрично зігнута поверхня рознімання (Iн)					
			T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,5 – 1,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0 – 1,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
1,8 – 3,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
3,2 – 5,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
5,6 – 10,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
10,0 – 20,0	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2
20,0 – 50,0	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8
50,0 – 125,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5
125,0 – 250,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0

Таблиця А.11 – Допустима величина облою

Маса поковки	Ступінь складності поковки	Допустима величина облою при максимальному розмірі поперечного перерізу рознімання штампа				
		до 40	40 – 100	100 – 160	160 – 250	св. 250
До 0,5 вкл.	C1, C2	1,0	2,0	–	–	–
	C3	2,0	3,0	–	–	–
	C4	3,0	4,0	–	–	–
0,5 – 3,2	C1, C2	2,0	3,0	4,0	–	–
	C3	3,0	4,0	5,0	–	–
	C4	4,0	5,0	6,0	–	–
3,2 – 5,6	C1, C2	3,0	4,0	5,0	–	–
	C3	4,0	5,0	6,0	–	–
	C4	5,0	6,0	7,0	–	–
5,6 – 20	C1, C2	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	C3	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	C4	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
20 – 50	C1, C2	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	C3	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	C4	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Більше 50	C1, C2	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	C3	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	C4	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

Таблиця А.12 – Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого в поковці отвору

Найбільший розмір поковки	Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого отвору для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
100 – 160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
160 – 250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
250 – 400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
400 – 630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
630 – 1000	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Таблиця А.13 – Допустиме відхилення за прогином, від площинності та прямолінійності для плоских поверхонь

Найбільший розмір поковки	Допустимі відхилення за погнутістю для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
100 – 160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
160 – 250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
250 – 400	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
400 – 630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630 – 1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
1000 – 1600	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
1600 – 2500	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Таблиця А.14 – Допустиме відхилення міжосьової відстані A_1 в поковках

Міжосьові відстані	Допустимі відхилення міжосьової відстані для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60 включ.	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$
60 – 100	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$
100 – 160	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$
160 – 250	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$
250 – 400	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$
400 – 630	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$
630 – 1000	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$
1000 – 1600	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,50$
1600 – 2500	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,50$	$\pm 7,00$

Таблиця А.15 – Допустиме відхилення торця стержня поковки після відрізання заготовки з прутка

Діаметр прутка (d)	Допустиме відхилення	
	x	y
До 40 включ.	0,08 d	1 d
Більший 40	0,07 d	0,8 d

Таблиця А.16 – Допустимі відхилення кутових розмірів поковки

Довжина елемента (L)	Допустимі відхилення кутових елементів поковки для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 25 включ.	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 2^{\circ}00'$	$\pm 2^{\circ}30'$
25 – 60	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 2^{\circ}00'$
60 – 100	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$
100 – 160	$\pm 0^{\circ}10'$	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$
Більше 160	$\pm 0^{\circ}05'$	$\pm 0^{\circ}10'$	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$

Таблиця А.17 – Допуск радіусів заокруглень внутрішніх та зовнішніх кутів поковок

Радіуси заокруглень	Допуск радіусів заокруглень для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 4 включ.	0,50	0,50	0,50	1,00	2,00
4 – 6	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00
6 – 10	1,00	1,00	2,00	3,00	5,00
10 – 16	1,00	2,00	3,00	5,00	8,00
16 – 25	2,00	3,00	5,00	8,00	12,00
25 – 40	3,00	5,00	8,00	12,00	20,00
40 – 60	5,00	8,00	12,00	20,00	30,00
60 – 100	8,00	12,00	20,00	30,00	50,00

Таблиця А.18 – Штампувальні нахили

Обладнання	Штампувальні нахили, град	
	На зовнішній поверхні	На внутрішній поверхні
Штампувальні молоти, преси без виштовхувачів	7	10
Преси з виштовхувачами, горизонтально-ковальські машини	5	7
Гарячештампувальні автомати	1	2

Таблиця А.19 – Вибір класу точності поковок

Основне деформуюче обладнання, технологічні процеси	Клас точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипні гарячештампувальні преси:					
Відкрите облойне штампування				+	+
Закрите штампування		+	+		
Видавлювання			+	+	
Горизонтально-кувальні машини				+	+
Преси гвинтові, гідравлічні				+	+
Гарячештампувальні автомати		+	+		
Штампувальні молоти				+	+
Об'ємне калібрування (гаряче і холодне)	+	+			
Прецизійне штампування	+				

Примітки:

1. Прецизійне штампування – спосіб штампування, що забезпечує встановлювану точність і шорсткість однієї чи декількох функціональних поверхонь поковки, що не піддаються остаточній обробці.

2. При полум'яному нагріванні заготівель допускається зниження точності для класів T2– T4 на один клас.

3. При холодному чи гарячому площинному калібруванні точність приймається на один клас вище.

**Таблиця А.20 – Коефіцієнт (Кр) для визначення орієнтовної
розрахункової маси поковки**

Група	Характеристика деталі	Типові представники	Кр
1	Подовженої форми		
1.1	З прямою віссю	Вали, осі, цапфи, шатуни	1,3 – 1,6
1.2	Із зігнутою віссю	Важилі, сошки рульового механізму	1,1 – 1,4
2	Круглі і багатогранні в плані		
2.1	Круглі	Шестерні, ступиці, фланці	1,5 – 1,8
2.2	Квадратні, прямокутні і багатогранні	Фланці, ступиці, гайки	1,3 – 1,7
2.3	З відростками	Хрестовини, вилки	1,4 – 1,6
3	Комбінована (яка поєднує елементи груп 1-ї і 2-ї конфігурації)	Поворотні кулаки, колінчасті вали	1,3 – 1,8
4	З великим об'ємом необробленої поверхні	Балки передніх осей. Важилі перемикачів коробок передач, буксирувальні крюки	1,1 – 1,3
5	З отворами, поглибленнями, піднутреннями, що не формуються в поковці при штампуванні	Порожні вали, фланці, блоки шестерень	1,8 – 2,2

ДОДАТОК Б

СТУПЕНІ СКЛАДНОСТІ ПОКОВОК

1. Ступінь складності є однією з конструктивних характеристик форми поковок, яка якісно оцінює її, і використовується при призначенні припусків і допусків.

2. Ступінь складності визначають шляхом обчислення відношення маси (об'єму) G_n поковки до маси (об'єму) G_ϕ геометричної фігури, у яку вписується форма поковки. Геометрична фігура може бути кулею, паралелепіпедом, циліндром з перпендикулярними до його осі торцями чи прямою правильною призмою (рис. Б.1).

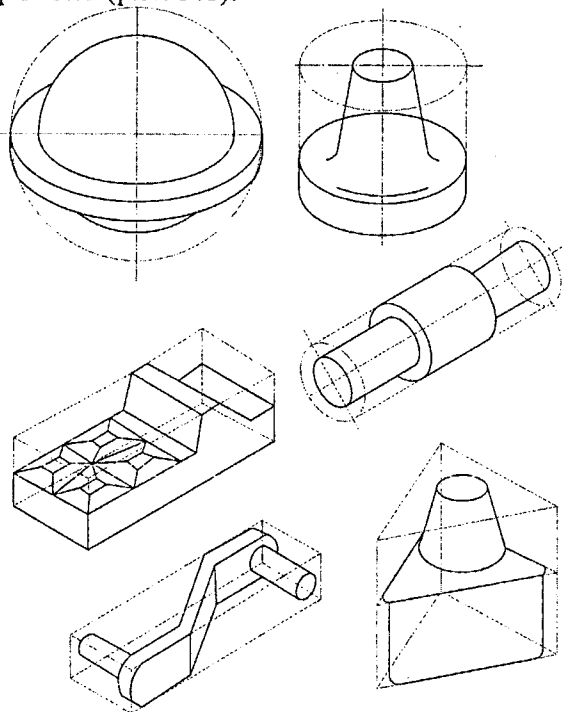


Рисунок. Б.1

При обчисленні відношення G_n/G_ϕ приймають ту з геометричних фігур, маса (об'єм) якої найменша.

3. При визначенні розмірів геометричної фігури, що описує поковку, допускається виходити зі збільшення в 1,05 раза габаритних лінійних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь.

4. Ступеням складності поковок відповідають такі числові значення відношення G_n/G :

C1 — більше 0,63;

C2 — 0,32 — 0,63 включно.;

C3 — 0,16 — 0,32;

C4 — більше 0,16

5. Ступінь складності C4 встановлюється для поковок з тонкими елементами, наприклад, у вигляді диска, фланця, кільця (рис. Б.2), у тому числі з перемичками, що пробиваються, а також для поковок з тонким стрижневим елементом, якщо відношення t/D ; t/L ; $t/(D-d)$ не перевищують 0.20 і t не більше 25 мм (де D — найбільший розмір тонкого елемента, t — товщина тонкого елемента, L — довжина тонкого елемента, d — діаметр елемента поковки, товщина якого перевищує величину t).

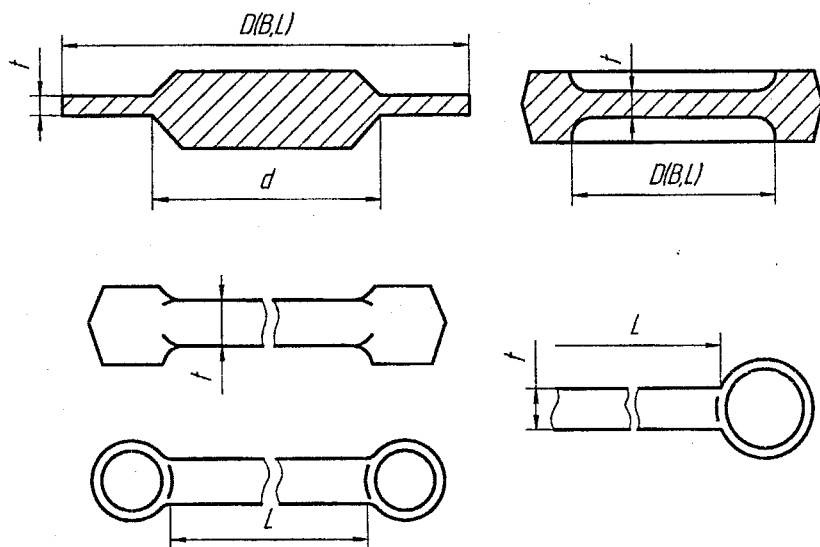


Рисунок Б.2

6. Для поковок, отриманих на горизонтально-кувальних машинах, допускається визначати ступінь складності форми в залежності від кількості переходів:

C1 — не більше ніж при двох переходах;

C2 — при трьох переходах;

C3 — при чотирьох переходах;

C4 — більше ніж при чотирьох переходах або при виготовленні на двох кувальних машинах.

ДОДАТОК В

ДОПУСКИ І ПРИПУСКИ НА ТОВЩИНУ ПОКОВОК, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ ХОЛОДНОМУ І ГАРЯЧОМУ КАЛІБРУВАННЮ

1. При холодному калібруванні припуски на механічну обробку поковок і допуски на товщину між каліброваними площинами визначають з табл. В.1.

Допустимі відхилення приймаються рівними половині поля допуску.

Таблиця В.1 - Припуски на механічну обробку поковок і допуски на товщину між каліброваними площинами при холодному калібруванні (К- відношення товщини до ширини поковки, яка піддається калібруванню)

Площа поверхні, що піддається калібруванню, см ²	Припуск, мм	Поле допуску при К, мм	
		до 0,5 включ.	більше. 0,5
До 2,5 включ.	0,25	0,32	0,26
2,5 – 6,3	0,30	0,36	0,32
6,3 – 10	0,36	0,40	0,36
10,0 – 16,0	0,40	0,44	0,40
16,0 – 25,0	0,50	0,50	0,44
25,0 – 40,0	0,60	0,60	0,50
40,0 – 50,0	0,70	0,80	0,60

1.1 При одночасному калібруванні декількох площин поковок площа поверхні, що піддається калібруванню, визначається як їхній додаток. Допуски і допустимі відхилення встановлюються на всі калібровані елементи за найменшою величиною К.

1.2 При гарячому калібруванні припуски і допуски на товщину поковок можуть бути збільшені до 1,5 раза.

2. Ширина, довжина і діаметр поковки чи її елементів, що змінюються при калібруванні, встановлюються за узгодженням між виробником і споживачем. При цьому величина однобічного збільшення розмірів не повинна перевищувати подвоєного відхилення із знаком плюс, а зменшення – подвоєного відхилення розміру, із знаком мінус, до калібрування.

3. Відхилення від паралельності, площинності і прямолінійності каліброваних площин допускаються в межах допуску розміру після калібрування.

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1- Порівняльна характеристика різних способів штампування і кування.
(одержання заготовок пластичним деформуванням)

Спосіб отримання заготовки	Тип виробництва	Матеріал поковок, штамповок	Маса поковок, кг	Припуски на стороню, мм	Штампувальні нахили, град.	Досяжна точність, квалітет	Шорсткість поверхні R _z , мкм	Орієнтовні розміри партії, шт.	Відносна собі- вартість, %	Технологічні особливості	Область застосування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куван- ня	Одиничне, серійне	Вуглець еві і леговані і сталі і легкі сплави	0,5... 250000	По перети- ну 2...40, по довжині , 8...70		16... 17 і вище	320... 40	50... 200	130 ... 220	Найбільш прості конструкт- ивні форми	Ротори гідротур- бін, фланці, вали, диски, колеса
Гаряче штампу- вання на молотах	Серійне, масове	Сталі, кольорові метали	0,1... 2000	0,75... 4,25	7... 10	15... 17	320... 40	Для важких заготовок	100	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів,	Зубчасті колеса, важелі, перемикачі чашки, ступиці

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
								25000 – 30000, для серед- ніх і дрібни- х 4000 – 10000		що першкод- жають вийманню із штампа	
Гаряче штам- пуван- ня на механі- чних пресах	Серійне, масове	Сталі, кольоро- ві метал- и	0,1... 1000	0,5... 3,0	3...7	13... 17	160... 20	Для важких загото- вок 2500 – 3000, для серед- ніх, дріб- них 4000 – 10000	86.. 100	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що перешкод- жають вийманню із штампа	Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, порожни- сті корпуси

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штам- пуван- ня ГКМ	Серійне, масове	Сталі, кольорові метали	0,5... 100	1,5... 3,25	В матр ицях 1...7, в пуан соні 0,25. - 2,00	13... 17	160 ...20	Стій- кість до повно- го знопу- вання мат- риць 24000.. .64000, пуансо нів 3000... 10000	70.. . 75	Симетричні та асиметричні стержні із суцільними і порожнистими головками, фланцями	Кільця, гайки, втулки, вали з фланцями

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Гаряче штампування і калібрування	Масове	Сталі, кольорові метали	0,3... 120	До 0,4	5...7	11... 15	32... 10		77.. 93	Поверхні після холодної калібровки не вимагають наступної механічної обробки	Панелі, фланці, кришки, штепсельні роз'єми
Штампування видавлюванням на гідравлічних пресах	Серійне	Мало пластичні сталі, кольорові метали	0,25.. 80	По перетину 0,5... 1,5; по довжині 1,5... 4,0	0,5.. 4,0	13... 17	160... 20	700... 2000	11.. 115	Заготовки, з тонкими, і довгими стінками або стержнями	Спеціальні болти, стержні, баки, контейнери, труби з фланцями

ДОДАТОК Д

ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ (ПРИЗНАЧЕННЯ) ДОПУСКІВ, ДОПУСТИМИХ ВІДХИЛЕНЬ, ТА ПРИПУСКІВ НА ПОКОВКИ

Приклад 1— Шестерня приводу (рис. Д.1).

Штампувальне устаткування — горячештампувальний автомат.

Нагрівання заготовок — індукційне.

1.1 Початкові дані по деталі

I. Матеріал — сталь 30ХМА (за ГОСТ 4543): 0,17–0,37% Si; 0,26–0,38% C; 0,4–0,7% Mn; 0,8–1,1% Cr; 0,15–0,25% Mo.

1.2 Маса деталі — 0,390 кг

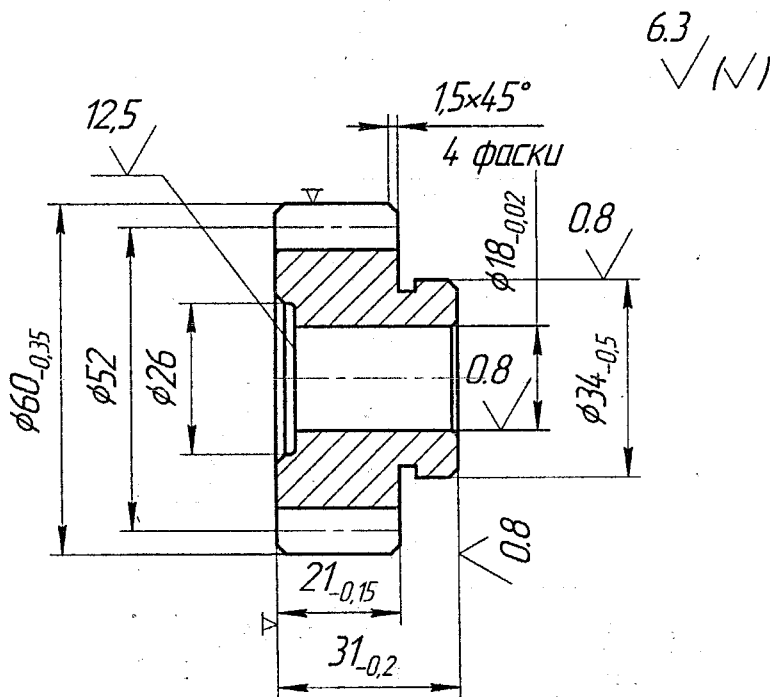


Рисунок Д.1

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 0,620 кг:

розрахунковий коефіцієнт K_p , — 1,6 (табл. А.20)

$0.390 \times 1,6 = 0,620$ кг

2.1 Клас точності — Т3 (табл. А.19)

2.2 Група сталі — М1 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 30ХМА 0,3% С, а сумарна масова частка легуючих елементів — 1,9% (0,27% Si; 0,8% Mn; 0,95% Cr; 0,25% Mo).

2.3 Ступінь складності — С1 (додаток Б).

Розміри фігури (циліндр), що описує поковку, мм. діаметр —

63 (60 x 1,05);

довжина — 32,5 (31 x 1,05) (де 1,05 — коефіцієнт).

Маса фігури — 0,780 кг;

$G_p/G_f = 0,62/0,780 = 0,79$

2.4 Конфігурація поверхні рознімання лгтапу П (плоска) — (табл. А.1).

2.5 Вихідний індекс — 6 (табл. А.2).

3. Припуски і ковальські напуски

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

1,0 — діаметр 60 мм і шорсткість поверхні 6,3;

1,0 — діаметр маточини 34 мм і шорсткість поверхні 0,8;

1,0 — товщина 31 мм і шорсткість поверхні 6,3;

1,1 — товщина 31 мм і шорсткість поверхні 0,8;

0,9 — товщина 21 мм і шорсткість поверхні 6,3.

3.2 Додатковий припуск, що враховує відхилення від площинності — 2 мм (табл. А.1).

4. Розміри поковок і їх допустимі відхилення (рис. Д.1).

4.1 Розміри поковки, мм (рис. Д.2)

діаметр $60 + 1,0 \times 2 = 62$ приймається 62;

діаметр $34 + 1,0 \times 2 = 36$ приймається 36;

товщина $21 + (0,9 + 0,2) \times 2 = 23,2$ приймається 23;

товщина $31 + 1,0 + 1,1 + 0,2 \times 2 = 33,5$ приймається 33,5.

4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів — 2,0 мм (мінімальний) приймається 3,0 мм (табл. А.7).

4.3 Допустимі відхилення розмірів (табл. А.8). мм:

діаметр	$62^{+0,6}_{-0,3}$
діаметр маточини	$36^{+0,5}_{-0,3}$
товщина	$23^{+0,5}_{-0,3}$
товщина	$33,5^{+0,5}_{-0,3}$

- 4.4 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 8.5.
 4.5 Невказані допуски радіусів заокруглення — за п. 8.23.
 4.6 Допустима висота торцевого облоу — 3,0 мм (табл. А.11).
 4.7 Допустиме відхилення від площинності — 0,5 мм (табл. А.13).
 4.8 Правила виконання креслення та технічні вимоги до поковки - дивіться [7,8]

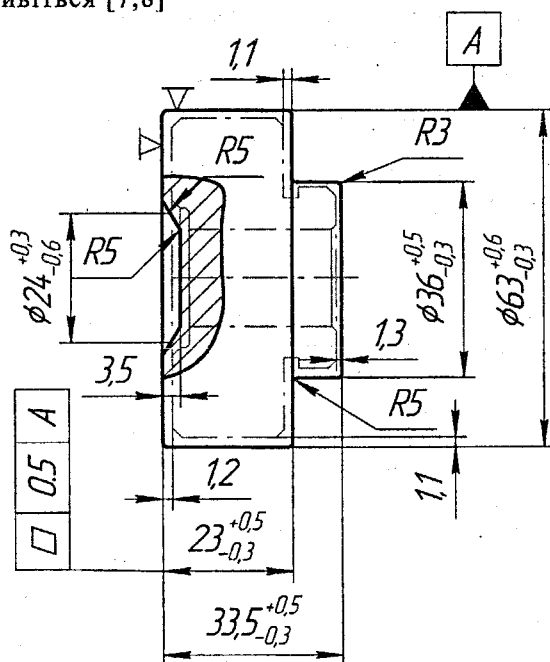


Рисунок Д.2

Приклад 2 — Шестерня (рис. Д.3)

Штампувальне устаткування — КГШП.

Нагрівання заготовок — індукційне.

1.1. Початкові дані по деталі

I. Матеріал — сталь 45ХН2МФА (за ГОСТ 4543): 0,17–0,37% Si; 0,42–0,50% C; 0,5–0,8% Mn; 0,8–1,1% Cr; 0,1–0,18% Mo; 1,3–1,8% Ni.

1.2. Маса деталі — 1,83 кг

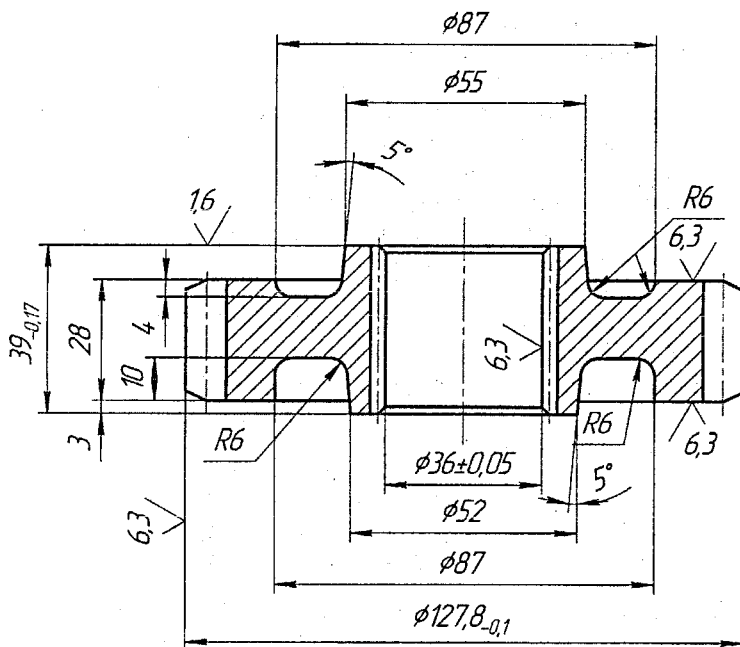


Рисунок Д.3

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 1,83 кг:

розрахунковий коефіцієнт K_p , — 1,8 (табл. А.20)

$1,83 \times 1,8 = 3,8$ кг

2.1 Клас точності — Т3 (табл. А.19)

2.2 Група сталі — М2 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 45ХН2МФА 0,45% С, а сумарна масова частка легуючих елементів — 3,81% (0,27% Si; 0,65% Mn; 0,95% Cr; 1,85% Ni; 0,25% Mo 0,14% V).

2.4 Ступінь складності — С1 (додаток Б).

Розміри фігури (циліндр), що описує поковку, мм.

діаметр — $134,2 \times (127,8 \times 1,05)$;

довжина — $41 \times (39 \times 1,05)$ (де 1,05 — коефіцієнт).

Маса фігури — 4,55 кг;

$$G_p/G_f = 3,32/4,65 = 0,72$$

2.5 Конфігурація поверхні рознімання штампа П (плоска) — (табл. А.11).

2.6 Вихідний індекс — 10 (табл. А.2).

3. Припуски і ковальські напуски

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

1,6— діаметр 127,8 мм і шорсткість поверхні 6,3;

1,4 — діаметр маточини 36 мм і шорсткість поверхні 0,8;

1,5 — товщина 39 мм і шорсткість поверхні 1,6;

1,5—товщина 28 мм і шорсткість поверхні 6,3;

3.2 Додатковий припуск, що враховує:

зсув по поверхні рознімання штампа—0,3 мм (табл. А.4)

відхилення від площинності — 0,3 (табл. А.5)

Розміри поковок і їх допустимі відхилення (табл. А.14).

3.3 Штампувальний нахил;

на зовнішній поверхні — не більше 5°, приймається 5°

на внутрішній поверхні не більше 7°, приймається 7°.

4. Розміри поковки та її допустимі відхилення (рис. Д.4)

4.1 Розміри поковки, мм

діаметр $127,8+(1,6+0,3) \times 2=131,6$, приймається 132;

діаметр $36-(1,4+0,3) \times 2=32,6$, приймається 32;

товщина $39+(1,5+0,3) \times 2=42,6$, приймається 42,5;

товщина $28+(1,5+0,3) \times 2=31,6$, приймається 31,5.

4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів — 2,0 мм (мінімальний) приймається 3,0 мм (табл. А.7).

4.3 Допустимі відхилення розмірів (табл. А.8). мм:

діаметр $132^{+1,3}_{-0,7}$

діаметр $32^{+0,5}_{-0,9}$

товщина $42,5^{+1,1}_{-0,5}$

товщина $31,5^{+1,1}_{-0,5}$

4.4 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 8.5.

4.5 Невказані допуски радіусів заокруглення — за п. 8.23.

4.6 Допустима висота облою — 3,0мм за п. 8.10.

4.7 Допустиме відхилення від площинності — 0,6 мм за п. 8.16

4.8 Допустима величина залишкового облою — 0,7 за п. 8.8

4.9 Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору відносно зовнішнього контуру поковки 0,8 (табл.А.12).

4.10 Допустиме зміщення по поверхні рознімання штампа 0,6 (табл. А.9)

4.11 Правила виконання креслення та технічні вимоги до поковки [7,8]

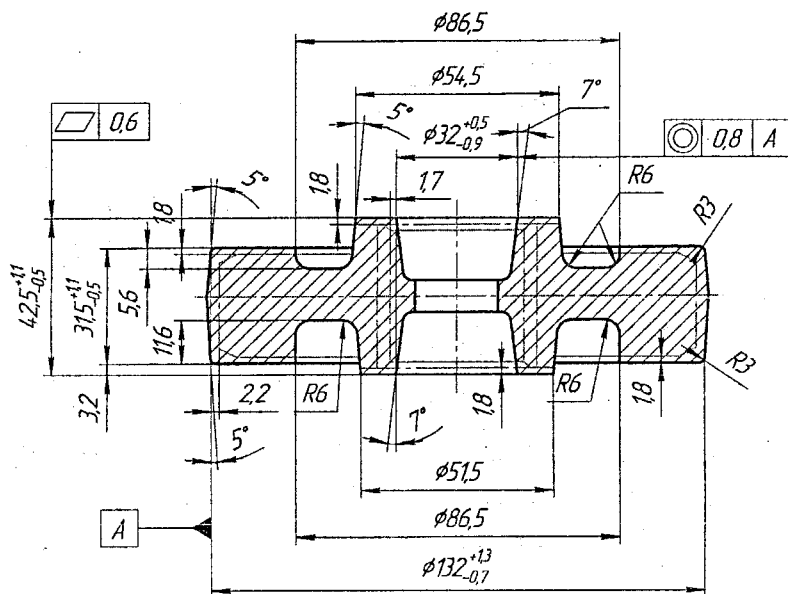


Рисунок Д.4

Приклад 3 – Хрестовина карданного вала (рис. Д.5).

Штампувальне обладнання—КГШП.

Нагрівання заготовок — індукційний.

1. Початкові дані по деталі

1.1 Матеріал — сталь 45 (за ГОСТ 1050): 0,42—0,50% С; 0,17—0,37%Si; 0,50—0,80% Mn; не більше 0,25.% Сг.

1.2 Маса деталі —0,845 кг

2 Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 1,27 кг;
розрахунковий коефіцієнт $K_p=1,5$ (табл. А.20);

$$0,845 \times 1,5=1,27\text{кг.}$$

2.2. Клас точності — Т3 (табл. А.19).

2.3 Група сталі —М2 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 45—0,46%.

2.4 Ступінь складності — С2 (додаток Б).

Розміри фігури (паралелепіпед), що описує поковку, мм:

100 x 100 — сторони (визначають графічно);

36 — висота (визначають за кресленням).

Маса фігури, яка описує хрестовину (розрахункова) —2,56 кг;

$$G_n / G_f = 1,27/2,80=0,454.$$

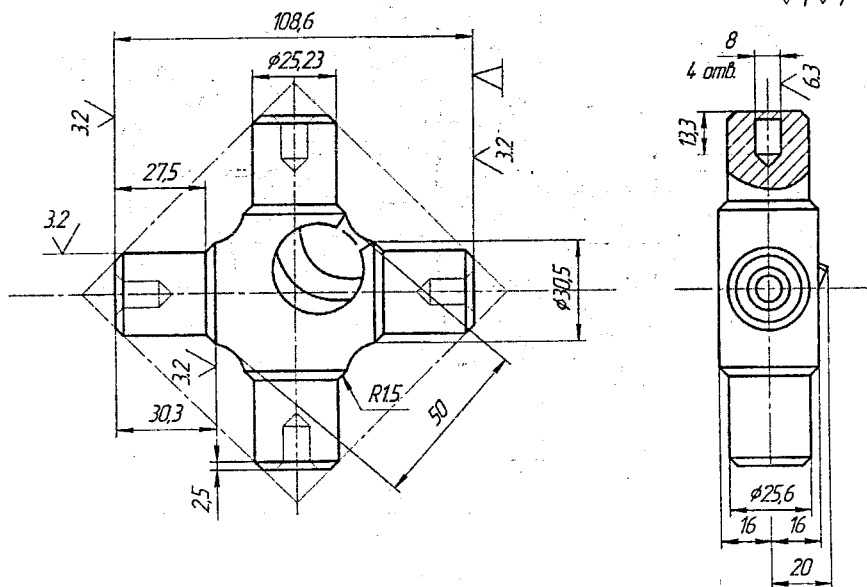


Рисунок. Д.5

2.5. Конфігурація поверхні рознімання штамп—П (плоска) — (табл. А.1).

2.6. Вихідний індекс — 9 (табл. А.2).

3. Припуски і ковальські напуски

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

1,5 — ширина 108,6 мм і шорсткість поверхні 3,2;

1,3 — товщина 25,6 мм і шорсткість поверхні 3,2;

1,3 — довжина 30,3 мм і шорсткість поверхні 3,2.

3.2 Додаткові припуски, які враховують:

зсув по поверхні рознімання штамп — 0,2 мм (табл. А.4);

відхилення від площинності — табл. А.5).

3.3 Штапувальний нахил на зовнішній поверхні не більше 5°, приймається 3° (табл. А.17).

4. Розміри поковки та її допустимі відхилення (рис. Д.6)

4.1 Розміри поковки, мм:

ширина $108,6 + (1,5 + 0,2 + 0,3) * 2 = 112,6$ приймається 12,5;

товщина $25,6 + (1,3 + 0,2) * 2 = 28,6$ приймається 28,5;

довжина $30,3 + 1,3 + 0,3 = 31,9$ приймається 32,0.

4.2 Радіус закруглення зовнішніх кутів—2,0 мм (мінімальний) приймається 3,0 мм (табл. А.7).

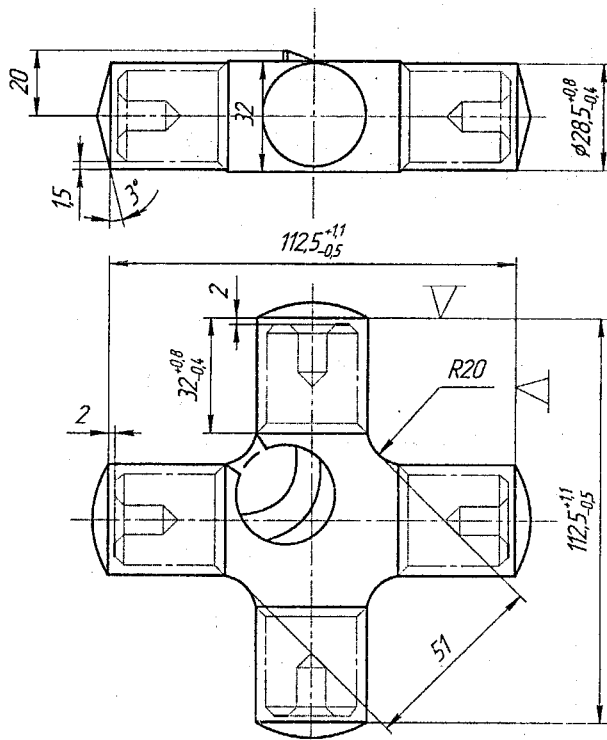


Рисунок Д.6

4.3 Допустиме відхилення розмірів

ширина	$112.5^{+1.1}_{-0.5}$
товщина	$28.5^{+0.8}_{-0.4}$
довжина	$32.0^{+0.8}_{-0.4}$

4.4 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 8.5.

4.5 Невказані допуски радіусів закруглення — за п. 8.23.

4.6 Допустима величина залишкового облою 0,5 мм — за п. 8.8.

4.7 Допустиме відхилення від площинності 0,6 мм — за п. 8.16.

4.8 Допустимі штампувальні нахили осі відростків поковки, $\pm 1^\circ$ — за п. 6.2

4.9 Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штампа 0,4 мм — за п. 8.7.

4.10 Допустима величина облою 2,0 мм — за п. 8.10.

4.11 Правила виконання креслення та технічні вимоги до поковки [7,8].

Приклад 4 - Втулка (рис. Д.7)

Штампувальне устаткування — КГШП.

Нагрівання заготовок — індукційне.

1. Вихідні дані по деталі

1.1 Матеріал — сталь 65 (за ГОСТ 14959): 0,62—0,7% С; 0,5—0,8% Мп; 0,17—0,37% Si; до 0,25.% Cr.

1.2 Маса деталі — 5,4 кг

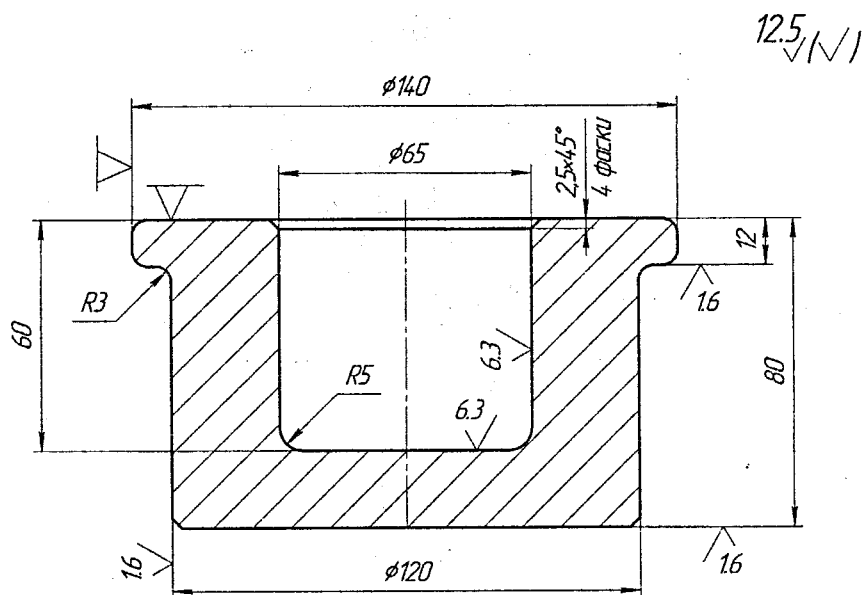


Рисунок Д.7

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 8,6 кг:
розрахунковий коефіцієнт $K_p=1,6$ (табл. А.20);

$$5,4 \times 1,6 = 8,6 \text{ кг.}$$

2.2 Клас точності — Т3 (табл. А.19).

2.3 Група сталі — М3 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 65: 0,68% С; сумарна масова частка легуючих елементів — 1,04% (0,27% Si; 0,65% Мп; 0,12% Cr;).

2.4 Ступінь складності — С1 (додаток Б).

Розміри фігури (циліндр), що описує поковку, мм:

147 (140 x 1,05) — діаметр;

84 (80 x 1,05) — довжина (де 1,05 — коефіцієнт).

Маса фігури яка описує втулку, (розрахункова) — 11,2 кг;
 $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}} = 8,6/11,2 = 0,78$.

2.5. Конфігурація поверхні рознімання штампа—П (плоска)
(табл. А.1)

2.6 Вихідний індекс—12 (табл. А.2).

3. Припуски і ковальський напуск

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

1,5—діаметр 140 мм і шорсткість поверхні 12,5;

1,8—діаметр 120 мм і шорсткість поверхні 1,6;

2,0—товщина 80 мм і шорсткість поверхні 6,3;

1,7—товщина 80 мм і шорсткість поверхні 12,5;

1,6—товщина 12 мм і шорсткість поверхні 12,5;

1,8—товщина 12 мм і шорсткість поверхні 1,6;

1,7—діаметр западини 65 мм і шорсткість поверхні 6,3;

1,7—глибина западини 60 мм і шорсткість поверхні 12,5.

3.2 Додаткові припуски, що враховують:

відхилення від площинності—0,3 мм (табл. А.5);

зсув по поверхні рознімання штампа — 0,3 мм (табл. А.4).

3.3 Штампувальний нахил (табл. А.8):

на зовнішній поверхні—не більш 5° , приймається 3° ; на
внутрішній поверхні — не більше 7° , приймається 7° .

4. Розміри поковки і їх допустиме відхилення (рис. А.18).

4.1 Розміри поковки, мм:

діаметр $140 + (1,5 + 0,3) \times 2 = 143,6$, приймається 144;

діаметр $120 + (1,8 + 0,3) \times 2 = 124,2$, приймається 124;

діаметр $65 - (1,7 + 0,3) \times 2 = 61$, приймається 61;

товщина $80 + 1,7 + 2 + 0,3 \times 2 = 84$, приймається 84;

товщина $12 + 1,7 + 1,6 + 0,3 \times 2 = 15,9$, приймається 16;

глибина (пункт 6.4) $60 \times 0,8 = 48,8$, приймається 50.

4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів (табл. А.7) на глибину
порожнини робочої поверхні штампа, мм:

до 50 — не менше 3, приймається 5;

більше 50 — не менше 4, приймається 6.

4.3 Допустиме відхилення розмірів (табл. А.8), мм,

діаметр $144^{+1,3}_{-0,7}$

діаметр $124^{+1,3}_{-0,7}$

діаметр $61^{+0,6}_{-1,2}$

глибина $50^{+0,7}_{-1,3}$

товщина $84^{+1,6}_{-0,9}$

товщина $16^{+1,6}_{-0,9}$

- 4.4 Невказані допуски радіусів закруглення — за п. 8.23.
 4.5 Допустиме відхилення від площинності 0,6 мм. — за п. 8.16.
 4.6 Допустима величина залишкового облою 0,8 мм—за п. 8.23.
 4.7 Допустиме відхилення від співвісності виямки 50
 $\times 0,01=0,5\text{мм}$, приймаємо 0,5мм — за п. 8.14.
 4.8 Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штамп
 0,7 мм — за п. 5.
 4.9 Правила виконання креслення та технічні вимоги до
 поковки - дивіться [7,8]

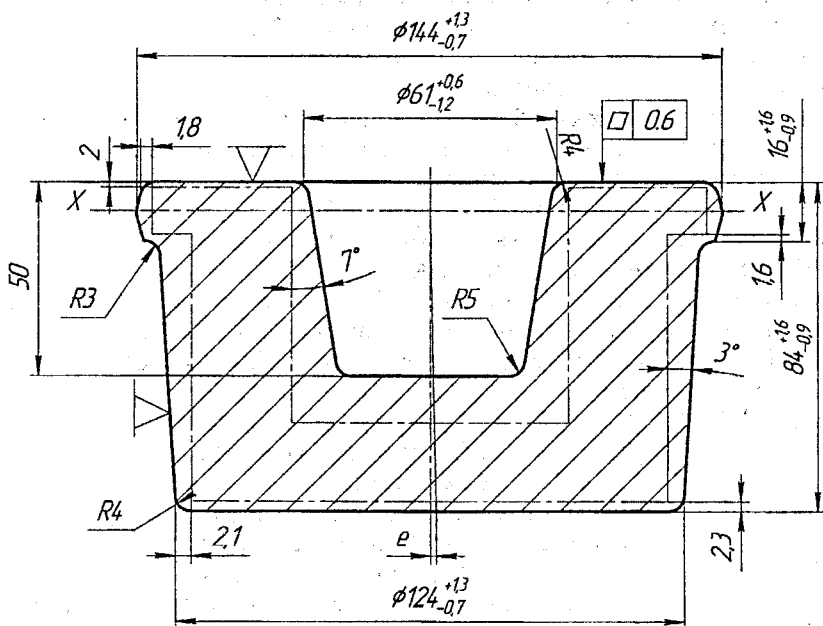


Рисунок Д.8

Приклад 5 - Важіль (рис. Д.9).

Штампувальне обладнання—КГШП.

Нагрівання заготовок — полум'яно-газове.

1. Вихідні дані деталі

1.1. Матеріал — сталь 12Х2Н4А (за ГОСТ 4543): 0,09—0,15% С;
 0,17—0,37% Si; 0,30 — 0,60% Mn; 1,25 — 1,65% Cr; 3,25 — 3,65%
 Ni.

1.2 Маса деталі — 3,30 кг

2 Початкові дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 4,25 кг;
розрахунковий коефіцієнт $K_p=1,3$ (табл. А.20);

$$3,30 \times 1,3 = 1,27 \text{ кг.}$$

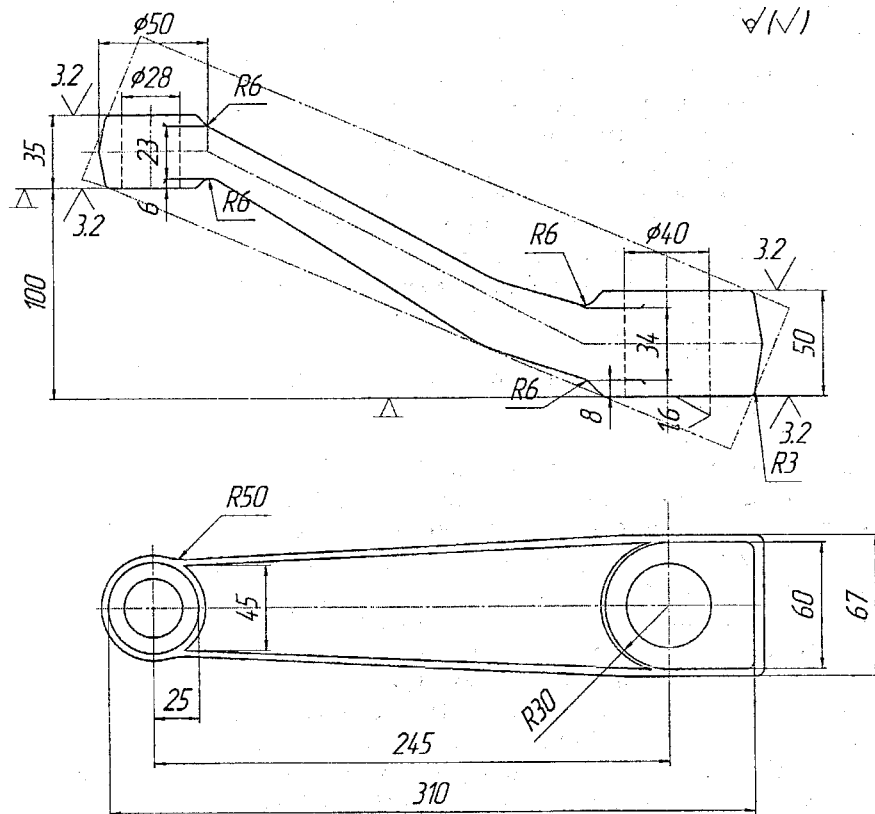


Рис.Д.9

2.2 Клас точності — Т5 (табл. А.19).

2.3 Група сталі — М3 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 12Х2Н4А: 0,12% С;
сумарна масова частка легуючих елементів — 5,624% (0,27% Si;
0,45% Мп; 1,45% Cr; 3,45% Ni).

2.4 Ступінь складності — С2 (додаток Б).

Розміри фігури (паралелепіпед), що описує поковку, мм:
довжина 340 (визначають графічно);

висота 67 (визначають графічно);
ширина 67 (визначають за кресленням).

Маса фігури, що описує поковку (розрахункова) — 12,42 кг;

$$G_{\text{п}} / G_{\text{ф}} = 4,25/13,06 = 0,325.$$

2.5 Конфігурація поверхні рознімання штампа—И_д (зігнута несиметрично) (табл. А.1)

2.6 Вихідний індекс—16 (табл. А.2).

3. Припуски і ковальський напуск

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

2,5 — діаметр 40 мм і шорсткість поверхні 1,6;

2,3 — діаметр 28 мм і шорсткість поверхні 1,6;

2,7 — товщина 50 мм і шорсткість поверхні 2,2;

2,5 — товщина 35 мм і шорсткість поверхні 3,2.

3.2 Додаткові припуски, що враховують:

зсув по поверхні рознімання штампа — 0,3 мм (табл. А.13).

0,6 — діаметр 40;

0,6 — діаметр 28;

відхилення від прямолінійності (табл. А.5),:

0,8 — товщина 50;

0,8 — товщина 35.

3.3 Штампувальний нахил (табл. А.18):

на зовнішній поверхні—не більше 7° приймається—7°;

на внутрішній поверхні — не більше 10°, приймається —10°.

4. Розміри поковки і їх допустиме відхилення (рис. Д.10).

4.1 Розміри поковки, мм:

товщина $50 + (2,7 + 0,8) \times 2 = 57$, приймається 57;

товщина $35 + (2,5 + 0,8) \times 2 = 41,6$, приймається 41,6;

діаметр 40— $(2,5 + 0,6 + 1,23) \times 2 = 31,4$, приймається 31;

діаметр 28— $(2,3 + 0,6 + 1,2) \times 2 = 19,4$, приймається 19,5;

висота $100 + (2,7 - 2,5) = 100,2$, приймається 100;

4.2 Радіус закруглення зовнішніх кутів (табл. А.7) на глибину виїмки робочої поверхні штампа, 10–25 мм—2,0мм.

4.3 Допустимі відхилення розмірів

товщина	$57^{+2,4}_{-1,2}$
товщина	$41,5^{+2,4}_{-1,2}$
ширина	$60^{+2,4}_{-1,2}$
ширина	$50^{+2,4}_{-1,2}$
висота	$100^{+2,7}_{-1,3}$
довжина	$310^{+3,7}_{-1,9}$
діаметр	$31,5^{+1,1}_{-2,1}$
діаметр	$19,5^{+1,1}_{-2,1}$

4.4 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 8.5.

4.5 Невказані допуски радіусів заокруглень — за п. 8.23

4.6 Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штампів 1,2 мм — за п.8.7

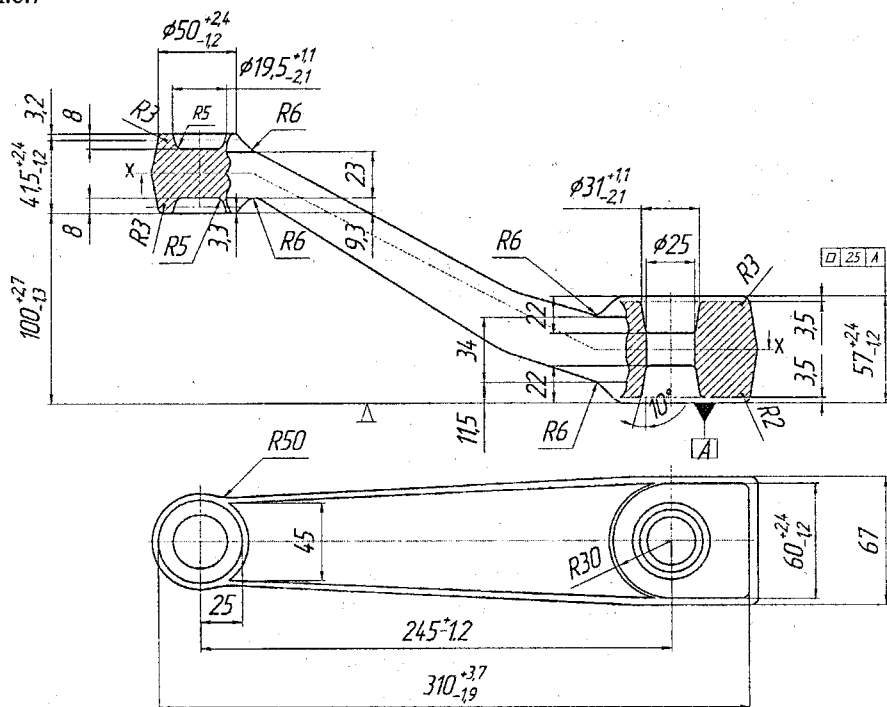


Рисунок Д.10

✓(✓)

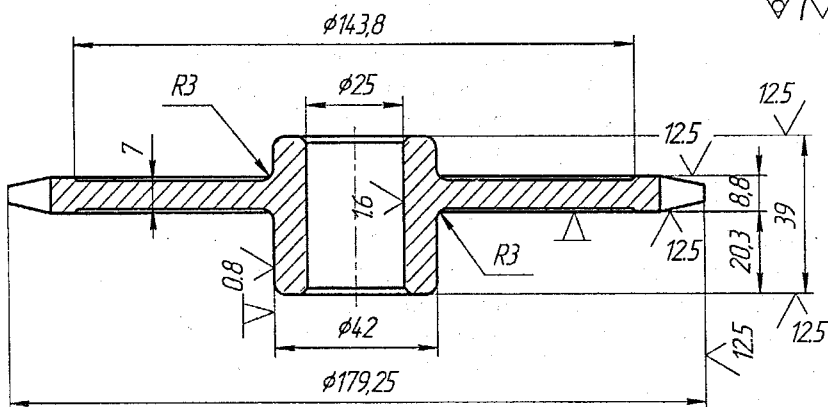


Рисунок Д.11

- 4.7 Допустиме відхилення від площинності та прямолінійності — 1,6 мм — за п. 8.16
- 4.8 Допустима величина залишкового облою або зрізаної кромки — 1,6 мм — за п.8.8.
- 4.9 Допустиме відхилення між центральною відстані $\pm 1,2$ мм (табл. А.14)

Приклад 6 - Зірочка приводу (рис. Д.11).

Штампувальне обладнання—КГШП.

Нагрівання заготовок — індукційне.

1. Вихідні дані деталі

1.1 Матеріал — сталь 35 (за ГОСТ 1050): 0,32—0,40% С; 0,17—0,37% Si; 0,5 – 0,8% Mn; 0,25 % Сг.

1.2 Маса деталі — 2,05 кг

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 3,28 кг:
розрахунковий коефіцієнт $K_p=1,6$ (табл. А.20);

$$2,05 \times 1,6 = 3,28 \text{ кг.}$$

2.2. Клас точності — Т4 (табл. А.19).

2.3 Група сталі — М1 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 35: 0,36% С.

2.4. Ступінь складності — С4 (додаток Б).

Відношення товщини полотна до діаметрального розміру
 $7/(143,2-42)=0,07$

2.5 Конфігурація поверхні рознімання штампа—П (плоска) (табл. А.1)

2.6 Вихідний індекс—14 (табл. А.2).

3. Припуски і ковальський напуск

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

2,0 — діаметр 179,25 мм і шорсткість поверхні 12,5;

2,3 — діаметр 42 мм і шорсткість поверхні 0,8;

2,7 — товщина 38 мм і шорсткість поверхні 12,5;

2,5 — товщина 8,8 мм і шорсткість поверхні 12,5.

3.2 Додаткові припуски, що враховують:

відхилення від площинності — 0,3 мм (табл. А.5);

зсув по поверхні рознімання штампа — 0,3 мм — (табл. А.4)

3.3 Штампувальний нахил (табл. 18):

на зовнішній поверхні—не більш 7° приймається— 5° ;

4. Розміри поковки і їх допустиме відхилення (рис. Д.12).

4.1 Розміри поковки, мм:

діаметр $179,25 + (2,0 + 0,5 + 0,3) \times 2 = 184,85$, приймається 185;

діаметр $42 + (2,2 + 0,5 + 0,3) \times 2 = 48,0$, приймається 48;

товщина $38+(1,7+0,5) \times 2=42,4$ приймається 42,5;
товщина $8,8+(1,5+0,5) \times 2 = 12,8$ приймається 13,0;
4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів – 2,0 мм (мінімальний)
приймається 3 мм (табл. А.7)

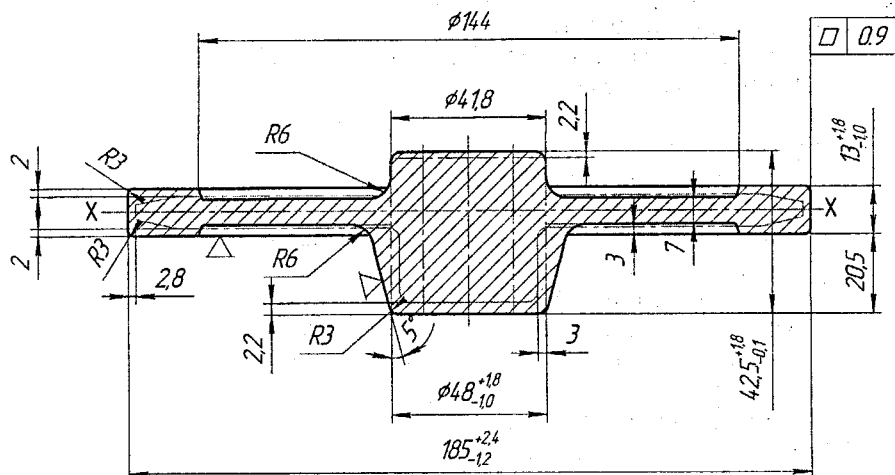


Рисунок Д.12

4.3 Допустимі відхилення розмірів (табл. А.8)

товщина $42,5^{+1.8}_{-1.0}$

товщина $13,0^{+1.8}_{-1.0}$

діаметр $185,0^{+2.4}_{-1.2}$

діаметр $48,0^{+1.8}_{-1.0}$

4.4 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 5.5.

4.5 Невказані допуски радіусів заокруглень — за п. 5.23

4.6 Допустима величина залишкового облою 1,0 мм — за п.5.16.

4.7 Допустиме відхилення від площинності та прямолінійності 0,9 мм — за п. 8.8

4.8 Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штамп 7 мм — за п.5.7

4.9 Допустима величина облою 2,0 мм — за п. 5.10

4.10 Правила виконання креслення та технічні вимоги до поковки - дивіться [7,8]

Приклад 7 - Піввісь (рис. Д.13).

Штампувальне обладнання – горизонтально-кувальна машина.

Кількість переходів — 5

Нагрівання заготовок — індукційне.

1. Вихідні дані по деталі

1.1 Матеріал — сталь 45Г (за ГОСТ 4543): 0,12—0,50% С; 0,17—0,37%Si; 0,7 – 1,0% Mn.

1.2 Маса деталі — 16,5 кг

Маса фланця — 6,5 кг

2 Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 9,8/6,0 кг:

Розрахунковий коефіцієнт $K_r=1,6$ (табл. А.20);

для фланця — 1,5,

для шліцевого кінця — 1,3.

Маса фланця з затисочною частиною $6,5 \times 1,5 = 9,8$ кг

Маса шліцевого кінця з затиснутою частиною:

$4,60 \times 1,3 = 6,0$ кг

2.2 Клас точності — Т4 (табл. А.19).

2.3 Група сталі — М2 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 45Г: 0,46% С.

Сумарна масова частка легуючих елементів: 1,2% (0,27%Si, 0,85 Mn).

2.4 Ступінь складності — С4 (додаток Б).

Відношення товщини полотна до діаметрального розміру

$$7/(143,2-42)=0,07$$

2.5 Конфігурація поверхні рознімання штампа—П (плоска) (табл. А.1)

2.6 Вихідний індекс—16 (табл. А.2).

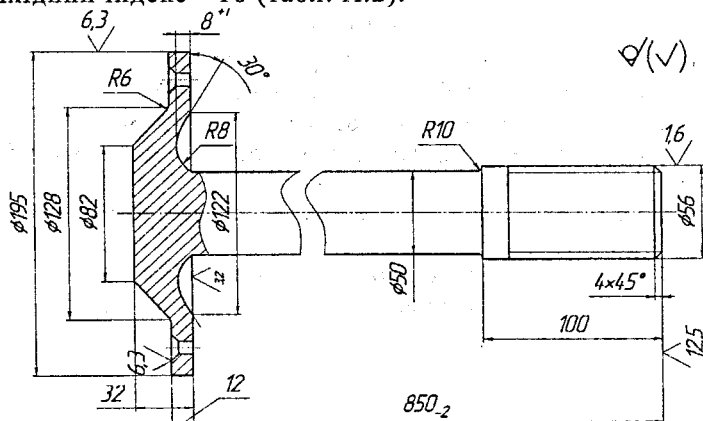


Рисунок Д.13

3. Припуски і ковальський напуск

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

3,0 — діаметр 195 мм і шорсткість поверхні 6,3;

2,5 — діаметр 56 мм і шорсткість поверхні 1,6;

2,3 — товщина 12 мм і шорсткість поверхні 6,3;

2,5 — товщина 12 мм і шорсткість поверхні 3,2;

2,5 — товщина 32 мм і шорсткість поверхні 3,2;

2,4 — товщина 100 мм і шорсткість поверхні 12,5;

3.2 Додаткові припуски, що враховують:

відхилення від площинності і прямолінійності (табл. А.5)

0,5 — діаметр 195 мм;

0,3 — діаметр 56 мм.

зсув по поверхні рознімання штампа — 0,3 мм — (табл. А.4)

4. Розміри поковки і їх допустиме відхилення (рис. Д.14).

4.1 Розміри поковки, мм:

діаметр $195 + (3,0 + 0,3 + 0,5) \times 2 = 202,6$, приймається 202,5;

діаметр $56 + (2,5 + 0,3 + 0,3) \times 2 = 62,2$, приймається 62;

товщина $12 + (2,3 + 0,5) + (2,5 + 0,3 + 0,5) = 18,1$, приймається 18;

товщина $32 + (2,5 + 0,3 + 0,5) = 102,7$, приймається 100;

товщина $100 + (2,4 + 0,3) = 35,3$, приймається 35,5;

довжина $850 + (2,4 + 0,3) - (2,5 + 0,3 + 0,5) = 849,4$, приймається 849,5;

4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів (табл. А.7)

фланця — 3;

шліцевого кінця — 4,0.

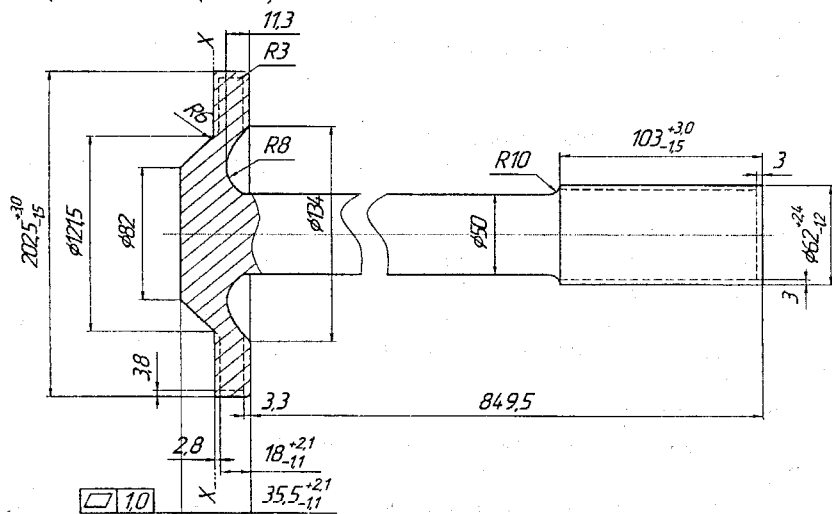


Рисунок Д.14

4.3 Допустимі відхилення розмірів (табл. А.8) мм:

діаметр 202,5^{+3,0}_{-1,5}

діаметр 62,0^{+2,4}_{-1,2}

товщина 18,0^{+2,1}_{-1,1}

товщина 35,5^{+2,1}_{-1,1}

товщина 103,0^{+3,0}_{-1,5}

діаметр 50,0^{+0,4}_{-1,0}

4.4 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 8.5.

4.5 Невказані допуски радіусів заокруглень — за п. 8.23

4.6 Допустима величина торцевого облою (табл. А.11) мм:

фланця — 9

шлицьового кінця — 7

4.7 Допустима висота облою в площині рознімання матриць 2,0 мм — за п. 5.12.

4.8 Допустиме відхилення по зігнутості, від площинності та прямолінійності (табл. А.13) мм:

фланця — 1;

шлицьового кінця — 0,6;

усієї поковки — 2.

4.9 Допустима величина зміщення по поверхні рознімання штампа 0,8 мм (табл. А.9).

4.10 Допустиме збільшення діаметра стержня на відстані 100 мм від фланця та шлицьового кінця до 54,8 мм — за п.8.6.

4.11 Правила виконання креслення та технічні вимоги до поковки [7,8]

Приклад 8 - Первинний вал (рис. Д.15)

.Штампувальне устаткування — Горизонтально-кувальна машина.

Кількість переходів — 4

Нагрівання заготовок — відкритим полум'ям.

1. Вихідні дані деталі.

1.3 Матеріал — сталь 15ХГН2ТА: (за ГОСТ 4543): 0,13—0,18% С; 0,7—1,0% Mn; 0,17 — 0,37% Si; до 0,7—1,0% Cr; 1,4—1,8% Ni; 0,03—0,09% Ti.

1.4 Маса деталі — 6,6 кг

Маса деформівних та затиснутих частин — 5,2 кг.

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1 Маса поковки (розрахункова) — 5,2 кг:
розрахунковий коефіцієнт $K_p=1,5$ (табл. А.20);

$$5,2 \times 1,5 = 7,8 \text{ кг.}$$

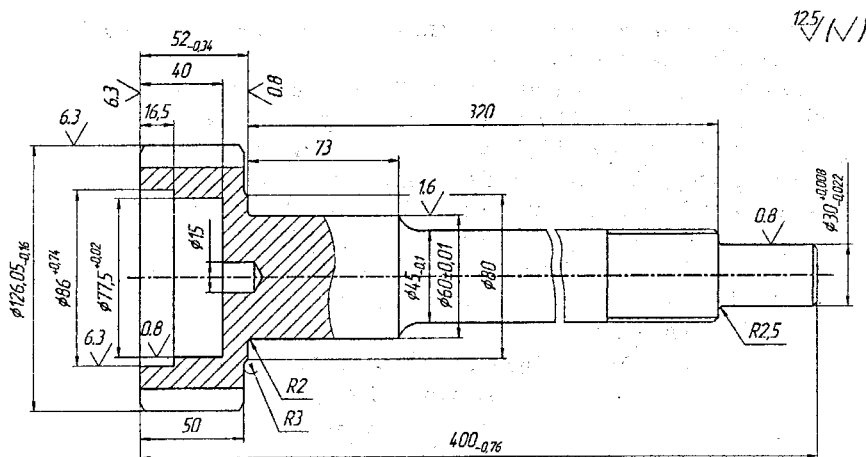


Рисунок Д 15

2.2 Клас точності — Т5 (табл. А.19).

2.3 Група сталі — М2 (табл. А.1).

Середня масова частка вуглецю в сталі 15ХГН2ТА: 0,15% С;
сумарна масова частка легуючих елементів — 3,73%

2.4 Ступінь складності — С3 (додаток 2).

2.5 Конфігурація поверхні рознімання штампа—П (плоска)
(табл. А.1)

2.6 Вихідний індекс—17 (табл. А.2).

3 Припуски і ковальський напуск

3.1 Основні припуски на розміри (табл. А.3), мм:

3,0 — діаметр 126 мм і шорсткість поверхні 6,3;

2,7 — діаметр 86 мм і шорсткість поверхні 6,3;

2,7 — діаметр 60 мм і шорсткість поверхні 1,6;

2,2 — діаметр 45 мм і шорсткість поверхні 12,5;

3,0 — товщина 52 мм і шорсткість поверхні 6,3;

3,3 — товщина 52 мм і шорсткість поверхні 0,8;

3,0 — товщина 50 мм і шорсткість поверхні 12,5;

2,4 — товщина 50 мм і шорсткість поверхні 12,5;

3,0 — глибина 40 мм і шорсткість поверхні 6,3;

2,0 — глибина 40 мм і шорсткість поверхні 12,5.

3.2 Додаткові припуски, що враховують:

відхилення від площинності, мм (табл. А.5);

стержня — 0,8

фланця — 0,5

зсув по поверхні рознімання штампа — 0,4 мм (табл. А.4).

4 Розміри поковки і їх допустиме відхилення (рис. Д.16).

4.1 Розміри поковки, мм:

діаметр $126 + (3,0 + 0,4 + 0,5) \times 2 = 133,8$, приймається 134;

діаметр $86 - (2,7 + 0,4 + 0,5) \times 2 = 78,8$, приймається 78;

діаметр $60 + (2,7 + 0,4 + 0,5) \times 2 = 67,2$, приймається 67;

діаметр $45 - (2,2 + 0,8) \times 2 = 51$, приймається 52;

товщина $52 + 3,0 + 3,3 + 0,5 + 0,4 = 59,1$, приймається 59;

товщина $50 + 3,0 + 2,4 + 0,5 + 0,4 = 56,2$, приймається 56;

глибина $40 + (3,0 - 2,0 + 0,5) = 41,5$, приймається 41,5.

4.2 Радіус заокруглення зовнішніх кутів 4 мм (табл. А.7)

4.3 Штампувальний нахил — 7°

4.3 Допустиме відхилення розмірів (табл. А.8), мм,

діаметр $134^{+3,0}_{-1,5}$

діаметр $78,5^{+1,3}_{-2,7}$

діаметр $67^{+2,7}_{-1,3}$

діаметр $52^{+0,4}_{-1,0}$

висота $41,5^{+1,2}_{-2,4}$

товщина $59^{+2,7}_{-1,3}$

товщина $56^{+2,7}_{-1,3}$

4.5 Допуск довжини стержня 6,0 мм — за п.8.6.

4.6 Невказані граничні відхилення розмірів — за п. 8.5

4.7 Невказані допуски радіусів закруглення — за п. 8.23.

4.8 Допустима висота облою в площині рознімання матриц 2,4 мм — за п.8.12.

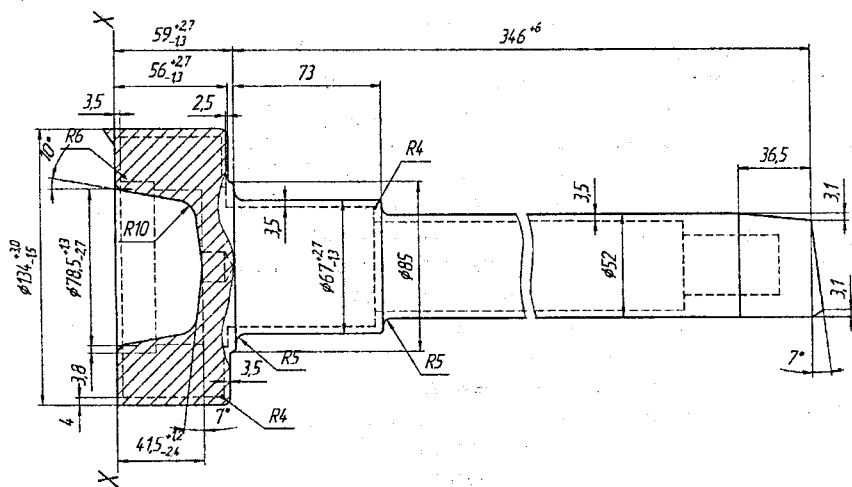


Рисунок Д.16

- 4.9 Допустима висота торцевого облою 7,0 мм—за п. 8.11.
- 4.10 Допустиме відхилення:
від площинності і прямолінійності 1,0мм — за п. 8.16
від зігнутості 1,6 мм (табл.А.16)
- 4.11 Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штамп
1,0 мм — (табл. А.9)
- 4.12 Відхилення від співвісності діаметра 78,5 мм – 0,4 мм – за
п. 5.14.
- 4.13 Допустиме відхилення штампувальних нахилів $7^{\circ} \pm 1,7^{\circ}$ — за
п. 8.24.
- 4.14 Допустиме збільшення діаметра стержня – до 55,4 мм на
відстані 100 мм від головки поковки (п. 8.6)
- 4.15 Допустиме відхилення торця стержня, мм (табл.А.15)
- х – 3,1;
у – 36,5.

Нахил зрізу – 7 мм.

- 4.16 Правила виконання креслення та технічні вимоги до
поковки [7,8]

Список використаної та рекомендованої літератури

1. ГОСТ 7505—89 Поковки стальные штампованные – 1989.-52с.
2. Приектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб пособие/П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; Под общ. ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991.—247 с.: ил.
3. Афонькин М. Г., Магницкая М. В. Производство заготовок в машиностроении.—Л.: Машиностроение,1973. – 384с.
4. Ковка и штамповка : Справ.:В 4 т./Ред. Совет:Е. И. Семенов и др.—М.: Машиностроение, 1985—1987.Т1.:Горячая штамповка,1986.—592 с.
5. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова.—М.: Машиностроение, 1985.—Т.1—655 с.
6. ГОСТ 2308-79 -Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей.
7. ГОСТ 3.1126-88-Правила выполнения чертежей поковки.
8. ГОСТ 8479-70 -Технические требования к поковке.

Навчальне видання

Олег Леонідович Гайдамак

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК
МЕТОДАМИ ШТАМПУВАННЯ**

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено автором

Редактор В. О. Дружиніна

Коректор З. В. Поліщук

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК №746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 3.03.2009 р.

Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$

Друк різнографічний

Наклад 75 прим.

Зам. № 2009-069

Гарнітура Times New Roman

Папір офсетний

Ум. друк. арк. 4.9

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету

Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ